



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

**Energías renovables:
modelos de planificación
energética sostenible**

Alumno: José María Jurado Medina

Septiembre, 2015



UNIVERSIDAD DE JAÉN

UNIVERSIDAD DE JAÉN
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES
Trabajo Fin de Grado

Energías renovables: modelos de planificación energética sostenible

José María Jurado Medina

Jaén, septiembre de 2015

INDICE

RESUMEN	4
Abstract.....	4
1. INTRODUCCIÓN	6
2. Modelos de planificación energética	8
2.1 Las técnicas de decisión multicriterio	8
2.1.2 El método ELECTRE	9
2.1.2. Metodo AHP	10
2.1.3 Metodo PROMETHEE.....	11
2.2. Otros métodos.....	12
2.2.1. Metodo Vikor y AHP.	12
2.2.2. Metodo INVERT	12
2.2.3. Fuzzy TOPSIS	13
2.2.4. H2RES.....	14
2.3 Modelos de Planificación estratégica territorial	15
2.4 Técnicas de consulta a expertos	15
2.4.1 Método Delphi.....	15
2.5. Propuesta combinada	17
3. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE JAEN.....	18
3.1. Energía solar en la provincia de Jaén.....	20
3.2. Potencial de biomasa de la provincia de Jaén.....	20
3.3. Recursos eólicos de la provincia de Jaén	22
3.4. Recursos hidráulicos de la provincia de Jaén	23
4. APLICACIÓN de la metodología.....	24
5. Conclusiones.....	29
6. BIBLIOGRAFÍA.....	31

RESUMEN

Actualmente existen una gran variedad de técnicas de planificación energética, mediante estas técnicas se pueden hacer análisis para favorecer el desarrollo sostenible a nivel local, regional o estatal.

Las herramientas mas utilizadas son las técnicas de decisión multicriterio, consulta a expertos y las derivadas de la planificación estratégica territorial.

Algunos autores han estudiado la combinación de algunas de ellas para que el análisis sea mas completo, es el caso de la herramienta combinada estudiada por Terrados et al. Que combina un análisis multicriterio con métodos de consulta de expertos (método Delphi) y un análisis DAFO. Mi aportación a este método combinado seria introducir una herramienta de simulación Fuzzy topsis mediante la cual el estudio nos arrojaría nuevos datos importantes que antes no se barajaban. El estudio se plantea para la provincia de Jaen de la que también ponemos en conocimiento que tiene potencial suficiente como para abastecerse de energía a si misma, incluso para introducir a la red.

ABSTRACT

At present, there are a considerable variety of different techniques of energetic planification which they could be used to make analysis to promote the sustainable development at local, regional or state level.

Moreover, the most widely used and effective tools for analyzing and improving the sustainable development are the techniques of multicriteria decision, expert consulting and techniques from strategic territorial planning.

Some authors have studied the combination of techniques in order to carry out a better analysis. One of these techniques which has been studied by Terrados et al, combine a multicriteria analysis with Delphi method and DAFO analysis. My input, I have to say that it would be a good idea to include a tool called fuzzy topsis, which could provide new information. This study is done to Jaen is able to provide energy for itself, even to introduce a distribution network

1. INTRODUCCIÓN

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

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

Es necesario, por tanto, compatibilizar el desarrollo socioeconómico con un modelo energético sostenible, que respete el medio ambiente y que genere riqueza en el propio entorno. Para ello se necesita redirigir el modelo actual hacia un sistema energético más equilibrado que apueste por el desarrollo de las fuentes de recursos renovables.

Para conseguir este objetivo la escala comunitaria exige compromisos y estrategias a nivel nacional y exigirá también estrategias y acciones en el ámbito regional y provincial. Tal y como se declara en el prólogo del Informe Mundial de Energía: “nuestro futuro energético dependerá en gran medida no solo de los Gobiernos, sino también de las unidades regionales, del sector privado y de la sociedad civil”.

De esta forma, la comunicación que se presenta tiene la finalidad de contribuir al desarrollo de las energías renovables en el ámbito regional, proponiendo una Metodología que nos permita establecer las estrategias necesarias para alcanzar en el largo plazo un sistema energético más sostenible, basado en los

recursos renovables autóctonos. Además se persigue mejorar la situación energética en nuestro entorno más cercano, incidiendo en el desarrollo del potencial de las energías renovables en la provincia de Jaén a través de la aplicación de la metodología propuesta en la planificación de las energías renovables y el establecimiento de objetivos energéticos para la provincia de Jaén.

Para ello se investigan los modelos usados tradicionalmente en procesos de planificación energética, analizando su adecuación al desarrollo del modelo energético sostenible y finalmente se analiza la situación con un modelo mixto que combina los modelos que utilizan herramientas de toma de decisiones multicriterio (MCDA) que están siendo muy utilizados en la actualidad con objeto de tener en cuenta las variables medioambientales. Posteriormente se estudian los modelos basados en los procesos de planificación estratégica territorial, donde se tiene muy en consideración la experiencia adquirida en el desarrollo del diagnóstico energético del Plan Estratégico de la provincia de Jaén. Y, para concluir, se estudian las técnicas de consulta a expertos, tipo Delphi, para evaluar su aplicabilidad en estos procesos.

El modelo de planificación “mixto” integra las ventajas de los modelos de planificación estratégica territorial, que utilizan el análisis DAFO (Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) como base, junto con las características tanto de los métodos de toma de decisiones multicriterio como de las técnicas de consulta a expertos.

Finalmente, se aplica el modelo resultante para diseñar una planificación de las energías renovables en la provincia de Jaén que nos proporcione las líneas estratégicas de acción en el desarrollo de las energías renovables y para los objetivos fijados.

2. MODELOS DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

A continuación estudiaremos las técnicas de planificación que tradicionalmente se han usado en el ámbito de la planificación energética, en este artículo nos centraremos en aquellas que abordan la planificación dentro del marco de desarrollo sostenible y que pueden ser utilizadas exitosamente en el ámbito Regional.

2.1 Las técnicas de decisión multicriterio

Las técnicas de decisión multicriterio evolucionaron profundamente a partir de los años 60. A partir de ahí comenzaron los métodos clásicos que han servido de base a los utilizados actualmente. Es aquí cuando surge el método ELECTRE (Elimination and choice translating reality). Posteriormente fue creado la decisión multicriterio, denominada usualmente MCDM (Multiple Criteria Decision Making) o MCDA (Multiple Criteria Decision Analysis), la cual ha ido evolucionando, apareciendo nuevos métodos en los años 70 y apoyándose en las nuevas tecnologías informáticas en los años 80. En la actualidad el auge de la tecnología ha ocasionado el desarrollo de herramientas informáticas y las aplicaciones prácticas son el campo de actividad dominante, dejando a las aportaciones teóricas como ayuda a la mejora de los fundamentos.

