

## PREVISIÓN CUANTITATIVA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLE A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES

Manuel Fernández Arana

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación,  
Universidad Pública de Navarra.  
Fernandez.116729@e.unavarra.es*

Faustino N. Gimena Ramos

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y de Telecomunicación,  
Universidad Pública de Navarra.  
faustino@unavarra.es*

### Resumen

La generación de energías renovables se ha convertido en un objetivo político de extrema importancia, con la pretensión de satisfacer al consumo energético de toda la población en distintos usos, que está implicando grandes inversiones privadas y públicas en infraestructura de generación, y un gran gasto en ayudas públicas para motivar a su creación. Estas infraestructuras se han ejecutado hasta ahora limitadas exclusivamente por la financiación, y sin responder a criterios de demanda previsible. En ciertas regiones en las que la oferta comienza a alcanzar niveles sustanciales en relación con la demanda, es preciso planificar las inversiones en función de la demanda previsible, para evitar problemas de financiación a cada proyecto y para evitar un colapso financiero del sistema económico en el caso de que la oferta no pueda quedar compensada por demanda. El trabajo pretende determinar la generación energética renovable, en las distintas fuentes de generación, que es necesaria para satisfacer la necesidad de un ámbito regional de demanda. Para evaluar la necesidad, se aplicará una metodología de cálculo de demanda a partir de datos estadísticos de población y productividad. La generación de energía renovable necesaria se calculará como respuesta a esos patrones poblacionales, en función de la capacidad actual de las distintas tecnologías de generación aplicables. Como resultado, se concluirá con una evaluación preliminar de costes de las infraestructuras de generación, que se calcularán a partir de costes de actuaciones semejantes ya ejecutadas. Esta evaluación nos aportará el coste unitario de generación energética, que permitirá a la Administración evaluar con más exactitud el nivel de inversión y recuperación de las inversiones en energía renovable hasta satisfacer la demanda. El ámbito regional elegido para el trabajo es España, por contar con datos suficientes que pueden ser evaluados con el procedimiento descrito.

**Palabras Clave:** Gerencia de proyectos, Infraestructura, energía renovable, generación eléctrica, característica poblacional, inversión.



## QUANTITATIVE FORECAST OF RENEWABLE ELECTRICITY GENERATION BASED ON POPULATION CHARACTERISTICS

### Summary

The generation of renewable energies has become an extremely important political objective, with the aim of satisfying the energy consumption of the entire population in different uses, which is implying large private and public investments in generation infrastructure, and large spending on public aid to motivate its creation. Until now, these infrastructures have been executed limited exclusively by financing, and without responding to criteria of foreseeable demand. In certain regions where supply begins to reach substantial levels in relation to demand, it is necessary to plan investments based on foreseeable demand, to avoid financing problems for each project and to avoid a financial collapse of the economic system in the If the supply cannot be matched by demand. The work intends to determine the renewable energy generation, in the different generation sources, which is necessary to satisfy the need of a regional scope of demand. To assess the need, a demand calculation methodology will be applied based on statistical population and productivity data. The necessary renewable energy generation will be calculated in response to these population patterns, based on the current capacity of the different applicable generation technologies. As a result, a preliminary evaluation of the costs of the generation infrastructures will be concluded, which will be calculated based on the costs of similar actions already carried out. This evaluation will provide us with the unit cost of energy generation, which will allow the Administration to assess the level of investment and recovery of investments more accurately in renewable energy until demand is met. The regional scope chosen for the work is Spain, as it has sufficient data that can be evaluated with the procedure described.

**Keywords:** Project management; Infrastructure, renewable energy, electricity generation, population characteristics, investment.

### 1. DEMANDA ENERGÉTICA

Para poder confirmar la cantidad de energía que se puede suministrar con fuentes renovables, se debe conocer en primer lugar la demanda de energía, desagrupada por sectores de consumo y por fuentes de generación.

