

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***Proyecto Fin de Carrera***

**Análisis de viabilidad para diferentes  
tipologías de instalaciones solares  
fotovoltaicas en el marco regulatorio actual  
(Analysis of viability of different typologies of  
photovoltaic solar installations in the current  
regulatory framework)**

**Para acceder al Título de**

**INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN**

**Autor: Daniel Rodríguez Villegas**

**Mayo-2015**



## INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

### CALIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

**Realizado por: Daniel Rodríguez Villegas**

**Director del PFC: Jesús Mirapeix Serrano / Adolfo Cobo García**

**Título:** “Análisis de viabilidad para diferentes tipologías de instalaciones solares fotovoltaicas en el marco regulatorio actual ”

**Title:** “Analysis of viability of different typologies of photovoltaic solar installations in the current regulatory framework “

**Presentado a examen el día:**

para acceder al Título de

## INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Olga M. Conde Portilla

Secretario (Apellidos, Nombre): Franco Ariel Ramírez Terán

Vocal (Apellidos, Nombre): Adolfo Cobo García

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de: .....

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del PFC  
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Proyecto Fin de Carrera Nº  
(a asignar por Secretaría)

# Índice

## 1. Introducción y

<b>Motivos.....</b>	<b>pag. 1</b>
1.1. Estructura del Documento.....	pag. 1
1.2. Introducción a las Renovables.....	pag. 1
1.2.1. Historia de los Paneles Fotovoltaicos.....	pag. 2
1.2.2. Funcionamiento de los Paneles.....	pag. 2
1.2.3. Cálculos Óptimos de Posicionamiento, Sistemas de Seguimiento y Anclaje.....	pag. 2
1.2.4. Consideraciones sobre los Datos Ofrecidos de los Paneles.....	pag. 3
1.2.5. Otros Componentes.....	pag. 3
1.2.6. Ventajas Arquitectónicas.....	pag. 3
1.2.7. Aspectos Económicos.....	pag. 4
1.2.8. Madurez.....	pag. 4
1.2.9. Medio Ambiente.....	pag. 4
1.2.10. Generación Centralizada o Distribuida.....	pag. 4
1.2.11. Agotamiento de los Yacimientos Tradicionales.....	pag. 5
1.2.12. España.....	pag. 6
1.3. Cumplimiento del H2020.....	pag. 8

## 2. Estado del Arte.....pag. 10

2.1. Nacional.....	pag. 13
2.2. Internacional.....	pag. 14

## 3. Situación Regulatoria.....pag. 17

3.1. Nacional.....	pag. 17
3.1.1. Historia y Actualidad del Apoyo Legislativo.....	pag. 17
3.1.2. Tendencia de Precios.....	pag. 19
3.1.3. Tipos de Tarifas.....	pag. 20
3.1.4. Bono Social.....	pag. 21
3.1.5. Infracciones. ....	pag. 21
3.1.6. Código Técnico de la Edificación.....	pag. 22
3.1.7. Proceso de Legalización y Registro.....	pag. 22
3.2. Internacional.....	pag. 23
3.2.1. Alemania.....	pag. 23
3.2.2. Estados Unidos.....	pag. 24
3.2.3. México.....	pag. 25

<b>4. Consumidor Domestico.....</b>	<b>pag. 26</b>
4.1. Curvas de Consumo y Generación.....	pag. 26
4.1.1. Potencia Media Contratada y Consumo Medio de una Vivienda.....	pag. 27
4.1.2. Consumo medio, Precios y Tarifas para PVPC.....	pag. 29
4.2. Potencial de Implantación, Adecuación a lo que se Propone.....	pag. 31
4.2.1. Vivienda Nueva.....	pag. 32
4.2.2. Vivienda Antigua.....	pag. 32
4.2.3. Piso.....	pag. 33
4.2.4. Unifamiliar.....	pag. 33
<b>5. Análisis de Configuraciones.....</b>	<b>pag. 34</b>
5.1. Aislada por Completo.....	pag. 35
5.2. Aislada (no vierte a red) con Consumo Instantáneo.....	pag. 36
5.3. Aislada (no vierte a red) con Sistema de Baterías.....	pag. 39
5.3.1. Configuración.....	pag. 39
5.3.2. Inteligencia para la Gestión de la Energía.....	pag. 47
5.3.2.1. Introducción a Arduino y Open-Source.....	pag. 47
5.3.2.2. Desarrollo con las Variables de Gestión Elegidas.....	pag. 48
5.4. Conectada a Red.....	pag. 50
<b>6. Estudio Económico de cada Configuración.....</b>	<b>pag. 54</b>
6.1. Aislada por Completo.....	pag. 55
6.2. Aislada (no vierte a red) con Consumo Instantáneo.....	pag. 55
6.3. Aislada (no vierte a red) con Sistema de Baterías.....	pag. 56
6.4. Conectada a Red (vierte a red).....	pag. 56
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>pag. 57</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>pag. 68</b>
<b>9. Índice de Figuras.....</b>	<b>pag. 60</b>
<b>10. Índice de Tablas.....</b>	<b>pag. 61</b>

# **1.0 Introducción y Motivos**

## **1.1 Estructura del Documento**

Este proyecto está enfocado a estudiar y analizar cómo diseñar de una manera óptima una instalación que trabaje con energía fotovoltaica para contribuir en la medida de lo posible a la reducción de la contaminación, a la par de amoldarse a la actual regulación para conseguir el retorno de la inversión en el menor tiempo posible. Se empezará por una pequeña introducción a este tipo de energías, seguido de un vistazo al estado actual del sector. Para después pasar a analizar detenidamente la legislación que compete a este tipo de instalaciones, ya que es clave para saber si una configuración posible técnicamente entra dentro de la categoría de legal o no. Tras esto se realizará un estudio sobre cada una de las configuraciones seleccionadas, profundizando en ellas si es que es posible, como por ejemplo en el tema de la inteligencia para la gestión de la instalación. Tras esto se hablará de la viabilidad económica de las mismas para llegar a una conclusión final de cuál es la que más nos interesa en varios escenarios posibles para los que se busca ser desplegada.

## **1.2 Introducción a las Energías Renovables**

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de los recursos naturales categorizados como inagotables, de las cuales la mayoría tienen su origen en el sol. Estas se encuentran en contraposición a las no renovables, las cuales si conducen a un agotamiento de los recursos necesarios para la generación de energía. Además de esto, las energías renovables presentan un impacto mucho menor en el medio ambiente debido a su uso, el cual es mínimo en la mayoría de los casos.

Este proyecto se centra en la energía solar fotovoltaica, dado que es una de las más interesantes porque tiene mucho potencial en toda la península, es de más fácil acceso al público doméstico y posee una madurez adecuada para garantizar la durabilidad y la fiabilidad a la hora de operar.

### **1.2.1 Historia de los Paneles Solares Fotovoltaicos**

Se ha recorrido un largo camino desde que las primeras placas comenzasen a ser utilizadas para proporcionar energía en la tecnología espacial. Por aquel entonces esta tecnología aún era muy cara y de aplicación demasiado reducida para ser usada en otras aplicaciones. Más tarde se comenzó a aplicar para otro tipo de situaciones en las cuales no se tenía acceso a fuentes eléctricas convencionales y se optaba por este tipo de energía. Finalmente se entró en el periodo de expansión que hoy en día conocemos en el cual la tecnología está disponible para todos los públicos. Se ha simplificado y abaratado la tecnología fotovoltaica y por ello cada día aumenta el número de gente que elige formar parte de los auto-consumidores que producen su propia energía.

### **1.2.2 Funcionamiento de los Paneles**

La operación de un panel solar se basa en el efecto fotoeléctrico. Este e señala que si un fotón incide sobre un material semiconductor que forme una unión P-N posee la longitud de onda, y por ende la energía suficiente, provocará la generación de un par electrón-hueco, por ello se generará una diferencia de potencial, que a su vez produce una corriente eléctrica. Los paneles solares comerciales se componen de varias líneas de células en paralelo. Cada una de estas líneas busca sumar los pequeños potenciales que proporciona cada una para que el voltaje final del panel sea de un valor más elevado, típicamente 12 o 24 voltios

A este funcionamiento básico se le han de añadir más cosas para que sea funcional y aumente su eficiencia, como una capa anti-reflectante, contactos metálicos con la forma más adecuada, etc. También se añaden componentes para aumentar la seguridad como los diodos de bypass y bloqueo que sirven para evitar que el panel consuma cuando no está produciendo y para reducir el riesgo de que averíen por problemas sobre todo con sombras parciales.

Actualmente la mayoría de paneles solares son de silicio cristalino: monocristalino o policristalino. No obstante se está investigando el aumentar la eficiencia con múltiples capas que capten más proporción del espectro que reciben. También se está experimentando con nuevos materiales totalmente diferentes aunque estas tecnologías aún están en una fase muy precoz.

### **1.2.3 Cálculos Óptimos de Posicionamiento y Sistemas de Seguimiento y Anclaje**

Para lograr maximizar por completo la energía que capta el panel se ha de estudiar la trayectoria del Sol, y así colocarlo con el ángulo más adecuado hacia él, existiendo cálculos que predicen con las coordenadas de la ubicación cuál es la correcta, así como sistemas de seguimiento que pueden llegar a trabajar con una gran precisión. No obstante, para usuarios domésticos el preferido suele ser el sistema de anclaje fijo, que necesita menos mantenimiento, es más barato y tiene menos posibilidades de averiarse.

### **1.2.4 Consideraciones sobre los Datos Ofrecidos de los Paneles**

A la hora de trabajar con los datos ofrecidos por los fabricantes es importante saber que nos proporcionan esos datos para las denominadas Condiciones Estándar de Medida (CEM) para una radiación de  $1000\text{W}/\text{m}^2$ , un valor espectral  $1.5\text{Am}$  y una temperatura de célula de  $25^\circ\text{C}$ , los cuales son ideales y se debe saber que será difícil llegar a esa producción, normalmente será algo menor.

### **1.2.5 Otros Componentes**

Para conocer por completo un sistema fotovoltaico se deben considerar otros componentes fundamentales que se necesitarán en muchas de las configuraciones.

Uno muy importante es el regulador, que se encargará de controlar la intensidad y tensión que generan los paneles solares para no dañarlos, ni tampoco dañar el acumulador. Hay diferentes tipos, los básicos que simplemente tienen este cometido, y los llamados "Maximum Power Point Tracking" (MPPT) que se encargan de dar un aporte extra al maximizar la potencia que se extrae con las células fotovoltaicas.

En una instalación puede ocurrir que se desee trabajar con corriente alterna y no en continua, cosa habitual dado que la mayoría de electrodomésticos y mucha maquinaria funciona con este tipo. El dispositivo que realiza la conversión DC-AC se llama inversor, su cometido es generar diferentes tipos de ondas, la más básica genera una onda cuadrada que aceptan algunos aparatos y otro genera una onda prácticamente senoidal que reproduce bastante bien la alterna.

Al respecto de continua y alterna es importante decir que esta diferenciación será importante a la hora de desplegar el cableado, ya que cuanto más tramo discorra en continua mayor será el grosor y por ende el coste del cableado.

Si se desea disponer de energía a pesar de que no se produzca en ese momento se necesitará un acumulador, compuesto por baterías, normalmente ocuparán un espacio significativo dado que se pretenderá almacenar una cantidad suficiente para un largo periodo sin la posibilidad de producción. La mayoría son de plomo/ácido pero existen alternativas de diferentes tipos, con mayor o menor necesidad de mantenimiento y diferentes condiciones de durabilidad y profundidad de descarga.

### **1.2.6 Ventajas Arquitectónicas**

Otra ventaja es que existen un gran tipo de posibles ubicaciones y configuraciones con las que adaptarse a cada edificación, permitiendo una buena integración arquitectónica como pueden ser colocar los paneles en el tejado, en una estructura externa, ventanas, etc.

Por lo tanto, salvaguardando edificios históricos y otras excepciones no hay excusa para que la mayoría de inmuebles en España no puedan producir su propia energía. Esto es importante porque el consumo de energía de las viviendas tiene un gran peso en el total del país.

### **1.2.7 Aspectos Económicos**

Una vez conectadas se obtendrá la energía del Sol de forma casi ilimitada debido a la larga durabilidad de los componentes y con un coste de producción prácticamente nulo una vez desembolsada la inversión inicial, la cual es relativamente alta. Sin embargo, a pesar de ello se amortizará a lo largo de los años, es una inversión de alta seguridad dado que se puede decir con gran exactitud que el precio de la energía eléctrica seguirá subiendo como ha hecho de manera histórica, en mayor o menor medida, pero siempre avanzando hacia un mayor coste para el usuario. Además de que las viviendas seguirán necesitando hacer uso de esa electricidad para mantener un nivel de vida adecuado, luego el aprovechamiento de nuestra instalación está asegurado.

### **1.2.8 Madurez**

Algo que debe hacer aumentar la confianza en el sector fotovoltaico es que la tecnología ha madurado mucho desde sus inicios, proporcionando una gran confiabilidad en todos los productos que componen el sistema al completo. Esto se ve reflejado en la garantía de extensa durabilidad que ofrecen, en la eficiencia en aumento que se está logrando conseguir, en el precio cada vez más económico que resulta de la fabricación etc. En definitiva, se asiste a la consolidación de esta energía como una alternativa fiable, segura, económica y plenamente funcional para todos los públicos, desde empresas hasta el pequeño consumidor.

### **1.2.9 Medio Ambiente**

Un aspecto muy importante que no se debe olvidar y que por lo tanto se debe argüir para defender esta tecnología es el impacto en el medio ambiente de las fuentes de energía que no son limpias, y las renovables que a pesar de ello producen polución como la quema de biomasa, no obstante este es un problema menor porque representa un porcentaje irrisorio de la contaminación actual.

Existen numerosas pruebas de que el cambio climático es real y está sucediendo, provocando unas consecuencias serias y que ponen en compromiso la vida en el planeta. Pero a pesar de que se dude de la veracidad de esto sea así siguen existiendo motivos para creer en las energías renovables y es que este fenómeno de cambio climático no se produzca en un futuro. La tecnología ha puesto en las manos del ser humano las herramientas necesarias para evitar que esto suceda, por lo que se debe potenciar a todos los niveles, desde el pequeño usuario hasta las instituciones.

