

La penetración de las energías renovables en el sistema eléctrico canario

LALY LEANDRO FRÍAS

RESUMEN

La SEMAI de la ULPGC ha comenzado una investigación en el campo de las energías renovables cuyo objetivo final es el desarrollo de un modelo matemático que permita simular, a medio-largo plazo, la progresiva penetración de las energías renovables, con un alto potencial en las Islas Canarias, en el sistema energético convencional ya existente.

Al finalizar el primer año de investigación hemos conseguido establecer un Sistema Energético de Referencia, tomando como año base 1995, que describe la situación actual del sistema energético en las Islas Canarias, así como su evolución en los últimos años. Además se ha realizado una exhaustiva recopilación bibliográfica de los modelos energéticos que se han desarrollado en todo el mundo y que se han aplicado con éxito en un elevado número de países.

ABSTRACT

The penetration of renewable energy in the Canary Energy System

The SEMAI in the ULPGC has begun research in the field of renewable energies, the final aim of which is to develop a mathematical model which allows us to simulate, on a mid-long term basis, the progressive penetration of renewable energy, which has great potential in the Canary Islands, in the conventional energy system.

After the first year of research, we have managed to establish a Reference Energy System using 1995 as the basis which describes the present situation of the energy system in the Archipelago together with its evolution over the last few years. An extensive Bibliography is also provided dealing with energy models the world over which have proved to be successful.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de energía a bajo precio, en particular en forma de petróleo, constituyó un elemento decisivo en el desarrollo espectacular de las economías occidentales a lo largo de la década de los sesenta y primeros años de los setenta. Durante este período, los precios internacionales del petróleo permanecieron estables en términos nominales, lo cual, dada el alza de los otros precios, supuso un descenso en términos reales. Este proceso tuvo, entre otras consecuencias, la de favorecer un crecimiento económico intensivo en capital y, por consiguiente, en energía, de tal manera que la demanda de esta última creció en casi todos los países industrializados a ritmo más elevado que la del P.I.B.

La situación y perspectivas energéticas sufrieron un cambio profundo a finales de 1973, cuando los países exportadores de petróleo multiplicaron por cuatro el precio de este último en el curso de unos pocos meses, llegándose incluso a aplicar embargos parciales que, de prolongarse, habrían tenido incalculables consecuencias para las economías occidentales. El alza de los precios del petróleo, que arrastró el de las demás fuentes de energía, puso rápidamente de manifiesto la fragilidad de los esquemas de suministro y la necesidad de abordar la estrategia energética con un planteamiento global, nuevo y distinto del considerado hasta entonces por todos los países occidentales.

Esta variación en los precios incrementó el problema del

abastecimiento en las Islas Canarias debido a las peculiaridades de nuestro consumo energético:

1. Estructura consumidora de energía, dependiente en su totalidad del petróleo.
2. Inexistencia de otras fuentes de energía de las denominadas clásicas (carbón, gas, hidroelectricidad, etc.)
3. Estructura de la demanda de energía muy singular, donde el consumo energético en transporte representa un elevado porcentaje.
4. Ser punto de avituallamiento energético de buques y aeronaves en sus travesías y vuelos transoceánicos, lo que origina una gran distorsión en la estructura de los consumos energéticos.

Como consecuencia de la situación expuesta, a partir de esos momentos, uno de los princi-



pales objetivos de la política energética canaria ha sido el aumento en la diversificación de las fuentes energéticas que cubren las necesidades de las islas, con el fin de reducir los riesgos de desabastecimientos energéticos en caso de crisis.

Este último año la Sección de Medioambiente Industrial del Departamento de Ingeniería de Procesos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ha comenzado un trabajo de investigación que tiene por objetivo principal conocer el porcentaje de penetración de las energías renovables en sistemas convencionales ya existentes. Sin embargo, este trabajo pretende cumplir con otros objetivos :

- Se pretende elaborar un estudio de la situación energética canaria que indique cuál es nuestra realidad en estos momentos y como ha evolucionado con el tiempo.
- Se pretende determinar sectorialmente los consumos energéticos futuros, de acuerdo con unos criterios de desarrollo económico determinados.
- Se pretende crear un modelo matemático de desarrollo energético que recogiendo las peculiaridades económicas, energéticas y medioambientales del archipiélago canario, nos permita prever el potencial de integración, de acuerdo con el planteamiento general ya mencionado.
- Una vez definido el modelo, se pretende realizar una simulación del mismo, así como una aplicación a la región canaria tomando como base información estadística de datos energéticos.

- Extrapolar el modelo a otras regiones con consideraciones similares.

En estos momentos se ha realizado una exhaustiva recopilación de datos energéticos que nos permiten establecer un Sistema Energético de Referencia sobre el que realizaremos las proyecciones para los próximos años en función de variaciones en los indicadores macroeconómicos tales como el P.I.B., la R.F.D., el V.A.B., etc.

También se ha realizado una revisión bibliográfica de los diferentes modelos matemáticos que se han estado aplicando a sistemas energéticos en diferentes países del mundo. Tanto para sistemas locales, regionales o de mayor cobertura geográfica. Todo ello hemos querido reflejarlo en el presente artículo.

