

Energías Renovables en el Medio Rural

Manual práctico

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	3
CAPÍTULO 1. Introducción al LEADER	5
CAPÍTULO 2. Introducción a la terminología de las energías renovables	21
CAPÍTULO 3. Introducción a las energías renovables	35
CAPÍTULO 4. Energía solar geotérmica	47
CAPÍTULO 5. Energía fotovoltaica	59
CAPÍTULO 6. Solar térmica	73
CAPÍTULO 7. Introducción a la energía eólica	99
CAPÍTULO 8. Centrales minihidroeléctricas	133
CAPÍTULO 9. Fermentación anaerobia	157
CAPÍTULO 10. La madera	177
CAPÍTULO 11. Biocombustibles líquidos	195
CAPÍTULO 12. Planificación y financiación de la empresa	219
CAPÍTULO 13. Participación, consultoría y planificación	239
CAPÍTULO 14. Política y legislación energéticas	253
CAPÍTULO 15. Informe por países. España.	267



Reservados todos los derechos.

Ni la totalidad, ni parte de este libro, puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, o cualquier almacenamiento de sistema de información o de recuperación, sin permiso escrito del editor.

En aras de una mayor adaptación de la publicación, se han suprimido aquellos contenidos del texto original que el editor ha considerado menos relevantes. El propietario del copyright queda exento de toda responsabilidad por las posibles inexactitudes y/u omisiones que pudieren derivarse de la revisión del texto efectuada por el editor.

Desarrollo de contenidos: Instituto Tipperary, Irlanda

Traducción de los textos: Francisco M. Gordillo Santana

Edita: Asociación para el Desarrollo de la
Comarca de Olivenza (Aderco), España

Asistencia técnica y maquetación: Iniciativa Ingeniería Local, S.L. España

Imprime: Imprenta Rayego

Nº. Depósito Legal: BA- 539-07

Tirada: 500 ejemplares

Octubre 2007

Copyright: Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd. (LEADER Carlow) y el
Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

PRESENTACIÓN

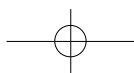
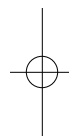
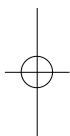
En los inicios del siglo XXI es evidente que el contexto energético planetario debe asumir nuevos retos para conseguir nutrir las crecientes demandas energéticas y democratizar el acceso al consumo y la producción. El espectacular incremento de la demanda y el agotamiento de las reservas petrolíferas, unido a las repercusiones medioambientales que ello genera, sitúa a las energías renovables y al ahorro energético como los principales baluartes para la transición hacia un modelo energético sostenible. Ya no se trata sólo de garantizar la energía a una población que crece exponencialmente, sino también de propiciar la implantación de fuentes energéticas limpias, que permitan mantener las actividades humanas sin hipotecar nuestro medio natural.

Ante una problemática global que afecta a cada rincón del planeta, todos tenemos la capacidad y la obligación de contribuir a este cambio en las costumbres y conciencias. En este proceso las zonas rurales no se están quedando al margen. El proyecto transnacional ELREN, financiado a través de la iniciativa LEADER + y promovido conjuntamente por los Grupos de Acción Local de ADERCO-Comarca de Olivenza (España), Vastese (Italia), Carlow (Irlanda) y Noord Holland (Holanda), es un ejemplo de esa inquietud por ahondar en el conocimiento y el fomento de las energías renovables a través del intercambio de metodologías e información, así como del aprendizaje in situ de experiencias desarrolladas en distintos territorios rurales de la Unión Europea.

La creación de una Página Web y la edición ahora de este Manual de Buenas Prácticas, han sido dos de los principales medios –uno virtual y otro físico- de fomentar esa transferencia de conocimientos, junto con la organización de cursos y debates sobre la materia. El Manual que ponemos en sus manos es fruto del esfuerzo de las cuatro entidades participantes por hacerle llegar datos, estadísticas, informes y, sobre todo, experiencias. Experiencias diversas en energías renovables y ahorro energético, unas de carácter piloto y otras más consolidadas, que pueden ser útiles como referencia para las empresas, las instituciones públicas o los ciudadanos que, bien como productores, comercializadores o usuarios, pueden aportar su grano de arena en la transición hacia nuevos modelos energéticos para las zonas rurales.

Esta nueva publicación se suma a la decena de títulos sobre la más variada temática, fruto de la labor editorial de ADERCO. Esperamos que encuentren en ella una fuente práctica de conocimiento.

Gregorio Torres
Joaquín Fuentes



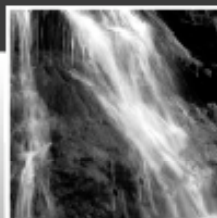


ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 1.

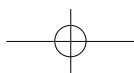
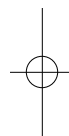
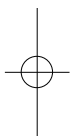
Introducción al LEADER



**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 1. Introducción al LEADER

Paul Keating y Ciaran Casey

Unidad Irlandesa de Apoyo LEADER, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 1. Introducción al LEADER	5
Objetivos	9
Algunos términos	9
LEADER. Orígenes y antecedentes	10
El método LEADER	11
Administración del LEADER	14
Grupo de Acción Local (GAL)	14
Acciones Locales (acción 1)	15
Acciones de cooperación (acción 2)	16
Acciones de puesta en red (acción 3)	17
Estructuras de los GAL	17
La autoridad gestora	18
¿Cuáles han sido los resultados del LEADER?	18
Los tres programas Leader	18
Fuentes de información	20
Bibliografía	20

Listado de tablas

Tabla 1.1: Las especificidades del LEADER

Listado de gráficos

Gráfico 1.1: Ray McSharry, anterior Comisario Europeo de Agricultura

Gráfico 1.2: Logotipo de la Iniciativa LEADER

Gráfico 1.3: Administración y funcionamiento del LEADER

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.

Objetivos

- Familiarizarse con los antecedentes del LEADER
- Conocer la evolución a escala europea del LEADER
- Saber cómo funcionan los Grupos de Acción Local (GAL)

Algunos términos

Acciones: las acciones 1, 2 y 3 se refieren a Acciones Locales, Acciones de Cooperación y Acciones de puesta en red, respectivamente. El GAL debe acometer estas tres actividades a la hora de poner en práctica el LEADER a nivel local.

Cooperación: Interterritorial – trabajo conjunto entre los grupos LEADER del mismo estado miembro.

Cooperación: Transnacionalidad con terceros países – trabajo conjunto de grupos LEADER de un estado miembro con grupos de similares características procedentes de un país no-miembro.

Cooperación: Transnacionalidad – trabajo conjunto con grupos pertenecientes a varios estados miembros.

LEADER: Una metodología aplicada al desarrollo rural en la UE desde 1991.

GAL: Grupo de Acción Local, la entidad encargada de la aplicación del LEADER a nivel local.

Autoridad Gestora: el ministerio de cada estado miembro con atribuciones en la materia a nivel nacional.

Medidas: Un área temática de trabajo dentro de LEADER.

Unidad de Red Nacional: Una entidad que apoyo a los grupos LEADER a nivel nacional en el desempeño de sus iniciativas de cooperación.

Programa Operativo: Un programa nacional diseñado para la implementación del LEADER.

Ejes: Medidas específicas en la implementación del LEADER+

LEADER. Orígenes y antecedentes

LEADER “**L**iason **E**ntre **A**ctions pour le **D**éveloppement de l’**E**conomie **R**urale” es un programa de desarrollo rural cofinanciado por la Unión Europea. Fue puesto en marcha por el entonces Comisario de Agricultura Ray MacSharry. La necesidad de tomar medidas para combatir el éxodo y declive rurales eran acuciantes, especialmente en países como Irlanda y Portugal, donde la población rural venía mostrando un declive crónico.

El pensamiento de que las áreas rurales eran atrasadas e improductivas había quedado apartado a favor de otro en el que había que apoyar la creación y mejora de infraestructuras, empresas y servicios en estas áreas rurales como alternativa a la descontrolada expansión urbana. Más concretamente, la reforma de la PAC de principios de los 90, que venía a reducir las ayudas a la producción, se había ganado una mala fama, habiéndose instalado un miedo más que razonable a que contribuyera a agravar aún más el declive rural. Era el momento de ofrecer alternativas económicas en el territorio a los agricultores que estaban abandonando su actividad como consecuencia de dicha reforma. El programa europeo de desarrollo rural (LEADER) ha evolucionado hasta ser conocido con el sobrenombre del segundo pilar de la PAC.



Gráfico 1.1. Ray McSharry
(EUROPA, 2007)



Gráfico 1.2. Logotipo del LEADER
(EUROPA, 2007)

Fue en este clima tan difícil que nació la Iniciativa LEADER como un proyecto piloto, con el fin de coadyuvar a la reactivación socioeconómica de estas zonas. El programa debía de conseguirlo a través de la promoción de estrategias de desarrollo local que tenían que ser:

- innovadoras,
- integrales,
- participativas.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Como elemento crucial y diferenciador estas estrategias habían de ser definidas y llevadas a cabo a nivel local e implicar a los actores en su realización. Más aún, también las acciones concretas resultantes de la aplicación de dichas estrategias tendrían que decidirse y aprobarse a nivel local, dentro de un marco que así fue acordado por las autoridades nacionales y europeas.

Tanto la UE como los gobiernos nacionales, los autonómicos, los locales y el propio sector privado (es imprescindible la cofinanciación privada de los proyectos) ofrecieron un apoyo decidido a la Iniciativa. Este mecanismo de cofinanciación aseguró un compromiso económico expreso al programa y a los proyectos por parte de las autoridades nacionales, autonómicas y locales.

El método LEADER

Aparte del programa piloto Leader I (1991-1994), ha habido dos programas adicionales, LEADER II (1994-1999) y LEADER+ (2000-2006). La naturaleza del enfoque LEADER ha permanecido prácticamente invariable durante todo este periodo. Dicha naturaleza, que se conoce como las especificidades del LEADER, se detalla a continuación en la tabla 1.

Las ocho especificidades del método LEADER

El rasgo **local** (representado por el Grupo de Acción Local y por su estrategia local de desarrollo)

Enfoque local: opuesto al enfoque sectorial, el desarrollo está focalizado en un territorio en particular, en el aprovechamiento de los recursos endógenos, en la integración horizontal de las acciones locales, en una identidad común y en una visión compartida sobre la zona.

Enfoque ascendente: la participación activa de todos los agentes activos de la zona interesados en el planteamiento, toma de decisiones e implementación del desarrollo socioeconómico.

Grupo de acción local (enfoque de partenariado): la coalición temporal de personas o colectivos, basado en un contrato que reúne a todos los socios bajo las mismas premisas y con el mismo objetivo.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Innovación: proporcionar nuevas respuestas a los problemas existentes en el desarrollo rural, que proveerán un valor añadido e incrementarán la competitividad territorial.

Integración multisectorial: tanto la combinación de actividades de los diferentes sectores económicos como de las actividades públicas y privadas bajo un mismo proyecto, así como la coherencia estratégica entre los diferentes proyectos respetando una visión común.

El rasgo **supralocal** (este rasgo nace de la interacción entre grupos de acción local y entre sus respectivas estrategias)

Trabajo en red: la capacidad y disponibilidad de llevar a cabo acciones colectivas junto con otros actores independientes para un fin común.

Cooperación transnacional: cooperación de un número indefinido de grupos LEADER pertenecientes a al menos dos estados miembros para diseñar, producir y comercializar bienes y/o servicios en común.

El rasgo **vertical** (este rasgo está representado e implementado por la autoridad responsable de la programación. Establece el marco en el que se han de desenvolver las actividades de los grupos de acción local)

Gestión y financiación descentralizada: confiando a las estructuras nacionales y regionales de los estados miembros y a los grupos de acción local la implementación de la iniciativa LEADER, reduciendo el rol de la Comisión a la participación en el apartado de partenariados. Aparte de los programas operativos los estados miembros han podido elegir el modo de intervención denominado “subvención global”, que se caracteriza por la transferencia de los fondos al grupo de acción local para la implementación de su programa de desarrollo. El grupo es el responsable de su distribución entre los promotores de acuerdo a las normas fijadas por las administraciones regionales y nacionales.

Evaluación ex-post de la Iniciativa Comunitaria LEADER II

La selección de un área rural pequeña. El área geográfica en la que se interviene es de dimensión subregional y relativamente homogénea, los actores se conocen entre si y conocen bien los recursos disponibles y como interactúan, sus puntos de fuerza y sus debilidades; el área elegida tiene una coherencia a escala de desarrollo local.
La animación y participación de los actores de abajo hacia arriba (<i>bottom up</i>). Los grupos de interés, presentes en cada contexto, participan en efecto en la elaboración de una estrategia y de los contenidos del programa de desarrollo, a través de una concertación colectiva.
El partenariado vertical. Se establece formalmente un partenariado vertical entre los distintos niveles institucionales (local, regional, nacional, europeo) que establece las normas y reglas para la elaboración y aprobación de los programas, las contribuciones financieras de cada nivel institucional, acompaña y controla todas las fases del proceso.
El grupo de acción local. Se establece un partenariado horizontal, a nivel local, que incluye los actores, públicos y privados, que tienen alguna participación o interés en la economía y la sociedad local. Estos actores forman una asociación entre ellos que identifica los problemas y las estrategias a seguir, prepara un programa de acción, establece sus costos, la financiación pública y privada; está encargado de realizar el programa en el tiempo previsto, a través de una subvención global. La distribución de los financiamientos entre distintas acciones se realiza a nivel local a través de una negociación entre los distintos <i>partners</i> del grupo.
Acciones integradas, innovadoras y multisectoriales. Se consideran todos los sectores de actividad locales en forma integrada y se enfatiza lo específico, típico y único de cada contexto como factor competitivo (en lugar de promover una intervención generalizada, igual para todas las áreas rurales). Se buscan la sinergia y complementariedad posibles entre las intervenciones de los distintos sectores.
Asistencia técnica, trabajo en red y cooperación transnacional. Se trata de evitar el aislamiento de los grupos de acción local a través de la organización de intercambios de experiencias y acuerdos de colaboración, encuentros en seminarios, visitas de estudio, circulación de informaciones entre ellos.
Una financiación global y plurianual para que el grupo de acción local realice su estrategia.

Tabla 1.1: Las Especificidades del LEADER (Comisión Europea, 2003)

Administración del LEADER

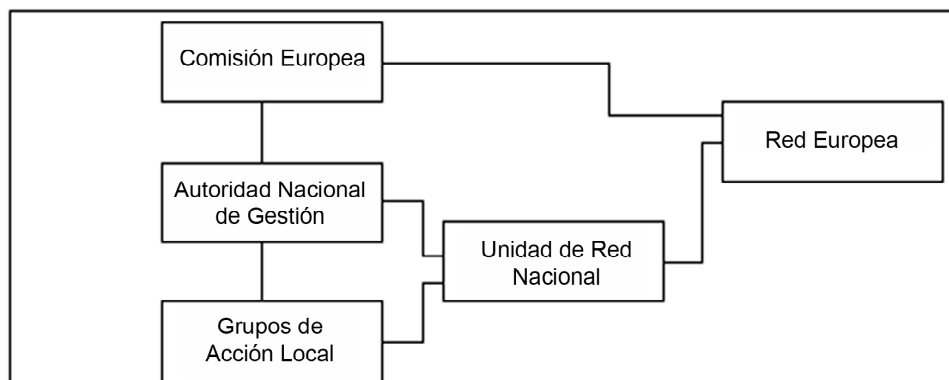


Gráfico 1.3: Administración del LEADER

Grupo de Acción Local (GAL)

El mecanismo esencial para la gestión del LEADER a nivel local es un ente denominado Grupo de Acción Local o GAL. En los GAL están representados los principales agentes políticos, económicos y sociales de las zonas de aplicación.

La gestión por un GAL del programa LEADER consta de los siguientes elementos:

- 1) Cada GAL debe definir su ámbito geográfico, formando una región coherente de entre 10 y 30 mil habitantes. Las hay de muy diversa extensión: así ADRA-MA en Portugal gestiona una región de tan solo 477 km² en tanto que PPKRY gestiona en Finlandia una región de 14.425 km². La mayoría se sitúa entre 1.500 y 2.500 km²
- 2) Todos los GAL trabajan con una estrategia consensuada previamente. Estos planes multisectoriales deben de pactarse por los agentes locales, siendo después remitidos para su aprobación por parte de la autoridad nacional.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- 3) Los GAL son responsables de la implementación de estos planes durante el periodo de programación. Los planes definen los objetivos del GAL en relación a las acciones locales, de cooperación y de puesta en red (también denominadas 1, 2 y 3 respectivamente), que se describen a continuación más detalladamente.

Acciones Locales (acción 1)

Se exige que cada GAL elabore un plan estratégico de desarrollo en su área de actuación. La estructura del plan está claramente definida en las guías desarrolladas a tal efecto por las autoridades nacionales y europeas y debe contener un determinado número de **medidas**. A grandes rasgos son las siguientes:

- Formación
- Análisis y desarrollo (comisión de estudios de viabilidad, planes, auditorías y desarrollo de prototipos)
- Empresas rurales innovadoras, empresas de fabricación y servicios locales
- Transformación de los recursos agrícolas, forestales y silvícolas
- Preservación y mejora de los recursos naturales, socioculturales y patrimoniales
- Iniciativas en defensa del medio ambiente
- Promoción de la aptitud y de la actitud. Se describe como la “estimulación y desarrollo de grupos comunitarios a través de un cambio actitudinal, estimulando el entusiasmo y las habilidades para promover empleo y desarrollo” (Informe de Evaluación ex post de LEADER II)
- Turismo rural

Algunos países han restringido algunas de estas medidas de acuerdo con sus prioridades nacionales y/o regionales, o para complementar otros programas nacionales que ya pudieran encontrarse en ejecución.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Los GAL deben de hacer hincapié en sus planes estratégicos en el apoyo a la juventud y a las mujeres en sus respectivas zonas. En el LEADER+ se ha introducido un nuevo requisito según el cual los GAL deben de identificar una estrategia prioritaria “temática”, seleccionada de entre las cuatro siguientes:

- 1 La utilización de las nuevas tecnologías para favorecer el incremento de la competitividad de los productos y servicios de su zona
- 2 Dar un mayor valor añadido a los productos locales, facilitando además su acceso a los mercados
- 3 Optimizar el uso de los recursos culturales y naturales, incluyendo la mejora de los recursos de interés comunitario
- 4 Mejora de la calidad de vida en las zonas rurales

Una vez consensuado y remitido el plan, éste se evalúa por parte de la autoridad gestora (aquella con competencias en desarrollo rural). La evaluación tiene que asegurarse de:

- El cumplimiento de los requisitos técnicos del programa
- La capacidad y competencia de los GAL para organizar y llevar a cabo el plan
- La evaluación de los puntos fuertes del GAL seleccionado, comparado con otros de la misma zona, que pudieran haberse presentado para gestionar un proyecto de similares características.

Acciones de cooperación (acción 2)

Aparte de para acciones locales el GAL dispone de fondos para la constitución de partenariados. Éstos pueden ser entre grupos del mismo país (interterritorial), entre grupos de diferentes países (transnacional) o con grupos de similares características de países no pertenecientes la UE (transnacionalidad con terceros países). La importancia y escala de la cooperación ha crecido a medida que la Iniciativa LEADER ha ido madurando, hasta el punto de que durante la Iniciativa LEADER + hay más de 300 proyectos transnacionales que han creado más de 2.000 partenariados entre los grupos. La idea que subyace a dicha cooperación es que:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Los proyectos en las áreas locales que podrían no alcanzar la masa crítica por sí mismos pueden llegar a ser viables si se suman a ellos uno o más socios procedentes de otras áreas.

El aprendizaje del trabajo en un área determinada puede transferirse rápida y efectivamente a otras áreas. Este aprendizaje puede ser tanto de las metodologías empleadas en proyectos de desarrollo, en proyectos innovadores que podrían realizarse en otras áreas o del intercambio de los resultados de proyectos, etc.

Acciones de puesta en red (acción 3)

La tercera acción del programa LEADER facilita fondos para el establecimiento de las Unidades Nacionales de Puesta en Red en los estados miembros, aparte de una unidad central, la Red Europea (Observatorio Rural Europeo). El papel de las unidades nacionales es el de facilitar la cooperación interterritorial y transnacional, para apoyar el desarrollo organizativo de los GAL y para facilitar información sobre el programa nacional y sus logros a la Comisión Europea. La Red Europea tiene un rol similar a nivel europeo.

Estructuras de los GAL

La Junta Directiva supervisa el trabajo de los GAL. En ella deben estar representados los sectores público, privado y comunitarios (p. ej. representantes de las asociaciones de empresarios u otras de carácter local, los ayuntamientos, los representantes sociales, representantes estatales, etc.). Se requiere que la mayoría de los miembros no sean gubernamentales. Los miembros de la Junta Directiva son los responsables de la administración y gestión del programa a nivel local, así como de la aprobación de subvenciones. Estas obligaciones deben de realizarse de acuerdo a la Normativa del Programa Operativo y al Plan Estratégico. El día a día del programa es responsabilidad del personal de los grupos.

Los GAL han tomado diferentes formas jurídicas, dependiendo de cada estado miembro: sociedades limitadas en Irlanda, consorcios sin ánimo de lucro en Italia, asociaciones inter-municipales en Francia, cooperativas, asociaciones e incluso sociedades anónimas en otras zonas de Europa.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

La autoridad gestora

La autoridad gestora es la Unidad Nacional, que es la responsable última del funcionamiento del programa LEADER a nivel nacional. La Autoridad Gestora es el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que es el competente en materia de desarrollo rural. Su papel incluye las siguientes funciones:

- Desarrollo del Programa Operativo Nacional LEADER. Esto lo hace en contacto permanente con la Comisión Europea, requiriéndose la aprobación de ésta.
- Selección de los GAL
- Control financiero de los fondos LEADER
- Supervisión y evaluación de la implementación del programa LEADER
- Mantener informada a la Comisión respecto a todo lo anterior

¿Cuáles han sido los resultados del LEADER?

Los tres programas Leader

Desde 1991 el programa LEADER ha pasado por tres fases o periodos de programación:

LEADER I

El primer programa, conocido como LEADER I, se desarrolló entre 1991 y 1994 y aún teniendo un carácter experimental, su evaluación ex-post destacó el hecho de que 217 GAL de 12 países fueran capaces de gestionar sobre 1,1 billones de euros, que se materializaron en alrededor de 22.000 proyectos y que crearon el equivalente a 25.000 puestos de trabajo a tiempo completo. La evaluación destacó asimismo los logros del programa en constituir asociaciones de carácter local y redes, así como en promover acercamientos innovadores al desarrollo participativo.

LEADER II

El segundo programa se desarrolló desde 1994 hasta 1999, expandiéndose a 906 GAL de 15 estados miembros, que administraron un total de 5,4 billones de euros y crearon o consolidaron alrededor de 100.000 puestos de empleo. De nuevo la evaluación hizo hincapié en el impacto cuantitativo del LEADER II y su valor añadido en términos de dinero gastado en comparación con otros mecanismos de apoyo financiero.

“Según los actores locales y de la administración entrevistados, LEADER II tuvo un alto valor añadido para las áreas rurales tanto en comparación con los fondos estructurales como con otros mecanismos de apoyo financiero nacionales. Facilitó respuestas útiles, tangibles y sostenibles a necesidades específicas de las áreas rurales. Desempolvó potencialidades abandonadas y escondidas. Suministró nuevas vías para hacer frente a los retos de una economía globalizada, experimentando con nuevos modos de proceder a pequeña escala con fondos escasos pero con una gran visión y efecto demostrativo.”

Evaluación ex-post de la Iniciativa Comunitaria LEADER II

LEADER+

El tercero, LEADER+, se ha venido desarrollando entre el 2000 y el 2006 y se podría decir que representa su madurez, habiéndose convertido en una Iniciativa crucial a nivel local que se ha expandido por toda la Unión. El número total de GAL es de 853, que han administrado aproximadamente 5 billones de euros. Si bien no se ha publicado todavía la evaluación final del LEADER+, el programa ha recibido ya un fuerte espaldarazo por parte de la Comisión Europea, ya que se va a utilizar su estrategia y filosofía en el nuevo Fondo Europeo de Agricultura y Desarrollo Rural (FEADER) en el periodo 2007-2013. Este voto de confianza se ha visto reflejado a nivel nacional: muchos países han invertido un montante significativo de recursos en promover programas paralelos nacionales (en España, PRODER).



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Fuentes de información

Comisión Europea http://ec.europa.eu/agriculture/rur/leaderplus/index_en.htm

Célula de Promoción y Animación del Desarrollo Rural <http://redrural.mapya.es>

Bibliografía

Comhair LEADER na hEireann, 2004 <http://irishleadernetwork.org/home1.html>

Comisión Europea (2003). Evaluación Expost de la Iniciativa Comunitaria LEADER II
http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/leader2/index_en.htm

EUROPA (2007), Comisión Europea, Material divulgativo
http://ec.europa.eu/agriculture/rur/leaderplus/publipack/index_en.htm

EUROPA (2007). Archivo de imágenes <http://ec.europa.eu/.../images>



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



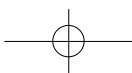
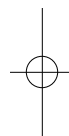
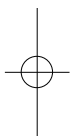
Capítulo 2.

Introducción a la terminología de las Energías Renovables


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 2. Introducción a la terminología de las energías renovables

Kevin Healion, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 2. Introducción a la terminología de las energías renovables	21
Objetivos	27
Energía y potencia	27
Unidades de energía – Julio y Kwh	28
Contenido energético de los combustibles	29
Prefijos para las unidades	29
Cálculo del consumo o producción energéticos	31
Otras unidades de energía y potencia	33
Resumen	33
Bibliografía	34

Listado de tablas

Tabla 2.1: contenidos energéticos de una selección de combustibles
Tabla 2.2: selección de prefijos energéticos
Tabla 2.3: aplicación de los prefijos seleccionados
Tabla 2.4: conversión de kWh
Tabla 2.5: conversión de TEP

Listado de gráficos

Gráfico 2.1: James Joule
Gráfico 2.2: James Watt
Gráfico 2.3: bombilla de 11 W
Gráfico 2.4: motocicleta de 45.000 W
Gráfico 2.5: una factura eléctrica en la que se muestra la unidad de kWh

Listado de fórmulas

Fórmula 2.1: consumo o producción energéticos

Listado de ejemplos

Ejemplo 2.1: consumo de energía eléctrica

Ejemplo 2.2: producción de energía eléctrica

Ejemplo 2.3: producción de energía térmica

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

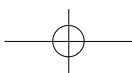
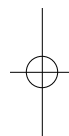
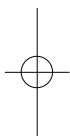
Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.



Objetivos

Una vez completada esta sección del manual debería de:

- Haber comprendido los conceptos de energía y potencia
- Estar familiarizado con los kWh y los kW.
- Saber cómo calcular el rendimiento energético de una caldera o de un generador

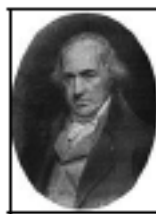
Energía y potencia

Energía y potencia son dos de los conceptos clave en el sector de las energías renovables. La palabra energía etimológicamente proviene de los términos griegos (en, en) y (ergon, trabajo) (Boyle, 2004). La energía es la capacidad de generar trabajo, esto es, de mover un cuerpo contra una fuerza que se opone. Un cuerpo puede ser sólido, líquido o gaseoso. El trabajo se desarrolla cuando se mueve un objeto sólido, o cuando se bombea el agua o el aire. Estos procesos requieren de energía. La unidad estándar de energía (sistema internacional de medidas) es el Julio (denominado así por James Joule, 1818-1889, gráfico 2.1). El símbolo del Julio es “J”.



(Wikimedia, 2007)

Gráfico 2.1: James Joule



(Wikimedia, 2007)

Gráfico 2.2: James Watt

La potencia es la relación a la que la energía se convierte de una forma a otra, el ritmo al que se efectúa el trabajo. Por ejemplo, una turbina eólica convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica (electricidad). Una turbina con más potencia será capaz de producir energía eléctrica en una relación mayor que una más pequeña. La unidad de potencia es el vatio (w) (denominado así por James Watt, 1736-1819, gráfico 2.2). La potencia es igual a un vatio si el trabajo se desarrolla a razón de un julio por segundo. Así que, por definición, un vatio equivale a un julio por segundo. Una bombilla con una potencia de 100 vatios convierte la

energía eléctrica en luz a una razón de 100 julios por segundo (gráfico 2.3). Del mismo modo, el motor de una motocicleta con una potencia máxima de 45.000 vatios (45 kW) es capaz de utilizar la energía química (en forma de gasolina) para producir hasta 45.000 julios por segundo de energía cinética en la rueda motriz (gráfico 2.4).



(Wikimedia, 2007)



(Wikimedia, 2007)

Gráfico 2.3: bombilla de 11W

Gráfico 2.4: motocicleta (Wikipedia, 2007)

El término “capacidad” se utiliza con frecuencia en el ámbito de las energías renovables para referirse a la potencia de un equipo. Por ejemplo, de una turbina eólica se suele decir que tiene una “capacidad” máxima de 850 kW_e. El subíndice “e” se utiliza para indicar la capacidad de generación de electricidad (para la generación de calor se utiliza la “th”). Otros términos utilizados son “power rating”, “rated capacity”, “nameplate rating” (Boyle, 2004, p. 417).

Unidades de energía – Julio y Kwh

Un julio es una cantidad muy pequeña de energía – una barra de chocolate contiene alrededor de 1 millón de julios de energía. El kilovatio hora (kWh) es una unidad más útil de energía para el sector de las energías renovables por dos razones: la primera es que el kWh es una unidad mayor de energía que el julio – un kWh equivale a 3.600.000 julios; la segunda es que la definición de kWh se utiliza normalmente en los aparatos que consumen o producen energía (ver la sección de cálculo de producción o consumo energéticos). En nuestra factura se suelen utilizar los kWh (gráfico 2.5).

Lectura (presente, anterior) Unidades y tarifa (ct.) descripción de los cargos, Total € CR= crédito

Meter readings		Units and rates (cent)	Description of charges	Amount € CR = Credit
Present	Previous			
1645	1497	TARIFF: DOMESTIC 148 X €0.1435	GENERAL UNITS	21.24
VAT @ 13.5%				

Gráfico 2.5. Una factura eléctrica en la que se muestra la unidad de kWh (adaptado a partir de ESB, 2007)

Contenido energético de los combustibles

Combustible	Unidad de suministro	Contenido energético kWh por unidad de suministro
Carbón	Toneladas	7.759
Madera, en leños (28% de humedad)	Toneladas	3.700
Madera, en pelets (10% de humedad)	Toneladas	4.800
Gasoil	Litros	10,55
Gases líquidos derivados del petróleo	Kilogramos	7,09

Tabla 2.1: contenidos energéticos de una selección de combustibles (basado en el SEI)

Los contenidos energéticos (o valores caloríficos) de los combustibles se expresan frecuentemente en kWh. En la literatura técnica se utiliza el julio como unidad de energía de los combustibles antes de ser convertidos a calor o a electricidad, y el kWh como unidad energética para el calor o la electricidad producida. Sin embargo, esta convención no se sigue en las aplicaciones prácticas ni tampoco en este manual. La tabla 2.1 nos muestra los contenidos energéticos de una selección de combustibles, en kWh por tonelada o por litro (dependiendo de cómo se suministre). El impacto de la humedad sobre el valor calorífico de la madera se trata en el capítulo 10.

Prefijos para las unidades

El sistema internacional de medidas suministra una serie de prefijos y símbolos para permitir la formación de múltiplos y submúltiplos de las unidades (p.ej.: el julio). En la tabla 2.2 se presenta una selección de los más comunes.

Significado	Factor	Prefijo	Símbolo
Un millar	10^3	Kilo	k
Un millón	10^6	mega	M
Un billón	10^9	giga	G
Un trillón	10^{12}	tera	T
Una cuatrillón	10^{15}	peta	P
Un quintillón	10^{18}	Exa	E

Tabla 2.2: selección de prefijos energéticos

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Como ya se ha comentado con anterioridad, un julio es una cantidad muy pequeña de energía. Por ello, los prefijos se utilizan frecuentemente, como se muestra en la tabla 2.3.

Como ejemplo del uso de dichos prefijos, la demanda energética de Irlanda en el año 2005 fue de 655 PJ (SEI, 2006). Estos prefijos se pueden aplicar también a la unidad de potencia, el vatio. En el sector de las energías renovables, la potencia se expresa generalmente en kW, MW o GW. Por ejemplo, la capacidad de generación energética de la república de Irlanda es de 6.524 MW_e (EirGrid, 2006). La tabla 2.4 nos muestra las conversiones entre múltiplos del julio y del vatio.

En palabras	En Números	En factor	En prefijo y símbolo
Un millar	1.000 J	10 ³ J	Un kilojulio (kJ)
Un millón	1.000.000 J	10 ⁶ J	Un megajulio (MJ)
Un billón	1.000.000.000 J	10 ⁹ J	Un gigajulio (GJ)
Un trillón	1.000.000.000.000 J	10 ¹² J	Un terajulio (TJ)
Una cuatrillón	1.000.000.000.000.000 J	10 ¹⁵ J	Un petajulio (PJ)
Un quintillón	1.000.000.000.000.000.000 J	10 ¹⁸ J	Un exajulio (EJ)

Tabla 2.3: aplicación de los prefijos seleccionados

Tabla 2.4: conversión de kWh

EQUIVALENCIAS			
1	kWh	3,6	MJ
1	MWh	3,6	GJ
1	GWh	3,6	TJ
1	TWh	3,6	PJ

Cálculo del consumo o producción energéticos

Como ya se ha dicho con anterioridad, la definición de kWh se utiliza para calcular el consumo o producción energética de los equipos (ver sección previa de las unidades de energía – julio y kWh). Un kWh se define como la cantidad de energía consumida (o producida) por un aparato de 1 kW (1.000 w) en una hora. Por lo tanto hay una relación entre el consumo o producción energéticos y la potencia del aparato. La relación se muestra en la fórmula 2.1.

$$\text{Consumo o Producción Energéticos} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo}$$

Fórmula 2.1: consumo o producción energéticos

En la fórmula 2.1, si la potencia se formula en kW y el tiempo en horas, el consumo o producción energéticos lo será en kWh. Si la potencia está en MW y el tiempo en horas, entonces la unidad será MWh. El kWh es la medida más utilizada en los hogares; sin embargo la más comúnmente utilizada como medida de intercambio de electricidad renovable es el MWh. En el ejemplo 2.1 se ilustra cómo la fórmula 2.1 se puede aplicar para el consumo energético de un hogar. En los ejemplos 2.2 y 2.3 se ilustra su uso en electricidad y en la producción de calor a mayor escala. La potencia de la fórmula 2.1 puede por lo tanto ser tanto un valor de entrada (consumo) como de salida (producción), dependiendo del contexto.

Pregunta:

Si una ducha eléctrica tiene una potencia máxima de 8,5 kW, ¿cuántas unidades de electricidad se consumirán en diez minutos a potencia máxima?

Respuesta:

$$\text{Consumo energético (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (horas)}$$

En primer lugar, el tiempo (10 minutos) se convierte a horas

$$= 10 / 60 = 0,167 \text{ horas}$$

El consumo energético se puede ahora calcular mediante la fórmula 2.1

$$= 8,5 \text{ kW} \times 0,167 \text{ horas}$$

$$= 1,4 \text{ kWh}$$

Ejemplo 2.1: Consumo de energía eléctrica

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Pregunta:

Si una turbina eólica tiene una potencia máxima de 1 MW_e , ¿qué cantidad de electricidad producirá en dos horas?

Respuesta:

Producción energética (MWh) = Potencia (MW) x Tiempo (horas)

= $1 \text{ MW}_e \times 2 \text{ horas}$

= 2 MWh de electricidad

= 2.000 kWh de electricidad ($1 \text{ MWh} = 1.000 \text{ kWh}$)

Ejemplo 2.2: Producción de energía eléctrica (electricidad)

Pregunta:

Si una caldera de gasoil opera a su potencia máxima de 700 kW_h durante 5 horas, ¿cuánto calor producirá?

Respuesta:

Producción energética (kWh) = Potencia (kW) x Tiempo (horas)

= $700 \text{ kW}_h \times 5 \text{ horas}$

= 3.500 kWh

= 3,5 MWh

Ejemplo 2.3: Producción de energía térmica

Es importante resaltar que en los ejemplos 2.2 y 2.3 tanto la turbina como la caldera operan a potencia máxima durante todo el tiempo estipulado. Sin embargo, tanto una turbina eólica como una caldera experimentan variaciones en su rendimiento, desde cero hasta el máximo. Durante el transcurso de un año la turbina operará a todos los niveles de rendimiento, dependiendo de la fuerza del viento. De modo similar una caldera se utilizará de acuerdo a la demanda de calor del edificio, desde la ausencia de demanda en verano al pico máximo durante el invierno. Para poder estimar la producción total de energía durante un año se requiere la duración de la potencia / la duración de la carga / el factor de capacidad (ver capítulo sobre energía eólica para la aplicación de la aproximación al factor de capacidad).

Otras unidades de energía y potencia

La “tonelada equivalente de petróleo” (TEP) y sus múltiplos se usan con frecuencia en las estadísticas. La tabla 6 muestra la conversión entre esta medida y las anteriores.

TEP	Julio	kWh
1 TEP	42 GJ	11,7 MWh
1 kTEP	42 TJ	11,7 GWh
1 MTEP	42PJ	11,7 TWh

Tabla 2.5: Conversión de TEP

La Unidad Térmica Británica (UTB) es una unidad de energía que todavía se utiliza como base en determinados sistemas de calefacción. Equivale a 1.055 julios o 1, 055 kJ. El “therm” es una unidad de energía relacionada, equivalente a 100.000 UTB.

La unidad de potencia basada en el UTB es el UTB por hora, que equivale a 0,29 W, o 1.000 UTB por hora que equivale a 0,29 UTB.

La potencia de un motor se denomina con frecuencia en caballos de vapor (CV). Un CV equivale a 746 vatios (0,746 kW).

Resumen

El kWh es la unidad de energía más comúnmente utilizada en el sector de las energías renovables. El consumo/producción energéticos (en kWh) de un aparato térmico o eléctrico se puede calcular siempre que se disponga de la información del tiempo (horas) durante las cuales opera el aparato a una determinada potencia (en kW). El kWh se usa normalmente para expresar los contenidos energéticos de los combustibles y el rating energético de los edificios. Las cantidades expresadas en otras unidades de energía se pueden convertir a cantidades en kWh una vez conocido el factor de conversión.

Bibliografía

BIPM, 2006. El Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) [en línea]. Se ha accedido a su página web el 14 de octubre del 2006: <http://www1.bipm.org/en/si/>. Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France.

Bord na Móna, 2001. Peat for Domestic Heating [online]. Se ha accedido a su página web el 17 de septiembre del 2006. Newbridge, Co. Kildare.

Boyle, G. (Ed.), 2004. Energía renovable: potencia para un futuro sostenible, 2ª edición. Oxford University Press y The Open University. Oxford.

DCMNR, 2006. Renewable Energy Feed in Tariff (RE-FIT - 2006) [en línea]. Se ha accedido a su página web el 27 de septiembre de 2006: <http://www.dcmnr.gov.ie>. Department of Communications, Marine and Natural Resources, Dublín.

EirGrid, 2006. Transmission Forecast Statement 2006-2012 [en línea]. Se ha accedido a su página web el 13 de noviembre de 2006: <http://www.eirgrid.ie>. EirGrid, Dublín.

ESB, 2007. Factura de Kevin Healion de Enero de 2007. Dublín.

Healion, K., 2002. COFORD Connects: Wood as a Renewable Source of Energy. National Council for Forest Research and Development (COFORD), Dublín.

SEI, 2006a. Commercial / Industrial Fuels – Comparison of Energy Costs. October 2006 [en línea]. Sustainable Energy Ireland, Dublín. Se ha accedido a su página web el 13 de noviembre de 2006: <http://www.sei.ie>.

SEI, 2006b. Ireland's Energy Balance 2005 (Provisional) [en línea]. Se ha accedido a su página web el 27 de septiembre de 2006: <http://www.sei.ie>. Sustainable Energy Ireland, Dublín.

SEI, 2006c. Fuel Cost Comparison [en línea]. Se ha accedido a su página web el 17 de septiembre de 2006: <http://www.sei.ie>. Dublín.

SEI, 2006d. Dwelling Energy Assessment Procedure (DEAP), 2006 Edition, Versión 2. Dublín.

SEI, 2006e. Proposed Building Energy Rating Label & Advisory Report for New Dwellings [en línea]. Se ha accedido a su página web el 17 de septiembre de 2006: <http://www.sei.ie>. Dublín.

SEI, 2007. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) [en línea]. Se ha accedido a su página web el 22 de marzo de 2007. Dublín. Se agradece el permiso del SEI para utilizar sus gráficos.

Wikipedia Foundation, 2007. Various pages [online]. Accessed at www.wikipedia.org in March 2007. Florida, USA.

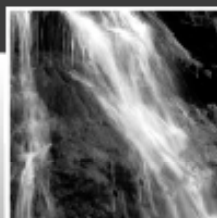


ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 3.

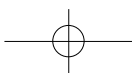
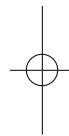
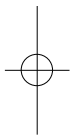
Introducción a las Energías Renovables



**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 3. Introducción a las energías renovables

Clifford Guest, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 3. Introducción a las energías renovables	35
Objetivos	39
Introducción	39
Definiciones	39
Oferta y demanda energéticas - Global	40
Situación global de las energías renovables	43
Oferta y demanda energéticas - Europa	43

Listado de tablas

Tabla 3.1: Porcentaje de cada energía en el SEPT 2005

Listado de gráficos

Gráfico 3.1: descubrimiento y producción de combustible convencional

Gráfico 3.2: producción mundial de petróleo y gas

Gráfico 3.3: participación de los diferentes tipos de combustible en el SEPT

Gráfico 3.4: porcentaje de la Energía Renovable en la UE15 en relación con el SEPT, 2003

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

OBJETIVOS

Una vez finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender las definiciones clave del sector de energías renovables
- Estar familiarizado con la energía actual y su uso
- Comprender los aspectos clave que han contribuido al desarrollo de las energías renovables

Introducción

Las fuentes de energía renovable derivan principalmente de la irradiación solar. Existen también fuentes de energía renovables no-solares: geotérmica o de las olas. La energía solar, tanto en la forma de irradiación solar directa como en otras formas indirectas como el viento, el agua o la bioenergía, era la energía de la que nos abastecíamos hasta no hace tanto. Antes de la revolución industrial estas fuentes eran las únicas formas de energía utilizadas por el hombre. Durante los últimos 150 años la civilización moderna ha pasado a depender cada vez más de los combustibles sólidos como el carbón, el petróleo o el gas natural. Estos recursos son limitados a largo plazo. Su combustión emite dióxido de carbono a la atmósfera, que es el factor principal del efecto invernadero. Las distintas energías renovables tienen un impacto ambiental menor que el de los combustibles sólidos y se autorenewan produciendo energía indefinidamente. Contribuyen a la demanda global de energía primaria en tres sectores: producción eléctrica, climatización y transporte.

Definiciones

Energía alternativa

El término “*energía alternativa*” se refiere a las fuentes, que causan menor impacto medioambiental y polución que los combustibles fósiles, constituyéndose en una alternativa a las fuentes de energía no-renovable.

Energía renovable

El término “*energía renovable*” (ER) se refiere a aquellas fuentes de energía que la naturaleza regenera continuamente. Puede ser definido como “*la energía obtenida de corrientes continuas o repetidas existentes en el entorno*”. (Twidell y Weir, 1986).

Energía sostenible

El término “*energía sostenible*” se utiliza tanto para referirse a las energías renovables como al uso racional de la energía (URE). El uso racional de la energía es una forma eficiente y efectiva de consumo, independientemente de cuál sea la fuente. La energía sostenible en su sentido más amplio puede definirse como “*la energía que proporciona servicios energéticos accesibles, asequibles y confiables, respetando a su vez las necesidades económicas, sociales y medioambientales, dentro del contexto global de desarrollo de una sociedad para la que se plantean dichos servicios, haciendo una distribución equitativa entre las diferentes necesidades*”. (Davidson, 2002).

Oferta y demanda energéticas - Global

La oferta y la demanda energéticas han venido incrementándose regularmente en el planeta durante las últimas décadas y así se espera que continúe en un futuro, debido al crecimiento de la población mundial y a la cada vez mayor demanda de energía procedente de países en desarrollo como China o India. Entre 1973 y 2003 el Suministro Energético Primario Total (SEPT) se elevó desde las 6.034 MTEP hasta las 10.579 MTEP, un incremento de casi el 70% (McQuade, 2005). En la tabla 3.1 de detalla dicho crecimiento por cada tipo de energía. Observamos que hay una caída en la utilización del petróleo, en tanto que se ha incrementado significativamente la demanda de gas natural o de energía nuclear. En líneas generales, el porcentaje de las energías renovables ha sufrido un ligero descenso.

Fuente de energía	% 1973	% 2003
Petróleo	45,0	34,4
Carbón	24,8	24,4
Gas natural	16,2	21,2
Renovables	11,2	10,8
Nuclear	0,9	6,5
Hidroeléctrica	1,8	2,2
Otras	0,1	0,5
TOTAL MTEP	6034,0	10579,0

Tabla 3.1: Porcentaje de cada tipo de energía en el SEPT 2005

Fuente: Estadísticas energéticas mundiales IEA 2005

De las cifras anteriores podemos concluir que existe una alta dependencia mundial de los combustibles fósiles. La pregunta de cuándo estas energías van a agotarse es por lo tanto muy importante para el estudio de las energías renovables. A los niveles de consumo actuales se ha estimado (BP, 2003) que las reservas de carbón durarán alrededor de 200 años, las de petróleo alrededor de 40 años y las de gas natural alrededor de 60 años. Sin embargo la disponibilidad de los combustibles líquidos parece que alcanzará su pico entre el 2005 y el 2015.

A este “*pico*” de los combustibles líquidos muchos comentaristas lo denominan “*petróleo pico*” (peak oil). En una reciente publicación encargada por el Ente Semiestatal Irlandés “Forfás”, se trató precisamente este asunto, así como su potencial impacto en Irlanda. El estudio explicó que no se trata tanto de una futura crisis energética sino más bien de una crisis de los combustibles líquidos. Se espera que a medida que decline la oferta de petróleo y aumente su demanda, habrá impactos significativos en las economías mundiales, especial-

mente para sus redes de transporte nacionales e internacionales (Forfás, 2006).

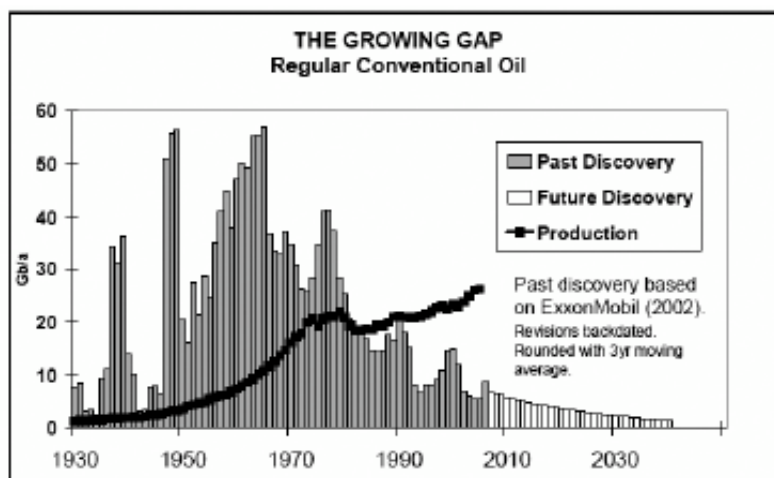


Gráfico 3.1: Descubrimiento y producción de combustible convencional

Fuente: Amarách Consulting. Exxon Mobile (Forfás, 2006)

La naturaleza finita de los combustibles fósiles se ilustra más detalladamente en el gráfico 3.2. Nos muestra los datos históricos de la producción de petróleo, que creció drásticamente desde los años treinta, así como la proyección del pico en el 2005 mientras que el pico del gas natural se producirá unos cuantos años después.

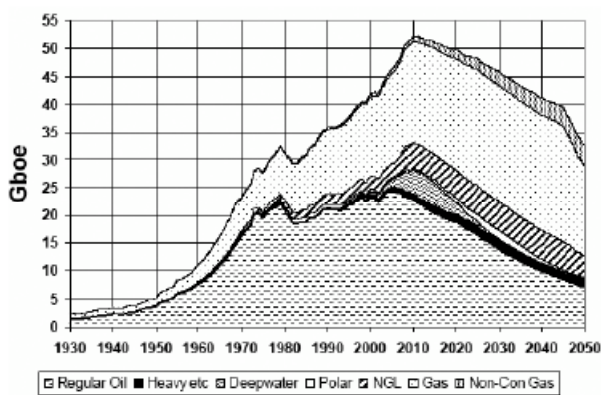


Gráfico 3.2: Producción de petróleo y gas (ASPO, 2007)

Situación global de las energías renovables

Se muestra en el siguiente gráfico la situación actual de las energías renovables según un reciente estudio de la Agencia Internacional de la Energía (2006). La contribución de éstas a la demanda total global de energía primaria se sitúa en alrededor del 13%. De este porcentaje, los combustibles renovables y los residuos representan un 79,4%, seguidos por la energía hidroeléctrica, con un 16,7%.

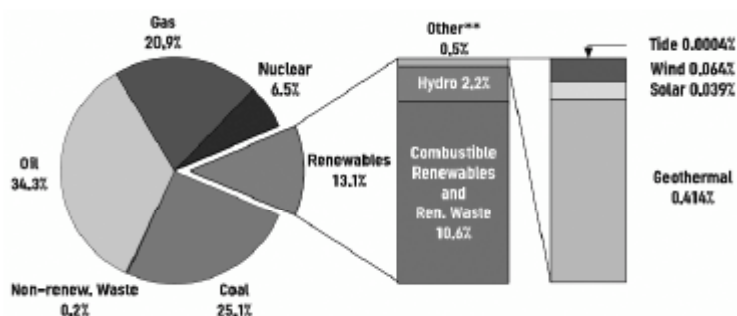


Gráfico 3.3: Participación de los diferentes combustibles en el SEPT *

(*) TEP se han calculado de acuerdo a las normas de la AEI (metodología del contenido energía física). Incluye los grandes barcos internacionales y excluye el comercio de electricidad/térmico. Los datos recogen tanto energía comercial como no-comercial

(**) Geotérmica, solar, eólica, mareas. Los totales podrían no llegar al 100% debido al redondeo

Gráfico 1.a. (Gas, nuclear, renovables, carbón, residuos no renovables, petróleo)

Gráfico 1.b. (Combustibles y residuos renovables, hidroeléctrica, otras)

Gráfico 1.c. (Geotérmica, solar, eólica, mareas)

Fuente: Estadísticas Energéticas de la AEI

Oferta y demanda energéticas - Europa

En un modelo de previsión que utiliza una empresa como base, la Comisión Europea nos pinta un escenario en el que la demanda energética sufre en la UE un continuo incremento debido al crecimiento económico, pero también identifica por otro lado oportunidades significativas de ahorro energético. La demanda energética primaria en el año 2030 se espera que sea un 19% mayor que en el año 2000. La estructura del consumo cambiará también signi-

ficativamente. Se producirá un cambio hacia un mayor uso del gas natural y hasta cierto punto de las energías renovables, en detrimento de los combustibles sólidos, carbón y energía nuclear (Comunidades Europeas, 2004).

La utilización de la energía renovable varía según el estado miembro de que se trate. De la UE 15, Suecia y Finlandia son las que tienen porcentajes más altos, en tanto que Luxemburgo y Bélgica son los que los tienen más bajos. Dentro de las energías renovables, aquéllas que contribuyen en mayor medida en la UE son la biomasa (con más del 90% de la calefacción renovable) y la hidroeléctrica (con más del 85% de la generación de energía renovable). El objetivo definido en el Libro Blanco sobre Energía procedente de Energías Renovables (1995) es el de doblar su suministro en la UE, desde el 6% hasta el 12% entre 1995 y 2010. Con los datos actuales es bastante probable que no se alcance este objetivo.

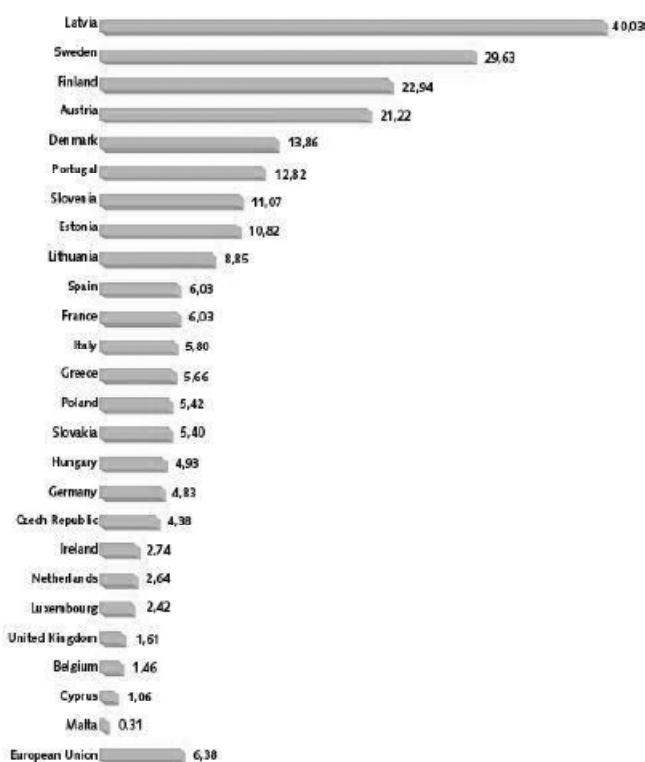


Gráfico 3.4: Porcentaje de la Energía Renovable en la UE15 en relación con el SEPT, 2003

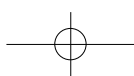
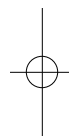
Fuente: UrObServ'ER (2004)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El Libro Verde sobre Seguridad en el Suministro Energético (2001) advierte sobre la imposibilidad de conseguir la autosuficiencia energética. También asegura que las fuentes de energía fósil remanentes son limitadas. El Libro Verde estima que quedan aproximadamente alrededor de 8 años de reservas de petróleo y 20 de gas natural. Queda mucho carbón, pero sus costes de producción son entre cuatro y cinco veces superiores a los del mercado mundial. En la UE 25 la tasa de importación supera el 45%.





ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network

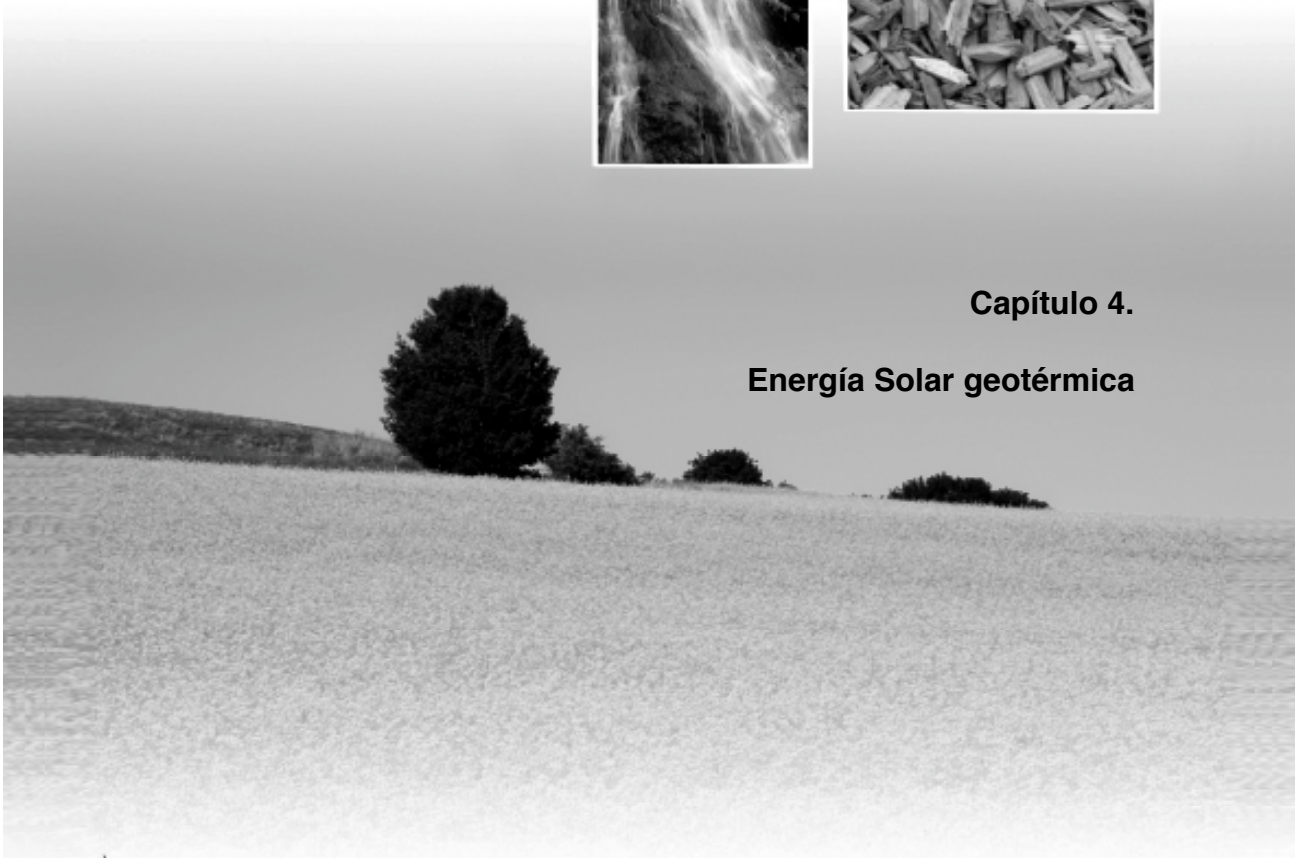


Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 4.

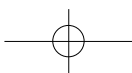
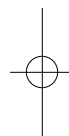
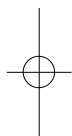
Energía Solar geotérmica




**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 4. Solar geotérmica

Energía geotérmica y bombas de calor

Seamus Hoyne, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 4. Energía solar geotérmica	47
Objetivos	51
Introducción a la energía solar	51
Introducción a la energía geotérmica	51
La tecnología de las bombas de calor y sus aplicaciones	52
Cómo funcionan las bombas de calor	52
Coeficiente de ejecución	54
Clases de colectores	55
Componentes del sistema	56
Mantenimiento y operatividad	57
Fuentes de información	58
Bibliografía	58

Listado de tablas

Tabla 4.1: Ejemplo de cómo el COP de una bomba de calor agua-agua varía con la temperatura de suministro/retorno

Listado de gráficos

Gráfico 4.1: Mapa Geotérmico a profundidad de Irlanda

Gráfico 4.2: Bomba de calor de compresión de vapor comandada por un motor eléctrico

Gráfico 4.3: Bombas de aire y de tierra

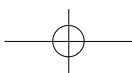
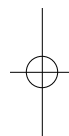
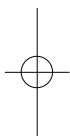
Gráfico 4.4: COP para instalaciones ideales y reales de bombas de calor (IEA, 2006)

Gráfico 4.5: Colectores de tierra (AIEA, 2006)

Gráfico 4.6: Instalación de un calefactor horizontal en una vivienda (Dunstar, 2006)

Listado de Fórmulas

Fórmula 4.1: Coeficiente de ejecución



**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Este capítulo versará básicamente sobre las turbinas a gran escala, esto es, las que se utilizan para la generación de electricidad y su posterior distribución a través de la red. Se hace asimismo alguna referencia a turbinas de menor tamaño, que pueden o no estar conectadas a la red.

Una vez que haya finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender los conceptos relacionados con la energía geotérmica
- Familiarizarse con la tecnología de las bombas de calor y sus aplicaciones

Introducción a la energía solar

Resulta obvio que el término energía solar se refiere a aquella cuya fuente de energía es el Sol. Lo que no es tan obvio a veces son las formas en que esta energía se manifiesta. A excepción de la energía nuclear, el componente lunar de la energía de las mareas y la verdadera energía geotérmica (energía calorífica generada en el corazón de la Tierra), de todas las demás formas de energía es responsable el Sol. Lo es del calor y de la electricidad solar y también directa e indirectamente de las aplicaciones geotérmicas. Además es indirectamente responsable de la eólica, de la hidroeléctrica, de la biomasa, de las corrientes oceánicas (que se espera se conviertan en una importante fuente energética dentro de una década más o menos) e incluso de las fuentes de energía fósiles. El objetivo de este capítulo es el de explicar la energía solar geotérmica y las aplicaciones de la bomba de calor.

Introducción a la energía geotérmica

La energía geotérmica es un término utilizado para describir la energía disponible procedente de la Tierra. La energía geotérmica se puede dividir a su vez en dos formas:

- De alta temperatura / Geotérmica profunda
- De baja temperatura

Esta sección tratará únicamente de la segunda de ellas y en particular de las bombas de calor. Los sistemas de alta temperatura utilizan las altas temperaturas existentes en la corteza

terrestre para producir agua caliente o bien directamente vapor de agua, que se utiliza para calefacción, para generar calor o para generar electricidad. Se han llevado a cabo estudios sobre los recursos geotérmicos de alta temperatura en la UE. Se puede encontrar un ejemplo de mapa geotérmico en la siguiente dirección: <http://esb2.net.weblink.ie/SEIGeothermal/>

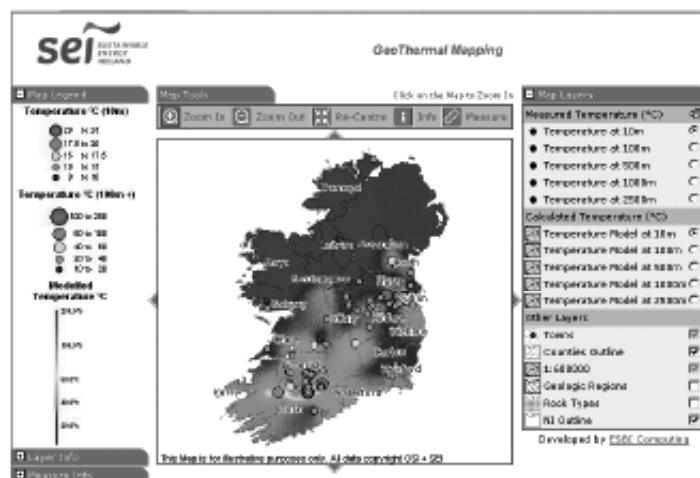


Gráfico 4.1: Mapa geotérmico a profundidad de Irlanda

Por lo general la energía geotérmica de baja temperatura requiere la utilización de la tecnología de bomba de calor para convertir el calor disponible. La aplicación más utilizada es la aclimatación de espacios. Las bombas de calor pueden extraer su energía de la tierra, del agua o del aire.

La tecnología de las bombas de calor y sus aplicaciones

¿Cómo funcionan los sistemas de bombas de calor?

Todos los sistemas funcionan de un modo similar. Se recogen los resquicios de calor de la tierra, el agua o el aire, se comprimen para elevar la temperatura y hacerla apropiada para el calentamiento de espacios y para el agua caliente. Con una bomba de calor de tierra o agua, se distribuye mejor el calor si se utiliza un sistema de irradiación de suelo o radiadores “fan/coil”. Las bombas de calor operan utilizando uno de los dos principios, el de compre-

sión y el de absorción de calor. La mayoría de los sistemas son de compresión de vapor, con un motor eléctrico.

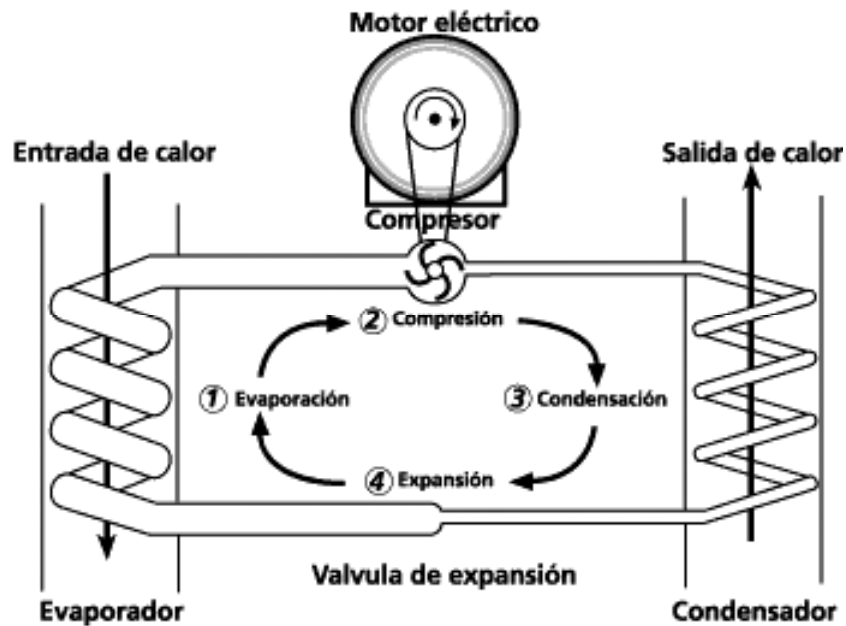


Gráfico 4.2: Bomba de calor de compresión de vapor comandada por un motor eléctrico

Los colectores basados en aire pueden calentar directamente el aire por un sistema de aclimatación de aire por conductos. Pueden también calentar agua utilizando un intercambiador de calor aire-agua para calentar por irradiación o por radiadores “fan-coil”.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

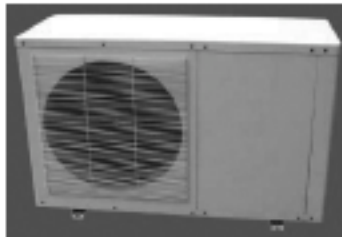


Gráfico 4.3: Bombas de aire y de tierra

Coeficiente de ejecución

La eficiencia de una bomba de calor normalmente se expresa como Coeficiente de Ejecución. Se refiere a la cantidad de energía calorífica que puede generar por unidad de electricidad gastada para hacer funcionar la bomba (fórmula 4.1).

$$\text{COP} = \text{Producción de calor} / \text{Consumo de electricidad}$$

Fórmula 4.1. Coeficiente de Ejecución

Una bomba de calor produce entre 3 y 5 KW de calor por cada KW consumido. La medición del COP debe cumplir con los estándares europeos EN255. El gráfico 4.4 nos muestra el COP de una bomba de calor ideal en su función de aumentar la temperatura, en el que el nivel de la fuente de calor es 0°C. También nos muestra los rangos de los COP reales para varios tipos y clases de bombas de calor a diferentes niveles de temperatura.

Coeficiente de realización (COP), temperatura de condensación (°C), n=0,65 bombas de calor grandes y eficientes; n=0,5 unidades comerciales y residenciales de alta eficiencia, n=0,3 unidades de acondicionamiento doméstico convencionales

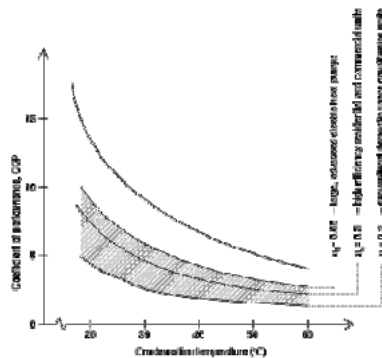


Gráfico 4.4. COP para instalaciones ideales y reales de bombas de calor (IEA, 2006)

Clases de colectores

Colectores horizontales de tierra

Los colectores horizontales de tierra son la clase más común de colector en la actualidad como fuente de energía para las bombas de calor. Se entierran las tuberías en la tierra a una profundidad de entre 1 y 2 metros. Un sistema de expansión directa (DX) necesita un área de alrededor de 25 m² por KW instalado. Si se instalan bobinas solapadas, se precisa un área de 10 x 0,3 m por KW instalado.

Colectores verticales de tierra

Los colectores verticales se utilizan allá donde existe falta de disponibilidad de tierra. Se insertan como tubo-U en agujeros pre perforados de alrededor de 100-150 mm de diámetro, 5 m de separación y de entre 15 y 120 m de profundidad. Se precisa una tubería de 30 m por KW instalado. Los colectores verticales son más caros que los horizontales pero también más eficientes y precisan menos longitud de tubería y energía para el bombeo.

Colectores de tierra a) estándar horizontal, b) horizontal “de resorte”, c) vertical



Gráfico 4.5. Colectores de tierra (AIEA, 2006)

Colectores de agua a agua

Los colectores de agua a agua utilizan el agua de un pozo convencional como fuente de calor. El pozo debe ser capaz de suministrar alrededor de 6 litros de agua al minuto por KW instalado. Los sistemas de agua ofrecen mayor eficiencia y costes más bajos de instalación que los sistemas de tierra pero están limitados por la disponibilidad de agua.

Colectores de aire

Los colectores de aire recuperan el calor existente en la humedad del aire exterior en vez de hacerlo en la tierra. Son ideales también como parte de la ventilación de un sistema de recuperación de calor. Aunque son un poco menos eficientes que los colectores de tierra o agua al tomar el aire del exterior, las bombas de calor de aire tienen la ventaja de ser más baratas y más sencillas de instalar, presentando además un tiempo de respuesta menor.

Componentes del sistema

Los sistemas de bombeo de calor no son adecuados para sustituir a los sistemas de calefacción con radiadores convencionales, ya que éstos requieren temperaturas del agua de entre 80 y 90 °C; más altas que lo que la mayoría de las bombas de calor pueden producir eficientemente.

Dado que la bomba de calor trabaja con la mayor eficiencia cuando la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y la excavación (sistema de distribución) es pequeña, la tem-

peratura de distribución del calor para la calefacción se debería de mantener tan baja como sea posible durante su funcionamiento.

En la tabla 4.1 se nos muestra los COP de una bomba de calor de agua operando a diferentes rangos de temperatura. La temperatura de la fuente es de 5°C , y la eficiencia de la bomba de calor Carnot es del 50%.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL CALOR (TEMPERATURA ENTRADA/SALIDA)	COP
Radiadores convencionales (60/50°)	2.5
Irradiación de suelo (35/30°C)	4.0
Radiadores modernos (45/35°C)	3.5

Tabla 4.1 Ejemplo de cómo el COP de una bomba de calor agua-agua varía con la temperatura de suministro/retorno

La mayoría de los sistemas requiere un tanque de almacenamiento (60-150 l) para optimizar los tiempos de funcionamiento y reducir la carga sobre el compresor, previniendo que se encienda y apague frecuentemente.

Las bombas de calor pueden eficientemente calentar el agua a alrededor de 40°C. Para conseguir que el agua de uso doméstico suba a 65°C, la temperatura normal para el almacenamiento, la mayoría de las bombas de calor incorporan una bomba de inmersión. Sin embargo algunos sistemas avanzados pueden ahora alcanzar los 65°C con una reducción mínima del COP.

Mantenimiento y operatividad

Los sistemas de bombeo de calor tienen relativamente pocos componentes mecánicos, lo que resulta en bajos costes de mantenimiento. Se recomienda que se haga una puesta a punto una vez al año como en los sistemas convencionales. La expectativa de vida de una bomba de calor es de alrededor de 20 años, en tanto que la vida del colector es bastante mayor.



Gráfico 4.6 Instalación de un calefactor horizontal en una vivienda (Dunstar, 2006)

Fuentes de información

Boyle, G (Ed.), 2004. Renewable energy: Power for a Sustainable Future, 2nd edition. Oxford University Press. Oxford.

Sustainable Energy Ireland: www.sei.ie

Irish Solar Energy Association Ltd.: www.irishsolar.com

Bibliografía

Asociación de Agencias Europeas de la Energía (AIEA) (2006). Introducción a las bombas geotérmicas de calor. AIEA, Cahir.

Dunstar, (2006) Personal Communication

IEA (2006). El Centro para el Programa de Información de Bombas de Calor (servicio en línea).

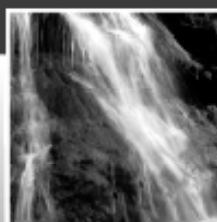


ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 5.

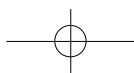
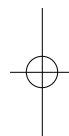
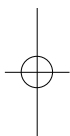
Energía Fotovoltaica



**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 5. Solar fotovoltaica

Introducción a la fotovoltaica

Mathew Mather, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 5. Solar fotovoltaica	59
Objetivos	63
Introducción a la energía solar	63
Introducción a la energía fotovoltaica	63
Energía fotovoltaica: Las distintas tecnologías	64
Características de la energía fotovoltaica	65
Cálculos en la energía fotovoltaica	67
Consideraciones sobre el emplazamiento	70
Fuentes de información	71
Bibliografía	72

Listado de tablas

Tabla 5.1: Comparativa de las distintas tecnologías

Listado de gráficos

Gráfico 5.1: Conjunto de placas montadas en techo

Gráfico 5.2: Hoja informativa de productos de Shell

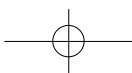
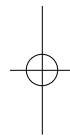
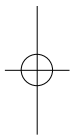
Gráfico 5.3: Mapas de irradiación solar.

Gráfico 5.4: Mapa de insolación anua

Gráfico 5.5: Recorrido del sol en el cielo

Listado de ejemplos

Ejemplo 5.1: Determinación de la producción energética y del coste de una instalación fotovoltaica



Objetivos

Una vez que haya finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender las distintas características de las tecnologías fotovoltaicas
- Comprender la importancia del emplazamiento y la orientación de los paneles
- Calcular la producción energética y el coste bruto de un sistema fotovoltaico

Introducción a la energía solar

Resulta obvio que el término energía solar se refiere a aquella cuya fuente de energía es el Sol. Lo que no es tan obvio a veces son las formas en que esta energía se manifiesta. A excepción de la energía nuclear, el componente lunar de la energía de las mareas y la verdadera energía geotérmica (energía calorífica generada en el corazón de la Tierra), de todas las demás formas de energía es responsable el Sol. Lo es del calor y de la electricidad solar y también directa e indirectamente de las aplicaciones geotérmicas. Además es indirectamente responsable de la eólica, de la hidroeléctrica, de la biomasa, de las corrientes oceánicas (que se espera se conviertan en una importante fuente energética dentro de una década más o menos) e incluso de las fuentes de energía fósiles. El objetivo de este capítulo es el de explicar las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.

Introducción a la energía fotovoltaica

Es muy importante distinguir entre la energía fotovoltaica (PV) y los colectores solares de agua caliente (SHWC). Ambas convierten la energía solar en energía útil. La diferencia es que los SHWC convierten la energía del Sol en agua caliente que normalmente se utiliza para el agua caliente (también a veces para la aclimatación de espacios), en tanto que la energía fotovoltaica convierte la energía del sol en electricidad. Por lo tanto, normalmente no se usa para calentar agua o para aclimatar espacios.

Para empezar, los PV presentan tres tipos de configuraciones. Más concretamente, la (a) sin enganche a red, la (b) conectada a red, y la (c) conectada a red con batería. Los sistemas sin conexión a red están localizados en emplazamientos remotos, donde es demasiado caro tener acceso al suministro eléctrico. Los sistemas conectados a la red son bastante comunes en

muchos estados de la UE, y también en otros como Japón, Australia o USA.

Energía fotovoltaica: Las distintas tecnologías

La tecnología fotovoltaica utiliza un material semiconductor muy concreto que convierte la energía procedente del sol en energía eléctrica. La conversión energética no es demasiado eficiente. El rango está entre un 10 y un 15%, dependiendo de la tecnología empleada.

Las tres tecnologías más extendidas de PV son:

- **Policristalina**
- **Monocrystalina**
- **Amorfa**

Se comparan en la tabla 5.1:

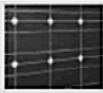
CÉLULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	POLICRISTALINO	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	AMORFO	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Tabla 5.1 Comparativa de las distintas tecnologías

Otras tecnologías fotovoltaicas como el cordel de cinta de Evergreen son también populares (ver sección 5.6 – Recursos útiles).

El sistema fotovoltaico normal utilizado en viviendas estaría compuesto por varios módulos formando un conjunto. Ejemplo: conjunto de 18 módulos en el gráfico 5.1



Gráfico 5.1 Conjunto de placas montadas en techo (Krannich Solartechnik; Evergreen solar 2005)

La mayoría de los paneles fotovoltaicos se montan permanentemente en una posición única. A esto se le denomina montaje fijo. Existen también instalaciones en donde el ángulo se puede ajustar para acomodarlo a las variaciones estacionales. Existen también soportes de doble eje más sofisticados.

La energía fotovoltaica no está restringida a las viviendas o a pequeña escala. Existen grandes granjas fotovoltaicas y también instalaciones realizadas en grandes edificios.

Características de la energía fotovoltaica

- La energía fotovoltaica presenta las siguientes ventajas:
- Es fácilmente integrable en las áreas urbanas
- Se puede construir integradamente (techos solares)
- No tiene partes móviles, por lo que es más robusta que la eólica o la hidráulica
- Bajo coste de mantenimiento
- Fácil de instalar y de trabajar con ella

Pero también los siguientes inconvenientes:

- Es la opción más costosa
- La energía es la más estacional (verano, invierno), especialmente en latitudes más al norte
- Baja eficiencia energética

En un día nublado sí se obtiene energía (pero no tanta como en un día soleado). En latitudes más al norte los días son muy largos y se obtiene por lo tanto mucha energía.

El tiempo nublado afecta a la producción energética. A más irradiación solar más energía. Sin embargo, en contra de nuestra intuición, el incremento de la temperatura provoca un descenso de la productividad, razón por la cual a mediodía no obtenemos el funcionamiento óptimo que esperaríamos.

Una instalación fotovoltaica normal está formada por un conjunto de paneles en vectores. Por ejemplo, podemos ver en el gráfico 5.1 que hay 18 módulos montados en el techo. Cuando se diseña un sistema, la elección del módulo y de la configuración se basa en las características específicas del módulo fotovoltaico. En el gráfico 5.2 podemos observar un panel de 75 W.

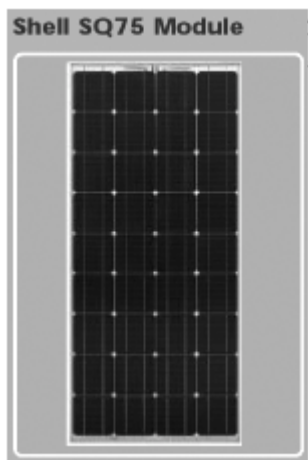


Gráfico 5.2 Hoja informativa de productos de Shell
(Módulo fotovoltaico Shell SQ75)

Del gráfico obtenemos una idea de la potencia máxima desarrollada por el módulo (en este caso, 75 W). Con 18 módulos en vector tendríamos un total de $18 \times 75 \text{ W} = 1350 \text{ W}$ ó 1,35 kW.

Sin embargo, calcular cuántos kW desarrolla efectivamente la instalación requiere una serie de cálculos.

Cálculos en la energía fotovoltaica

Los cálculos se efectúan normalmente en kW. Es la unidad que nos encontramos en las facturas.

Los kW que un módulo fotovoltaico producirá dependen obviamente de la cantidad de irradiación solar que recibe, así como de otros factores como la temperatura y la orientación. Para realizar este cálculo, utilizamos un valor denominado “horas punta de sol”.

Las “horas punta de sol” se pueden definir como el número óptimo de horas de irradiación solar disponibles para una configuración determinada, que es normalmente bastante inferior al número de días de luz que hay en un día.

Por ejemplo, un módulo de 75 W debería de suministrar ($75\text{W} \times \text{horas de luz}$) watios-hora al día. En Clonmel en junio (Irlanda) hay 17,5 horas de luz. Idealmente deberíamos de obtener $75\text{w} \times 17,5\text{h} = 1.312,50 \text{ w/h}$. En la práctica sin embargo, un panel bien colocado producirá solamente entorno a $75 \times \text{horas punta de sol}$. A mitad de junio en Clonmel se obtiene $75\text{w} \times 4,8 \text{ horas} = 360 \text{ w/h}$.

Puede haber más pérdidas debidas a la existencia de sombras y pérdidas en la eficiencia del inversor y de la batería (para conexiones sin red).

A la hora de diseñar un sistema tenemos que saber cuál es el número de horas punta de sol del emplazamiento elegido en un momento determinado del año. Para averiguarlo utilizamos normalmente los mapas de irradiación solar.

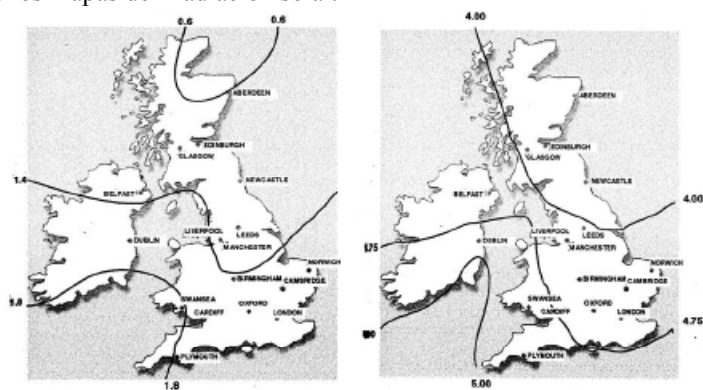


Gráfico 5.3 Mapas de irradiación solar. Mediados de diciembre, mediados de junio (Greendragonenergy, 2005)

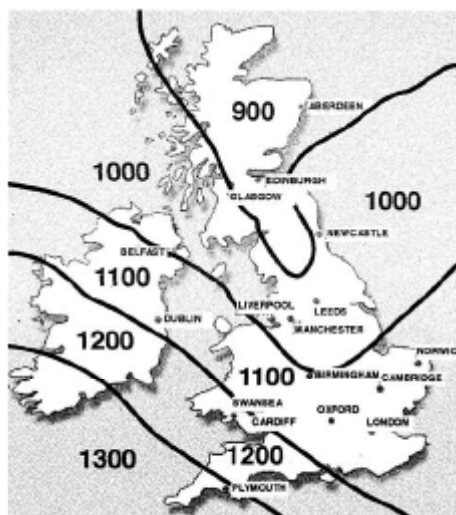
En estos dos gráficos se pueden observar los mapas de irradiación solar de Irlanda y del Reino Unido. El de la izquierda es de mediados de diciembre (invierno) y el de la derecha es a mediados de junio (verano). Sobre esta base podemos calcular cuántos kilovatios a la hora puede producir nuestro panel de 75 vatios en un día típico de invierno y en otro de verano.

En primer lugar establecemos las horas punta del emplazamiento. En Clonmel, Irlanda, a mediados de invierno podemos observar por el mapa que hay 1,8 horas. A mediados de verano tenemos, sin embargo, 4,8 horas.

En un día de invierno en Clonmel, el módulo de 75 vatios producirá: $75\text{w} \times \text{horas punta de sol} = 75\text{w} \times 1,8 = 135 \text{ w/h}$ (ó 0,135 kWh).

En un día de verano en Clonmel, el mismo módulo produciría: $75\text{w} \times \text{horas punta de sol} = 75\text{w} \times 4,8 = 360 \text{ w/h}$ (ó 0,360 kWh).

Por lo tanto queda muy clara la gigantesca estacionalidad a la que está sometida la producción. Este efecto es más acusado cuanto mayor es la latitud. Esto es vital a la hora de diseñar una instalación. Para los sistemas conectados a la red la compañía debe de preverlo; para aquéllos sin enganche lo normal es montar una fuente adicional de energía, como una turbina eólica o un generador diesel (o biodiesel). Si no se hace entonces el almacenamiento (normalmente baterías) deben tener la capacidad suficiente para almacenar la energía en invierno.



Ahora tenemos una idea general de las horas punta de sol y de cómo calcular los kilovatios hora de un emplazamiento y módulo determinados. El diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red requiere algo más que esto. Exigiría determinar el montante de kW previsto a lo largo de un año. Para hacerlo normalmente utilizamos un mapa que también nos facilita las horas de irradiación solar anuales.

Gráfico 5.4 Mapa de insolación anual
(Greendragonenergy, 2005)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

En nuestro ejemplo de Clonmel en Irlanda, por lo que podemos extraer del gráfico, las horas punta de sol son 1.200 horas.

Para el cálculo de kWh que nuestro panel de 75w puede suministrar en un año se hace lo siguiente:

$$75w \times \text{horas punta de sol} = 75w \times 1.200 = 90.000 \text{ w/h (o 90 kilovatios/hora).}$$

Pregunta:

Si el sistema fotovoltaico del gráfico 1 estuviera compuesto por paneles de 75w, y estuviera instalado en Clonmel a un ángulo de 52 grados, calcule lo siguiente:

El número total de kW producidos por la instalación

El número total de kWh que producirá un día típico en (a) mediados del invierno (b) mediados del verano

El número total de kWh que puede suministrar al año

El coste total del sistema, suponiendo que cada panel cuesta 400€.

Respuesta:

Cada panel es de 75 , y hay 18. El total de kW es por lo tanto de: $75w \times 18 = 1.350 \text{ w}$, ó 1,35 kW

(a) a mitad del invierno: horas punta de sol (del gráfico 5.3) $\times$ kW = $1,35 \text{ W} \times \text{horas punta de sol} = 1,35 \text{ kW} \times 1,8 = 2,43 \text{ kWh}$

(b) a mitad del verano: horas punta de sol (del gráfico 5.3) $\times$ kW = $1,35 \text{ W} \times \text{horas punta de sol} = 1,35 \text{ kW} \times 4,8 = 6,48 \text{ kWh}$

Ejemplo 5.1 Determinación de la producción energética y del coste de una instalación fotovoltaica

Consideraciones sobre el emplazamiento

Emplazar correctamente una instalación fotovoltaica es sumamente importante. El siguiente gráfico lo ilustra. Lo mejor sería que el panel siguiera al sol desde que amaneciera hasta que anochara (a lo que se conoce por el acimut solar) y que además variara con las variaciones estacionales norte-sur (a lo que se denomina declinación solar). Esto es ahora posible con el soporte de doble eje.

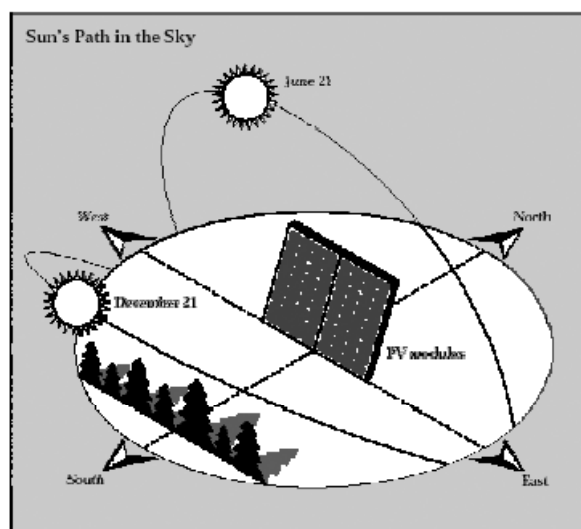


Gráfico 5.5. Recorrido del sol en el cielo

Oeste, sur, este, norte. Diciembre 21, junio 21, módulos fotovoltaicos. NREL, 1997

Energía fotovoltaica: Principios básicos de diseño y componentes (página 3)

Emplazar correctamente una instalación fotovoltaica es sumamente importante. Lo normal es que la instalación se halle instalada formando un ángulo fijo (normalmente encarando el sur) y a una declinación también fija (ángulo de inclinación). Normalmente se montan con esta configuración sobre el tejado de la casa o de un edificio; también pueden estar montados sobre un soporte aparte.

La mejor orientación para un montaje fijo es encarando el sur. El mejor ángulo de inclinación es muy sencillo de calcular. Ángulo de inclinación = latitud. De este modo, si se instalara en Clonmel se montaría encarando el sur a un ángulo de 52°, ya que Clonmel está a 52° norte.

Algunas instalaciones fotovoltaicas permiten la variación del ángulo de inclinación, para ajustarlo a las distintas posiciones del sol producidas por las variaciones estacionales. Las ventajas de hacerlo así son obvias si nos atenemos a lo visto en el gráfico anterior.

Otra consideración a la hora de colocar una instalación fotovoltaica es el sombreado. Si miramos de nuevo el gráfico 5.1 observamos que una chimenea hace sombra sobre parte de la instalación. Es habitual que la instalación reciba sombra en algún momento del día y/o en ciertos momentos del año. Lo óptimo sería evitarlo, ya que se producen pérdidas sustanciales en el rendimiento de los paneles y pueden incluso dañarlos.

Para finalizar contextualizar: no es lo mismo emplazar una instalación sin enganche en la que la mayor preocupación es obtener un rendimiento máximo y seremos por lo tanto muy cuidadosos a la hora de elegir el sitio que una instalación con enganche, que puede ser más versátil. Algunos paneles obtienen diferentes rendimientos dependiendo de la hora del día. Normalmente se obtienen mejores rendimientos por la tarde que por la mañana. Podría ser de este modo más efectivo orientar los módulos en dirección sudoeste.

Fuentes de información

Solar Energy Societies (Local and International): (Asociaciones de Energía Solar, locales e internacionales)

Irish Solar Energy Association ISEA www.irishsolar.com (Asociación Irlandesa de la Energía Solar ISEA)

British Photovoltaic Association www.pv-uk.org.uk/ (includes 44 page installers guide) (Asociación Británica de la Energía Fotovoltaica, incluye un manual de instalación de 44 páginas)

International Solar Energy Society www.ises.org/ (Sociedad Internacional de la Energía Solar)

Businesses in Ireland Supporting PV: (Empresas en Irlanda)

For a directory of businesses, see: www.sustainable.ie/directory/index.php (para un directorio de las empresas siga el vínculo)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Selected Businesses Internationally supporting PV: (Empresas internacionales seleccionadas)

1) Photovoltaic Manufacturers: (fabricantes de componentes)

Siemens (Germany) <http://www.siemens.com/>Kyocera (Japan) <http://www.kyocerasolar.com/>BP (British) <http://www.bpsolar.com/>Shell <http://www.shell.com/solar/>Unisolar <http://www.shell.com/solar/>Evergreen (USA) <http://www.evergreensolar.com/>2) Building Integrated PV (BIPV) <http://www.solarcentury.co.uk/> (Sistemas integrados en edificios)3) Sun Trackers (dual axis) <http://www.zomeworks.com/> and <http://www.wattsun.com/> (Soportes de doble eje)

4) Miscellaneous: (misceláneo)

Homepower magazine: <http://homepower.com>**Bibliografía**

Komp, R. J. 2001, Practical Photovoltaics: Electricity from Solar Cells 3rd Edition, revised, aatec publications, Ann Arbor, Michigan (Instalaciones fotovoltaicas en la Práctica: electricidad procedente de las células fotovoltaicas)

Evergreensolar 2005 *Roof Mounted Photovoltaics* [online]. Accessed 20th September 2006 at <http://www.evergreensolar.com/applications/index.html> , (The facility was assembled and installed by Krannich Solartechnik)

GreenDragonEnergy, 2005 *Annual Solar Insolation Map*, Accessed in October 2005 from Course Materials compiled by Frank Jackson (www.greendragonenergy.co.uk)

GreenDragonEnergy, 2005 *Solar Insolation Maps: Mid December, Mid June* , Accessed in October 2005 from Course Materials compiled by Frank Jackson (www.greendragonenergy.co.uk)

NREL, 1997 *Photovoltaics: Basic Design Principles and Components*, [online] Accessed in October 2005 from www.nrel.gov (document commissioned by the U.S. Department of Energy, and written by the NREL National Renewable Energy Laboratory)

Roberts, S 1991, Solar Electricity: A Practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic Systems, Prentice Hall

Shell Solar Product Information Sheet (Shell SQ75 Photovoltaic Solar Module), [online] Accessed in October 2005 at www.sunwise.com/info_center/pdfs/shell_SQ75.pdf

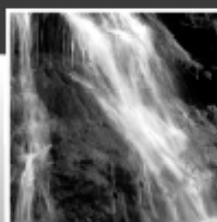


ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 6.

Solar Térmica



**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs under the National Development Plan 2000-2006.

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net).

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.

Capítulo 6. Solar térmica

Eugene Kelly, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 6. Solar térmica	73
Objetivos	77
Introducción a la energía solar	77
Disponibilidad de la energía solar en Europa	78
Casas solares pasivas	79
Valores U	80
Valores R	81
Cálculos de ejemplo	82
Guía para el diseño de una casa pasiva	83
Viabilidad financiera	85
Agua caliente solar	86
Tecnologías	86
Colectores planos	87
Colectores de tubo vacío	88
Colectores de tubo vacío vidrio -vidrio	89
Colectores de tubo vacío vidrio-metal	89
Absorción del calor en los tubos de vacío	89
método de la tubería de calor	89
Tubería de cobre en forma de U	90
Tubería de cobre concéntrica	90
Calentado directo	90
Eficiencia de los colectores	91
Componentes y configuraciones de la energía termosolar	93
Controlador	93
El método del termosifón	93
Capacidad nacional instalada	95
Viabilidad financiera	95
Calefacción solar por aire	96
Sistemas solares combinados	97
Barreras para el acceso	98
Fuentes de información	98
Bibliografía	98

Listado de tablas

Tabla 6.1: Valores λ representativos para los materiales de construcción y aislamiento más comunes

Tabla 6.2: Ratio de paneles solares / tubos de vacío instalados

Tabla 6.3: Incremento 2005/2004 en la capacidad termosolar instalada en relación al incremento 2004/2003

Listado de gráficos

Gráfico 6.1: Energía solar disponible para un panel colocado en posición óptima en Wh/m²

Gráfico 6.2: Esquema solar pasivo

Gráfico 6.3: Evolución reciente de los precios de la electricidad doméstica en Europa

Gráfico 6.4: Colector plano

Gráfico 6.5: Características de absorción del TINOX

Gráfico 6.6: Colectores de tubo de vacío

Gráfico 6.7: Esquema de un tubo de vacío

Gráfico 6.8: Ejemplo de calefactor unitario de agua

Gráfico 6.9: Eficiencias de los diferentes tipos de colectores

Gráfico 6.10: Circuito cerrado de calentador de agua caliente

Gráfico 6.11: Capacidad termosolar instalada en el 2005

Gráfico 6.12: Paneles de aire montado sobre un muro, montado sobre el techo

Gráfico 6.13: Diagrama esquemático de un sistema de aire caliente solar

Gráfico 6.14: Ejemplo de un sistema combinado termosolar

Listado de ejemplos

Ejemplo 6.1: Cálculo del valor u de un elemento

Ejemplo 6.2: Cálculo del valor u de una combinación de elementos

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Una vez completada este capítulo del manual debería de:

- Estar familiarizado con la energía solar en Europa
- Comprender cómo se cuantifica el aislamiento
- Calcular un valor-u para una combinación determinada de capas de materiales
- Comprender el concepto de Casa Pasiva
- Estar familiarizado con los diferentes tipos de colectores termo solares
- Ser consciente de las diferentes características de la energía termo solar en la UE

Introducción a la energía solar

Resulta obvio que el término energía solar se refiere a aquella cuya fuente de energía es el Sol. Lo que no es tan obvio a veces son las formas en que esta energía se manifiesta. A excepción de la energía nuclear, el componente lunar de la energía de las mareas y la verdadera energía geotérmica (energía calorífica generada en el corazón de la Tierra), de todas las demás formas de energía es responsable el Sol. Lo es del calor y de la electricidad solar y también directa e indirectamente de las aplicaciones geotérmicas. Además es indirectamente responsable de la eólica, de la hidroeléctrica, de la biomasa, de las corrientes oceánicas (que se espera se conviertan en una importante fuente energética dentro de una década más o menos) e incluso de las fuentes de energía fósiles. El objetivo de este capítulo es el de explicar las aplicaciones de la energía termo solar.

Disponibilidad de la energía solar en Europa



Gráfico 6.1 Energía solar disponible para un panel colocado en posición óptima en Wh/m2
(Comisión Europea Joint Research Centre, 2006)

Casas solares pasivas

Energía solar (invierno). Almacenamiento de agua de lluvia. Banne – Amsterdam Oeste

Energía solar (verano). Almacenamiento de agua de lluvia. Banne – Amsterdam Oeste

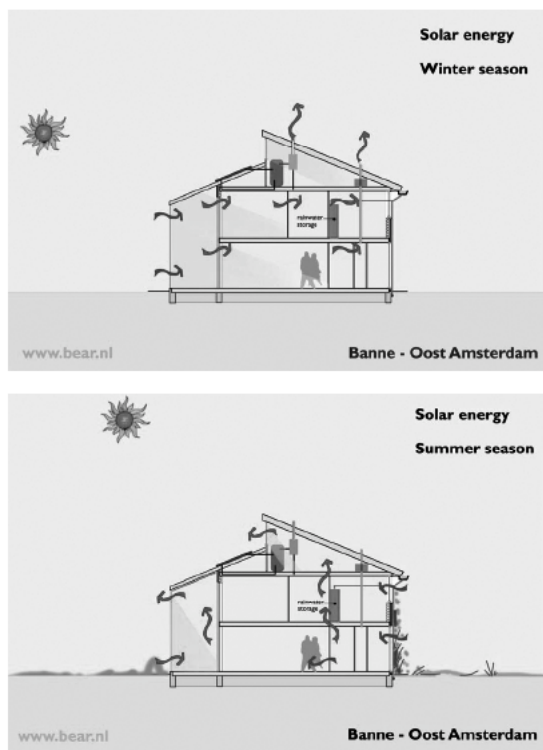


Gráfico 6.2 Esquema solar pasivo

Nos centraremos en el diseño de viviendas, pero con los ajustes oportunos, los mismos principios rigen para una amplia variedad de edificaciones.

La idea básica es que si diseñamos y construimos una vivienda siguiendo unos estándares determinados el interior puede convertirse en un beneficiario neto de la energía solar. Si seguimos uno a uno los pasos de diseño de casas solares y la construimos con buenos materiales térmicos podremos estar hablando de una Casa Solar Pasiva (Casa Pasiva). No hay una definición única para Casa Pasiva. El término agrupa a todas aquellas casas que cubren una parte significativa de sus necesidades de climatización térmica directamente a través del sol.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El Instituto PassivHaus de Darmstadt, Alemania la ha definido cuantitativamente. Esta definición ha ido ganando aceptación. Los criterios que debe cumplir una Casa Pasiva para ser tal de acuerdo con los criterios definidos por el Instituto PassivHaus son:

- Una demanda de calefacción igual o inferior a 15 kWh/m^2
- Una demanda energética total igual o inferior a 42 kWh/m^2
- Una carga máxima de calefactado total igual o inferior a 10 W/m^2
- Una ventilación igual o inferior a $0,6 \text{ ac/h}$ (cambios de aire por hora) (siempre que la presión esté tomada a 50 Pascales por encima o por debajo de la presión atmosférica ambiente)

El término “demanda de calefacción” indica la cantidad total de energía calorífica que el sistema de calefacción debe suministrar a la vivienda en un periodo determinado. Del mismo modo el término “demanda energética total” se refiere a toda la energía que se debe suministrar a la casa (incluyendo calor) para cubrir la demanda de los aparatos eléctricos, del alumbrado y para dar energía a ventiladores y bombas. El término “carga máxima de calefactado” hace referencia al ratio al que se debe suministrar la energía en cualquier momento para poder hacer frente a las exigencias energéticas de una casa y es importante a la hora de dimensionar el sistema de calefacción adicional necesario. Contextualizando, las necesidades de las casas europeas más antiguas serían del orden de 180 kWh/m^2 y de las casas con menos necesidades energéticas de entre 40 y 75 kWh/m^2 .

Es importante resaltar el hecho de las Casas Pasivas no son Casas de Energía Cero. Necesitan calor. Sin embargo son en su mayor parte pasivas, ya que la cantidad de calor que se requiere para llenar el componente pasivo es de solamente el 10% de lo que necesitaría una casa convencional. La razón para no hacer una Casa de Energía Cero es porque son en relación bastante más caras. También cabe extender este razonamiento de las necesidades de calefacción a las necesidades de ventilación. Por ello, este enfoque aplica a cualquier lugar de Europa; eso sí, hay que ajustar el diseño dependiendo del clima de cada localización.

Valores-U

Puesto que existen ciertos parámetros predefinidos en una Casa Pasiva expresados en término de valor-U en esta sección vamos a explicar los conceptos que le subyacen. Para lograr

una casa pasiva se requiere un alto nivel de aislamiento térmico. Esto es aplicable a cualquier clima, ya que el aislamiento térmico ayuda a calentar en un clima frío y a refrescar en un clima cálido. La cantidad de aislamiento para un emplazamiento en particular se mide por su valor-U. El valor-U es el ratio al cual el calor atraviesa un metro cuadrado de material cuando existe un grado de diferencia entre una y otra parte. Se mide por lo tanto en $W/m^2\text{°C}$. Por lo tanto, cuanto más bajo es el valor mejor es el aislamiento.

Para comparar las propiedades de aislamiento de los diferentes materiales es necesario estandarizar la unidad de grosor del material. A la propiedad de aislamiento medida de este modo, referida a un grosor de un metro, se le denomina valor lambda, gráficamente λ . Se mide en $W/m\text{°C}$. A veces se le llama transmisibilidad térmica o conducción de un material. Para obtener el valor-U de un grosor determinado de un material utilizamos la siguiente fórmula:

$$U = \text{valor } \lambda \text{ del material} / \text{grosor del material (en metros)}$$

Valores-R

En primer lugar recalcar que al valor-R se le denomina a veces como el inverso de U $R=1/U$ (ésta es una práctica habitual en USA pero se complica aún más por el hecho de que en USA no se utiliza el sistema métrico. Para convertir el valor R de USA al sistema métrico hay que multiplicar el americano por 0,1761. De este modo el valor R americano de 40 corresponde con el métrico de 7, que a su vez es equivalente al valor-u de 0,14).

Material	Valor λ $W/m\text{°C}$	Material	Valor λ $W/m\text{°C}$
Piedra caliza	1,53	Corcho	0,04
Hormigón	1,44	Fibra de vidrio	0,04
Ladrillo	1,15-1,47	Cáñamo/lino/lana	0,037-0,039
Cartón	0,18	Celulosa	0,035-0,036
OSB/Contrachapado	0,13	Polietireno expandido	0,03
Madera	0,14-0,16	Polietireno extruido	0,03
Fardo de paja (seco)	0,09	Resina fenólica	0,03
Tablones de aglomerado	0,08	Poliuretano	0,02

Tabla 6.1 Valores λ representativos para los materiales de construcción y aislamiento más comunes. (los valores exactos depende de los factores de producción e instalación)

Cálculos de ejemplo

Calcule el valor-u que tiene un panel de lana de 140 mm.

De la tabla 1 obtenemos el valor λ de la lana, que es de 0,038 W/m°C. El grosor del panel es de 140mm, o lo que es lo mismo de 0,14 m.

U=

(valor λ de la lana) / (grosor en metros) =

0,038 / 0,14 W/m²°C =

0,27 W/m²°C

Ejemplo 6.1 Cálculo del valor u de un elemento

Cada material por sí sólo tiene su propio valor u. Sin embargo, lo habitual es que se realice una combinación, como por ejemplo en las paredes o en el techo de una casa. La combinación presentará igualmente su propio valor de aislamiento y grosor.

El valor u de la combinación se calcula sumando los valores R de cada uno de los materiales, obteniendo de este modo el valor R total. Una vez invertido resulta el valor u total.

Calcule el valor u de un muro de escayola de 12mm, seguido de otro de lana de 140 mm y de otro de 12mm de contrachapado.

Términos utilizados en el cálculo

$R_1 = 1/u_1 = R$ -valor de la escayola

$R_2 = 1/u_2 = R$ -valor de la lana

$R_3 = 1/u_3 = R$ -valor del contrachapado

Cálculo (utilizando los valores de la tabla 6.1)

$u_1 = 0,18/0,012 = 15 \text{ W/m}^2\text{°C}$

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

$$u_2 = 0,27 \text{ W/m}^2\text{°C} \text{ (del cálculo anterior)}$$

$$u_3 = 0,13/0,012 = 10,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$R_1 = 1/15 = 0,07 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_2 = 1/0,27 = 3,7 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$R_3 = 1/10,8 = 0,09 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= (0,07 + 3,7 + 0,09) \text{ m}^2\text{°C/W} \\ &= 3,86 \text{ m}^2\text{°C/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u &= 1/R \\ &= 1/3,86 \text{ W/m}^2\text{°C} \\ &= 0,26 \text{ W/m}^2\text{°C} \end{aligned}$$

Ejemplo 6.2 Cálculo del valor u de una combinación de elementos

Guía para el diseño de una Casa Pasiva

La idea básica es orientar la casa al sur, evitar las sombras durante la estación invernal, aislarla térmicamente lo mejor posible y sellar las infiltraciones para prevenir entradas de aire frío no deseado durante el invierno.

- **Orientación al sur** – la parte más alargada de la casa debe de quedar encara da hacia el sur. Una desviación de 20 ° sólo produciría una reducción de un 5% en la ganancia de energía solar. Se debe evitar que la casa tenga sombras durante la estación invernal, especialmente en las tres horas anteriores y pos teriores al mediodía, que son las de mayor irradiación solar. La ganancia solar en una Casa Pasiva puede contribuir en alrededor de un 30% a las necesida des de calefacción.



- **Concentrar la colocación de las ventanas en la cara sur** – y minimizar el tamaño de las mismas en el resto de las orientaciones, especialmente las de la cara norte. (El vidrio de la cara sur debería ser de un 20% del área del suelo que haya que calentar en el caso de Irlanda, Gran Bretaña y el Norte de Europa). Durante la estación cálida hay que sombrear dicha cara.
- **Construir muros exteriores, suelo y techo con valores u iguales o inferiores a $0,15 \text{ W/m}^2\text{°C}$** . Este nivel alto de aislamiento térmico es esencial para reducir las pérdidas de calor a un nivel aceptable. Una forma simple y compacta ayuda también a reducir la superficie de muros, suelos y techos, y reduce asimismo el puenteo térmico (esto pasa por ejemplo en una casa que estando aislada térmicamente tiene elementos estructurales que traspasan el aislamiento como los tacos de las vigas de madera en una casa de madera).
- **Las ventanas deberían de tener un valor u igual o inferior a $0,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$** (el valor u hay que calcularlo para el conjunto de la ventana, no sólo el vidrio) **y un valor g igual o superior a $0,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$** (el valor g, o coeficiente de ganancia solar, es la fracción del calor del sol que traspasa la ventana. Un valor g de al menos 0,6 quiere decir que al menos el 60% del calor solar incidente penetra a través de la ventana).
- **Incorporar una masa térmica adecuada en el interior de la casa para almacenar el calor y evitar las temperaturas extremas.** (La masa térmica es un elemento que tenga la capacidad de absorber el calor y almacenarlo en cantidades suficientes, normalmente de mampostería (hormigón, piedra, arcilla o agua).
- **El recubrimiento del edificio debería ser lo más hermético posible**
- **Utilizar un sistema de recuperación del calor** (estos sistemas utilizan el calor del aire exterior para calentar el aire interior).
- **Utilizar electrodomésticos con categoría de eficiencia energética A y alumbrado de bajo consumo**, o bien CFL (fluorescentes compactas) o bien LED (de diodos emisores de luz)

Los consejos enumerados pueden a su vez venir complementados por instalaciones de energías renovables como el agua caliente solar. Los valores u pueden ser algo inferiores en regímenes climáticos que tengan un invierno no tan duro como el del norte de Europa.