### **1.2.10 Generación Centralizada o Distribuida**

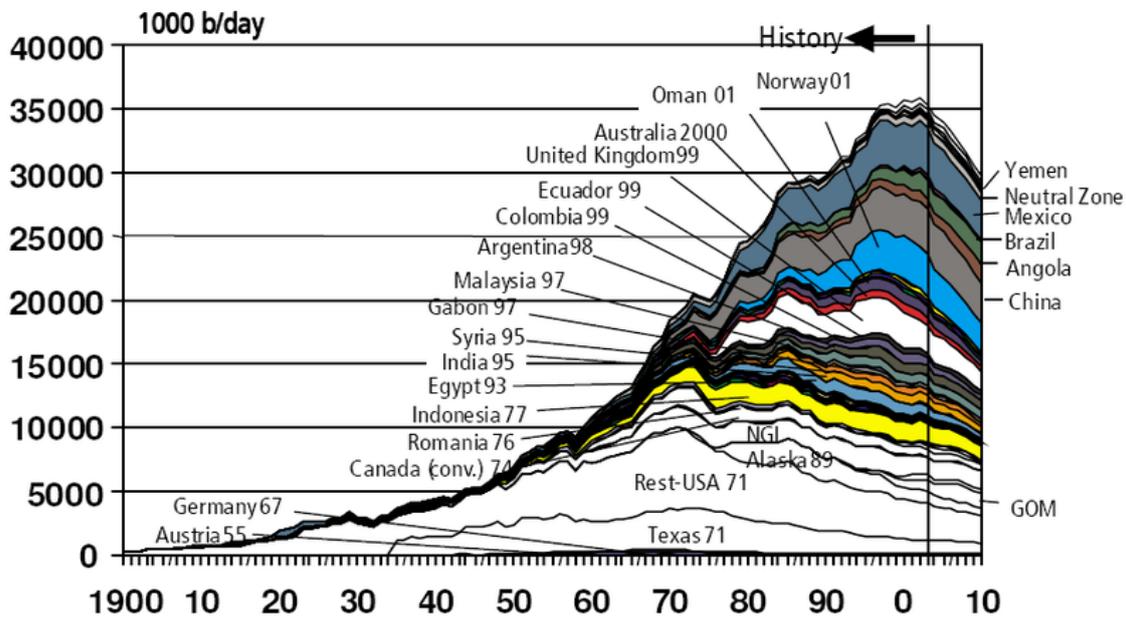
El hecho de que cuantas más personas dispongan en sus hogares de sistemas solares fotovoltaicos, amén de otras tecnologías que hagan generar electricidad en casa, como puede ser la eólica, hace que se avance hacia una red eléctrica distribuida, versión diferente a la actual. Ahora la capacidad de producción está ubicada en una limitada cantidad de puntos que surten a un gran número de viviendas ubicadas en las inmediaciones de las susodichas centrales de generación.

Como se podrá leer a continuación, el modelo de gestión distribuida presenta numerosas ventajas, y también, algún inconveniente. La principal de estas ventajas es la

reducción de las pérdidas que provoca el transportar la energía de la manera que se hace hoy en día para el sistema actual. También es importante conocer que se produciría una descongestión notable para la transmisión que ahora acarrea la red. Además se aumentara la capacidad de respuesta a los momentos de gran consumo, los cuales seguirán existiendo y se deberán seguir afrontando, no obstante de una manera más fácil. Otra ventaja es que la fiabilidad del sistema aumentara al distribuir la responsabilidad entre todos los usuarios, amortiguando la caída de algunos de ellos los demás, cosa más complicada de llevar a cabo en caso de la caída de una gran central. Pero como suele suceder en la mayoría de los casos se hacen palpables algunas desventajas, como por ejemplo el aumento de la complejidad de la toma de medidas y control de la nueva red, a la par de la necesidad de una legislación y un control mayor para la misma.

### 1.2.11 Agotamiento de los Yacimientos Tradicionales

Un dato más a aportar para dar mayor énfasis a la necesidad de dar cuanto antes el salto a esta alternativa es que los yacimientos tradicionales de energía como carbón, petróleo y gas han reducido su producción drásticamente. Esto se debe a que la mayoría de países productores han alcanzado sus picos de producción, y a la reducción de los hallazgos de nuevas reservas. Esto se apoya en la teoría del pico de M. King Hubbert [1] que dice que seguirán decrecentando, como puede verse en la siguiente Figura. A pesar de ello aún hay dudas de en cuanto tiempo se acabarán, lo que está claro es que ese momento está cada vez más cerca, y llegará tarde o temprano.



Source: Industry database, 2003 (IHS 2003)  
OGJ, 9 Feb 2004 (Jan-Nov 2003)

Figura 1.

Esta grafica representa la producción mundial de barriles de petróleo (eje y) en el tiempo (eje x). En ella se observa como los países han dejado atrás los picos máximos de producción. Extrayendo anualmente una cantidad cada vez menor.

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Hubbert\\_peak\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Hubbert_peak_theory)

### **1.2.12 España**

Dentro de la balanza Importaciones/exportaciones ocupa un lugar muy importante la energía, asunto en el que España no se encuentra en una posición muy cómoda debido a su alta dependencia de otros países. Como una alternativa sería y posible que ayude a revertir esta situación se presentan las energías renovables, en concreto la solar la cual se tratara aquí presenta muchas ventajas tanto en su instalación como en su producción. De hecho se presenta como una alternativa real que proporcionaría una solución a la tradicional dependencia energética del país, que cuesta una gran cantidad de dinero a los contribuyentes y que como en todas las situaciones en las que se depende energéticamente de los proveedores provoca una pérdida de la independencia y la capacidad de actuación respecto a los suministradores de las mismas.

Actualmente se puede observar cómo se inestabiliza el sector por los problemas en los países suministradores de petróleo y gas, así como en los que forman parte de la red de distribución. Se puede observar como es notoria la baja capacidad de actuación ante la subida de la materia prima es baja y provoca una variación importante de la cantidad de capital destinado a cubrir las necesidades de esa demanda, por lo que si no se dependiera tanto de ella las inestabilidades externas no afectarían tanto internamente. El confiar en una generación propia de energía, proporcionaría una gran repercusión en la generación de puestos de trabajo asociados a la misma dado que en índice de empleos es superior en la producción, instalación y mantenimiento de estas instalaciones que los que producen las fuentes tradicionales de energía como por ejemplo la utilización de petróleo para la producción de energía en centrales.

Como se puede observar España es un lugar idóneo para trabajar con esta tecnología por sus condiciones de irradiación, ya que está a la cabeza en Europa en cuanto a la cantidad de energía que se puede extraer de un mismo panel, lo que ofrece un gran potencial.

## Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

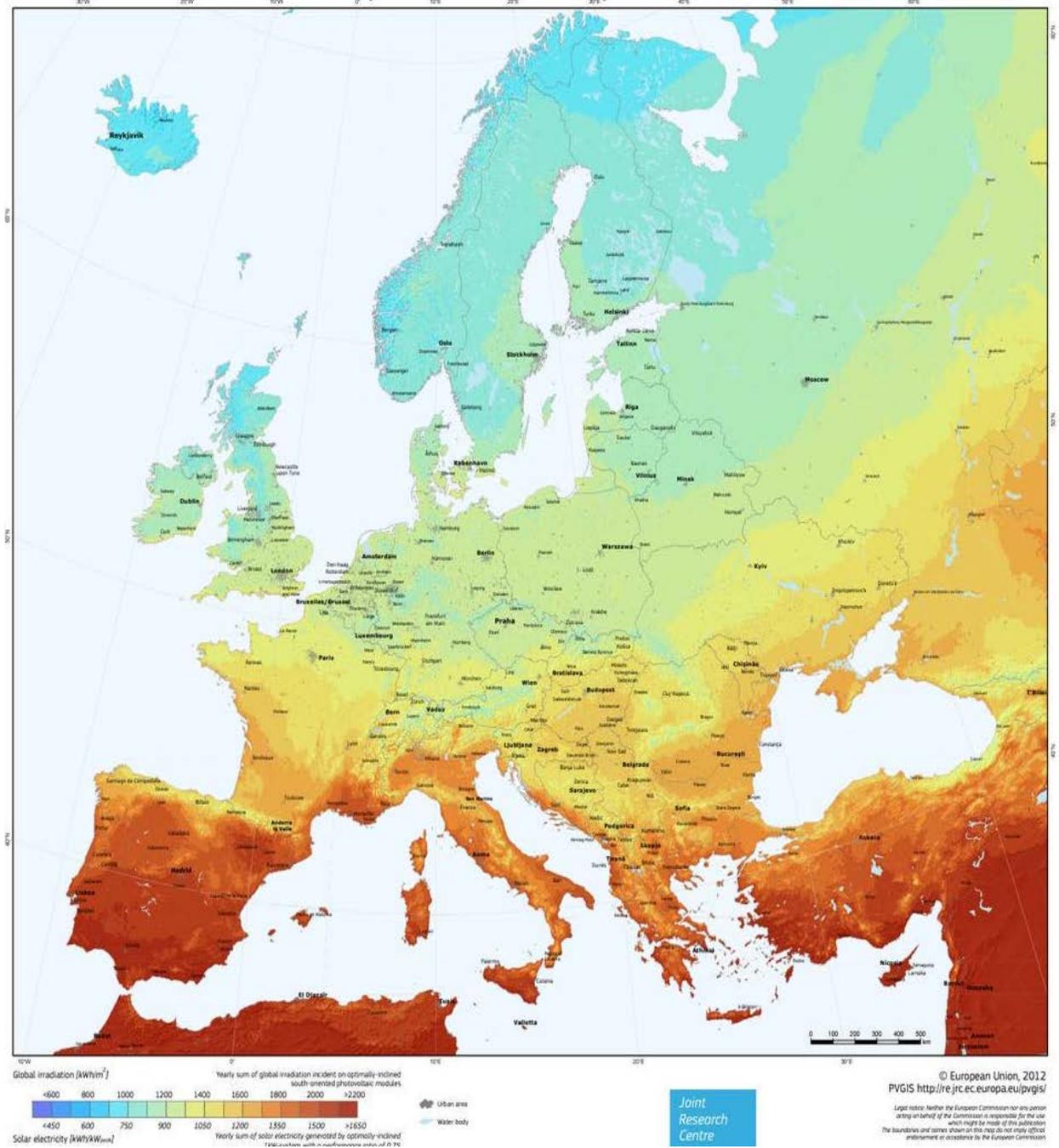


Figura 2.

Esta imagen representa la cantidad de irradiación anual en Kw/m<sup>2</sup>, siendo el rojo intenso una mayor cantidad de la misma.

Fuente: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

## 1.3 Cumplimiento del H2020

Con lo anteriormente citado se ve claramente que el cumplimiento de los objetivos marcados por los gobiernos para reducir los niveles de contaminación en el medio ambiente y elevar el porcentaje de energía consumida que provenga de fuentes renovables, no solo tiene un aspecto puramente ético y moral, sino de carácter económico. Esto es así porque, como ya se hablará en el estado del arte, el punto en el que las instalaciones son rentables por sí mismas ha llegado o está muy próximo. Por lo tanto, entran otros factores e intereses en juego que no atienden solo a lo anteriormente dicho. No obstante el objetivo de este proyecto no es entrar a valorar si la reglamentación del sector es justa o no, sino adaptarse a ella de la manera de la mejor manera posible para lograr la viabilidad de la misma.

Desde hace tiempo se han englobado las políticas sobre la energía dentro de un marco común europeo en el que cada país tiene diferentes porcentajes mínimos de consumo responsable de energías limpias más o menos ambiciosos respecto a sus posibilidades y su situación. Entonces, ahora debe referirse cuando se habla de compromiso de la Unión Europea con este sector a los compromisos que están definidos para el Horizonte 2020 Europeo (H2020), llamado en España Plan De Energías Renovables (P.E.R 2011-2020), que siguió al P.E.R (2005-2010), el cual dio fuelle al arranque de estas energías en España, antes prácticamente inexistentes.

Sin embargo, según avanza el tiempo se puede observar cada vez con mayor claridad que el conjunto de medidas y soluciones ofrecidas pone a España en una difícil situación con respecto al cumplimiento del compromiso adquirido para el P.E.R [2011-2020], el cual fija una cuota por parte de las renovables de un 20% como mínimo del consumo de energía primaria para este año, el que parece desde cualquier punto de vista que se incumplirá con la política actual que se le aplica al sector. Según los últimos datos disponibles (cierre de 2012) el porcentaje de energía consumida en España procedente de energías limpias fue de un 14.3%, mostrando un crecimiento muy bajo respecto a años anteriores, por lo que si se sigue esta tendencia, se infringirá el compromiso, con las sanciones que ello pudiera conllevar.

**Share of energy from renewable sources in the EU Member States, 2013**  
(in % of gross final energy consumption)

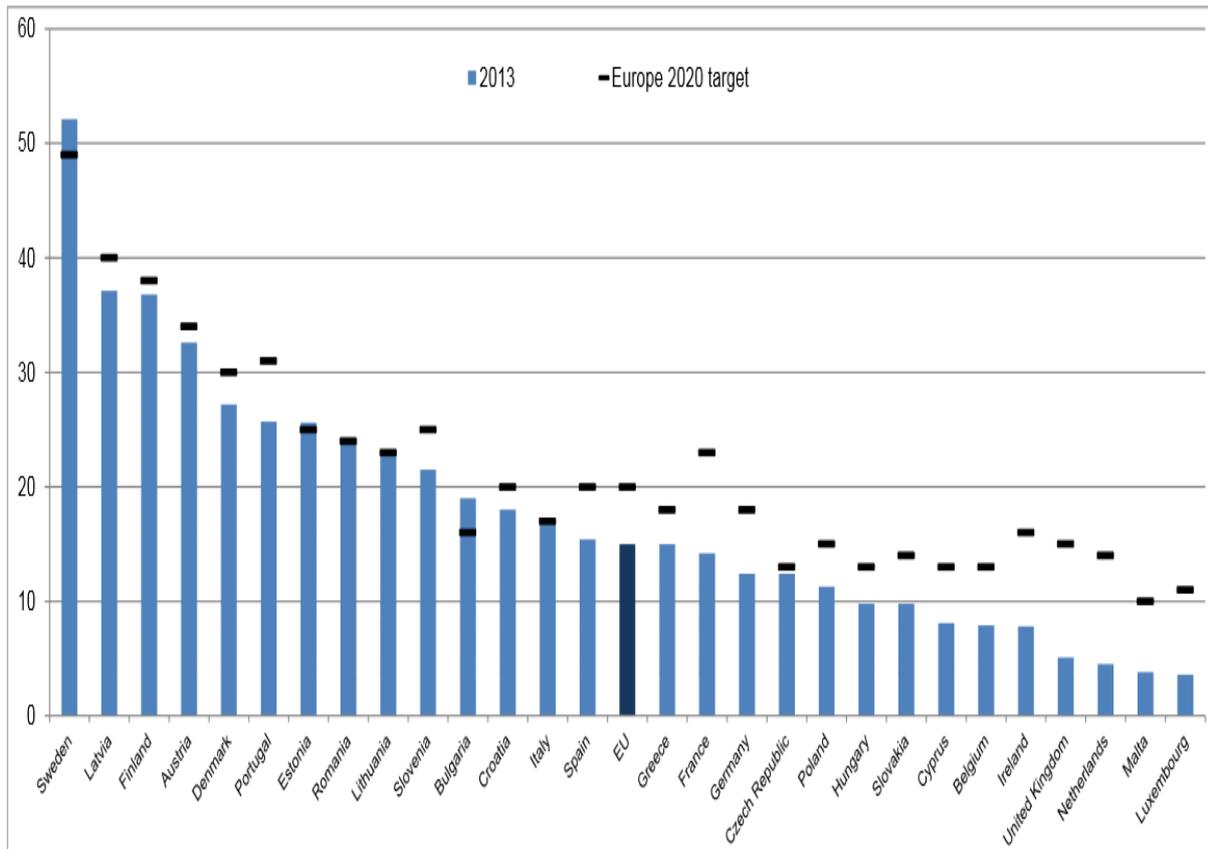


Figura 3.

La grafica representa el porcentaje de energía renovable consumida final respecto al total (eje y), en los diferentes países de la Unión Europea (eje x), en el cual la franja negra sitúa el objetivo al que se comprometió para el 2020 cada uno de ellos.

Fuente: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/main-tables>

## 2. Estado del Arte

Hoy en día la energía solar fotovoltaica está muy presente en nuestras vidas, la tecnología está madurando con lo cual se producen los equipos de manera mucho más económica, fiable y con gran calidad. Es importante conocer el estado del mercado de fabricación e instalación de esta tecnología ya que se topa con ello a la hora de diseñar, diferentes opciones, y alternativas en cuanto a los fabricantes y empresas.