No interesa detectar el consumo desagregado en los sectores tradicionales de medición de actividad económica (sector primario, secundario o terciario), sino que se desagregará en los sectores de consumo (sector residencial, sector transporte, y sector de actividad económica). Esta división permite evaluar con más detalle las fuentes de energía que pueden ser sustituidas por energía renovable, por varias razones:

- Las fuentes energéticas difieren sustancialmente en función de la tipología de consumo, y no del sector de actividad económica.
- Algunas fuentes de energía renovable pueden ser ubicadas directamente en puntos de consumo, con el objeto de minimizar la infraestructura de transporte energético.

#### 1.1. Demanda actual

Existen diversas fuentes sectoriales que aportan datos de oferta y demanda de energía. Los datos muestran ligeras divergencias en función de los agentes que los publican, principalmente por las fechas

de referencia consideradas en la toma de datos, por la divergencia que se da entre datos en origen de producción y destino de demanda, o por las diferentes asunciones de consumos unitarios que se aporta a partir de estadísticas que, por su concepción, difieren en las variables tenidas en cuenta. No obstante, un cruce de datos y análisis detallado de circunstancias de su obtención permiten obtener datos que resumen la demanda, por sectores de consumo, y la oferta que la atiende, por fuentes de producción energética.

Los sectores que se han considerado para la desagregación de consumo son los siguientes:

- Sector residencial
- Sector Transporte
- Sector Actividad Económica

Se ha evitado la división tradicional de sectores de actividad económica propia de los estudios macroeconómicos (Sector Primario, Secundario y Terciario), porque esta división no permite detectar los consumos energéticos según fuentes de producción, y tampoco aporta ninguna pista sobre ubicación de consumos, que es necesario tener en cuenta para la posterior elección de sistemas de generación renovable adaptados a destinos de consumo energético.

Como resultado del análisis de diferentes fuentes, se han preparado los siguientes cuadros que resumen los consumos energéticos por sectores de consumo, y las fuentes que han servido para la generación energética. Estos datos de demanda permitirán posteriormente decidir a los autores el objetivo de sustitución de fuentes de producción energética, en el intento de maximizar la producción con energías renovables.

**Tabla 1:** Distribución de consumos energéticos en España 2020, por sectores de consumo y fuentes energéticas, en GWh

Fuentes	TOTAL	Industrial	Transporte			Residencial	Servicios
			Personal	Colectivo			
Carbón	14.141	14.068	0	0	73	0	0
Petróleo	525.867	31.931	222.768	174.954	31.900	0	64.314
Gas	145.278	89.095	3.796	0	31.914	20.473	0
Electricidad	344.783	88.202	11.475	19.643	109.400	75.131	10.932
Total	1.030.069	223.296	238.039	194.597	173.287	125.604	75.246

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de datos IDEA, Redesa, Gas Natural, INE y otros operadores energéticos y analistas sectoriales.

### **1.2. Demanda prevista**

El cuadro permite visualizar claramente los consumos que, por su destino y por la fuente de producción energética, deben plantearse ser sustituidos por generación energética renovable. Estos consumos ascienden a 766.020 GWh, y son todos los que actualmente son producidos por carbón (que ya es una fuente marginal de producción energética), todos los de gas no industriales, y los consumos eléctricos actuales. Así, solo se plantea el mantenimiento de generación no renovable que quedan marcadas en color amarillo en el cuadro (energías obtenidas por petróleo para el uso de transporte colectivo y mercancías, y energías obtenidas por gas en el consumo industrial).

## **2. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN RENOVABLE**

Se conocen las características de las distintas fuentes de EERR en cuanto a rendimiento de generación energética sobre potencia instalada y consumo de superficie por unidad de energía generada, todo ello con el nivel de desarrollo existente de las tecnologías de generación de Energías Renovables. Eso permite obtener la superficie teórica ocupada por estas fuentes de energía renovable.

Y a partir de la información geográfica existente en el ámbito regional, se pueden obtener las superficies que no están comprometidas ni por los desarrollos urbanísticos o de infraestructuras, ni por el uso agrícola y ganadero, ni por las limitaciones medioambientales impuestas en el ámbito regional para la protección de espacios naturales o de especial atención. Estas superficies son las teóricamente disponibles para ser ocupadas por las distintas fuentes de energías renovables.