ESTRUCTURA ENERGÉTICA ACTUAL

El sistema energético de Canarias presenta una serie de peculiaridades que lo hacen sensiblemente diferente de otros sistemas regionales, esto es, debido a:

- La configuración geográfica de Canarias, constituida por siete sistemas insulares independientes, que obliga a disponer de sistemas eléctricos aislados con mayores inconvenientes de explotación, con una imposibilidad de acceder a determinados tipos de tecnología y con un incremento de los costes de

generación y distribución, que ha dificultado el desarrollo de ciertas energías como, por ejemplo, el gas natural.

- La total ausencia de combustibles fósiles y la práctica inexistencia de una refinería en la isla de Tenerife ha conducido a una total dependencia de petróleo para el abastecimiento energético del archipiélago.
- El alto potencial energético renovable que confluye en las Islas Canarias.
- La singularidad de la demanda en la que coexisten, por un lado, un mercado interior, correspondiente al consumo en las islas y en la actividad pesquera canaria y, por otro lado, un mercado exterior con el que se abastece de combustibles a la aviación y al tráfico de buques tanto nacional como extranjero.

Analizando estas peculiaridades llegamos a concluir que el abastecimiento energético de Canarias resulta muy sensible a cualquier interrupción o retraso en la disponibilidad de energía primaria, por lo que el almacenamiento de la misma y el aumento en la diversidad de los recursos se convierte en una

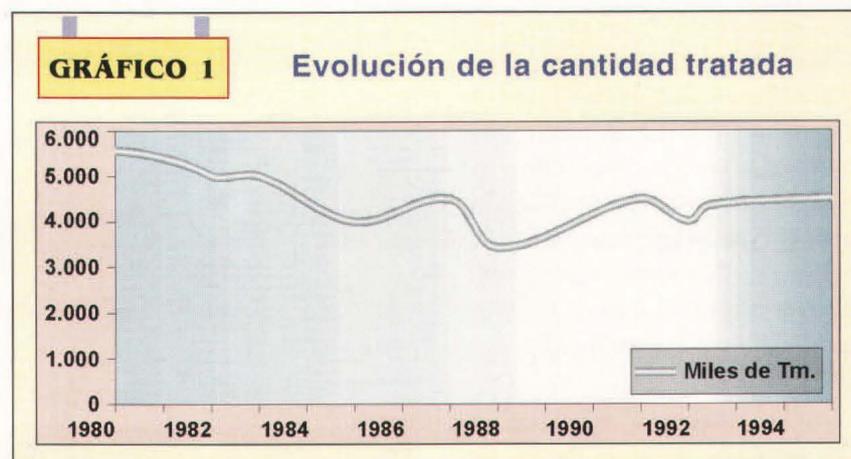
línea de actuación clave en la política energética canaria.

Convencional

* *Petróleo*

La refinería CEPSA se instaló en 1930 en Santa Cruz de Tenerife y desde entonces se ha visto sometida a varios procesos de ampliación. Sin embargo, a partir de 1980, y coincidiendo con la segunda crisis del petróleo, la refinería ha sufrido un importante proceso de ajuste de su capacidad de producción que pasó de 8 millones de Tm./año a 6,5 millones de Tm./año, manteniéndose en los últimos años en torno a los 4 millones de Tm.

Como se puede observar en el gráfico 1 se produce una importantísima caída de la actividad de la refinería en los años 1987-1988, que de haberse mantenido hubiera comprometido la viabilidad futura de la misma. Sin embargo, se produce una reactivación a partir de 1989, reflejo de una reactivación de la demanda interna que compensa los importantes caídas del mercado de suministro a barcos y la progresiva reducción de las cantidades de productos semirrefinados procedentes de otras empresas del grupo CEPSA



para su finalización en la refinería de Tenerife.

Normalmente la refinería se abastece de entre 6 y 8 orígenes diferenciados, con lo cual se garantiza el abastecimiento en caso de crisis.

El suministrador de crudo más importante con el que cuenta la refinería de CEPSA es África Occidental con el 32,6% del suministro (dato correspondiente al año 1995).

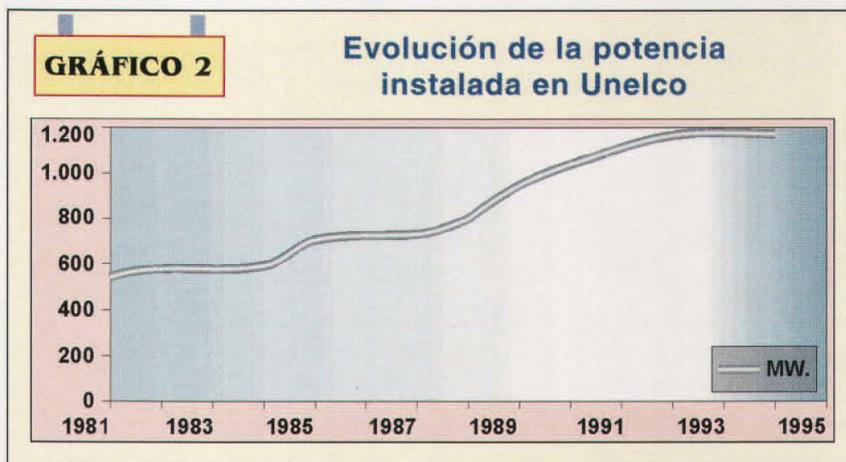
Complementariamente a los suministros efectuados por CEPSA, los combustibles destinados al mercado de navegación marítima y aérea, así como al transporte terrestre, se importan y comercializan por diversas compañías, se trata de los Operadores Mayoristas de Productos Petrolíferos (O.M.P.P.).