Los procesos de toma de decisiones en el tema de proyectos ambientales son habitualmente un ejercicio difícil, y en algunos casos confusos, uno de los problemas es la priorización a la hora de optar por soluciones de tipo social, económico y medioambiental.

Tradicionalmente, en el ámbito energético los sistemas de planificación ambiental se basaban en buscar una forma de suministro eficiente y de bajo precio, basándose en un único criterio. Sin embargo a partir de la década de los 80 y con un mayor auge en los 90 empezó a tenerse en cuenta otros criterios como los sociales y el cuidado al medio ambiente lo que ha incrementado el auge de las técnicas multicriterio. Ha habido autores como Pohekar y Ramachandran [1] los cuales han hecho una revisión a partir de más de noventa artículos en los que se muestra la gran utilización de los métodos MCDA para el desarrollo de la planificación energética, también se ve que dentro de estos estudios hay seis criterios fundamentales que siguen la mayoría de estudios (planificación de energías renovables, localización de recursos energéticos, gestión energética en edificios, sistemas energéticos en transporte, planificación de proyectos, planificación de la red eléctrica). Se puede ver en el mismo estudio que dentro de las técnicas multicriterio las más usuales son AHP (Analytical Hierarchy Process), ELECTRE (Elimination and choice translating reality) y PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation) y algunos otros de los que también hablaremos.

En general las técnicas multicriterio se basan en la creación de una matriz en la que se identifican las diferentes alternativas y criterios de evaluación, esta matriz se le llama matriz de decisión. Cada uno de estos criterios tiene un peso que es variable dependiendo de la importancia que tienen para cada estudio. A partir de la matriz de decisión cada método la desarrolla de una forma distinta.

2.1.2 El método ELECTRE

El método electre, ideado en su mayor parte por Bernad Roy se basa en las relaciones establecidas a partir de la comparación de las diferentes alternativas, de estas comparaciones se extraen unas matrices de concordancia y discordancia que permiten una ordenación entre las alternativas. Básicamente el método ELECTRE calcula a partir de la matriz de

decisión los índices de concordancia (se calcularía sumando los pesos asociados en los que una alternativa es mejor que otra) y discordancia (calculándose obteniéndose el máximo de las diferencias entre criterios). A partir de los datos obtenidos se crean las matrices de concordancia y discordancia y que al compararlas se obtiene la superioridad de unas alternativas frente a otras.

Un ejemplo de esto es trabajado por Beccali et al. [2], donde se expone la aplicación del método ELECTRE al desarrollo de un plan de difusión de la energía renovable en la región de Cerdeña (Italia). Para llevar a cabo el estudio se elabora una lista de catorce acciones evaluables (objetivos de decisión), que engloban energía solar, energía eólica, hidroelectricidad, biomasa, ahorro energético y un último de cogeneración con refrigeración.

Otro ejemplo de utilización de este método es el de Georgopoulou et al. [3] en el que estudian una nueva estrategia energética más sostenible para la Isla de Creta. Los autores abogan por el uso de energías que provengan de recursos renovables en estas regiones que tienen un alto potencial de ellos, utilizan este método ya que pueden integrar varios criterios, medioambientales, económicos, políticos y sociales aunque resaltan en el estudio que es una técnica de ayuda a la toma de decisión pero que no es de toma de decisión estrictamente.

2.1.2. Metodo AHP

El proceso analítico jerárquico fue desarrollado en la década de los 70 por Thomas L. Saaty. Su metodología como puede verse en Saaty [4] se basa en la estructuración del problema a través de una árbol de jerarquización, en el que salen primero los criterios, luego los subcriterios y finalmente las alternativas. La toma de decisiones se obtiene mediante las comparaciones entre los criterios que determinan la importancia que se les asignan. Después se establece el peso de cada criterio y cada alternativa con valores numéricos impares del 1 al 9 con los cuales se hará una matriz diagonal. El método es intuitivo y robusto.

Autores como Nigim et al. [5] han desarrollado recientemente AHP como base del estudio de energía renovable de una comunidad. En este estudio la región estudiada por el método antes mencionado es Waterloo (Canadá), en el cual a partir de seis criterios se priorizaban cinco posibles proyectos de energías renovables. El proceso está dirigido por un equipo de ingenieros, profesores de universidad, estudiantes, funcionarios locales y empresarios.

A su vez los datos obtenidos por el método son comparados por los obtenidos con una herramienta matemática de programación lineal.

Nigim et al. analizan la dependencia de estos métodos a los juicios pernales de los expertos a la hora de establecer los pesos, por eso opinan que dependen de aspectos intangibles y de opiniones subjetivas de los expertos involucrados en el proceso, y proponen el uso de criterios menos subjetivos como el valor actual neto de los proyectos durante su vida útil para paliar este aspecto.

2.1.3 Metodo PROMETHEE

El método PROMETHEE es un método de los últimos métodos desarrollados, sus primeras referencias a mediados de la década de los 80 siendo el autor de este método Jean-Pierre Brans, profesor de la Universidad de Quebec (Canadá), Barba-Romero et al[6]. El método se basa en el uso de criterios y pseudocriterios para establecer relaciones de superación entre las alternativas. El uso del método PROMETHEE está siendo muy utilizado en los últimos años. Cavallaro [7] presenta un sistema multicriterio para la evaluación de opciones energéticas sostenibles en el que utiliza PROMETHEE como base técnica de su desarrollo, y lo aplica a la región italiana de Messina. Es interesante resaltar que hace algún cambio en el método, para conseguir una priorización completa de las alternativas.

2.2. Otros métodos

2.2.1. Metodo Vikor y AHP.

El método se ha utilizado para estudiar la ciudad de Estambul. Tolga Kaya et al. [8] dice que Estambul es una región rica en cuestión de generación de energía renovable. Teniendo en cuenta las futuras necesidades de la región, el estudio se centró en la selección de la energía renovable más adecuada y su ubicación en Estambul. Una selección entre las alternativas de energía renovable se ha hecho mediante el uso de la metodología integrada Vikor y AHP.