Cruzando esta información, se fija la energía máxima que podemos generar en esas superficies disponibles con cada fuente de energía renovable.

### **2.1. Características y producción potencial en el ámbito nacional y regional**

Existen principalmente dos fuentes de generación renovable que tienen un potencial suficiente para resolver el problema planteado en este artículo: la energía eólica y la energía solar fotovoltaica.

Ambas fuentes son las más populares en España dentro del conjunto renovable y no solo se debe a que presentan un mayor rendimiento si no a sus costes. La energía eólica es la fuente energética más barata en España y la energía solar fotovoltaica es la segunda. Comparando sus LCOE, el cual mide el beneficio que da una instalación en su vida útil, la energía eólica presenta un LCOE de 27€/MWh y la solar fotovoltaica 28€/MWh. Contrasta con el correspondiente al carbón, que se sitúa en 33€/MWh.

#### **2.1.1. Energía eólica terrestre**

Según el atlas eólico de IDAE, la superficie disponible en España para la ubicación de parques eólicos terrestres es de 83.000 km<sup>2</sup>. Equivale a la superficie total de Andalucía.

Ratio de aprovechamiento eólico, según estimaciones propias obtenidas a partir de la medición de generación energética en parques eólicos existentes y las superficies afectadas por éstos, es de 4 MW de potencia instalada por cada km<sup>2</sup>. Y a partir de la energía generada de los parques eólicos contrastada con la potencia instalada, se obtiene un rendimiento medio de 8.400 MWh anuales por cada km<sup>2</sup> ocupado.

#### **2.1.2. Energía eólica marina**

Según el mismo estudio, la superficie disponible en España para la ubicación de parques eólicos terrestres es de 1.412 km<sup>2</sup>.

Y la ratio de aprovechamiento eólico, según datos de IRENA y estimaciones propias obtenidas a partir de la medición de generación energética en parques eólicos existentes y las superficies afectadas por éstos, es de 6 MW de potencia instalada por cada km<sup>2</sup>. Y a partir de la energía generada media de los parques eólicos contrastada con la potencia instalada, se obtiene un rendimiento medio de 15.900 MWh anuales por cada km<sup>2</sup> ocupado.

### 2.1.3. Energía solar fotovoltaica

En la estimación del potencial solar fotovoltaico, se ha partido de dos fuentes: el Ministerio de Agricultura e instalaciones fotovoltaicas de gran escala instaladas en España.

Con la primera fuente se ha estimado la superficie disponible para la instalación de huertas fotovoltaicas que esté libre de otros usos o limitaciones, como zonas urbanas, la explotación agraria o la Red Natura 2000. La siguiente tabla muestra el caso nacional:

**Tabla 2:** Superficie potencialmente disponible para las huertas fotovoltaicas en España.

	km2	% sobre el total nacional
Superficie total nacional	506000	100,00
Superficie urbana nacional	104236	20,60
Superficie Red Natura 2000	145878	28,83
Superficie disponible para huertas fotovoltaicas	255886	50,57

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, elaboración propia.

256000 km<sup>2</sup> no urbanos están libres de limitaciones por la Red Natura 2000. Sin embargo, casi un 90% de esta superficie se usa para la producción agraria:

**Tabla 3:** Superficie potencialmente disponible libre de cultivos para las huertas solares fotovoltaicas en España.

	km2	% sobre lo disponible
Superficie disponible para huertas fv	255886	100,00
Superficie cultivos agrarios	230000	89,88
Superficie disponible libre de cultivos	25886	10,12

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, elaboración propia.

Como no se quiere prescindir de instalaciones agrarias, la superficie restante es la que realmente podría usarse para la instalación de huertas fotovoltaicas. En total, hay 26000 km<sup>2</sup> libres.

La densidad de potencia se ha obtenido a partir de la ponderación de las densidades de las huertas solares más relevantes instaladas en España. Como resultado, se considera una densidad de potencia de 50 MW/km<sup>2</sup>.