Viabilidad financiera

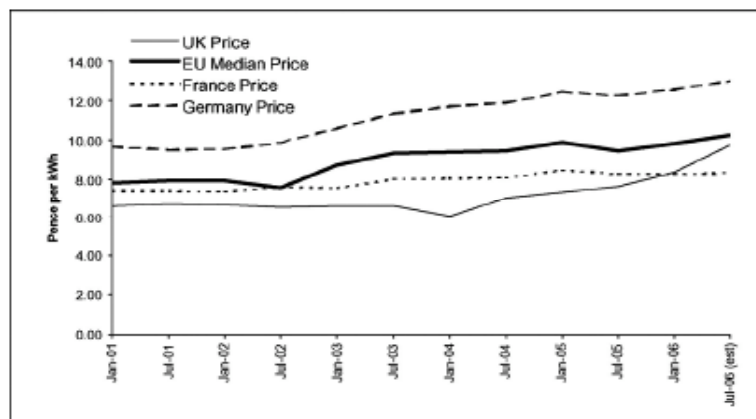
El proyecto CEPHEUS (Casas Pasivas con viabilidad económica según los estándares europeos) incluyó un estudio sobre Casas Pasivas en Alemania, Austria, Suiza, Francia y Suecia. En la mayoría de los casos se trataba de edificios de apartamentos de realojo. Un estudio del 2003 (Estudio de Verano ECEEE 2003, Jorgen Schnieders, pag. 341-251) concluyó en que el dotarlas de los elementos necesarios para cumplir los estándares de Casa Pasiva suponía sólo un incremento del 8%. Los costes anuales de calefacción se reducían en una media de un 84% sobre las edificaciones nuevas. Se realizó un cálculo según el cual los costes adicionales invertidos al 4% durante 25 años se dividían por los kWh ahorrados. Esto arrojó un resultado de 0,062 €/kWh, lo que permite una comparación directa con los costes energéticos. En definitiva, si comprar un kWh de electricidad cuesta más de 62 céntimos es rentable construir Casas Pasivas.

En febrero del 2007 el precio para usuarios domésticos de un kWh de electricidad en Irlanda es de 16 céntimos. Se espera que en los próximos años los precios de la energía suban significativamente, con subidas porcentuales de dos dígitos más que probables en los próximos años. El incremento en los estándares de aislamiento que las nuevas normativas están imponiendo en toda Europa implica que el diferencial de coste de elegir una Casa Pasiva está reduciéndose.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural



(Céntimos por kW, precio del Reino Unido, precio medio europeo, precio de Francia, precio de Alemania)

Gráfico 6.3 Evolución reciente de los precios de la electricidad doméstica en Europa (UD DTI, 2005)

Agua caliente solar

Los colectores solares son aparatos diseñados para utilizar el calor del sol para calentar el agua. El agua en cuestión suele ser agua para uso doméstico puede utilizarse también para otros usos como calentar piscinas o para lavanderías comerciales, por ejemplo. A diferencia de la electricidad o de la calefacción, en que nuestro consumo será mayor en invierno, usamos más agua caliente en verano que en invierno, que es cuando existe más disponibilidad de energía solar.

Tecnologías

La forma más común de un colector solar es un panel plano que puede o no estar acristalado. Los paneles acristalados pueden también incorporar la tecnología de vacío (tubos de vacío) para minimizar las pérdidas de calor. Normalmente el acristalamiento es único pero existen ya aparatos en el mercado con doble acristalamiento. Los paneles sin acristalamiento son menos eficientes pero también más baratos y robustos. Se utilizan normalmente allí donde la temperatura ambiente es alta y la temperatura objetivo es relativamente baja. Su uso más habitual es de calentar piscinas.

Colectores planos

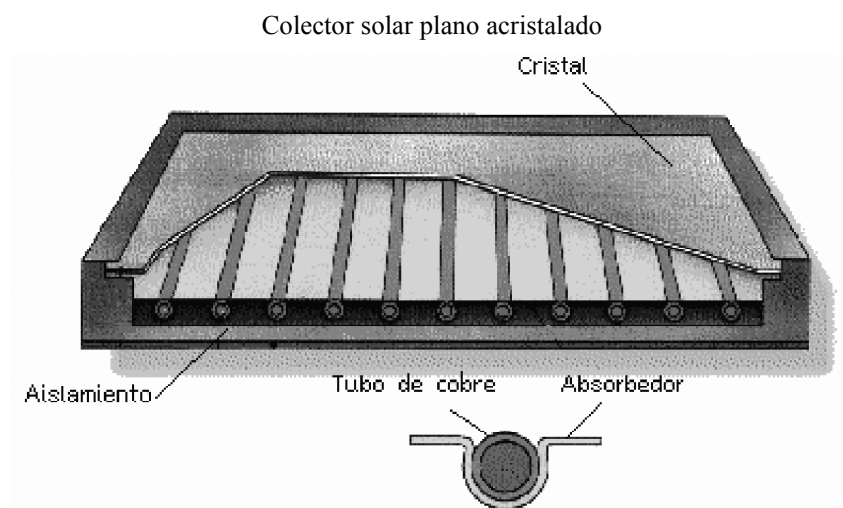


Gráfico 6.4. Colector plano

Los calentadores solares planos están formados por una caja rectangular acristalada que contiene un tubo de vidrio enrollado con un punto de entrada y salida. Es muy sencillo conectarlos en serie, conectando la salida de uno con la entrada del otro. Se anexa al cobre una película también de cobre o de aluminio, con el fin de maximizar el área calentada por el sol. A esta película se le da un recubrimiento especial que maximiza la absorberencia y, en el caso de mejores recubrimientos, minimiza la radiación térmica al medio.

A estos últimos recubrimientos se les denomina materiales selectivos y absorben más del 90% del calor irradiado que reciben y por otro lado pierden muy poco calor. Estos recubrimientos son de los siguientes materiales: cromo negro, níquel negro, óxido de aluminio y oxinitrilo de titanio o TiNOX. El último de ellos es considerado también el mejor tanto por sus características como por sus atractivas propiedades medioambientales.

Los colectores solares planos pueden instalarse en el techo de dos maneras. En la primera los paneles se insertan en el techo. A esta forma se le denomina integrada. Sobresalen menos y pueden fácilmente ser confundidos a primera vista con el techo. En la segunda los paneles se montan sobre un soporte y son por lo tanto bastante más evidentes.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Espectro del TINOX

Radiación negra a 100°C

Emisión del TINOX a 100°C

Absorción solar del TINOX

Curva de reflexión del TINOX

Ancho de onda

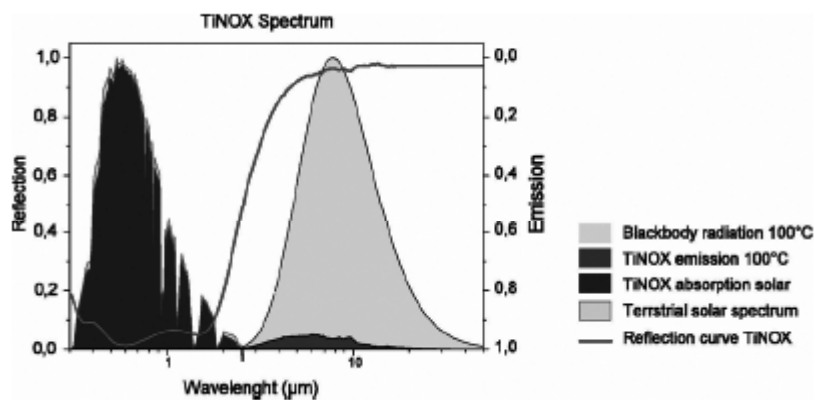


Gráfico 6.5 Características de absorción del TINOX

Colectores de tubo de vacío

Hay diferentes versiones para esta tecnología. Todas ellas, sin embargo, utilizan tubo de vidrio en vacío para reducir las pérdidas de calor. Estos tubos forman un cuadro que se conecta a una cabecera, a la que se denomina colector de admisión.

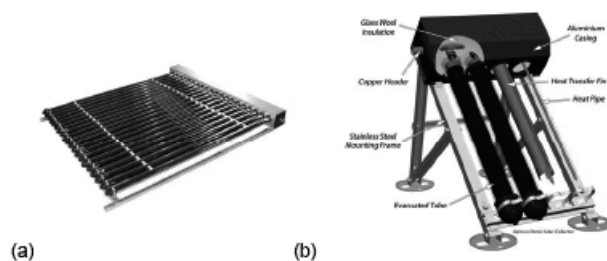


Gráfico 6.6 Colectores de tubo de vacío

Colector de tubo de vacío
(b) Detalle de la estructura

Colectores de tubo de vacío vidrio-vidrio

En esta tecnología se utiliza un tubo de vidrio dentro de otro tubo de vidrio, dejando en vacío al espacio que los separa. Es una configuración muy duradera, ya que el sellado entre ellos no suele fallar.

Colectores de tubo de vacío vidrio-metal

En esta tecnología se utiliza un tubo de vidrio con un sellado entre éste y en ensamblaje de absorción que está dentro del tubo. El vacío se forma dentro del tubo. Esta tecnología presenta problemas porque el vidrio y el metal se expanden a distinto ritmo y los fallos son más probables.

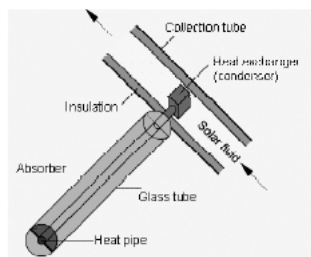
Absorción del calor en los tubos de vacío

Se trata del mismo método de absorción que el de los colectores planos, esto es, un metal de absorción, generalmente cobre, que se envuelve con un recubrimiento selectivo. La principal diferencia es que el metal de absorción está al vacío y pierde por lo tanto muy poco calor. Esta reducción en la pérdida implica que los colectores de tubo al vacío trabajan a temperaturas más elevadas que los colectores planos.

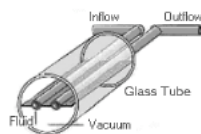
Método de la tubería de calor

En esta ingeniosa tecnología una tubería hueca de cobre sellada por los dos extremos y rellena de fluido (normalmente alcohol), que se conecta al plato de absorción. El fluido se evapora a 30°C. Si el tubo está inclinado con el suficiente ángulo el fluido sube por convección a la parte superior donde éste se abre para formar una cámara. La cámara está situada en el colector de admisión a través del cual fluye el fluido que transporta el calor al cilindro del agua caliente (fluido del circuito de calefacción). Al calentarse el líquido se evapora absorbiendo el calor latente de vaporización. Este vapor se desplaza hasta alcanzar la parte del tubo que se encuentra a menor temperatura, produciéndose allí su condensación y la consiguiente liberación del calor latente asociado a este cambio de estado. El líquido retorna por capilaridad o debido a la acción de la gravedad y así una y otra vez.

Los tubos de calor son considerados como los superconductores del calor. Se trata, en efecto, de un sistema muy eficiente, mil veces mejor que conducir el calor a través del mejor de los metales. Una gran ventaja de este mecanismo es que los tubos se pueden reemplazar individualmente sin tener que vaciar el sistema ni tocar ningún otro tubo. Como desventaja mencionar que se requiere un ángulo mínimo para que funcione, por lo que si el techo no tiene la suficiente pendiente habrá que montarlo sobre un soporte para que alcance el ángulo apropiado.



Tubo de colección, condensador, aislamiento, flujo solar, absorción, tubo de vidrio, tubo de calor



Entrada, salida, tubo de vidrio, vacío, fluido

Gráfico 6.7 Esquema de un tubo de vacío

Tubería de cobre en forma de U

En esta tecnología una tubería de cobre atraviesa la tubería de vacío. La primera de ellas lleva el fluido, metiéndolo frío y sacándolo caliente. El absorbedor está unido al tubo.

Tubería de cobre concéntrica

En esta configuración la tubería interior, que está abierta por el extremo inferior, trae el fluido frío que se expande por el espacio entre el conducto interior y el exterior, que está sellado en el extremo inferior. El absorbedor está unido al tubo exterior de tal modo que el fluido se calienta cuando fluye en el espacio entre el tubo interior y el exterior.

Calentado directo

En esta configuración es el agua la que pasa directamente por el tubo y se calienta por contacto directo con el absorbedor. El problema básico que ofrece es que hay que vaciar completamente el sistema si se quiere reemplazar un tubo y, si se produce alguna gotera, se derramará sobre el tejado. Este sistema es muy común. En estos sistemas el cilindro del agua

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

caliente, de unos 150 litros de capacidad, está situado en la parte superior de la instalación.



Gráfico 6.8 Ejemplo de calefactor unitario de agua
(Tsinghua, 2007)

Otras maneras de suministrar agua caliente directamente del sol son los bulk heaters, que básicamente son el absorbedor y el tanque en forma conjunta (piense en un barreño negro de metal), con techo de metal como absorbedor, que transfiere el calor a un circuito de calefacción.

Eficiencia de los colectores

Para poder sacar el máximo partido a un panel solar de agua caliente es muy importante colocarlo correctamente. Debería de estar colocado encarando el sur y asegurarse de que no se produzca ninguna sombra cuando el sol está en la mitad sur del cielo. Su ángulo óptimo de inclinación depende de la latitud y la cantidad de días nublados existentes. Si no hubiera ninguno el ángulo óptimo sería igual a la latitud. Si por el contrario siempre estuviera nublado el ángulo óptimo sería cero. El ángulo óptimo por lo tanto es algunos grados menos que la latitud. De este modo, en Irlanda, donde la latitud está a principios de los cincuenta y hay muchos días nublados (65 de días nublados) el ángulo óptimo es más o menos de 35°. Cualquier ángulo entre 30° y 40° es bueno. Por lo general los tubos de vacío ofrecen mejores rendimientos que los paneles solares, especialmente en condiciones climatológicas de frío y viento, pero esta ventaja puede verse reducida si tienen una capa de nieve o hielo encima, ya que se derrite más lentamente en el caso de los tubos de vacío. No se considera la opción de seguir al sol en los paneles solares de agua caliente debido a las dificultades que presenta técnicamente para la instalación de fontanería.

Eficiencia de los colectores

Colector solar

Colector de tubos de vacío

Absorbedor plástico

Colector de aire

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

(temperatura media – temperatura ambiente) / radiación global

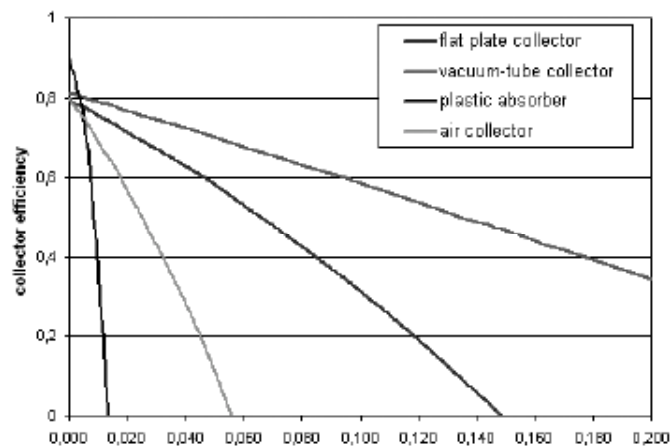


Gráfico 6.9 Eficiencias de los diferentes tipos de colectores

A pesar de que los de vacío son más eficientes los colectores solares están más extendidos. Las razones para ello son las siguientes: coste, fragilidad y perdurabilidad. En efecto, los tubos de vacío son más caros, más frágiles y con mayores necesidades de mantenimiento. El coste es menos importante ya que se están empezando a importar paneles de tubo de vacío de China. La razón última por la que algunos se deciden por los paneles solares podría ser estética, ya que los tubos de vacío no se pueden integrar en el techo. Hay diferencias entre unos y otros países.

Country	Ratio of Flat Plate capacity to Evacuated Tube Capacity installed in 2005
Austria	160:1
Germany	9:1
Italy	23:1
Spain	26:1
UK	2:1
EU	32:1

Tabla 6.2 Ratios de paneles solares / tubos de vacío instalados

(elaborado a partir de ESTIF, 2006)

Componentes y configuraciones de la energía termosolar

Sistemas indirectos o de circuito cerrado

La tubería de cobre (con el cobre, al contrario que con el plástico, hay que realizar una instalación de fontanería ya que las temperaturas a las que se llega en los circuitos termosolares son normalmente mayores que las que se alcanzan en los sistemas convencionales domésticos de agua caliente), que conduce el fluido forma un circuito que conecta el panel con el tanque de agua caliente. Normalmente esta tubería se conecta a un serpentín situado en la parte inferior del tanque de agua caliente. El serpentín actúa como un intercambiador de calor, transfiriéndose el calor de los paneles solares al agua del tanque. El fluido del circuito es normalmente agua con algo de anticongelante. Se le suele llamar salmuera.

Sistemas directos o de circuito abierto

En un sistema abierto se hace circular el agua fría procedente del tanque a través de los paneles solares y de vuelta al tanque. Dado que el sistema calienta el agua doméstica directamente no es posible añadir anticongelante, lo que la hace más vulnerable a la congelación en las frías noches de invierno. Se puede evitar mediante sistemas que vacían el circuito por las noches, también utilizando doble acristalamiento en los paneles o mediante un sistema que enciende una bomba cuando la temperatura alcanza una mínima prefijada.

Controlador

Tanto los sistemas abiertos como los cerrados son sistemas de bombeo. La bomba se activa y desactiva con un microchip que controla tanto la temperatura de los paneles solares como la temperatura del agua caliente del tanque. Se puede configurar el controlador para que accione la bomba cuando la diferencia de temperatura entre el panel y el tanque supere un cierto valor o cuando la temperatura del panel esté por encima de un valor mínimo.

El método del termosifón

El agua de los circuitos puede también circular por gravedad (termosifón). La diferencia de densidad entre el agua calentada en los paneles y el agua más fría que hay en el tanque hace que el agua caliente se desplace por convección a la parte superior del tanque. Por lo tanto,

en este sistema hay que colocar los paneles por debajo del tanque de almacenamiento.

Se precisan los siguientes componentes:

- Paneles solares y fijaciones
- Tuberías
- Bomba de circulación
- Controlador (activa y desactiva la bomba de circulación)
- Sensores de temperatura
- Tanque de expansión
- Tanque de agua caliente con serpentín
- Circuito cerrado, sistema de protección anticongelación

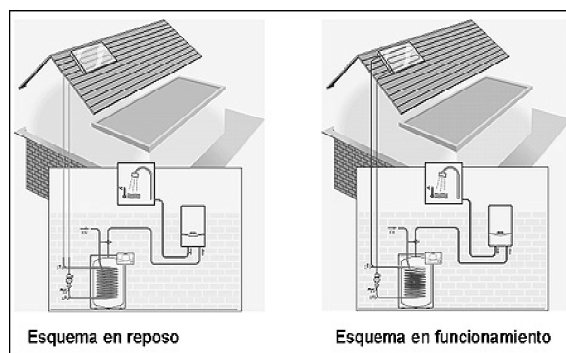


Gráfico 6.10 Circuito cerrado (o indirecto) de calentador de agua caliente (Southface, 2007)

Capacidad nacional instalada

Capacidad termosolar per cápita instalada (finales del 2005)

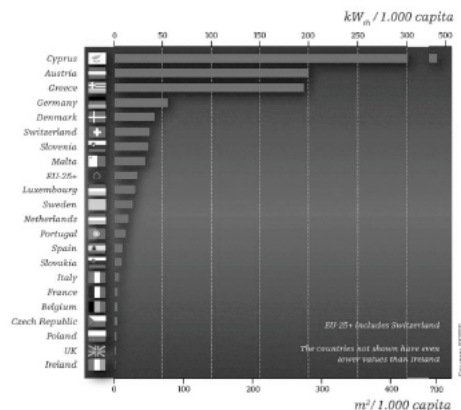


Gráfico 6.11 Capacidad termosolar instalada en el 2005

La mayoría de los países muestran tasas de crecimiento muy altas en el periodo 2004-2005. En el siguiente gráfico se muestran algunos datos representativos:

Country	Increase in 2005 relative to increase in 2004
Austria	28%
France	134%
Germany	27%
Ireland	75%
Italy	24%
Netherlands	-23%
Spain	16%
UK	12%

Tabla 6.3 Incremento 2005/2004 en la capacidad termosolar instalada en relación al incremento 2004/2003

(ESTIF, 2005)

Viabilidad financiera

Teniendo en cuenta que la disponibilidad anual de la energía solar es de 1.200 kWh/m^2 (lo que se puede alcanzar en algunas partes de Irlanda) y que la eficiencia del panel es del 40% obtenemos un total de 480 kWh/m^2 . Para un área de 6 m^2 produciría $480 \times 6 = 2.880 \text{ kWh/a}$. Al precio de la electricidad en Irlanda, que es de 14,4 céntimos (mediante electricidad), sería de $2.880 \times 14,4 \text{ ct} = 416 \text{ € año}$. El coste de comprar e instalar un equipo en Irlanda (incluyendo todos los componentes necesarios y un tanque de agua caliente de 300 litros) sería de alrededor de 6.500 €.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Para obtener el periodo de amortización se divide el montante de inversión entre el ahorro anual $6.500/416 = 15,6$ años. Si incrementamos la eficiencia del panel en un 5%, hasta un 45%, el periodo baja a 13,9 años. El periodo baja todavía más si añadimos las ayudas gubernamentales existentes. En Irlanda se podría obtener una subvención de 1.800 € y esto reduciría el periodo a 10 años. Por supuesto, un incremento de los precios de la electricidad implicaría igualmente una reducción en el periodo de amortización. Aparte de los beneficios que reporta una vez transcurrido el periodo de amortización hay que tener en cuenta los beneficios en términos de reducción de las emisiones de CO₂ y de seguridad en el suministro.

Calefacción solar por aire

Es menos común ver diseños solares para calentar aire que agua, pero sí que existen ofertas en el mercado. Estos paneles se pueden montar en muros y paredes y son más ligeros que los de agua. Algunos sistemas calientan tanto agua como aire (sistema combi). Los equipos solares de aire caliente también ventilan la casa y pueden utilizarse en los climas cálidos para inyectar el aire fresco de la noche en las casas. Según los datos del fabricante un sistema combi podría contribuir en alrededor de 3.300 kWh año montado en un tejado de Londres encarando el sur con un ángulo de inclinación de 30°.



(a)



(b)

Gráfico 6.12 Paneles de aire (a) montado sobre un muro (Cansolair, 2007) (b) montado sobre el techo (Sunwarm, 2007)



Gráfico 6.13 Diagrama esquemático de un sistema de aire caliente solar (Sunwarm, 2007)

Sistemas solares combinados

Este término, bastante impreciso, se usa para referirse a aquellos sistemas que suministran agua caliente y calefacción. Un estudio de dichos sistemas, el proyecto Altener europeo puede encontrarse en la siguiente dirección: <http://elle-kilde.dk/altener-combi/index.htm> (gráfico 6.14). Normalmente estos sistemas son de gran tamaño. El área cubierta por los paneles solares debería ser al menos de 7 m^2 y el tanque de almacenamiento de agua sobrepasar los 800 litros (a no ser que se adopte otra estrategia para almacenar el calor, como un suelo de hormigón). La mayoría de los montados presentan cifras superiores. Existen algunos más pequeños pero su viabilidad no está tan clara.



Gráfico 6.14 Ejemplo de un sistema combinado termosolar de 16 m^2 en una casa situada en Francia

Barreras para el acceso

- Costes de la inversión
- Desconocimiento por parte de los consumidores
- Dificultad para encontrar técnicos formados
- Indiferencia de los consumidores
- Mala disponibilidad

Fuentes de información

Proyecto Altener Combi-System	http://elle-kilde.dk/altener-combi/index.htm
Proyecto CEPHEUS	http://www.cepheus.de/eng/start.html
Industria Termosolar europea	www.estif.org
Instituto “Casa Pasiva”	www.passiv.de
Sociedad Recurso Solar Práctico	www.builditsolar.com
Energía Sostenible Irlanda	www.sei.ie
Varios artículos sobre la materia	www.wikipedia.org

Bibliografía

Komp, R. J. 2001, Practical Photovoltaics: Electricity from Solar Cells 3rd Edition, revised, aatec publications, Ann Arbor, Michigan (Instalaciones fotovoltaicas en la Práctica: electricidad procedente de las células fotovoltaicas)

Evergreensolar 2005 *Roof Mounted Photovoltaics* [online]. Accessed 20th September 2006 at <http://www.evergreensolar.com/applications/index.html> , (The facility was assembled and installed by Krannich Solartechnik)

GreenDragonEnergy, 2005 *Annual Solar Insolation Map*, Accessed in October 2005 from Course Materials compiled by Frank Jackson (www.greendragonenergy.co.uk)

GreenDragonEnergy, 2005 *Solar Insolation Maps: Mid December, Mid June* , Accessed in October 2005 from Course Materials compiled by Frank Jackson (www.greendragonenergy.co.uk)

NREL, 1997 *Photovoltaics: Basic Design Principles and Components*, [online] Accessed in October 2005 from www.nrel.gov (document commissioned by the U.S. Department of Energy, and written by the NREL National Renewable Energy Laboratory)

Roberts, S 1991, Solar Electricity: A Practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic Systems, Prentice Hall

Shell Solar Product Information Sheet (Shell SQ75 Photovoltaic Solar Module), [online] Accessed in October 2005 at www.sunwize.com/info_center/pdfs/shell_SQ75.pdf



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



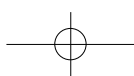
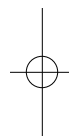
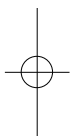
Capítulo 7.

Introducción a la Energía Eólica


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Introducción a la energía eólica

Seamus Hoyne, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 7. Introducción a la energía eólica	99
Objetivos	105
Contexto	105
La tecnología eólica	105
¿Cómo se forma el viento?	105
Empezando a comprender la energía y la potencia generada	107
Breve historia de la tecnología eólica	109
Tipos y tamaños de turbinas eólicas	111
Componentes de una turbina eólica	113
Potencia y energía de las turbinas eólicas	117
Curvas de potencia	117
Distribución de la velocidad del viento y producción de energía de	118
Método de aproximación 1: Utilizando la velocidad del viento	119
Método de aproximación 2: Factor de capacidad	121
Asesoramiento sobre la velocidad del viento	122
Anemómetros	122
Otros métodos de asesoramiento	123
Fases en el desarrollo de un proyecto eólico	124
Desarrollo de parques eólicos marinos	126
Turbinas a pequeña escala	127
Viabilidad financiera	128
Caso de estudio	130
Proyecto de ejemplo	130
Fuentes de información	131

Listado de tablas

Tabla 7.1: Dirección habitual del viento en función de la latitud (DWEA, 2006)

Tabla 7.2: Ejemplos de las primeras turbinas eólicas (EWEA, 2006)

Listado de gráficos

Gráfico 7.1: Ejemplo de pronóstico meteorológico con isobaras (Met Eireann, 2006)

Gráfico 7.2: Molino de viento tradicional (Wikipedia, 2006)

Gráfico 7.3: HAWT de gran tamaño, Aalborg, Dinamarca (Wikipedia, 2006)

Gráfico 7.4: VAWT de Darrieus, Isla Magdalen (Wikipedia, 2006)

Gráfico 7.5: Crecimiento de las turbinas eólicas (Asociación Alemana de la Energía Eólica, 2006)

Gráfico 7.6: Gráfico de selección de turbina (Concejo del condado de Cork, 2004)

Gráfico 7.7: Carcasa de turbina (healion, 2005)

Gráfico 7.8: Curva de Potencia de una turbina eólica (DWEA, 2006b)

Gráfico 7.9: Gráfico de distribución de la velocidad del viento (DWEA, 2006)

Gráfico 7.10: Anemómetro (Hoyne, 2006)

Gráfico 7.11: Mapa de la velocidad del viento, que muestra la región de Carlos (100m) (SEI, 2006)

Gráfico 7.12: Microturbina eólica de 3.000 W (Surface Power, 2006)

Listado de Fórmulas

Fórmula 7.1: Energía cinética por segundo

Fórmula 7.2: Masa del aire por segundo

Fórmula 7.3: Energía cinética por segundo – Potencia del viento

Fórmula 7.4: Producción eléctrica anual – Sobre la base de la velocidad del viento

Fórmula 7.5: Producción eléctrica anual – Sobre la base del factor de capacidad

Fórmula 7.6: Cálculo del precio unitario de un proyecto de parque eólico

Fórmula 7.7: Factor de recuperación del capital / Factor anualizado

Listado de Ejemplos

Ejemplo 7.1: Cálculo de la potencia teórica y máxima disponible

Ejemplo 7.2: Cálculo de la producción de energía eólica a una determinada velocidad de viento por año

Ejemplo 7.3: Estimación de la producción anual de electricidad usando el primer método aproximativo

Ejemplo 7.4: Rendimiento anual de energía – cálculo 2

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

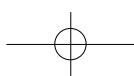
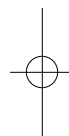
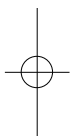
Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.



Objetivos

Una vez completado este capítulo del manual debería de:

- Comprender el funcionamiento de los distintos componentes y entender las distintas tecnologías relacionadas con la energía eólica
- Familiarizarse con cómo desarrollar un proyecto de parque eólico
- Familiarizarse con la potencialidad que presenta la energía eólica y las subvenciones y legislación que le afectan

Contexto

Este capítulo versará sobre las turbinas a gran escala, esto es, las que se utilizan para la generación de electricidad y su posterior distribución a través de la red. Se hace asimismo alguna referencia a turbinas de menor tamaño, que pueden o no estar conectadas a la red.

Se ejemplificará a lo largo de toda la sección con un proyecto de ejemplo, que tiene las siguientes características:

- Número de turbinas: 10
- Capacidad de la turbina: 1,75 MW
- Factor de capacidad del emplazamiento: 30%
- Media anual de la velocidad del viento: 8 m/s

La tecnología eólica

¿Cómo se forma el viento?

El viento se forma por las masas de aire en movimiento que circulan por la atmósfera. Su fuerza y dirección vienen determinadas por:

- 1 Las temperaturas de la superficie terrestre (que a su vez dependen de la curvatura de la misma). La tierra es calentada por el sol. La curvatura de la tierra

hace que las zonas de los trópicos sean significativamente más templadas que las zonas más cercanas a los casquetes polares. Esto provoca movimientos de aire y dependiendo de cuál sea la localización en la tierra así serán las corrientes de viento o mayores o menores las presiones atmosféricas.

- 2 La rotación de la tierra. La rotación provoca un efecto adicional que se denomina efecto Coriolis (denominado así por Godefroy de Coriolis, que descubrió este efecto en 1835). Esto provoca que la dirección de los vientos cambie dependiendo del emplazamiento (p. ej.: en el hemisferio norte los vientos del norte varían habitualmente hacia el oeste).

Una latitud clave que afecta la dirección global del viento son los 30 grados (tanto en el norte como en el sur). A esta latitud el efecto rotacional Coriolis evita que los vientos cálidos, que provienen del ecuador y se desplazan tanto al norte como al sur, progresen en ambas direcciones. Esto resulta en áreas de altas presiones en esta región y de bajas presiones en el ecuador.

La presencia de vientos cambiantes se manifiesta mediante la observación de la presión atmosférica en un determinado sitio. La presión atmosférica se mide en bares o pascales. Un bar es aproximadamente la presión atmosférica normal a nivel del mar. Los barómetros, utilizados para medir la presión, miden el peso del aire en una columna sobre una superficie determinada. Las áreas de presión alta indican pocos vientos y buen tiempo, en tanto que las áreas con bajas presiones tienden a indicar mal tiempo, viento y lluvias.

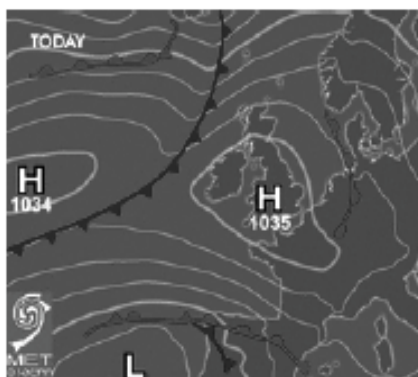


Gráfico 7.1: Ejemplo de pronóstico meteorológico con isobaras (Met Eireann, 2006)

En general la dirección del viento prevaleciente puede determinarse mediante la latitud, tal y como se muestra a continuación:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Latitude	90-60°N	60-30°N	30-0°N	0-30°S	30-60°S	60-90°S
Direction	NE	SW	NE	SE	NW	SE

Tabla 7.1: Dirección habitual del viento en función de la latitud (DWEA, 2006)

Irlanda está aproximadamente a 50° N, lo que indica que el viento prevaleciente es de suroeste y ésta es en efecto la realidad.

Además de los efectos reseñados anteriormente a nivel global existen también condiciones locales que afectan tanto la fuerza como la dirección del viento. Incluyen la latitud, la proximidad al mar (brisas), la topografía (vientos de valle), etc.

Empezando a comprender la energía y la potencia generada por la energía eólica

La energía que se puede extraer del viento es la energía cinética. La energía cinética es la fuerza de un cuerpo en movimiento. La fórmula estándar para el cálculo del montante de energía cinética es:

Energía cinética por segundo = mitad de la masa del cuerpo en movimiento x velocidad al cuadrado

$$\text{Energía cinética} = 0,5 m \times V^2$$

Fórmula 7.1: Energía cinética por segundo

En donde:

m = masa del cuerpo (en kilogramos)

V = velocidad (en metros por segundo)

Para calcular la energía del viento es por lo tanto necesario calcular la masa y medir la velocidad

La masa del aire se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Masa del aire por segundo = densidad del aire x volumen del aire en movimiento por segundo

= densidad del aire x área x velocidad

$$m = P \times A \times V$$

Fórmula 7.2: Masa del aire por segundo

Donde:

A = área barrida por las aspas de la turbina (número pi x área al cuadrado)

P = densidad del aire = 1,2256 kg/m³ a nivel del mar

Sustituyendo m en la fórmula 1, junto con la definición de la fórmula 2 se obtiene una fórmula final para el cálculo por segundo de la energía del viento que pasa a través de una turbina.

$$\text{Energía cinética} = 0,5 \times P \times A \times V^3 \text{ (julios por segundo)}$$

Fórmula 7.3: Energía cinética por segundo – Potencia del viento

Considerando que la potencia es igual a la energía desarrollada por unidad de tiempo la potencia del viento es igual a la energía cinética (julios por segundo).

Esta es la potencia teórica que se puede capturar del viento. Albert Bertz en 1928 calculó que la fracción máxima de potencia que se puede extraer es de 16/27 ó el 59,3%.

Sabiendo lo anterior posibilita el cálculo de la potencia del viento a una velocidad determinada, como se muestra en el siguiente ejemplo:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El viento a una velocidad de 10 metros por segundo pasó por una turbina con un radio de 30 metros. ¿Cuál es la potencia teórica y la fracción máxima de potencia disponible?

$$\begin{aligned}
 \text{Energía cinética / segundo} &= \text{Potencia} = 0,5 \times \rho \times A \times V^3 \text{ (W)} \\
 &= 0,5 \times 1,2256 \times 30 \times 30 \times 10 \times 10 \times 10 \\
 &= 1.735.081 \text{ W} \\
 &= 1.735 \text{ kW} \\
 &= 1,735 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

1,735 MW es la potencia máxima teórica que se puede obtener bajo este supuesto

Aplicando la ley de Betz la fracción máxima que se puede obtener es:

$$\begin{aligned}
 &= 1,735 \times 0,593 \\
 &= 1,03 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Ejemplo 7.1: Cálculo de la potencia teórica y máxima disponible

Breve historia de la tecnología eólica

Molinos de viento

La fuerza del viento ha sido utilizada durante siglos. La evolución de las turbinas para la producción de energía eólica es sin embargo un fenómeno bastante más reciente.

Tradicionalmente el viento se utilizaba para moler grano y extraer agua. Todavía hay debate sobre cuándo se empezaron a utilizar los molinos de viento y por quién. Se han encontrado evidencias de turbinas de eje vertical hacia el año 644 (Hau, 2000) en la región de Persia y Afganistán. La maquinaria de eje horizontal (el tradicional molino de viento) se desarrolló en Europa y evolucionó principalmente en el noroeste del continente. La zona tradicional dentro de nuestro continente es Holanda, donde comenzaron a proliferar en los siglos XVI y XVII (Hau, 2000).



Gráfico 7.2: Molino de viento tradicional (Wikipedia, 2006)

El uso tradicional del molino de viento era el de moler el grano (y otros productos) y el de extraer agua. Su diseño fue evolucionando a medida que crecía la industria. Para más detalles consultar Eldrige, 1975 y Goulding, 1995.

Energía eólica y generación de electricidad

Con el desarrollo de la producción de electricidad y la red eléctrica a finales del siglo XIX y principios del XX se empezó a experimentar con la producción de electricidad utilizando molinos de viento.

Los mayores adelantos en este sentido tuvieron lugar en Dinamarca e inicialmente fueron llevados a cabo por Pour La Cour (Hau, 2000). El factor desencadenante de este proceso era la necesidad de llevar la electricidad a las áreas rurales. Su primera máquina, construida en 1891, alimentaba a una dinamo. Se hicieron progresos adicionales hasta llegar a comercializarse.

La investigación y el desarrollo tanto en Alemania como en USA hasta mediados de los años 70 no tuvo mucho éxito, ya que por entonces el precio de la energía era muy bajo, hecho que restringía el interés en desarrollar a nivel estratégico la energía eólica.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Se puede observar en la siguiente tabla los tamaños de la maquinaria que se desarrollaba en aquella época. Un buen resumen de la historia del desarrollo de las turbinas eólicas se puede encontrar en Hau, 2000.

Category	Name	Year	Diameter (m)	Capacity (MW)	Location
Megawatt	Smith-Puttman	1939	53	1.25	Vermont, USA
Commercial	Gedsen	1956-57	24	0.2	Gedsen, Denmark
Lightweight	Hutter-Allgaier	1960's	34	0.1	Germany

Tabla 7.2: Ejemplos de las primeras turbinas eólicas (EWEA, 2006)

Tipos y tamaños de turbinas eólicas

Las turbinas eólicas se pueden clasificar en dos, dependiendo de su configuración: las de eje horizontal y las de eje vertical. Esta sección se va a concentrar en las primeras.

Turbinas de eje horizontal

Las turbinas de eje horizontal a gran escala (HAWT) tienen generalmente dos o tres aspas. Es el modelo predominante en la producción de electricidad. Han evolucionado desde aquellos viejos molinos de viento gracias a la mejora en los diseños, la aerodinámica y la disponibilidad de nuevos materiales y tecnologías.

En las HAWT la dirección del viento es paralela al eje de rotación. Tienen una torre, encima de la que se sitúa un rotor que está conectado a las aspas. Generalmente, la posición de las aspas puede rotar, para que siempre estén encarando al viento y extrayendo, por lo tanto, la máxima cantidad posible de energía de éste.

Las HAWT a menor escala tienen generalmente más aspas para aumentar la capacidad de aguantar la alta presión. A estas turbinas se les denomina turbinas de alta solidez, en tanto que las turbinas más modernas se denominan de baja solidez, ya que tienen menor número de aspas.



Gráfico 7.3: HAWT de gran tamaño, Aalborg, Dinamarca (Wikipedia, 2006)

Turbinas de eje vertical

Aunque no son tan abundantes como las HAWT las turbinas de eje vertical (VAWT) tienen mejor eficiencia y presentan menor presión sobre los componentes.



La más representativa VAWT es la evolucionada a partir del diseño “egg beater” desarrollado en Francia por Darrieus (Boyle, 2004). Consiste en un eje vertical con dos aspas curvas que están unidas al eje por el extremo inferior y superior.

Las máquinas de eje vertical pueden capturar el aire de cualquier dirección, por lo que no se requiere que roten para encarar el viento. Han surgido una amplia variedad de máquinas de este tipo, entre las que destacan las de tipo-H y las de tipo-V.

Gráfico 7.4: VAWT de Darrieus, Isla Magdalen (Wikipedia, 2006)

Tamaño de la turbina

El tamaño de las turbinas HAWT ha crecido considerablemente en los últimos 20 años. Gracias a los considerables avances tecnológicos la capacidad de las turbinas ha crecido hasta 5 MW en el 2006.

Las turbinas terrestres tienen una altura de torre de alrededor de 100 metros y un diámetro de rotor de 70 metros. La potencia media es de 1,5 MW por turbina. Las marinas son mayores, con torres que sobrepasan los 100 metros y diámetros de rotor también por encima de los 100 metros.

Componentes de una turbina eólica

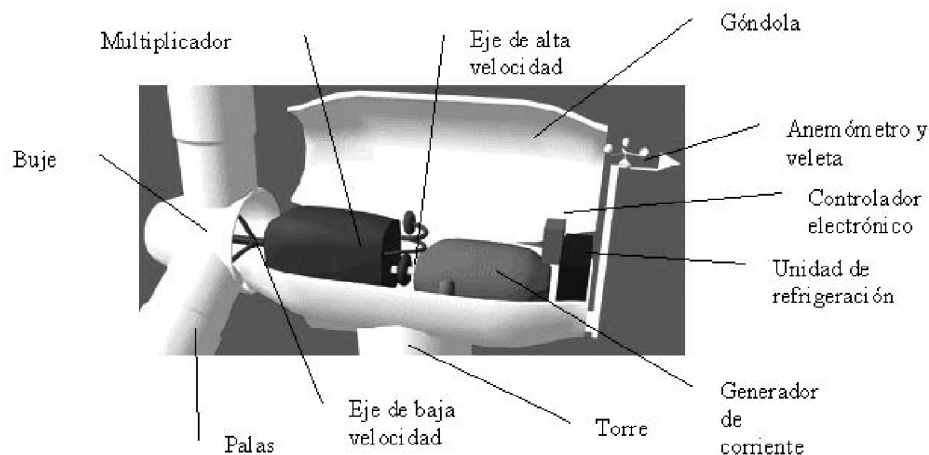


Gráfico 7.5: Componentes de una turbina eólica (Nordex, 2006)

Las turbinas eólicas constan de los siguientes componentes:

1. Aspas

Las aspas capturan la energía disponible en el viento. Las aspas modernas han evolucionado desde aquéllas utilizadas en los viejos molinos, tanto en el diseño como en los materiales utilizados para su construcción. La evolución en el diseño de las aspas se debe básicamente a la industria aeronáutica.

El número de aspas de una HAWT moderna depende de la necesidad de capturar la mayor cantidad de viento posible, del tamaño de la turbina y de los costes. Un estudio de la Asociación Europea de la Energía Eólica en el año 2003 nos indica que el 74% de las turbinas operativas tenían tres aspas. (EWEA, 2006).

Las aspas de las HAWT con menos aspas tendrán que rotar más rápido que aquéllas con mayor número de aspas, si se quiere que capturen el mismo nivel de energía. Incrementar el número de aspas resultará en una ganancia en energía pero su efecto es limitado (unos pocos puntos porcentuales de incremento) y no justifica la inversión adicional necesaria para su construcción.

Las aspas se fabrican generalmente a partir de materiales plásticos que proporcionan una máxima perdurabilidad y dureza con un peso reducido. Las aspas originalmente se construían con madera, hierro, aluminio, etc.

Gráfico 7.6: Cargamento de aspas y torre en construcción (Healion, 2005)



3. Rotor & Árbol de transmisión

El rotor es el término que se utiliza para la combinación de las aspas y el conector. Éste se conecta a un árbol de transmisión para transferir la fuerza a través de la transmisión al generador. Las aspas están unidas al conector. Éste sirve de punto de conexión entre éstas y el rotor.

4. Caja de transmisión

Los generadores normalmente funcionan a velocidades rotacionales bastante elevadas y por lo tanto es necesario disponer de una caja de transmisión para aumentar todavía más la velocidad de modo que cubra las necesidades del generador.

5. Generador

El generador es el componente de la turbina que produce la electricidad. En las turbinas HAWT a gran escala los generadores son generadores de corriente alterna de tres fases, como los que se utilizan en las plantas eléctricas convencionales.

La mayoría de las nuevas turbinas incluyen generadores de velocidad variable en su diseño. Los generadores tradicionales operaban eficientemente a una velocidad determinada. Los nuevos diseños de generadores y turbinas permiten a ésta producir electricidad con la máxima eficiencia a distintas velocidades, lo que se ajusta a la naturaleza variable del viento.

6. Carcasa

Protege al rotor, a la caja de transmisión y al generador.

Gráfico 7.7: Carcasa de turbina
(Tipperary Institute, 2005)



7. Torre

La velocidad del viento varía dependiendo de la altura y por lo tanto para capturar la máxima cantidad las aspas y la carcasa se sitúan sobre una torre. La torre normalmente tiene un diseño cónico hueco en el interior. Habitualmente tienen más de 40 metros.

8. Controles

El viento es una fuente de energía variable y por lo tanto los controles de la turbina son vitales para maximizar la cantidad de energía que se puede capturar del viento. Normalmente son los siguientes:

- Capacidad de auto-arranque cuando la velocidad del viento supera un determinado umbral
- Capacidad de auto-parado cuando la velocidad del viento excede de los límites de seguridad
- Capacidad de maximizar la producción a distintas velocidades de viento
- Capacidad de rotar para encarar el viento
- Capacidad de monitorizar y controlar la calidad del suministro eléctrico a la red

En las turbinas de mediana y gran dimensión se suelen utilizar dos métodos de control de la producción eléctrica:

Control de cabeceo: las aspas regulan la potencia inclinándose para reducir la fuerza de levante producida por el perfil aerodinámico

Control de anclaje: el conjunto se paraliza al aumentar la velocidad del viento y/o el ángulo de la circulación del viento. La potencia se regula mediante una pérdida progresiva de la eficiencia del rotor a medida que se para.

Conforme aumenta el tamaño de la turbina se tiene a utilizar el primero de ellos como mecanismo de control.

Las turbinas hacen también rotar la carcasa de modo que las aspas encaren la dirección del viento. Esto lo controla un mecanismo Yaw, que permite que éstas roten la carcasa completamente basándose en los datos que se reciben de la toma de datos sobre la dirección del viento.

Las turbinas tienen también un mecanismo de frenado que se utilizará para pararlas si es necesario. Esto se utiliza generalmente en combinación con los controles de cabeceo y anclaje.

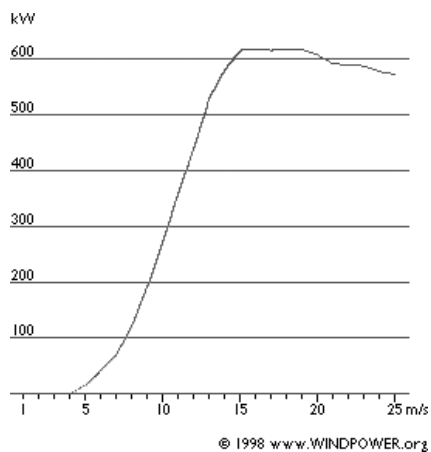
Potencia y energía de las turbinas eólicas

Curvas de potencia

Con anterioridad hemos visto ya los cálculos básicos para la determinación de la potencia del viento (fórmulas 7.1-7.3).

La potencia producida por las turbinas eólicas variará no sólo en función de la velocidad del viento sino también en función de las características particulares de cada turbina. Esta variación se muestre en la curva de potencia de las turbinas.

Gráfico 7.8: Curva de Potencia de una turbina eólica (DWEA, 2006b)



**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El Límite de Betz fija un límite teórico de la potencia que se puede extraer del viento. Las características específicas de la turbina que afectan a la curva de potencia son entre otras:

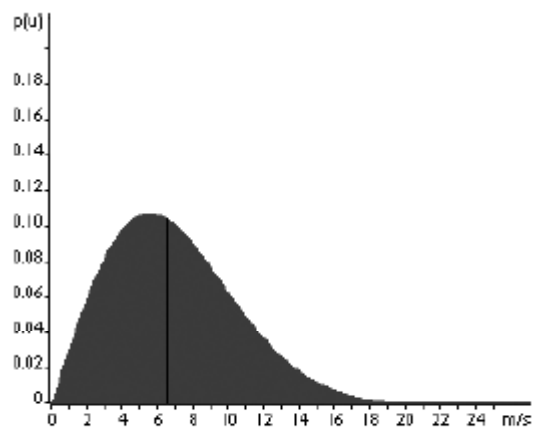
- Tipo y número de aspas
- Diámetro del rotor
- Ratio de velocidad del alerón
- Velocidad de rotación
- Velocidades del viento para la entrada, el tope y la parada
- Eficiencia del generador y de la caja de transmisión

Generalmente las curvas de potencia de las turbinas HAWT ofrecen velocidades de entrada de entre 3 y 5 m/s, de tope entre 8 y 15 m/s y de parada de alrededor de 25 m/s.

Distribución de la velocidad del viento y producción de energía de la turbina

Ahora que se conocen los diferentes rendimientos que generará la turbina en función de la velocidad del viento es posible determinar la producción energética. Para ello es necesario conocer la distribución de la velocidad del viento. En el próximo gráfico se observa el número de horas (año) en el que el viento sopla a una determinada velocidad.

Gráfico 7.9 Gráfico de distribución de la velocidad del viento (DWEA, 2006)



**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Combinando estos datos con la potencia de la curva de potencia es posible crear una curva de distribución de la energía eólica. Esto se hace tomando el número de horas en el que el viento sopla a una determinada velocidad y multiplicándolo por la potencia desarrollada por una turbina a esa velocidad.

Ejemplo: una turbina tiene un rendimiento de 1.000 kW y el viento sopla a 10 m/s durante 500 horas al año. La electricidad producida por la turbina a 10 m/s es por lo tanto de:

$$\begin{aligned}\text{Electricidad producida a 10 m/s} &= 1.000 \text{ kW} \times 500 \text{ horas} \\ &= 500.000 \text{ KWh (kilowatio/hora)}\end{aligned}$$

1,735 MW es la potencia máxima teórica que se puede obtener bajo este supuesto

Aplicando la ley de Betz la fracción máxima que se puede obtener es:

$$\begin{aligned}&= 1,735 \times 0,593 \\ &= 1,03 \text{ MW}\end{aligned}$$

Ejemplo 7.2: Cálculo de la producción de energía eólica a una determinada velocidad de viento por año

Este cálculo se realiza para cada velocidad (entre la de entrada y la de corte) para poder determinar el montante total de producción eléctrica de una turbina en un emplazamiento determinado.

Otros factores que afectan la producción de electricidad son la disponibilidad de la turbina (p.ej.: el número de horas al año en que la turbina está disponible para la producción de energía). La mayoría de las HAWT tienen una disponibilidad que supera el 90% y frecuentemente están también por encima del 95% (Boyle, 2003).

Método de aproximación 1: Utilizando la velocidad del viento

Existe una variedad de modelos y métodos para completar las estimaciones iniciales de producción de energía/electricidad. Una ecuación que se puede utilizar es:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

$$\text{Producción anual de electricidad (kWh)} = K \times V^3 \times A_t \times T$$

Fórmula 7.4: Cálculo de la producción de energía eólica a una determinada velocidad de viento por año

(Beurskens and Jensen, 2001)

En donde:

$K = 3,2$ (factor de aproximación)

V = Velocidad media anual del viento (m/s)

A_t = Área barrida por la turbina (m^2)

T = Número de turbinas

Esta ecuación hay que utilizarla con cautela ya que el factor, K , se utiliza para aproximar la relación existente entre la velocidad y la distribución del viento. Esta relación variará dependiendo del emplazamiento. Esta ecuación no permite tampoco la optimización basada en curvas específicas de potencia.

Utilizando este método la producción anual de electricidad se puede estimar para un emplazamiento con las siguientes características:

- Velocidad media del viento de 8 m/s
- Diez turbinas de 1,75 MW cada una
- Área de barrido de 3.41 m^2

$$\begin{aligned} \text{Producción anual de electricidad} &= K \times V^3 \times A_t \times T \\ &= 3,2 \times 8 \times 8 \times 8 \times 3.421 \times 10 \\ &= 56 \text{ GWh} \end{aligned}$$

Ejemplo 7.3: Estimación de la producción anual de electricidad usando el primer método aproximativo

Método de aproximación 2: Factor de capacidad

Si no existen datos disponibles sobre la velocidad del viento se puede utilizar otra ecuación para el cálculo anual de la energía producida por el viento. Se basa tanto en la potencia de las turbinas como en el factor de capacidad previsto. El factor de capacidad se refiere a la productividad de la turbina a lo largo del tiempo. Una turbina no operará al 100% cada hora de cada día durante el año ya que la velocidad del viento y su duración variarán a lo largo del año. Conociendo el factor de capacidad normal para los emplazamientos de energía eólica en un determinado emplazamiento nos puede dar una aproximación del rendimiento. En Irlanda, por ejemplo, los factores de capacidad varían entre el 30 y el 35%.

La fórmula que utilizaremos será la siguiente:

$$\text{Producción anual de electricidad (kWh)} = h \times P_t \times F \times T$$

Fórmula 7.5: Rendimiento energético anual – Tomando como base el factor de capacidad

En donde:

h = número de horas por año (8.760)

P_t = Ratio de potencia de cada turbina

F = Factor de capacidad anual

T = número de turbinas

Aplicando esta ecuación al escenario concreto, asumiendo un factor del 30%, se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} \text{Producción energética anual (kWh)} &= h \times P_t \times F \times T \\ &= 8.760 \times 1,75 \times 0,30 \times 10 \\ &= 45.990 \text{ MWh} \\ &= 46 \text{ GWh} \end{aligned}$$

Ejemplo 7.4: Rendimiento anual de energía – cálculo 2

Se observa diferencia entre las dos ecuaciones. Es sin embargo aconsejable tirar por lo bajo cuando se realiza el análisis inicial.

Otro modelo que ofrece un modo bastante útil de realizar un análisis de viabilidad es el ofrecido por RETscreen (www.retscreen.net, inglés), basado en Excel, y que se puede utilizar para estimar la producción de electricidad y realizar un estudio económico inicial de viabilidad del proyecto.