Los resultados del análisis de decisión multicriterio sugieren que la energía eólica es la mejor alternativa de energía renovable para la región. El ranking de las otras alternativas en orden determina como la solar, biomasa, geotérmica, y hidráulico.

La metodología propuesta ha sido plenamente aplicada con éxito.

2.2.2. Metodo INVERT

Se trata de una nueva herramienta de simulación INVERT, Stadler et al., 2005 [9] es un modelo amplio de apoyo al diseño de planificación energética para RES (fuente de energía renovable), con respecto al sector eléctrico (E-FER). En principio, INVERT permite simular la demanda de energía (calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria sistemas (ACS), el uso de energía solar térmica), teniendo en cuenta el uso racional de la energía (RUE), así como las fuentes de energía renovables de acuerdo con la cantidad suministrada de energía eléctrica (E-FER), la producción de calor (RES-CHP) y la producción de biocombustibles para cualquier región deseada. Debido al diseño flexible, INVERT permite un análisis comparativo y cuantitativo de sensibilidad de las

interacciones entre RUE, RES-E, RES-cogeneración y los biocombustibles, así como la reducción de gas de efecto invernadero (GEI) para cada región seleccionada.

La idea básica de INVERT es comparar el dinero gastado en el sector de la electricidad con la reducción de CO correspondientes a las emisiones en el mismo sector.

En conclusión, se entiende que la cantidad de fuentes de energía renovables utilizadas para la isla de Creta, E. Tsioliariidou et al [10] depende de la cantidad de CO reducida y la cantidad de dinero que un gobierno puede permitirse.

2.2.3. Fuzzy TOPSIS

Ümran Sengül et al [11] ha hecho un estudio en Turquía de planificación energética mediante una decisión multicriterio Fuzzy. A través de los artículos de investigación y el estudio de otros documentos que se relacionan con la selección energética, se han seleccionado nueve criterios en los que se basa el estudio. Estos criterios incluyen el costo de inversión (C1), la operación y el costo de mantenimiento (C2), uso de la tierra (C3), periodo de recuperación (C4), valor de las emisiones de CO₂ (C5), la creación de empleo (C6), eficiencia (C7), capacidad instalada (C8) y la cantidad de energía que se produce (C9).

Además, hay cuatro alternativas, incluyendo regulador (R), Estación Hidroeléctrica (HPS), la estación de energía eólica (WPS) y Central eléctrica geotérmica (GPS).

Este método se basa en diferentes funciones de utilidad, y por lo tanto permite la evaluación de alternativas con múltiples criterios de manera integrada.

Del estudio se pueden extraer conclusiones como que la central hidroeléctrica es el sistema de suministro de energía más renovable en Turquía. El gobierno de Turquía debería invertir en este sistema y también evaluar los proyectos que estén relacionados con este recurso energético renovable.

2.2.4. H2RES

En la isla de Mljet, Goran Krajacicse et al [12] ha llevado a cabo el estudio de planificación energética con otra herramienta, H2RES, es una herramienta que simula el equilibrio de la integración de las energías renovables en los sistemas energéticos.

El modelo ha sido desarrollado por el Instituto Superior Técnico, de Lisboa y de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Arquitectura Naval en la Universidad de Zagreb, Croacia.

El modelo H2RES equilibra la serie de tiempo por hora de agua, luz, calor, y la demanda de hidrógeno, almacenes adecuados y la oferta en el mismo período. El modelo ha sido diseñado específicamente para aumentar la integración de las fuentes renovables y el hidrógeno que operan en la isla como sistemas autónomos. El modelo considera todas las formas de generación térmica con excepción de la energía nuclear, y todas las tecnologías

renovables, excepto la energía mareomotriz. Además, todas las tecnologías de almacenamiento y conversión son considerados por H2RES. Para simular la energía eólica, solar e hidráulica, la velocidad del viento, datos de radiación solar y precipitación se obtienen de la estación meteorológica más cercana.

Estos datos meteorológicos en bruto se introducen en el programa y te da respuesta de la tecnología de energía renovable apropiada. El módulo de biomasa de H2RES tiene en cuenta la información de la materia prima, la mezcla deseada de materias primas, los procesos de conversión (combustión, gasificación y la digestión) y la producción deseada de salida. El exceso de la electricidad renovable puede ser almacenado en baterías o como hidrógeno y se utiliza para la desalinización. Si todavía hay carga de electricidad insatisfecha que está cubierta por combustibles fósiles o por bloques de la red continental si existe una conexión de este tipo.

Los resultados de este trabajo han demostrado la tesis de que la generación de energía descentralizada podría ofrecer una buena solución para recolección de fuentes de energía renovables en las islas croatas. Ella También hay que mencionar que el programa no atiende a parámetros financieros.

2.3 Modelos de Planificación estratégica territorial

Los procesos de planificación estratégica territorial han proliferado en las ciudades, comarcas y provincias españolas en las últimas dos décadas. Ciudades como Valencia, Barcelona, Sevilla o Málaga, comarcas e incluso provincias como en el caso de Jaén han elaborado sus planes estratégicos, principalmente mediante procesos de participación colectiva, para definir sus objetivos en el largo plazo y las estrategias que les guíen en su consecución. En general, estos procesos utilizan para la definición de objetivos y estrategias herramientas como el análisis DAFO (Debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades) y los árboles de problemas y objetivos.

La participación es un elemento esencial en estos procesos. Neudoerffer et al [13] constatan el hecho de que los programas de planificación energética puestos en marcha por el gobierno en India han tenido un éxito limitado, fundamentalmente porque no han contado con mecanismos que aseguraran la participación de los usuarios finales. De esta forma, defienden la necesidad de utilizar procesos de planificación participativa y técnicas de planificación territorial para favorecer el éxito de la planificación energética en áreas rurales. El desarrollo del Plan Estratégico de la provincia de Jaén [14] se caracterizó también por la importancia de la participación. Los resultados de este Plan se están obteniendo en los últimos años, y el éxito se debe por una parte a la metodología seguida y por otra a la gran implicación de la comunidad.

2.4 Técnicas de consulta a expertos

2.4.1 Método Delphi

Una encuesta Delphi es una serie de cuestionarios que permiten a los expertos o personas con conocimientos específicos para desarrollar ideas sobre el

potencial futuro a desarrollar sobre un tema. Linstone y Turoff [15] opinan que este método Delphi ha demostrado una trayectoria satisfactoria para la recogida y sintetización de información de expertos independientes con el fin de desarrollar un consenso sobre un tema en discusión.