Los O.M.P.P. registrados actualmente en Canarias son los siguientes :

- BP OIL, S.A.
- CEPSA
- CEPSA AVIACIÓN
- DISA
- PETROLÍFERA DUCAR, S.A.
- ESSO ESPAÑOLA, S.A.
- MOBIL OIL, S.A.
- REPSOL COMERCIAL DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS, S.A.
- SHELL ESPAÑA, S.A.
- TEXACOPETROLÍFERA, S.A.
- PETROLÍFERA CANARIA AIE.

* Productores de energía eléctrica

El sistema eléctrico de Canarias es muy singular, ya que atiende al suministro de siete territorios insulares de diferente volumen e intensidad de consu-



mo, esto obliga a realizar centros de producción locales minifundistas que implican unos costes superiores respecto a cualquier otro sistema integrado si se quiere disponer del mismo grado de garantía de suministro.

Actualmente, la generación de energía eléctrica se efectúa primordialmente en las Centrales de Unión Eléctrica de Canarias (UNELCO), con pequeñas aportaciones de lo que se conoce como Instalaciones de Régimen Especial, autoproductores, tales como algunas de las plantas desalinizadoras por vapor, que vierten energía eléctrica a la red de servicio público, y la refinería de CEPSA en Tenerife, así como los diferentes aerogeneradores instalados en el archipiélago (basados en el aprovechamiento de la energía eólica).

El transporte de energía eléctrica desde las centrales hasta las subestaciones de distribución lo realiza en su totalidad UNELCO, que se encarga igualmente de la distribución a los abonados de todo el archipiélago (NÚMERO DE ABONADOS), a excepción de una pequeña parte que es distribuida por el Ayuntamiento del Puerto de la Cruz en la isla de Tenerife.

Dada la gran diversidad de los mercados insulares, y como respuesta a la progresiva demanda, se han ido instalando Grupos Generadores accionados por motores de combustión, turbinas de gas, turbinas de vapor y aerogeneradores (gráfico 2).

Si observamos la evolución de la Estructura de la Producción Bruta (gráfico 3) nos damos cuenta de la gran diferen-

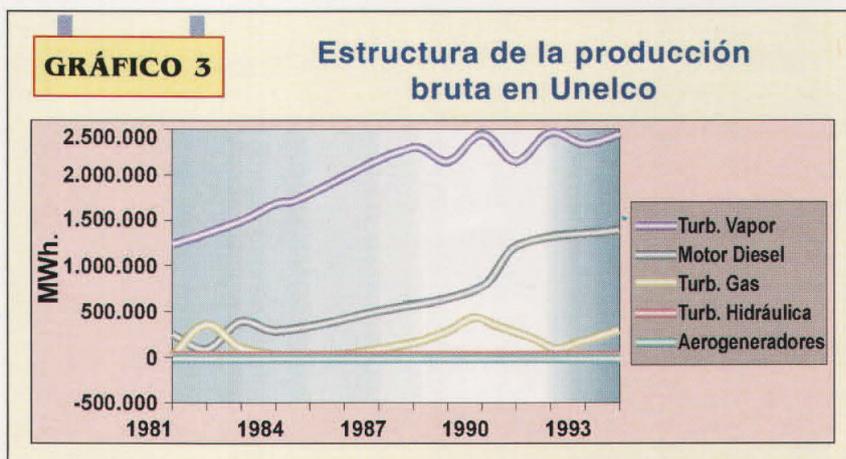
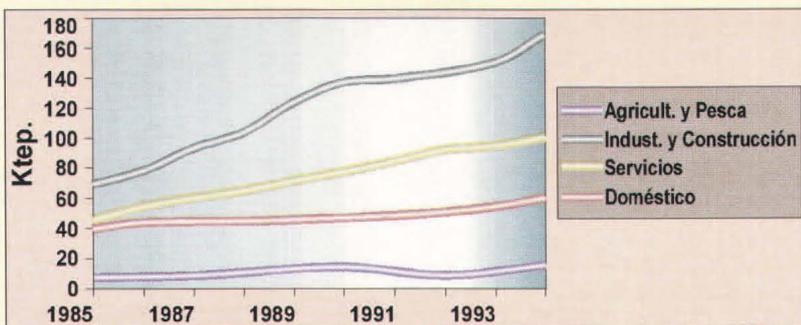
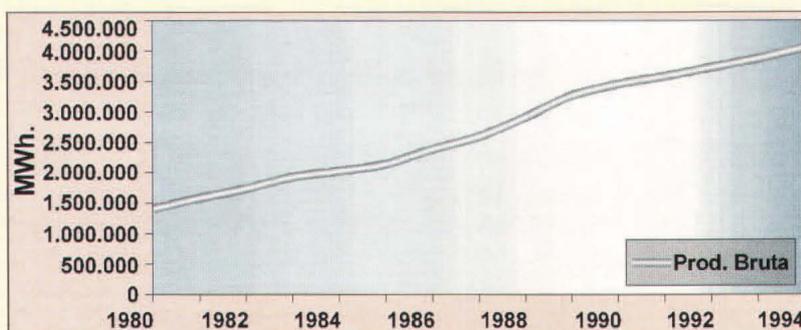
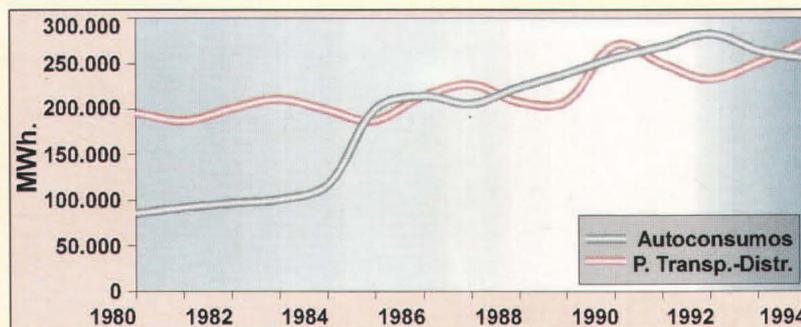
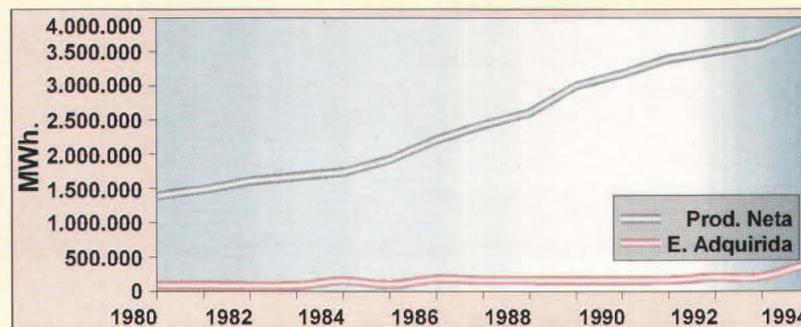