Asesoramiento sobre la velocidad del viento

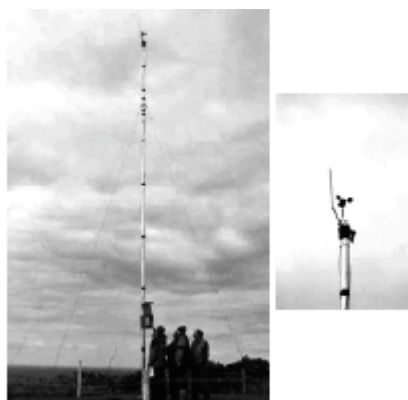
Se ha demostrado que tanto la potencia del viento como la energía que se extrae de una turbina dependen básicamente de la velocidad del viento, ya que ésta es elevada al cubo para hacer los cálculos. Es por lo tanto esencial contar con un asesoramiento detallado de cuál es la velocidad en un determinado emplazamiento antes de llevar a cabo el proyecto. Existen una serie de opciones que se desgranarán a continuación:

Anemómetros

Tomar datos fiables sólo es posible si se instala un anemómetro (gráfico 7.10). El del gráfico está formado por varios anemómetros y veletas que miden tanto la velocidad como la dirección a diferentes alturas. Los datos se procesan y almacenan para su posterior análisis. Normalmente se toman datos durante al menos doce meses.

Estos datos locales se comparan después con los de las estaciones meteorológicas más cercanas durante un periodo de al menos 20 años para obtener cálculos fiables de la velocidad del viento en el futuro.

Gráfico 7.10: Anemómetro
(Hoyne, 2006)



Otros métodos de asesoramiento

La instalación de anemómetros y el posterior análisis de datos es caro y lleva tiempo. Existen otros mecanismos para obtener estimaciones iniciales de la velocidad del viento. Entre otros:

- Datos procedentes de las estaciones meteorológicas más cercanas
 - Estos datos se pueden utilizar, derivando los datos locales obteniendo varianzas y teniendo en cuenta los factores locales
- Mapas y atlas del viento
 - Se han desarrollado a nivel europeo y nacional. El Atlas Europeo del Viento fue editado en 1989 por el Instituto Riso de Dinamarca (www.windatlas.dk)



Gráfico 7.11: Mapa de la velocidad del viento, que muestra la región de Carlos (100m)
(SEI, 2006)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- Software de simulación
 - Existen varios modelos disponibles para predecir las velocidades del viento. Los modelos son entre otros el NOABL (Base de Datos del Departamento de Comercio e Industria, Reino Unido) y el WASP (Programa de Aplicaciones y Análisis del Viento).

Fases en el desarrollo de un proyecto eólico

El desarrollo de un proyecto de energía eólica a gran escala implica una considerable cantidad de tiempo. Existen muchos factores sobre los cuales el promotor no siempre va a tener el control. Los pasos clave para ello se resumen a continuación:

1 Investigación

El promotor del proyecto debería de comenzar por familiarizarse con la normativa europea, nacional y regional sobre la energía eólica. Para ello lo mejor es asistir a conferencias y hacerse miembro de una asociación, si es posible. Además se recomienda visitar granjas eólicas ya existentes.

2 Selección del emplazamiento

La selección del emplazamiento dependerá de una serie de factores clave:

- a** Velocidad del viento: Este es el dato más importante. En principio se deberían hacer las estimaciones contando con los datos ya disponibles. Se debe de determinar la velocidad mínima que permita la viabilidad del proyecto. En Irlanda las velocidades mínimas para que el proyecto sea viable son de al menos 7,5 m/s.
- b** Conexión a la red: Conectar la granja eólica a la red es vital. Esto puede implicar costes muy importantes. Es por lo tanto recomendable al principio el tener reuniones con los operadores de las redes eléctricas.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- c Planes de desarrollo: Se deberían de comprobar los planes de desarrollo local para comprobar que el emplazamiento elegido no figura dentro de alguna zona restringida y que existe una posibilidad razonable de ser capaz de desarrollar el proyecto.
- d Propiedad de la tierra: si el promotor es a su vez el propietario de la tierra no es relevante pero en caso contrario hay que llegar a acuerdos con los propietarios de la tierra, que deben de permitir la instalación de la granja eólica.

3 Asesoramiento sobre los recursos

Dependiendo de la cofinanciación y del esquema temporal previsto es importante contar con un asesoramiento detallado de la velocidad del viento en el emplazamiento. Se puede hacer esto utilizando los modelos apropiados: p. ej. el WASP, etc. o instalando un anemómetro. Normalmente, la instalación de los anemómetros requieren permisos de las autoridades locales antes de su instalación.

4 Planificación

Éste es un aspecto vital del desarrollo de un proyecto. Dependiendo del tamaño del proyecto puede suponer un coste bastante elevado. Los promotores deberían de leer con detenimiento la legislación aplicable y concertar entrevistas con las autoridades locales y regionales antes de remitir el proyecto.

En Irlanda todos los parques eólicos que tienen una capacidad superior a 5 MW o que cuentan con más de cinco turbinas tienen obligatoriamente que obtener un Informe de Impacto Ambiental (IIA). El IIA debe de ser rellenado por un técnico cualificado y exige que distintos expertos emitan informes. La solicitud también exige que se adjunte además un mapa de zona de impacto visual, así como fotomontajes.

El Departamento de Medio Ambiente, Patrimonio y Gobernación Local de Irlanda publicó en el 2006 una Guía de Planificación de Parques Eólicos, que se debería de leer asimismo con detenimiento (DoEHLG, 2006).

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

5 Conexión a la red

Sin conexión a la red un parque eólico no puede exportar la electricidad que se produce. La legislación para el enganche a red varía de país a país. Normalmente, el promotor de un proyecto de energía eólica tiene que solicitar al operador de la red y recibir un Acuerdo de Conexión a la Red.

El tamaño del parque puede sufrir recortes por la capacidad de la red para aceptar capacidades adicionales. Puede ser necesarias por lo tanto negociaciones con el operador.

6 Acuerdo de Compra de Electricidad

Si el proyecto ha logrado recibir los permisos correspondientes y llegar a un acuerdo con los operadores de la red lo siguiente es acordar el Acuerdo de Compra de Electricidad con una compañía eléctrica. Se trata de un contrato de venta de la electricidad generada en el emplazamiento durante un periodo determinado a un precio acordado.

7 Construcción

La construcción de un parque eólico normalmente la llevan a cabo empresas especializadas. El diseño y la instalación de los caminos y de las turbinas y las torres tienen que cumplir con una serie de exigencias. El transporte de las turbinas exige que se revise la red viaria ya que, debido a su gran tamaño, pueden ser necesarias reformas puntuales de la misma.

8 Operatividad y mantenimiento

Una vez finalizado el parque eólico puede entrar en funcionamiento, suponiendo que se han obtenido todos los permisos pertinentes. El día a día de un parque eólico puede o no requerir de personal. Se exigen mantenimientos anuales para asegurarse de que las turbinas cumplen con los parámetros de operatividad.

Desarrollo de parques eólicos marinos

No se va a entrar en detalle sobre este tipo de parques en este manual. Sin embargo, ha habido avances significativos, habiéndose instalado un buen número de parques de estas características.

Los parques marinos presentan ventajas en relación con los terrestres, ya que tienen menor impacto ambiental, se pueden instalar turbinas mayores, en la mayoría de los casos tienen regímenes de viento mayores, etc. Sin embargo, las condiciones de construcción y el emplazamiento son más trabajosas y exigen mayores costes de inversión. Se están haciendo investigaciones y se están produciendo avances considerables en esta área.

El tamaño de las turbinas es mucho mayor, generalmente de más de 3 MW cada una de ellas.

Turbinas a pequeña escala

Son aquéllas que tienen una potencia inferior a 250 kW. Normalmente se utilizan en emplazamientos en donde no se va a exportar la electricidad sino que se va a consumir en el mismo emplazamiento y por lo tanto no se va a producir un enganche a la red.

Hay un amplio abanico de diseños y sistemas. Lo más importante suele ser casar la demanda eléctrica del emplazamiento con la de la turbina.

La electricidad se puede utilizar para los siguientes usos:

- Para producir directamente agua caliente (a través de una boina)
- Para almacenarla en baterías y utilizarla para abastecer edificios
- Para utilizarla directamente en el edificio y suministrar el sobrante a la red

En el caso de que se disponga de contadores en red la viabilidad de este tipo de instalaciones puede ser muy ventajosa y ello es así porque se puede exportar el exceso de potencia, desplazando a la electricidad importada, a baterías, etc. La situación de los contadores en red varía bastante a lo largo y ancho de la UE.

La normativa para los permisos y para el enganche varía dependiendo de cada estado miembro. Se debe por lo tanto buscar asesoramiento personalizado.



Gráfico 7.12: Microturbina eólica de 3.000 W
(Surface Power, 2006)

En algunos casos los sistemas se pueden combinar con otras energías como la fotovoltaica para que el establecimiento sea óptimo. Aspectos a tener en cuenta son el cuadro de mandos a montar, los inversores (si son necesarios), las baterías, etc.

Un buen sitio para obtener información sobre la energía eólica a pequeña escala es la revista Home Power (www.homepower.com).

Viabilidad financiera

La viabilidad financiera de un parque eólico depende básicamente del coste al que se producirá la unidad de electricidad. Para el cálculo de la viabilidad económica de un proyecto de parque eólico se necesita la siguiente información:

- Producción energética anual de la turbina (ver fórmula 7.2)
- Coste de capital de la instalación
- Forma y ritmo de devolución del principal
- Costes de operatividad y mantenimiento
- Duración del contrato de venta de electricidad
- Periodo en el que la inversión se debe de recuperar

Boyle (2004) nos facilita una serie de ecuaciones para el cálculo del coste unitario de la electricidad. Son:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

$$\text{Precio unitario del coste de la electricidad} = ((C \times R) + M) / E$$

Fórmula 7.6: Cálculo del precio unitario de un proyecto de energía eólica

En donde:

C = Coste del capital del parque eólico

R = Factor de recuperación del capital / Factor anualizado

E = Producción eléctrica anual

M = Coste de operatividad y mantenimiento

R se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$R = x / (1 - (1 + x)^{-n})$$

Fórmula 7.7: Factor de recuperación del capital / Factor anualizado

En donde:

x = Tipo de interés anual de devolución del principal

n = número de años en los que se debe de devolver la inversión

Éste es sólo uno de los muchos métodos que se pueden utilizar. El modelo RETScreen facilita un método más exhaustivo para la realización de un estudio de viabilidad de los costes y viabilidad financiera de un parque eólico.

Los inversores seguramente dispondrán de sus propios métodos para comprobar la viabilidad tanto financiera como del proyecto en sí.

Caso de estudio

Proyecto de ejemplo

Si se junta toda la información que se ha venido suministrando en los diferentes ejemplos que se han venido desarrollando a lo largo de estas páginas es posible reunir toda la información relevante. El proyecto presenta las siguientes características:

- Número de turbinas: 10
- Capacidad de cada turbina: 1,75 MW
- Factor de capacidad del emplazamiento: 30%
- Media anual de la velocidad del viento: 8 m/s

Para que el proyecto obtenga una PPA bajo el programa irlandés REFIT es necesario que el proyecto sea capaz de producir electricidad a un coste unitario inferior a 5,7 céntimos por kilovatio hora.

Mediante la aplicación de la fórmula 2 la producción energética anual ha sido ya calculada y es de 46 GWh. Para poder utilizar la fórmula 6 es necesario dar un valor a las variables anteriormente reseñadas:

Coste del capital: 1.200 € / kW

Tipo de interés de devolución: 10%

Costes de operatividad y mantenimiento: 2,5% de los costes de capital

Número de años para recuperar la inversión: 10

Mediante la utilización de la fórmula 7.7 se obtiene que el Tipo de Interés de Devolución del Capital es 0,167.

Aplicando el dato obtenido y los anteriores en la fórmula 6 se obtiene que el precio unitario de la electricidad del emplazamiento es de 0,08571 € / kWh. Para reducir el coste se podría o bien incrementar el factor de capacidad o incrementar el tamaño de las turbinas.

Fuentes de información

Comisión Europea

DG de Transporte y Energía (New and Renewable Energies)

http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/wind_energy_en.htm

Sitio Web ATLAS

<http://ec.europa.eu/energy/atlas/home.html>

EWEA (www.ewea.org)

Energía Eólica – Cifras

Wind Force 12

Proyecto Regiones RES-E

<http://www.res-regions.info>

Asociación Danesa de la Energía Eólica (DWEA) (2006a) Wind Know-How/Guided Tour/Global Wind

<http://www.windpower.org>

Wind Works

Beurskens, J. and Jensen, P.H., 2001.

<http://www.wind-works.org>

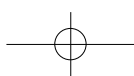
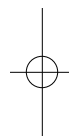
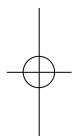
Bibliografía

Beurskens, J. and Jensen, P.H., 2001. “Economics of wind energy – Prospects and directions”, Renewable Energy World, July-Aug.

Boyle, g (Ed.), 2004. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future 2nd Edition. Oxford University Press and the Open University. Oxford.

Danish Wind Energy Association (DWEA), 2006a. Wind Know-How/Guided Tour/Energy Output/Power Curves (en línea). Con acceso a <http://www.windpower.org> el 27 de octubre de 2006. Danish Wind Energy Association, Copenhagen.

European Wind Energy Association (DWEA), 2006^a. Wind Energy The Facts. (en línea). Con acceso a <http://www.ewea.org> el 27 de octubre de 2006. European Wind Energy Association, Bruselas.





ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 8.

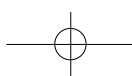
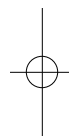
Centrales minihidroeléctricas




**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 8. Centrales minihidroeléctricas

Seamus Hoyne, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 8. Centrales minihidroeléctricas	133
Objetivos	139
Tecnología hidroeléctrica	139
Escala	139
Empezando a comprender la energía y la potencia que genera el agua	140
Medición del cauce y del salto	142
Un breve repaso de la historia de la tecnología hidráulica	144
Tipos de tecnologías	144
Tipos de turbinas	145
Selección de una turbina	148
Componentes del sistema	149
Desarrollo del proyecto	150
Factores limitativos	151
Viabilidad financiera	151
Fuentes de información	153
Sítios web	154
Bibliografía	154

Listado de tablas

Tabla 8.1: Fuentes potenciales de combustible procedente de la madera

Listado de gráficos

Gráfico 8.1: Esquema de un sistema hidroeléctrico (Departamento de Recursos Naturales, 2004)

Gráfico 8.2: Ejemplo de la curva de duración de un cauce (Departamento de Recursos Naturales, 2004)

Gráfico 8.3. Noria de alimentación inferior (Wikipedia, 2006)

Gráfico 8.4. Turbina Pelton (Departamento de Energía, 2006)

Gráfico 8.5. Turbina Francis conectada a un generador (Wikipedia, 2006)

Gráfico 8.6. Turbina de propulsión (Wikipedia, 2006)

Gráfico 8.7. Gráfico de selección de turbina (Concejo del condado de Cork, 2004)

Gráfico 8.8 Cabecera de un proyecto hidroeléctrico (Hoyne, 2006)

Listado de fórmulas

Fórmula 8.1: Energía potencial del agua

Fórmula 8.2: Potencia teórica del agua

Fórmula 8.3: Ecuación de la potencia teniendo en cuenta la eficiencia de una turbina

Fórmula 8.4: Ecuación de la potencia – eficiencia del sistema

Fórmula 8.5: producción de energía

Fórmula 8.6: Cálculo del precio unitario del coste de producción de un proyecto de energía hidráulica

Fórmula 8.7: Cálculo del factor anualizado

Listado de ejemplos

Ejemplo 8.1: Utilización de la fórmula de la potencia con eficiencia del sistema

Listado de tablas

Tabla 8.1. Clasificación de las turbinas en función del tipo de cabecera (Harvey, 1993)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

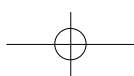
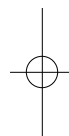
Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.



**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Una vez finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender los principios de la energía hidroeléctrica
- Saber cuáles son las diferentes tecnologías utilizadas en los proyectos de mini-centrales hidroeléctricas
- Saber cuáles son los pasos necesarios para el desarrollo de un proyecto de minicentral hidroeléctrica

Tecnología hidroeléctrica

Escala

Se clasifica generalmente la utilización del agua para producir electricidad atendiendo al tamaño de la instalación. Se clasifica en tres niveles:(ESHA, 1998):

- Centrales hidroeléctricas a gran escala. Se trata de proyectos de más de 10 MW. El proyecto del río Shannon en Irlanda (Ardnacrusha) es un ejemplo, con una capacidad de 96 MW. El proyecto más ambicioso construido es el realizado en China (las Tres Gargantas). Tiene una capacidad de 18,2 GW y un coste de 18,2 billones de euros (Boyle, 2004). Estos sistemas siempre suministran electricidad a la red eléctrica.
- Minihidroeléctricas (300 kW – 10 MW). Normalmente también están conectados a la red.
- Microhidroeléctricas (< 300 kW). Pueden estar enganchadas a red o no. En muchos casos los sistemas hidroeléctricos más pequeños son independientes de la red y abastecen o bien un casa o bien comercios.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

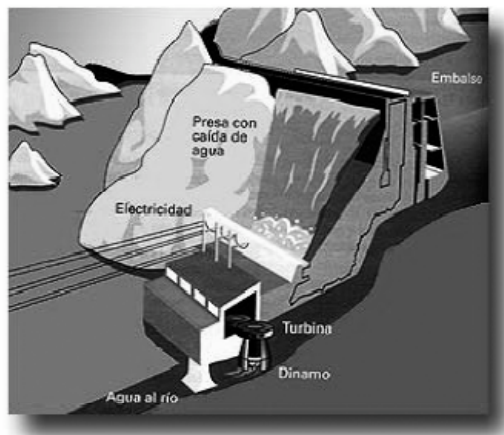


Gráfico 8.1: Esquema de un sistema hidroeléctrico (Departamento de Recursos Naturales, 2004)

Empezando a comprender la energía y la potencia que genera el agua

La energía potencial de un volumen determinado de agua almacenada a una altura determinada se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Energía potencial (kWh)} = M \times g \times h$$

Fórmula 8.1: Energía potencial del agua

En donde:

M = masa del agua en kilogramos

g = constante gravitacional de $9,81 \text{ m/s}^2$ (para la mayoría de los proyectos hidroeléctricos se puede asumir una cifra de 10)

h = altura, en metros

Sin embargo, para la mayor parte de los proyectos hidroeléctricos hay que calcular en primer lugar la potencia disponible en un emplazamiento determinado, ya que ello condiciona-

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

rá la clase de tecnología a utilizar. La potencia en un emplazamiento determinado se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia (W)} = 1.000 \times Q \times g \times h$$

Fórmula 8.2: Potencia teórica del agua

En donde:

Masa de un metro cúbico de agua (kg) = 1.000

Q = ratio de correntía del agua – (metros cúbicos por segundo, m³/s)

La fórmula 8.2 da por supuesto un 100% de eficiencia de la turbina y condiciones óptimas de operatividad. Esto nunca será así, por lo que habrá que realizar las correcciones oportunas a la fórmula para tener en cuenta las ineficiencias de la turbina. Además, al asumir un valor de 10 para g y al expresar la potencia en kilowatios (kW) la ecuación se puede simplificar, tal y como sigue:

$$\text{Potencia (kW)} = 10 \times n \times Q \times h$$

Fórmula 8.3: Ecuación de la potencia teniendo en cuenta la eficiencia de una turbina

En donde:

N = eficiencia de la turbina (que normalmente se sitúa entre el 80 y el 97%)

Todavía se puede simplificar más la fórmula, recogiendo todas las posibles ineficiencias del sistema (p.ej: toma de agua, generador, transformador, etc.), para poder hacer un cálculo bruto para un emplazamiento. Se da un valor de eficiencia del sistema de aproximadamente de n = 50%, quedando la ecuación como sigue:

$$\text{Potencia (kW)} = 10 \times 0,5 \times Q \times h$$

Fórmula 8.4: Ecuación de la potencia – eficiencia del sistema

La utilización de esta fórmula se ilustra en el siguiente ejemplo:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Se le han facilitado los siguientes datos sobre el emplazamiento. El cauce es de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ y el salto es de 30 metros. ¿Cuál es su potencia estimada?

$$\text{Potencia (kW)} = 10 \times 0,5 \times Q \times h$$

$$P = 10 \times 0,5 \times 0,15 \times 30$$

$$P = 22,5 \text{ kW}$$

Ejemplo 8.1: Utilización de la fórmula de la potencia con eficiencia del sistema

Es muy importante que se utilicen las unidades correctas. El cauce debe estar en m^3/s y el salto en metros.

Medición del cauce y del salto

Para poder elegir el modelo de turbina más apropiado para un emplazamiento es necesario saber tanto los datos sobre el cauce como sobre el salto. Se puede determinar de las siguientes maneras:

- Si el emplazamiento ha sido utilizado ya por otra central puede que existan datos disponibles.
- Algunos ríos cuentan con estaciones de control donde puede que existan datos de un emplazamiento cercano.
- El salto puede medirse utilizando un equipamiento de campo básico
- El cauce puede medirse de varios modos. Se puede por ejemplo redirigir el cauce a un depósito y medir el tiempo que tarda en llenarse.

Lo más habitual es observar el cauce a lo largo del tiempo y representarlo, siempre que sea posible, mediante una gráfica denominada curva de duración del cauce. Se representa desde el cauce mínimo hasta el máximo. Sirve para asegurarse de la disponibilidad de cauce suficiente a lo largo del año, y en consecuencia de la suficiente potencia y energía para plantearse la instalación de una central en un emplazamiento determinado.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Cauce (m³/s) (eje de la y); porcentaje del tiempo en el que el cauce igualó e superó (%) (eje de la x); cauce residual; cauce utilizado; cauce disponible; cauce fijo

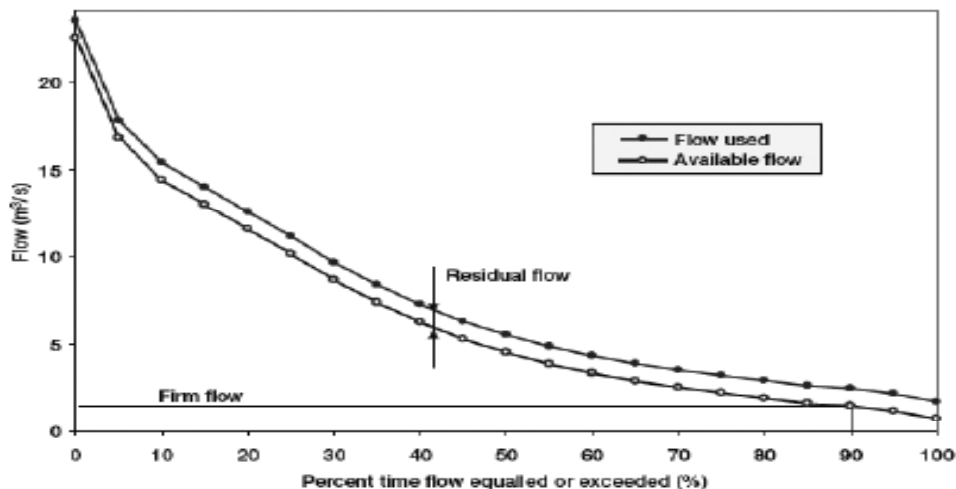


Gráfico 8.2: Ejemplo de la curva de duración de un cauce (Departamento de Recursos Naturales, 2004)

Si existe una curva de duración para el emplazamiento lo normal es tomar como cauce el nivel del 30%.

Una vez determinada la curva se puede determinar la producción de energía mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Producción de energía} = 10 \times n \times Q \times h \times T$$

Fórmula 8.5: producción de energía

En donde:

T = duración de tiempo en el que un determinado cauce está disponible (horas)

Se recomienda que una vez que se conozca el salto y el cauce de un emplazamiento el promotor se asesore convenientemente para hacer un análisis más pormenorizado.

Un breve repaso de la historia de la tecnología hidráulica

La utilización del agua en movimiento para obtener energía se remonta a muchos siglos atrás. Se cree que los primeros sistemas se utilizaban para irrigar pero la noria que se desarrolló en los molinos era para moler el grano. Entre 1650 y 1800 surgieron diferentes tipos de norias, algunas de las cuales todavía se utilizan en la actualidad. Los tipos de norias son:

- Alimentación superior – el agua entra por la parte superior de la noria
- Alimentación inferior – el agua entra por la parte inferior de la noria
- Alimentación al eje – el agua entra por el eje de la noria

En el siglo XIX se produjeron nuevos avances que provocaron la obsolescencia de las norias. La combinación de turbina y generadores permitió la producción de energía eléctrica. A finales del siglo XIX y principios del XX las centrales hidroeléctricas empezaron a proliferar. En muchos casos la electricidad procedente de las centrales hidroeléctricas fue la primera en abastecer ciudades y regiones.



Gráfico 8.3. Noria de alimentación inferior (Wikipedia, 2006)

Tipos de tecnologías

Las instalaciones hidroeléctricas se clasifican de varios modos:

- a) en función de la cabecera de agua disponible
 - Los sistemas se definen como de baja, media o alta cabecera. La baja no alcanza los 10 metros y la alta supera los 100 metros, pero no se trata de una clasificación cerrada.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- En Irlanda la mayoría de los sistemas que todavía presentan potencial para ser explotados son los sistemas denominados “de cauce”. Se emplaza una turbina a un lado del río para aprovechar la energía disponible. Se trata de sistemas mini o micro y la cabecera sería baja o media como mucho.
- b) por la capacidad de la planta en kilovatios
- c) por el tipo de turbina utilizado
- d) por el emplazamiento y tipo de pantano

La Comisión Europea realizó otra clasificación (2000)

“Las plantas *de cauce* utilizan la corriente del agua, siendo el periodo de tiempo de llenado de su embalse insignificante. La mayoría de las pequeñas microhidroeléctricas son plantas de este tipo debido al alto coste de construcción de una presa”.

“Las plantas *de presa* son plantas en que ésta permite el almacenamiento del agua durante periodos cortos (unas pocas semanas a lo sumo). Permiten por lo tanto el funcionamiento de la turbina durante pequeños periodos en que el cauce baja. Son de este tipo algunas pequeñas centrales minihidroeléctricas que tienen a su vez cabeceras altas y por lo tanto pueden generar potencias altas ($> 1.000 \text{ kW}$)”.

“Las plantas *de pantano* son aquéllas en que el periodo de llenado de la presa supera esas pocas semanas. Esto permite el almacenamiento del agua durante periodos largos, lo que posibilita el funcionamiento de la turbina. Se trata prácticamente en la totalidad de grandes plantas, ya que el coste de construcción de la presa es muy alto”.

Tipos de turbinas

La selección de un tipo de turbina para un emplazamiento determinado dependerá de las características de éste, en particular de la cabecera y de la potencia deseadas. También es relevante la velocidad a la que el generador debe funcionar y si el sistema tendrá que funcionar a medio o bajo cauce (no a su máxima capacidad) o no. Todos ellos son pues factores que hay que tener en cuenta. Los tipos de turbinas se pueden clasificar en función de la cabecera o presión del agua que las alimenta. Se pueden subdividir en turbinas de impulso o de reacción.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Cabecera o presión	Alta	Media	Baja
Impulso	Pellon Turgo Multi-jet Pelton	Crossflow Turgo Multi-jet Pelton	Crossflow
Reacción		Francois Pump-as-turbine	Propeller Kaplan

Tabla 8.1. Clasificación de las turbinas en función del tipo de cabecera (Harvey, 1993)

Las turbinas por impulso tienen las siguientes ventajas:

- Son más tolerantes a las impurezas (partículas, arena, etc.)
- Su mantenimiento es más sencillo dado que no están sumergidas
- Son más fáciles de fabricar
- Muestran rendimientos más estables

Las turbinas por impulso sin embargo no son apropiadas para emplazamientos con cabece-
ras bajas.

Las turbinas por reacción son más apropiadas para emplazamientos de cabecera media y
baja. En muchos casos este tipo de turbinas tiene como ventaja el que pueden ser conecta-
das directamente al generador, ya que funcionan a mayores velocidades que las turbinas por
impulso. Su construcción es más costosa.

A continuación se entra en detalle con algunos de los tipos de turbina más utilizados.

Pelton Wheel – Impulso

Consiste en una rueda con un set de vasos dobles (cubos) pegados al borde. El chorro de
agua se dirige a los vasos a presión y la energía cinética obliga a la rueda a girar. La fuerza
y volumen del chorro se puede ajustar en función de la potencia deseada.



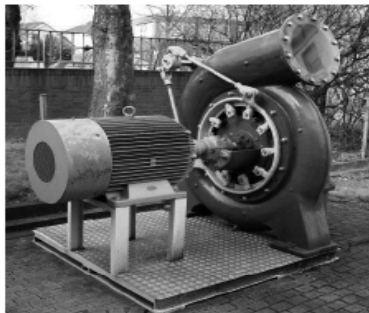
Gráfico 8.4. Turbina Pelton (Departamento de Energía, 2006)

Una variación de la turbina Pelton es la Turgo, en la que el diseño y orientación de los vasos varía para que el chorro de agua golpee a la vez tres vasos y permita una rotación más rápida que la de la turbina Pelton.

Turbina Francis – Reacción

Es uno de los tipos de turbina más comunes para instalaciones medias y grandes. Puede operar con cabeceras medias y altas.

La turbina está compuesta por un conjunto compuesto de una rueda giratoria con hojas alrededor de un eje central. El sistema está cubierto. El agua entra por un lateral de la caja, pasa a través de las veletas y de las hojas antes de salir por el centro de la rueda. Las turbinas Francis se denominan también turbinas de alimentación radial (el agua fluye en el sentido del radio de la turbina).

Gráfico 8.5. Turbina Francis conectada a un generador
(Wikipedia, 2006)

Las veletas se pueden regular para optimizar la intensidad del chorro hacia la rueda, en función de la potencia deseada. Sin embargo, si se ajustan de un modo diferente al de su punto óptimo producen pérdidas significativas de eficiencia.

Propulsión y Kaplan – Reacción

Las turbinas por propulsión utilizan un propulsor, muy similar al de los barcos y el agua se propulsa en el mismo sentido que el eje central. Las turbinas por propulsión son las mejores para cabeceras bajas y grandes volúmenes de agua.

Técnicamente, y a diferencia de la turbina Francis, es posible ajustar el ángulo de las hojas para maximizar el rendimiento en función de la demanda y del cauce. Este tipo de turbinas que pueden ser ajustadas se denominan Kaplan.

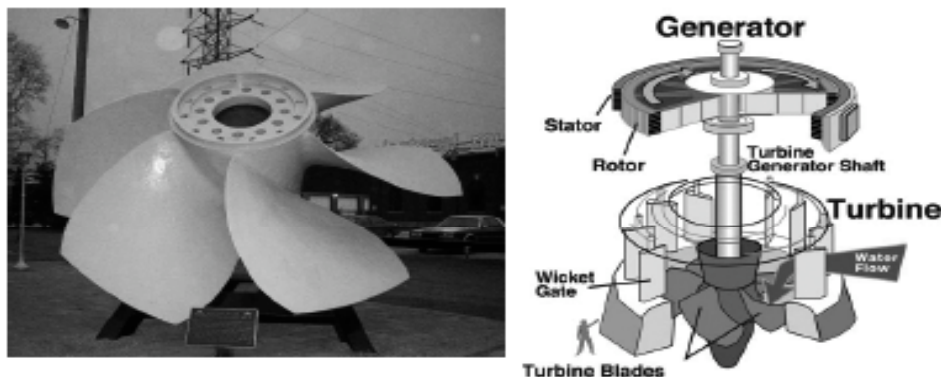


Gráfico 8.6. Turbina de propulsión (Wikipedia, 2006)

Selección de una turbina

Una vez que se conocen los parámetros de la cabecera y de la corriente se suele utilizar el gráfico 8.7 para determinar la turbina más conveniente. En algunos casos puede ser apropiada más de una turbina. El promotor tendrá entonces que seleccionarla teniendo en cuenta su precio, los costes de instalación y otra serie de factores.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

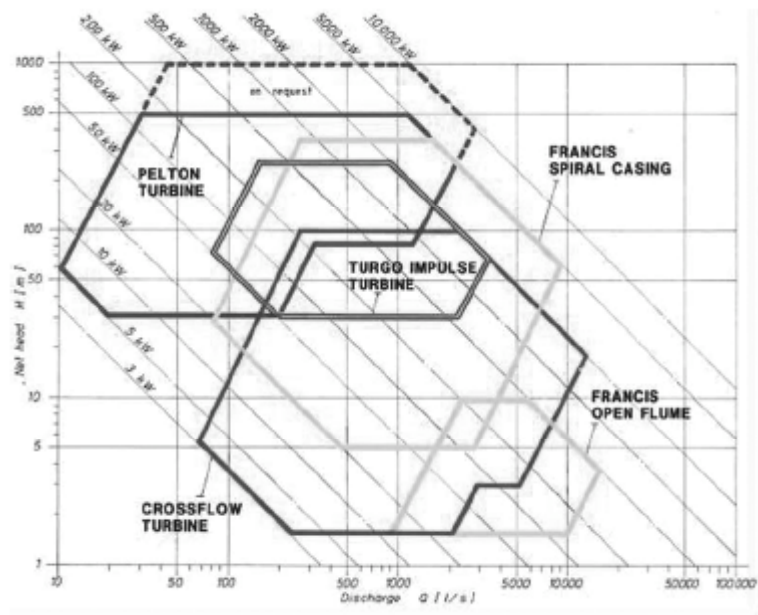


Gráfico 8.7. Gráfico de selección de turbina (Concejo del condado de Cork, 2004)

Componentes del sistema

Una central hidroeléctrica consta de los siguientes componentes:

- Fuente de agua: río o presa
- Cabecera: es el lugar desde donde el agua se canaliza directamente a la turbina. Puede tratarse de una tubería o de un canal que llevará el agua hasta la turbina de la manera más eficiente posible.
- Turbina
- Tubería de desagüe: es asimismo importante que el agua salga de la turbina con suavidad y esto exige un sistema de drenaje adecuado.
- Caja de cambios: puede ser necesaria ya que la velocidad de rotación de la turbina puede ser más baja que la velocidad a la que funcionará el operador.
- Generador: produce la electricidad



Gráfico 8.8. Cabecera de un proyecto hidroeléctrico (Hoyne, 2006)

Desarrollo del proyecto

El desarrollo de un proyecto de central hidroeléctrica a pequeña escala conllevará normalmente los siguientes pasos:

- Selección del emplazamiento: la elección de un emplazamiento adecuado es uno de los pasos más importantes. En muchos casos puede implicar el volver a analizar un sitio en que ya se hubiera instalado previamente algún tipo de instalación de aprovechamiento de agua (p. ej.: un viejo molino). Una vez localizado hay que analizar los factores más relevantes (cabecera, corriente, etc.).
- Elección de la tecnología: de acuerdo con las características del emplazamiento se elegirá uno u otro tipo de turbina.
- Desarrollo del plan: se lleva a cabo un plan de viabilidad basado en la tecnología, características del emplazamiento, ayudas vigentes, etc.
- Costes y financiación: el coste del proyecto depende en gran medida del tamaño, de las dimensiones de la cabecera y del coste del enganche a red, condiciones del emplazamiento y accesibilidad. Los costes para la determinación del plan de viabilidad se pueden dividir en desarrollo, construcción, equipamiento y costes operativos.

Factores limitativos

Los factores que pueden limitar el desarrollo de un proyecto hidroeléctrico son:

- Disponibilidad de emplazamientos adecuados: en muchos casos, la opción ideal para reducir impactos medioambientales es intentar utilizar emplazamientos utilizados previamente. Se puede aprovechar en todo o en parte la obra civil ya existente. Resulta además más beneficioso al ser menores los costes de capital necesarios. Sin embargo, dar con uno de estos emplazamientos no es tarea sencilla: no hay muchos y los que hay ya se están utilizando, especialmente para mini o pequeñas centrales que suministran electricidad a la red.
- Permisos: dependiendo de las características del emplazamiento puede ser difícil el conseguir un permiso para tener derecho al uso del agua. Es por lo tanto muy importante implicar a las autoridades en el desarrollo del proyecto cuanto antes para evitar problemas de licencias.
- Enganche a la red: si se desea el enganche hay que llegar a un acuerdo con la compañía suministradora. Dependiendo de la distancia y del tamaño de la instalación puede convertirse en un coste muy gravoso, tanto que puede hacer que el proyecto no sea rentable.

Viabilidad financiera

Los costes de la inversión de un proyecto hidroeléctrico más importantes son la obra civil. Varios estudios indican que el coste de construcción de un proyecto de central minihidroeléctrica está entre los 1.570 € y los 3.150 € por kW (Hall et al, 2003 y ETSU, 1999).

En particular Hall destacó el hecho de que los principales costes de ejecución de un proyecto de este tipo son la obra civil y el cumplimiento de las normativas medioambientales. La obra civil supone entre un 65% y un 75%, siendo el cumplir con la normativa medioambiental entre un 15% y un 20%. El resto es la turbina y el resto del equipamiento necesarios.

Se puede determinar la viabilidad de un proyecto calculando el coste medio unitario de un emplazamiento y comparándolo con el precio del contrato de suministro. Esto se puede realizar utilizando la siguiente fórmula:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

$$\text{Precio unitario del coste de la electricidad} = ((C \times R) + M) / E$$

Fórmula 8.6: Cálculo del precio unitario del coste de producción de un proyecto de energía hidráulica

En donde:

C = Coste de inversión del proyecto

R = Factor de recuperación del capital / Factor anualizado

E = Producción eléctrica anual

M = Costes operativos y de mantenimiento

R se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$R = x / (1 - (1 + x)^{-N})$$

Fórmula 8.7: Cálculo del factor anualizado

En donde:

X = Tipo de interés de retorno anualizado

N = Periodo de recuperación de la inversión

Ésta es sólo una de las muchas maneras en que se pueden utilizar. El modelo RETScreen (www.retscreen.net) tiene un método más exhaustivo para realizar el estudio de viabilidad de los costes y la viabilidad financiera del proyecto hidráulico.

Los inversiones tienen sus propios métodos para comprobar tanto la viabilidad financiera como la del proyecto.

Fuentes de información

BC HYDRO (2002), Handbook for Developing Micro Hydro in British Columbia. Available at http://www.bchydro.com/rx_files/environment/environment1834.pdf.

British Hydropower Association (2005) Guide to developing and running a small-scale hydro-electric scheme. Available at <http://www.british-hydro.org/mini-hydro/download.pdf>. British Hydro Power Association, Dorset, UK

Central Fisheries Board (2005) Guidelines on the Construction & Operation of Small-Scale Hydro-Electric Schemes and Fisheries. Available at <http://www.cfb.ie/Notices/hydro.htm>. Central Fisheries Board, Dublin, Ireland.

ESHA (2006) Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. European Small Hydropower Association, Brussels, Belgium. Available at www.esha.be

ESHA (2006) Layman's Guidebook on how to develop a small hydro site. European Small Hydropower Association, Brussels, Belgium

Food Administration Office (FAO) (2002), Fish Passes: Design, dimensions and monitoring. Rome, Italy

Fraenkel, P. & al., "Hydrosoft (1997): A software tool for the evaluation of low-head hydropower resources", HIDROENERGIA97 Conference Proceedings, p. 380

International Hydropower Association, International Commission On Large Dams, Implementing Agreement On Hydropower Technologies And Programmes, International Energy Agency, Canadian Hydropower Association (2000), Hydropower and the World's Energy Future - The role of hydropower in bringing clean, renewable, energy to the world.

Leckscheidt, J. & Tjaroko, T. (2002), Overview of mini and small hydropower in Europe. Available at http://www.ec-asean-greenippnetwork.net/documents/tobedownloaded/knowledge/KM_overview_small_hydro_Europe.pdf

Sitios web

European Small Scale Hydro Association: <http://www.esha.be>

EU Commission: <http://www.europa.eu.int>

Micro Hydro Web Portal <http://www.microhydropower.net>

Irish Hydro Power Association <http://www.irish-hydro.org/>

British Hydro Power Association <http://www.british-hydro.org/>

Bibliografía

Boyle, G. (Ed.), 2004. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future, 2nd Edition. Oxford University Press and The Open University. Oxford.

Cork County Council (2006) SPLASH Energy Potential Calculator. Cork County Energy Office, Mallow, Cork

DCMNR, 2005. All-Island Energy Market Sustainability In Energy Supplies: A '2020 Vision' For Renewable Energy [online]. Accessed at <http://www.dcmnr.gov.ie> on 27th September 2006. Department of Communications, Marine and Natural Resources, Dublin.

DCMNR, 2006. Renewable Energy Feed in Tariff (RE-FIT - 2006) [online]. Accessed at <http://www.dcmnr.gov.ie> on 27th September 2006. Department of Communications, Marine and Natural Resources, Dublin.

Dept of Energy (2006) 'Microhydropower System Turbines, Pumps, and Waterwheels'. Accessed at www.eere.energy.gov 6 November 2006. Dept of Energy, USA.

Dept of Natural Resources (2004) Clean Energy Project Analysis: Retscreen® Engineering & Cases Textbook: Hydro Chapter. Accessed at www.retscreen.net , 6 October 2006. Montreal, Canada.

ESBI, 1997. Total Renewable Energy Resource Study in Ireland. ESBI, Dublin

ESHA (1998), Layman's Handbook on how to develop a small hydro site. Brussels, Belgium

ESHA (2006) Photo Gallery. Accessed at www.esha.be on 10th October 2006.

ESHA, BLUE AGE (2001), Strategic Study for the development of small hydro power in the European Union. Brussels, Belgium

ETSU, (1999) New and Renewable Energy: Prospects in the UK for the 21st Century:



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Supporting Analysis (ETSU R-122). Accessed at
www2.dti.gov.uk/renew/condoc/support.pdf 6 October 2006

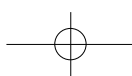
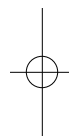
EUROPEAN COMMISSION (2000), Small hydroelectric plants – Guide to the environmental approach and impact assessment. Solutions in Energy Supply, EC ENERGIE Programme, Brussels, Belgium

Hall, D.G. et al (2003) Estimation of Economic Parameters of US Hydropower Resources. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL/EXT-03-00662) Accessed at <http://hydropower.inl.gov/resourceassessment/index.shtml> 6 October 2006 .

Harvey, A. (1993) Micro-Hydro Design Manual – A guide to small-scale water power systems. International Technology Publications, London.

Innovation Energie Development (IED) (2000) Spatial Plans and Local Arrangement for Small Hydro (SPLASH) Altener Project. Franceville, France.

Tipperary Institute, various dates. Photographs by staff of Tipperary Institute, Thurles and Clonmel, Co. Tipperary, Ireland.





ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



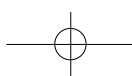
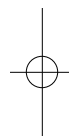
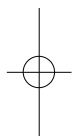
Capítulo 9.

Fermentación anaerobia


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 9. Fermentación anaerobia

Clifford Guest, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 9. Fermentación anaerobia	157
Objetivos	161
Antecedentes	161
¿Qué es la fermentación anaerobia?	161
Beneficios de la fermentación anaerobia	163
Utilización actual de las DA, globalmente y en la UE	164
Procedimiento	166
Componentes del sistema	168
Potencial en metano de los diferentes substratos	172
Tipos de plantas de biogás	172
Cálculos	173
Bibliografía	175

Listado de tablas

Tabla 9.1: Características de los diferentes substratos para la producción de biogás

Listado de gráficos

Gráfico 9.1: Planta DA en una granja

Gráfico 9.2: Planta DA centralizada

Gráfico 9.3: Componentes básicos de una planta DA

Gráfico 9.4: Fermentador a pequeña escala, India

Gráfico 9.5: Fermentador a pequeña escala, China

Gráfico 9.6: Plantas de biogás en Alemania y capacidad eléctrica instalada

Gráfico 9.7: Tanque fermentador horizontal

Gráfico 9.8: Tanque vertical de mezclado completo

Gráfico 9.9: Diferentes tipos de tanques fermentadores y sistemas de mezclado

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Una vez finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender la teoría de la digestión anaerobia
- Conocer su utilización a nivel global y europeo
- Ser capaz de realizar las operaciones básicas para el cálculo del tamaño de las instalaciones

Antecedentes

¿Qué es la fermentación anaerobia?

Se trata de un proceso natural por el que las bacterias convierten el carbono en materia orgánica. Este proceso produce una mezcla de metano y dióxido de carbono, que se denomina biogás. Este proceso sólo tiene lugar en ausencia de oxígeno; de ahí la coletilla de “anaerobio” (que literalmente significa “sin aire”). Esta digestión ocurre naturalmente en los fondos de los lagos y de las charcas, en los pantanos y ciénagas y en el intestino de algunos rumiantes como las vacas.



Gráfico 9.1: Planta DA en una granja



Gráfico 9.2: Planta DA centralizada

Esta capacidad de las bacterias de generación de metano a partir de la materia orgánica tiene lugar en plantas DA diseñadas a tal efecto. El corazón de dichas plantas es el tanque, - un tanque hermético en el que se produce la digestión. El tanque digestor produce biogás y el residuo, que consiste en fibra y agua rica en nutrientes. Este residuo se filtra, para separar el

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

residuo líquido de la fibra. La parte líquida es un fertilizador líquido que contiene nutrientes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, de un modo más adecuado para las plantas que si dicho proceso no se hubiera realizado. La fibra puede ser compostada para producir un fertilizante de suelo de alta calidad rico en nutrientes, con propiedades similares a la turba. El biogás se puede utilizar para producir calor sólo con una caldera, electricidad y calor utilizando un motor y un generador o también como combustible para los vehículos.

De este modo, la planta de fermentación anaerobia produce principalmente tres productos finales: energía, líquido fertilizador y fibra para el compostaje. Se pueden construir a cualquier escala. Las plantas fermentadoras de granja tratan generalmente el estiércol líquido que generan las granjas y otros co-substratos. El biogás puede quemarse en una caldera para cubrir las necesidades de calefacción o utilizarse en un motor para generar electricidad y calor conjuntamente (CHP). Los fermentadores anaerobios a gran escala a los que se traen residuos orgánicos de variada naturaleza se denominan “plantas conjuntas de biogás” o “plantas de biogás centralizadas”. El biogás resultante se utiliza en turbinas CHP, que se enganchan a la red nacional, en tanto que el calor se utiliza localmente, normalmente en redes comunales o municipales.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

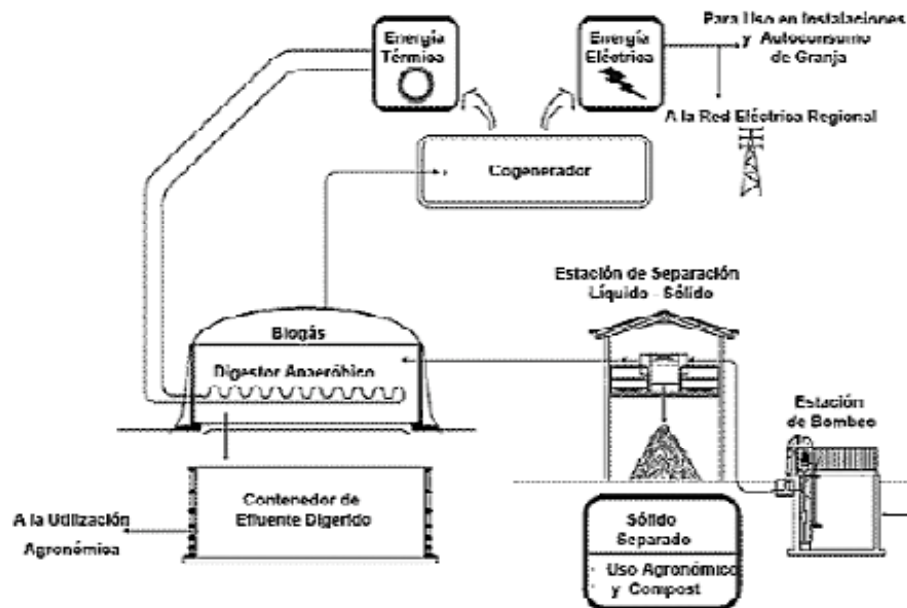


Gráfico 9.3: Componentes básicos de una planta DA

Beneficios de la fermentación anaerobia

Existen muchos beneficios asociados a los sistemas de fermentación anaerobia agrícola. Entre otros son:

- La reducción del hedor hasta en un 80%. Los compuestos que causan el hedor se degradan en metano y dióxido de carbono gracias a la bacteria anaerobia.
- La producción de energía renovable propia y la reducción en la emisión de gases procedentes de combustibles fósiles, causantes del efecto invernadero.
- Reducción de los niveles patógenos y de las semillas de malas hierbas debido a las altas temperaturas con las que se trabaja. Las plantas DA que cumplen con la normativa comunitaria (1774/2002) deben contar con unidades de pasteurización que alcanzan los 70° durante una hora.

- Mejora en la proporción de nutrientes disponibles para las plantas. Durante el proceso de digestión los nutrientes son mineralizados; de este modo el nitrógeno existente en la materia orgánica se libera, convirtiéndose en amonio.

Utilización actual de las DA, globalmente y en la UE

Existen muchas plantas a pequeña escala en China y la India. Son generalmente baratas y de dimensiones muy reducidas. Desde la década de los 70, China ha venido promoviendo la utilización de fermentadores anaerobios bajo tierra a escala individual para procesar los residuos orgánicos rurales. Hay aproximadamente cinco millones de ellos repartidos por todo el país.

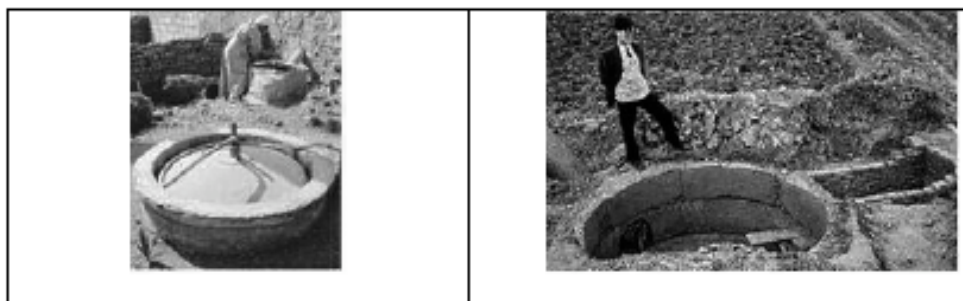


Gráfico 9.4: Fermentador a pequeña escala, India

Gráfico 9.5: Fermentador a pequeña escala, China

En Europa los países líderes en este tipo de tecnología son Dinamarca, Suecia y Alemania.

Dinamarca

La industria de los DA en Dinamarca se subdivide en dos sectores: las plantas centralizadas y más de 50 plantas de granja. Es en el sector de plantas centralizadas en las que Dinamarca se ha convertido en un líder mundial, con medidas de incentivo bastante importantes, intercambio de conocimientos, formación técnica y un compromiso de mantener el desarrollo y la investigación en este campo. Existen en la actualidad 22 plantas de este tipo operativas en el país (líder en Europa), con capacidades que varían entre los 540m³ y 6.900 m³ y capacidades diarias entre 50 y 500 toneladas de sustrato de biomasa (Hjort-Gregersen, K. 1999). Aproximadamente el 80% de la biomasa es principalmente estiércol líquido, que es codige-

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

ruido junto con un 20% de residuos orgánicos procedentes de la industria agrícola y de la agroindustrial. El biogás resultante se utiliza para la generación combinada de calor y electricidad (CHP), en tanto que el calor resultante se distribuye a través de redes locales de suministro.

El desembocante del desarrollo inicial de esta industria en Dinamarca fue la necesidad de buscar alternativas energéticas después de la primera crisis del petróleo de los años 70. Esto desembocó en un programa de desarrollo inicial de plantas a pequeña escala. Las primeras se construyeron en 1975, mientras que la primera planta centralizada se construyó en 1984 (NIRAS, 2000). En 1987 se inició un plan de acción de plantas centralizadas de biogás, con un programa demostrativo y de apoyo que aseguró el intercambio de conocimientos entre todos los interesados. Todas las plantas recibieron apoyo a fondo perdido de entre un 30 y un 40% a finales de los años 80, que después ha ido bajando hasta un 20%. En la actualidad, el esfuerzo es el alcanzar avances económicos ulteriores, lo que permitiría a las nuevas plantas salir adelante sin ayuda pública. Otros puntos clave a desarrollar son la reducción en el coste de las plantas, alcanzar una mayor fiabilidad operativa, la consecución de mayores rendimientos de gas por m³ de materia prima y la mejora de los sistemas de control y de la formación de los gestores y personal de las plantas (SEADI T, 2001).

Suecia

Hay siete plantas de granja y 10 centralizadas de codigestión en Suecia. La biomasa utilizada procede en su mayor parte de residuos sólidos urbanos e industriales previamente separados. El estiércol animal apenas es representativo. Hay un gran interés y experiencia en el uso del biogás para combustible para vehículos. En el año 2001 cuatro de las 10 plantas reestructuraron sus instalaciones para poder fabricar este tipo de biogás. En dos de ellas (Uppsala y Linköping) este tipo de biogás era su producto final más significativo (WFE-net V, 2000). Además existen 24 puntos de repostaje a lo largo del sur del país. Al menos 4.000 vehículos funcionan con biogás, incluyendo los autobuses municipales. El proceso para la conversión del biogás de modo que se pueda utilizar por los vehículos cuenta incluso con una normativa nacional específica (Da Costa Gomez, C. 2006).