Alberts [16] concluye que los participantes con experiencia previa en un tema (es tema en discusión) se convirtió en el factor crítico en el éxito y el fracaso del método. Utgikar y Scott [17] informan del inconveniente de método Delphi; el completo anonimato de la técnica Delphi puede conducir a una falta de responsabilidad de opinión y de lograr un consenso a menudo significa que las opiniones extremas son generalmente eliminadas. Sin embargo, Makkonen et al. [18] afirman que el número de rondas es suficiente una vez que la estabilidad (no consenso) se alcanza en las respuestas. El valor del Método Delphi se encuentra en la búsqueda de razones de divergencia que es, la exploración de razones diferentes para encontrar puntos comunes en ellas en las diferencias de opinión, no en el establecimiento de una opinión común.

El método Delphi permite dos enfoques posibles según Ravita D. Prasad et al [19] :

(I) el método Delphi pronóstico orientado, en el que el sistema futuro es conocido. Las preguntas clave son la medida en que la tecnología considerada puede ser implementado sobre el planificación periodo, y cuándo y cómo estas técnicas deben ser implementadas

(II) el método prospectivo Delphi, en el que el sistema futuro es desconocido ya que la tecnología que se utilizará aún no se ha inventado o desarrollado. Por lo tanto, en este método de investigación de una gama más amplia de expertos (nacionales e internacionales) pueden ser consultados, que puede ser costoso. El cuestionario en este método ayuda a fomentar la diversidad de respuestas que estadísticamente mejorar el proceso y ayuda a determinar la dirección que deben tomarse.

. Celiktas y Kocar [20] reunieron información a través de encuestas Delphi (a

través de encuestas online) que se utilizó para la previsión del futuro de la energía renovable turca. Del mismo modo Que et al. [21] utilizaron la encuesta Delphi de 61 expertos en bioenergía China para determinar si existe un consenso entre los expertos en relación con la bioenergía forestal y si este consenso está de acuerdo con las actuaciones de los responsables políticos en China. Cowan et al. [22] utilizaron el Método Delphi para capturar el conocimiento de los expertos en el campo relacionados con la energía sostenible y luego se usó jerarquía analítica proceso (AHP).

2.5. Propuesta combinada

Terrados et al [23] propone un nuevo modelo que combina tres enfoques distintos. Este nuevo modelo de planificación “mixto” desarrolla las ventajas de los modelos de planificación estratégica territorial, que utilizan el análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) como base, obtenido el resultado de la matriz DAFO se usaría la consulta a expertos (Metodo DELPHI) para seleccionar y refinar el resultado arrojado por este método. A continuación el estudio se sometería a un análisis multicriterio que permite realizar la priorización de las actuaciones y su revisión final de acuerdo a criterios objetivos, que tengan en cuenta aspectos socio-económicos, además si hubiese planificaciones previas sobre el mismo territorio, los datos obtenidos deberían compararse con el fin de que los resultados concuerden, de no ser así habría que estudiar el porqué. Se ha demostrado que el uso inicial del análisis DAFO permite reducir el número de rondas del proceso Delphi al partir inicialmente de una información más estructurada.

3. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE JAEN

Como el estudio del que propongo la mejora está enfocado a Jaén voy a poner en situación el contexto en el que la provincia se encuentra y ver si hay potencial como para mejorar la situación actual.

Según la publicación *“Datos energéticos de Andalucía 2011”* elaborada por la Agencia Andaluza de la Energía, AAE, [24] para los datos pertenecientes a Andalucía y *“La energía en España 2011”* Elaborada por El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, MIET, [25]; La producción total bruta de energía eléctrica en la comunidad andaluza en el año 2011 fue de 39.943,30 GWh, de los que la parte producida por la provincia de Jaén fue un 5,36% (2.143,3 GWh). Del total generado bruto en Andalucía, el 59,74% corresponde al Régimen Ordinario (combustibles fósiles, productos nucleares y centrales hidráulicas), la cantidad restante pertenecen al Régimen Especial (renovables y cogeneraciones).

En la provincia de Jaén sucede lo contrario, El tanto por ciento que corresponde al Régimen Especial es mayor que el que pertenece al Régimen Ordinario. El 89,53% se le atribuye al régimen Especial mientras que un 10,46 al ordinario, también hay que matizar que en la provincia no tenemos centrales térmicas ni de ciclos combinados por lo que toda la cantidad producida es consecuencia de las centrales hidráulicas.

También destacar que en cuanto al Régimen Especial según la Agencia Andaluza de la Energía en Andalucía la energía que mayor peso alcanza es la energía Eólica y la solar mientras que en Jaén las que mayor peso tienen es la Cogeneración y después la Biomasa, posicionándose la Eólica en el último puesto

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

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

Fuente: Agencia Andaluza de la energía

Si hiciéramos un cuadro que englobe solo las energías renovables sería el siguiente:

TECNOLOGIA	Potencia	%
Biomasa	39,00	20,50
Minihidraulica	54,66	28,72
Solar fotovoltaica	80,65	42,38
Eólica	15,18	7,98
Biogás	0,80	0,42
TOTAL	190,29	100,00

Fuente: Agencia Andaluza de la energía

3.1. Energía solar en la provincia de Jaén

Después de un minucioso análisis del potencial solar de la provincia de Jaén, y basándose en los mapas de radiación, se puede estimar todo el potencial fotovoltaico de la provincia que estaría disponible. Tras un cálculo se llega a la conclusión de que el potencial fotovoltaico de la provincia sería de aproximadamente $1,05 \times 10^6$ GWh al año lo que cubriría más de 300 veces las necesidades eléctricas de toda la provincia. Esto sería el potencial teórico de Jaén, (si toda la provincia estuviera aprovechando la radiación) obviamente el espacio es más reducido ya que hay que restarle los espacios protegidos, zonas de cultivo, áreas forestales, núcleos de población, teniendo en cuenta estos factores el potencial fotovoltaico anual de la provincia de Jaén sería de $2,5 \times 10^5$ GWh, mas de 80 veces las necesidades eléctricas en este caso.

A partir de estos datos y basándonos en estudios realizados por la Universidad de Jaén Almonacid et al. [26] se puede inferir que se puede realizar una intervención masiva de instalaciones fotovoltaicas, llegando fácilmente a los 350 MWp, lo que se aprovecharía solo un 0,2% del potencial que llega a la provincia de Jaén y supliríamos cerca del 20% de la demanda eléctrica anual de la provincia.