Al igual que ha pasado con otro tipo de tecnologías, al principio tienen un coste elevado y una modesta eficiencia, no obstante según se va produciendo en mayor cantidad y aumenta el volumen de negocio se toma experiencia en cuanto a la mejora de la fabricación dado que cada vez se fabricaran de una manera más sencilla, eficiente y económica, con la consecuente reducción de precio del producto final.

Ya pasó con los microprocesadores o las calculadoras de bolsillo, amén de otros muchos dispositivos, y ahora los paneles fotovoltaicos no son una excepción. Se puede aplicar la llamada curva de la experiencia, que modela la reducción de precios con la cantidad de unidades vendidas, y más específicamente con la ley de Swanson [2], la cual dice que el precio se reduce un 20% cada vez que se dobla el volumen de ventas. El hecho de que se amolde a esta matemática, ya demostrada su veracidad, hace pensar que el precio seguirá bajando, haciendo cada vez más económica esta tecnología y aumentando su competitividad.

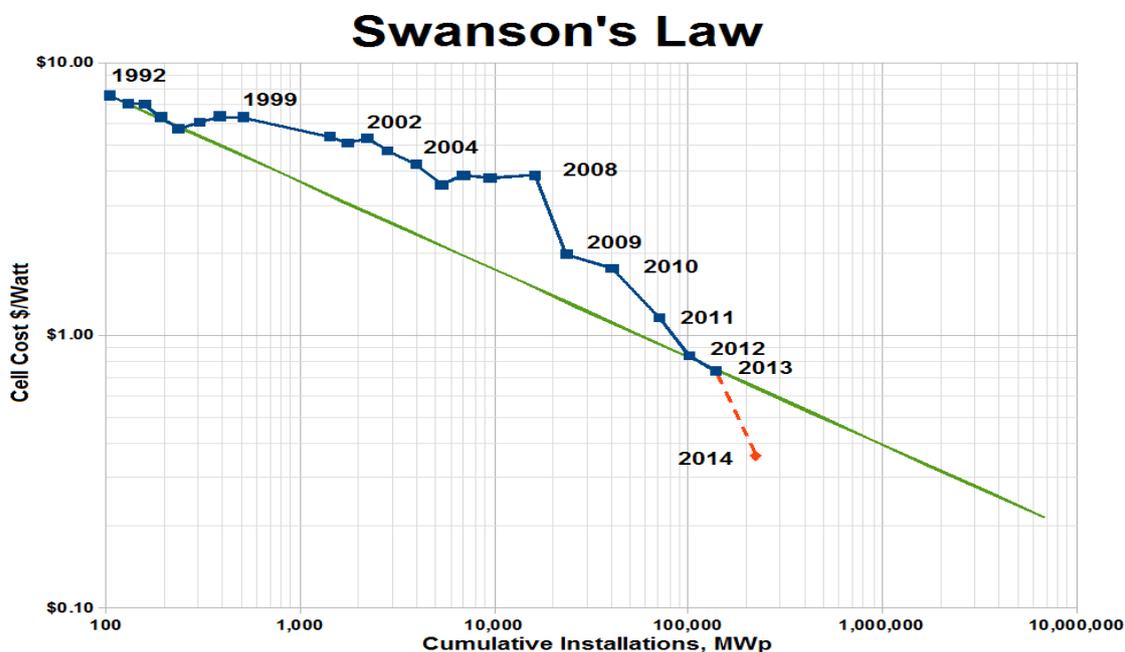


Figura 4.

La ley de Swanson sigue la línea verde, la cual reduce un 20% el coste en cada vatio de potencia producido en forma de paneles solares (eje y), cada vez que se duplica la producción de los vatios para la venta de los mismos. En cuadrados azules se representa el precio real.

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Swanson%27s\\_law](http://en.wikipedia.org/wiki/Swanson%27s_law)

Y si se mira al futuro se puede ver como el precio seguirá en decremento año tras año como se puede observar en la figura 5, en la que también se puede ver como disminuye el coste por cada vatio instalado en cada uno de los componentes y dispositivos clave del sistema.

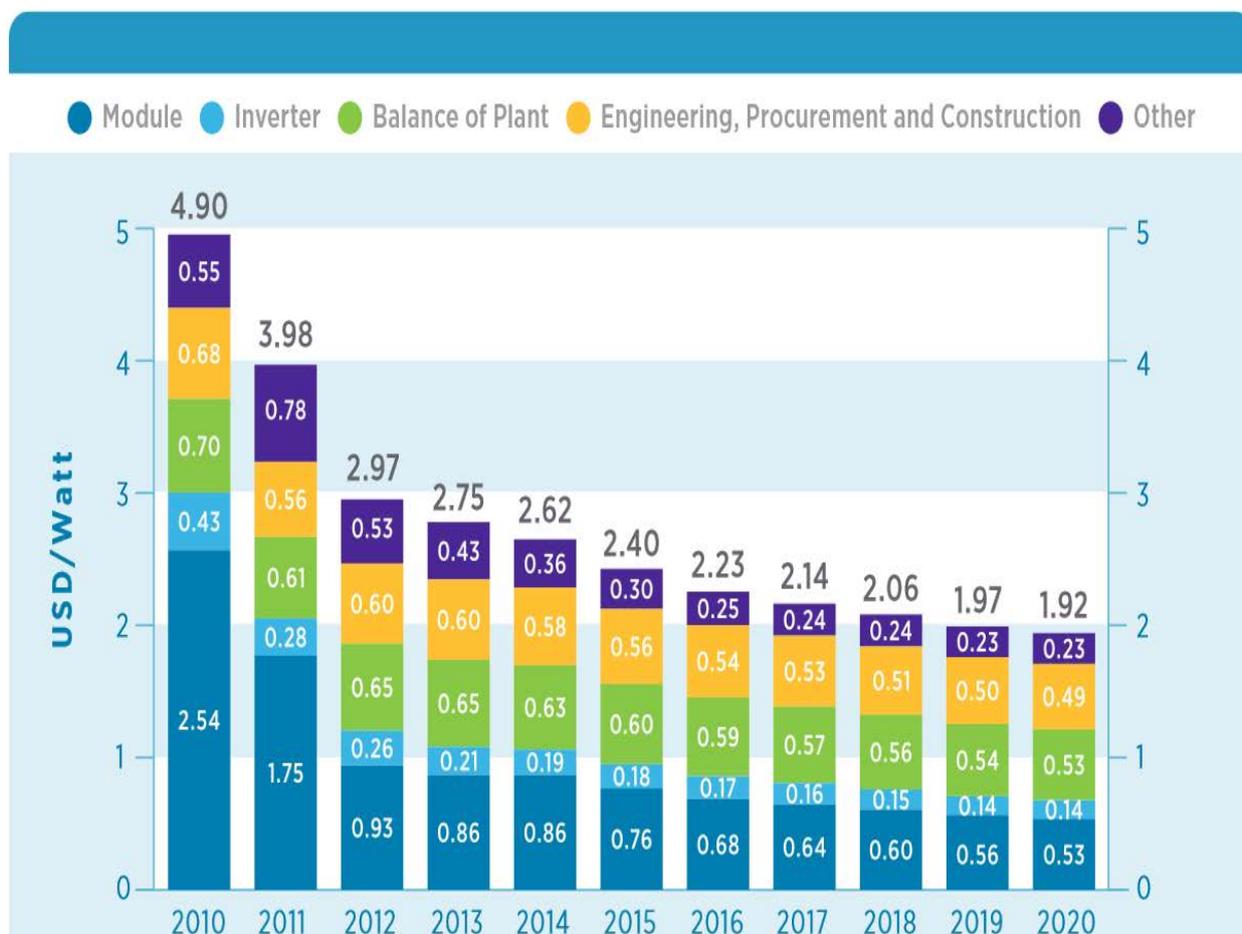


Figura 5.

Se puede observar los datos, y la previsión del coste en dólares por vatio Instalado (eje y), en el tiempo (eje x). El color Azul oscuro se refiere a los paneles solares, el azul claro a los inversores, el verde a la puesta en funcionamiento y trabajos adicionales, el amarillo al coste del diseño y la ejecución de la instalación y el morado al resto de cuestiones no representadas anteriormente.

Fuente: Irena (2014c)

Al margen de esto no solo se mejora la técnica con los materiales actuales, sino que se está llevando a cabo investigación con otros diferentes que parecen presentar expectativas de mejorar aún más y tomar el relevo de las actuales. Si se habla de lo que actualmente está en el mercado se pueden ver altas eficiencias, no obstante un usuario doméstico recurrirá a paneles sencillos que no alcanzaran tasas tan elevadas.

# Best Research-Cell Efficiencies

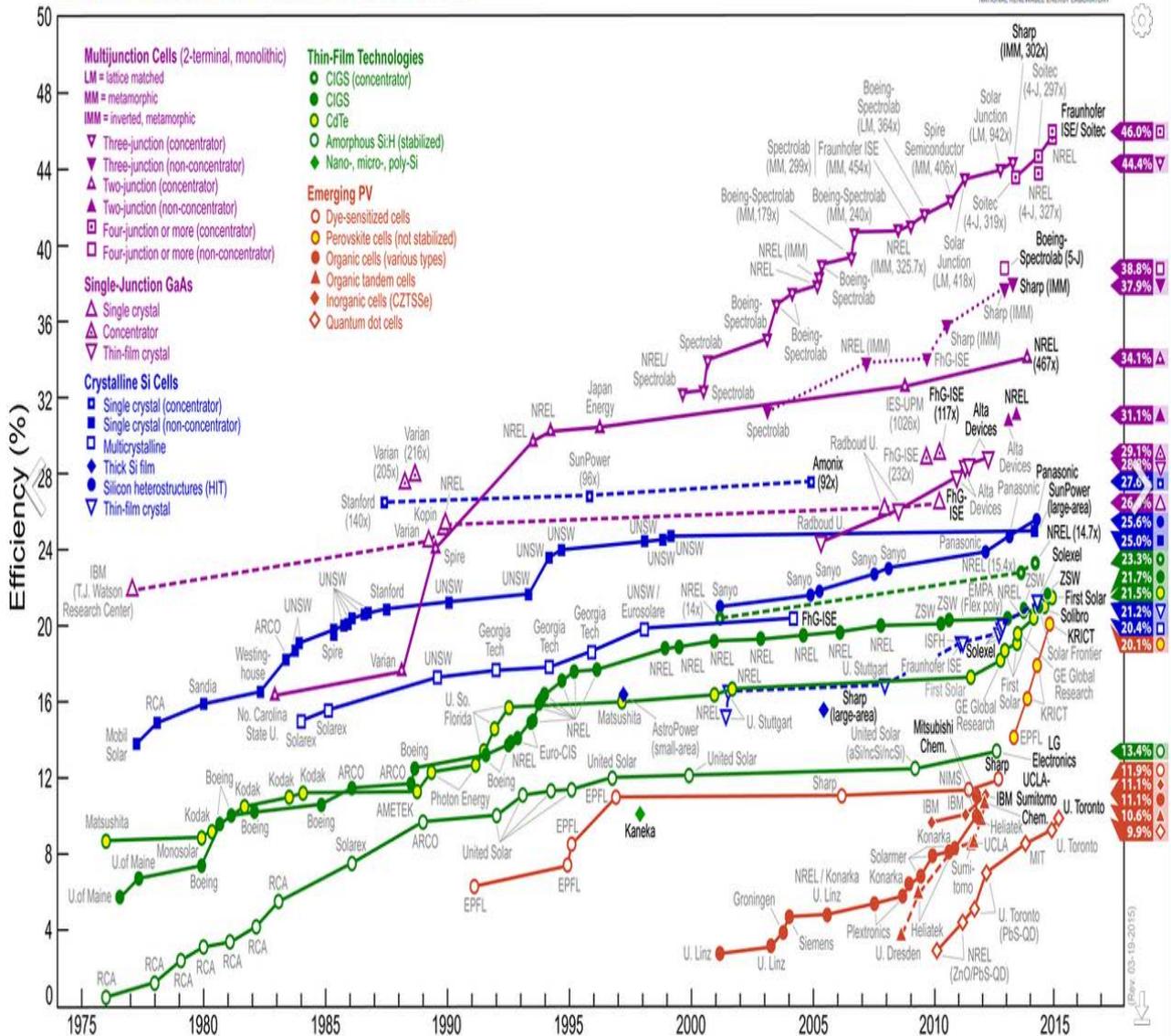


Figura 6.

En esta grafica se ve la eficiencia (eje y) de los diferentes tipos de tecnología según avanzan los años (eje x). Se debe prestar atención a los paneles de silicio (En Azul) que serán los que use el gran público para aplicaciones generales. Los Monocristalinos no pasan del 27% de eficiencia y los Policristalinos del 20%.

Fuente: [http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency\\_chart.jpg](http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg)

## 2.1 Nacional

Ya a finales el 2013 se conectó la primera planta solar que produce energía sin ninguna clase de primas o beneficios, vende a valor de mercado y aun así sigue siendo rentable, es decir a alto nivel se ha alcanzado la *paridad de red*, es decir que generar energía fotovoltaica es más barato que el precio ofrecido por las empresas que operan la red. Este es un ejemplo que no se ajusta a un consumidor doméstico, pero que da idea del momento en que se encuentra el sector. Esta situación es provocada porque, aunque en realidad la paridad de red si ha llegado al consumidor doméstico Español, éste se ve penalizado con tasas que de nuevo convierten a primera vista en más económicas las proporcionadas por los operadores.

Con estos datos, ejemplos reales de funcionamiento sin primas y la matemática apoyando que reducirán aún más los costes, junto a un precio de la energía eléctrica al alza y con un poder mayor de decisión de las eléctricas en el mismo, hacen notar que el punto de inflexión ha llegado, el autoconsumo se presenta como una solución real, si bien no de inversión, sino de ahorro para los hogares cada vez más necesitados de ello y que representa un soplo de aire fresco para el sector, algo ya enrarecido.

España tiene peso como productor de tecnología en alguna de las energías renovables como por ejemplo la eólica, se producen materiales y a pesar de la reducción en la investigación siguen manteniendo su posición y compitiendo en el mercado. Sin embargo, si nos referimos a la solar fotovoltaica no podemos decir lo mismo. España a pesar de tener empresas como *Isofoton* [3] o *Atersa* [4], las cuales fabrican paneles solares y algunas otras que cubren prácticamente todos los pasos de la fabricación, no poseen una gran relevancia debido a que la producción está dominada principalmente por el mercado norteamericano y asiático.

El papel que posee España es de instalador, es decir no se genera un gran avance en conocimiento y desarrollo pero sí que poseen numerosas plantas y paneles en hogares, aunque no los suficientes como para conservar el lugar que se logró hace unos años con el potenciamiento de esta tecnología por parte estatal, llegando a estar en las primeras posiciones de potencia fotovoltaica instalada en el mundo, lugar del cual hoy en día ha sido relegada aunque se mantiene dentro de los diez países con mayor cantidad desplegada. Luego se entiende que dada la cantidad de Megavatios que se ubican en su mayoría en grandes plantas, pero también en hogares han proporcionado la experiencia para disponer de una plantilla de instaladores de alta profesionalidad que aumentaran la calidad final del trabajo realizado, al hacerlo mejor y más rápido.

MW Instalados	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	362	599	1,306	2,297	3,279	5,229	10,369	16,693	29,398	51,323	68,785	79,623
	20	27	37	60	169	739	3,389	3,488	3,921	4,352	4,646	4,766

Tabla 1.