Alemania

Alemania cuenta en la actualidad con el mayor número de plantas en Europa. La Asociación Alemana de Biogás estima en 2.700 las plantas de granja, en 400 las PYMES que trabajan en el sector y en alrededor de 8.000 los empleos (Da Costa Gomez, C. 2006). La razón por la que este sector ha crecido tanto en Alemania son las altas primas eléctricas. Si se utilizara completamente el potencial derivado de los residuos agrícolas y plantas energéticas se estima que podría producir alrededor de 430 petajulios anuales y alrededor de 33 Teravatios/hora de electricidad (Hartmann, 2002). Con estas cifras existe un potencial de empleo de alrededor de 100.000 personas en el sector en Alemania.

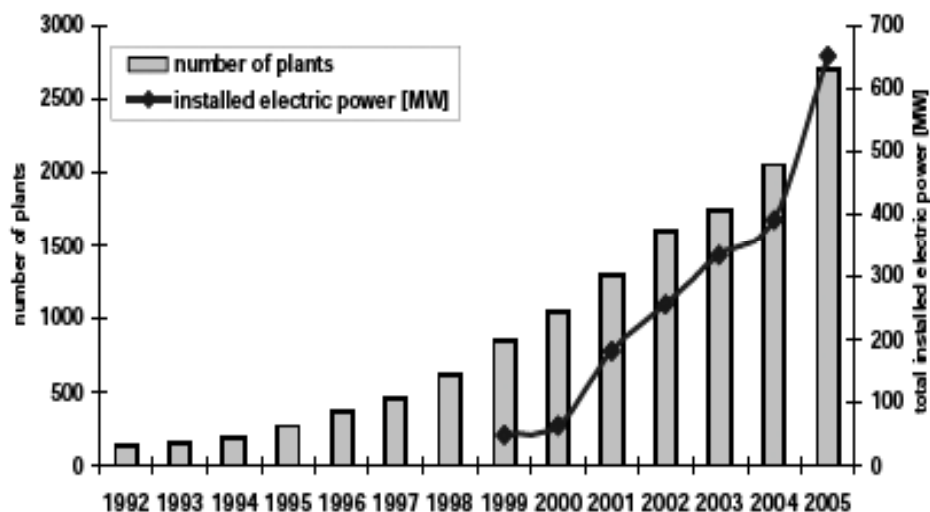


Gráfico 9.6: Plantas de biogás en Alemania y capacidad eléctrica instalada

Procedimiento

Temperaturas de operatividad

Hay tres escalas de temperatura, en las que las diferentes cadenas de bacterias son más activas:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Psicrofílica (<30°C): éste es el rango inferior, utilizado en las pequeñas plantas de bajo coste que se encuentran principalmente en los países en vías de desarrollo. Se confía en la temperatura ambiente como única forma de calor.

Mesofílica (30°C – 40°C): éste rango es el más comúnmente utilizado por las plantas de granja, ya que es menos sensible a los cambios en temperatura y sustrato. Los sistemas mesofílicos requieren entre 15 y 30 días para su complejión.

Termofílica (40°C – 55°C): se utilizan normalmente en las plantas centralizadas. Requiere de mayor control y de operarios formados. Las bacterias activas transforman rápidamente la materia orgánica, lo que implica menores tiempos de consecución del producto y por lo tanto la necesidad de menor tamaño en los tanques. Estos sistemas son más sensibles a los cambios y requieren un nivel mayor nivel de energía y control para su correcto funcionamiento.

Tiempo de retención

Este es el tiempo durante el cual el sustrato permanece en el tanque fermentador. El tiempo necesario depende de la temperatura a la que se realiza el proceso. La fermentación psicrofílica es la que necesita de mayores tiempos mientras que la termofílica es la que se realiza más rápidamente.

Condiciones de humedad

Se requiere un índice de humedad de al menos el 50% para que las bacterias puedan llevar a cabo el proceso (DGS, Ecofys 2005).

PH

El índice ideal de PH en un tanque fermentador es de 7,5. Es muy importante al añadir nueva biomasa, especialmente la procedente de la industria de la alimentación, y prestar atención a mantener el nivel de PH dentro de los niveles adecuados.

Carga orgánica

La bacteria que transforma la materia orgánica en sustrato necesita un mínimo de carga orgánica para sobrevivir. La carga orgánica actúa como alimento pero si existe demasiada las bacterias estarían sobrealimentadas. De este modo la carga debería de estar entre 0,5kg y 5kg

de materia orgánica por m^3 y día ($\text{MO}/\text{m}^3/\text{día}$).

Mezcla

El mezclado es necesario para mantener un gradiente de temperatura estable; para mantener un suministro homogéneo y uniforme de sustrato a la bacteria; para prevenir el depósito de sólidos y para prevenir la formación de costras. El biogás sólo saldrá a la superficie si hay menos de un 5% de materia seca en el sustrato.

Condiciones homogéneas

La bacteria no reacciona bien a cambios demasiado bruscos. La introducción de sustrato fresco se debería de realizar gradualmente, especialmente si tiene una alta carga orgánica o si el PH está por encima o por debajo del deseado.

Componentes del sistema

Tanques fermentadores

Los tanques fermentadores deben ser sellados para que pueda tener lugar la fermentación. En la mayor parte de ellos además hay que calentar y mezclar. Al estar sellada la instalación se conserva mejor el calor y se mejora la eficiencia del sistema.

Tanque de flujo horizontal

Los sistemas de flujo horizontal son tanques alargados de hierro u hormigón que mueven el sustrato hacia delante. Estos sistemas admiten proporciones más altas de materia seca (entre un 11 y un 13%). Los tanques horizontales tienen la calefacción en el eje central. Este tipo de tanques tienden a utilizarse en plantas pequeñas. Su relativa baja altura es especialmente adecuada si existen problemas de espacio.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

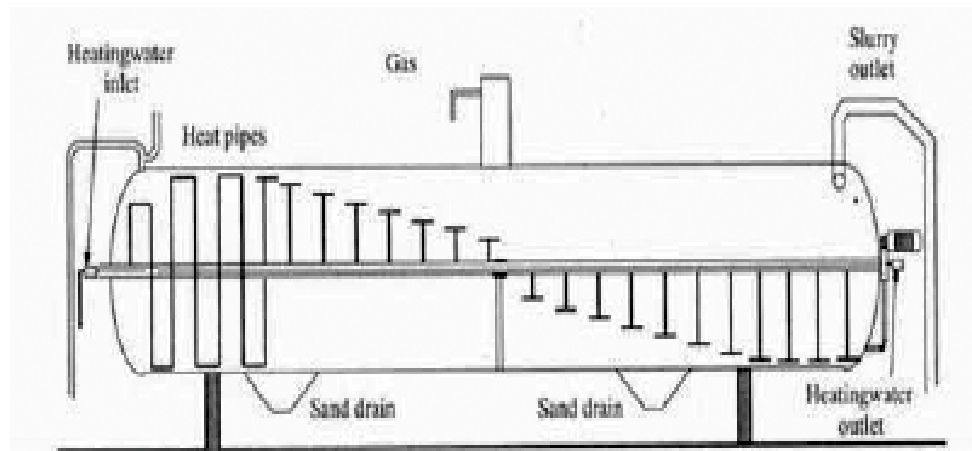


Gráfico 9.7: Tanque fermentador horizontal

Tanque horizontal de mezclado completo

Consiste en un tanque de metal u hormigón, en el que la materia prima se mezcla con materia parcialmente digerida. El calentamiento se puede realizar a través de los muros, poniendo las tuberías de calefacción en el muro interno del tanque. En los tanques metálicos, las tuberías de la calefacción se pueden poner en la parte exterior del tanque. Se puede asimismo dar calor por el suelo, pero no es una práctica común, debido al riesgo que entraña la sedimentación en el fondo del tanque, lo que reduce la efectividad de la calefacción. Estos sistemas son apropiados para sustratos con muy bajo contenido en materia seca (4-12%).

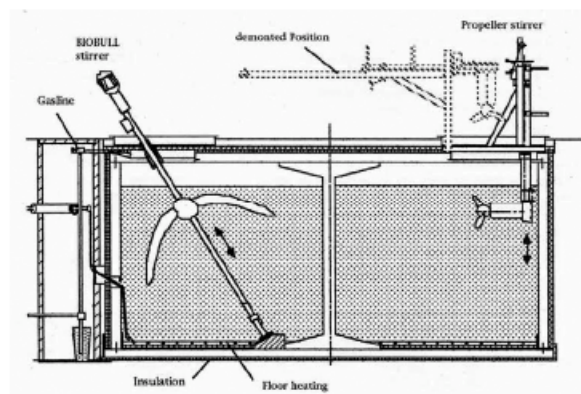


Gráfico 9.8: Tanque vertical de mezclado completo

Almacenamiento del biogás

El biogás producido en el tanque puede almacenarse o bien directamente en la parte superior del tanque mediante una membrana flexible de 1 ó 2 milímetros, que se expande a medida que se produce el biogás, o externamente en un recipiente de gas. El biogás se suele almacenar a baja presión, lo que requiere un volumen mayor que los cilindros convencionales de almacenamiento de gas.

La caldera / motor de gas

La manera más directa de utilizar el biogás es utilizarlo como fuente de energía para una caldera de calefacción. Otra alternativa es utilizar el biogás en un motor con un generador eléctrico. Mediante este sistema se puede generar asimismo electricidad, y también calor del propio funcionamiento del motor. Un motor de pistones pierde calor a través del sistema de escape y del agua de refrigeración del motor. Con una configuración combinada de calor y energía (CHP), se puede recuperar el calor a través de intercambiadores, aumentando de este modo la eficiencia del conjunto. La producción de electricidad genera mejores rentabilidades, ya que su precio unitario es mayor que el que se paga por el calor. Los motores más adecuados son los de cuatro tiempos. Pueden ser tanto motores de gas como duales (se encienden con gasoil y después cambian a una proporción de un 80-90% de gas).

Sistemas de mezclado

Como ya se ha dicho previamente en la mayoría de los sistemas es muy importante que cuenten con un sistema de mezclado eficiente y de fácil mantenimiento. Hay una amplia variedad de opciones, tal y como se detalla en el siguiente gráfico

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

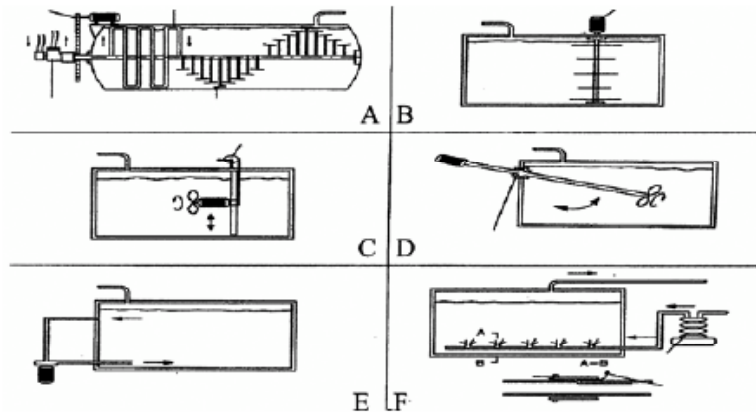


Gráfico 9.9: diferentes tipos de tanques fermentadores y sistemas de mezclado

(Asociación Alemana de Biogas)

A: Fermentador horizontal con un pala horizontal

B: Fermentador vertical con una pala vertical

C: Fermentador vertical con pala ajustable y propulsable

D: Fermentador vertical con mezclador propulsable sobre brazo giratorio

E: Fermentador vertical con mezclador hidráulico

F: Fermentador vertical con mezclador de gas

Tanques de post-fermentación

Una vez que el sustrato ha permanecido en el fermentador durante el tiempo necesario se transfiere a los tanques de post-fermentación. Allí permanece hasta que se vaya a utilizar. Estos tanques están normalmente cubiertos, a fin de recoger el gas adicional que pudiera producirse y para evitar la pérdida de nitrógeno.

Potencial en metano de los diferentes substratos

Las plantas de biogás de granja normalmente utilizan residuos ganaderos (bovino, porcino o avícola) como materia prima principal. Estos materiales son adecuados para la fermentación pero ofrecen bajos rendimientos de biogás ($25 \text{ m}^3/\text{t} - 50 \text{ m}^3/\text{t}$). Otros tipos de substrato normalmente se utilizan en sistema de codigestión con los estiércoles de animales, a fin de incrementar los rendimientos de biogás, y en algunos casos para tener derecho a las subvenciones por desechos de materia orgánica. En Alemania y Austria hay una tendencia creciente a utilizar cultivos forrajeros como el maíz para que realizar la co-digestión con estiércol líquido de granja. A ello contribuyen las tarifas suplementarias por unidad de electricidad producida. En la siguiente tabla que se ha adaptado de datos de DGS y de Ecofys (2005) se analizan los rasgos principales de los diferentes estiércoles animales y de otros substratos seleccionados.

	Materia seca MS (%)	Materia orgánica (%) MS)	Rendimiento de biogás (m ³ /t MS)	Rendimiento biogás (m ³ /t en húmedo)	Rendimiento medio en biogás (m ³ /t en húmedo)
Estiércol bovino	7-15	65-85	200-400	9-51	25
Estiércol porcino	3-13	65-85	350-550	7-61	27
Estiércol de ave	10-20	70-80	350-550	21-88	51
Deshecho vegetal	10-20	65-85	400-700	25-120	75
Forraje de maíz	15-40	75-95	500-900	55-340	200
Forraje de hierba	30-50	80-90	500-700	120-315	220
Estiércol líquido graso	8-50	70-90	600-1300	30-585	310

Tabla 9.1. Características de los diferentes substratos para la producción de biogás

Fuente: DGS y Ecofys, (2005)

Tipos de plantas de biogás

Plantas a pequeña escala: Este tipo de plantas se utilizan para pequeñas cantidades de substrato ($5-100 \text{ m}^3$). Se instalan normalmente en Asia, sin ningún tipo de aislamiento, calefacción o sistema para volteo. No son abundantes en Europa.

Plantas de granja: Este tipo de plantas se diseñan para la gestión del estiércol de una granja o varias granjas cercanas entre sí. Normalmente se utilizan otros substratos en codigestión para aumentar los rendimientos de biogás o para tener el derecho a las primas. En aquéllas

en las que se produce electricidad normalmente se vende a la red; el calor se utiliza para las necesidades internas. Los fermentadores de este tipo de plantas presentan una gran variabilidad en tamaño, la mayoría de ellos entre 100-800 m³.

Plantas centralizadas: Este tipo de plantas son normalmente de gran capacidad y utilizan estiércoles animales procedentes de granjas como sustrato principal. También utilizan otro tipo de sustratos procedentes de variadas fuentes de codigestión. La capacidad suele superior a los 800 m³. El estiércol fermentado se almacena en tanques, para su posterior uso como abono en la tierra. La propiedad normalmente está repartida entre los granjeros, que a su vez suministran los estiércoles. Dinamarca es el país con el mayor número de plantas de este tipo.

Plantas industriales: Suelen ser plantas a gran escala (superior a 800 m³). Se diseñan para utilizar como sustrato los desechos procedentes de algún tipo de industria y no del estiércol animal. Por ejemplo, los propios residuos húmedos de sus propios procesos, desechos orgánicos del procesamiento de alimentos o la parte orgánica ya separada de residuos sólidos urbanos.

Cálculos

Tamaño de una planta de biogás

Se suele utilizar la siguiente fórmula para calcular la capacidad de un fermentador:

Volumen del fermentador (m³) = [estiércol (m³/año + co-sustrato (m³/año)] / 365 x días de fermentación

Ejemplo: Se fermentan 5000 m³ de estiércol líquido porcino y 1.000 m³ de co-sustrato con un periodo de fermentación de 28 días. El volumen del fermentador tiene que ser al menos:

$$[500+1.000] / 365 \times 28 = \underline{460 \text{ m}^3}$$

Ejemplo 9.1. Cálculo del volumen del fermentador

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Cálculo de la producción anual de una planta de biogás

La producción de biogás de una determinada materia prima la determina la materia seca (MS), la parte orgánica de dicha materia seca (MO/MS) y la producción de biogás por kilo de MO. Se puede utilizar la siguiente fórmula para el cálculo anual de una planta de biogás.

$$\text{Producción de biogás (m}^3\text{/año)} = [\text{estiércol (t/año)} \times \text{MS}_e \times \text{MO}_e / \text{MS}_e \text{ biogás/kilo MO}_e \times 1000] + [\text{cosubstrato (t/año)} \times \text{MS}_{cs} \times \text{MO}_{cs} / \text{MS}_{cs} \times (\text{m}^3 \text{ biogás/kilo MO}_{cs} \times 1000)]$$

Ejemplo:

Con un estiércol líquido porcino con una densidad de 1,0 t/ m³, que presenta una MS del 8%, una MO/MS del 75% y un rendimiento de 0,45 m³/kilo MO, y con un cosubstrato (residuo orgánico) con una densidad de 0,8 t/m³, que presenta una MS del 30%, una MO/MS del 70% y un rendimiento de 0,55 m³/kilo MO.

Nota: téngase en cuenta que los datos de las materias primas se facilitan en m³ por año, pero que la producción de biogás se suele calcular en kilogramos. El dato de densidad transforma una medida en otra.

$$\begin{aligned} \text{Producción de biogás (m}^3\text{/año)} &= [(5.000 \times 1) (\text{t estiércol/año}) \times 8\% \times 75\% \times 0,45 \times 1.000] + [(1000 \times 0,8 (\text{t residuo/año}) \times 30\% \times 70\% \times 0,55 \times 1.000] \\ &= 135.000 + 92.400 \\ &= \underline{227.400 \text{ m}^3\text{/año}} \end{aligned}$$

Ejemplo 9.2. Cálculo de la producción anual de biogás

Cálculo del tamaño de una planta CHP

Se utiliza la siguiente fórmula para estimar el tamaño de una planta CHP

$$\text{Capacidad planta CHP (kW}_e\text{)} = [\text{Producción biogás (m}^3\text{/año)} \times \text{valor calorífico del biogás en kWh per Nm}^3] / [\text{Horas operativas a carga completa (h/año)} \times \text{eficiencia eléctrica}]$$

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Ejemplo:

El valor medio de valor calorífico del biogás es de 20 MJ/Nm³ (metro cúbico “normal”), igual a 5,56 kWh/Nm³. Como norma general el valor de la eficiencia eléctrica es del 30%. Para plantas superiores a 50 kW_e, la eficiencia tiende a incrementarse; para plantas inferiores a 30 kW_e, el valor tiende a descender. Si la planta CHP se utiliza a tiempo completo, el número de horas operativas por año será de alrededor de 7.500 (20,55 horas al día).

5.000 m³ de estiércol líquido porcino y 1.000 m³ de cosubstrato fermentan anualmente y producen 227.400 m³/año. La central CHP mínima necesaria es de:

$$[227.400 \times 5,56 \times 30\%] / 7.500 = \underline{50,6 \text{ kW}_e}$$

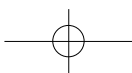
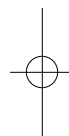
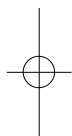
Ejemplo 9.3. Cálculo de la capacidad de una planta de ciclo combinado. Las fórmulas han sido adaptadas de DGS & Ecofys, 2005

Bibliografía

Al Seadi, T, Holm-Nielsen, JB, 2001. *Manure Based Biogas Systems – Danish Experience*. University of Southern Denmark, Denmark, Paper delivered at Biogas 2001 International, Messe, Augsburg, Germany.

Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics, 1999. *Centralised Biogas Plants, Integrated energy Production, waste Treatment and Nutrient Redistribution Facilities*. Esbjerg.

SOLAGRO, 2001. *From Biogas to Energy, A European Overview – Regulatory, Fiscal, Economical and Political context for Development*. Toulouse, France.





ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 10.

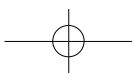
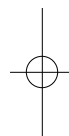
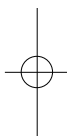
La madera




**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 10. La madera

Kevin Healion, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 10. La madera	177
Objetivos	183
La tecnología de la energía maderera	183
Introducción	183
Energía solar almacenada	183
Humedad relativa	184
Contenido energético	186
Procedencia	188
Bosquecillos de ciclo corto	188
Formas de comercialización	189
Tecnologías	190
Teoría de la combustión	193
Consideraciones en el diseño de los sistemas de calefacción	194
Fuentes de información	194
Bibliografía	194

Listado de tablas

Tabla 10.1: Fuentes potenciales de combustible procedente de la madera

Listado de gráficos

Gráfico 10.1: El ciclo del carbono en un sistema de energía de madera

Gráfico 10.2: Valor calorífico neto vs. contenido en humedad

Gráfico 10.3: Plantaciones SRC de sauces y álamos, plantado de sauces, talado

Gráfico 10.4: Formas de combustible maderero

Gráfico 10.5: Esquema de las diferentes opciones de las tecnologías de conversión

Gráfico 10.6: Tecnologías de conversión de los combustibles de biomasa

Gráfico 10.7: Tanque fermentador horizontal

Gráfico 10.8: Tanque vertical de mezclado completo

Gráfico 10.9: Diferentes tipos de tanques fermentadores y sistemas de mezclado

listado de fórmulas

Fórmula 10.1: Contenido de humedad sobre la base de peso en húmedo

Listado de ejemplos

Ejemplo 10.1: Cálculo del contenido en humedad sobre la base de peso en húmedo

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

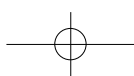
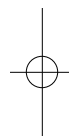
Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.



**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Una vez finalizado este capítulo del manual debería de:

- Tener una visión global de las fuentes y formas de energía maderera
- Tener una visión global de las tecnologías de conversión disponibles
- Comprender el impacto del contenido en humedad sobre el contenido energético de la madera
- Calcular las necesidades de materia prima de un caldera de madera
- Comprender la necesidad de un buen diseño de los sistemas de calefacción de madera

La tecnología de la energía maderera

Introducción

La madera ha sido el combustible más comúnmente utilizado por la raza humana durante miles de años, cuyo uso ha declinado con el aprovechamiento de los combustibles fósiles y la energía nuclear. Sin embargo, la madera es todavía una fuente de energía importante en el mundo, tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo. Los avances tecnológicos en los sistemas de conversión de la madera tanto en electricidad como en calor han permitido superar muchas de las barreras para una mayor utilización como combustible. El interés renovado por la madera se basa en consideraciones económicas y medioambientales – el precio de la madera es cada vez más competitivo como alternativa a los combustibles fósiles y sus beneficios medioambientales son reconocidos y valorados. La producción y utilización de la madera tiene también beneficios sociales como la creación de empleo, muy especialmente en zonas rurales.

Energía solar almacenada

Las plantas (incluyendo los árboles) transforman la luz solar en recursos madereros. La madera es, por lo tanto, energía solar almacenada – una fuente de energía renovable. Esta energía se libera para su uso con la tecnología adecuada. La utilización de la madera como combustible produce dióxido de carbono (principal responsable del efecto invernadero) pero

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

a su vez contiene carbono, que es absorbido por la atmósfera a través de los árboles en crecimiento. De este modo se completa el ciclo corto, con una baja liberación total de carbono (gráfico 10.1).

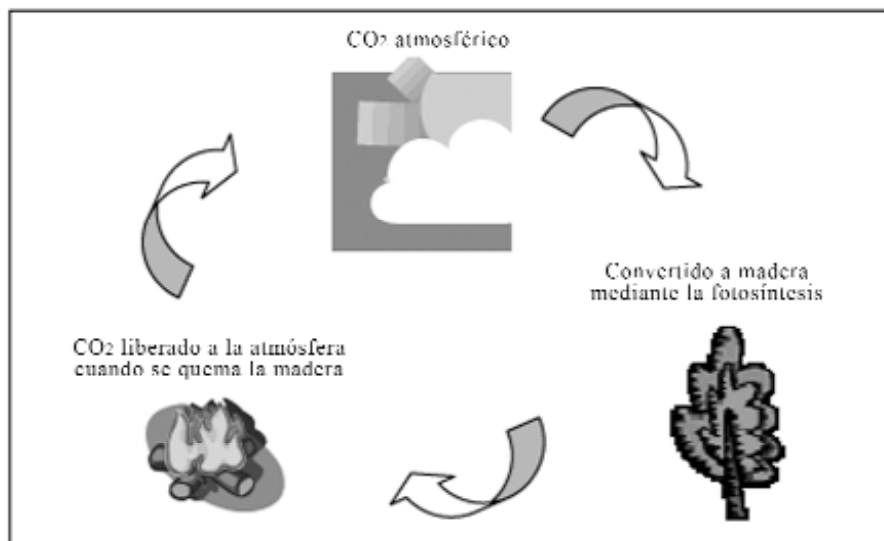


Gráfico 10.1: El ciclo del carbono en un sistema de energía de madera

Humedad relativa

Es esencial comprender el concepto de humedad relativa en relación con la madera. Se puede colocar un leño en una bandeja de metal y secarlo en un horno de laboratorio hasta conseguir una humedad relativa igual a cero. El resultante se denomina “secado en horno”. La pérdida de peso es el peso del agua que había en el leño. El contenido en humedad del leño se puede expresar tanto en peso total en húmedo o en peso en seco. El peso en húmedo es la medida más comúnmente utilizada en el sector de las energías renovables. Para el cálculo del contenido de humedad en el peso total en húmedo (PT_h), el peso del agua se expresa como porcentaje del peso total del leño (fórmula 10.1).

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El ejemplo 10.1 muestra la aplicación de la fórmula 10.1 en datos reales para un leño de la plantación de sauces del Instituto Tipperary.

$$PT_h \% = \text{Peso del agua} \times 100 / \text{Peso del leño}$$

Fórmula 10.1: Contenido de humedad sobre la base de peso en húmedo

Resultado de las tomas de peso:

Peso de la bandeja: 136,36 g

Peso de la bandeja y de las astillas en húmedo: 352,43 g

Peso de la bandeja y de las astillas en seco: 241,21 g

Cálculos:

Peso de las astillas en húmedo: $352,43 - 136,36 = 216,07$ g

Peso de las astillas en seco: $241,21 - 136,36 = 104,85$ g

Peso del agua: $216,07 - 104,85 = 111,22$ g

$$PT_h \% = \text{Peso del agua} \times 100 / \text{Peso del leño}$$

$$PT_h \% = 111,22 \times 100 / 216,07$$

$$PT_h \% = 51,5 \%$$

Ejemplo 10.1: Cálculo del contenido en humedad sobre la base de peso en húmedo

El contenido en humedad de la madera recién talada varía considerablemente dependiendo de la especie. El fresno (*Fraxinus excelsior*) puede tener recién talado un contenido en humedad de tan solo el 33% (utilizando el peso en húmedo como base), mientras que por ejemplo el contenido del álamo (*Populus spp.*) puede llegar a alcanzar el 60%. Puede existir también una alta variabilidad entre árboles de la misma especie, debido a factores regionales o estacionales (Healion, 2002).

Contenido energético

Se denomina valor calorífico o contenido energético de un combustible al número de unidades de energía producida por la combustión completa de una masa unitaria del mismo (Centro para la Tecnología de la Biomasa, 1999). El valor calorífico se puede expresar en:

- Valor calorífico bruto de la madera en seco
- Valor calorífico neto de la madera en seco
- Valor calorífico neto de la madera en húmedo

Se define el Valor Calorífico Bruto como la cantidad de energía generada por la combustión completa de una unidad de madera a presión constante más la condensación de vapor de agua que se forma durante la combustión. La condensación del vapor de agua aumenta la cantidad de energía que la madera genera (ésta es la razón por la que una caldera de condensación es más eficiente que una caldera normal). El vapor de agua puede provenir de dos fuentes: el contenido en humedad de la madera o la formación de agua a partir del hidrógeno que la madera contiene (se generan alrededor de 0,5 toneladas de agua a partir del contenido en hidrógeno de una tonelada de madera “secada en horno”). El Valor Calorífico Bruto se conoce también como Valor Alto de Calefacción.

El Valor Calorífico Neto (VCN) se define como la cantidad de energía generada por la combustión completa de una unidad de madera a presión constante más el vapor que se forma durante la combustión que permanece en estado gaseoso. El VCN se conoce también como Valor Bajo de Calefacción.

El Valor Calorífico Bruto de madera “secada en horno” es de alrededor de 20 gigajulios (GJ) por tonelada (Centro de Tecnología de la Biomasa, 1999), equivalente a 5,6 kWh por tonelada. Hay poca diferencia entre los valores caloríficos brutos de madera “secada en horno” entre especies. La corteza tiene menor contenido energético que la madera. El VCN de la madera “secada en horno” es de alrededor de 19,5 gigajulios (GJ) por tonelada (equivalente a 5,4 kWh por tonelada) – se pierde energía en el vapor de agua condensado que procede del contenido en hidrógeno de la madera.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

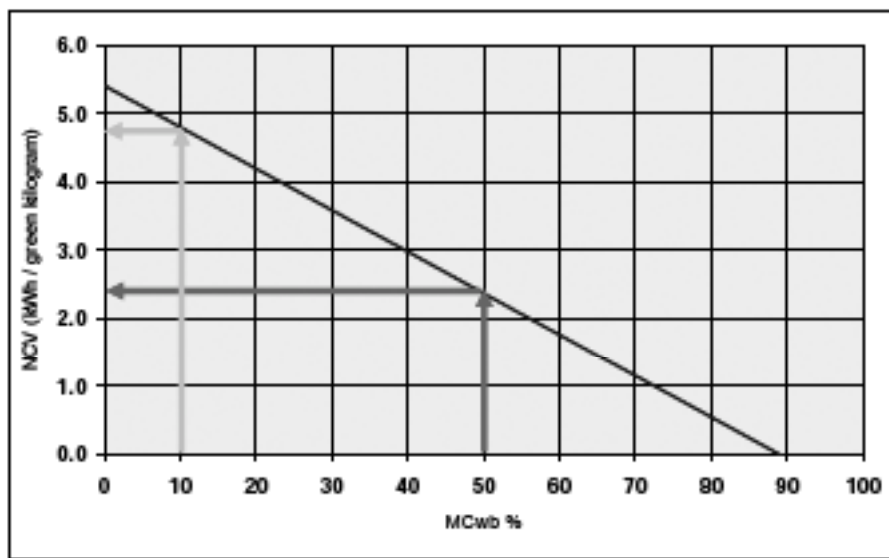


Gráfico 10.2: Valor calorífico neto vs. contenido en humedad

Las flechas rojas del gráfico 2 indican el contenido energético de la madera al (2,4 kWh por kilogramo), y las flechas amarillas indican el contenido energético de una madera al 10% PT_h (4,8 kWh por kilogramo). Esto demuestra el impacto del contenido en humedad sobre el contenido energético – por ejemplo, los pelets de madera al 10% PT_h tienen el doble de contenido energético por kilogramo que los pelets de madera al 50% PT_h . Las calderas pequeñas, incluyendo los sistemas domésticos, son normalmente (aunque no siempre) de no-condensación. Por ello, es muy importante utilizar madera de baja humedad relativa para maximizar la cantidad de energía útil producida. Es preferible que la madera se almacene durante un año, preferiblemente dos, antes de ser utilizada. La madera que se utiliza para hacer leños se debería de almacenar antes de ser cortada. El serrín utilizado para hacer pelets también se seca antes de fabricarlo.

El VCN de la madera en húmedo es quizás el modo más práctico de medir el contenido energético. Cuanto más alta sea la humedad menor es el contenido en materia seca. El contenido húmedo se evapora al quemarse la madera – este proceso requiere energía; por lo tanto cuanto más alto sea el contenido en humedad tanta más energía será necesaria para la evaporación. Si la madera se quema en una caldera que no sea de condensación, la energía necesaria para la evaporación se pierde (así como la energía contenida en el vapor de agua que emana del contenido en hidrógeno de la madera). La cantidad de energía útil generada por kilogramo de madera en función del grado de humedad se muestra en el gráfico 10.2.

Procedencia

En la tabla 10.1 se listan las fuentes existentes o potenciales de madera para combustible en Irlanda (Healion, 2002).

Leña	Generalmente obtenida de madera dura, resultado del aclamido del árbol
Residuos de los aserraderos	Córtizas, tablas, astillas, serrín y virutas producidas en los aserraderos. Existe mercado para estos residuos; entre otros la materia prima para aglomerados, mantillos, lechos para animales y combustible
Residuos de la industria maderera	Sobras, serrín, virutas, recortes, lijados y productos desechados procedentes de dicha industria. Entre otros se utilizan como combustible para la propia planta o para producir calor
Residuos silvícolas	Podas de mantenimiento de parques, jardines y setos. Se pueden utilizar como combustible o mantillo.
Madera de pequeño diámetro	Como resultado de podas o arranque de árboles jóvenes. Podrían tener mercado como madera blanda para la industria del papel. Se han desarrollado nuevos métodos para el talado.
Residuos forestales	Resultado de las podas de árboles una vez que se ha aprovechado el tallo principal.
Madera de baja calidad	Madera que o no es lo suficientemente alta o de la calidad necesaria, pero que si podría ser utilizada como combustible
Bosque de ciclo rápido	Producción de combustible procedente de ciertas especies (generalmente álamos o sauces), que se talan en ciclos bianuales.
Otros residuos	Palets rotos, embalajes y madera procedente de demoliciones. Se puede utilizar como combustible o materia prima en la industria de aglomerados. En caso de estar contaminada requiere tratamiento específico

Tabla 10.1: Fuentes potenciales de combustible procedente de la madera

Bosquecillos de ciclo corto

Muchas especies forestales, especialmente las de hoja ancha, tienen la facultad de “copiarse”, esto es, de producir nuevas ramas a partir del muñón una vez que se ha talado el tronco. No es necesario volverlos a plantar después de cada tala. El sistema SRC es un sistema de gestión de bosques por el cual se crean bosquecillos de árboles de rápido crecimiento, plantados juntos y gestionados de forma intensiva, que se pueden talar varias veces, en rotaciones inferiores a los diez años. El sauce y el álamo son dos de las especies más utilizadas.



Gráfico 10.3: Plantaciones SRC de sauces y álamos, plantado de sauces, talado

Formas de comercialización

En la tabla 10.1 se facilitó una lista de posibles fuentes. La madera procedente de determinadas fuentes no necesita tratamiento ulterior para su utilización como combustible. Ejemplos: muchas industrias madereras tienen pequeñas calderas de madera que proveen de calefacción, y que se alimentan con los propios residuos; la industria del aglomerado también suele utilizar sus residuos como combustible. Sin embargo, por lo general, la madera necesita de tratamiento ulterior para su comercialización como combustible. Las formas más comunes son leños, astillas, briquetas y pelets. Lo que se pretende con ellos es facilitar el manejo. El Comité Europeo de Estandarización (CEN) ha publicado especificaciones técnicas para los biocombustibles sólidos; entre ellos para las formas reseñadas.

Firewood	Wood chips	Briquettes	Pellets
			
Wikimedia, 2007	Tipperary Institute	Greenheat, 2007	Wikimedia, 2007

Gráfico 10.4: Formas de combustible maderero

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Tecnologías

El contenido energético de la madera se puede liberar principalmente de dos maneras:

- Combustión directa. Se trata de un proceso termoquímico mediante el cual la madera se combina con oxígeno y se convierte en dióxido de carbono y agua, liberando energía. Ésta se puede utilizar para calefacción, para generación de electricidad o para ambos (CHP).
- Gasificación o pirolisis. Se trata también de procedimientos químicos que convierten la madera en un combustible líquido o gaseoso. Una vez transformado, en una segunda fase, es cuando se quema y se libera la energía. Este método abre varias posibilidades: puede incrementar la eficiencia energética de la generación de electricidad a gran escala; permitir la producción de calor y electricidad (CHP) a pequeña escala a un coste asequible, y fabricar combustibles para el transporte basados en la madera.

En el gráfico 10.5 se muestran las distintas opciones de aprovechamiento del recurso; en el gráfico 10.6 podemos ver distintos aparatos. Se está investigando en la utilización de procedimientos bioquímicos para convertir la madera en etanol, lo que podría permitir su utilización en el sector del transporte.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

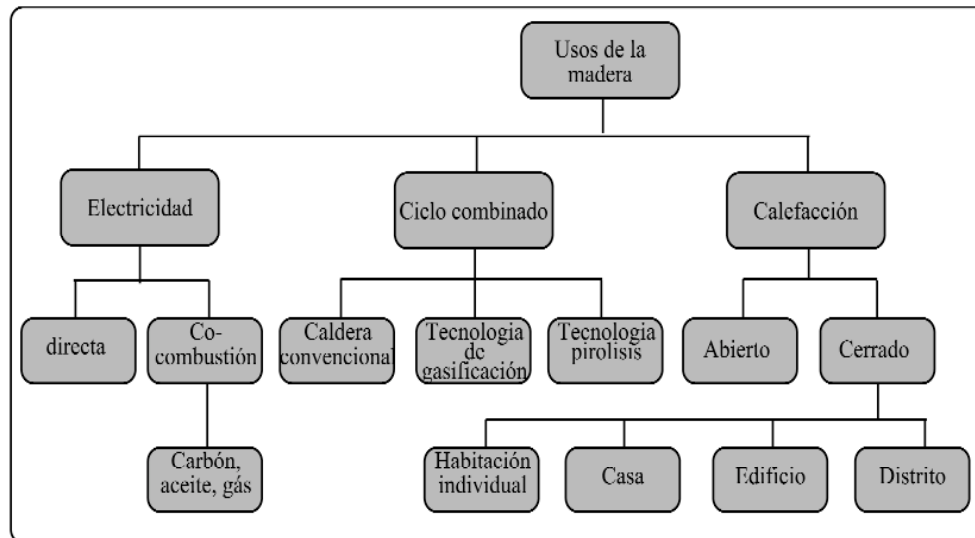


Gráfico 10.5: Esquema de las diferentes opciones de las tecnologías de conversión

El SEI (2007) nos facilita los siguientes rangos de precios (incluyendo IVA) para las distintas tecnologías domésticas de calefacción: horno de pelet (entre 2.000 € y 5.000 €; horno de pelet con caldera integral (entre 4.000 € y 8.000 €); caldera de pelet (entre 9.000 y 16.000 €).

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

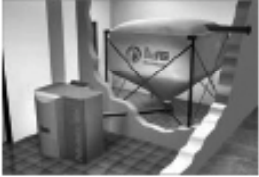
 Estufa (leño, briqueta)	 Cocina de leña (leño, briqueta)	 Estufa con frontal de vidrio (leño, briqueta)
 Estufa de obra (leño, briquetas)	 Caldera de madera (por gasificación) (leño, briqueta)	 Estufa de pelets
 Caldera de astillas con alimentador	 Caldera de pelets con silo	 Planta de ciclo combinado de madera

Gráfico 10.6: Tecnologías de conversión de los combustibles de biomasa

Teoría de la combustión

La combustión es el principal método utilizado para liberar energía de la madera, con aplicaciones que van desde la combustión abierta hasta el uso de la madera como combustible en plantas de ciclo combinado en la industria maderera. La combustión de la madera tiene lugar en tres fases:

- Secado. La madera se calienta, el agua se evapora y el combustible se seca
- Pirolisis, gasificación y combustión de las partículas volátiles. Entre 100-105° comienza el proceso de gasificación y pirolisis. Los componentes volátiles de la madera se evaporan y la superficie de la madera se torna porosa. Entre 500-600° los componentes volátiles (ahora en estado gaseoso) empiezan a quemarse. La mayor parte de la energía (entre el 75 y el 80%) se genera a través de la combustión de los volátiles.
- Combustión del carbón. Entre 800 y 900° se produce la combustión del carbón, que se convierte en ceniza.

El objetivo de un buen proceso de combustión es del asegurarse de que los contenido en volátiles y en carbón se queman completamente. Una buena combustión es aquella que:

- Maximiza la energía liberada
- Minimiza el combustible requerido
- Minimiza las emisiones de volátiles no quemados y monóxido de carbono a la atmósfera
- Minimiza el carbón no quemado
- Minimiza los residuos de hollín y alquitrán en la chimenea

Los requisitos para que se produzca una combustión eficiente y completa son el tiempo, la turbulencia (asegurarse de que se produzca mezcla entre el aire y los volátiles), temperatura y oxígeno controlado (aire). Un buen aparato de combustión debe tener en cuenta todos estos factores.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Consideraciones en el diseño de los sistemas de calefacción

Hay muchos aspectos a tener en cuenta en el diseño de un sistema de calefacción. Entre otros destacamos: cálculo de la demanda energética y del tamaño de la caldera; elección del combustible; suministro y almacenamiento del mismo; diseño de la habitación de la caldera; almacenamiento del calor; diseño del circuito de calefacción; diseño de la chimenea; gestión de la ceniza; y servicio de mantenimiento.

Se debe de contar con asesoramiento técnico. Para minimizar las emisiones al medio ambiente hay que hacer un correcto diseño e instalarlo, hacerlo funcionar y revisarlo convenientemente. Por supuesto, casi lo más importante es que se utilice un combustible de calidad.

Fuentes de información

Bioenergy international (<http://www.biogeneryinternational.com>)

El software de previabilidad de RETScreen cuenta asimismo con una guía de utilización y casos prácticos. Está disponible gratuitamente en <http://www.retscreen.net>

El sitio web del proyecto BIOHEAT (<http://www.bioheat.info>) tiene folletos y un software de previabilidad disponible para descarga (http://www.bioheat.info/handbook/heatcost_el.html).

Bibliografía

Centre for Biomass Technology, 1999. Wood for Energy Production: Technology - Environment - Economy. 2nd edition. The Danish Technological Institute, dk-TEKNIK Energy & Environment and The Danish Forest and Landscape Research Institute, Denmark.



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



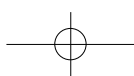
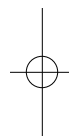
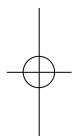
Capítulo 11.

Biocombustibles líquidos


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 11. Biocombustibles líquidos

Bernard Rice, Teagasc, Oakpark. El material utilizado en este capítulo se ha editado a partir del resumen SEI sobre biocombustibles líquidos (2003), con la autorización del SEI y de su autor el Sr. Bernard Rice. Se ha complementado por parte del Instituto Tipperary.

Índice

Capítulo 11. Biocombustibles líquidos	195
Objetivos	201
Definiciones y clasificación	201
La tecnología de los biocombustibles líquidos	202
Aceites vegetales / Grasas animales	202
Materias primas	204
Tecnologías	205
Bioetanol procedente de la remolacha, el cereal y los desechos alimentarios ...	207
Potencial nacional	210
Beneficios	210
Aceites vegetales y grasas animales como biocombustibles líquidos	210
Bioetanol a partir de la remolacha azucarera, los cereales y los desechos alim ..	212
Barreras para su adopción	213
Políticas y normativas relevantes	213
Directiva Europea sobre Biocombustibles (2003)	213
Exención del impuesto sobre carburantes para los biocombustibles	214
Ayudas Gubernamentales	215
Viabilidad financiera	215
Aceites vegetales / Grasas animales	215
Bioetanol obtenido a partir de remolacha, cereales o desechos de la industria maderera	216
Bibliografía	218

Listado de tablas

Tabla 11.1: Montante previsto de la 2ª Convocatoria de Exención de Impuestos sobre carburantes

Tabla 11.2: Coste total del aceite de colza. En una pequeña planta descentralizada en Irlanda (2002)

Tabla 11.3: Coste estimados de producción del etanol procedentes de materias primas convencionales y de lignocelulosas (Rice, 1996)

Listado de gráficos

Gráfico 11.1: Opciones para la utilización de aceites y grasas como combustibles

Gráfico 11.2: Esquema del proceso de producción del biodiesel

Gráfico 11.3. Diferentes aproximaciones a la utilización del bioetanol como combustible para el transporte

Gráfico 11.4. Diagrama de flujo de la producción de bioetanol a partir de biomasa

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

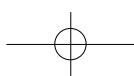
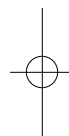
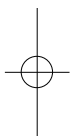
Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.



**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Una vez finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender las diferentes tecnologías disponibles para la producción de bio-fueles líquidos
- Conocer la producción existente en Irlanda y el potencial futuro
- Ser capaz de identificar los beneficios y las barreras para la producción de estos biocombustibles
- Conocer la legislación europea aplicable
- Comprender los factores clave a la hora de determinar la viabilidad financiera del proyecto

Definiciones y clasificación

Según la propuesta original de la Comisión Europea para una Directiva sobre biocombustibles, se identificaron tres categorías básicas de combustibles alternativos:

- Biocombustibles, esto es, combustibles obtenidos a partir de la biomasa o similares, que son apropiados para su uso en el transporte o en la calefacción.
- Gas natural, básicamente se utiliza a gran escala en vehículos adaptados
- Hidrógeno, siendo las tecnologías más utilizadas la del gas natural o electrolisis (que el hidrógeno sea o no una fuente de energía renovable depende de cómo se obtenga. La biomasa es una fuente potencial de hidrógeno y los desarrollos tecnológicos (gasificación térmica, etc.) serán determinantes para facilitar su explotación comercial.

Los biocombustibles se pueden considerar como potenciales sustitutos de los combustibles fósiles como el diesel o la gasolina. Se pueden dividir en categorías. Las dos principales son:

- Grasas animales / aceites vegetales que se pueden utilizar sin procesamiento adicional o se pueden transformar a biodiesel
- Bioetanol producido a partir de la fermentación de materia orgánica procedente de la remolacha azucarera, cereales, etc.

Los aceites vegetales incluyen también el aceite obtenido a partir de las oleaginosas (colza, camelina sativa, etc.). También incluyen aceites vegetales de desecho (o aceites vegetales reciclados) como el aceite de cocina de la industria de catering. Las grasas animales incluyen el sebo obtenido de la industria de subproductos animales.

Otros biocombustibles, que no van a ser tratados en esta sección, son entre otros:

- Biogás (compuesto principalmente de metano), que se produce en los vertederos o a partir de los digestores anaerobios, y que podría utilizarse en los vehículos de forma comprimida.
- Biometanol y dimetilato, que se producen a partir del metano de la biomasa, y que no son muy atractivos si se compara con otras alternativas.
- Bioaceites obtenidos a través de pirolisis de la biomasa: sigue investigándose, aunque su utilización comercial es todavía limitada

El aceite vegetal y la tecnología del bioetanol están ya desarrolladas y han obtenido aceptación comercial en muchos países.

La tecnología de los biocombustibles líquidos

Aceites vegetales / Grasas animales

Introducción:

Los aceites vegetales y las grasas animales pueden ser una fuente de alta calidad de combustible renovable para su utilización tanto en motores diesel como en calderas de calefacción central. Algunas de sus aplicaciones están ya muy desarrolladas; otras todavía siguen investigándose. El uso de estos combustibles puede contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, dado que se consideran neutrales en emisiones de CO₂. Se reconoce, no obstante, que existen emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a este tipo de gases, como resultado de la utilización de combustibles fósiles en su generación.

Estos combustibles no tienen sulfuros, lo que mejora las emisiones de humos, y son biodegradables, lo que reduce los riesgos de contaminación resultantes de posibles derrames. Podrían por lo tanto considerarse como buenos combustibles, cuyo uso podría redirigirse a

aplicaciones que pretenden respetar la salud y el medio ambiente. Quedan todavía asuntos pendientes en cuanto a la calidad y estabilidad de estos combustibles, por lo que se están desarrollando estándares de homologación a nivel europeo y nacional tanto para aceites, como para derivados de biodiesel, como, por último, para el aceite de colza.

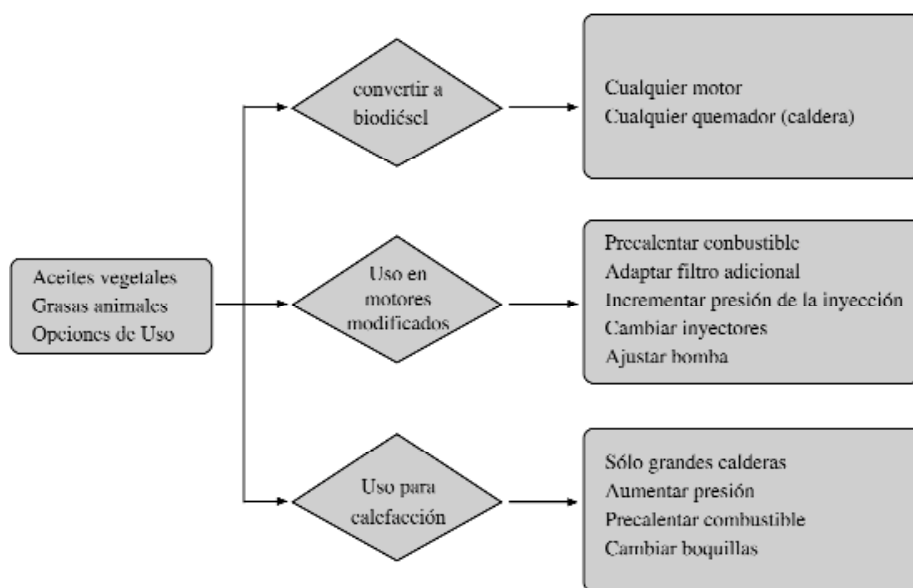


Gráfico 11.1. Opciones para la utilización de aceites y grasas como combustibles

Materias primas

Oleaginosas

En la actualidad el principal uso que se le da a los aceites vegetales en la UE es el de biodiesel. El aceite se produce a partir de oleaginosas, generalmente colza cosechada en el norte y girasol en el sur.

Los granjeros irlandeses pueden obtener buenos rendimientos de la colza. Muchos granjeros dedicados al cereal podrían producirla con la maquinaria de la que actualmente disponen, utilizándola como cultivo de descanso en el ciclo rotativo de los cereales. Se podrían plantar hasta 30.000 hectáreas sin afectar las prácticas actuales.

Las oleaginosas podrían ser también como subproducto una fuente de proteína libre de modificaciones genéticas, lo que es desde luego vendible dada su positiva imagen.

Aceite reciclado

Otra materia prima más barata podría ser el aceite reciclado, procedente de la industria del catering. Se recolectan unas 7.000 toneladas en Irlanda en la actualidad. Las empresas recolectoras indican que podrían producirse hasta 10.000 toneladas con un mejor servicio de recogida. La utilización de esta materia prima como fuente de alimentación del ganado ha quedado prohibida desde 1999. Investigaciones del Teagasc y experiencias prácticas llevadas a cabo en Austria demuestran que puede ser un buen biodiesel.

Grasas animales

El sebo de vaca procedente de la industria de subproductos animales, cuyo mercado como alimento animal ha quedado asimismo restringido, es otra posibilidad que podría explotarse. Alrededor de 3.000 toneladas al año se consumen en las calderas de la propia industria de subproductos. El total de producción en Irlanda se estima en alrededor de 60.000 toneladas al año, de los cuales dos tercios va a alimentación animal. El futuro a largo plazo del sebo como alimento animal ofrece serias dudas y sus usos alternativos se tienen que desarrollar. Su valía para la calefacción ha quedado demostrada, pero su aplicación como combustible

para el transporte o en una planta de ciclo combinado podría ofrecer valores añadidos más altos.

Tecnologías

Utilización en motores

Los aceites vegetales se pueden utilizar como combustible de motores de dos formas:

- Sin procesar, haciendo algunos cambios menores al motor: este uso es relativamente nuevo pero se está desarrollando rápidamente en Alemania. La transformación del motor consiste en la instalación de un sistema de precalentamiento del aceite, la instalación de filtros adicionales, el aumento de la presión de la inyección y el cambio de los inyectores (gráfico 11.1). El coste de la transformación del aceite y los costes iniciales en este tipo de industria son mínimos. Se puede comenzar a pequeña escala y expandirse con posterioridad.
- Convertido en biodiesel y utilizado en cualquier motor diesel sin necesidad de modificaciones. El gráfico 11.2 muestra esquemáticamente el procedimiento de producción del biodiesel.

En Francia el biodiesel se utiliza como ingrediente menor (5%) en mezcla con diesel mineral, que se vende directamente al consumidor. En Alemania y Austria se utiliza principalmente sin diluir. Una producción eficiente exige una planta de transformación a gran escala, y los aditivos incrementan alrededor de 0,05 - 0,1 €/l el coste final del combustible. El principal derivado del biodiesel es el glicerol. Los productores óleo-químicos de la UE están tomando conciencia sobre el efecto distorsionador que provoca el glicerol subsidiado en el mercado (APAG, 2002).

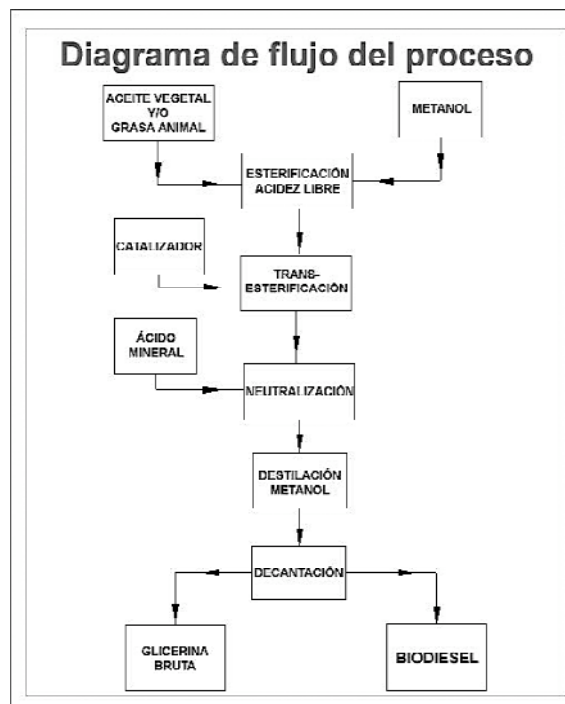


Gráfico 11.2. Esquema del proceso de producción del biodiesel

Utilización para la calefacción

La utilización de aceites vegetales y grasas animales para calefacción en grandes calderas es también viable. Sin embargo, la viabilidad económica depende del precio de la materia prima, que sea competitivo con el aceite mineral de alto grado. La utilización en calderas domésticas podría ser más ventajosa, pero la disponibilidad de pequeños quemadores a precios razonables es todavía una rémora.