3.2. Potencial de biomasa de la provincia de Jaén.

El potencial de biomasa de la provincia de Jaén está vinculado en gran parte al olivar. El olivar es un gran generador de biomasa, desde la propia explotación olivarera hasta la extracción del aceite.

Por un lado, el olivar está sometido a la denominada poda, la cual se realiza con el fin de aumentar la productividad, Pastor y Humanes, [27] de aquí se generan materiales lignocelulosicos, compuestos por leñas, ramas y ramones

los cuales debe de ser eliminados del campo con el fin de la propagación de enfermedades, las ramas y ramones suelen ser quemadas o astilladas y depositadas en el cultivo con el fin de mejorar la materia orgánica del suelo así como las propiedades físicas del mismo y la parte más gruesa o leña es aprovechada para calefacciones u otros usos domésticos.

Por otro lado se encuentran las industrias relacionadas con el olivar, que pueden ser las almazaras, de las que se extrae el alperujo y extractoras de aceite de orujo del que se extrae el orujillo. En las dos se separa el hueso de las demás fracciones puesto que presenta un valor energético mucho más alto. La provincia de Jaén cuenta con 571.604 hectáreas de cultivo de olivar, que en 2010 produjeron la cantidad de 2.751.852.248 kg de aceituna, según datos de la Agencia para el Aceite de Oliva, con un contenido medio de aceite de 21,32% en peso lo que supuso la generación de 2.311.793.751 kg de orujo.

Como valor medio puede admitirse que la producción de biomasa por hectárea procedente de la poda del olivar es aproximadamente de unas 3 toneladas por hectárea considerando la poda bienal. Esto implica la generación de un millón de toneladas anuales de biomasa que está mal utilizada ya que aproximadamente el 50% es quemado a cielo abierto y la otra mitad es astillado y depositado en el suelo, según La Cal et al [28]

Si sumamos la cantidad de biomasa que produce el olivar llegamos a la conclusión que es el causante del 38% del total generado en Andalucía, que con unas condición media de poder calorífico inferior de 3.190 Kcal/kg, el potencial energético de esta fuente de energía renovable seria de 900.000 toneladas equivalentes de petróleo (1 tep=107 Kcal) para Andalucía y 320.000 en el caso de Jaén.

Con estos datos se podría extraer el 7,7% de la energía final de Andalucía pero en Jaén solo con los restos de poda el valor de energía rondaría el 25,3% de la energía consumida anualmente. La Cal [29]

Pero esto no es todo, en Jaén hay 310.000 hectáreas de parques naturales en las cuales predominan los pinos entre otros, el mantenimiento y limpieza de los bosques generan unos residuos (leñas, ramas y matorrales) que tienen que ser eliminados puesto que es un factor de riesgo de grave importancia a la hora de

propagación de plagas e incendios, así como la explotación maderera origina una gran cantidad de biomasa la cual no es aprovechada hoy en día, pues es quemada o astillada y depositada en el suelo dependiendo de la época del año.

3.3. Recursos eólicos de la provincia de Jaén

El potencial eólico de la provincia de Jaén viene determinado por su configuración geográfica. Viendo un mapa eólico de Andalucía se puede observar que en general posee recursos menores que otras provincias de Andalucía. Según un estudio de Ruiz-Arias et al [30] las zonas con mayor recurso eólico de la provincia son: Sierra Magina (con vientos en torno a 6.5 m/s), sierra de Cazorla y Segura donde el viento promedio llega al máximo de la provincia con 7,5 m/s, Sierra Morena con vientos de una velocidad de 6 m/s. La explicación de la circulación atmosférica es que el valle del Guadalquivir se estrecha elevando la velocidad del viento.

Con estos datos el potencial eólico teórico anual de la provincia de Jaén es de $3,8 \times 10^3$ GWh, que equivaldría a 128 veces el consumo anual provincial, aunque varía según el aerogenerador utilizado.

Según AGENER [31] que hizo el estudio de viabilidad técnica y medioambiental de emplazamientos propuestos por la Agencia Andaluza de la Energía para identificar posibles puntos de interés eólico, dentro del estudio los puntos más interesantes fueron Alcalá la real, Beas de Segura, Villarodrigo, Chiclana de Segura y Villanueva del Arzobispo.

También mencionar un dato muy interesante, como es sabido el principal problema de la energía eólica es su alta variabilidad, según Santos-Alamillos [28] el recurso eólico de la provincia de Jaén se complementa con el recurso del estrecho de Gibraltar (zona de mayor potencial eólico de Andalucía), es decir, cuando en el estrecho de Gibraltar disminuye el viento, aumenta

considerablemente el de la provincia de Jaén, poniendo generadores eólico en la provincia de Jaén se podría estabilizar mucho la producción eléctrica.

En la provincia de Jaén existe solo un único parque eólico operando, está situado en el término de Noalejo, el parque eólico de la Sierra del Trigo, cuenta con 23 aerogeneradores con una potencia total de 16 MW, la provincia de Jaén es la segunda provincia Andaluza con menor potencia eólica instalada (por delante de Córdoba) con apenas el 0,5% de la energía instalada en Andalucía.

3.4. Recursos hidráulicos de la provincia de Jaén

Las centrales hidráulicas de la provincia de Jaén pueden clasificarse en dos grupos:

Las centrales en funcionamiento y centrales que no están en funcionamiento.

Centrales en funcionamiento: actualmente se encuentran activas y pueden subdividirse en dos grupos: Régimen ordinario (La generación de energética se realiza a través de tecnologías utilizadas en centrales de carbón, fuel, oleo, etc.) y las de Régimen especial (no generan más de 10MW de potencia y utilizan como energía primaria fuentes de energía renovables o residuos.

La energía obtenida en este tipo de centrales no es tan importante como la obtenida con otras fuentes renovables puesto que no es de una cantidad comparable, la mejora respecto a este tipo de centrales es que hay un gran número de ellas que no están en funcionamiento pudiendo ser rentables, hay estudios que así lo demuestran y por ello se está trabajando para ponerlas en marcha ya que ya están construidas.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Como ya hemos podido ver mediante el estudio del potencial de las diversas fuentes de energía renovable que la provincia de Jaén dispone de recursos suficientes como para autoabastecerse totalmente de energía renovables, incluso para exportar energía a otras provincias ya que podríamos aprovechar mucho mas nuestros recursos.