GRÁFICO 4**Evolución del consumo de energía eléctrica, detallada por sectores****GRÁFICO 5****Producción bruta****GRÁFICO 6****Pérdidas y autoconsumo****GRÁFICO 7****Energía puesta en red**

cia del aporte a la producción de las tecnologías que utilizan como combustible fuelóleo y gasóleo frente a las tecnologías que aprovechan recursos renovables como el viento y el salto hidráulico.

Analizando la evolución de la energía eléctrica por sectores (gráfico 4) observamos claramente el efecto del turismo en nuestra economía, hecho que nos hace apostar por la implementación de las denominadas tecnologías limpias.

Para finalizar, queremos presentar la evolución que ha seguido el balance eléctrico del archipiélago en los últimos 15 años, tal y como vemos en los gráficos 5, 6 y 7.

Renovable

La evolución de las energías renovables ha sido de continua progresión a lo largo de los últimos años. Como fuente de suministro eléctrico, resultan muy apropiadas para abastecer a pequeños consumidores aislados de la red. Como fuente de producción de calor, pueden solucionar tanto el problema del abastecimiento de una vivienda unifamiliar, como los requerimientos de grandes consumidores industriales.

Si analizamos la evolución de las energías renovables en los últimos años (gráfico 8) observamos un despegue de la energía eólica.

*** Energía Eólica**

El archipiélago canario cuenta con un deseado potencial eólico susceptible de ser aprove-

chado intensamente en generación de energía eléctrica, suministrada a la red y a otros usos como desalinización, bombeo de pozos, vehiculación de agua, etc., de forma directa o mixta, compartiendo suministro con la red eléctrica y en convivencia o no con otros sistemas, como por ejemplo equipos diesel controlados conjuntamente con la instalación eólica (ver figura 1).

La energía eólica se ha convertido en los últimos años en una de las fuentes renovables de mayor incremento, contando en la actualidad con 26,4 MW. de potencia instalada.

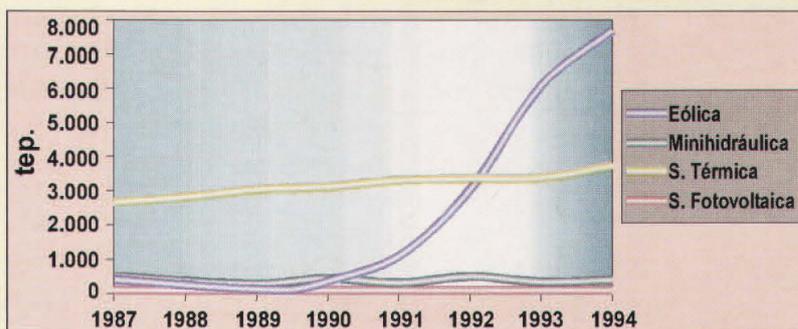
Desde el punto de vista cualitativo el archipiélago presenta unas condiciones excelentes para el aprovechamiento de esta fuente. Esto, unido al enorme potencial eólico por explotar, nos hacen prever un fuerte crecimiento en los próximos años.

Como dato relevante, decir que la potencia teórica máxima instalable en el archipiélago oscila entre 500 y 1.000 MW. No obstante, el límite real es inferior.

La penetración de la energía eólica en el archipiélago canario se encuentra con las siguientes limitaciones:

- La legislación ambiental que afecta a gran parte del territorio.
- La existencia de cultivos intensivos en zonas de elevado potencial eólico que requieren el planteamiento de un equilibrio entre ambos aprovechamientos.
- La limitación de la penetración que supone una infra-

GRÁFICO 8 Evolución de las energías renovables



estructura eléctrica inadecuada.

- La negociación de los terrenos necesarios para la instalación de los aerogeneradores con los propietarios de los mismos. Quizás la limitación más importante.