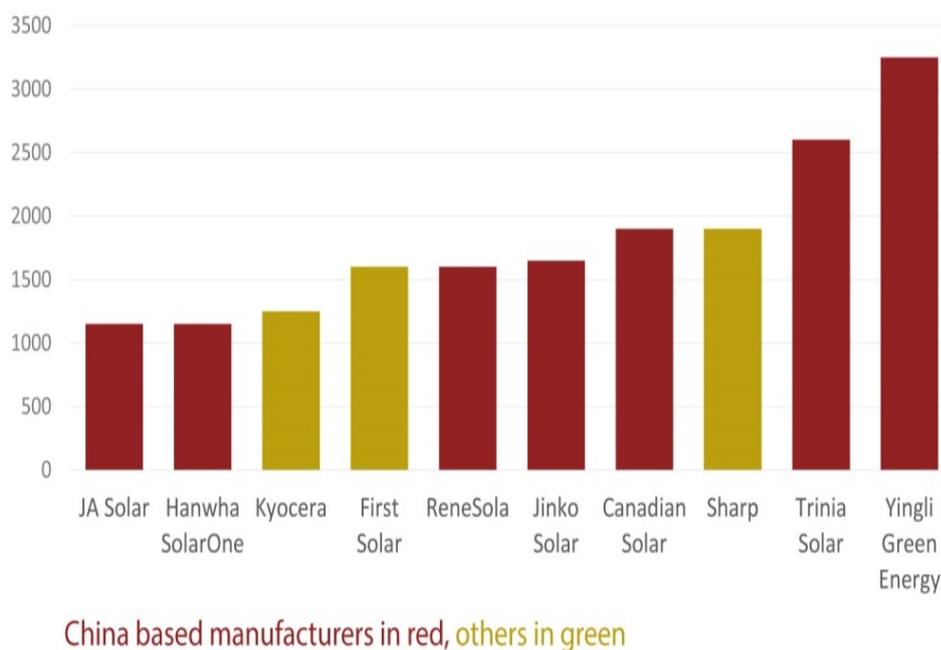
En esta tabla se puede ver la evolución de la potencia solar fotovoltaica acumulada en Megavatios de la Unión Europea y de ello la parte que corresponde a España.

Fuente: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

## 2.2 Internacional

Si se observa fuera de España se puede apreciar que existen varios países que dominan claramente el sector de la fabricación de paneles fotovoltaicos. La mayor cantidad de empresas importantes están en China, con Suntech-power, Yinglisolar y Trinasolar [5], [6], [7] como las más importantes. También hay fabricantes en Estados Unidos con un gran volumen de ventas como First Solar y Sun Power [8], [9]. Otro país importante es Japón, en el cual operan Sharp-solar y Panasonic/Sanyo [10], [11]. También hay empresas europeas compitiendo como por ejemplo en Alemania ENF Solar [12]. De todas maneras nuevas empresas intentan entrar en el mercado como LV – Energy Lumins [13] ubicada en Argentina o Globo Solar [14] ubicada en Brasil, ambas de reciente implantación.

### World's Biggest Solar Manufacturers (MW in 2013)



Source: IHS

shrinkthatfootprint.com

Figura 7.

Se representa el volumen de producción en Megavatios (eje y) de las empresas más importantes del sector (eje x) en el 2013.

Fuente: [www.shrinkthatfootprint.com](http://www.shrinkthatfootprint.com)

En cuanto a potencia instalada, como se puede ver en la tabla 2, son más o menos esos mismos países productores los que lideran la potencia fotovoltaica instalada en el mundo. Se sitúa la cabeza la Unión Europea como el más importante, y dentro de ésta Alemania a la cabeza. A esta lista se suman algunos países que no forman parte de los grandes productores, como son Italia o España.

Además, se puede observar como Japón es el pionero siendo los primeros años el líder, después se ve superado por la Unión Europea, que mantiene su liderazgo hasta hoy en día, no obstante reduce la cantidad de potencia instalada cada año a la par que Estados Unidos y sobre todo China la aumentan.

Esto hace que el liderazgo Europeo que mantiene durante un largo periodo de tiempo se vea amenazado. En el resto del mundo se ve como esta tecnología empieza a despegar con la instalación de los primeros Megavatios en lugares en los cuales hasta ahora no se había confiado en este tipo de energía.

MW	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
 1	362	599	1,306	2,297	3,279	5,229	10,369	16,693	29,398	51,323	68,785	79,623
 2	260	435	1,105	2,056	2,899	4,170	6,120	10,564	17,552	25,037	32,641	36,335
 3	-	-	-	-	-	-	-	-	893	3093	8043	19 800
 4	636,8	859,6	1132	1421,9	1708,5	1918,9	2144	2627	3617	4914	6704	13 600
 5	22	26	31	34	45	87	432	1,142	3,470	12,773	16,420	18,420
 6	212,2	275,2	376	479	624	830,5	1168,5	1255,7	2519	4383	7665	12 100
 7	20	27	37	60	169	739	3,389	3,488	3,921	4,352	4,646	4,766
 8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5	6,7
1: Unión Europea 2: Alemania 3:China 4:Japón 5:Italia 6:Estados Unidos 7:España 8:Chile												

Tabla 2.

Esta tabla muestra los Megavatios de potencia solar fotovoltaica acumulada de distintos países a lo largo de los años.

Fuente: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

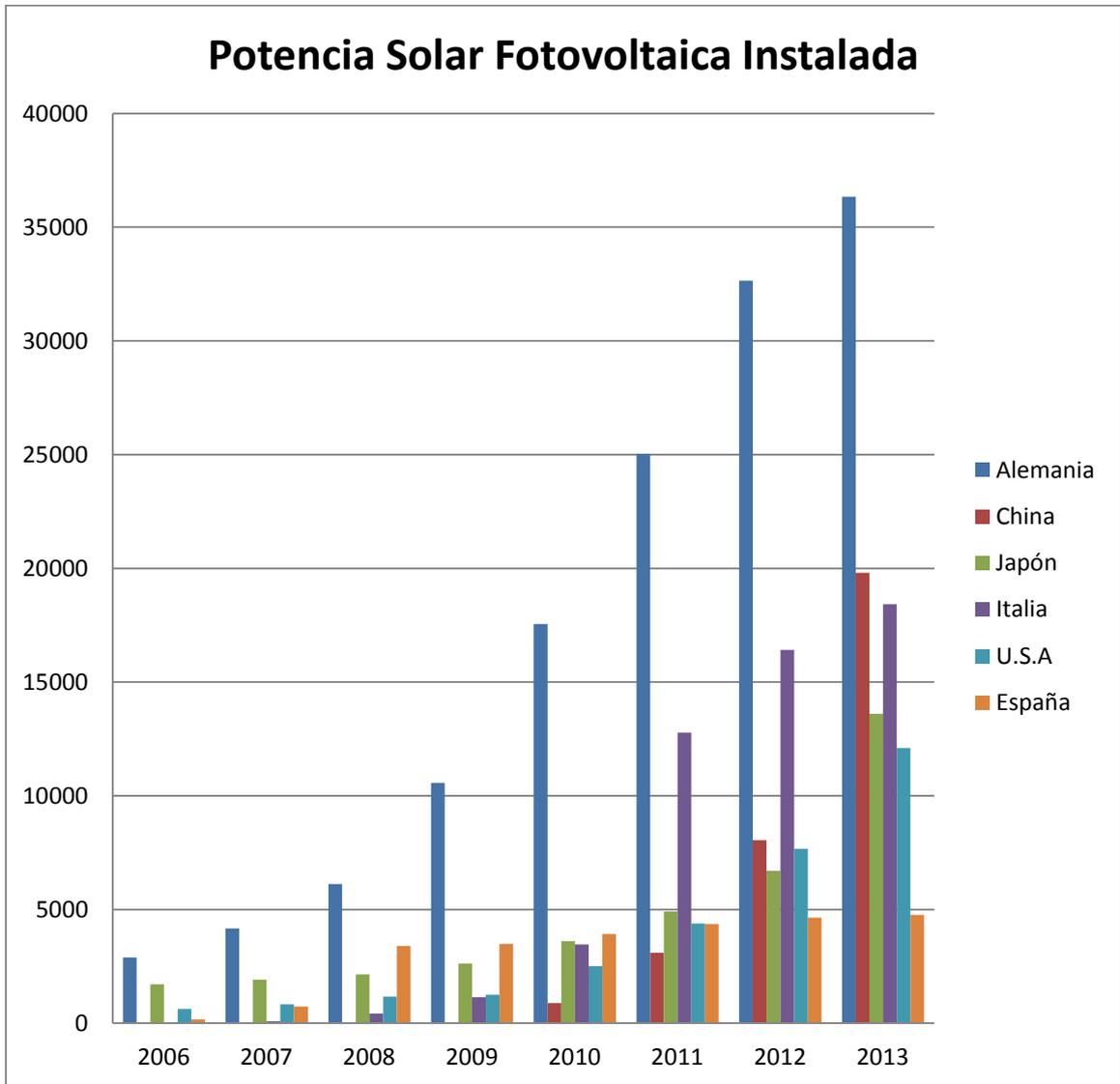


Figura 8.

Esta grafica corresponde a una selección de los valores de la tabla 7. Para una mejor visualización y comparación de los mismos.

Fuente: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

## 3. Situación Regulatoria

### 3.1 Nacional

#### 3.1.1 Historia y Actualidad del Apoyo Legislativo

El marco regulatorio en España ha tornado de proporcionar un gran apoyo a la tecnología fotovoltaica, potenciándola en los primeros años, a ser el auténtico escollo en el desarrollo e implantación para nuevas instalaciones, además de llevar los periodos de amortización de las instalaciones ya existentes mucho más allá de donde se calcularon en su momento, suponiendo un varapalo para el sector en toda su extensión.

La potencia instalada hasta el año 2008 era prácticamente nula, año en el que llegaron las primas que buscaban potenciar la instalación de más paneles solares con el objetivo de cumplir los compromisos obtenidos en el P.E.R [2005-2010] (Plan De Energías Renovables). Se buscaba tener un porcentaje de energías renovables que no se cumplía en ese momento, un 12.1% de la energía consumida que queda fijada en el Real Decreto [661/2007] por lo que se puede apreciar cómo los agentes interesados esperaron a que saliese la normativa definitiva para lanzarse a invertir en este sector, algo muy relevante de lo que se hablará más tarde.

Posteriormente, el haber alcanzado los objetivos del P.E.R[2005-2010] junto al periodo de profunda crisis, son utilizados como excusa para reducir las ayudas a las cuales se acogían los productores, también llamadas primas, incluso con carácter retroactivo, aduciendo el motivo de buscar una estabilidad financiera al no poder afrontar el pago de las primas en este momento. Por lo tanto, el Real Decreto [14/2010] hace firme esa decisión, cambiando por completo la situación regulatoria, y por ende modificando los estudios de viabilidad que se realizaron para las renovables en su conjunto, y en particular para las solares fotovoltaicas en las que nos vamos a centrar.

No obstante no acaba aquí el freno que supone la regulación para el sector, ya que con el Real Decreto [24/2013] y el [9/2013] se plantea un incremento de impuestos y peajes, aun más si entramos dentro de la categoría de autoconsumidores, como dice el texto en su Artículo 9.1:

*“se entenderá por autoconsumo el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor”.*

En particular el llamado “peaje de respaldo” queda plasmado en el texto en su Artículo 9.3:

*“Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico.*

*Para ello estarán obligados a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios de respaldo del sistema que correspondan a un consumidor no sujeto a ninguna de las modalidades de autoconsumo descritas en el apartado anterior”*

De las líneas anteriores se desprenden situaciones ambiguas, las cuales se analizarán a continuación con mayor detalle debido a la incertidumbre que arrojan estos párrafos sobre ellas.

Hay que remarcar que de lo anteriormente citado se entiende que no se aplicará al autoconsumo completamente aislado, dado que no tendría el más mínimo de los sentidos pagar un peaje de respaldo, cuando éste no existe.

Se ha de hablar en concreto también del caso en el cual generar energía con los paneles solares propiedad del domicilio, y utilizar la que se pueda, ya sea en modo consumo instantáneo o almacenándola haciendo uso de acumuladores. Técnicamente el flujo es unidireccional respecto a la red ya que no se estarían vertiendo los excedentes a la red, ya que la distribuidora únicamente proporciona electricidad al domicilio, pero no toma nada de él. Por lo que debería estar exento de inscribirse al no ser considerado un productor.

Desde la primera vez que se habla de este posible peaje, lo cual sucede en una Jornada sobre autoconsumo y balance neto impartida por Iberdrola, se ha generado mucha incertidumbre al respecto de si se llegara a implantar o no, por lo que se debe analizar la actualidad político-social de la cual depende en gran medida que así sea.

De momento la mayoría de expertos en el tema sostienen que este peaje jamás llegará a ser efectivo, y por lo tanto cobrado. La propia Comisión Nacional De La Energía (CNE) en su informe [19/2013] ya categorizo como discriminatorio, amén de otras críticas, el peaje de respaldo. Si se tiene en cuenta todo esto se podría aseverar que no deberíamos tener en cuenta para nuestros cálculos ese peaje.

Un dato más que aportar para remarcar la idea de que estos peajes propuestos tienen los días contados se puede extraer del I Foro Solar Español, organizado por la Unión Española Fotovoltaica (UNEF) en el cual participaron la mayor parte de la oposición, y en el cual coincidieron en que en España se debe potenciar el autoconsumo sin peaje de respaldo a la par que reducir el denominada término fijo de potencia. Con esto se tiene que hay una mayoría social opuesta a estas medidas junto con una oposición casi unánime en que no se lleve a cabo.

Pero en el caso de que reamente se quieran vender los excedentes de la energía renovable que se genera, se debe saber que el Real Decreto-ley [1699/2011] regula la conexión a la red para la actividad de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. Aquí se advertía la promulgación en un futuro próximo(cuatro meses) del llamado balance neto, el cual facilitaría e incentivaría el autoconsumo, no obstante a día de hoy, fuera ya del plazo dado para ser redactado(Diciembre de 2011). Tras varios borradores sigue sin ser aprobado buscando que los productores no puedan aprovechar su inversión como pensaban hacer. Por lo tanto el vender, o ceder, la energía que nos sobre a la red es inviable actualmente. En esta situación lo que se ha de hacer es buscar que no sobre nada, y por lo tanto dimensionar adecuadamente la generación.

### 3.1.2 Tendencia de Precios

Se ha de añadir a lo anterior el cambio de tendencia que sigue el precio de la energía eléctrica desglosada en el *Término De Potencia Contratada*, y el *Consumo Variable*. Se puede observar en la figura 9 como progresivamente la parte variable baja, y la parte fija sube, no potenciando en absoluto la eficiencia energética y reduciendo el margen de maniobra que tiene el consumidor para intentar reducir su factura. A la par se deja el precio del consumo variable a decisión del Pool, o mercado, el cual se podrá conocer con antelación.

Fuente: BOE nº 28, 1 de febrero de 2014.