El fin de mi trabajo es la mejora de un modelo de planificación para que sea lo más completo posible, el modelo escogido es el presentado por Terrados et al [23] ya que desde el punto de vista estudiado es el más completo ya que escoge varios tipos de análisis complementándose los unos con los otros, Utilizando como base el estudio de vamos a ver como quedaría con la mejora pensada, Terrados et al proponen un modelo que combina un análisis multicriterio, con una consulta a expertos (método delphi) así con la ayuda de una matriz DAFO. Mi aportación a este modelo seria meter la herramienta Fuzzy TOPSIS al análisis multicriterio ya que esta herramienta nos ofrece una comparación de diversos parámetros atendiendo al peso que le hemos dado, pudiéndose comparar datos de diversa naturaleza (económicos, temporales etc.),

A continuacion vamos a ver como se quedaría el proceso de análisis con los cambios que he planteado:

Con el modelo propuesto por Terrados et al [23] se ha hecho el análisis del sistema energético para la provincia de Jaén con el objeto de conseguir la planificación del desarrollo de las energías renovables de dicho ámbito.

Como ya sabemos el análisis se inicia con el diagnostico de la situación en la que nos encontramos inicialmente, dicho diagnóstico se estructuraría en forma de matriz DAFO (Tabla 1), para después desarrollar el análisis DAFO para la selección inicial de las estrategias de desarrollo.

DEBILIDADES 1. Carencia de recursos energéticos fósiles. 2. Escasa potencia instalada de generación eléctrica. 3. Escasa infraestructura de distribución de gas natural. 4. No existe sensibilidad frente al ahorro energético. 5. No existe concienciación individual para el uso de las energías renovables. 6. No se construye con criterios bioclimáticos. 7. Débil tejido empresarial en el sector de energías alternativas. 8. Deficiente calidad del servicio eléctrico en algunas zonas. 9. Ausencia de mecanismos financieros que faciliten la penetración de las energías renovables 10. Dependencia de una sola inyección eléctrica en alta tensión.	AMENAZAS 1. Progresivo deterioro medioambiental. 2. Excesiva dependencia de los combustibles fósiles. 3. Riesgo de encarecimiento de los recursos energéticos. 4. Riesgo de fallos en el sistema en picos de demanda 5. Impacto negativo de la aplicación del RD 436/2004 en las instalaciones de biomasa 6. Exportación de Biomasa de la industria del aceite a otros países europeos
FORTALEZAS 1. Elevada radiación solar. 2. Existencia de gran cantidad de Biomasa agrícola especialmente en el sector del olivar. 3. Existencia de gran cantidad de Biomasa industrial (sector oleícola, madera y RSU). 4. Alto aprovechamiento hidroeléctrico de la cuenca del Guadalquivir. 5. Gran tradición investigadora (I+DT) en energía solar. 6. Existencia de la Agencia de Gestión Energética de la provincia de Jaén. 7. Elevado valor de patrimonio medioambiental, que favorece el desarrollo de las energías limpias.	OPORTUNIDADES 1. Existencia de sectores industriales con posibilidad de cogenerar (Sector Cerámico y de extracción de aceite de orujo). 2. Clima adecuado para aplicar con éxito criterios bioclimáticos en la arquitectura. 3. Existen fondos europeos aplicables a inversiones en desarrollo energético. 4. Existen posibilidades de encontrar áreas susceptibles de aprovechamiento eólico. 5. Existencia de primas a la producción de electricidad con fuentes renovables en el nuevo mercado eléctrico español. 6. Instalación de nuevas estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)

Tabla 1 Matriz DAFO del Sistema energético provincial

Para la selección primera de estrategias utilizaremos la técnica que habitualmente se utiliza en la planificación estratégica de carácter empresarial, que utiliza la comparación de los varios cuadrantes de la Matriz ampliada para la obtención de estrategias. Desarrollamos de esta forma una serie de estrategias de supervivencia, de reorientación, defensivas y ofensivas para desarrollar un sistema energético sostenible en el ámbito provincial. Estas estrategias se resumen en la Tabla 2.

1. Instalación de Centrales basadas en ciclos de combustión utilizando subproductos de la Industria Oleícola
2. Instalación de Centrales basadas en ciclos de combustión utilizando restos del cultivo del olivar
3. Instalación de Centrales de gasificación utilizando restos del cultivo del olivar
4. Instalación de Centrales de biogás procedente de subproductos de la industria oleícola
5. Instalación de Centrales de gasificación utilizando restos de la industria de la madera
6. Instalación de Centrales de biogás procedente de residuos ganaderos
7. Instalar centrales de cogeneración para el aprovechamiento del biogás de las EDARs
8. Instalar centrales para el aprovechamiento del biogás de los R.S.U.
9. Instalación eólicas aisladas de baja potencia
10. Implantación de Parques eólicos
11. Instalación de nuevas centrales en embalses existentes y/o por construir
12. Instalación de nuevas minicentrales en saltos y cursos de ríos
13. Recuperación de minicentrales eléctricas actualmente en desuso
14. Instalación de sistemas térmicos con biomasa en industrias y servicios
15. Aprovechamiento de cultivos energéticos en ciclos de combustión
16. Aprovechamiento de cultivos energéticos para obtención de biocombustible
17. Instalación de sistemas domésticos de Calefacción con biomasa
18. Instalación de sistemas de calefacción con biomasa en centros educativos
19. Instalación de equipos solares térmico unifamiliares
20. Instalaciones solares térmicas comunitarias en el sector residencial
21. Instalaciones solares térmicas en el sector hotelero y de servicios
22. Instalaciones solares térmicas en el sector industrial
23. Instalaciones termoeléctricas híbridas Sol-Gas
24. Instalaciones domésticas de energía solar fotovoltaica aislada
25. Instalaciones de energía solar fotovoltaica aislada en aplicaciones agrícolas
26. Instalaciones domésticas de energía solar fotovoltaica conectada a red
27. Instalaciones de energía solar fotovoltaica conectada a red en empresas y administraciones públicas
28. Implantación de grandes centrales de energía solar fotovoltaica conectada a red

Tabla 2. Propuesta de estrategias

Obtenido una primera propuesta de estrategias, se consultaría a expertos para la selección y el refinamiento de esta propuesta y para la cuantificación de los objetivos en el caso en que la planificación lo requiriese.