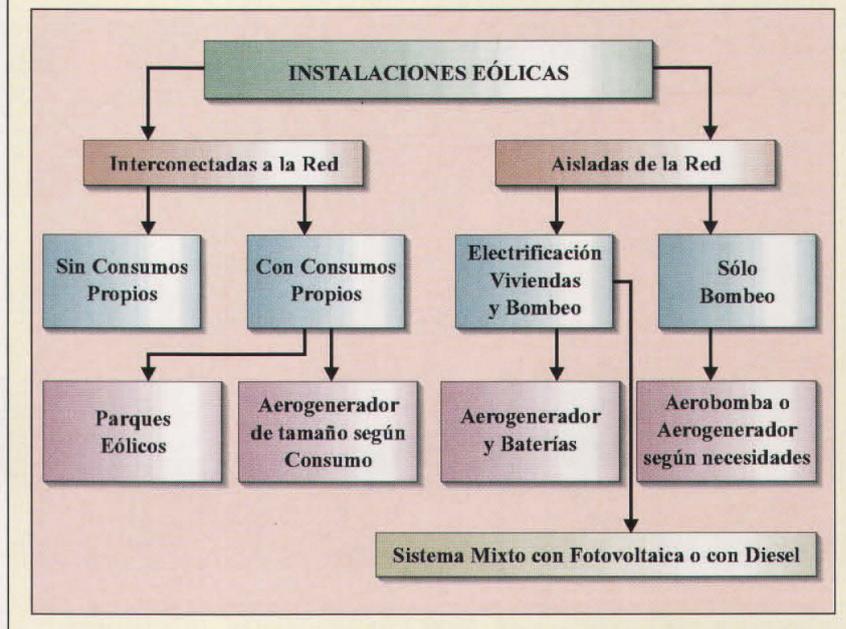
Durante los próximos años, las instalaciones eólicas consistirán fundamentalmente en parques destinados a la generación de electricidad para suministro a la red general de distribución. No obstante, las aplicaciones

de desalinización, bombeo y conducción de agua se presentan como la aplicación de mayor interés en el futuro debido a las peculiaridades de las Islas Canarias.

*** Energía Solar Térmica**

El archipiélago canario presenta una climatología muy favorable al desarrollo de la Energía Solar Térmica. En las islas el desarrollo de este tipo de tecnología ha actuado únicamente en el aprovechamiento a baja temperatura mediante el empleo

FIGURA 1 Aplicaciones de las instalaciones eólicas



de colectores solares de agua caliente sanitaria, y el calentamiento en piscinas. Los aprovechamientos de la energía solar térmica a media-alta temperatura no se han aplicado aún en Canarias y tampoco se espera su utilización en un futuro a medio plazo.

El mercado actual de la energía solar en Canarias está compuesto principalmente por el sector turístico y el sector doméstico. En este último, las instalaciones han partido de la iniciativa privada. En el sector turístico se realizaron un gran número de instalaciones a principios de los años ochenta, pero a partir de 1988 la superficie instalada anualmente ha ido decreciendo continuamente perdiéndose hasta un 70% del mercado. A pesar de las medidas de apoyo al sector que ha venido existiendo desde 1981 por parte de la administración.

Como dato significativo, la superficie anual instalada ha pasado de 4.700 m² en 1983 a 1.200 m² durante 1994.

Desde el punto de vista de la oferta existe infraestructura

tanto en lo referente a la fabricación de paneles solares, con dos fábricas en la isla de Tenerife, ESE, S.A. (fabricación comercial de paneles), y ABRASSO (labor de investigación y desarrollo de nuevos productos), como en la realización de instalaciones.

A 31 de diciembre de 1994 había instalados en Canarias 47.750 m² de colectores solares, de los cuales el 51% se instalaron entre 1982 y 1987, período en el que se produjo un "boom" en la demanda de este tipo de equipos.

* **Energía Solar Fotovoltaica**

El mercado de la energía solar fotovoltaica en Canarias se ha desarrollado principalmente en la electrificación rural y el alumbrado público en aquellas zonas alejadas de la red eléctrica.

La electrificación rural de viviendas aisladas supone del orden del 90% de la potencia instalada. Este mercado es restringido y probablemente reducirá su importancia relativa en beneficio de otras aplicaciones,

entre las que cabe destacar las telecomunicaciones, la depuración de aguas residuales, la potabilización de aguas, los sistemas de bombeo, las aplicaciones agrícolas, las instalaciones en viviendas conectadas a la red, y los sistemas híbridos que combinan energía solar fotovoltaica-energía eólica, energía solar fotovoltaica-energía minihidráulica.

En diciembre de 1994 habían instalados en Canarias 280 KW. fotovoltaicos, siendo la mayor parte de ellos instalados en el período 1990-1992, gracias a la influencia del programa Valoren de la C.E. Las islas con mayor potencia instalada son Tenerife, Lanzarote y La Palma.

* **Residuos Sólidos Urbanos**

La escasez de suelo disponible sumado a la gran afluencia de turismo a las islas, grandes generadores de basuras, han convertido el tratamiento y reciclado de los residuos sólidos urbanos (r.s.u.) en un objetivo a corto plazo.