### ***Evolución de los Precios Voluntarios para el pequeño consumidor Sin Discriminación Horaria.***

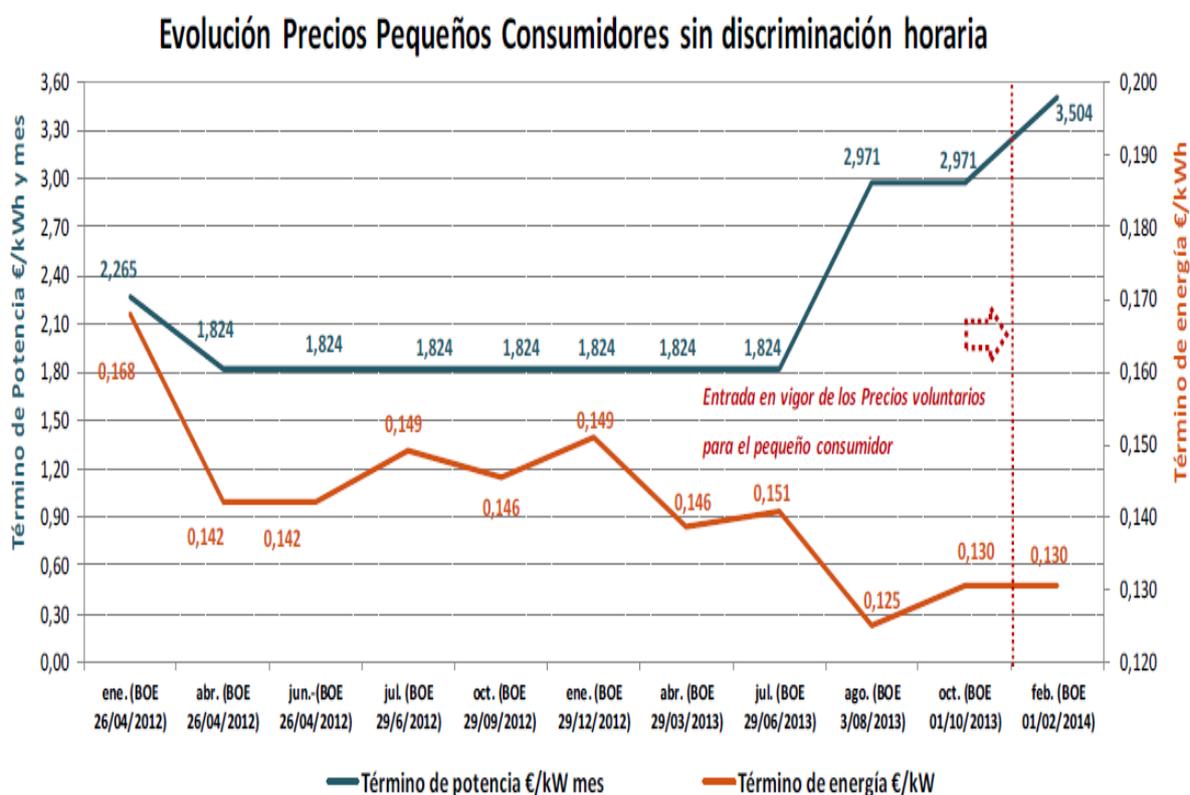


Figura 9.

La presente grafica muestra la evolución de los precios en €/Kwh del termino de potencia en azul (eje y izquierdo), junto al termino de energía en naranja (eje y derecho), a lo largo del tiempo (eje x).

Fuente: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Tarifas\\_Reguladas\\_abr\\_2015\\_a4faacab.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Tarifas_Reguladas_abr_2015_a4faacab.pdf)

### 3.1.3 Tipos de Tarifas

Existe dos tipos fundamentales de tarifas a las cuales acogerse según la reciente regulación que trae el Real Decreto [216/2014], el [661/2007], y de la Orden [8561/2014].

Un consumidor se puede decantar por la llamada Tarifa Libre, en la cual puede optar por los precios que se oferten en distintas comercializadoras, las cuales pueden establecer ofertas y competir entre ellas. De aquí pueden surgir precios más competitivos, pero exponen al cliente a las variaciones que las empresas puedan querer introducir. Otra opción que deben ofertar todas las eléctricas es la de tener un precio fijo al consumo de energía durante doce meses, el cual está fijado libremente por la comercializadora.

Las opciones anteriores son alternativas a la tarifa principal, a la cual se acoge la mayor parte de la población que es la llamada tarifa Precio Voluntario al Pequeño Consumidor (PVPC), la antigua Tarifa de Último Recurso (TUR). Está pensada para consumidores que pretendan tener precios más estables en su factura ya que el precio está bajo control del Gobierno, el cual regula el término de potencia y consumo por orden ministerial, salvo una pequeña parte que es el margen de la comercializadora.

El Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor PVPC ofrece varios tipos de ofertas entre las que podemos escoger según sean nuestros hábitos y preferencias, ya que pueden ayudar a reducir en precio de cada factura.

Según se quiera o no discriminación horaria existen varios tipos. En los casos que si se desee solo se ofrece a aquellos que dispongan de contadores inteligentes para poder discernir consumos según las horas del día. Existen varios supuestos pero las más interesantes son:

2.0A: Sin discriminación horaria, precio único para todas las horas del día

2.0 DHA Posee dos periodos de discriminación horaria que varían entre los meses de invierno y verano.

2.0 DHS Posee tres periodos de discriminación horaria que varían entre los meses de invierno y verano.

En este tipo de tarifa se diferencian varios tramos horarios a lo largo del día, dos o tres periodos, los cuales son punta, valle y supervalle en el caso de tres distinciones; punta, y valle, en el caso de dos distinciones. En verano se adelanta toda una hora. En estos lapsos el precio de la energía eléctrica varía bastante de uno a otro, y por lo tanto hay casos para los que puede ser ventajosa, teniendo en cuenta que para que así se deban modificar en muchos casos hábitos como puede ser utilizar electrodomésticos con gran consumo en horas de precio reducido.

### 3.1.4 Bono Social

Otro aspecto importante a considerar es que si podemos reducir lo suficiente la potencia contratada de nuestra instalación, accederemos a poder *solicitar el bono social*, con lo cual será un doble beneficio, reducimos el precio a pagar por Kilovatio contratado y nos acogemos al susodicho bono social que reduce un 25% el precio de todos los términos que componen nuestra factura. Esta ventaja, al ser una potencia relativamente baja solo será posible para determinados tipos de configuraciones que se apliquen al realizar nuestra instalación, o con la particularidad de que esa vivienda prescindiera de electrodomésticos de gran potencia, por ejemplo que dispongan de una cocina de gas, etc. Esto queda expuesto en la Disposición Transitoria Decima de la Ley [24/2013]:

*“Hasta que se desarrolle lo previsto en el artículo 45.1 tendrán derecho al bono social los suministros de los consumidores, que siendo personas físicas, tengan una potencia contratada inferior a 3 kW en su vivienda habitual”*

Este bono también estará disponible en otras situaciones, como son las de ser pensionistas de la Seguridad Social mayores de 60 años, familias numerosas o familias en las cuales todos sus miembros se encuentren en el paro.

Hay que añadir el hecho de que se imponga un salario máximo para que se pueda entrar dentro de esta categoría, lo que limitara la posibilidad de acogerse a ello, siendo posible solo en algunos casos.

### 3.1.5 Infracciones

Es importante valorar las *infracciones* que se pueden cometer y las sanciones que conllevaran, las cuales se reflejan en diferentes Artículos del Capítulo II de la Ley [24/2013]. Una de ellas que tiene especial interés es el no registrar la instalación (Art. 64. 43.) cuando se debería haber llevado a cabo, lo cual no acaba de quedar claro para determinado tipo de configuraciones. Se categoriza como muy grave (Art. 67. 1. A) y por tanto se impondrá al infractor multa por importe no inferior a 6.000.001 euros ni superior a 60.000.000 euros. Cantidad desde cualquier punto de vista disparatada si la comparamos por ejemplo con la multa máxima que refleja el Ley [15/1980], reformada por la Ley [33/2007], que se le puede aplicar a una central nuclear por infracciones muy graves que ascienden hasta los 30.000.000 euros siendo las consecuencias de ambas infracciones de un impacto radicalmente diferente.

### 3.1.6 Código Técnico de la Edificación

Otro tema importante que se debe mencionar es la obligación de contar con las energías renovables para edificación de nueva construcción. Se establece por el Código Técnico De La Edificación, texto aprobado por el Real Decreto [314/2006] y en el Código Técnico De La Edificación [2013], En concreto en la sección HE5 se afirma cierto tipo de edificaciones deben participar de una contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Está enfocado a grandes superficies, como hipermercados, hospitales, grandes naves de almacenamiento, etc. Por lo cual no afectará en realidad a los usuarios domésticos residentes en bloques de edificios. Lo que sí que les afectará es la certificación de la eficiencia energética a la que se deben someter tanto edificios de nueva construcción como los que realicen reformas importantes, así como si se realiza una compraventa de los mismos. De esta manera no se obliga pero si incentivando e impulsando que se opte por esta energía limpia para mejorar este certificado.

En el campo en el que si supone un gran empuje es en el de la energía solar térmica. Por lo que si afectará al respecto de disponer de agua caliente porque, como dice en su sección HE4, se obligará a que se tenga una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria para aquellos edificios con un consumo superior a 50l/d, o con piscina cubierta, lo cual si afectará a un gran número de viviendas.

### 3.1.7 Proceso de Legalización y Registro

Pasos para legalizar una instalación:

- ➔ Obtención de licencia de obras municipal{R.D. 1955/2000}
- ➔ Solicitud de ña conexión a la compañía eléctrica(P<10Kw no es necesario){R.D. 1955/200}
- ➔ Revisión de la compañía eléctrica{R.D. 1699/2011}
- ➔ Autorización de la administración(P<10Kw no es necesario){R.D. 1955/2000}
- ➔ Alta en el régimen especial{REPE/RAIPRE} (exento si es aislada)
- ➔ Certificación de instalación en baja tensión con acta de puesta a punto
- ➔ Alta en impuestos especiales(exento si es aislada)

Contrato de condiciones de la instalación con la compañía eléctrica (depende si vendes o no)

## 3.2 Internacional

En este apartado se comparará la situación en España, con uno de sus compañeros europeos, Alemania, al otro lado del Atlántico con Estados Unidos y por último con un país emergente como por ejemplo México. Es importante comparar con ejemplos de diferentes tipos de estados, ya que ahí se puede ver de una manera más clara e inalterada cuál es la verdadera situación nacional.

### 3.2.1 Alemania

Ubicado en una posición mucho menos ventajosa que la que disfruta el Sur de Europa en cuanto a la radiación solar que se recibe en esta zona, muestra una voluntad y un compromiso mucho más elevado que los anteriormente citados. Se puede observar que existe una seguridad regulatoria mucho más fuerte, constante y no contempla normativa retroactiva.

Por otra parte también favorece y potencia el balance neto, animando a los residentes a instalar paneles en sus casas y a las eléctricas a adquirir las energías de ellos sobrantes. Si se suma esto a que los cambios de gobierno no han afectado en gran medida a la legislación y que hay un plan claro de que se quiere hacer, como se quiere y para cuando, posibilita que se pueda afirmar sin ninguna clase de duda que potencian con mucha mayor eficacia la inversión y el constante crecimiento de las energías renovables, en concreto la solar fotovoltaica, que es el caso que nos ocupa.

% Energía Renovable Final Consumida	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Objetivo
Alemania	5.8	6.7	7.7	9.0	8.5	9.9	10.4	11.4	12.1	12.4	18
España	8.3	8.4	9.2	9.7	10.8	13.0	13.8	13.2	14.3	15.4	20
Legislación				R.D. 661	R.D. 1578		R.D. 14		R.D. 1		

Tabla 3.

En esta tabla se representa el porcentaje que supone la energía renovable respecto a la energía final consumida de España y Alemania.

Fuente: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg\\_ind\\_335a&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_335a&lang=en)

Como se puede ver en la tabla3, la evolución que sigue a lo largo de los años Alemania es más suave pero posee una mayor constancia, síntoma de políticas que piensan a largo plazo. Sin embargo la de España sigue un crecimiento más convulso, con periodos de gran crecimiento, junto a otros de subida ínfima, lo que resalta políticas a corto plazo. Se debe hacer hincapié en que claramente las fechas en las que se establecen medidas para regular el sector marcan la gráfica local resaltando aún más que este aspecto es un factor con una importancia muy elevada para la energía renovable.

### 3.2.2 Estados Unidos

El caso de este país es algo diferente ya que no hay una política nacional unánime, pues muchos estados se han fijado sus propios objetivos. El más ambicioso es el de California, que pretende que el 33% de la electricidad generada sea renovable. Además tienen una especie de balance neto, al que llaman “*Net Metering*” o medición neta que les permite inyectar sus excedentes a la red. Dependiendo del lugar es más o menos restrictiva pero todas las eléctricas deben ofrecer esta opción a los usuarios. Este balance neto, o *net metering* se está aplicando hoy en día en la práctica totalidad del país, y aquí una vez más destaca California sobre el resto de estados siendo este el primero en instaurarla en el año 1996, al que se le fueron sumando los demás de forma sucesiva.

Estos objetivos marcados por cada estado reflejan que este ejemplo se podría trasladar a las comunidades autónomas, aunque con menor margen de poder legislar, ya que deben regirse por las leyes estatales. Un ejemplo es Murcia, en donde mediante la Ley [11/2015] se ha establecido un gran avance. Esto se refleja en lo referente a dejar claro que no se pagarán peajes adicionales por generar energía en el hogar, a la par de dar un primer paso hacia el balance neto, de momento por considerarlas como posibles instalaciones de intercambio de energía, eso sí, sin que de momento se pague por la energía vertida a la red. No obstante es una noticia esperanzadora.

*“Artículo 20 bis. Instalaciones para aprovechamiento y consumo directo de fuentes de energía renovables.*

*Instalaciones de intercambio de energía*

*1. Las instalaciones previstas para el aprovechamiento de fuentes de energía renovables cuya finalidad sea la producción de energía eléctrica, sobre las que quede acreditado el consumo de la totalidad de la energía producida, así como la ausencia de conexión eléctrica con la red del sistema eléctrico, bien mediante el aislamiento físico o bien mediante medios técnicos que produzcan un efecto equivalente al mismo, podrán ser consideradas como instalaciones aisladas del sistema eléctrico.*

*2. Las instalaciones generadoras de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, y en particular las de tecnología solar fotovoltaica de pequeña potencia, previstas para el consumo instantáneo o diferido en las modalidades de autoconsumo reguladas en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, podrán considerarse como instalaciones de intercambio de energía. La cesión de energía producida por estas instalaciones al sistema eléctrico no llevará aparejada contraprestación económica alguna, estableciéndose por la consejería competente en materia de energía las compensaciones por dicha cesión, en términos energéticos, sin perjuicio del cumplimiento de las condiciones económicas establecidas por el Gobierno para la venta de energía no autoconsumida.*

*3. Por orden de la consejería competente en materia de energía se definirán las condiciones técnicas y administrativas que deberán cumplir las instalaciones para aprovechamiento y consumo directo de fuentes de energía renovables, para ser consideradas como aisladas del sistema eléctrico, así como para ser consideradas como instalaciones de intercambio de energía.”*

En otras comunidades también se está dando un empuje subvencionando de nuevo a las instalaciones de energía renovable solares y eólicas que no viertan a la red con un volumen de 700000 Euros. Otro ejemplo es Baleares que mediante BOIB [009/2015] establece ayudas para los autoconsumidores que las soliciten hasta llegar a los 400.000 Euros, los cuales serán financiados en un 50% por fondos FEDER.

### **3.2.3 México**

Es un ejemplo de país emergente en el cual se está apostando por esta tecnología. El balance neto es ya un hecho y está funcionando. La legislación está ofreciendo soluciones desde 2007, en el cual da la primera versión.