Además, la media de horas solares pico anuales en la península ibérica se sitúa en 1900 horas/año. Sin embargo, por envejecimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas, el rendimiento puede reducirse entre un 15 y un 20%. Teniendo en cuenta el peor de los casos, las horas solares pico que se utilizarán para dimensionar las instalaciones serán 1500 horas/año.

**Tabla 4:** Resumen del potencial de huertas solares fotovoltaicas en España.

	Valor	Unidad
Superficie disponible libre de cultivos	25886	km <sup>2</sup>
Densidad de potencia MW/km <sup>2</sup>	50	MW/km <sup>2</sup>
Potencia MW	1294300	MW
Horas solar pico	1500	h/año
Generación energética	1941450	GWh/año

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, elaboración propia.

Con estos dos parámetros y con la superficie disponible libre de cultivos, se estima que la generación eléctrica anual máxima en España es de 1940000 GWh/año.

Para el caso de Navarra se realiza el mismo procedimiento:

**Tabla 5:** Superficie potencialmente disponible para las huertas fotovoltaicas en Navarra

	km <sup>2</sup>	% sobre el total Navarra
Superficie total Navarra	10391	100
Superficie urbana Navarra	300	2,89
Superficie Red Natura 2000 Navarra	2810	27,04
Superficie disponible para huertas fotovoltaicas	7281	70,07

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, elaboración propia.

**Tabla 6:** Superficie potencialmente disponible libre de cultivos para las huertas solares fotovoltaicas en Navarra.

	km <sup>2</sup>	% sobre lo disponible
Superficie disponible para huertas fv	7281	100
Superficie cultivos agrarios	3149,91	43,26
Superficie disponible libre de cultivos	4131,09	56,74

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, elaboración propia.

**Tabla 7:** Resumen del potencial de huertas solares fotovoltaicas en Navarra.

	Valor	Unidad
Superficie disponible libre de cultivos	4131,09	km <sup>2</sup>
Densidad de potencia MW/km <sup>2</sup>	50	MW/km <sup>2</sup>
Potencia MW	206554,5	MW
Horas solar pico	1500	h/año
Generación energética	309831,75	GWh/año

**Fuente:** Ministerio de Agricultura, elaboración propia.

31000 GWh/año se podrán generar como máximo en Navarra a partir de huertas solares fotovoltaicas.

#### 2.1.4. Resumen del potencial y las características de las EERR en España

**Tabla 8:** Resumen de la capacidad potencial de cada fuente de energía renovable en España.

Fuente	Ubicación	Tecnología	km <sup>2</sup>	GW	GWh/año	MW/km <sup>2</sup>	MWh/(año*km <sup>2</sup> )
EÓLICA	Terrestre	Tripala	83.000	332	697.200	4	8.400
	Marina	Tripala	1.412	8	22.451	6	15.900
SOLAR	Huertas	Fotovoltaica	25.886	1.294	1.941.450	50	75.000
		Térmica				32	72.000
	Tejados domicilios	Fotovoltaica	632	44	66.378	70	105.000
	Tejados industria		1.128	60	89.643	60	79.464
HIDROELÉCTRICA	Ríos	Minihidráulica		2	4.000		
	Presas	Gran hidráulica		15	28.000		
BIOMASA, RESÍDUOS	Urbana			0	5.000		
	Industrial			1			
<b>TOTAL</b>			<b>112.058</b>	<b>1.757</b>	<b>2.854.121</b>		

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 2.1.5. Resumen del potencial y las características de las EERR en Navarra

**Tabla 9:** Resumen de la capacidad potencial de cada fuente de energía renovable en Navarra.

Fuente	Ubicación	Tecnología	km2	GW	GWh/año	MW/km2	MWh/(año*km2)
EÓLICA	Terrestre	Tripala	3605	14,42	31363,5	4	8700
	Marina	Tripala	0	0	0	0	0
SOLAR	Huertas	Fotovoltaica	4131,09	206,5545	309831,75	50	75000
		Térmica				32	72000
	Tejados domicilio	Fotovoltaica					
	Tejados industria	Fotovoltaica					
HIDROELÉCTRICA	Ríos	Minihidráulica		0,238	540		
	Presas	Gran hidráulica					
BIOMASA, RESÍDUOS	Urbana			0,043	305		
	Industrial						
TOTAL			7736,09	221,2555	342040,25		