Las islas capitalinas concentran más del 80% de las basuras totales generadas, y el futuro de las mismas en estas islas podrían pasar por la tirada selectiva en origen, separando la materia húmeda (residuos orgánicos, restos de comidas que suponen el 55% del total de los r.s.u.) y la materia seca (latas, papel, cartón, plásticos, etc.) y la incineración con la posibilidad de recuperar la energía térmica de la combustión, bien directamente utilizando el agua o el vapor, o bien mediante su transformación en energía eléctrica.



La refinería de petróleo de Santa Cruz se abastece de entre 6 y 8 orígenes diferenciados, con lo cual se garantiza el abastecimiento en caso de crisis.

Para las alternativas que presentan el reciclado y el compostaje, sólo el vidrio y el compost encuentran mercado en las islas, el resto de los materiales tales como el papel, el cartón, el plástico, la chatarra, etc., deben ser enviados a la península para su reprocesado, lo que lo hace generalmente inviable debido al coste de los fletes.

* **Energía de la Biomasa**

El consumo de la biomasa en Canarias es muy reducido debido a las especiales características de nuestros recursos de origen vegetal. Las posibilidades de desarrollo de las aplicaciones energéticas de la biomasa en las Islas Canarias vienen restringidas por los siguientes factores:

- La escasa relevancia de los sectores generadores de residuos tanto del ámbito forestal como del agrícola, al utilizarse las masas forestales como protectores contra la erosión del suelo y por la débil presencia de la agricultura para consumo interior.
- La limitación superficial y la riqueza geológica y florística de los territorios de cara a su utilización en posibles cultivos energéticos, lo que desvía este tipo de aprovechamientos hacia los terrenos destinados a la agricultura y que han sido abandonados.

El consumo de la biomasa en las Islas Canarias en la actualidad es muy reducido, y se ha estimado en 2,822 Ktep./año con el siguiente reparto sectorial:

- **Restaurantes:** consumen biomasa para la preparación de los alimentos, siendo utilizadas carbón vegetal y leñas, el consumo se aproxima a las 1,677 Ktep./año.
- **Avícola:** mayoritariamente en granjas de engorde de pollos, el consumo se aproxima a 1,070 Ktep./año.
- **Industrial:** mayoritariamente en la preparación de oleoductos, el consumo se estima en 0,075 Ktep./año.

En términos relativos y comparando el consumo existente en otras comunidades autónomas o con otros países de la C.E., se puede decir que el consumo de biomasa en Canarias es irrelevante en estos momentos. Se hace conveniente no establecer para el futuro objetivos energéticos en esta área.

* **Energía Hidráulica**

El aspecto hidrológico en las Islas Canarias viene siendo un factor clave, condicionante del desarrollo de las islas. En determinadas zonas de las islas existe una notable limitación de

recursos hidráulicos y las condiciones necesarias para realizar un aprovechamiento hidroeléctrico se concentran sólo en algunas islas, en localizaciones muy singulares y en rangos de potencia muy bajos, (10 a 100 KW.), es decir, se trata de lo que en ocasiones se denomina microcentrales

La isla de Tenerife cuenta con tres instalaciones pequeñas que totalizan 196 KW. Es en la isla de La Palma donde se encuentra la mayor instalación del archipiélago, con una potencia instalada de 800 KW. (El Mulato), en estos momentos se estudia la posibilidad de aprovechar el cauce alto de El Mulato con otras dos instalaciones que totalizarían 1 MW. de potencia instalada.

* **Energía Geotérmica**

En cuanto a la energía geotérmica actualmente no existen aprovechamientos de carácter energético. Los aprovechamientos de este tipo de recursos se limita a instalaciones de demostración como reclamo turístico (anomalía térmica del Islote de Hilario).



A pesar de las medidas de apoyo al sector que ha venido existiendo desde 1981 por parte de la administración, la superficie instalada anualmente ha ido decreciendo.

MODELOS

El término “modelo” se ha convertido en un concepto excesivamente ambiguo, en este trabajo de investigación vamos a considerar el modelo como una representación formal de un sistema.

El objetivo inmediato de un modelo es representar esquemáticamente, pero de manera precisa y útil, la historia y el estado actual de un sistema. Sin embargo, el fin último del modelado, sobre todo el modelado matemático, es extrapolar hacia el futuro la trayectoria histórica de las variables del sistema (proyectar) ante diferentes hipótesis o escenarios.

El grado de precisión de los modelos es muy variable pudiendo llevarnos el exceso de

precisión a demasiadas inexactitudes.

Para analizar la integración de las tecnologías de las energías renovables en cualquier sector económico, se utiliza como procedimiento general una combinación de modelización analítica y simulación.

Después de realizar una detallada revisión bibliográfica nos hemos dado cuenta de que el término “penetración de mercado” no está claramente definido. En algunos casos se alude a la difusión de la tecnología en el mercado, y en otros se considera como una sustitución técnica de la misma, en ambos casos va a depender tanto de la viabilidad del mercado ya conseguido, como de la dinámica del proceso de penetración en sí mismo.

Hemos combinado un amplio espectro de las técnicas de análisis de la penetración de mercado, y nos resulta evidente que no hay un método de penetración de mercado que sea la panacea. La elección de un método de penetración en el mercado está controlada, en parte, por la disponibilidad de datos. Los datos disponibles para el análisis de la penetración en el mercado, de las tecnologías de las energías renovables, no son uniformes y, en consecuencia, se debe realizar un análisis flexible en la elección de los modelos que debe ser cons-

ciente de las metodologías disponibles en la penetración del mercado.