Dado el éxito que tiene entre usuarios y locales comerciales en 2010 llega una segunda ley que aumenta la potencia que se puede tener en cada instalación. Tras esto en el año 2012 sale a la luz más legislación al respecto, en ella se ofrece la posibilidad de acogerse al llamado balance neto colectivo, por ejemplo para una urbanización, un bloque de pisos, etc. Todas estas medidas están enfocadas al incremento de la potencia instalada, dándoles facilidad a los usuarios domésticos y comerciales para formar parte de la generación de energías limpias.

## 4. Consumidor Doméstico

### 4.1 Curva de Consumo y Generación

Es fundamental a la hora de estudiar un consumidor estándar conocer cuál es su perfil mayoritario y generalista ya que dentro de cada casa los consumos no dejan de obedecer a la costumbres y los horarios de sus habitantes. Para lograrlo se dispone de diferentes gráficas de consumo, en las cuales se verá cuanta energía gasta y en qué momento lo hace dicho consumidor estándar. Dicha gráfica sigue unos patrones típicos, con sus picos de consumo a diferentes horas del día. Puede presentar una ligera variación si se compara un tiempo invernal o estival, laboral o vacacional, etc. Dado que la curva de generación responde a patrones meteorológicos que no podemos controlar, ésta responderá a la clásica curva que presentan todas las instalaciones, quizás con alguna caída debida la presencia de nubes, sombras o algún otro inconveniente. No obstante ofrece poca capacidad de modificación para el usuario. A partir de las mentadas situaciones se pueden estudiar variaciones y modificaciones de las mismas que puedan ser más ventajosas para el usuario.

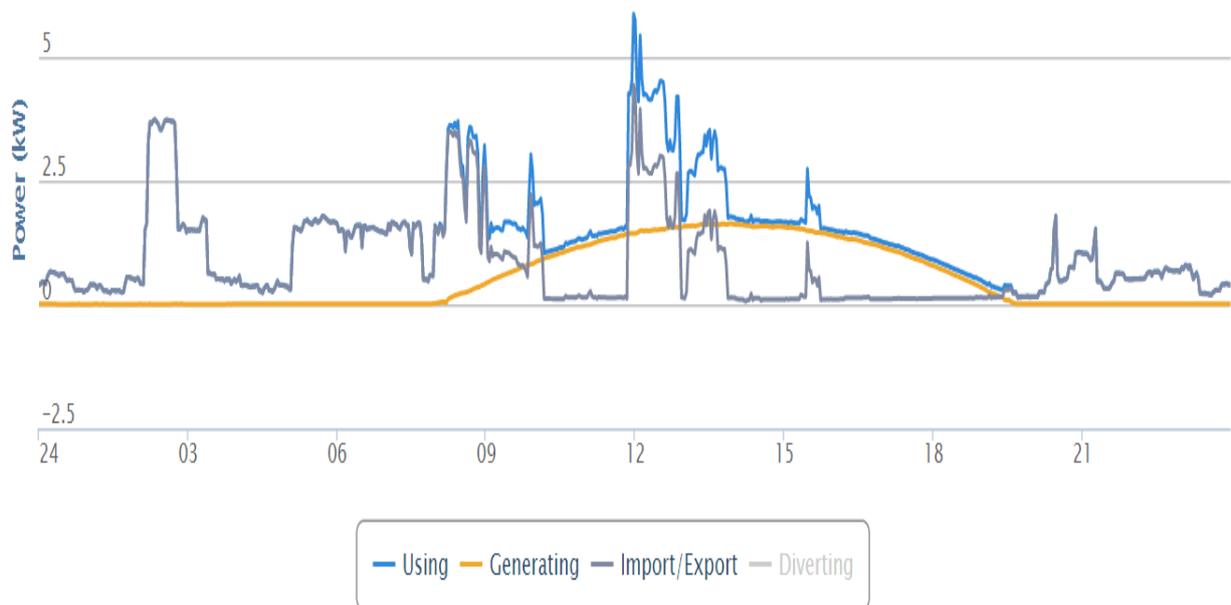


Figura 10.

En esta figura se puede observar la potencia en Kilovatios que se demanda en cada momento (eje y Azul), así como la que se genera (eje y Naranja), junto al resultado de la diferencia entre ambas que será la importada o la exportada (eje y Gris).

Fuente: [http://wattson.energyhive.com/dashboard/ST\\_FV](http://wattson.energyhive.com/dashboard/ST_FV)

Balancear el consumo respecto a la generación no es una opción muy halagüeña debido a que incurriría en una planificación por parte del usuario que reduciría su satisfacción con el servicio y la instalación. Por ello, la solución pasa por centrarse en adaptar la curva de generación respecto la curva de consumo, para lo cual existen varias posibles soluciones.

La más sencilla es el consumo instantáneo, el cual cubrirá solo la demanda durante las horas de generación si es que la hay, sino se perderá. Enfocado a uso comercial o industrial es más adecuado, no obstante, enfocado al usuario doméstico no lo es tanto ya que no suele demandar energía a las horas a las cuales precisamente se genera dado que está típicamente trabajando fuera de casa, como así se desprende de las curvas.

La siguiente es el balance neto, con sus distintos tipos de tarifaciones o políticas de gestión de energía cedida a la red. Técnicamente es el caso que presenta mayor facilidad y eficiencia dado que la red eléctrica actuaría como un gran acumulador. No obstante, su aplicación todavía no es posible porque la legislación lo propone pero aún no lo contempla, no es factible.

La última es el uso de baterías como acumulador con diferentes maneras de dimensionarlo y gestionar la energía aquí acumulada, ofrece un aumento de la versatilidad en la gestión de la energía ya que ofrece la posibilidad de distintos tipos de soluciones interesantes. Sin embargo, no se deben olvidar y se han de tener en cuenta para el diseño los problemas que genera el uso de baterías. Se entrará en detalle en cada configuración en el apartado correspondiente.

#### **4.1.1 Potencia Media Contratada y Consumo Medio de una Vivienda**

Uno de los resultados más importantes que se desprenden del análisis de las susodichas curvas es saber cuál es la media de potencia en Kilovatios contratados por un usuario doméstico tipo. Se asume que la gran mayoría de las casas disponen de lavadora, frigorífico, vitrocerámica, horno, plancha y en muchos casos lavavajillas, que son los electrodomésticos que más potencia consumen, a esto se le añade la iluminación y un pequeño margen para evitar sobrepasar el margen del Interruptor de Control de Potencia salte, con ello se obtiene la necesidad real para el consumidor medio. Estos datos sugieren que con unos 3.45Kw o 4.6Kw sería suficiente; sin embargo, si se dispone de equipos de climatización como aire acondicionado, calefacción o terma de agua caliente debemos aumentarlo hasta unos 5.75Kw.

Según el Ministerio de Industria, Energía y Turismo la potencia de una familia media es de 3.3Kw [42], habiéndola fijado anteriormente en 4.4Kw [43]. Parece que son medidas algo conservadoras, y quizás se deba a que tendrá en cuenta que se tiene una gestión perfecta de los electrodomésticos con un buen factor de simultaneidad que, teniendo en cuenta que algunos de ellos permiten una cierta variación del momento de uso, como lavadora y vitrocerámica, cosa que no siempre es posible.

Se sabe que la mayoría de los hogares poseen una potencia contratada sobredimensionada, la cual, si se redujese, proporcionaría un ahorro seguro todos los meses. A este ahorro se le puede añadir el que se conseguiría con la generación de energía solar fotovoltaica, la cual permitirá bajar aún más este término de potencia.

Posibles potencias a contratar y ahorro por reducción de tramos para PVPC:

**Precio reducción de tramos:** 11€ por desplazamiento ; 0€/tramo

**Precio de aumento de tramos:** 0€ por desplazamiento ; 60€/tramo

**Precio:** (3.504) €/Kw y mes =>42.048€/Kw y año

[44],[45]

Intensidad ICP (Amperios)	Monofásica(La Común)	Trifásica
5.0	1.15 kW	3.464 kW
7.5	1.725 kW	5.196 kW
10	2.3 kW	6.928 kW
15	3.45 kW	10.392 kW
20	4.6 kW	13.856 kW
25	5.75 kW	17.321 kW
30	6.9 kW	20.785 kW
35	8.05 kW	24.249 kW
40	9.2 kW	27.713 kW
45	10.35 kW	31.177 kW

Tabla 4.

Quedan tabuladas las potencias disponibles por las que puede optar cada hogar.

Fuente: [http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-16908](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-16908)

42.048 €/((kW*año )	1.15 kW	1.725kW	2.3 kW	3.45 kW	4.6 kW	5.75 kW	6.9 kW	8.05 kW	9.2 kW	10.35 kW
1.15 kW	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1.725 kW	24.178	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2.3 kW	48.355	24.178	*	*	*	*	*	*	*	*
3.45 kW	96.710	72.533	48.355	*	*	*	*	*	*	*
4.6 kW	145.066	120.888	96.710	48.355	*	*	*	*	*	*
5.75 kW	193.421	169.243	145.066	96.710	48.355	*	*	*	*	*
6.9 kW	241.776	217.598	193.421	145.066	96.710	48.355	*	*	*	*
8.05 kW	290.131	265.954	241.776	193.421	145.066	96.710	48.355	*	*	*
9.2 kW	338.486	314.309	290.131	241.776	193.421	145.066	96.710	48.355	*	*
10.35 kW	386.842	362.664	338.486	290.131	241.776	193.421	145.066	96.710	48.355	*

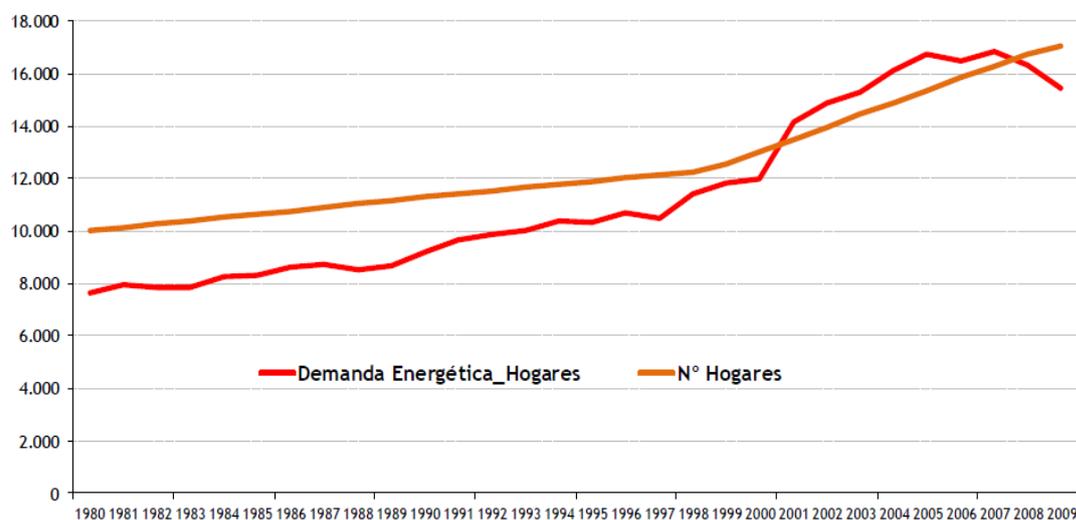
Tabla 5.

Comparativa del ahorro si se decide reducir la potencia.

Fuente: Elaboración con los datos de la tabla anterior

#### 4.1.2 Consumo Medio, Precios y Tarifas para PVPC

##### Tendencias del Consumo Energético (ktep) del Sector Residencial en España



Fuente: IDAE

Figura 11.

Representación del número de hogares en España (eje y naranja) junto a la demanda energética de los mismos (eje y rojo), a lo largo del tiempo (eje x).

Fuente: <http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem.detalle>

Como se puede ver en la figura 11, el consumo por vivienda ha decaído en los últimos años, esto refleja las dificultades económicas que se viven actualmente unido al aumento del montante total que se paga por la energía. La cantidad de energía que se consume va pareja de la calidad de vida que se disfruta siempre y cuando no se produzca un derroche de la misma. A continuación se detalla lo referente a los consumos y la tarificación de los mismos

**Precio2.0A: 0.13€/Kwh [45]**

En cuanto a energía consumida, el total de electricidad media consumida por hogar se sitúa en *3487Kwh/año, 9.6kwh/día [46]*. Hay una diferencia importante en si poseen calefacción y agua sanitaria eléctricos, y dentro de esas dos categorías si es piso o vivienda unifamiliar. Se resumen todos los datos en la tabla 6, que viene a continuación.

Consumos	Piso con calefacción y agua sanitaria eléctricos	Piso sin calefacción y agua sanitaria eléctricos	Unifamiliar con calefacción y agua sanitaria eléctricos	Unifamiliar sin calefacción y agua sanitaria eléctricos
Tep/año	0.676	0.264	1.463	0.33
Kwh/año	7859	3080	17011	3828
Kwh/día	21.5	8.6	46.6	10.5

Tabla 6.

Se representan distintos tipos de vivienda junto a los consumos medios que requerirá cada uno de ellas.

Fuente: <http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem.detalle>

El consumo de iluminación, electrodomésticos, cocina y *stand-by* son muy parecidos en piso y en unifamiliares, lo que provoca la gran diferencia es el agua caliente sanitaria, pero sobre todo la calefacción, que tiene un coste mucho más alto en viviendas unifamiliares.

#### Alquiles de contadores:

La mayoría de viviendas no tienen en propiedad el contador del que obligatoriamente deben disponer, por ello se opta por alquilárselo a la empresa.

*Contador monofásico: 0.81€/mes [45]*

A los precios ofrecidos se les debe sumar la imposición eléctrica, que se añade con el criterio de destinar esta recaudación a distintos tipos de cosas, como pagar primas, subvenciones o reducir el déficit de tarifa que acumula una deuda significativa. Esta imposición se fija por lo tanto en un:

*Impuesto Eléctrico:  $(1.05113 * 4.864\%) = 5.1127\%$ .*

A esto se le debe sumar el Impuesto sobre el Valor Añadido (I.V.A), que como a cualquier otro tipo de servicio se aplica y que no está dentro de la categoría de súper reducido, o reducido, sino general, lo que supones un:

*I.V.A.: 21 %*

## 4.2 Potencial de Implantación, Adecuación a lo que se Propone

Se debe diferenciar en dos casos el análisis de llevar a cabo la instalación dado que ambas situaciones pueden ofrecer ventajas o inconvenientes para tomar la decisión de iniciar el proceso de instalación. Con *vivienda antigua* pretende referirse a aquellos edificios que ya han sido construidos, y con *vivienda nueva* pretende referirse a todos aquellos que están en proceso de construcción o planificados pero que aún no se han construido junto a todos aquellos que se elevarán en un futuro.

		TOTAL ESPAÑA	Tamaño del Hábitat			
			< 10000	10.000 - 49.999	50.000 - 199.999	≥200.000
Año de construcción	Anterior a 1979	44	31	35	42	64
	Entre 1979 y 2005	49	60	57	50	34
	De 2006 en adelante	7	57	8	8	2

Base: Total hogares 2010 (17.199.630)

Figura 12.

Esta figura da información acerca de la antigüedad de las viviendas en España.