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Capacidad posible de generación a partir de superficies disponibles

En la estimación del potencial de cada energía renovable, se incluye lo que ya está instalado actualmente. Sin embargo, no se ha hablado de la oferta actual y, por ello, no se sabe cuánta potencia queda por instalar. Para determinar la nueva oferta prevista que se puede llegar a añadir en los próximos años, se debe restar la capacidad potencial menos la oferta actual de cada energía renovable.

La siguiente tabla muestra el caso nacional:

**Tabla 10:** Nueva oferta de generación renovable prevista y el LCOE en España.

			ESPAÑA						
			OFERTA ACTUAL 2020		Capacidad potencial de generación de EERR		NUEVA OFERTA PREVISTA		LCOE
Fuente	Ubicación	Tecnología	GW	GWh/año	GW	GWh/año	GW	GWh/año	€/MWh
EÓLICA	Terrestre	Tripala	27,084	43889	332	697200	304,916	653311	26,7
	Marina	Tripala	5	11000	8,472	22450,8	3,472	11450,8	66
SOLAR	Huertas	Fotovoltaica	11,766	15300	1294,3	1941450	1280,23	1921650	27,83
		Térmica	2,304	4500					91
	Tejados domicilio	Fotovoltaica	0	0	44,252	66377,59	44,25172542	66377,58813	87
	Tejados industria	Fotovoltaica	0	0	59,762	89643,06	59,76203798	89643,05697	63
HIDROELÉCTRICA	Ríos	Minihidráulica	2,05176	4000	2,05176	4000	0	0	72
	Presas	Gran hidráulica	15,04624	28000	15,04624	28000	0	0	35
BIOMASA, RESÍDUOS	Urbana		0,1573	5000	0,1573	5000	0	0	50
	Industrial		1,0855		1,0855		0	0	74
<b>TOTAL TEJADOS</b>							<b>104,0137634</b>	<b>156020,6451</b>	
<b>TOTAL NO TEJADOS</b>							<b>1588,618</b>	<b>2586411,8</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>64,4948</b>	<b>111689</b>			<b>1692,631763</b>	<b>2742432,445</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Con excepción de la energía hidroeléctrica y de la biomasa y residuos, las cuales tienen todo su potencial máximo instalado (hasta hace unos años eran más baratas que la eólica y que la solar fotovoltaica), en la energía eólica y la solar fotovoltaica queda mucho por instalar (como se ha dicho antes, es la razón por la que se hace hincapié en estas dos fuentes).

La siguiente tabla muestra el caso particular de Navarra:

**Tabla 11:** Nueva oferta de generación renovable prevista y el LCOE en Navarra.

				NAVARRA						
				OFERTA ACTUAL 2020		Capacidad potencial de generación de		NUEVA OFERTA PREVISTA		LCOE
	Fuente	Ubicación	Tecnología	GW	GWh/año	GW	GWh/año	GW	GWh/año	€/MWh
	EÓLICA	Terrestre	Tripala	1,3	2378	14,42	31363,5	13,12	28985,5	26,7
		Marina	Tripala	0	0	0	0	0	0	66
	SOLAR	Huertas	Fotovoltaica	0,0635	275	206,5545	309831,8	206,491	309556,75	27,83
			Térmica	0	0			0	0	91
		Tejados domiciliados	Fotovoltaica					0	0	87
		Tejados industria						0	0	63
	HIDROELÉCTRICA	Ríos	Minihidráulica	0,238	540	0,238	540	0	0	72
		Presas	Gran hidráulica					0	0	35
	BIOMASA, RESÍDUOS	Urbana		0,043	305	0,043	305	0	0	50
		Industrial						0	0	74
<b>TOTAL TEJADOS</b>								<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>TOTAL NO TEJADOS</b>								<b>219,611</b>	<b>338542,25</b>	
<b>TOTAL</b>								<b>219,611</b>	<b>338542,25</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden realizar las mismas conclusiones que en España: solo se instalarán eólica y solar fotovoltaica y queda mucha oferta por promocionar para cubrir la demanda prevista.