A continuación, usamos del análisis multicriterio que permite realizar la priorización de las actuaciones y su revisión final de acuerdo a criterios objetivos, teniendo en cuenta los aspectos socio-económicos. Además, si hubiera planificaciones de referencia aplicables al territorio, los resultados deberían contrastarse con estas con el fin de asegurarnos de que los objetivos propuestos no se contradicen con dichas planificaciones.

La valoración cualitativa realizada por el equipo de expertos se ha incorporado al análisis multicriterio como uno más de los criterios de evaluación. Los demás criterios se han agrupado de forma temática en tres áreas: criterios

medioambientales; criterios tecnológicos y criterios, socioeconómicos. Esta agrupación servirá de base para el establecimiento de escenarios.

Se ha utilizado la técnica PROMETHEE para el desarrollo del análisis. El proceso de obtención de índices de preferencia y de flujos negativos y positivos ha sido programado en la herramienta informática Microsoft Excel para la obtención de los resultados y la elaboración de los gráficos (Figura 1).

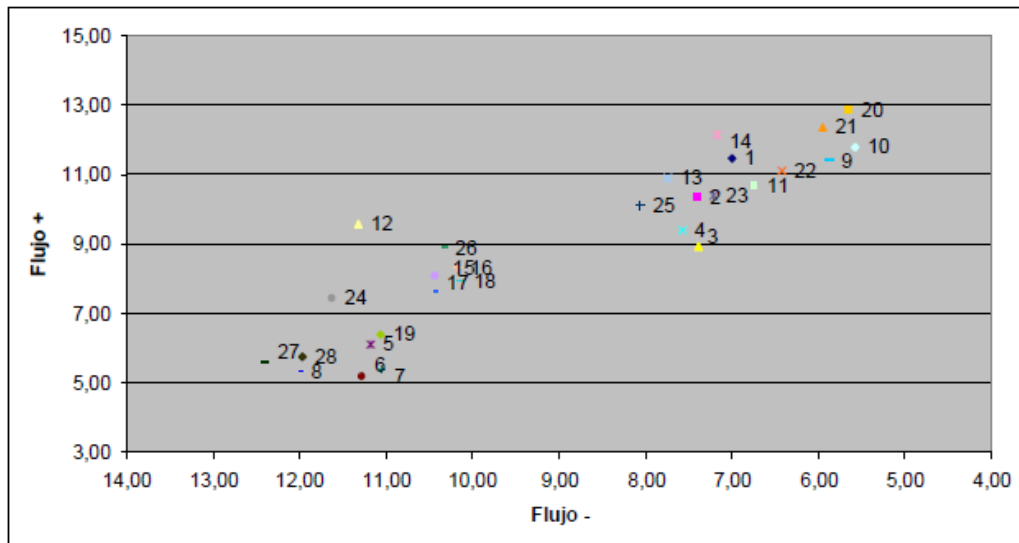


Figura 1. Resultados multicriterio (diagrama de flujos en el Escenario MA).

A partir de la producción a la que se quiere llegar por los objetivos definidos para cada una de las estrategias, y considerando la evolución de estructura energética de la provincia, se ha podido determinar la contribución de las energías renovables a la estructura energética de la provincia de Jaen.

Ahora es cuando se utilizaría el análisis Fuzzy TOPSIS para ver los parámetros que nos pueden interesar del análisis multicriterio, viendo los parámetros utilizados en el estudio antes mencionado en Turquía podrían ser interesantes mantenerlos ya que nos daría otro tipo de resultados no obtenidos con el análisis que hemos descrito en este apartado tales como el periodo de recuperación de la inversión y la creación de empleo.

	Potencia instalada (MW)	Producción (MWh)	Producción (tep)
Energía Hidráulica	160,00	192.000	16.512
Energía Minihidráulica	65,50	114.625	9.858
Energía Eólica	72,00	158.400	13.622
Biomasa	135,50	985.250	84.732
Biogás y RSU	20,50	143.500	12.341
Solar Fotovoltaica	6,60	9.570	823
Solar Termoeléctrica	12	27.000	2.322
Total	472,10	1.630.345	140.210
Previsión de consumo. Año 2010		3.766.825	323.947
Contribución EERR (%). Año 2010		43,28%	43,28%

Tabla.3 Contribución de las energías renovables a la estructura eléctrica provincial. Año 2010

Además, como resultado de la planificación realizada mediante esta metodología se obtiene la nueva estructura energética provincial, en términos de energía final, que se conseguiría con las estrategias y los objetivos definidos (Tabla 4).

	Consumo de energía final. Año 2010.	
	(ktep)	(%)
Carbón	18,98	1,36%
Gas natural	32,79	2,36%
Productos petrolíferos	761,93	54,77%
Renovables	253,46	18,22%
Energía eléctrica	323,95	23,29%
Energía eléctrica renovable	140,21	10,08%
Total ¹	1391,10	100,00%
Total contribución EERR	393,7	28,30%

Tabla 4. Contribución de las energías renovables a la estructura energética provincial. Año 2010

5. CONCLUSIONES

Las principales técnicas de planificación usadas habitualmente en los procesos de planificación energética donde se han tenido en cuenta criterios de desarrollo sostenible han sido por una parte las técnicas de decisión multicriterio, donde se han incorporado criterios medioambientales en la evaluación, como los métodos AHP, ELECTRE y PROMETHEE y por otra parte tanto las técnicas de consulta a expertos, como las derivadas de la planificación estratégica territorial y nuevas herramientas de simulación que nos permiten una vista mas allá.

El análisis de estos métodos y herramientas ha servido para destacar las ventajas de cada uno de los sistema para aprovecharlas en la propuesta de una metodología que combina diversas herramientas: el análisis multicriterio, el método delphi, análisis DAFO y la herramienta de simulación fuzzy topsis. La metodología propuesta, además, se incardina con facilidad con técnicas de participación colectiva que aseguren la involucración de la comunidad en el proceso de planificación, factor clave para muchos autores en el éxito del proceso planificador en el ámbito regional.

La aplicación posterior de la metodología desarrollada a la provincia de Jaén, como región de estudio, ha generado el establecimiento de una serie de estrategias para el desarrollo de las energías renovables en la provincia y una serie de objetivos energéticos cuantificados que se podrían alcanzar con dichas estrategias.