Fuente: <http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem.detalle>

VIVIENDAS EN ESPAÑA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA POR ZONA CLIMÁTICA Y TIPO DE VIVIENDA						
Zona Climática	Tipo de Vivienda				TOTAL	
	Viviendas Unifamiliares		Viviendas en Bloque			
	Viviendas	Encuestas	Viviendas	Encuestas	Viviendas	Encuestas
<i>Atlántico Norte</i>	580.240	1.065	1.673.181	1.065	2.253.421	2.130
<i>Continental</i>	1.649.042	1.065	4.133.792	1.065	5.782.834	2.130
<i>Mediterráneo</i>	2.867.948	1.065	6.295.427	1.065	9.163.375	2.130
<b>TOTAL</b>	<b>5.097.230</b>	<b>3.195</b>	<b>12.102.400</b>	<b>3.195</b>	<b>17.199.630</b>	<b>6.390</b>

Fuente: INE 2010 y Elaboración Propia

Figura 13.

Esta figura da información acerca de los distintos tipos de viviendas según la zona climática de España.

Fuente: <http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem.detalle>

### **4.2.1 Vivienda Nueva**

Este caso presenta una gran ventaja y es que al saber desde un principio que se pretende añadir a la estructura del edificio el susodicho sistema de generación se podrá adecuar para ello. Esto nos llevará a una situación en la cual probablemente se le podrá dar la ubicación más ventajosa a los paneles, desplegar menos metros de cable, y en definitiva, abaratar todo el proceso de instalación, a la par de evitar tener problemas legales en cuanto a temas de seguridad dado que se requieren ciertos requisitos para los equipos de contadores, inversores, etc. De no contar con que se deban instalar desde un principio se debería llevar a cabo de manera improvisada y por ello normalmente menos eficiente, menos estética para el edificio, etc.

Otro aspecto importante es la posibilidad de monitorizar no solo el consumo principal sino los electrodomésticos de mayor potencia como puede ser el frigorífico, el lavavajillas, lavadora, o el horno para gestionar su consumo, adaptándolos en la medida de lo posible para aumentar la eficiencia del sistema.

### **4.2.2 Vivienda Antigua**

La vivienda ya construida, y por ello en la mayoría de los casos que no cuenta con la planificación de una posible instalación de un sistema para generar energía fotovoltaica. Esto se refiere a que no se dispone de cajas específicas para los componentes eléctricos, canalizaciones, soportes, etc. A la par el tejado no solo no tendrá las estructuras sino que tampoco estará preparado para una instalación de las mismas que nos proporcione las mejores condiciones de generación y seguridad para el sistema. Al respecto de la parte interior del mismo se han de ocupar espacio para la ubicación de los componentes necesarios para poder dar servicio al usuario en condiciones óptimas y legales de operación.

En términos globales se puede decir que será más difícil llevar a término el objetivo que se pretende en una vivienda antigua que en una nueva, y por ende supondrá un mayor coste.

También se debe decir que en un futuro próximo la construcción de vivienda nueva en España no será demasiado pujante, dado que actualmente hay un gran número de edificios construidos que están aún sin ocupar, muchos de los cuales precedieron a la nueva legislación que obliga a contar con las renovables y que facilitaría en gran medida la instalación. Todo esto se ha debido a la especulación y burbuja que se vivió en el sector. En definitiva, la mayoría de proyectos que se lleven a cabo serán en vivienda antigua.

### **4.2.3 Piso**

Dentro de este caso se han de diferenciar dos tipos de usuarios, casa o piso ya que las opciones que presenta cada una tienen sus ventajas y sus desventajas técnicas y administrativas.

Normalmente los pisos se ubicarán en zonas con una red eléctrica (usada en algunos casos y que es necesaria para una futura red distribuida) de una mayor calidad, simplificando y evitando posibles problemas a la hora de que la compañía eléctrica aduzca algún motivo que de problemas en cuanto a tramites se refiere. Además los vecinos que estarán más cercanos facilitando la interacción y tráfico de electricidad entre los distintos consumidores.

A costa de una menor cantidad de tejado por vivienda que en el otro caso se gana una mayor seguridad en cuanto a manipulación y actos de vandalismo al ubicarse en una zona menos accesible tanto como para los propios vecinos como para posibles personas con intención de provocar desperfectos o hurtar los componentes.

### **4.2.4 Unifamiliar**

El supuesto de vivienda unifamiliar presenta ventajas en cuanto al anterior porque no se necesitará un consenso de más familias para realizar las obras por lo que se evitan discordancias que podrían ralentizar o incluso frenar el proyecto, el cableado a desplegar será más reducido y posiblemente se tengan menos problemas de sombras e ineficiencias en los paneles al estar en zonas menos densamente pobladas.

## 5. Análisis de Configuraciones

En este apartado se presentan diferentes configuraciones de instalaciones fotovoltaicas para compararlas entre ellas y ver las ventajas e inconvenientes que se obtienen de cada una.

La implantación de módulos fotovoltaicos en los domicilios hasta ahora ha perseguido el generar lo máximo posible dentro de las posibilidades de cada situación, buscando cubrir las necesidades propias a la par que se venden los excedentes, para de esta manera amortizar el proyecto en el menor tiempo posible. Por otra parte existe la posibilidad que presenta el balance neto, en la cual no se venden los excedentes, pero estos son compensados pudiendo consumir de la red lo que se entregó anteriormente sin que este consumo sea cobrado por parte de las compañías eléctricas. No obstante, a día de hoy el modelo que se plantea enfoca el dimensionamiento a que no se produzca nada más de lo que se consume, es decir que sobre lo mínimo, porque si no se vende, se pierde, y si se vende se ha de asumir una serie de costes que no son favorables de ninguna manera para el productor. En resumen, en el momento actual el objetivo será ahorrar, en otras palabras consumir lo mínimo y ya no tanto la inversión que suponía antes, en la cual no solo se ahorra como hoy en día sino que se podían obtener beneficios. Luego con estas reglas de juego se procede a un análisis de cuál será la configuración más ventajosa para la instalación en un domicilio de un usuario estándar.

Los cálculos en que se basan estos apartados se basan en una serie de medidas sobre una instalación real ubicada en un domicilio unifamiliar que representa adecuadamente un hogar estándar en España, para el cual está enfocado este trabajo. La casa tiene contratada una potencia de 4.6Kw Kilovatios. Para el cómputo de los resultados y la representación de las gráficas se ha utilizado una hoja de cálculo.

## 5.1 Aislada por Completo

Este caso es el más típico y sencillo de los que se plantean. Ha estado enfocado normalmente a una zona carente de infraestructura que proporcione servicio, no obstante hemos de plantear la posibilidad de que sea viable en un entorno más urbano en el cual sí se posea conexión a red. Puede darse el caso de que incluso sea mejor desconectar la red eléctrica principal para ser una instalación de autoconsumo aislada voluntariamente. Se debe recalcar que aunque sea aislada está enfocada al mismo tipo de vivienda que las demás por lo que posee una demanda energética de un consumidor doméstico normal. Para este supuesto el dimensionamiento no será en función del ahorro que queramos conseguir, ya que este será del 100% como única opción. Luego los valores que se le asignarán a los dispositivos se pasan a calcular a continuación.

*El consumo diario estimado es de 9Kwh, con una potencia disponible 4.6Kw, los días de autonomía sin producción serán 3. Se desarrollará para el mes más desfavorable (Diciembre)*

**Paneles:** Para poder proporcionar el consumo de energía diario se necesitara instalar al menos 4.3Kwp, con los cuales en el mes menos favorable se generan 9 Kwh/día (Zona Norte). Dada la potencia total se toma la decisión de trabajar con módulos de 24V, que proporcionarán como máximo una corriente en máxima potencia de 9A. Se colocarán en paralelo tres líneas de cinco paneles en serie cada una de ellas, siendo el voltaje que soporta el cableado 120 V. La corriente total que saldrá de los paneles será 27 A en total. Estos recorrerán los 15 metros que separan los paneles del regulador, luego deberán tener una sección de al menos 20mm.

**Inversor:** Se escogerá uno que pueda soportar un consumo instantáneo pico de 5Kw (150A), algo sobredimensionado para posibles expansiones

**Regulador:** Buscamos que recoja la corriente continua proporcionada por los paneles solares sin problema por lo que se requerirá uno de al menos 30A. Se ha elegido un MPPT ya que aumenta el rendimiento y permite que el voltaje que le llega de los paneles sea superior al de las baterías, evitando problemas con el cableado al poder evitar que este lleve una alta corriente continua.

**Acumulador:** La estimación del consumo se fijó en 9KWh/día. Se desean al menos 3 días de autonomía y se tolerará una profundidad de descarga del 60% para aumentar la vida útil de la misma. Dados los valores que se manejan para la instalación el voltaje más adecuado será de 24V. Estimando unas pérdidas de 0.855, se obtiene que las características del acumulador finalmente sean:  $(9000*3)/(24*0.6*0.855)= 2193Ah$  a 24V.

## 5.2 Aislada (no vierte a red) con Consumo Instantáneo

Este tipo de configuración está pensada con el objetivo de evitar impuestos y tasas, al no verter nada de la energía generada a la red, por ello es una solución que nos proporcionará un ahorro cuando consumamos electricidad durante las horas de generación, la que no se consume, se pierde. Por ello se ha de dimensionar de forma conservadora, pensando en que se desperdicie la mínima energía posible, lo cual será complicado dado que en domicilios durante las horas de generación no hay un gran volumen de consumo. Esta opción sí que ofrecerá una mayor eficiencia y será de mayor provecho para negocios, empresas, etc.

Para llevar a cabo esta instalación será necesaria la instalación de paneles solares montados sobre unos soportes fijos en el tejado o la fachada. Siempre buscando el lugar que reciba una mayor cantidad de horas de luz y al ser posible que no le afecten sombras producidas por elementos del entorno. La potencia total será de 1 Kilovatio, se ha llegado a esta conclusión buscando un compromiso entre una buena cobertura del consumo de energía y un bajo desperdicio de la misma cuando no se consume.

Además de esto se necesitará un inversor capaz de proporcionar por lo menos hasta el máximo de potencia que podrían generar los paneles, incluso algo más por si se decide aumentar el número de ellos, por lo que se elegirá que soporte hasta 2 Kilovatios.

Al no disponer de baterías el regulador se hace innecesario por lo que es un elemento que no se tendrá en cuenta.

A lo anterior se sumarán los elementos de conexión a la red de la casa, así como cajas de seguridad, etc. De esta manera la operación se mantendrá fiable y segura. El cable deberá tener sección de 35mm y longitud 15 metros teniendo en cuenta que se supone que los paneles dan 24 voltios y se ubican en párelo, por lo que saldrán no más de 60 Amperios.

A eso se le sumará un contador capaz de mantener a cero la inyección de energía a la red y evitar problemas legales dado que si se opta por no registrar la instalación, esta no será legal, ya que entra dentro de la categoría de autoconsumidor. No obstante con la utilización del susodicho contador la instalación se mantendría indetectable por no inyectar nada a la red.

Comparación de diferentes potencias instaladas	500Wp	1000Wp	1500Wp	2000Wp
% Ahorro respecto al consumo total Julio	16.5	28	34.7	38.8
% Desperdiciado respecto a consumo total Julio	0.3	5.6	15.7	28.3
% Ahorro respecto al consumo total Enero	6.7	10.5	12.7	14.4
% Desperdiciado respecto a consumo total Enero	0.3	3.4	8.1	13.3

Tabla 7.

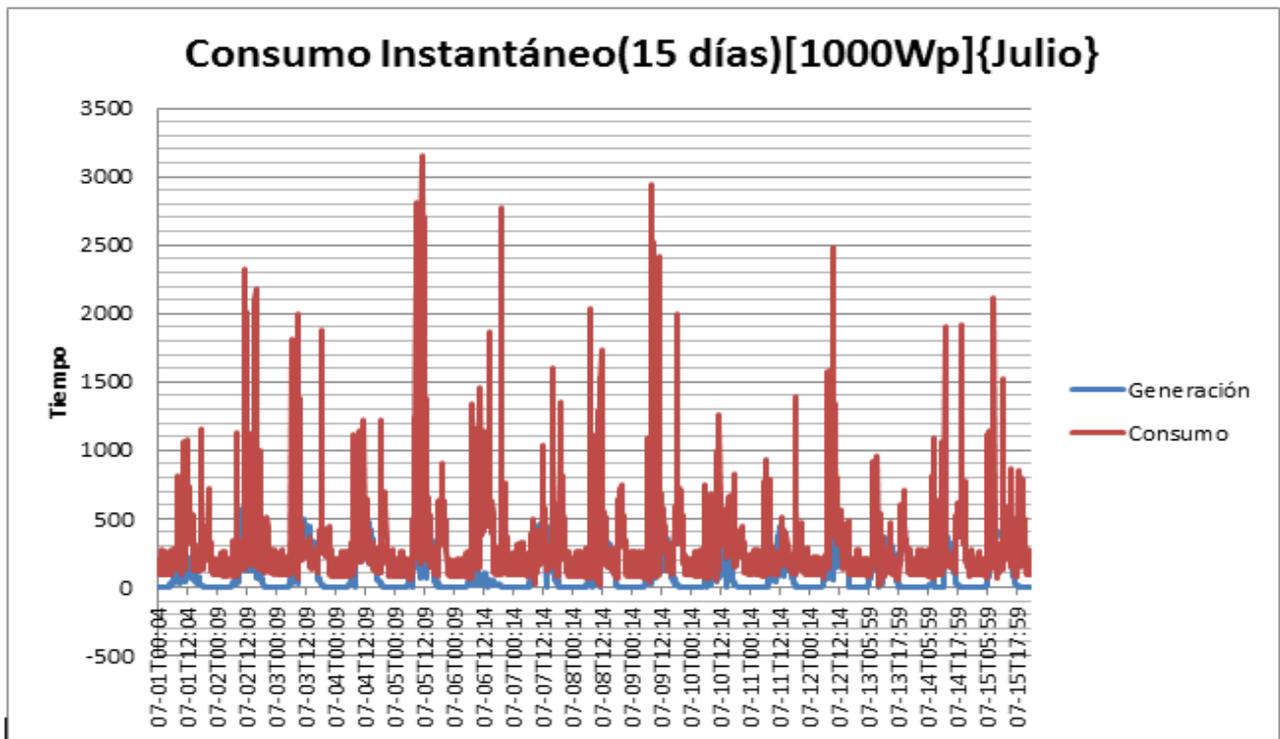


Figura 14.