Bioetanol procedente de la remolacha, el cereal y los desechos alimentarios**Introducción:**

El bioetanol se produce por fermentación de la sucrosa y de la glucosa, los azúcares más abundantes en las cosechas agrícolas. Se puede utilizar como combustible de motor, tal y como se ilustra en el gráfico 11.3.

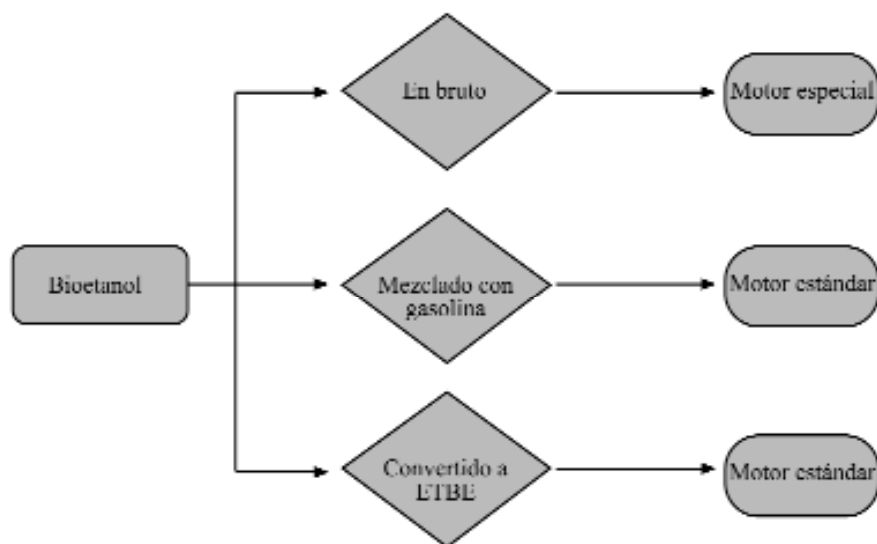


Gráfico 11.3. Diferentes aproximaciones a la utilización del bioetanol como combustible para el transporte

Aparte de su valor como un oxigenado cuando se mezcla con la gasolina, el bioetanol contribuye a la reducción de emisiones de CO₂. El Laboratorio Nacional de Energías Renovables estadounidense (NREL) estima un ahorro de entre 7 y 10 kg de CO₂ por galón de petróleo, esto es, entre 1,85 y 2,65 kg por litro.

Materias primas:

En la mayoría de las materias primas el proceso de fermentación debe venir precedido de la extracción y preparación de carbohidratos fermentables. A la fermentación siempre le sigue la recuperación del bioetanol mediante destilación, para lo que es necesario el calor.

Hasta la fecha las materias primas más utilizadas para la producción de etanol son el maíz (USA), la caña de azúcar (Brasil), la remolacha azucarera y el trigo (Francia). Materias primas de celulosa más baratas como la paja o la madera se podrían utilizar en el futuro cuando se desarrolle la tecnología adecuada. La producción de bioetanol a partir de la madera está siendo objeto de grandes esfuerzos de investigación en Europa y Norteamérica. En el contexto irlandés la hierba podría ser una posibilidad interesante, ya que es el cultivo predominante y su producción se adapta muy bien al clima.

El área de cultivo necesaria para producir la cantidad de bioetanol equivalente al 2% del consumo de Irlanda (53.000 toneladas al año) puede variar entre las 15.700 has. de remolacha y las 47.000 has. de cebada y posiblemente las 86.000 has. de hierba. Para la hierba existen dos posibles escenarios:

- Al principio sólo se transforman los carbohidratos hidrosolubles
- Posteriormente se puede utilizar también la celulosa

Los dos procesos alternativos son aplicables también a las astillas: uno en el que se asume la utilización de la celulosa; otro en que se transforman tanto la celulosa como la xylosa.

Tecnologías

La mayor parte del bioetanol comercial se produce por fermentación de la sucrosa y de la glucosa (obtenida a partir del almidón). Se produce también bioetanol a partir de la fermentación de la lactosa. La fermentación de la malta es la fuente de bioetanol en la cerveza y otras bebidas, pero raramente se utiliza para la producción industrial de bioetanol. Se presenta a continuación un esquema del flujo de producción del bioetanol.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

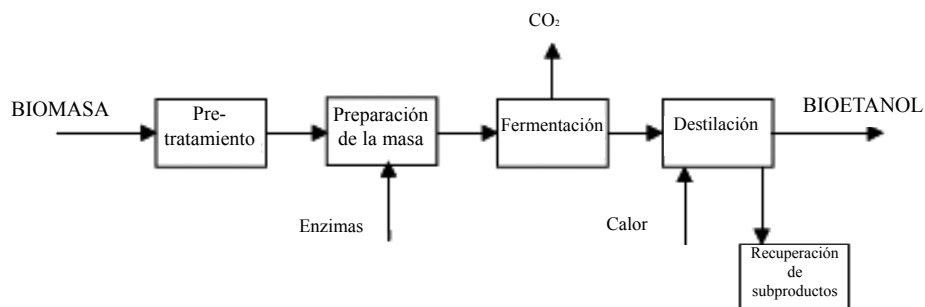


Gráfico 11.4. Diagrama de flujo de la producción de bioetanol a partir de biomasa

La tecnología para la producción de bioetanol industrial ha mejorado considerablemente durante los últimos veinte años. Sin embargo los principios subyacentes son los mismos:

- Extracción del carbohidrato fermentable a partir de la materia prima (hidrólisis si se trata de un polisacárido como el almidón o la inulina), seguido de:
- Fermentación y recuperación del etanol mediante un proceso de destilación en tres fases

La fermentación y la recuperación del bioetanol es igual para todas las materias primas. Los procesos específicos difieren en el pretratamiento (extracción y preparación) de los carbohidratos fermentables. Por ejemplo, la sucrosa en melaza se puede fermentar directamente, la sucrosa de la remolacha se tiene que extraer, mientras que las materias primas con polisacáridos necesitan una fase de pretratamiento e hidrólisis antes de que se pueda producir la fermentación.

Existen tres modos para utilizar el bioetanol como combustible (ver gráfico 11.3):

- 1 En bruto, para lo cual se requerirían motores especiales. Esta aproximación no es muy atractiva en Irlanda porque habría que cambiar tanto los motores como la red de distribución.
- 2 Las mezclas de bioetanol con gasolina se pueden utilizar en motores de ignición sin modificar, hasta un 20% de etanol. Una directiva de la UE autoriza el uso de hasta el 5% de etanol, en mezcla con la gasolina (Comisión de las Comunidades Europeas, 1985). Esta solución se utiliza en USA, donde el E10 es común (El E10 es una mezcla al 10% de bioetanol; en tanto que el E20 es

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

al 20%). Sin embargo en Europa no se ha favorecido su uso. Las mezclas tienen una mayor presión y esto produce problemas a la hora de almacenar y manejar el combustible.

- 3 Se pueden también utilizar en motores normales mezclas de la gasolina con el derivado del etanol etilotertibutiloetano, producido a partir de la reacción de 45% de bioetanol con 55% de isobutileno. Ésta ha sido la aproximación más utilizada en la UE. Para ello se requerirían la construcción de plantas adicionales.

Potencial nacional

Irlanda consume alrededor de 1,8 millones de toneladas de diesel como combustible para el transporte. Para sustituir el 2%, que es el objetivo previsto para el 2005 por la Directiva de la UE, habría que producir alrededor de 44.100 toneladas de biocombustible. Una manera de poderlo conseguir sería a través de:

- 7.000 toneladas de RVO (todo el material que se recoge en la actualidad) convertido a biodiesel o utilizado en motores modificados
- 25.000 toneladas de aceite de colza (procedentes de 20.000 hectáreas, con unas previsiones optimistas de productividad)
- 12.000 toneladas de sebo convertido en biodiesel

Para alcanzar los objetivos previstos para el 2010 (5,75%), los cultivos para biocombustible tendrían que producirse en tierras que ya se utilizan. Con los precios actuales del aceite vegetal utilizado en las comidas esto exigiría un subsidio, además de la eliminación de impuestos. Sin embargo, los avances que se están produciendo en estos cultivos podrían mitigar la disparidad de costes.

Beneficios

Aceites vegetales y grasas animales como biocombustibles líquidos

Los beneficios del desarrollo de los aceites vegetales y de las grasas animales como combustible para motores o calefacción son:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Implicaciones ecológicas: Los Análisis del Ciclo Vital indican que el biodiesel ofrece ventajas ecológicas sobre el combustible fósil (Franke, 1998).

- Reducción en la emisión de CO₂: no existe acuerdo sobre cuál es el nivel de la reducción en las emisiones de CO₂. Por ejemplo el informe de Schamer & Goose (1996) lo cifra en alrededor de 3,25 kg de CO₂ por litro de combustible fósil reemplazado, mientras que las estimaciones del informe DEFRA (2003) ofrecen una cantidad más modesta (1,84 kg de CO₂ por litro). Estas variaciones pueden explicarse por el grado en que los subproductos y sus emisiones se han incluido o no en los cálculos. Basándose en el análisis CONCAWE de toda la literatura al respecto (2002), se estima que la utilización de 20.000 hectáreas de tierra no productiva en la actualidad (con una producción de 1,3 toneladas de biodiesel por hectárea), el aceite de desecho disponible y la grasa podrían producir entorno a 44.000 toneladas de biodiesel. Esto equivale al 2% del consumo de combustible para el transporte. La reducción en las emisiones de CO₂ que conllevaría (utilizando las estimaciones del informe DEFRA) serían de alrededor de 97.000 toneladas.
- Otras emisiones: Las mejoras más significativas se producirían en la reducción de las emisiones de partículas, humo, monóxido de carbono (CO), así como de hidrocarburos no quemados. Los niveles de óxidos de nitrógeno (NO₂), sin embargo, no se reducirían (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, 2002 ECOTEC, 1999).
- Protección del agua: el aceite vegetal no es tóxico y es biodegradable. En el caso de que un vertido alcanzara algún acuífero, el efecto sobre la vida acuática sería muy limitado en comparación con el de un combustible fósil.
- Empleo: estudios franceses revelan que el total del empleo que podría generar esta industria sería de alrededor de un puesto de trabajo por cada 100 toneladas producidas (Vermeersch, 1994).

Bioetanol a partir de la remolacha azucarera, los cereales y los desechos alimentarios

La contribución de la industria del bioetanol a la reducción de las emisiones de CO₂ depende de la materia prima que se elija y de la eficiencia en su transformación. Bignon (1996) cifra los ratios (ratio entre la cantidad de energía producida para la producción de etanol y la producida para conseguir la materia prima y para transformarla) es de 1,18 para el etanol y de 0,93 para el ETBE. Se debería de comparar esta última cifra con la el METBE, que es de 0,73. Como ya se ha mencionado, el NREL sugiere asimismo una reducción en las emisiones de CO₂ de entre 1,85 y 2,65 kg por litro de combustible fósil reemplazado.

El balance energético del bioetanol es por lo tanto controvertido, ya que algunos estudios (los más antiguos) sugieren que se necesita más energía para producir el bioetanol de la que éste netamente produce. Los cálculos del balance energético neto son complejos y la utilización eficiente o no de los derivados como combustible en la transformación o la grasa animal determinan generalmente si el balance energético neto es positivo (Henke, 2003; Shapouri, 2002), si bien la Directiva europea sobre el fomento en el uso de biocombustibles no trata este aspecto. La utilización de los derivados es también crucial para determinar la viabilidad comercial.

La producción moderna de bioetanol ofrece balances más positivos que la que se realizaba con anterioridad. Mientras que algunos estudios son escépticos sobre los beneficios obtenidos, otros creen que existen beneficios significativos, tanto medioambientales, como sociales y económicos, derivados de la producción y la utilización del bioetanol (Urbanchuk, 2001).

Otras de las ventajas del bioetanol como aditivo a la gasolina incluirían:

- Su efecto oxigenador, que contribuye a la reducción de las emisiones de monóxido de carbono (CO) en las emisiones de los vehículos y en su potencial para la contribución a la formación de ozono a nivel de tierra;
- Contribuye al aumento del octanaje;
- No contiene sulfuro;
- Reduce la proporción de hidrocarburos no quemados en las emisiones.

Barreras para su adopción

Las barreras para su adopción son entre otras:

- Beneficio – las recientes iniciativas del Departamento de Finanzas Irlandés para eximir de impuestos a los biocombustibles líquidos ha favorecido en gran medida el desarrollo del sector. Sin embargo aquéllos que no han llegado a obtener la exención tendrán que realizar grandes esfuerzos para conseguir dar beneficios.
- Con la tecnología actual los biocombustibles líquidos sólo pueden producirse a partir de las cosechas anuales.
- La disponibilidad de tierra arable es limitada, al menos en Irlanda.
- Las oleaginosas necesitan un periodo de rotación de alrededor de cuatro años, lo que limita aún más su potencial.
- La red de distribución de los biocombustibles líquidos es aún muy limitada en Irlanda en la actualidad.

Políticas y normativas relevantes

Directiva Europea sobre Biocombustibles (2003)

La Directiva se ha diseñado para contribuir a la reducción de la dependencia de la UE de las importaciones de combustibles para el transporte, para contribuir asimismo al logro del objetivo marcado en Kioto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y para lograr por último sustituir alrededor del 20% de los combustibles tradicionales con combustibles alternativos en el 2020. La Directiva exige asimismo que la participación de biocombustibles en el combustible utilizado para el transporte sea del 2% en el 2005 y del 5,75% en el 2010.

Exención del impuesto sobre carburantes para los biocombustibles

En el año 2004 el Departamento de Finanzas irlandés lanzó el “Programa Piloto para la exención de impuestos a los Biocarburantes”. Bajo este paraguas se concedió esta exención a proyectos de biocombustibles en varias categorías:

Aceites 6 millones de litros

Biodiesel 1 millón de litros

Bioetanol 1 millón de litros

La exención del impuesto se otorgó mediante un proceso competitivo en el que los solicitantes remitieron sus proyectos, que fueron posteriormente baremados y sometidos a consideración. Como se observa las exenciones se concedieron básicamente a proyectos de aceites.

La convocatoria piloto fue seguida de una segunda, encuadrada dentro de los presupuestos del 2005. Se trata también de un proceso competitivo, en el que los solicitantes deberán remitir sus propuestas antes de final de agosto del 2006. El objetivo de la convocatoria es del lograr que el 2% del mercado sea abastecido por los biocarburantes en el 2008. El nivel de exención será de 20 M€ en el 2006, se incrementará a 35 M€ en el 2007 y a 50 M€ en los tres años siguientes. Se espera que esta exención contribuya a favorecer la producción de este tipo de combustibles en Irlanda, que se estima puede alcanzar los 163 millones de litros al año. Esto es 20 veces el nivel actual de biocarburantes que gozan de la exención. Los volúmenes previstos en cada una de las categorías son:

Año	Biodiesel / otros biocarburantes mezclados con diesel en cumplimiento de la normativa EN590	Bioetanol mezcla del 5 al 85%	PPO mezcla 100%	Biocombustibles utilizados en flotas de captura	Total
Litros	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
2006	11m	11m		9m	64m
2007	40m	40m	3m	12m	112m
2008	85m	85m	6m	12m	163m
2009	85m	85m	6m	12m	163m
2010	85m	85m	6m	12m	163m

Tabla 11.1. Montante previsto de la 2ª Convocatoria de Exención de Impuestos sobre carburantes

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Ayudas Gubernamentales

Las ayudas gubernamentales se centran especialmente en la exención de impuestos. Se han recibido ayudas por parte de algunos promotores procedentes de la Iniciativa Leader. La investigación se está llevando a cabo por parte de las universidades y el propio ministerio, que ha estado investigando activamente durante bastantes años.

Viabilidad financiera

Aceites vegetales / Grasas animales

Rice (2002) ha estimado el coste total por litro de colza producido en una pequeña planta transformadora, a partir de precios de la semilla de o bien 150 o bien 180€ por tonelada.

El coste neto del aceite se muestra en la tabla 11.2.

En su análisis para el caso de la utilización de aceite no procesado (aceite vegetal no transformado en biodiesel) en motores modificados, para recuperar el coste de la modificación el aceite debería estar a un precio de alrededor de 0,1 €/l más barato que el diesel normal. Además, para que se redujera el consumo el aceite no procesado debería de estar otros 0,06 €/l más barato.

En forma de biodiesel, habiendo añadido un coste de producción de 0,1 €/l y una reducción en el consumo de 0,05 €/l, el coste total sería similar al del aceite en bruto. El precio del diesel fósil equivalente debería de estar por lo tanto al menos a 0,52 €/l, exento de impuestos, para que cualquiera de las dos formas de biodiesel fuera competitiva.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Coste de Producción y Extracción de Aceite de Colza		Opción 1	Opción 2
Semilla	€/ l	150,00 €	180,00 €
Transporte semilla	€/ l	5,00 €	5,00 €
Secado y almacenamiento semilla	€/ t	10,00 €	10,00 €
Subtotal	€/ t	165,00 €	195,00 €
Pérdidas de secado	%	6%	6%
Coste de la semilla en el molino, con la pérdida	€/ l	175,53 €	207,45 €
Coste de prensado de la semilla	€/ l	36,00 €	36,00 €
Coste de la semilla prensada	€/ t	211,53 €	243,45 €
Rendimiento en aceite	%	32%	32%
Coste total del aceite en bruto, basado en el rendimiento	€/ l	661,04 €	760,77 €
Ingreso de la pasta de aceite			
Rendimiento de la pasta	%	63%	63%
Precio de la pasta	€/ t	130,00 €	130,00 €
Transporte de la pasta	€/ l	4,00 €	4,00 €
Valor neto de la pasta	€/ l	126,00 €	126,00 €
Ingreso de la pasta por tonelada de aceite producida	€/ t	248,06 €	248,06 €
Coste neto del aceite (coste bruto del aceite menos ingreso de la pasta)	€/ t	412,97 €	512,71 €
Coste neto del aceite	€/ t	0,35 €	0,44 €

Tabla 11.2. Coste total del aceite de colza

En una pequeña planta descentralizada en Irlanda (2002)

Con el RVO y el sebo, el precio de la materia prima es considerablemente menor (entre 0,2 y 0,3 €/l. Esto reduciría el precio de carburante fósil equivalente hasta 0,35 € - 0,45 € / litro.

El precio actual del carburante fósil antes de distribución e impuestos fluctúa entre 0,3 y 0,4 €/l. Se necesitaría por lo tanto una exención parcial, al menos durante un periodo inicial, para que tanto los carburantes obtenidos a partir de aceites y grasas minerales fueran competitivos.

Bioetanol obtenido a partir de remolacha, cereales o desechos de la industria maderera

Los costes totales de producción se han estimado para el bioetanol obtenido a partir de la linocelulosa (tabla 11.3 de Rice actualizada, 1996). Dado que no existen todavía plantas comerciales de linocelulosa, las estimaciones sobre los costes son meras especulaciones.

La tabla 11.3 muestra unos rangos de costes de producción de entre 0,47 y 0,73 €/l, dependiendo de las materias primas, su precio y su proceso de transformación. Sin embargo estudios más recientes indican costes más bajos para el bioetanol producido a partir de la remo-

lacha en comparación con el obtenido a partir del trigo (CONCAWE, 2002; Henke, 2003).

El valor calorífico del etanol es de dos terceras partes el de la gasolina. Teniendo en cuenta que el precio actual de la gasolina es de 0,4 €/l antes de distribución e impuestos, el precio del bioetanol del anterior no podría exceder de los 0,26 €/l, para que fuera un buen sustitutivo. Su valor sobre la base del precio del MTBE (metiltertibutiletilo) fósil también tendría que ser bajo. Visto de este modo, la actual exención de 0,4 €/l tendría que ser remitida para permitir que incluso en los más bajos escenarios de costes el etanol fuera competitivo. Sin embargo el MTBE se ha asociado con la contaminación del agua en algunos estados de USA y está en fase de prohibición en California. Esto favorecería el etanol y los ETBE (etiltertibutiletilo) como combustibles oxigenados libres de los problemas medioambientales, pudiendo resultar en un incremento de su precio.

Matérias primas	Derivados	Procesamiento	Transporte	Total
Costo (céntimos/litro)				
Remolacha	24	24	5	53
Trigo	22	29	1	52
Cebada	22	29	1	51
Hierba	18-24	25-32	7-17	50-73
Paja	20	36	5	61
Astillas	10-14	36	1-2	47-52

Tabla 11.3. Coste estimados de producción del etanol procedentes de materias primas convencionales y de lignocelulosas (Rice, 1996)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Bibliografía

APAG (European Oleochemicals & Allied Products Group), (2002). Position Paper on Commission Proposal 2001/0265 and 2001/0266 to promote the use of biofuels. PAGA, Avenue E. Van Nieuwenhuyse 4, B-1160 Brussels.

Commission of the European Communities, (1985). Directive 85/536/EEC. Official Journal of European Communities, Dec. 12, p. 20-22.

Commission of the European Communities, (1997). Energy for the future: renewable sources of energy - White Paper for a Community Strategy and Action Plan. COM(97)599 final (26/11/1997), European Commission.

Commission of the European Communities, (2001). Green Paper: Towards a European Strategy for the security of energy supply, European Commission.

Commission of the European Communities, (2003). Liquid biofuels network. Activity Report. ALTENER Programme, Contract no. 4.1030/S/01-1000/2001. Co-ordinator ADEME, 27 rue Louis Vicat-75737 Paris Cedex 15.

CONCAWE, (2002). Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - an update. Prepared by the CONCAWE ad-hoc group on alternative biofuels, Brussels, April 2002. www.concawe.be/download/reports/rpt_02-2.pdf.

Council of the European Communities, (1992). Council Directive 92/81/EEC of 19 October 1992 on the harmonization of the structures of excise duties on mineral oils.



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



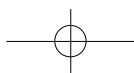
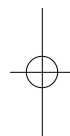
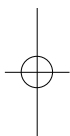
Capítulo 12.

Planificación y financiación de la empresa


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 12. Planificación y financiación de la empresa

Seamus Hoyne, Una Johnston, Instituto Tipperary

(Algunas de los apartados se han redactado a partir de los originales de Carolina O'Reilly, del Instituto Tecnológico de Cork)

Índice

Capítulo 12. Planificación y financiación de la empresa	219
Objetivos	225
La Estructura y composición de un plan de negocio	225
Definición de un plan de negocio	225
El plan de negocio – información necesaria	227
El plan de negocio – esbozo de los contenidos	227
Introducción	228
Presentación	228
Investigación de mercado	228
Propiedad, gestión y empleo	229
Descripción del proyecto	229
Plan operativo	229
El plan de comercialización	230
El plan organizativo	230
Financiación	230
Plan financiero	230
Evaluación del riesgo	231
Anexos	231
Otros posibles apartados	231
Revisión final	231
Financiación del proyecto	231
Introducción	232
Ingresos y Gastos	232
Costes anuales	233
Determinación de los ahorros o ingresos	234
Flujo de caja	235
Herramientas de análisis financiero	235
Periodo de amortización	236
Valor actuarial neto	236
Tasa interna de retorno	237
Fuentes y herramientas informativas	238
Bibliografía	238

Listado de tablas

Tabla 12.1: Cálculo del pago de la deuda

Tabla 12.2: Cálculo del flujo de caja

Tabla 12.3: Cálculo del periodo de amortización

Listado de ecuaciones

Ecuación 12. 1: Cálculo del pago de la deuda

Ecuación 12.2: Cálculo del periodo de amortización

Ecuación 12.3: Cálculo del tipo de interés real

Ecuación 12.4: Cálculo del VAN

Ecuación 12.5: Cálculo del TIR

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

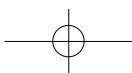
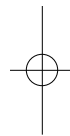
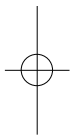
Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.



Objetivos

Una vez finalizado este capítulo debería de:

- Comprender la estructura y composición de un plan de negocios
- Conocer los principios de financiación del proyecto
- Conocer las fuentes de los fondos y la preparación de los presupuestos

La Estructura y composición de un plan de negocio

Definición de un plan de negocio

“Ten siempre presente lo siguiente: de dónde vienes, a dónde vas y a quién tienes que rendir cuentas” Benjamín Franklin

Un plan de negocio es un documento escrito, preparado por el promotor, que describe todos los elementos, internos y externos, necesarios para emprender una nueva empresa. El plan de empresa es como un mapa de carreteras en el que se fijan las decisiones a corto y a largo plazo. A la hora de determinarlo el promotor debe saber qué montante será el necesario, proveniente tanto de fuentes existentes como nuevas. Hay que tener siempre en cuenta que un plan empresarial cuenta una historia a los lectores sin que usted esté presente.

La planificación de una empresa es importante tanto si fabrica productos como si presta servicios en el ámbito de las tecnologías renovables. Los lectores potenciales de un plan de empresa de energías renovables pueden ser bancos (financiación), planificadores (emplazamiento), las compañías eléctricas (clientes), inversores (posibles socios empresariales), consultores (sugerencias sobre su desarrollo) o administración (ayudas).

Dependiendo de quién piense que va a leer su plan, determinará el enfoque y los contenidos. Debe considerar en todo caso tres enfoques: la perspectiva de marketing visualiza su plan de empresa desde la perspectiva del posible cliente, el inversor busca fuentes de financiación fiables y el suministrador persigue la fiabilidad y éxito del negocio.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El emprendedor debe ser el encargado de redactar el plan empresarial. Los consultores pueden asistirle técnicamente a la hora de preparar informes pero es responsabilidad del fundador el redactar el documento. Un buen plan empresarial define un cuadro claro de la personalidad y calidad del emprendedor. El plan debe de ser práctico, honesto, consistente, completo y realista, y debe de estar basado en investigaciones y hechos contrastados.

Los inversores esencialmente están interesados en la capacidad que el proyecto tiene de devolver el pago de la deuda y se fijarán en las cuatro “C” de crédito:

- El historial previo del emprendedor (Carácter)
- La capacidad del proyecto de devolver el principal y los intereses (flujo de Caja)
- El haber asegurado los bienes tangibles (Colateral)
- El montante que el propio promotor va a invertir en el proyecto (Contribución de capital)

El proceso de redacción de un plan de negocio exige que el promotor tome una posición objetiva y que sea capaz de ponerse en situación en los diferentes escenarios, previendo los posibles obstáculos para que el proyecto tenga éxito. El proceso permite al emprendedor definir estrategias para evitarlos o para, en su caso, no llevar el proyecto a cabo cuando aún se está a tiempo, si la situación no ofrece alternativas. Antes de comprometerse a dedicar esfuerzo y tiempo en preparar un plan empresarial el emprendedor debería de realizar un estudio de viabilidad de la idea empresarial. En este estadio debería de poder responder a lo siguiente:

- ¿Existen clientes?, ¿cuántos hay y en dónde están?
- ¿Cuáles son sus necesidades?
- ¿Existen obstáculos para el éxito del proyecto?
- ¿Quiénes son nuestros competidores?
- ¿El producto se puede producir, financiar y comercializar?
- ¿Están claramente definidos los objetivos del proyecto empresarial?

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Este proceso de autoevaluación permitirá al promotor realizar estudios de mercado que testearán su idea y evaluarán las tendencias futuras. El enfoque es esencial - ¿en dónde estamos ahora?, ¿a dónde queremos llegar?, ¿cómo y cuándo llegaremos? El plan empresarial ayuda a definir el “cómo”, que a su vez clarificará los objetivos y establecerá las medidas cuya consecución habrá que valorar posteriormente.

El plan de negocio – información necesaria

El plan empresarial se puede dividir en cuatro partes:

- Objetivos y fines de la empresa
- Información sobre el mercado, que debe incluir el mercado objetivo
- Información sobre el proceso productivo, materias primas, costes laborales, gastos generales, etc.
- Información financiera, que incluirá la cuenta provisional de pérdidas y ganancias, balances de situación y flujos de caja durante al menos tres años

Utilizar Internet puede ser provechoso como fuente de información para el nuevo proyecto. Los sitios web ofrecen información sobre oportunidades de negocio, así como sobre cómo iniciar y financiar su aventura empresarial.

El plan de negocio – esbozo de los contenidos

Un plan de empresa debe de ser lo suficientemente inteligible como para que el potencial inversor pueda comprender apropiadamente el negocio que se le ofrece. Un plan empresarial sobre energías renovables debe comprender todos los apartados que a continuación se citan. El orden está sujeto a variación, debido a la importancia relativa de alguna sección en particular en el concepto global de la empresa.

- Introducción
- Presentación
- Investigación de mercado
- Propiedad, Gestión y Empleo

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- Descripción del proyecto
- Plan operativo
- Plan de comercialización
- Plan organizativo
- Plan Financiero
- Evaluación del riesgo
- Impacto medioambiental
- Planificación
- Resultados energéticos
- Anexos
- Proyecciones detalladas

Introducción

La página de introducción contiene una breve descripción de los contenidos del plan empresarial. Debería de incluir también el nombre y dirección de la empresa; el nombre, dirección y número de teléfono del promotor; un párrafo describiendo la empresa y la naturaleza del negocio; y una declaración de confidencialidad del informe. Por último debería de contener asimismo una explicación sobre la idea que el promotor intenta desarrollar y transmitir.

Presentación

Se debería de redactar al final. En esta sección de 3 ó máximo 4 páginas se deben de exponer los aspectos claves del plan. En todo caso se debería de incluir lo siguiente: una breve descripción de la idea empresarial, datos que apoyen la oportunidad del negocio, cómo se va a aprovechar dicha oportunidad y los resultados financieros clave que se pretenden alcanzar. Es imprescindible tener en cuenta quiénes serán los potenciales lectores y por lo tanto lo que es relevante para ellos.

Investigación de mercado

Se debe de realizar un análisis sectorial y del entorno para identificar las tendencias y los cambios acontecidos a nivel nacional e internacional que puedan afectar el proyecto.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Ejemplos de dichos factores podrían ser la política, la economía, la cultura, la tecnología y la normativa legal. Otros factores del entorno podrían ser la competencia, las necesidades del mercado o las tendencias del mismo.

La última parte de esta sección debería de enfocarse sobre el mercado específico e identificar lo siguiente: ¿quién es el potencial cliente y por qué comprará el producto?, ¿cómo está segmentado el mercado y cuál es nuestro mercado objetivo?, ¿cuál es la estimación de la clientela y cuánto están dispuestos a pagar?, ¿qué relaciones existen con potenciales clientes?

Propiedad, gestión y empleo

En esta sección se debería de facilitar información sobre los socios fundadores de la empresa y el equipo gestor. Se debe de incluir su formación académica, experiencia empresarial y otro tipo de experiencia. Se trata de identificar a grandes rasgos su ocupación. El currículo se debe de incluir en los apéndices.

Descripción del proyecto

Debería de describirse detalladamente la empresa. Hay que incluir objetivos, plan organizativo; información detallada sobre el producto o servicio; un plan detallado de desarrollo; detalles de clientes y competidores; emplazamientos alternativos (incluir mapas) y cualquier detalle legal que afecte al emplazamiento.

Plan operativo

En esta sección se debe de describir el proceso de fabricación, indicando si éste va a ser subcontratado o no. El plan debería asimismo describir la planta, la maquinaria y el equipamiento necesarios. Un ejemplo, el de producción de pelets, podría incluir lo siguiente: equipamiento; nuevas necesidades de capital; incremento de capacidad necesario; niveles de eficiencia; personal (tipología y número); necesidades formativas; calidad; materias primas y proceso de fabricación.

Desde la perspectiva de un proyecto de energías renovables, esta sección debería también de incluir el tipo de energía que se va a producir. Podría incluir por ejemplo planes para el almacenamiento de la energía sobrante cuando la oferta exceda de la demanda. Podría indicar la potencia y por ejemplo si se trata de energía eléctrica garantizada (procedente de minicen-

trales) o intermitente (eólica, solar). Podría indicar también la potencia y demanda máximas. Podría asimismo indicar el volumen de energía anual que se va a generar.

El plan de comercialización

En esta sección se debe de ofrecer un estado actual del mercado, el share previsto y los mercados objetivo. Deben de identificarse los competidores y nuestras ventajas competitivas. Se debe asimismo de elaborar una estrategia de mercado y de distribución del producto. La comercialización implica tomar decisiones sobre temas tan importantes como la marca, el ciclo de vida del producto, el empaquetamiento, el precio, los servicios a clientes, la distribución, potencial de exportación, promoción, ventas, etc. Todo ello exige un buen conocimiento del mercado. Todos estos puntos son muy importantes para un proyecto de biocombustible pero no lo es tanto para un parque eólico.

El plan organizativo

En esta sección se ha de definir la forma en que se pone en marcha el proyecto y si se trata de una sociedad limitada, de un partenariado, de un solo promotor, etc. Se ha de incluir un cuadro en el que se indique el orden jerárquico. Esto deja claro cuál es el inversor o inversores que controlan el proyecto y cómo son las relaciones entre ellos. Se deben de detallar las características de todos los socios que ponen en marcha la empresa.

Si la empresa es una cooperativa o una sociedad limitada se deben de incluir los Estatutos. Si se trata de un partenariado se debe de incluir el acuerdo de asociación. Si se trata de un solo promotor se deben de incluir los registros del nombre.

Financiación

La sabiduría popular dice que hay tres ocasiones en tu vida en las que necesitas dinero: al comienzo, cuando necesitas dinero para expandirte y entre uno y otro momento. La financiación al inicio será una combinación entre equidad y débito. Las fuentes de financiación son o bien propias o bien ajenas.

Plan financiero

En esta sección se detalla la proyección económica del proyecto. La misión del plan financiero es la de permitir que el lector tenga una visión global del potencial financiero, de la estructura financiera propuesta y de las exigencias financieras del proyecto. Debería también facilitar una extrapolación lo más fiable posible de la gestión financiera del día a día. Se trata

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

de una parte esencial de un plan de negocio. Debe de contener una proyección de ingresos, un análisis del punto de equilibrio, la cuenta de pérdidas y ganancias, un balance de situación estimado y una previsión de los flujos de caja. Hay que dejar claro cuáles son las variables que se fijan para hacer las estimaciones; también cuáles van a ser las fuentes de financiación. Diríjase a la sección de financiación del proyecto para mayor detalle sobre las herramientas de evaluación financiera.

Evaluación del riesgo

En este apartado se describen las áreas que pueden poner en peligro la ejecución del proyecto. Han de ser identificadas mediante un análisis de riesgos. Los mayores riesgos provienen de la reacción de la competencia; de nuevas entradas al mercado; de debilidades internas en nuestros planes de comercialización, gestión, producción o financiación y nuevas ventajas resultantes de la obsolescencia de nuestro producto o servicio. En este apartado se han de evaluar aquéllas de las descritas que tienen un impacto en la fase de inicio de nuestro proyecto. Si se considera que no existe riesgo en alguno de los descritos se debe de explicar por qué se considera así. Se deben incluir asimismo planes de contingencia y una estrategia para todos los casos citados. Debe de quedar de manifiesto en este plan que el promotor es sensible a cambios internos y externos y que, en definitiva, está preparado.

Anexos

Se debe de adjuntar aquí todo el material de apoyo que no se haya incluido en la propuesta. Como posibles documentos se pueden citar: cartas de clientes, distribuidores o subcontratistas; datos de investigación primarios o secundarios; contratos, listados de precios de suministradores y competidores, etc.

Otros posibles apartados

Un plan de energías renovables podría incluir también apartados en relación con el impacto medioambiental, la planificación, los resultados energéticos, las consultas, etc.

Revisión final

Corrija posibles errores ortográficos, gramaticales, de numeración de páginas y de apartados, de notas al pie, de estructura, de duración, de formato, etc.

Una falta de planificación adecuada es uno de los factores clave que determinan el fracaso de una iniciativa empresarial. La falta de planificación puede provenir de: puede que los

objetivos no sean razonables o no mesurables; nunca hubo un verdadero compromiso con el proyecto; el promotor carece de suficiente experiencia o conocimientos; nunca se determinó el cliente potencial: el promotor no ha identificado los posibles riesgos o debilidades de su proyecto empresarial.

Financiación del proyecto

“Es de inteligentes el mirar hacia delante, pero no es tan sencillo ver más allá de lo que se puede mirar” Sir Winston Churchill

Introducción

La evaluación financiera de un proyecto de negocio es una habilidad importante que hay que desarrollar. Cuanto más detallada es más posibilidades tendrá de convencer a un prestatario o a un socio potencial para que se implique económicamente en su proyecto. Para la realización de un estado de flujo de caja debe recolectar información sobre los costes iniciales, incluyendo el capital, los costes anuales, el montante de los préstamos, los costes periódicos, ingresos y fuentes de financiación. La realización de un estado de flujo de caja lo más fiable posible es vital para el cálculo de las herramientas de evaluación financiera: plazo de retorno, tasa interna de retorno (TIR) y valor actuarial neto (VAN).

RETscreen International pone a disposición del usuario con carácter gratuito herramientas de análisis de proyectos de energías renovables. Ha desarrollado un software de apoyo único, gracias a la ayuda de numerosos expertos procedentes del sector público, de la industria y de la universidad (Recursos Naturales Canadá 2006). Se utilizará el caso de estudio RETScreen (BIOH01-B) del proyecto de Calefacción por Biomasa de las dos escuelas en Herefordshire (UK) para ilustrar algunos de los costes.

Ingresos y Gastos

Costes iniciales y de capitalización incluyendo lo siguientes:

- Estudios de viabilidad
- Costes de desarrollo (p.ej. compra de los derechos de enganche y planificación de los permisos exigibles)
- Costes de ingeniería (p. ej. Diseño)

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- Contribuciones al proyecto
- Equipamiento
- Obra civil
- Otros (incluye las contingencias)

En la mayoría de los sistemas de energías renovables los costes de capital son bastante altos y por lo tanto el componente más importante para realizar los cálculos. En el caso del estudio de RETScreen, los costes iniciales y de capital ascienden a 185.480€.

Costes anuales

Los costes anuales se pueden dividir en costes operativos y de mantenimiento, costes de suministros y pagos de la deuda. Los primeros incluyen el arrendamiento de la tierra, los seguros, los costes operativos, el mantenimiento (equipos y costes laborales), los impuestos locales y los costes administrativos. Los costes operativos de mantenimiento se detallan durante toda la vida del proyecto. En este caso, se estima ésta en 25 años y los costes anuales en 3.960€ anuales.

Los costes de suministros pueden en algunos casos ser bastante significativos. En los proyectos bioenergéticos, el coste del combustible puede ser un componente importante en los costes anuales (p.ej. compra de los troncos de madera) y también es posible que una planta de bioenergía tenga una demanda bastante alta de electricidad (p.ej. para que funcionen los sistemas de bombeo). En el ejemplo de RETScreen los suministros ascienden a 26.028€ anuales.

Los pagos de la deuda serán reflejo de la decisión tomada en su momento sobre qué proporción de los costes iniciales ha sido suscrita mediante financiación propia y cuál mediante financiación ajena. Además de esto dependerán del tipo de interés y del plazo acordado para la devolución. En el proyecto de calefacción por biomasa del RETScreen la financiación propia es del 20% y la ajena del 80%, el plazo de diez años y el tipo de interés del 8% (tabla 12.1).

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Costes iniciales

Costes iniciales	185.480 €
Ratio de equidad (20%)	37.096 €
Ratio de endeudamiento (80%)	148.384 €
Plazo de devolución	10 años
Tipo de interés	8%

Tabla 12.1. Cálculo del pago de la deuda

La función PAGO de Microsoft Excel calcula el pago de un préstamo basado en cuotas y tipo de interés constantes. Se asume que los pagos se realizan anualmente, al final de año y que no incluyen gastos bancarios. La siguiente fórmula (ecuación 1) devuelve el pago anual para un préstamo de 148.384€ a un tipo de interés anual del 8% pagadero en diez años.

$$=PAGO(0,08;10;148384) = -22.114€$$

Ecuación 12.1. Cálculo del pago de la deuda

Los costes periódicos son aquéllos que se repiten en el tiempo, por ejemplo el coste de las briquetas en un sistema de calefacción de madera. En el ejemplo de RETScreen, el aislamiento refractario cuesta alrededor de 3.000 € y se tiene que realizar cada siete años, o 3 veces durante la vida del proyecto. Se ha tenido en cuenta la inflación.

Determinación de los ahorros o ingresos

El ahorro describe los costes en que se ha evitado incurrir a la hora de comprar energía para abastecer la planta, en tanto que los ingresos se refieren a las ganancias obtenidas de la venta de energía a terceros. En el caso del proyecto RETScreen la demanda de energía del sistema de calefacción es de 1.464 MWh. El sistema de calefacción consume 209.727 litros de combustible a un precio de 0,60 € por litro, con un coste total de 125.386 € anual. Con el cambio a la biomasa, la energía producida iguala a la demandada y ahorra el coste del gasóleo.

El coste ahorrado es por lo tanto de 125.836 € / 1.464 MWh = 86 € por MWh.

Flujo de caja

Con los datos anteriores es posible ya elaborar un flujo de caja que aúne toda la información durante la vida útil del proyecto que, recordemos, era de 25 años. El flujo de caja del proyecto RETScreen (tabla 122) puede resumirse como sigue:

ANO	0	1	2	3	...	25
Capitalizac. Prooia	37.096,00 €					
Costes operativos y de inflación		3.960,00 € 79,00 C	3.960,00 € 160,00 C	3.960,00 € 242,00 C		3.960,00 € 2.537,00 C
Total de costes operativos y de mantenimiento		4.039,00 C	4.120,00 C	4.202,00 C		6.497,00 C
Combustible / electricidad		26.028,00 C	26.028,00 C	26.028,00 C		26.028,00 C
Inflación		521,00 €	1.062,00 €	1.583,00 €		16.674,00 €
Total fuel / electricidad		26.549,00 C	27.090,00 C	27.621,00 C		42.702,00 C
Pagos de la deuda		22.114,00 C	22.114,00 C	22.114,00 C		0,00 C
Costes periódicos		0,00 C	0,00 C	0,00 C		0,00 C
Inflación		0,00 C	0,00 C	0,00 C		0,00 C
Total costes periódicos		0,00 €	0,00 €	0,00 €		0,00 €
Costes totales	37.096,00 €	52.702,00 €	53.314,00 €	53.937,00 €		49.199,00 €
Ahorro		125.836,00 €	125.836,00 €	125.836,00 €		125.836,00 €
Inflación		2.517,00 C	5.064,00 C	7.702,00 C		80.611,00 C
Total de ahorro		128.353,00 €	130.820,00 €	133.538,00 €		206.447,00 €
Beneficios	-37.096,00 C	76.661,00 C	77.606,00 C	79.601,00 C		167.248,00 C
VAN	948.091,00 C					
TIR	207%					

Tabla 12.2. Cálculo del flujo de caja

Herramientas de análisis financiero

Las herramientas tales como el periodo de amortización, la tasa interna de retorno (TIR) o el valor actuarial neto (VAN) van a facilitar la toma de decisiones en términos reales (no incluyendo la inflación) y en términos nominales (incluyendo la inflación). En el caso del proyecto RETScreen se han hecho los cálculos en términos nominales.

Periodo de amortización

El uso de esta herramienta es lo más sencillo. Determinar el número de años en que se recupera el coste inicial. El periodo de amortización es igual al coste total dividido entre el ahorro neto anual, calculado a continuación (ecuación 12.2 y tabla 12.3).

$$\text{Periodo de amortización} = \text{Costes iniciales} / \text{Ahorro neto anual}$$

Ecuación 12.2. Cálculo del periodo de amortización

Año	0	1
Costes operativos y de mantenimiento		3.960,00 €
Costes de suministros		26.028,00 €
Costes totales		29.988,00 €
Ahorro en el consumo	0,00 €	125.836,00 €
Flujo de caja o ahorro neto anual		95.848,00 €
Costes iniciales	185.480,00 €	
Periodo de amortización simple	= 185,480 € / 95,848 €	1,9 años

Tabla 12.3. Cálculo del periodo de amortización

Valor actuarial neto

En la práctica el uso del método del payback es demasiado simple ya que un euro ganado o gastado mañana no vale lo mismo que el de hoy. Esto se debe tanto a la inflación como a nuestra preferencia por tener dinero hoy a tenerlo mañana. Para usar la inflación utilizaremos un tipo de interés “real”, y no uno meramente monetario (ecuación 12.3).

$$\text{Tipo de interés real} = \text{tipo de interés monetario} - \text{tasa de inflación}$$

Ecuación 12.3. Cálculo del tipo de interés real

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Debido a la inflación, con el mismo dinero, puede comprar más hoy de lo que sería capaz de hacerlo dentro de dos o tres años. Del mismo modo, el ingreso generado dentro de dos o tres años tendría menor valor. El Valor Actuarial Neto (VAN) calcula el valor neto en el presente de una inversión mediante la utilización de un tipo de descuento y de una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos). El VAN es un dato relevante para proyectos a gran escala, que pueden tardar años en llevarse a cabo y que están sujetos a mantenimientos y renovaciones periódicas. La función VAN de Microsoft Excel calcula el VAN de un flujo determinado. El proyecto es rentable si el $VAN > 0$. La fórmula del VAN (ecuación 12.4) para el proyecto de RETScreen es la siguiente:

$$VAN = \text{Flujo de caja del año 0} + VAN(\text{tipo de descuento; flujos de caja del año 1 al 25})$$

Ecuación 12.4. Cálculo del VAN

El VAN para el proyecto de ejemplo es de 948.091 €. Como el resultado es mayor que 0 el análisis del VAN nos aconseja seguir adelante con la inversión.

Tasa interna de retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) está relacionada íntimamente con el VAN ya que la TIR es aquél porcentaje de descuento que hace que el VAN sea igual a 0. En otras palabras la TIR es el porcentaje de descuento con el que el ingreso neto descontado es igual a la inversión inicial. La función TIR de Microsoft Excel calcula la TIR de un flujo de caja determinado. Son mejores aquellos proyectos que tengan mayores TIR y si la TIR es mayor que el tipo de interés real de mercado el proyecto es rentable. La fórmula de la TIR (ecuación 12.5) para el proyecto de ejemplo se puede expresar del siguiente modo:

$$TIR = TIR(\text{flujos de caja del año 0 al 25})$$

Ecuación 12.5. Cálculo del TIR

La TIR del ejemplo es del 207%. Si la TIR es mayor que en cualquiera de las otras opciones entonces se debería de proceder con la inversión.

Fuentes y herramientas informativas

Existen buenos paquetes de estudio de viabilidad de proyectos en el siguiente sitio web:
<http://www.retscreen.net>

Para la realización de los cálculos pertinentes se puede utilizar una hoja de cálculo como la Microsoft Excel.

Bibliografía

Boyle, G (ed.), 2004. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future, 2nd edition. Oxford University Press and The Open University. Oxford.

Department of Communications, Marine and Natural Resources (2006) Biofuels Scheme II accessed from the DCMNR website on 9th May 2007
<http://www.dcmnr.gov.ie/Energy/Sustainable+and+Renewable+Energy+Division/Biofuels+Scheme+II/> DCMNR Dublin.



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



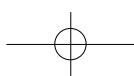
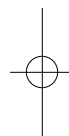
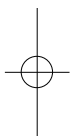
Capítulo 13.

Participación, consultoría y planificación


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 13. Participación, consultoría y planificación

Ciaran Lynch, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 13. Participación, consultoría y planificación	239
Objetivos	243
Introducción	243
Aprovechamiento de las oportunidades que se le ofrecen	244
Remisión de una propuesta	245
Ofrecer oportunidades a otros	245
¿Por qué ofrecer a otros la oportunidad?	245
Lo que no es participación y consulta	247
Acercamientos a la participación	247
Técnicas para facilitar la participación	248
Aproximaciones a la consulta	251
Resumen	251
Fuentes de información	252

Listado de gráficos

Gráfico 13.1: Características de la participación y de la consulta

Gráfico 13.2: Técnicas de participación y consulta

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Objetivos

Una vez completada la lectura de este capítulo del manual debería de:

- Estar familiarizado con los conceptos, objetivos y oportunidades de la participación y la consulta
- Ser capaz de distinguir entre las características de la consulta y la participación
- Estar familiarizado con algunas de las técnicas de participación y consultoría
- Ser capaz de incorporar dichos procedimientos en el programa de desarrollo de su proyecto
- Ser capaz de encargar el trabajo a un consultor y revisar su trabajo

Introducción

Se suele hablar de consultoría y participación como se tratasen del mismo concepto. Sin embargo, se trata de conceptos diferentes. Las principales diferencias son las siguientes:

Participación	Consulta
Posibilidad de ponerse de acuerdo en la agenda y en los resultados	La agenda la ofrece la persona que ofrece la consulta
Posibilidad de hacer las preguntas y de dar una opinión sobre las respuestas	Las respuestas las fija la persona que ofrece la consulta
Posibilidad de establecer un diálogo	No existe normalmente ninguna de posibilidad de establecer diálogo
Posibilidad de convencer y de dar opiniones	Normalmente sólo se puede expresar la opinión. Es más difícil convencer

Gráfico 13.1: Características de la participación y de la consulta

En esencia, la participación es un procedimiento en el que los implicados deciden conjuntamente los resultados, los métodos para obtenerlos y cómo se medirán y gestionarán. Se participa en el proceso de toma de decisiones, en la responsabilidad y, en principio, en los costes de desarrollo.

Por su parte, la consulta es un procedimiento por el cual una persona (o grupo u organización) decide lo que quieren llegar a alcanzar y cómo lo quieren conseguir, preguntando a otros qué les parece su idea. Los que responden tienen la facultad de hacerlo o no y en último término no tienen nada que decir sobre la decisión final que se tome.

En el campo de las energías renovables tanto se le pueden ofrecer oportunidades como puede ser usted el que las ofrezca.

Las oportunidades que se le ofrecen emanan generalmente de las políticas y estrategias, que se enmarcan dentro de la esfera pública o de la esfera de representantes u organizaciones profesionales. Pueden ser por ejemplo la normativa nacional sobre desarrollo de las energías renovables, las estrategias de desarrollo regionales de dichas energías, los planes de desarrollo local, etc. Como promotor potencial de un proyecto de desarrollo en este campo es importante mantenerse informado sobre los cambios en las políticas y en las estrategias, ya que pueden afectar al desarrollo de un proyecto en concreto y no ser usted consciente de ello.

Aprovechamiento de las oportunidades que se le ofrecen

Las estrategias y políticas más importantes de los organismos estatales o semi-estatales normalmente se presentan a debate público antes de ser adoptadas. Puede que se trate de un requisito formal exigido por la propia ley, pero incluso si no lo es, la mayoría de los organismos consideran prudente hacerlo, al menos de modo testimonial. Por supuesto no está nada claro hasta qué extremo este ejercicio democrático es real, pero incluso si no lo es, no parece razonable no participar en él pensando que se trata de una pérdida de tiempo.

Se puede considerar la participación en el desarrollo de políticas y estrategias en diferentes vías:

A nivel nacional e internacional no es posible participar activamente en la práctica respon-

diendo a propuestas. Hay demasiados procesos en marcha como para que la opinión de un individuo sea escuchada y, en su caso, respondida. Para participar en este tipo de procesos es mejor hacerse miembro y participar en una organización representativa. Hay muchas y una buena actuará en defensa de los intereses de sus miembros, les consultará sobre los asuntos clave y les mantendrá informados. Haciéndose miembro y haciendo cuánto sea posible para que la organización sea fuerte, podrá participar al menos indirectamente en las decisiones nacionales e internacionales, que en principio pudieran parecerle remotas pero que pueden afectar a su proyecto.

A nivel regional y local existen también estrategias y políticas importantes: los planes regionales y locales, las estrategias de desarrollo, las políticas medioambientales, etc. Se tratará el tema de cómo participar en el proceso de toma de decisiones a este nivel en el apartado de cómo planificar un proyecto. A este nivel también se puede hacer llegar su opinión a través de una agrupación de interés. Además, dado que se trata de propuestas más concretas, que podrían afectar a su proyecto, es necesario que examine detenidamente las propuestas.

Remisión de una propuesta

Es cierto que las propuestas tienen que redactarse en un lenguaje y tener un enfoque técnico. Sin embargo no siempre tiene por qué ser así y los ciudadanos no deberían de dejar de remitirlas por miedo al coste o la complejidad que pueden entrañar. Al remitir una propuesta es aconsejable hacerlo en un lenguaje llano y definir claramente su posición o preocupación. Esto las distinguirá del resto. Tanto mejor si además se ofrecen alternativas a lo propuesto, aunque no es absolutamente necesario.

Ofrecer oportunidades a otros

Además de aprovechar las oportunidades de participación que se le ofrecen también, como promotor o político, puede ofrecer oportunidades a los demás para que participen en las decisiones. Es algo que debe de considerar. A veces lo exige la ley y no tendrá alternativa, pero incluso aunque no sea preceptivo debería de tenerlo en cuenta.

¿Por qué ofrecer a otros la oportunidad?

Algunos creen que participar en el desarrollo de una propuesta junto con aquéllos que pueden resultar afectados por ella no debería de ir más allá de lo que la ley exija. Hay varias razones para ello; la principal no obstante es la percepción de que algunos de los afectados se opondrán radicalmente a cualquier cambio, sin importar cuál sea. Este punto de vista sostiene asimismo que el ofrecer más tiempo del mínimo necesario para preparar una objeción sólo les facilitará la oportunidad de que la objeción sea más falsa e irracional. Asimismo, dándoles esa oportunidad, el que propone tendrá que hacer una defensa más compleja de lo necesario. Unos pocos piensan que incluso el dar la posibilidad de consultar levantará objeciones que de otro modo no habrían surgido.

Es éste un punto de vista que cada legislador deberá de considerar en función de su situación. Hay una serie de consideraciones en contra que se deberían de tener en cuenta cuando se toma una decisión.

La primera, que si bien es cierto que en algunos casos existirá un grupo implacable de objetores que no quedarán satisfechos de ningún modo, no importa cuál sea la propuesta, la objeción será tanto más enconada cuanto menos se les haya consultado.