A través del análisis DAFO se han determinado las estrategias a seguir, desplegándolas posteriormente en veintiocho actuaciones definidas y cuantificables, para, a continuación iniciar la consulta a expertos, sometiendo a valoración las actuaciones anteriores. Se ha demostrado que el uso inicial del análisis DAFO permite reducir el número de rondas del proceso Delphi al partir inicialmente de una información más estructurada. Terminado el proceso

Delphi, se ha procedido a realizar un análisis multicriterio de las distintas alternativas propuestas para poder objetivar el juicio realizado por los expertos. Para finalizar se ha utilizado la herramienta fuzzy topsis en la que se incluyen nuevos parámetros que también son de interés en nuestro estudio.

La agrupación de criterios ha permitido también el desarrollo de tres escenarios distintos: medioambiental, tecnológico y socio-económico, aunque los resultados obtenidos presentan pocas variaciones entre ellos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pohekar SD, Ramchandran M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. *Renew Sustainable Energy Rev* 2004;8:365–81.
- [2] Beccali, M.; Cellura, M.; Mistretta, M. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. *Renewable Energy*, 28. 2003. p. 2063–2087
- [3] Georgopoulou E, Lalas D, Papagiannakis L. A Multicriteria Decision Aid approach for energy planning problems: the case of renewable energy option. *European Journal of Operational Research* 1997;103:38–54.
- [4] Thomas L. Saaty. Decision making with the analytic hierarchy process. RWS Publications. ISBN:0-888603-01-1. 424.
- [5] Nigim K, Munier N, Green J. Pre-feasibility MCDM tools to aid communities in prioritizing local viable renewable energy sources. *Renewable Energy* 2004;29:1775–91.
- [6] BARBA-ROMERO, S. y POMEROL J.C., 1997. Decisiones multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica. Colección de Economía. Universidad de Alcalá. Madrid. 420 pp.
- [7] Cavallaro, F. 2005. An integrated Multi-Criteria System to Assess Sustainable Energy Options: An Application of the Promete Method. Nota di Lavoro 22.2005. Milan: Fondazione Eni Enrico Mattei.
- [8] Tolga Kaya, Cengiz Kahraman Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy* 35 (2010) 2517e2527
- [9] Stadler, M., Kranzl, L., Huber, C., 2005. The INVERT simulation tool, user manual—description of the model. Final Version 2.0.5. Working Paper of Phase 5 of the project INVERT, Altener Programme of the European Commission, DG TREN.

- [10] E. Tsioliariidou, G.C. Bakos, M. Stadler A new energy planning methodology for the penetration of renewable energy technologies in electricity sector application for the island of Crete Energy Policy 34 (2006) 3757–3764
- [11] Ümran Sengül, Miraç Eren , Seyedhadi Eslamian Shiraz , Volkan Gezder , Ahmet Bilal Sengül, Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey, Renewable Energy 75 (2015) 617e625
- [12] Goran Krajac'ić , Neven Duic' , Maria da Grac,a Carvalho H2RES, Energy planning tool for island energy systems – The case of the Island of Mljet5 international journal of hydrogen energy 34(2009)7015 – 7026
- [13] Neudoerffer, R.C.; Malhotra, P.; Ramana, P.V. Participatory rural energy planning in India – a policy context.. Energy Policy 29 (5). 2001. p. 371-381.
- [14] Martín Mesa, A. (dir.). Plan Estratégico de la provincia de Jaén. Jaén: Fundación “Estrategias para el desarrollo económico y social de la provincia de Jaén”; 2000.
- [15] Linstone HA, Turoff M. The Delphi method: Technique sand applications .Reading Mass Addison- Wesley;1975.p.3–12. [146] Alberts DJ.Stake holderor subject matter experts, who should be consulted Energy Policy2007;35:2336–46.
- [16] Alberts D J. Stake hold eror subject matter experts, who should be consulted Energy Policy2007;35:2336–46.
- [17] Utgikar VP, Scott JP. Energy forecasting :predictions, reality and analysis of causes oferror.EnergyPolicy2006;34:3087–92.
- [18] Makkonen M, Patari S ,Jantunen A, Viljainen S. Competition in the European electricity markets—outcomes of a Delphi survey. Energy Policy 2012;44: 331–40.
- [19] Ravita D. Prasad, R. C. Bansal , Atul Raturi Multi-faceted energy planning: A review
- [20] Celiktaş M S, Kocar G.From potential forecast to foresight of Turkey's renewable energy with Delphi approach .Energy2010;35:1973–80.
- [21] Qu M ,Ahponen P ,Tahvanainen L, Pelkonen P. Chinese academic experts' assessment for forest bio-energy development in China. Energy Policy 2010;38:6767–75

- [22] Cowan K, Daim T, Anderson T. Exploring the impact of technology development and adaptation for sustainable hydroelectric power and storage technologies in the Pacific Northwest United States. *Energy* 2010; 35:4771–9.
- [23] J. Terrados, G. Almonacid, P. Perez-Higueras Proposal for a combined methodology for renewable energy planning. Application to a Spanish region *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 2022–2030
- [24] AAE, 2012 Agencia Andaluza de la Energía. Datos energéticos de Andalucía 2012. Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía. Sevilla
- [25] MIET 2012 Ministerio de Industria, Energía y Turismo. La energía en España 2011. Centro de publicaciones del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Madrid.
- [26] Almonacid et al. 2010. Proyecto Magina: estudio, análisis y desarrollo de un modelo energético basado en el uso masivo de energías renovables (biomasa, fotovoltaica y eólica) para producción de electricidad en la provincia de Jaén.
- [27] Pastor Muñoz-Cobo M, Humanes Guillen J.(2010) La poda del Olivo, Moderna olivicultura. 6º edición. Junta de Andalucía.
- [28] La Cal J.A, Jurado F. Ogayar B. 2011. A new model of energetic evaluation for olive grove by-Products based on the gasification technology integrated in an olive oil mill. *International journal for green energy*.
- [29] La Cal J.A. (2010) Coyuntura energética de la provincia de Jaén. Observatorio económico de la provincia de Jaén. Nº162. Diputación provincial de Jaén.
- [30] Ruiz-Arias J.A., J. Terrados, P. Perez Higueras, D. Pozo-Vazquez and G. Almonacid 2012 Assessment of the renewable energies potential for intensive electricity production in the province of Jaen, southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 16(5):2994-3001
- [31] AGENER 2007 Proyecto de Promocion de parques Eolicos Singulares en la Provincia de Jaén. Agencia de Gestión Energética de la Diputación Provincial de Jaén.