### 3. GENERACIÓN DE EERR PARA SATISFACCIÓN DE DEMANDA

El objetivo del trabajo, de acuerdo con lo comentado en la introducción, es la maximización de la generación de energías renovables en sustitución de fuentes tradicionales, de acuerdo con la capacidad tecnológica existente y aprovechando que la generación renovable puede ser más fácilmente adaptada a las diferentes ubicaciones de los consumos energéticos.

Se debe comprobar si la nueva oferta prevista de energías renovables puede cubrir la futura demanda eléctrica. En la siguiente tabla, se muestra cómo es posible cubrir la demanda:

**Tabla 12:** Aceptación de la hipótesis inicial.

	Si NUEVA OFERTA PREVISTA - DEMANDA PREVISTA > 0, se acepta la hipótesis inicial				
	NUEVA OFERTA PREVISTA		DEMANDA PREVISTA	EXCEDENTE	¿ES POSIBLE?
	GW	GWh/año	GWh/año	GWh/año	
TOTAL TEJADOS	104,01	156020,65	137.406,02	18614,62	Sí
TOTAL NO TEJADOS	1588,618	2586411,8	695.774,05	1890637,75	Sí
TOTAL	1692,63	2742432,45	833.180,07	1909252,37	Sí

Fuente: Elaboración propia.

La cobertura de la demanda prevista se ha analizado desde dos puntos de vista diferentes con la finalidad de disminuir el transporte de energía eléctrica por las líneas y evitar su posible saturación.

Se diferencia entre la generación energética en tejados de edificios, mediante tejados solares, y la generación energética que no se da en edificios, como lo son las instalaciones eólicas y las huertas solares. Se hace la misma clasificación para los sectores de demanda según la localización: la demanda en edificios (tejados) y la demanda en el resto de los sectores (no tejados).

Aunque no se ha hablado de la generación por tejados solares, se ha realizado una pequeña estimación según un informe del Observatorio de la Sostenibilidad. Es una fuente renovable que, aunque no genere tanto como las huertas solares, no necesita un terreno sin uso para su implantación y, por ello, es muy prometedora.

Tanto en la generación y demanda en “tejados” como en “no tejados”, se podrá cubrir la demanda prevista íntegramente por fuentes renovables.

### **3.1. Ubicación de EERR para atender a destino**

De entre las energías renovables, las basadas en la energía solar (solar fotovoltaica y solar térmica) son las más adaptables a las ubicaciones en puntos de demanda, porque no requieren grandes superficies para ser funcional y económicamente viables, y porque se basan fundamentalmente en la orientación geográfica, no requiriendo ubicaciones puntuales concretas. Así, utilizando estas fuentes en ubicaciones cercanas a destinos de consumo, se pueden evitar muchas infraestructuras de transporte energético.

Por ello, como pauta inicial de asignación de fuentes energéticas a los diferentes sectores de consumo, se asume la dotación a usos residenciales mediante fuentes de energía solar ubicadas en los mismos edificios generadores de consumo. Estas fuentes permitirían alimentar además los acumuladores de vehículos de transporte personal, sirviendo así para sustituir una buena parte de los consumos actuales del sector transporte. Y se asume que, para el resto de los consumos, que son mayores y más centralizados, las fuentes solar y eólica serían las principales, si bien ubicadas en puntos donde se pueda maximizar la generación, aún distanciada de puntos de consumos.

Las energías basadas en viento requieren de ubicaciones concretas, y la unidad mínima productiva es, con las tecnologías actuales, muy alta con respecto a consumos individuales, por lo que la ubicación de estas fuentes queda priorizada por la propia tecnología, y no es fácilmente adaptable a los puntos de demanda.

Las energías basadas en fuente hidráulica también dependen de forma absoluta de la ubicación geográfica de fuentes de agua, y no son fácilmente adaptables a puntos de demanda en consumos pequeños.