La segunda, que es posible mitigar el impacto de un desarrollo con modificaciones relativamente menores si se conocen a tiempo las objeciones, pudiéndose por lo tanto bajar de nivel.

La tercera, que lo más probable no es que el consultar dará lugar a objeciones sino más bien al contrario: que más ciudadanos se sentirán con él ánimo de oponerse si nos se les ha tenido en cuenta lo más mínimo.

La cuarta, desde un punto de vista normativo, es justo que aquéllos que se verán afectados por ello tengan derecho a que se tengan en cuenta sus puntos de vista cuando la ley está en desarrollo.

La quinta, que si el proceso participativo es obligatorio para su desarrollo lo más sensato es obtener la mayor cantidad de información ya que, en todo caso, se verá implicado en el proceso.

Lo que no es participación y consulta

El implicarse en un proceso de participación y consulta no quiere decir que ofrezcas garantías de satisfacer los deseos de todos. Eso sería como ofrecer un veto a cada uno de los implicados en el proceso, lo que probablemente no se desea hacer.

Diferentes procesos de participación y consulta ofrecerán diferentes niveles de afección del resultado. Volviendo a la escalera de Arnstein, los peldaños más bajos eran meramente formales. No tiene sentido entrar en un proceso de estas características. De hecho es casi peor el hacerlo. La honestidad es un factor clave en un proceso de participación y uno nunca debería sumergirse en él sino tiene ninguna intención de someterse a sus resultados.

Los procesos de participación y consulta deberían de definir *ex ante* claramente cuáles van a ser los límites de su actuación. Por supuesto se debe convencer a los demás de su punto de vista. Sin embargo, si lo único aceptable para usted es lo que usted propone el proceso no sólo tiene sentido sino que además es fraudulento.

A veces los promotores de un proyecto confunden suministrar información con un proceso de consulta. Son hechos diferentes, y la principal diferencia es que para que sea un proceso de consulta se debe admitir la posibilidad de que el proyecto sufra variaciones. Si esto no va a ser así se debería de dejar claro que lo que se va a hacer es un procedimiento informativo, y no un proceso de consulta. Como otro escritor sobre la materia dice, aquéllos que se suman a un procedimiento de colaboración deberían hacerlo con una perspectiva pero no con una posición – puesto que una posición no admite posibilidad de cambio.

Acercamientos a la participación

La esencia de la participación es que tanto las preguntas como las respuestas se definen conjuntamente entre todos los implicados en el proceso. Muy posiblemente este tipo de procedimiento es más efectivo a nivel político y estratégico que a nivel de proyecto, aunque podría utilizarse también para definir algunos elementos en concreto del proyecto.

Al abrir un proceso de este tipo es necesario consultar y consultar porque hay muchas opiniones diferentes y quizás encontradas. De nada sirve escuchar la opinión de quién opina como usted. Ésa es precisamente la opinión que no necesita. – ¡ya la tiene! ¡Incluya por ejemplo a funcionarios públicos y escuche lo que tienen que decir!.

Es sorprendente cómo, a veces, algunos ignoran lo que escuchan o piensan que lo que han escuchado es lo que querían escuchar. No todos los funcionarios públicos son perfectos ni tampoco siempre tienen la razón. Pero merece la pena escucharlos.

Técnicas para facilitar la participación

Si bien existen muchos aspectos a tener en cuenta en un proceso participativo dos de los elementos más importantes son la toma de decisiones y la comunicación. El cómo se toman las decisiones será un indicativo claro de dónde reside realmente la autoridad. La verdadera comunicación (“diálogo auténtico”, según Hebermas) es otro elemento importante. Existen muchas técnicas para facilitarla. Se citan las siguientes:

- Reuniones públicas
- Grupos de trabajo
- Hojas informativas
- Prensa
- Radio
- Notas públicas
- Comunicaciones por correo o en mano
- Líderes comunitarios
- Boca a boca
- Comunicación a través de las asociaciones
- Comunicación a través de las organizaciones escolares y juveniles
- Procesos basados en una página web
- Reuniones en los domicilios
- Jurados de los ciudadanos
- Presencia física en la comunidad
- Procesos de toma de decisiones basados en ICT
- Procesos de consulta basados en la Web
- Una junta directiva de representantes

Cada una de estas técnicas tiene sus ventajas y también sus desventajas. En el siguiente gráfico se enumeran las principales características de cada una de ellas:

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Técnica	Características
Reuniones públicas	Apropiadas para tomar decisiones y suministrar información; no son apropiadas como mecanismo de discusión o colaboración.
Grupos de trabajo	Apropiados para discusiones a fondo; es difícil de asegurar que todos los intereses sean tenidos en cuenta y llevan mucho tiempo.
Hojas informativas	Apropiadas para una distribución amplia; puede que no todos las lean y lo más probable es que muy pocos las lean en profundidad.
Prensa	Apropiadas para una distribución amplia pero puede que no todos la lean.
Radio	Apropiados para una distribución y debate amplios; puede que no todos la escuchen y puede que sean malinterpretadas.
Notas públicas	Apropiadas para una distribución amplia pero se asegura su lectura. Tampoco es apropiada para mucha información.
Comunicación por correo o en mano	Apropiado para una amplia difusión; sin embargo puede no tenerse en cuenta la opinión de aquéllos que tienen dificultades para leer.
Líderes comunitarios	Útil para conocer la opinión de la ciudadanía; sin embargo puede que la opinión esté sesgada.
Boca a boca	Es bastante probable que se obtenga en cualquier evento; ayuda a implicar a la comunidad pero, de nuevo, puede que lo que se obtenga esté sesgado.
Comunicación a través de organizaciones	Bueno para implicar a la comunidad y especialmente a aquéllos más activos dentro de ella. Sin embargo, de nuevo se corre el riesgo de que la opinión obtenida esté sesgada.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Asociaciones escolares y juveniles	Positivo para implicar a los jóvenes en el proceso pero exige claridad por lo que se refiere al papel que van a desempeñar y la cooperación de las autoridades escolares.
Procesos basados en la web	Apropiados para técnicas de decisión interactivas. Sin embargo, se limita la población a los usuarios de Internet y puede ser distorsionado por los moderadores.
Cuestionarios comunitarios	Buenos para la recogida de datos. Sin embargo es un procedimiento caro.
Reuniones	Apropiados para una discusión a fondo de los temas locales. Puede excluir no obstante a aquellos remisos a emitir su voz en público y exige un amplio número de gente en la comunidad deseosa de participar.
Jurados ciudadanos	Útiles a la hora de aunar distintas perspectivas. Sin embargo, es difícil de asegurarse de que todas estén representadas.
Presencia en la comunidad	Bueno para fomentar el debate, la explicación y la interacción. Sin embargo es muy costoso y podría dar lugar a confrontación.
Procesos de toma de decisión basados en ICT	Pueden ser útiles para dar una aproximación racional en la toma de decisiones. Sin embargo, requiere la asistencia de expertos.
Juntas Directivas	Un buen modo de que representantes de puntos de vista diferentes compartan la responsabilidad en la toma de una decisión; sin embargo, asegurar la representatividad no es sencillo.

Gráfico 13.2: Técnicas de participación y consulta

No todas las técnicas se pueden utilizar en todos los contextos. Lo que es importante es que se desarrolle una estrategia de participación con varias técnicas complementarias. Aparte de ello, el cómo se utilice el método es tan importante como el método en sí mismo. Si se utiliza para manipular y no para responder no será efectivo, independientemente de lo eficientemente que se haya implementado.

Aproximaciones a la consulta

La diferencia entre consulta y participación tiene más que ver con los elementos del proceso de toma de decisión que incluye, que con las técnicas que se utilizan. En un proceso de consulta la persona que ofrece la consulta persigue por lo general recoger la opinión de los demás en relación con su propuesta más que invitarles a que la moldeen. La mayoría de las técnicas que se utilizaban en un proceso de participación también se utilizan en un proceso de consulta. No obstante, aquéllas cuyo fin era el de propiciar decisiones participativas serán menos apropiadas ahora.

A la hora de plantear un proceso consultivo es importante definir en qué grado los resultados del proceso influirán sobre los resultados. Un proceso en el que exista la posibilidad de un impacto que no sea posible o probable puede acabar con peores resultados que si no se hubiera realizado dicho proceso.

Resumen

Como se ha venido diciendo los procesos de participación y consulta comparten rasgos comunes pero son en realidad procesos muy diferentes. Podrá usted participar en ellos tanto respondiendo a las iniciativas de otros como promoviendo estos procesos.

Las pinceladas que aquí se han plasmado no pretenden ser un estudio exhaustivo sobre la materia – es mucho más compleja. Los puntos clave sobre los que debería de reflexionar son:

- Es importante aprovechar las oportunidades que se le ofrecen para participar en los procesos de consulta y participación
- Se puede implicar en dichos procesos tanto como particular, como miembro de una organización o como ambos
- Si bien a veces las opiniones hay que expresarlas de modo técnico no siempre es necesario
- Como promotor de un proceso de participación o consulta debe de dejar claro cuáles van a ser los compromisos que va a asumir como resultado del proceso
- Si no quiere asumir ningún compromiso es mejor que facilite información y no una oportunidad de consulta

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

- Existen muchas técnicas de participación y consulta, y el cómo se aúnan para formar una estrategia es lo relevante
- La honestidad consigo mismo y con los demás es fundamental en estos procesos, ya que se trata de una comunicación honesta
- Dar oportunidad a los demás para que influyan en lo que usted hace es correcto per se y además coadyuvará a que el proceso sea menos problemático
- Dar la oportunidad a los ciudadanos de que expresen su parecer no quiere decir que tenga que hacer lo que le piden
- Sin embargo, si solicitó una opinión y se la han dado, sea lo que sea que vaya a hacer al menos responda a los ciudadanos y permita que éstos sepan cuál es el objetivo y por qué no puede usted aceptar su punto de vista, si es que no puede. Ignorar una opinión puede provocar efectos muy adversos

Finalmente, recuerde que desarrollar procesos de participación y consulta exigen pericia. Esta pequeña introducción le habrá puesto en el camino para empezar a adquirirla. En efecto, le capacitará para dirigir a sus asesores más efectivamente, para controlar lo que están haciendo y para que el resultado de su esfuerzo sea más positivo.

Fuentes de información

Este sitio web nos ofrece con más detalle los asuntos esbozados en este capítulo <http://www.partnerships.org.uk/guide/main1.html>

Aunque no en el mismo contexto este documento nos enseña cómo llevar a cabo una campaña para influir sobre una política determinada <http://uk.search.yahoo.com/search?p=how+to+influence+policy&prssweb=Search&ei=UTF-8&FP-tab=web-t340&fl=0=wrt&meta=vc%3D>

De nuevo, aunque en un contexto diferente, puede también aportarnos algunas ideas interesantes <http://www.nls.org/conf2006/top%ten%20tips.htm>

En este sitio web podemos encontrar consejos sobre cómo influir en las políticas http://www.2020vision.org/resources/r_activists.htm

Un original artículo de Aronstein sobre la escalera de la participación <http://lithgow-schmidt.dk/sherry-arnstein/ladder-of-participation.html>

Otro sitio web con mucha información y recursos <http://www.partnerships.org.uk/part/index.htm>



ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 14.

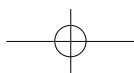
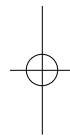
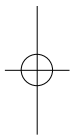
Política y legislación energéticas



**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 14. Política y legislación energéticas

Clifford Guest, Instituto Tipperary

Índice

Capítulo 14 Política y legislación energéticas	253
Objetivos	257
Políticas de la Unión Europea de relevancia para el sector de las energías renovables	257
Repaso de la política energética europea	257
El Libro Blanco y el Plan de Acción de las fuentes de energía renovable (1997)	258
Libro Verde hacia una estrategia europea para garantizar el suministro (2001)	259
Principales puntos del Libro Verde:	259
Libro Verde de la UE – Conclusiones	260
Directiva de la UE para electricidad procedente de las fuentes de energía renovables	260
Directiva sobre biocombustibles (2003)	261
Directiva sobre el comercio de emisiones de gases con efecto invernadero ..	261
Libro Verde sobre la eficiencia energética (2005)	261
Plan de acción de la biomasa (2005)	262
El Libro Verde sobre una estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y garantizada (2006)	262
Una política energética para Europa (2007)	262
Conclusiones finales sobre la política energética de la UE	263
Fuentes de información	264
Bibliografía	264

Listado de tablas

Tabla 14.1: Situación actual y objetivos del Libro Blanco sobre energías renovables

Listado de gráficos

Gráfico 14.1: Electricidad procedente de las fuentes de energía renovable

Gráfico 14.2: Libro Verde sobre eficiencia energética

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

1ª edición del LEADER Carlow y del Instituto Tipperary (publicada electrónicamente en el sitio web de ELREN www.elren.net) en el 2007

ISBN: 978-0-9546561-2-6

© Carlow LEADER Rural Development Company, Ltd (LEADER Carlow) y el Tipperary Rural and Business Development Institute, Ltd. (Instituto Tipperary)

El contenido de esta publicación está protegido por la ley de copyright. No se puede reproducir, almacenar, introducir en ningún sistema de descarga ni transmitir de ningún otro modo (electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado o cualquier otro) ni en todo ni en parte, sin permiso por escrito de los propietarios del copyright.

Ni la Comisión Europea ni sus contratistas, agentes o subcontratistas, autores, ni tampoco los autores del copyright garantizan o responden, ni en todo ni en parte, de la información contenida en la publicación ni asumen responsabilidad alguna derivada de los posibles daños que pueda causar su utilización.

Se han solicitado y obtenido los permisos pertinentes para incluir la mayoría de los gráficos, imágenes y datos de esta publicación. Sin embargo, no se ha obtenido respuesta de una pequeña parte de las solicitudes a la fecha de publicación. Los editores están disponibles en todo caso. Para ponerse en contacto diríjase por favor a Clifford Guest, del Instituto Tipperary, Nenagh Road, Thurles, Co. Tipperary, Ireland, email: cguest@tippinst.ie. Por lo que se refiere a las fuentes éstas se detallan en las secciones de bibliografía de cada uno de los capítulos.

El título de esta publicación es:

Tipperary Institute, 2007. ELREN Renewable Energy Training Manual [online at www.elren.net], publicado por el LEADER Carlow y el Instituto Tipperary, Irlanda.

Diseño de la cubierta: Ann Quinlan, Brosna Press Ltd., Irlanda

Editor: Clifford Guest, Tipperary Institute, Irlanda

Diseño: Una Johnston, Mementomori Ltd., Irlanda

Esta publicación no está a la venta o reventa, ya que ha sido financiada por el proyecto ELREN y el programa LEADER. LEADER está cofinanciado por la Unión Europea y el Department of Community, Rural and Gaeltacht Affairs y encuadrado dentro del Plan de Desarrollo Nacional 2000-2005, Irlanda.

Objetivos

Una vez finalizado este capítulo del manual debería de:

- Comprender la importancia de las políticas en el desarrollo de las energías renovables
- Ser consciente de la naturaleza de la política energética europea
- Ser consciente de los aspectos clave de la política energética europea

¿Qué es una política?

Una política determinada la definen los representantes electos y gestores y define el marco y las condiciones para su desarrollo. Se trata generalmente de un proceso lento, tanto en su desarrollo como en su transformación. Puede ser positivo, neutral o negativo.

“Al final del día, la definición de una política pública es tomar buenas decisiones – para conseguir el bien público” Sherry Torjman, 2005

Políticas de la Unión Europea de relevancia para el sector de la energías renovables

Repaso de la política energética europea

En la UE es la Comisión la encargada de la definición de las políticas en el sector energético. Es la responsable de la propuesta de la política y de la legislación, que se adoptan después oficialmente (después de un periodo de negociación) por el Consejo y por el Parlamento. La Comisión redacta Libros Verdes, Libros Blancos y Directivas. Un Libro Verde es un documento de discusión que puede desembocar en un Libro Blanco. No tiene fuerza normativa pero define el marco para áreas concretas. Una directiva es específica en su naturaleza y una vez adoptada a escala europea, debe ser transpuesta por cada estado miembro a su legislación nacional.

La Dirección General de Transporte y Energía (DG TREN) es la encargada de los asuntos energéticos. Está apoyada por otras Direcciones en las áreas clave de desarrollo del desarrollo del mercado interno de la energía, teniendo en cuenta las prioridades medioambientales.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Otras Direcciones Generales que influyen sobre la política energética son la DG de Agricultura y Desarrollo Rural y la DG de Medio Ambiente. La política energética europea está basada en tres pilares básicos, independientes:

- Favorecer la competencia
- Proteger el medio ambiente (sostenibilidad)
- Garantizar el suministro

El Libro Blanco y el Plan de Acción de las fuentes de energía renovable (1997)

Este documento constituye el marco básico sobre el que se ha cimentado buena parte del trabajo sobre energías renovables a escala europea. El fin último de este Libro Blanco es el de doblar el porcentaje de las energías renovables en el total del consumo energético, desde el 6% en 1995 hasta el 12% en el 2010. También estableció un plan de acción para lograr el objetivo, lo que incluyó una “Campaña de Despegue”, que tuvo lugar entre 1997 y 2003.

Los principales beneficios derivados del desarrollo de los objetivos del Libro Blanco son:

- Reducción de las emisiones de CO₂
- Desarrollo industrial y científico en el sector de las nuevas tecnologías
- Creación de empleo
- Ahorro energético
- Mayor seguridad en el suministro
- Desarrollo local y regional e incremento de las exportaciones

Tipo de energía	1995	2010
Eólica	2,5 GW	40 GW
Hidroeléctricas	82,5 GW	91 GW
Minihidroeléctricas	9,5 GW	14 GW
Fotovoltaica	0,03 (GWp)	3 GWp
Biomasa	44,8 Mtoe	135 Mtoe
Geotérmica - eléctrica	0,5 GW	1 GW
Geotérmica - calor	1,3 GWth	5 GWth
Termosolar	6,5 millones m ²	100 millones m ²
Solar pasiva		35 Mtcp
Otras		1 GW

Tabla 14.1. Situación actual y objetivos del Libro Blanco sobre energías renovables

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Las propuestas clave del Libro Blanco son: un acceso más sencillo al suministro por parte de las energías renovables al mercado eléctrico, mayores incentivos fiscales y financieros, nuevas iniciativas de bioenergía para el transporte, la calefacción y la electricidad, y una mejora en la normativa de los edificios que promueva el uso de este tipo de energías en los sistemas de calefacción y de aire acondicionado.

Libro Verde hacia una estrategia europea para garantizar el suministro (2001)

La Comisión de la UE publicó este Libro Verde para su consulta en diciembre del año 2000 y más tarde como Comunicación (en el 2001), resumiendo los resultados obtenidos.

El Libro confirmó la importancia de las energías renovables para la UE en el futuro. Pretende crear conciencia sobre el hecho de que la Unión no será capaz de alcanzar un nivel satisfactorio de independencia energética. Se reconoce en él que, debido al cambio climático y a la desregulación de los mercados, la UE va a necesitar de una política energética renovada. El Libro Verde ha sido el mecanismo elegido para tratar este tema.

Principales puntos del Libro Verde:

- La autosuficiencia energética es imposible de conseguir
- Estima que habrá un aumento de la demanda energética en la UE de entre el 1% y el 2% anual.
- Los recursos de la UE son escasos:
 - Existen grandes cantidades de carbón pero su precio es de entre 4 y 5 veces el del mercado
 - Petróleo: existen reservas para 8 años
 - Gas natural: 2% de las reservas mundiales (20 años)
 - Uranio: 2% de las reservas mundiales (40 años)

Libro Verde de la UE – Conclusiones

El Libro Verde concluye en que ninguna fuente de energía por sí misma puede satisfacer las demandas energéticas de la UE. También se constata el hecho de que existe poco margen de maniobra para el suministro energético. Se trata del primer Libro en el que la UE trata todas las fuentes de energía. Favorece el uso de las energías renovables pero no prohíbe la energía nuclear.

Directiva de la UE para electricidad procedente de las fuentes de energía renovables

Esta legislación europea, que se adoptó en el 2001, incluye objetivos indicativos en cuanto al porcentaje de energías renovables en relación con la producción bruta de electricidad para cada Estado miembro en el 2010. Estos objetivos entre otros son:

- El establecimiento de un marco que favorezca el uso de la electricidad renovable, desde el 14% hasta el 22% del total del consumo energético bruto para el año 2010;
- Doblar el porcentaje de energía renovable del 6% al 12% del total del consumo energético bruto para el año 2010;
- Hacer los esfuerzos necesarios para cumplir con los compromisos adoptados por la UE en el protocolo de Kyoto.

La legislación exige también a los Estados miembros que establezcan objetivos para el consumo en el futuro de electricidad procedente de energías renovables (ER-E); que garanticen el enganche de la ER-E a las redes de suministro; que certifiquen el origen de las ER-E; que garanticen que el cálculo de los costes para la conexión de nuevos productores sea transparente y no-discriminatoria. No propone un sistema armonizado de ayudas. La Comisión vigilará los progresos de los Estados miembros hacia los objetivos fijados. En el caso de Irlanda la ER-E en 1997 era del 3,6%; el objetivo de la UE para el 2010 es del 13,2%.

Gráfico 14.1. Electricidad procedente de fuentes de energía renovable



Directiva sobre biocombustibles (2003)

El objetivo de esta Directiva es el de contribuir a la reducción de la dependencia de la UE de combustibles para el transporte, contribuir al cumplimiento de los objetivos fijados en el protocolo de Kioto y cumplir con el objetivo de sustituir el 20% de los combustibles tradicionales por combustibles alternativos para el año 2020. La Directiva exige que el porcentaje de biocombustibles en el total del transporte fuera del 2% en 2005 y sea del 5,75% en 2010.

Directiva sobre el comercio de emisiones de gases con efecto invernadero

El comercio de emisiones de gases con efecto invernadero es parte del protocolo de Kioto. En enero del 2005 el marco europeo de comercio de emisiones de gases con efecto invernadero (UE ETS) comenzó a operar como el mayor de los marcos multisectoriales y multinacionales que existe en la actualidad. El marco se basa en la Directiva 2003/87/EC, que entró en vigor el 25 de octubre de 2003. Los permisos con los que se comercia en la UE ETS se contabilizan en registros electrónicos en cada uno de los estados miembros. Todos estos registros son inspeccionados por un Administrador Central a escala europea que, a través de un comité independiente europeo, inspecciona cada una de las transacciones para comprobar posibles irregularidades. El sistema de registros mantiene el listado de propietarios de permisos de emisión, del mismo modo que un banco gestiona la propiedad del dinero (Comunidades Europeas, 2003b)

Libro Verde sobre la eficiencia energética (2005)

El Libro Verde se lanzó como documento de discusión sobre como parar la curva ascendente del consumo energético y alcanzar una reducción de éste en torno al 20% en el año 2020. Identificó oportunidades para mejorar la eficiencia energética en la UE y constató el hecho de que había potencial técnico para reducir la demanda energética en torno al 40% haciendo un uso racional de la energía.

Gráfico 14.2. Libro Verde sobre Eficiencia Energética



Plan de acción de la biomasa (2005)

En diciembre de 2005 la Comisión adoptó este detallado plan de acción para incrementar el uso de la energía procedente de los bosques, la agricultura y los residuos. El plan detalla más de 20 acciones, la mayoría de las cuales deben ser llevadas a cabo a partir de 2006. El plan incluye estudios sobre cómo mejorar los estándares del combustible, cómo fomentar el uso de la biomasa para el transporte, la calefacción y la generación de electricidad, y propone también una campaña para informar a los agricultores y silvicultores sobre los cultivos energéticos.

El Libro Verde sobre una estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y garantizada (2006)

Este Libro Verde se ha diseñado para estimular ideas sobre qué se podría hacer para enfrentarse a los desafíos y problemas del sector en la práctica. Se fija tres objetivos esenciales: la sostenibilidad, la competitividad y la garantía en el suministro. Propone una serie de acciones concretas para la consecución de los objetivos mencionados:

La necesidad de completar a escala europea los mercados internos del gas y la electricidad;

La necesidad de garantizar el suministro de los mercados internos de la UE y la solidaridad entre los estados miembros;

- La necesidad de un debate a escala europea sobre las diferentes fuentes de energías renovables;
- La necesidad de hacer frente a los retos del cambio climático de una manera compatible con los objetivos de Lisboa;
- La necesidad de un plan estratégico de tecnología de las energías;
- La necesidad de una política exterior común de la energía

Una política energética para Europa (2007)

En enero de 2007 la Comisión Europea ha remitido al Consejo y al Parlamento Europeo una Comunicación sobre cómo abordar una nueva política energética para Europa. Está compuesta por un paquete completo de medidas relacionadas con la energía y el cambio climático, ya que la energía es la responsable del 80% de las emisiones de gases de efecto inver-

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

nadero. Los tres objetivos clave de la Comunicación son luchar contra el cambio climático, limitar la dependencia de la UE de las importaciones y crear empleo y riqueza. Para ello se pretende crear un verdadero mercado interno de la energía, acelerar el cambio hacia una economía con menos emisiones e incrementar la eficiencia energética. El Consejo de la UE preparó sus conclusiones el 9 de marzo de 2007, que se anexaron a la Comunicación de la Comisión y lanzó formalmente “La Política Energética para Europa” (PEU), cuyos objetivos clave son los siguientes:

- Incrementar la participación de las energías renovables al 20% en el año 2020;
- Elevar la utilización de los biocarburantes en el transporte hasta un 10% en el 2020;
- Mejorar la eficiencia energética un 20% en el 2020;
- Reducir las emisiones de gases con efecto invernadero en un 30% para el 2020, tomando como valor el de 1990, siempre que otros países desarrollados se comprometan a reducirlas en valores semejantes. La UE por su parte se compromete en todo caso a reducir en un 20% estas emisiones. El Consejo Europeo ha decidido que se necesita un acercamiento diferencial para las contribuciones de los estados miembros.

Como piedra angular en la creación de esta política (PEU) y como semillero de futuras acciones, el Consejo Europeo ha adoptado un exhaustivo plan de acción para el periodo 2007-2009, basado en la Comunicación de la Comisión. El plan establece las medidas necesarias para mejorar la integración y la interconexión del mercado único para el gas y para la electricidad. También se toman medidas para mejorar la eficiencia energética, aumentar la utilización de las energías renovables, desarrollar la tecnología, promover la solidaridad energética de la UE, garantizar la seguridad de la energía nuclear y vigilar la evolución del mercado energético (Consejo de la UE, 2007).

Conclusiones finales sobre la política energética de la UE

La política energética de la UE es compleja, todavía está en ciernes y carecía de elementos normativos. Esto último está ahora cambiando con las Directivas, que son de obligado cumplimiento para los estados miembros.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Fuentes de información

Comisión de Regulación Energética	http://www.cer.ie
Energía Sostenible Irlanda	http://www.sei.ie
Dpto. de Comunicación, Marina y Recursos Naturales	http://www.dcmnr.gov.ie
Dpto. de Medio Ambiente, Patrimonio y Gobierno Local	http://environ.ie
Comisión Europea: DG Transporte y Energía	http://ec.europa.eu/energy/index_en.html

Bibliografía

Commission for Energy Regulation, 2006. Arrangements for Micro Generation Consultation. Paper CER/06/190. CER, Dublin.

Council of the European Union, 2007. Brussels European Council 8/9 March 2007 – Presidency Conclusions. Council of the European Union. Council of the European Union, Brussels.

Department of Communication, Marine and Natural Resources, (2006a). REFIT Press. Release issued by DCMNR accessed at <http://www.dcmnr.gov.ie/Press+Releases> on October 9th 2006, DCMNR, Dublin.

Department of Communication, Marine and Natural Resources, (2006b). Green Paper, Towards a Sustainable Energy Future for Ireland. DCMNR, Dublin.

Department of Communication, Marine and Natural Resources, (2007a). Bioenergy Action. Plan for Ireland, Report of the Ministerial Task Force on Bioenergy. DCMNR, Dublin.

Department of Communication, Marine and Natural Resources, (2007b). Government White Paper, Delivering a Sustainable Energy Future for Ireland, the Energy Policy Framework 2007-2020. DCMNR, Dublin.

Department of the Environment and Local Government, 2000. National Climate Change Strategy. DCMNR, Dublin.

Department of the Environment, Heritage and Local Government, 2007. National Climate

Change Strategy 2007-2012. Accessed at www.environ.ie on 16th April 2007. DoEHLG, Dublin.

Department of Public Enterprise, 1999. Green Paper on Sustainable Energy. DoPE, Dublin.

European Commission, 1997. Energy for the Future: Renewable Sources of Energy – White Paper for a Community Strategy and Action Plan, COM (97)599 Final. European Commission, Brussels.

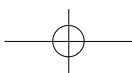
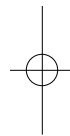
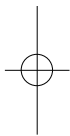
European Commission, 2004. Electricity from Renewable Energy Sources, Encouraging Green Electricity in Europe. European Commission, Brussels.

European Communities, 2001. Green Paper, Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

European Commission, 2005. Doing More with Less, Green Paper on Energy Efficiency. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

European Commission, 2006a. Green Paper, a European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. European Commission, Brussels.

European Commission, 2006b. State aid N 473/3/2006 – Ireland, Biofuel Mineral Oil tax Relief Scheme II. European Commission, Brussels.





ELREN

European Leader+ Renewable Energy Network



Carlow LEADER
Rural Development Co. Ltd.



Capítulo 15.

Informe por países. España

Rogier Coenraads
Max Rathmann
Josep Puig

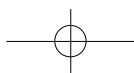
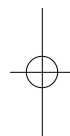
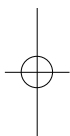
Noviembre 2006

Por encargo de:
Instituto Tipperary
Irlanda


**TIPPERARY
INSTITUTE**



LEADER is supported by the European Union & The
Department of Community, Rural, and Gaeltacht Affairs
under the National Development Plan 2000-2006.



Capítulo 15. Informe por países. España

Índice

Capítulo 15. Informe por países. España	267
Políticas y legislación	271
Visión general de las tecnologías de energías renovables	276
Repaso de la capacidad y potencia instaladas	276
Calor solar	278
Electricidad solar térmica	282
Fotovoltaica	284
Eólica	287
Hidroeléctrica	291
Digestión anaeróbica	295
Fuel procedente de la madera (biomasa)	297
Biofuel líquido	302
Planificación y consultoría	304
Bibliografía	310

Listado de tablas

Tabla 15.1.	Tarifas fijadas para el 2006
Tabla 15.2.	Producción de electricidad renovable en España en 1997 y 2004 en Gwh
Tabla 15.3.	Producción de calor renovable en España en 1997 y 2004 en Ktoe
Tabla 15.4.	Producción de biofuel en España en 1997 y 2005 en Ktep
Tabla 15.5.	Energía solar 2004 - 2010 (m ²)
Tabla 15.6.	Objetivos 2010 para la electricidad solar térmica (en Mw. Columna derecha) por comunidad autónoma (columna izquierda) (IDAE)
Tabla 15.7.	Energía fotovoltaica 2004 - 2010)
Tabla 15.8.	Energía eólica 2004 - 2010)
Tabla 15.9	Capacidad minicentrales hidroeléctricas y objetivo 2010 (MW) (IDEA)
Tabla 15.10	Potencia minicentrales hidroeléctricas (10-50 MW), (MW) (IDEA)
Tabla 15.11.	Plantas de biogás existentes por capacidad instalada
Tabla 15.12.	Proyectos operativos de digestión anaeróbica (2004) (IDEA)
Tabla 15.13.	Residuos forestales en toneladas de crudo equivalente (columna del medio) por comunidad autónoma (columna izquierda) y participación en el total nacional (IDAE)

Tabla 15.14 Plantas de biomasa existentes según capacidad instalada

Tabla 15.15 Fábricas de biocombustible en España (2004)

Listado de gráficos

Gráfico 15.1. Potencia instalada en el 2003 comparada con potencia prevista en el 2020 (FORRES)

Gráfico 15.2. Sumatorio anual de la radiación global en España

Gráfico 15.3. Crecimiento y previsiones del Mercado español (ASIT)

Gráfico 15.4. Capacidad PV anual instalada (en MWp) y capacidad acumulada (en MWp) (IDAE)

Gráfico 15.5. Niveles de precios de la energía fotovoltaica en la UE-15 en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)

Gráfico 15.6. Potencial de la energía eólica en Europa occidental (Atlas Europeo del Viento)

Gráfico 15.7. Capacidad anual eólica instalada (en MW y capacidad acumulada (en MW) (IDAE)

Gráfico 15.8. Niveles de precios para la energía eólica en la UE-15 en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)

Gráfico 15.9. Desarrollo histórico de los costes de investigación para la energía eólica (IDEA)

Gráfico 15.10. Niveles de precios para la electricidad procedente de minicentrales hidroeléctricas en la UE-15 en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)

Gráfico 15.11. Niveles de precios de la electricidad producida con biogás en la UE-15 en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)

Gráfico 15.12. Potencial de la biomasa sólida por fuentes

Gráfico 15.13. Niveles de precios de la electricidad procedente de residuos forestales en la UE 15 en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea)

Políticas y Legislación

En este capítulo se expone una visión general de las políticas y legislación de interés para la producción de electricidad renovable (ER-E), calor renovable (ER-C) y biofuel.

Objetivos

Este capítulo debería de informarle de las políticas y de la legislación más relevantes de las energías renovables en España. Después de leer estas páginas debería ser capaz de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Existen objetivos nacionales para las energías renovables?;
- ¿Existe un objetivo global o son objetivos específicos para cada uno de los sectores: electricidad, calefacción y biocarburantes?;
- ¿Son estos objetivos a corto o a largo plazo?;
- ¿Existe algo parecido a una estrategia nacional de energías renovables?;
- ¿Qué clase de instrumentos de apoyo se han habilitado para los diferentes sectores: tarifas reguladoras o primas, obligaciones de cuota, subvenciones a la inversión o exenciones fiscales?;
- En pocas palabras, ¿cuál es el estado del mercado de energías renovables?;
- ¿Cuáles son las instituciones clave más importantes?

Objetivos del Plan de Energías Renovables

En el año 1997 el Gobierno español fija el objetivo de alcanzar el 12% del total del consumo energético con energías renovables para el año 2010. Dicho objetivo se incluye en la Ley de la Electricidad (54/97). El Plan de Fomento de Energías Renovables 2000-2010 (1999) se publica con el fin de desarrollar las medidas necesarias para la consecución del objetivo del 12%.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

El objetivo para la energía renovable generadora de electricidad que ha de ser alcanzado en el 2010 por España de acuerdo a la Directiva Europea sobre electricidad renovable es del 29,4% del total del consumo energético.

El Plan Revisado de Energías Renovables (Agosto de 2005) fija nuevos objetivos para el 2010, que incluyen a la energía eólica (20.155 MW), a la fotovoltaica (400 MW), a la solar térmica (4,9 millones de m²), a la solar térmica eléctrica (500 MW) y a la biomasa (1.695 MW).

No se han establecido objetivos para el biocombustible en el informe español remitido de acuerdo con la Directiva Europea sobre Biocarburantes. En él se menciona que el valor de referencia del objetivo nacional para los biocombustibles en el sector del transporte es del 0,4% a 31 de diciembre de 2005, cifra más baja que el 2% objetivo indicado por dicha Directiva.

Situación del Mercado de las Energías Renovables

En el año 1997 España introdujo un programa ambicioso para el apoyo de las ER, cuya consecuencia ha sido un enorme aumento de la capacidad, especialmente de la procedente de la energía eólica. Las tarifas reguladas y las de prima garantizan una alta transparencia y certeza al mercado y son por lo tanto las principales catalizadoras de dicho crecimiento.

El crecimiento del sector eólico ha sido impresionante. Sin embargo la biomasa precisa todavía de una política integral que reconozca su valor añadido en el desarrollo rural y medioambiental. Las centrales mini hidráulicas tienen que vencer obstáculos burocráticos. Desde el año 2005 es obligatoria la instalación de paneles solares fotovoltaicos o térmicos en todos los proyectos de viviendas, tanto si se trata de viviendas de primera construcción como si se trata de proyectos de rehabilitación (obligación solar).

Principales políticas de apoyo

Electricidad renovable

La Ley Española de Energías Renovables (Real Decreto 436/04, modificado por el nuevo Real Decreto 661/2007)) obliga a los operadores a comprar electricidad proveniente de energías renovables. Los productores de ER pueden elegir entre una tarifa regulada y una

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

prima. Aparte de ello se otorgan subvenciones a la inversión inicial. Las tarifas se especifican para las plantas que producen como mucho 50 Mw.

Las tarifas reguladas y de prima para cada tipo de energía renovable se calculan como porcentaje de una tarifa estándar, la “Tarifa Media de Referencia” (TMR), que se determina anualmente mediante Real Decreto. Por ejemplo:

Para las instalaciones fotovoltaicas <100 Kw se recibe una tarifa regulada del 575% de la TMR, que en el 2006 es de 7,6658 €/Kwh; mientras que en la electricidad proveniente de la combustión de residuos sólidos urbanos recibe una tarifa regulada del 70% de la TMR.

Se adjunta a continuación un cuadro descriptivo de dichas tarifas para el 2006:

Tecnología	2006	
	fija (€/MWh)	prima (€/MWh)
Fotovoltaica < 100 kWp	440.4	x
Fotovoltaica > 100 kWp	229.8	199.1
Solar térmica	229.8	199.1
Eólica	68.9	38.3
Geotérmica < 50 MW	68.9	38.3
Mini hidroeléctrica < 25 MW	68.9	38.3
Hidroeléctrica 25-50 MW	61.3	30.6
Biomasa (biocultivos, biogás)	68.9	38.3
Residuos agrícolas y forestales	61.3	30.6
Residuos sólidos municipales	53.6	23.0

Tabla 15.1 Tarifas reguladas fijas y de prima para el 2006

No se ha fijado límite temporal para las tarifas, pero éstas se verán reducidas o bien a los 15, a los 20 o a los 25 años, dependiendo de la tecnología.

Calefacción renovable

En marzo de 2006 España introdujo el denominado Código Técnico de la Edificación (CTE), que incluye la obligación de cubrir entre el 30 y el 70% de la demanda doméstica de agua caliente con energías renovables, tanto en nuevos edificios como en reformas.

El porcentaje objetivo depende del volumen de demanda de agua caliente y del emplazamiento geográfico del edificio. Los grandes edificios del sector terciario (como por ejemplo las oficinas $>4.000 \text{ m}^2$) también estarán obligadas a ello.

Existen algunas excepciones para edificios que o bien satisfacen su demanda de agua caliente doméstica con otras fuentes de energías renovables o edificios demasiado umbríos.

Biocombustibles

Se ha establecido una exención total de impuestos hasta el 2012 para los biocombustibles. Puede que se reajuste para prevenir sobrecompensación.

Otras políticas de apoyo

Las subvenciones para las tecnologías energéticas renovables se lanzan periódicamente a nivel nacional por el Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), que aparte también gestiona una herramienta para la cofinanciación de ER en colaboración con el Instituto de Crédito Oficial (ICO). La elegibilidad de las fuentes de ER varía de acuerdo con las disposiciones específicas. A nivel regional las Comunidades Autónomas también promueven y apoyan acciones que varían en función de de sus propias prioridades y que generalmente apoyan la inversión inicial a fondo perdido. A nivel municipal existen también otras disposiciones adicionales, generalmente la exención de tasas municipales. Estas ayudas no son excluyentes: los proyectos pueden recibir subvenciones provenientes de una o más disposiciones.

Elementos clave

- Acciones de apoyo transparentes y tarifas fijas que facilitan una elevada certeza para el inversor.
- Los cambios debidos a la liberalización del sector causan incertidumbre.
- Hasta el momento las tarifas “feed-in” para la biomasa han sido demasiado bajas como para lograr un aumento en la capacidad.

La nueva obligación termosolar es una política muy ambiciosa con un gran potencial para estimular el mercado termosolar en el país.

Organizaciones/Asociaciones nacionales de interés

APPA – Asociación de Productores de Energías Renovables
www.appa.es

Revista Energías Renovables
www.energias-renovables.com

IDAE – Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético
www.idae.es

Ministerio de Economía y Hacienda
www.mineco.es

Agencias de Energía regionales

AEMPA - Agencia Energética Municipal de Pamplona
www.aempa.com

AGECAM – Agencia de Gestión de la Energía de Castilla – La Mancha
www.agecam.es

AGENEX - Agencia Extremeña de la Energía
www.agenex.org

ARGEM - Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia: www.argem.es

AVEN – Agència Valenciana de l'Energia
www.aven.es

CAEEM –
Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de la Comunidad de Madrid
www.madrid.org

EREN – Ente Regional de la Energía (Castilla y Leon)
www.jcyl.es/jcyl-client/jcyl/cee/eren

EVE - Ente Vasco de la Energía (Bask Country)
www.eve.es

FAEN - Fundación Asturiana de la Energía
www.faen.es

ICAEN – Catalan Energy Agency
www.icaen.net

INEGA - Instituto Enerxético de Galicia
www.inega.es

SODEAN - Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía
www.sodean.es

Visión general de las tecnologías ER

Objetivos

Con la lectura de este apartado debería de familiarizarse con la situación a escala nacional de las diferentes fuentes de energía renovable y ser capaz de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las tecnologías más relevantes en términos de capacidad actual y aquéllas con mayor potencialidad en el futuro?
- ¿Qué tecnologías tienen el potencial de contribuir en mayor grado al aumento en la utilización de las energías renovables?
- ¿Cuáles son las características más importantes de las diferentes tecnologías?

Visión general de la capacidad y de la potencia instaladas

En esta sección se repasa la capacidad y potencia instaladas de todas las fuentes de energía renovable, tanto para la producción de energía como para la producción de calor, así como la de los biocombustibles. La interpretación y detalles ulteriores sobre las cifras se pueden consultar en el apartado de cada tecnología.

Tecnología FER-E	1997 [GWh]	2004 [GWh]	Crec. medio anual [%]
Biógas	139	825	29%
Biomasa sólida	672	2,193	18%
Biocombustibles	273	587	12%
Electricidad geotérmica	0	0	-
Centrales hidroeléctricas	30,771	27,019	-2%
Minicentrales hidroeléctricas	4,007	5,198	4%
Fotovoltaica	3	57	54%
Térmica	742	15,056	54%
Total	36,607	50,935	5%

Tabla 15.2. Producción de electricidad renovable en España en 1997 y en 2004 en Gwh

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

	Penetración 1997 (ktoe)	Penetración 2004 (ktoe)	Crec. medio anual [%]
Biomasa	3262	3453	1%
Termosolar	25	54	12%
Geotérmica, incl. bombas de calor	7	8	4%

Tabla 15.3. Producción de calor renovable en España y en 2007 en ktoe

	Penetración 1997 (ktoe)	Penetración 2005 (ktoe)	Crec. medio anual [%]
Biocombustibles líquidos	0	218	-

Tabla 15.4. Producción de biocombustibles en España en 1997 y 2005 en ktoe

Fuente: Euro-observatorio. Informes de los países miembros, Eurostat, estadísticas nacionales, asociaciones industriales y otras fuentes.

En el siguiente gráfico se compara la potencia ya instalada en el 2003 con el crecimiento previsto hasta el 2020. Para el cálculo de este último dato se ha asumido que las políticas que han demostrado mayor éxito se aplican en todos los estados miembros. Entre las barreras al crecimiento de las ER podemos destacar las restricciones espaciales, los mercados con falta de transparencia o la falta de aceptación social de las nuevas instalaciones.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

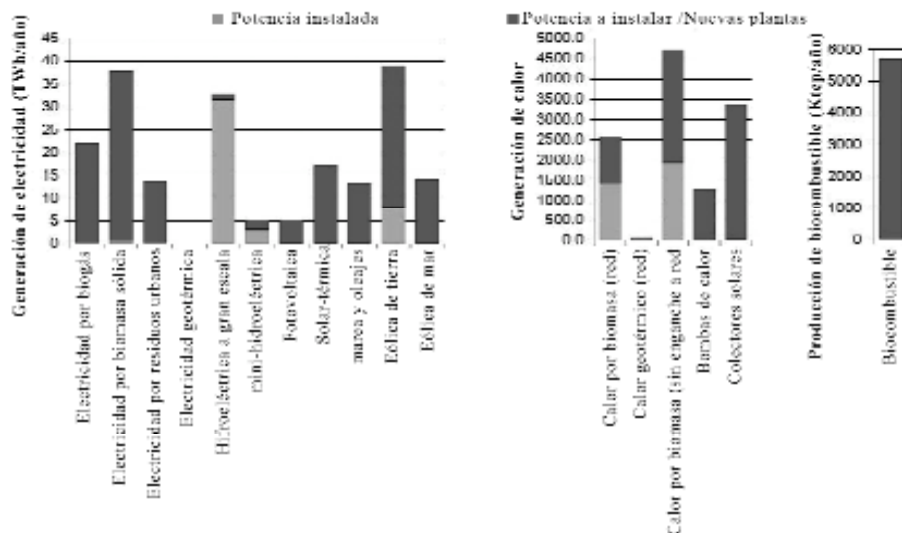


Gráfico 15.1. Potencia instalada en el 2003, comparada con la prevista en el 2020 (FORRES)

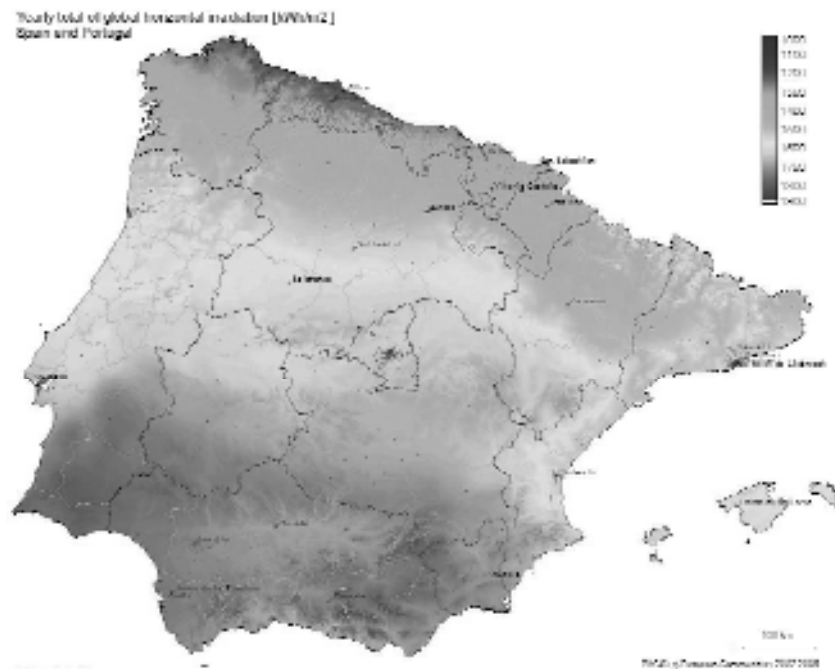
Calor solar

Antecedentes

A pesar de la enorme potencialidad de la energía solar en España, la capacidad termosolar instalada en España está por debajo de la media europea. Sin embargo, la “obligación solar”, que ha entrado en vigor en septiembre de 2006, va a contribuir significativamente al aumento de la penetración de esta energía en nuestro país.

Potencial

Se estima que el potencial de la energía termosolar en España para el 2020 sea de alrededor de 3.300 ktep. El siguiente gráfico nos muestra la radiación solar sobre una superficie horizontal.



(Total de irradiación horizontal global anual. España y Portugal)

Gráfico 15.2. Montante anual de irradiación global en España (PVGIS)

Capacidad instalada

En el año 2004 se han producido 54 ktep de energía termosolar, lo que representa menos de un 2% del potencial de esta energía. El siguiente cuadro nos muestra el desarrollo histórico del mercado español de energía termosolar en términos de capacidad. El factor de conversión entre la recolección en superficie y la capacidad es de $0,7 \text{ Kwh/m}^2$ (ESTIF).

Crecimiento y previsiones del mercado español 1998.2010 (KWth instalados/año, KWth acumulados)

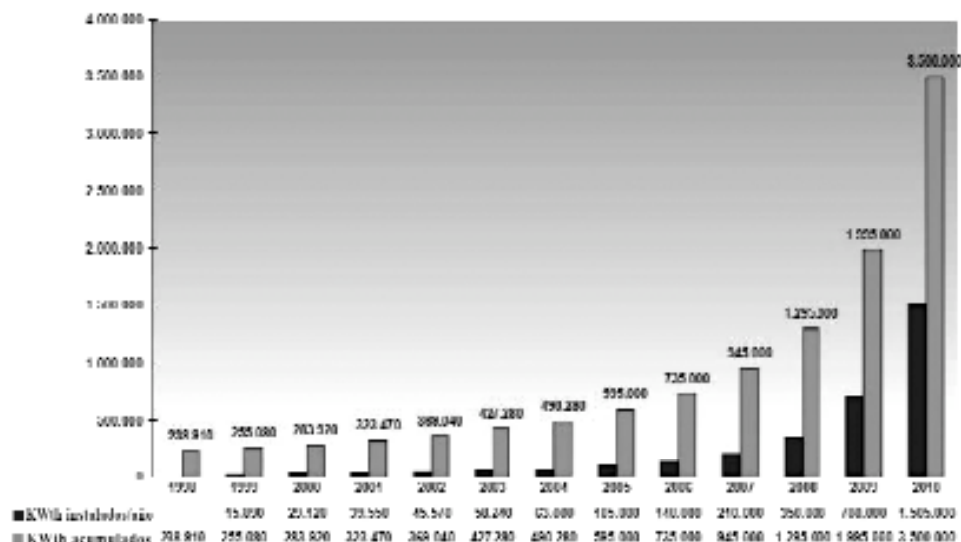


Gráfico 15.3. Crecimiento y perspectivas del mercado español (ASIT)

Rasgos distintivos de esta tecnología en nuestro país

En concreto se está apoyando la generación de este tipo de energía en edificios (a través de la “obligación solar” para nuevas edificaciones y rehabilitaciones).

Principales políticas y legislación a nivel nacional de esta tecnología

España es el primer país europeo en adoptar la “obligación solar” para edificaciones, a fin de garantizar un mínimo uso de esta energía solar (térmica o fotovoltaica) en nuevas edificaciones o rehabilitaciones. El Código Técnico de Edificaciones (CTE) (RD 314/06) apuesta por el suministro de entre el 30 y el 70% del agua caliente doméstica demandada a través de este tipo de energías. Esta energía es aplicable tanto a edificaciones de uso particular como a los edificios del sector terciario que superen los 4.000 m². Existen excepciones a la norma para aquellas edificaciones que usen otro tipo de energías renovables o para aquellas localizadas en lugares muy sombríos.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Se concede una subvención a la inversión de un 36,4% (Plan de Fomento de Energías Renovables (1999-2010)).

La superficie de recogida instalada en el 2004, la esperada para el 2010, así como los objetivos para el 2020 por comunidad autónoma quedan recogidos en la siguiente tabla.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN ACTUAL 2004 (m ²)	INCREMENTO 2005 - 2010 (m ²)	SUPERFICIE EN 2010 (m ²)
ANDALUCÍA	213.239	910.398	1.123.637
ARAGÓN	6.686	85.892	92.578
ASTURIAS	9.022	41.810	50.832
BALEARES	78.362	358.474	436.836
CANARIAS	95.731	382.954	478.685
CANTABRIA	1.501	20.856	22.357
CASTILLA Y LEÓN	34.646	257.227	291.873
CASTILLA - LA MANCHA	7.845	294.666	302.511
CATALUÑA	82.358	489.523	571.881
EXTREMADURA	3.310	168.181	171.491
GALICIA	8.911	52.900	61.811
MADRID	56.204	380.123	436.327
MURCIA	19.321	143.903	163.224
NAVARRA	12.473	77.405	89.878
LA RIOJA	204	20.856	21.060
COMUNIDAD VALENCIANA	58.199	389.260	447.459
PAÍS VASCO	4.849	125.572	130.421
TOTAL (m²)	700.433	4.200.000	4.900.433

FUENTE: IDAE. No regionalizados: 7.572 m²

Figura 13. Objetivos solar térmica para el año 2010. Datos propios

Tabla 15.5 Energía solar (IDAE) (2004 - 2010)

Electricidad termosolar

Antecedentes

Este tipo de energía está todavía en sus primeros estadios. No existen instalaciones operativas a nivel comercial en Europa por el momento. Los primeros tres proyectos piloto en España están por el momento en fase de desarrollo.

Potencial nacional

Se estima que el potencial termosolar de generación de electricidad será de 17 TWh/año para el 2020. En la sección 2.2. se puede consultar el mapa de irradiación solar del país.

Capacidad nacional instalada

No existen por el momento instalaciones comerciales operativas. Sólo existen proyectos piloto en España.

Rasgos distintivos de esta tecnología en nuestro país

La electricidad termosolar se encuentra todavía en una fase inicial de desarrollo. Los primeros tres proyectos piloto españoles (Andasol I, Andasol II y PS 10) se encuentran en fase de desarrollo, con una capacidad total de 110 MW.

El Instituto líder en Europa en el campo de generación de electricidad termosolar es la Plataforma Solar de Almería, que se encuentra situado al sureste de España.

El RD 436/04 marca por primera vez tarifas (“feed-in” y “Premium”) para la electricidad solar generada por instalaciones termosolares.

Barreras para su desarrollo

Las tarifas reguladas y de prima han sido definidas solamente para los primeros 200 MW instalados. Este límite es una seria barrera una vez que se realicen los primeros proyectos. Asimismo podría haber carencia de proveedores para los componentes.

Políticas y legislación a nivel nacional relacionadas con la tecnología

Se muestran a continuación los objetivos para el 2010 por comunidad autónoma.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

COMUNIDAD AUTÓNOMA	POTENCIA (MW)
ANDALUCÍA	300
ARAGÓN	
ASTURIAS	
BALEARES	
CANARIAS	
CANTABRIA	
CASTILLA Y LEÓN	50
CASTILLA - LA MANCHA	50
CATALUÑA	
EXTREMADURA	50
GALICIA	
MADRID	
MURCIA	50
NAVARRA	
LA RIOJA	
COMUNIDAD VALENCIANA	
PAÍS VASCO	
TOTAL	500 MW

Tabla 15. 6 Objetivos 2010 para la electricidad termosolar (en MW,) por comunidad autónoma (IDAE).