Al inicio de este trabajo de investigación nos hemos dirigido a numerosos organismos investigadores internacionales con el fin de obtener información de los modelos que analizan sistemas energéticos en la actualidad y que se están desarrollando en todo el mundo. Hemos recibido información de todas ellas, con lo que podemos considerar en este punto que la recopilación bibliográfica ha sido bastante exhaustiva y completa.

Ante la gran cantidad de información recibida nos hemos visto obligados a definir cuatro categorías que nos clasifican los modelos en función de los procedimientos y el tipo de datos que utilicen.

Estas categorías son :

1. Sistemas de información de energía

Consisten en una base de datos y algunos promedios para el análisis de datos. Datos que por sí mismos no caracterizan una estructura como un modelo de energía. Hemos estudiado los siguientes modelos dentro de esta categoría:

CO2DB: desarrollado por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados. Modelo cuyo propósito es seleccionar tecnologías, calcular eficiencias, costes y efectos medioambientales en las cadenas de conversión de energía.



El reciclado de los residuos sólidos urbanos (r.s.u.) es un objetivo prioritario a corto plazo.

EM: desarrollado por El Banco Mundial. Es una herramienta que identifica especialmente los equilibrios entre los costes y los impactos medioambientales de las diferentes tecnologías energéticas.

IKARUS: desarrollado por Kernforschungsanlage Jülich. El objetivo de este modelo es la evaluación de varias estrategias para reducir las emisiones de gases que producen el efecto invernadero de origen relacionado con la energía, particularmente el CO₂.

DECPAC: desarrollado por la Agencia Internacional de la Energía Atómica. El modelo accede y expone la información contenida en la base de datos DECADES, permite la transferencia de datos desde las bases de datos hasta los modelos analíticos y facilita la exposición de resultados y las salidas desde esos modelos.

2. Modelos de sistemas de energía

Modelos orientados a sistemas de abastecimiento de energía de manera sistemática. Algunos modelos son ampliados al análisis de la demanda de energía. Otros dan como rasgos adicionales el cálculo del impacto de los sistemas de energía planeados. Estos impactos incluyen emisiones y aspectos sociales y económicos. Dentro de esta categoría hemos estudiado los siguientes modelos:

EFOM-ENV: desarrollado por la Comisión de la Comunidad Europea, (DGXII). Mo-

delo de optimización ambiental y flujo de energía.

MARKAL: desarrollado por la Agencia Internacional de la Energía. Modelo de distribución de mercado.

MESSAGE III: desarrollado por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados. Modelo de planificación dinámica a largo plazo de los sistemas de operación y expansión de energía.

MOPCA: desarrollado por China Institute of Nuclear Industry Economics. El modelo está compuesto de dos partes, la primera compara y calcula las opciones de desarrollo diferentes de los sistemas eléctricos, la segunda parte es un modelo de simulación del sistema eléctrico.

PRIMES: desarrollado por la Comisión Europea (DGXII). Es un modelo de equilibrio parcial para el sistema de energía y el Mercado Europeo, da una representación detallada del estado actual y las tendencias futuras del mercado energético europeo incluyendo una cobertura completa de implicaciones medioambientales.

TEESE: desarrollado por Tata Energy Research Institute. Se utiliza para analizar las interacciones entre el sistema económico y el sistema energético.

3. Paquetes modulares

Consisten en diversos tipos de modelos diferentes, con componentes macroeconómicos, balances de los sistemas de oferta y de demanda de energía, etc. pero todos integrados en un paquete. No se necesitan correr cada uno de los modelos, y se deben seleccionar sólo alguno de ellos dependiendo de la naturaleza del análisis. Dentro de esta categoría hemos estudiado los siguientes modelos:

ENPEP: desarrollado por la Agencia Internacional de la Energía Atómica. Modelo que da un enfoque integrado a la planificación energética.

LEAP: desarrollado por el Stockholm Environment Institute-Boston. Sistema de planificación de las energías alternativas a largo plazo.



La escasez de agua en el archipiélago hace poco viable la implantación de la energía hidráulica.

MESAP: desarrollado por el Instituto de Energías Renovables de la Universidad de Stuttgart. Modelo que analiza el sector energético y lo planifica.

ESPRIT: desarrollado pro Electrotechnische Hochschule 'Milan Vidmar'. Es un modelo que está diseñado para el análisis de impacto de los escenarios desarrollados en el sistema energía/electricidad definido.

POLES: desarrollado por la Comisión Europea, (DGXII). Es un modelo de simulación que da escenarios de oferta y demanda de energía a largo plazo y a nivel mundial.

SUPER: desarrollado por la Organización Latinoamericana de Energía. El modelo es un conjunto de ocho módulos analíticos para la interpretación de los sistemas de generación eléctrica y la planificación en transmisión a nivel local, nacional o subregional.

4. Modelos integrados

Modelos que consisten en un conjunto de ecuaciones integradas, resuelto simultáneamente. Estos modelos cubren interacciones energético-económico y medioambientales. Dentro de esta categoría hemos estudiado los siguientes modelos:

MELODIE: desarrollado por C.E.A. Modelo que analiza las conexiones energéticas, económicas y medioambientales. El enfoque básico es un modelo macroeconómico con representación técnica para el sector energético.

GEM-E3: desarrollado por la

Comisión Europea, (DGXII). Es un modelo de equilibrio multinacional y multisector, que engloba las interacciones entre la economía y el sistema energético y medioambiental a nivel de los Estados miembros de la Comunidad.