### **3.2. Disponibilidad de superficies para generación de EERR en el ámbito regional**

Las superficies para generación de EERR están ya evaluadas anteriormente. No obstante, la decisión de ubicar fuentes de generación solar junto a los consumos de energía eléctrica y térmica residencial aconseja el cálculo previo de superficies de tejados que sean capaces de acoger estas fuentes de generación.

Para este cálculo, y de forma simplificada, se asume que los tejados de viviendas solo podrán acoger placas solares en un 30% de su superficie, tras restar a la superficie total un 50% de superficie que nunca tendría una orientación solar favorable, y tras restar asimismo un 20% de superficie restante por razones de ocupación por otros usos (chimeneas, ventanas no cubierta, encuentros, o falta de adecuación geométrica de la cubierta a los módulos estandarizados de placas solares).

Así, se pretende la utilización de toda esa superficie de tejados como forma de maximizar la superficie de placas solares ubicadas en puntos de consumo, para que el resto de las fuentes de EERR se ubiquen de

acuerdo con las características geográficas más favorables para el rendimiento de las distintas fuentes energéticas.

#### 4. CONCLUSIONES

A partir de este trabajo, se puede concluir que la generación energética por fuentes renovables puede adaptarse a la demanda ya con las tecnologías actuales, y su cuantificación puede ser planificada para conseguir a medio plazo la práctica supresión de fuentes de energía contaminantes.

Con esta planificación, las Administraciones pueden orientar de forma mucho más oportuna y eficiente el gasto que actualmente destinan a la subvención de instalaciones de generación renovable, rompiendo así con un esquema que hasta ahora ha servido para el lanzamiento de instalaciones generadoras pero que no habían tenido en cuenta nunca los límites que la propia demanda energética impone a la capacidad de generación.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a Francisco Javier Fernández Militino por sus aportaciones en la materia.

#### 6. REFERENCIAS

- Aproximación de la oferta fotovoltaica y eólica nacional, U. ". (13 de 07 de 2021). *The conversation*.  
Obtenido de <https://theconversation.com/el-potencial-renovable-de-espana-limitado-por-las-creencias-erroneas-128138>
- comunidades, V. p. (09 de 07 de 2021). *Idealista*. Obtenido de  
<https://www.idealista.com/news/inmobiliario/vivienda/2018/07/23/766701-radiografia-de-la-vivienda-habitual-en-espana#:~:text=Los%2046%2C5%20millones%20de,%2C6%25%20del%20parque%20nacional>
- España, A. d. (18 de 07 de 2021). *Esios*. Obtenido de  
[https://www.esios.ree.es/es/analisis/541?vis=1&start\\_date=18-07-2021T00%3A00&end\\_date=18-07-2021T23%3A50&compare\\_start\\_date=17-07-2021T00%3A00&groupby=hour](https://www.esios.ree.es/es/analisis/541?vis=1&start_date=18-07-2021T00%3A00&end_date=18-07-2021T23%3A50&compare_start_date=17-07-2021T00%3A00&groupby=hour)
- España, D. d. (09 de 07 de 2021). *Houell*. Obtenido de <https://www.houell.com/blog/casas-en-espana/>
- España, N. d. (09 de 07 de 2021). *Statista*. Obtenido de  
<https://es.statista.com/estadisticas/1184005/numero-de-viviendas-principales-unifamiliares-espana/>
- España, P. p. (08 de 07 de 2021). *Idealista*. Obtenido de  
<https://www.idealista.com/news/inmobiliario/vivienda/2018/07/23/766701-radiografia-de-la-vivienda-habitual-en-espana#:~:text=Los%2046%2C5%20millones%20de,%2C6%25%20del%20parque%20nacional>
- Europa, M. d. (22 de 07 de 2021). *Jrc*. Obtenido de  
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_download/map\\_index\\_c.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index_c.html)
- Potencial del sol en España con evolución de precios por kWh producidos, U. d. (13 de 07 de 2021). *Uma*.  
Obtenido de <https://www.uma.es/smart-campus/noticias/potencial-del-sol-en-espana/>