Subvenciones gubernamentales

La electricidad termosolar es elegible para las la tarifa reguladas y de prima En la actualidad el montante está fijado en 230 €/MWh para la tarifa regulada y en 199 €/MWh para la de prima.

Casos de estudio

Se puede encontrar una descripción de las tecnologías utilizadas en el sitio web del centro de investigación “Plataforma Solar de Almería” <http://www.psa.es>

Fotovoltaica

Antecedentes

España es una de los líderes globales en energía fotovoltaica. En términos absolutos, el mercado español de energía fotovoltaica es el segundo mayor de Europa, por detrás de Alemania. La capacidad instalada en España en el 2005 era de 58 MWp. La capacidad instalada per cápita era de 1,4 Wp/por habitante. Por otra parte la industria española es una de las líderes en este sector en el mundo, produciendo alrededor del 30% del mercado europeo.

El Plan de Energías Renovables 2005-2010 establece el objetivo de alcanzar los 400 MWp en el 2010.

Potencial nacional

El potencial nacional de producción energética fotovoltaica se estima en alrededor de 5 TWh/año hasta el 2020. Consultar apartado 2.2. para ver un mapa de irradiación solar en el país.

Capacidad nacional instalada

La producción eléctrica proveniente de este tipo de energía ha experimentado un fuerte incremento durante los últimos años hasta alcanzar los 57 GWh en el 2004, pero está todavía a un nivel bajo comparándolo con su potencial.

En el gráfico que se muestra a continuación se puede observar el desarrollo de la capacidad instalada hasta el 2004.

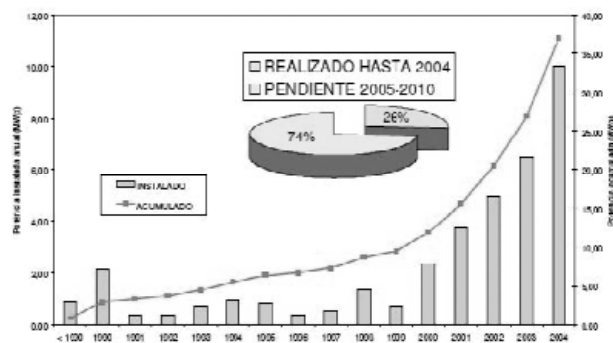


Gráfico 15.4.
Capacidad fotovoltaica instalada (en MWp) y capacidad acumulada (en MWp) (IDAE).

Rasgos distintivos de esta tecnología en nuestro país

Tradicionalmente los sistemas fotovoltaicos aislados han tenido una mayor aplicación en España que en la mayoría de los estados miembros. Sin embargo, en los últimos años el mayor crecimiento corresponde a aquéllos que enganchan con la red. Hoy en día alrededor de las dos terceras partes de la capacidad instalada está conectada a red.

Política y legislación relevante a nivel nacional

Se puede observar en la siguiente tabla la capacidad instalada de energía fotovoltaica en el año 2004 y el nivel objetivo para el 2010 por comunidad autónoma.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN ACTUAL 2004 (MWp)	INCREMENTO 2005 - 2010 (MWp)	POTENCIA EN 2010 (MWp)
ANDALUCÍA	7,86	43,38	51,24
ARAGÓN	0,67	16,08	16,75
ASTURIAS	0,34	8,93	9,27
BALEARES	1,33	16,41	17,74
CANARIAS	1,20	16,01	17,21
CANTABRIA	0,07	9,14	9,21
CASTILLA Y LEÓN	2,73	25,60	28,33
CASTILLA - LA MANCHA	1,78	11,64	13,42
CATALUÑA	4,11	52,48	56,59
EXTREMADURA	0,51	12,85	13,36
GALICIA	0,51	23,49	24,00
MADRID	2,38	29,33	31,71
MURCIA	1,03	19,03	20,06
NAVARRA	5,44	14,20	19,64
LA RIOJA	0,15	9,08	9,23
COMUNIDAD VALENCIANA	2,83	31,25	34,08
PAÍS VASCO	2,40	23,70	26,10
NO REGIONALIZABLE	0,77	-	0,77
TOTAL (MW)	37	363	400

Tabla 15.7 Capacidad acumulada de energía fotovoltaica en el 2004, y prevista hasta el 2010. (IDAE).

Subvenciones gubernamentales

La electricidad fotovoltaica es elegible para las tarifas reguladas y de prima. En la actualidad la tarifa para las instalaciones que superan los 100 KWp de capacidad instalada está fijada alrededor de los 230 €/MWh para la tarifa regulada y en los 199 €/MWh para la de prima. Para las instalaciones que no superan esta potencia sólo aplica la tarifa regulada, que está fijada en alrededor de 400 €/MWh.

Viabilidad financiera

Recientemente se ha analizado la viabilidad financiera de algunas tecnologías renovables productoras de electricidad en todos los estados miembros mediante un proyecto de investi-

gación financiado por la UE. A la hora de comparar costes y niveles de apoyo entre los diferentes países, hay que asegurarse de que las cantidades que se manejen sean comparables. En particular, el nivel de apoyo en cada país precisa ser normalizado de acuerdo a la duración de dicho apoyo en cada país, p.ej. la duración de los certificados verdes en Italia es de 12 años, mientras que las tarifas reguladas alemanas lo son por un periodo de 20 años. El nivel de apoyo para cada instrumento ha sido por lo tanto normalizado a un periodo común de 15 años. La conversión entre la duración específica de cada país y el apoyo normalizado de 15 años se ha realizado a un 6,6% de tipo de interés.

En el siguiente cuadro adjunto se muestran los rangos de precios (apoyo a medio a apoyo tope) de los apoyos directos para la energía fotovoltaica en la UE-15 (las tarifas medias son indicativas), comparándolos con los costes marginales a largo plazo (costes de mínimo a medios). Mediante este cuadro se observa que los proyectos eficientes podrían ser viables.

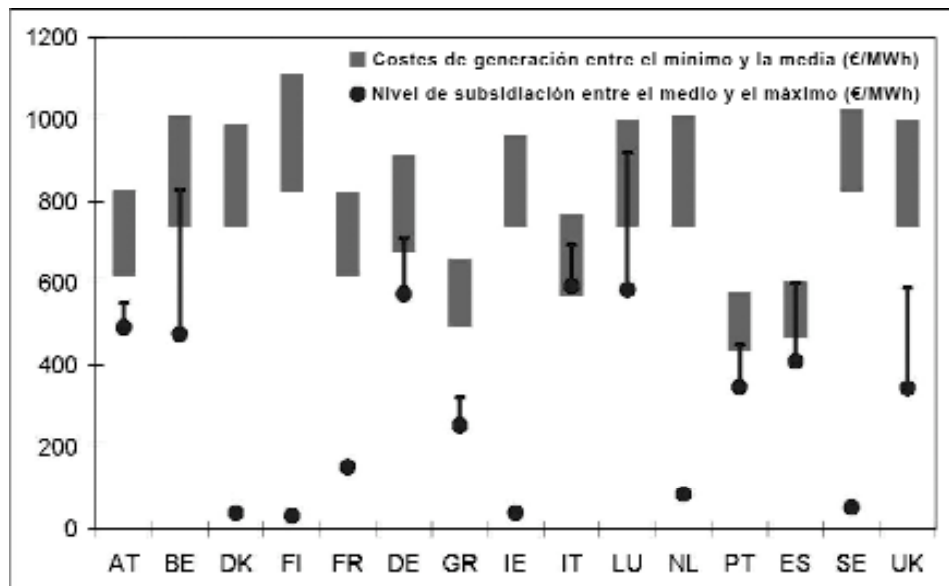


Gráfico 15.5 Rangos de precios para la energía fotovoltaica en la UE-15. Estados miembros. Niveles de subsidiación (Comisión Europea 2005)

Eólica

Antecedentes

En los últimos años la energía eólica ha experimentado un extraordinario crecimiento en España, que se ha convertido en líder a escala global. Sólo Alemania ofrece cifras superiores. La capacidad de energía eólica instalada en España a finales del 2005 era de 10.027 MW. Este extraordinario crecimiento ha sido posible gracias a las ventajosas condiciones de viento del país, unidas a unas políticas de apoyo muy atractivas, tanto a nivel nacional como regional.

Potencial nacional

Se estima que el potencial de energía eólica terrestre en alrededor de 38 TWh/año hasta el 2020. El potencial marino se estima en alrededor de 18 TWh/año. En el gráfico adjunto se muestran las condiciones de viento en España, en comparación con otros territorios de Europa occidental.

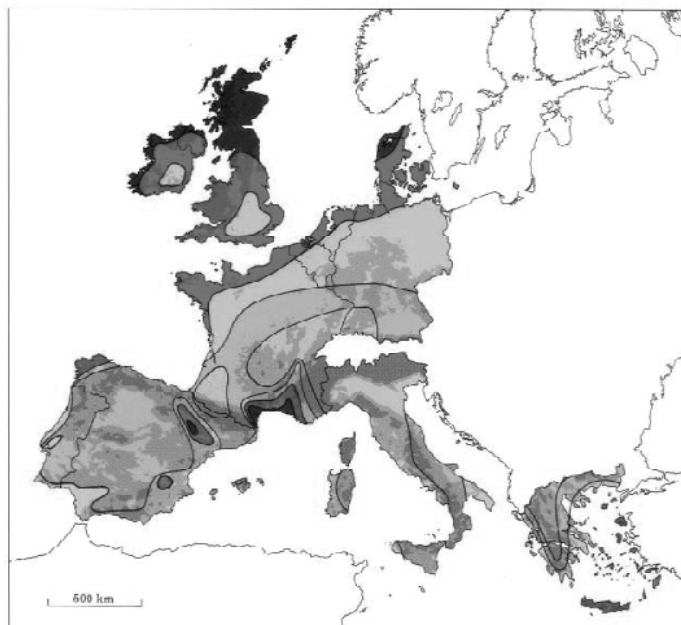


Gráfico 15.6. Potencial de viento en Europa occidental (Atlas europeo del viento)

Wind resources ¹ at 50 metres above ground level for five different topographic conditions									
Sheltered terrain ²		Open plain ³		At a sea coast ⁴		Open sea ⁵		Hills and ridges ⁶	
m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²
> 6.0	> 230	> 7.0	> 300	> 8.0	> 700	> 9.0	> 800	> 11.0	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

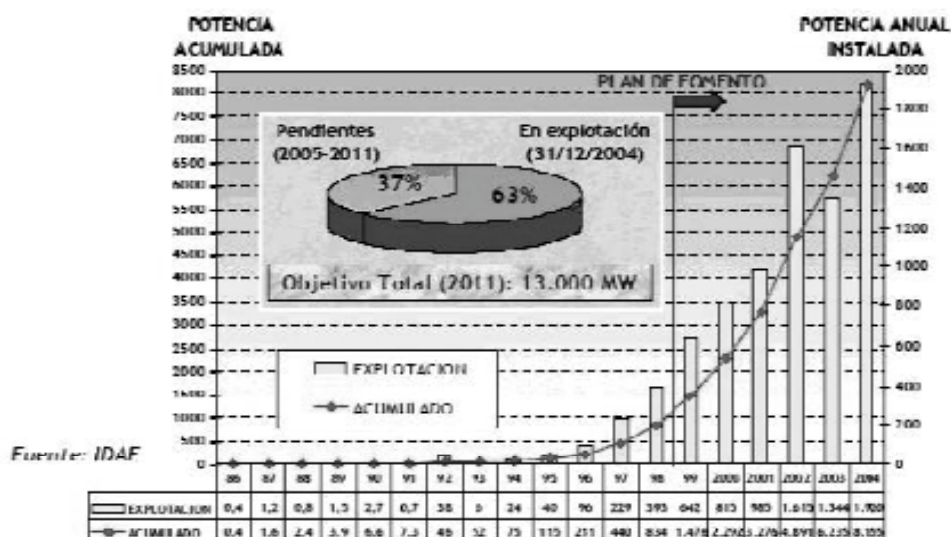
**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Potencia nacional instalada

El crecimiento de la producción de energía eólica en España ha sido espectacular, convirtiendo al país en uno de los que han experimentado mayor crecimiento anual de la capacidad instalada a nivel mundial. El desarrollo tanto de la capacidad adicional como de la acumulada se puede observar en la tabla adjunta. En el año 2004 se producían ya alrededor de 15 GWh.



Sector Eólico -Figura 4. Evolución de la potencia eólica instalada en España, y situación del cumplimiento del objetivo prevista en la Planificación Sectorial de Electricidad al 2011.

Gráfico 15.7. Capacidad eólica anual instalada (en MW) y capacidad acumulada (en MW) (IDAE).

Rasgos distintivos de esta tecnología en nuestro país

España tiene tanto condiciones favorables como áreas inmensas y muy escasamente pobladas, lo que favorece su desarrollo. Todo ello, unido a políticas muy favorables, ha redundado en un crecimiento extraordinario, así como en el florecimiento de una industria propia.

Barreras para su desarrollo

Se espera que en los años venideros continúe el alto nivel de desarrollo. Las principales barreras en el futuro más próximo tienen que ver con la red: el principal reto será cómo hacer frente a una mayor proporción de energía procedente del viento en la red eléctrica, así como al desarrollo de nuevas infraestructuras de red, que serán necesarias para el establecimiento

de parques eólicos en áreas remotas.

La falta de regulación de la energía eólica marina hace que su desarrollo sea complicado. Por el momento no existen parques eólicos costeros. Por otro lado la tarifa de este tipo de energía es idéntica a la terrestre, en tanto que los costes de inversión son considerablemente mayores. Por último este tipo de parques encuentra una fuerte oposición entre las asociaciones medioambientales.

Política y legislación relevantes a nivel nacional

En la siguiente tabla se muestran tanto la penetración del 2004 como el objetivo para el 2010 por comunidad autónoma.

ÁREA EÓLICA			
Comunidad Autónoma	Situación Año 2004 (MW)	Incremento 2005-2010 (MW)	Potencia al 2010 (MW)
ANDALUCÍA	150	1.850	2.000
ARAGÓN	1.154	1.246	2.400
ASTURIAS	145	305	450
BALEARES	3	47	50
CANARIAS	139	491	630
CANTABRIA	-	300	300
CASTILLA Y LEÓN	1.543	1.157	2.700
CASTILLA LA MANCHA	1.534	1.066	2.600
CATALUÑA	94	906	1.000
EXTREMADURA	225	225	225
GAUCIA	1.830	1.570	3.400
MADRID	-	50	50
MURCIA	49	351	400
NAVARRA	854	546	1.400
LA RIOJA	356	144	500
COMUNIDAD VALENCIANA	21	1.579	1.600
PAÍS VASCO	85	165	250
TOTAL AÑO 2010	8.155 MW	12.000 MW	20.155 MW

Tabla 15.8. Energía eólica (2004 - 2010)

Apoyos gubernamentales

La producción energética eólica es elegible para las tarifas reguladas y de prima. La tarifa regulada está fijada en 69 €/MWh mientras que la tarifa de prima es de 38 €/MWh

Viabilidad financiera

En el siguiente gráfico se observa el rango de precios (de la media al tope máximo) del apoyo directo de la energía eólica terrestre en la UE-15 (las tarifas medias son indicativas), en comparación con los costes marginales a largo plazo (del mínimo al coste medio). Las cifras están normalizadas a 15 años. Para una explicación adicional del gráfico consultar la sección de viabilidad financiera de los proyectos fotovoltaicos.

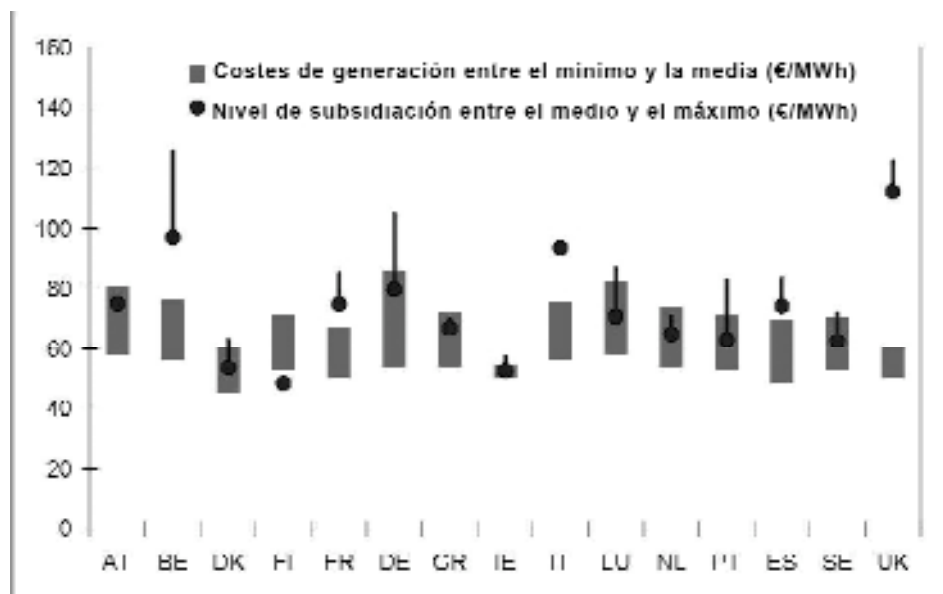


Gráfico 15.8. Rangos de precios para los proyectos eólicos en la UE-15 en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)

Según se puede apreciar en el gráfico la producción de energía eólica en España es muy viable.

Los costes de inversión, incluyendo el enganche a la red, han descendido desde los 1.600 €/2004/KW en 1986 a los 920 €

Durante los últimos años los costes de inversión han aumentado ligeramente, debido a la instalación de aerogeneradores con mayor potencia, que aún así tienen un coste unitario ligeramente mayor. La evolución histórica de los costes en nuestro país se puede observar en el siguiente gráfico (en €₂₀₀₄).

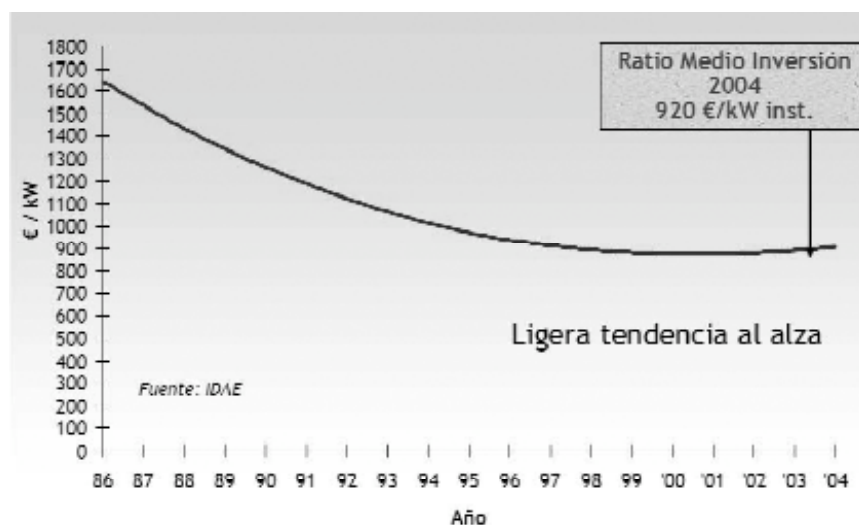


Gráfico 15.9. Evolución histórica de los costes de inversión de un proyecto eólico (IDAE) en España

Hidroeléctrica

Antecedentes

La tecnología hidroeléctrica es una tecnología madura, fruto de décadas de investigación, desarrollo y funcionamiento. Existen alrededor de 150 empresas en el sector, tanto en la fabricación de componentes, como en la instalación de los equipos o en su mantenimiento.

La potencia instalada crece lentamente, debido principalmente a barreras burocráticas y medioambientales.

Potencial nacional

El potencial nacional de este tipo de energía para el 2020 es de alrededor de 43 TWh/año, que está ya casi completamente explotado.

Potencia nacional instalada

En el año 2004 se generaban un total de 39 TWh de electricidad con este tipo de energía. Las grandes centrales representan la mayor proporción producción de electricidad limpia (un 53% en el 2004). Sin embargo las grandes hidroeléctricas no experimentan crecimiento alguno en la actualidad, mientras que por su parte las minihidroeléctricas entre 1997 y 2004 han crecido anualmente a un ritmo del 4%. Estas últimas suponen en la actualidad un 10% del total de generación de electricidad limpia en el 2004.

Rasgos distintivos de esta tecnología en nuestro país

España utiliza un sistema de medida diferente al de la UE para la clasificación de las centrales hidroeléctricas. En España se considera que aquéllas que no superan los 50 MW son centrales pequeñas, mientras que en la UE el límite está en 10MW.

Barreras para su desarrollo

Existen fuertes barreras burocráticas y medioambientales para el desarrollo de esta energía.

Política y legislación relevante a nivel nacional para esta tecnología

El objetivo para el 2010 es crear minicentrales que produzcan 450 MW (<10 MW) y centrales a pequeña escala por 360 MW (potencia entre 10 y 50 MW).

En la siguiente tabla se muestran la potencia instalada (2004) y la potencia objetivo (2010) de minicentrales (<10 MW) por comunidad autónoma.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

ÁREA MINIHIDRÁULICA (MENOR DE 10 MW)			
Comunidad Autónoma	Situación Año 2004 (MW)	Incremento 2005-2010 (MW)	Potencia al 2010 (MW)
ANDALUCÍA	198	30	228
ARAGÓN	194	40	234
ASTURIAS	90	10	100
BALEARES	0	0	0
CANARIAS	1	1	2
CANTABRIA	54	5	59
CASTILLA Y LEÓN	264	90	354
CASTILLA-LA MANCHA	105	40	145
CATALUÑA	232	50	282
EXTREMADURA	25	7	32
GALICIA	215	102	317
MADRID	46	3	49
MURCIA	18	4	22
NAVARRA	161	34	195
LA RIOJA	46	10	56
COMUNIDAD VALENCIANA	45	13	58
PAIS VASCO	55	11	66
TOTAL:	1.749	450	2.199

Tabla 15.9

Potencia de mini-centrales (<10 MW), (2004 - 2010) (en MW) (IDAE)

ÁREA HIDRÁULICA ENTRE 10 Y 50 MW			
Comunidad Autónoma	Situación Año 2004 (MW)	Incremento 2005-2010 (MW)	Potencia al 2010 (MW)
ANDALUCÍA	205	47	332
ARAGÓN	476	33	509
ASTURIAS	153	0	153
BALEARES	0	0	0
CANARIAS	0	0	0
CANTABRIA	43	0	43
CASTILLA Y LEÓN	378	65	443
CASTILLA-LA MANCHA	154	30	194
CATALUÑA	679	25	704
EXTREMADURA	112	0	112
GALICIA	432	86	518
MADRID	53	0	53
MURCIA	14	0	14
NAVARRA	20	28	48
LA RIOJA	0	0	0
COMUNIDAD VALENCIANA	69	46	115
PAIS VASCO	29	0	29
TOTAL:	2.897	360	3.257

Tabla 15.10

Potencia en pequeñas centrales hidroeléctricas (10-50 MW), (2004 - 2010) (en MW) (IDAE)

Apoyos gubernamentales

Las pequeñas centrales son elegibles para las tarifas reguladas y de prima. La tarifa regulada para las instalaciones inferiores a 25 MW es de 68,9 €/MWh, en tanto que la tarifa de prima para este tipo de instalaciones es de 38,3 €/MW. Para la instalación de centrales entre 25 y 50 MW de potencia instalada las tarifas son de 61,3 y 30,6 €/MWh respectivamente.

Viabilidad financiera

En el siguiente gráfico se observa el rango de precios (de la media al tope máximo) del apoyo directo de pequeñas centrales hidroeléctricas en la UE-15 (las tarifas medias son indicativas), en comparación con los costes marginales a largo plazo (del mínimo al coste medio). Para una explicación adicional del gráfico consultar la sección de viabilidad financiera de los proyectos fotovoltaicos.

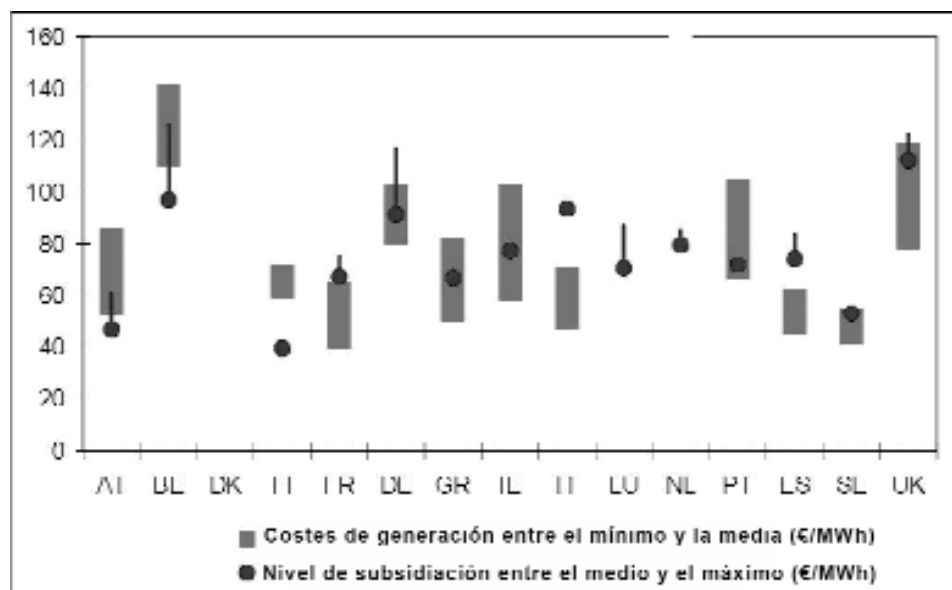


Gráfico 15.10. Rango de precios para la electricidad proveniente de pequeñas centrales hidroeléctricas en la UE 15, comparada con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)

Digestión anaeróbica

Antecedentes

La penetración de la digestión anaeróbica en España es muy escasa. Las principales razones son la ausencia de incentivos financieros y la falta de experiencia en este ámbito.

La producción de biogás ha aumentado en España últimamente, pero lo ha hecho básicamente gracias al biogás procedente de vertederos y aguas residuales y no al procedente de plantas de biogás.

Potencial nacional

El potencial nacional de producción eléctrica de todos los proyectos de biogás se estima en 22 TWh/año hasta el 2020.

Producción nacional instalada

En el 2004 se producían 800 GWh de electricidad con biogás. La potencia instalada era de 141 MWe, excluyendo el gas proveniente de vertederos. En la siguiente tabla se muestra el número de plantas de biogás clasificadas por potencia instalada.

Biogás (principalmente de vertederos y aguas residuales)	
	plantas
< 1 MW	40
1 - <5 MW	50
5 - <10 MW	10
10 - <20 MW	5
	105

Tabla 15.11 Plantas de biogás existentes por potencia instalada

En la siguiente tabla se pueden observar los sectores en los que la digestión anaeróbica podría cobrar relevancia. Por los datos podemos observar que hasta el momento no ha tenido ningún desarrollo en España.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Sector	Nº de proyectos	Penetración 2004 (energía primaria - toe)	Objetivo 2010 (energía primaria - toe)
Granjas	2	3,875	8,000
Deshechos industriales	1	1,798	40,000

Tabla 15.12. Proyectos operativos de digestión anaeróbica (2004) (IDAE)

Rasgos distintivos de la tecnología en nuestro país

La mayoría de las proyectos de biogás son de utilización de residuos urbanos o de aguas residuales. No existen prácticamente proyectos de residuos animales. Existen algunas plantas de biogás que se nutren de residuos agrícolas procedentes de invernaderos.

Barreras para su desarrollo

En vez de la digestión anaeróbica de estiércol se realiza a su secado con gas natural y después se procede a su combustión para la producción de electricidad. Tiene un mayor rendimiento económico. Por ello, la digestión anaeróbica del estiércol no es una opción interesante para los inversores.

Otra barrera importante para la digestión anaeróbica son los altos costes de inversión (alrededor de 1.500 €/KW) y tarifas demasiado bajas como para que se desarrolle el mercado.

Política y legislación relevantes a nivel nacional relacionadas con la tecnología

Los objetivos nacionales para la producción de electricidad procedente del biogás es de 235 MW para el 2010.

Apoyos gubernamentales

La producción eléctrica procedente de biogás es elegible para las tarifas reguladas y de prima. La tarifa fijada en la actualidad es de 69 €/MWh para la regulada y de 38 €/MWh para la de prima.

Viabilidad financiera

En el siguiente gráfico se observa el rango de precios (de la media al tope máximo) del apoyo

directo a biogás agrícola en la UE-15 (las tarifas medias son indicativas), en comparación con los costes marginales a largo plazo (del mínimo al coste medio). Para una explicación adicional del gráfico consultar la sección de viabilidad financiera de los proyectos fotovoltaicos.

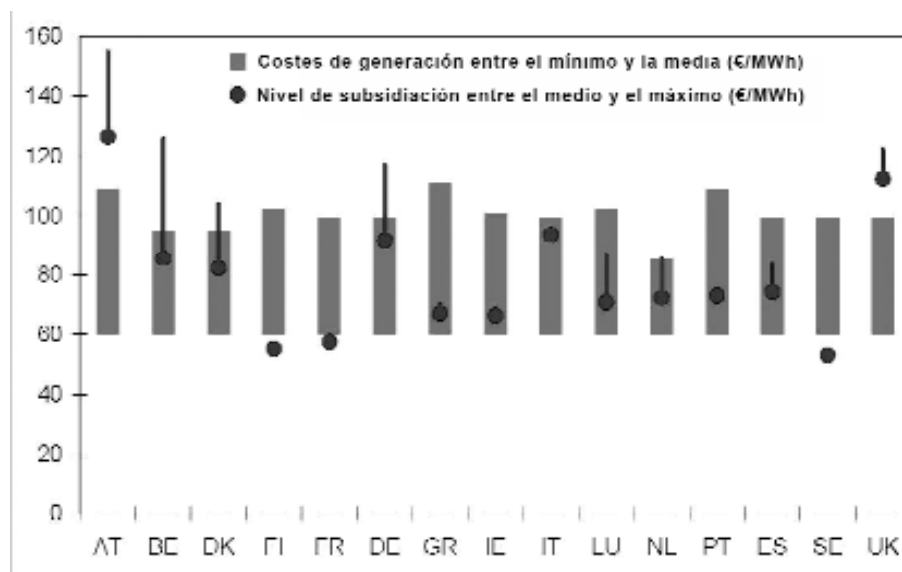


Gráfico 15.11. Rango de precios para la electricidad proveniente de biogás en la UE 15, comparada con los niveles de apoyo (Comisión Europea 2005)
De acuerdo con el gráfico se observa que sólo los proyectos más eficientes son viables.

Madera

Antecedentes

La biomasa ha ganado importancia durante los últimos cinco años, con un rápido crecimiento desde el 2001.

La biomasa procedente de la madera es la principal responsable de este desarrollo pero también otro tipo de biomasa como por ejemplo los 25 MW de la planta de Sangüesa, que se obtienen con paja o los 11MW de alpechín de la planta de Jaén u otros que se obtienen con residuos del algodón.

Las plantas para la combustión de biomasa son principalmente para producción eléctrica. Utilizan principalmente residuos de la industria agrícola. Se precisa de mayor apoyo por parte del sector público. El PER (Plan de Energías Renovables) identifica a esta tecnología como una de las que tienen mayores posibilidades en nuestro país.

Potencial nacional

El potencial de producción de calor procedente de biomasa sólida en el 2020 se estima en más de 7.000 ktep. El potencial de producción eléctrica es de casi 40 TWh/año. En la siguiente tabla se muestra el potencial de la biomasa sólida clasificado por tipo de fuente.

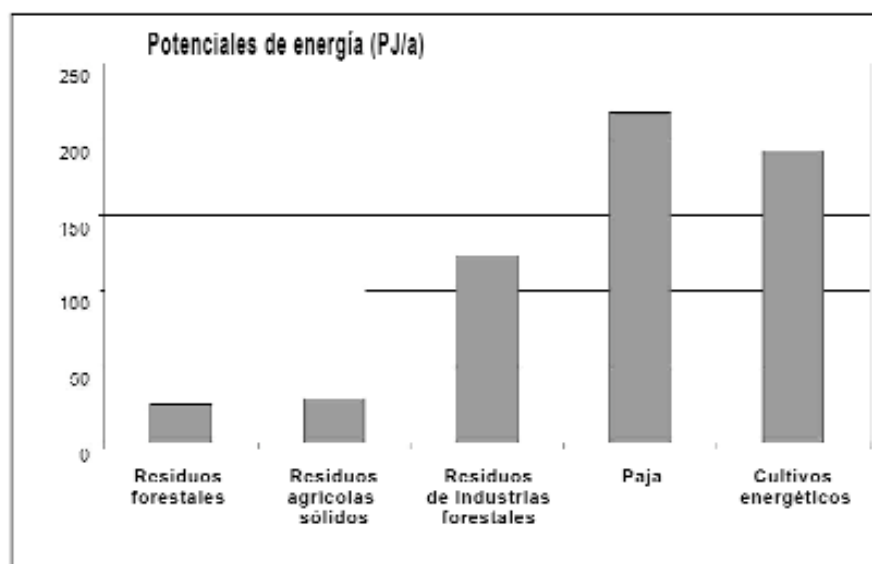


Gráfico 15.12. Potencial de biomasa sólida por tipo de recurso.

La distribución regional de los recursos es la siguiente:

- Residuos forestales: noroeste (Castilla-León y Galicia)
- Residuos agrícolas (p.ej. paja, algodón o residuos del vino, residuos agroindustriales: p. ej. del vino o del aceite): zona centro y sureste (Castilla La Mancha, Cataluña y Comunidad Valenciana).
- Residuos procedentes de las industrias agroforestales: sur (Andalucía).
- Paja: centro y sur (Castilla-La Mancha y Castilla-León)
- Cultivos energéticos: sur y centro (Andalucía, Aragón, Castilla-La Mancha y Castilla-León).

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Comunidad	Res. Forestales (tep)	Porcentaje
Andalucía	124.380	9,1%
Aragón	98.058	7,1%
Asturias	34.238	2,5%
Baleares	0	0,0%
Canarias	0	0,0%
Cantabria	25.823	1,9%
Castilla-La Mancha	113.156	8,2%
Castilla-León	367.668	26,8%
Cataluña	92.340	6,7%
Com. Valenciana	54.851	4,0%
Extremadura	134.338	9,8%
Galicia	220.461	16,1%
La Rioja	12.454	0,9%
Madrid	12.991	0,9%
Navarra	19.302	1,4%
País Vasco	34.239	2,5%
Región de Murcia	29.129	2,1%
TOTAL	1.373.428	

Tabla 15.13. Residuos forestales en toneladas equivalentes de petróleo por comunidad autónoma y proporción en el potencial nacional (IDAE)

Castilla-León y Galicia disponen conjuntamente de más del 40% de los residuos forestales de España.

Potencia nacional instalada

En el año 2004 se producían alrededor de 2.200 GWh de electricidad con biomasa sólida, con un crecimiento anual del 18% en los últimos años. La producción de calor de biomasa sólida se mantuvo con una producción de alrededor de 3.400 ktep en el 2004.

La capacidad de producción eléctrica instalada procedente de la biomasa sólida en el 2004 era de 344 MW, excluyendo la de co-combustión, las cifras en el 2005 alcanzan ya los 800 MW.

En la siguiente tabla se muestra el número de plantas de biomasa clasificadas por potencia.

Biomasa (combustión)	
	plantas
< 1 MW	5
1 - <5 MW	25
5 - <10 MW	20
10 - <20 MW	20
20 - 40 MW	10
	80

Tabla 15.14 Plantas existentes de biomasa por potencia instalada

Rasgos distintivos de la tecnología en el país

No hay un mercado establecido para la biomasa, así que los precios y las cantidades tienen que ser negociados directamente con los potenciales suministradores. Las posibles fuentes de biomasa son los granjeros locales, las almazaras, etc. El PER indica buena disponibilidad y calidad para los residuos forestales, la madera y los residuos agrícolas.

La mayoría de los operadores de plantas de combustión son industrias que producen biomasa o empresas creadas para suministrar energía por estas mismas compañías o por empresas relacionadas. Ejemplos de operadores independientes son:

- ENDESA – que gestiona dos plantas de 16 MW utilizando el alpechín
- Acciona Energía – que gestiona la planta de paja de Sangüesa de 25 MW, la de Tasola (4MW) y la de Pinasa (4MW).
- TAFISA TRADEMA – planta de cogeneración que utiliza residuos de la madera

Los proyectos lo desarrollan grandes empresas como HC Energía, Unión FENOSA, IBERDROLA, ENDESA y también compañías de ingeniería y constructoras como ABENGOA BIONERGÍA, SUFI, GHESA, IDOM, SINAIE (ahora HIDROCANTÁBRICO) y IBERESE.

Barreras para su desarrollo

Las plantas de biomasa no están alcanzando los niveles de beneficios esperados. Existe legislación y ayudas en cada comunidad autónoma. La falta de un mercado establecido de biomasa ha resultado en una alta volatilidad de los precios y de disponibilidad de las materias primas.

Una barrera muy importante en cuanto a los residuos forestales se refiere es la dificultad para garantizar el suministro en cantidades suficientes, o en calidades aceptables a un precio razonable. El suministro de residuos forestales es típicamente no-continuo.

Política y legislación relevante a nivel nacional relacionada con la tecnología

El plan revisado de energías renovables (PER) apuesta por un objetivo para la biomasa sólida para el 2010 de 2 GW (incluyendo alrededor de 720 MW de co-combustión). Las plantas con más de 50 MW de potencia instalada están obligadas a negociar su producción y suministro en el mercado libre.

Apoyos gubernamentales

La producción eléctrica de biomasa sólida es elegible para las tarifas reguladas y de prima. La tarifa regulada actual es de 69 €/MWh, en tanto que la de prima es de 38 €/MWh. ICO-DAE facilita préstamos a bajo tipo de interés para proyectos de energías renovables. Se podrían financiar hasta el 80% de los costes (1.700 €/Kw) para plantas de biomasa y 1.800 €/kW) para proyectos CHP.

Viabilidad financiera

En el gráfico adjunto se muestran los rangos de precios observa el rango de precios (de la media al tope máximo) del apoyo directo para producción de electricidad a través de biomasa procedente de residuos forestales en la UE-15 (las tarifas medias son indicativas), en comparación con los costes marginales a largo plazo (del mínimo al coste medio). Para una explicación adicional del gráfico consultar la sección de viabilidad financiera de los proyectos fotovoltaicos.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

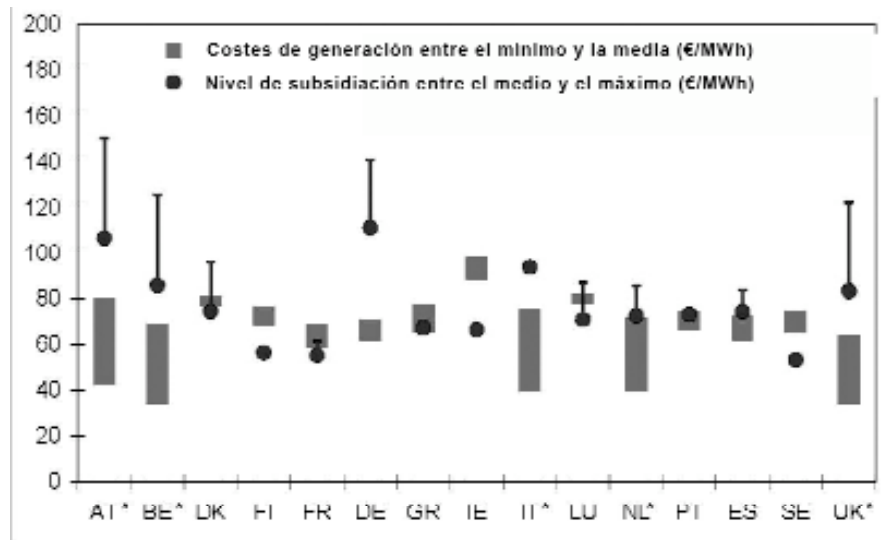


Gráfico 15.13. Rangos de precios para electricidad procedente de residuos forestales en la UE-15, en comparación con los niveles de apoyo (Comisión Europea)

Según se muestra en el gráfico gracias al apoyo MEP, que en la actualidad es discontinuo, era posible llevar a cabo proyectos viables de biomasa.

Organizaciones de interés en el sector de biomasa

ASERMA – Asociación española de recuperadores de la madera
www.aserma.org

AVEBIOM – Asociación para la valoración energética de la biomasa
www.avebiom.org

CONFEMADERA – Confederación española de empresarios de la madera.
www.confemadera.es

Biocombustibles líquidos

Antecedentes

En comparación con otros países europeos la producción de biocarburantes líquidos ha experimentado un incremento significativo en España durante los últimos cinco años.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

En el año 2000 no había producción pero en el 2005 España se ha convertido en el mayor productor de bioetanol de Europa, con una producción que supera el 30% del total de la UE en el 2005.

Potencial nacional

El potencial nacional de producción de biocombustible para el 2020 se estima en alrededor de 5.700 ktep/año.

Potencia nacional instalada

La producción actual de biocarburante está a un nivel relativamente alto en España y ha mostrado un rápido crecimiento en los últimos años. La producción de bioetanol en España es la mayor en la UE25. En el año 2005 la producción de bioetanol para transporte era de 240 ktep. El bioetanol supone las tres cuartas partes de la producción total de biocombustibles, llevándose la otra parte de la tarta el biodiesel. La producción de éste último es la quinta más alta en la UE25, detrás de la del Reino Unido. En el año 2006 la producción de biodiesel se estima en 224 ktep al año, habiéndose incrementado en un año en 100 ktep.

En la siguiente tabla se muestran las fábricas de biocombustible en España en el año 2004.

Planta	Comunidad Autónoma	Biocarburante	Capacidad de producción (t/año)	Puesta en marcha
Ecocarburantes Españoles	Murcia (Cartagena)	Bioetanol	80.000	2000
Stoucks del Vallès	Cataluña (Montmeló)	Biodiesel	6.000	2002
Bioetanol Galicia	Galicia (Curtis)	Bioetanol	100.000	2002
Bionet Europa	Cataluña (Reus)	Biodiesel	6.000	2003
Bionor	País Vasco (Berantesilla)	Biodiesel	20.000	2003
Transformación Biodiesel de Castilla La Mancha	Castilla La Mancha (Santa Olalla)	Biodiesel	40.000	2004
Bionorte	Asturias (S. Martín del Rey Aurelio)	Biodiesel	4.000	2004
Biodiesel-IDAF	Madrid (Alcalá de Henares)	Biodiesel	5.000	2004

Tabla 15.15. Fábricas de biocombustibles en España en 2004.

Barreras para su desarrollo

El marco de apoyo no ofrece garantías suficientes: en la actualidad existe una exención impositiva para el volumen de biocombustible consumido. Sin embargo, dado que esta exención puede sufrir ajustes para prevenir sobrecompensación, los inversores no tienen ninguna garantía en cuanto al nivel de exención impositiva. Por otra parte existe un límite temporal para dicha exención, que es el 31 de diciembre del 2012. Hasta la fecha los inversores no saben cuál será el marco financiero después de dicha fecha.

Una barrera infraestructural es la ausencia de una red de distribución de biocombustible. Específicamente para el biodiesel, existe un problema dados los altos precios de mercado, hecho ocasionado por la creciente demanda de aceites para la industria alimenticia.

Apoyos gubernamentales

Existe una exención impositiva total hasta el 2012 para biocombustibles. Puede ser ajustado para evitar sobrecompensación a los desarrolladores de proyectos en el Mercado.

Planificación y consultoría

En esta sección se estudian los procedimientos administrativos para proyectos de energías renovables. Se da un repaso a la legislación de interés y se enumeran las autoridades responsables. Asimismo se explican los procedimientos para el desarrollo de un proyecto eólico desde el punto de vista de un promotor de proyectos.

Objetivos de aprendizaje

Después de haber estudiado esta sección debería de ser capaz de responder a las siguientes preguntas:

¿cuáles son los principales pasos para obtener los permisos necesarios para la realización de un proyecto energético?, ¿qué instituciones están implicadas?, ¿cómo se puede implicar el ciudadano de a pie en el desarrollo de las políticas?, ¿cómo pueden los que realizan los proyectos contribuir al desarrollo de políticas sobre energías renovables?

Autoridad nacional

Los ministerios relacionados con las energías renovables son:

- El Ministerio de Industria - fija los objetivos y se encarga de las subvenciones y de las medidas fiscales.
- Ministerio de Medio Ambiente: - responsable de los asuntos medioambientales tales como el protocolo de Kioto.

En el Plan de Energías Renovables 2005-2010 el gobierno nacional fija objetivos para todas las fuentes de energía renovable y tecnologías para llegar al objetivo fijado por ley (12% del consumo primario de energía para el 2010 procedente de energías renovables).

Existe un marco nacional de energías renovables: las tarifas reguladas y de prima. El gobierno los fija anualmente para cada energía renovable.

La normativa aplicable para planificación y consulta es la siguiente:

- Ley 54/97, de 27 de noviembre de 1997, del sector eléctrico, en el que se define el Régimen Especial de generación de electricidad y se reconoce el derecho al enganche a red para todos los sistemas de generación de energía eólica.
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre de 1998, por el que se regula la producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo del 2004, 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.
- Ley 6/2001, de 8 de mayo de 2001, de proyectos y actividades sujetas a la evaluación de Impacto Medioambiental
- Ley 3/1998, de 27 de febrero de 1998, de la intervención integral de la Administración medioambiental.

Autoridades regionales (Comunidades Autónomas)

Las comunidades autónomas tienen capacidad normativa en lo que concierne a energías renovables. Casi todas las regiones tienen legislaciones diferentes entre ellas, lo que complica bastante el procedimiento. En las siguientes páginas se entra en detalle en el procedimiento para la energía eólica en Cataluña. El procedimiento para otras energías renovables es bastante similar.

Las comunidades autónomas desarrollan la normativa nacional mediante planes regionales. Una comunidad autónoma, basándose en un criterio espacial, puede decidir en qué zonas de su región el desarrollo de estas energías es posible. También puede prohibir que en ciertas áreas se desarrollen estas energías. Más aún, tienen competencia para imponer condiciones sobre su desarrollo.

Un ejemplo de normativa regional es el plan que se muestra en la siguiente tabla. Impone condiciones al desarrollo de la energía eólica en Cataluña.

Un ejemplo de normativa de interés en la región de Cataluña:

- Decreto 143/2003, de 10 de junio, que modifica el Decreto 136/99 de 18 de mayo, por el que se aprueba el marco general para el desarrollo de la Ley 3/98 de 27 de febrero
- Decreto 174/2002, de 11 de junio, que regula la implantación de la energía eólica en Cataluña

En resumen, la política eólica regional según el plan regional es la siguiente:

La comunidad autónoma divide su territorio en tres categorías:

- *Zonas rojas, se prohíbe la instalación de plantas por imperativos medioambientales.*
- *Zonas amarillas: existe la posibilidad de llevar a cabo proyectos, siempre y cuando se presente un informe de impacto ambiental.*
- *Zonas en blanco: no existen restricciones para la instalación de plantas.*

Autoridades locales (municipios)

Las autoridades municipales disponen de la prerrogativa de exigir los permisos específicos para la instalación de proyectos de energía eólica. También es la encargada de revisar los proyectos de la iniciativa privada, en lo relativo al cumplimiento de la normativa municipal. Los promotores, en primera instancia, han de dirigirse a la administración local. Al fin y al cabo, todos los permisos medioambientales han de ser tramitados a través de la autoridad municipal.

Los cuellos de botella para el desarrollo de la energía eólica a nivel local son la falta de conocimientos (sobre energías renovables) y la escasez de personal cualificado. Aparte de ello, a veces los actores locales sufren la presión tanto de los promotores, de las autoridades regionales como de la nacional, teniendo que lidiar con intereses opuestos.

Procedimiento desde el punto de vista del redactor del proyecto

En el siguiente texto se resume el procedimiento desde el punto de vista del redactor de un proyecto. Se muestra un ejemplo de un proyecto de energía eólica:

Selección del emplazamiento: para poder identificar un emplazamiento con buenas condiciones existen varias herramientas: mapas teóricos de potencial eólico (WASP, Atlas del Viento en Cataluña), toma de muestras in situ.

El resultado ha de ser la elección del emplazamiento del proyecto.

Estudio de pre-diagnóstico: para poder determinar si el emplazamiento seleccionado reúne todas las condiciones necesarias hay que realizar un pequeño estudio para cerciorarse de que no existen restricciones medioambientales, judiciales ni técnicas.: mapa catalán de Implantación de plantas eólicas; base de Datos de Vulnerabilidad medioambiental de los proyectos eólicos.

El resultado debe ser la confirmación de la posibilidad de poder emplazar el proyecto eólico en un determinado emplazamiento.

Enganche a red: para poder alcanzar un acuerdo sobre dónde y sobre qué condiciones técnicas debe cumplir el enganche a red:

- El promotor debe solicitar un punto concreto de enganche
- La autoridad eléctrica debe responder en el plazo de un mes (aceptando la propuesta o proponiendo alternativas).

Si no hay acuerdo entre las partes, el promotor tiene derecho a apelar al departamento de Industria correspondiente, que debe dictar resolución en un plazo máximo de tres meses.

El resultado debe ser la fijación del enganche a red.

Uso de la tierra: es necesario ponerse en contactos con los dueños de la tierra y con el municipio para alcanzar un acuerdo sobre el uso de la tierra:

- Alquiler de la tierra
- Pago de un porcentaje sobre los ingresos que genera la venta de la energía a la red

El resultado debe ser tener la disponibilidad sobre la tierra para emplazar el proyecto.

Autorización medioambiental: en base al anexo 2.1 de la Ley 3/98 de 27 de febrero, sobre intervención integral de la Administración Medioambiental, todos los proyectos deben solicitar una licencia medioambiental. El proyecto se debe remitir a las autoridades municipales y la Oficina Única de Gestión del Departamento de Industria. El municipio tiene que remitir a la Autoridad Medioambiental toda la documentación relativa a la licencia medioambiental. La Dirección General de Energía pondrá a su vez el proyecto a exposición pública. Después de ésta el Departamento de Industria remitirá el proyecto a la Unidad de Actuación Medioambiental (una comisión conjunta de los Departamentos de Medio Ambiente y de Industria). Esta unidad resolverá sobre la licencia medioambiental y, en su caso, la evolución de impacto ambiental.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): de acuerdo con el artículo 13 del Decreto 174/2002 de 11 de junio, que regula la realización de proyectos eólicos en Cataluña, los proyectos eólicos se deben remitir a evaluación de impacto ambiental si están emplazados a menos de dos kilómetros de una planta ya existente, o si está emplazado en el collado de una montaña con una línea continua mayor de 3 km. o si está situado a menos de 500 metros de un pueblo. El procedimiento para la EIA está basado en la Ley 6/2001, de 8 de mayo, sobre Evaluación de Impacto Ambiental.

Autorización previa: en base al artículo 28 de la Ley 54/97, de 27 de noviembre, sobre el Sector Eléctrico. La Consejería de Industria Catalana otorga la autorización administrativa previa, una vez que la Unidad de Actuación Medioambiental ha emitido una resolución positiva. La autorización es preceptiva antes de dar comienzo a las obras.

Licencia de obras: El promotor debe remitir una solicitud a la Consejería de Industria para obtener la autorización para el comienzo de las obras.

**ELREN**

European Leader+ Renewable Energy Network

Energías Renovables en el Medio Rural

Contrato eléctrico: El promotor tiene que negociar un contrato con la compañía eléctrica.

Registro del proyecto en el Registro del Régimen Especial: La Dirección General de Energía registrará el proyecto de acuerdo al Decreto 308/98 de 2 de septiembre. La fecha del registro es la fecha a partir de la cual se pueden solicitar los beneficios de acuerdo al Decreto 2818/98 (tarifas reguladas para electricidad generada por energía eólica).

Posibilidad de tomar parte en las decisiones

Actualmente las competencias de planificación, gestión del uso de la tierra, etc. están compartidas entre el gobierno nacional y las comunidades autónomas. Muchas regiones han desarrollado leyes sobre el uso de la tierra para los proyectos de energías renovables, forzados por el hecho de que el desarrollo de las energías renovables es de su competencia. La razón es que España tiene una cultura centralista como Francia, así que la mayoría de las regiones no han desarrollado todavía políticas de participación claras.

Antes de procederse a la autorización de un proyecto de ER los gobiernos tienen que publicarlo en el Diario Oficial Regional para que cualquier ciudadano pueda hacer alegaciones o comentarios al proyecto.

Bibliografía

ASIT: Asociación Solar de la Industria Térmica.

ESTIF: Nomenclaturas de la Federación Europea de la Industria Termo-solar, la Agencia Europea de la Energía y otras, utilizada desde 2004

Comisión Europea 2005: Comunicación de la Comisión Europea “El apoyo a la electricidad proveniente de Fuentes de energía renovable” COM(627)2005.

Atlas Europeo del Viento: Troen, I. y E.L. Petersen, European Wind Atlas. Risø National Laboratory, Roskilde, 1989.

FORRES: Análisis de la evolución de las fuentes de energía renovable hasta el 2020 (FORRES 2020). Karlsruhe, 2005.

IDAE: Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético. Plan de Energías Renovables 2005-2010. Agosto 2005.

PVGIS: PVGIS, Centro de Investigación Conjunta, Instituto para el Medio Ambiente y la Sostenibilidad. Comunidades Europeas 2001-2006.