MARKAL-MACRO: desarrollado por Brookhaven National Laboratories. Este modelo da una evaluación integrada del sector energía operando en conjunción con la economía, y maximizando la utilidad del consumo.

MEGEVE-E3ME: desarrollado por la Comisión Europea, (DGXII). El principal objetivo del modelo es dar una estructura para la evaluación de diferentes políticas económicas y energéticas, y particularmente aquellos puntos que logran el uso ambientalmente sostenible de la energía a largo plazo.

MIDAS: desarrollado por la Universidad Técnica Nacional de Atenas. Es un modelo de planificación del sistema energético a larga escala y de previsión, da una simulación dinámica del sistema de energía que es representado por una combinación del análisis de los procesos ingenieriles y formulación econométrica.

ESG: desarrollado por el Instituto Federal Suizo de la Tecnología. El propósito principal de este modelo es generar escenarios consistentes de desarrollo económico que determinen, simultáneamente la demanda y la oferta energética, así como el impacto ambiental.

WARM: desarrollado por el Gruppo di Ricerca Economica

Teorica y Applicata. Se trata de un modelo diseñado para estudiar los procesos de integración y convergencia de las economías nacionales Europeas, para analizar los flujos comerciales dentro y fuera de la Unión Europea y para simular los efectos de las políticas relacionadas con la energía y el medioambiente.

MÈGAPESTES: desarrollado por el Équipe de Recherche en Analyse des Systèmes et Modélisation Économique - Chambre de Commerce et d'Industrie de París. La estructura básica de este modelo puede ser considerada como una herramienta integrada y consistente para las decisiones de mercado que investiguen los temas relacionados con políticas energéticas y medioambientales.

SAFIRE: desarrollado por Energy Sustainable Development Ltd. Es una infraestructura basada en el cálculo que asesora los impactos de primer orden que pueden provocar las nuevas tecnologías energéticas en la economía local, regional o nacional.

SIENA: desarrollado por la Universidad de Milán. Este modelo considera como principal objetivo la valoración del uso de las energías renovables en el sector agrícola o en pequeñas áreas aisladas.

PECAM: desarrollado por SERMASA. Este modelo simula la demanda en el consumo a medio-largo plazo.

Hemos intentado resumir los modelos de planificación energética más relevantes que to-

man en consideración la contribución de las tecnologías renovables en un futuro próximo.

Para finalizar, solo queda recordar que el principal objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar un mode-

lo similar a los descritos dirigido a la penetración, en la región canaria, de las tecnologías de energías renovables.

BIBLIOGRAFÍA

- Markal and Markal-Macro training guidance. Brookhaven National Laboratory.
- Markal-Macro: An Overview. Brookhaven National Laboratory.
- Markal-Macro: A methodology for informed energy, economy and environmental decision making. Brookhaven National Laboratory.
- Getting Started with PC-Markal and the Markal user's support system. International Energy Agency.
- Proyecto PECAM. Sermasa.
- Developing decision-making support tools for the utilization of renewable energies in integrated systems at the local level. National Technical University of Athens.
- E3ME: An Energy-Environment-Economy model for Europe. C.E.C. (DGXII).
- MESAP III: A decision support system for energy and environmental planning. University of Stuttgart.
- POLES 2: Reference guide. E.C. (DGXII).
- GEM-E3: Computable general equilibrium model for studying economy-energy-environment interactions. E.C. (DGXII).
- The PRIMES project. E.C. (DGXII).
- The environment manual for the power development. GTZ.
- Economy-energy-environment models. E.C. (DGXII).
- The EU energy and environment model EFOM-ENV specified in GAMS. Model description and user's guide. Netherlands Energy Research Foundation.
- The model Markal. Theory and Applications. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- ENPEP: An integrated approach for modeling national energy systems. Argonne National Laboratory.
- Strategies for reducing emissions and depositions in Central and Eastern European Countries. The case of the Czech Republic. Netherlands Energy Research Foundation.
- ESPRIT. Electroinstitute 'Milan Vidmar'.
- Compañía Española de Petróleos, S.A.
- Unión Eléctrica de Canarias.
- D.G. de Industria y Energía.

BIOGRAFÍA

Laly Leandro Frías

Licenciada en Ciencias Químicas, especialidad de Química Industrial, por la Universidad de La Laguna. Ha realizado un Máster en Ingeniería Ambiental y un Máster en Ingeniería de Desalación y Reutilización de Aguas, ambos impartidos por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria durante el bienio 1992-1994.

Asimismo, ha colaborado en un Proyecto de la CE (DGXII), dentro del programa JOULE II, (JOU2-CT92-0164), durante el período comprendido entre abril de 1993 y septiembre de 1995. En la actualidad se encuentra realizando su Tesis Doc-

toral, que dirige el Prof. D. Antonio Gómez Gotor, Catedrático de Ingeniería Química de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Dirección:

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Sección de Medioambiente Industrial (SEMAI).
Departamento de Ingeniería de Procesos.
Campus Universitario de Tafira.
La Casita (35017) - Las Palmas de G.C.
Teléfonos : (928) 45-45-83 / 45-45-85.
Fax : (928) 35-15-84
E-mail : cleandro.cicei.ulpgc.es

Este trabajo ha sido patrocinado por:

ELMASA