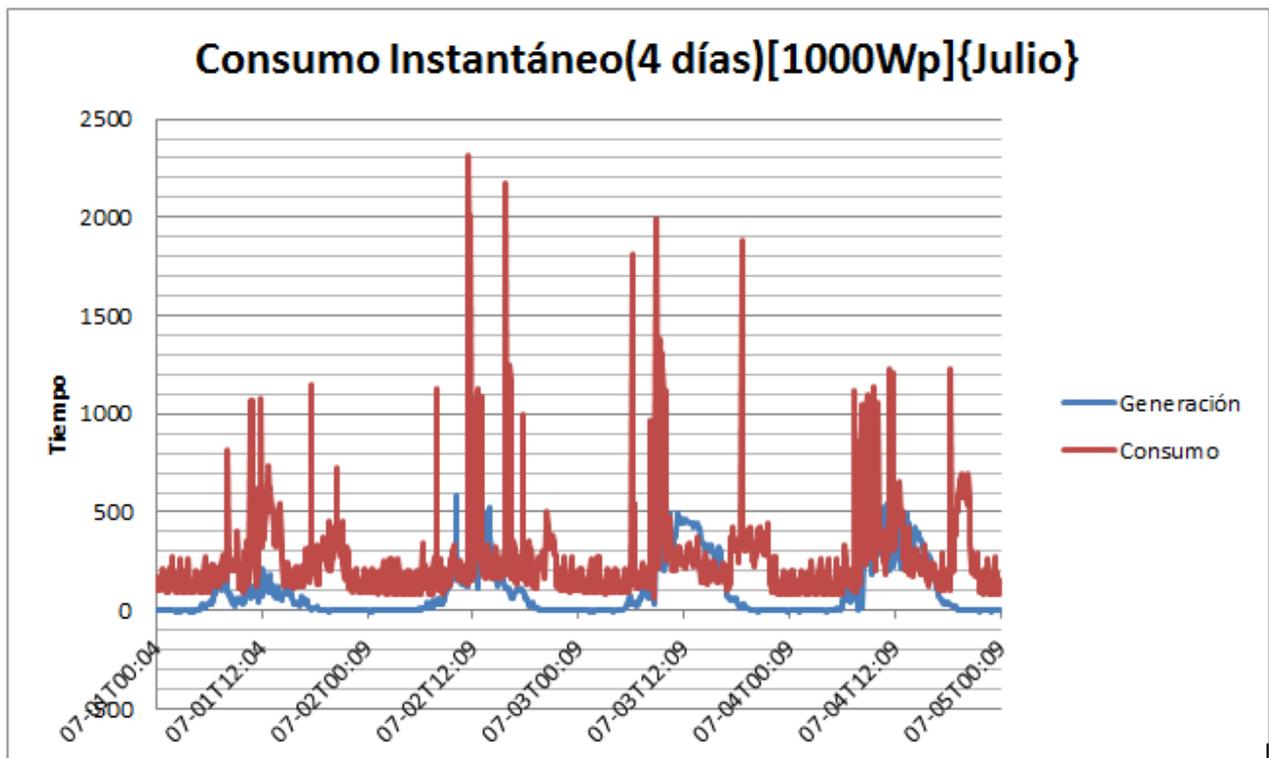


Figura 15.

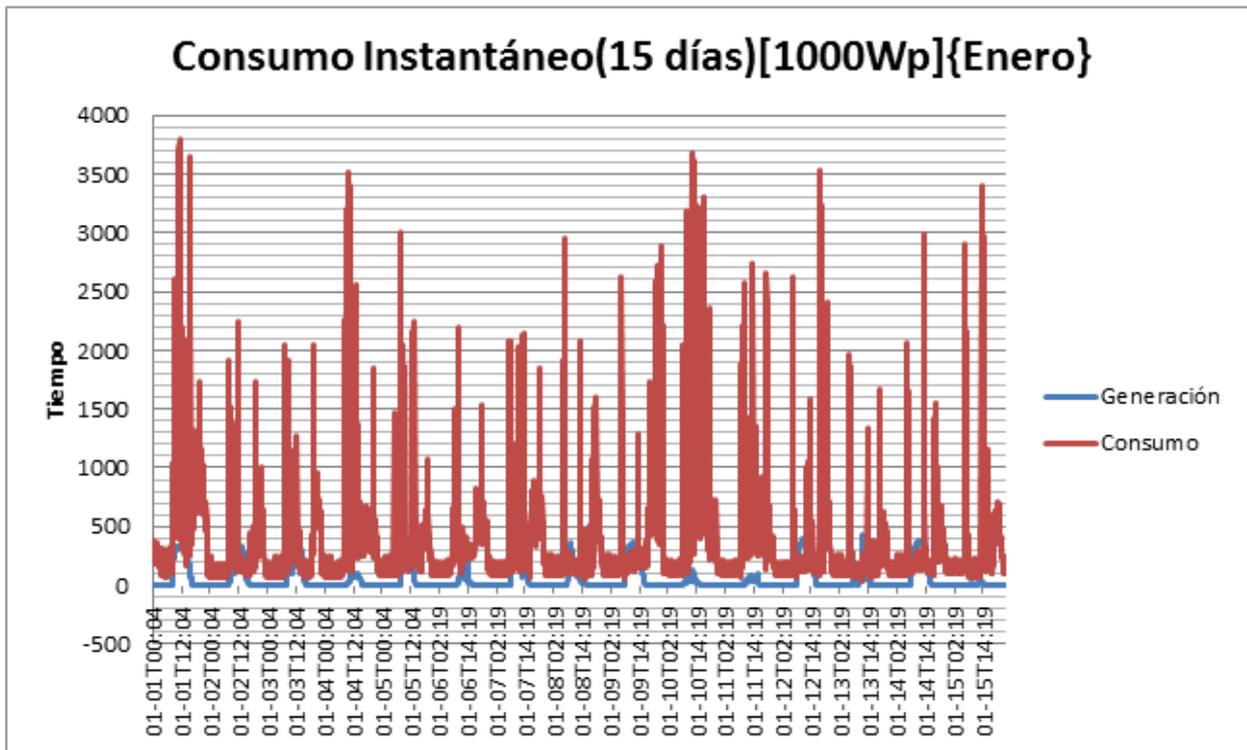


Figura 16.

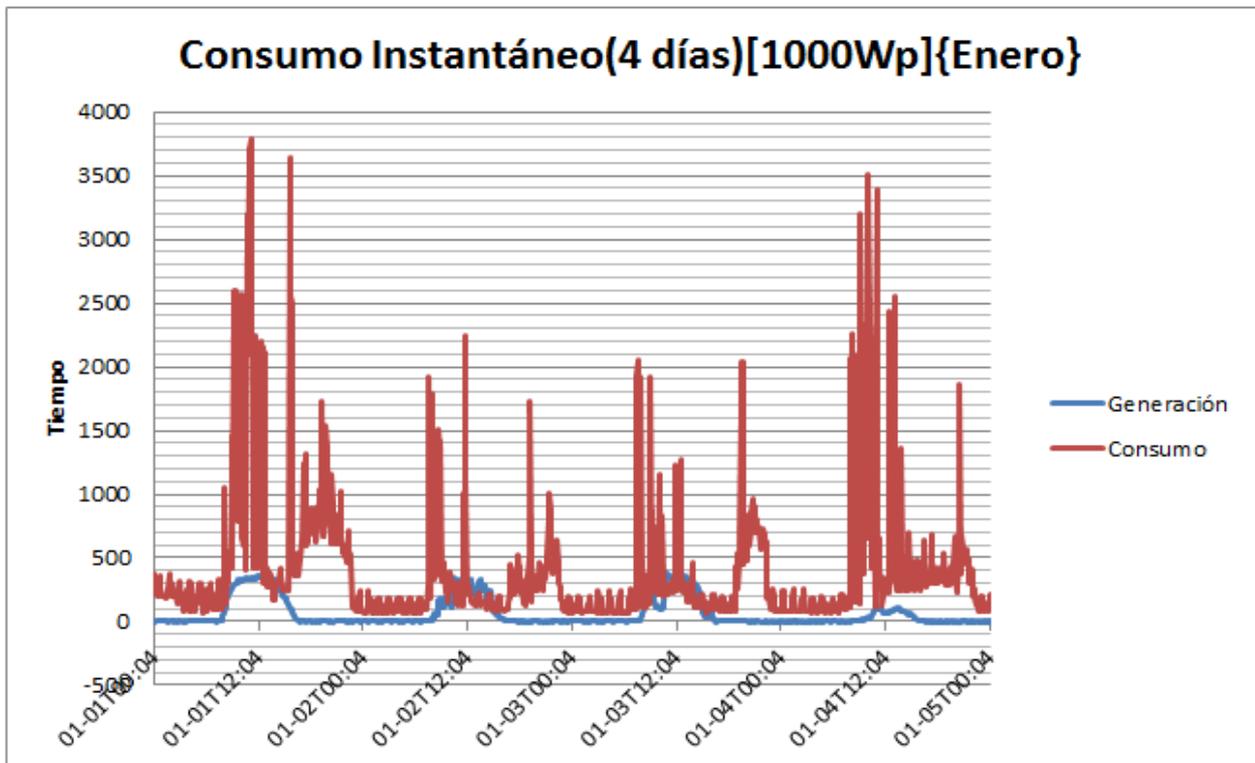


Figura 17.

## 5.3 Aislada (no vierte a red) con Sistema de Baterías

En esta ocasión el poseer baterías dará más versatilidad y se podrá dotar de cierta inteligencia al cómo y cuándo se gasta la energía almacenada para un mayor ahorro total en la vivienda. Supone un coste importante adicional a afrontar, pero juega un papel clave en este supuesto dado que es donde podemos aplicar nuestra metodología y estrategia de ahorro con mayor tipo de posibilidades.

Se debe recalcar que se sigue diseñando de manera conservadora para que no sobre nada de energía, porque a pesar de tener baterías, una vez cargadas, el resto de la producción no podría ser usada ni almacenada y por lo tanto desperdiciada al superar en ciertos momentos los gastos propios del hogar.

De nuevo en esta ocasión no se procederá a verter a la red nada de la energía generada por los paneles, por lo que el flujo se mantiene siendo unidireccional.

Se debe añadir que el disponer de baterías proporcionará una calidad extra de servicio ya que en momentos de caída de la red se podrá disponer de la energía acumulada, alargando el tiempo que se mantendrá el hogar con capacidad de disponer de electricidad.

### 5.3.1 Configuración

En este apartado se analizarán las dos opciones con cierto control, pero sencillas a la hora de trabajar con acumulador. En el siguiente apartado se tratará sobre cómo mejorarlas y dotarlas de más control e inteligencia.

De nuevo un dispositivo fundamental en esta configuración lo ocupan los paneles solares, colocados en tejado o fachada, buscando el lugar más soleado y menos distante del regulador para desplegar el menor cableado posible. La potencia desplegada irá en función del criterio que se elija para la gestión de la energía.

Otro lugar importante lo ocupa el regulador, fundamental ya que tenemos acumulador. Como depende del despliegue de paneles se fijará en función de la potencia total de los mismos.

El inversor se dimensiona en función de cada configuración . Varía en cada opción.

Para finalizar se necesitarán tanto cableado de un grosor suficiente para establecer conexiones entre dispositivos, así como cajas de seguridad y demás elementos necesarios que se calcularán en cada caso.

Se han analizado dos casos básicos para la utilización de la batería con un control mínimo ya que no tienen en cuenta más que la carga de la batería y el consumo instantáneo de la casa.

De nuevo como en el caso anterior debemos disponer de un contador de inyección cero a la red para evitar problemas legales al no registrar la instalación, ya que como instalación de autoconsumo así debería hacerse. Se pasa a analizarlos a continuación.

**La primera opción** a valorar es el utilizar la batería siempre que el consumo sea superior a la generación de manera que ahorrará una parte de la energía que antes se desperdiciaba cuando la generación era superior al consumo. Se debe mantener el acumulador dentro unos límites de profundidad de descarga.

Para esta idea se han planteados varios supuestos, y el que mejor se ajusta según los resultados es el desplegar 1.5 Kilovatios de potencia con los paneles solares.

Como la batería puede afrontar el consumo total en ciertos momentos de baja generación, lleva a desplegar un inversor con capacidad para dar 4.6 Kilovatios de potencia, lo cual es excesivo pero sin inteligencia debe ser así.

Por otro lado el acumulador tendrá una capacidad de almacenamiento de 2200Wh a 24 voltios.

La conexión se llevará a cabo con cable de sección 30mm para soportar los no más de 45 amperios que van por los 15 metros de los paneles al regulador, el cual soportará 45 amperios.

Profundidad de descarga: 0.6	Potencia Paneles: 1kwp Capacidad Batería: 1250Wh	Potencia Paneles: 1.5kwp Capacidad Batería: 2200Wh	Potencia Paneles: 2kwp Capacidad Batería: 4000Wh
% Ahorro consumo instantáneo respecto al consumo total Julio	28	34.7	38.8
% Ahorro batería respecto al consumo total Julio	6.3	16.1	29.2
% Desperdiciado respecto a consumo total Julio	0.1	0.9	1.2
% Ahorro consumo instantáneo respecto al consumo total Enero	10.5	12.7	14.4
% Ahorro batería respecto al consumo total Enero	3.8	8.3	14.4
% Desperdiciado respecto a consumo total Enero	0.1	0.7	0.6

Tabla 8.

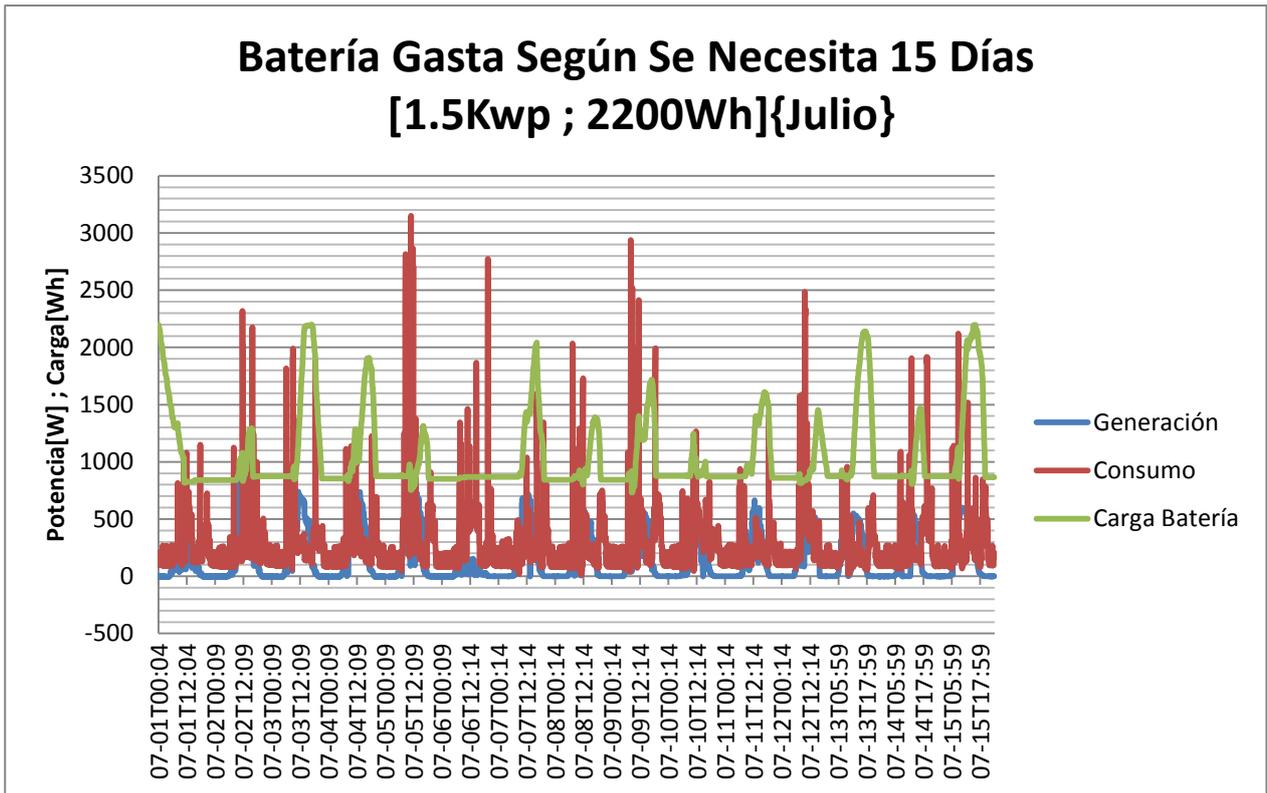


Figura 18.

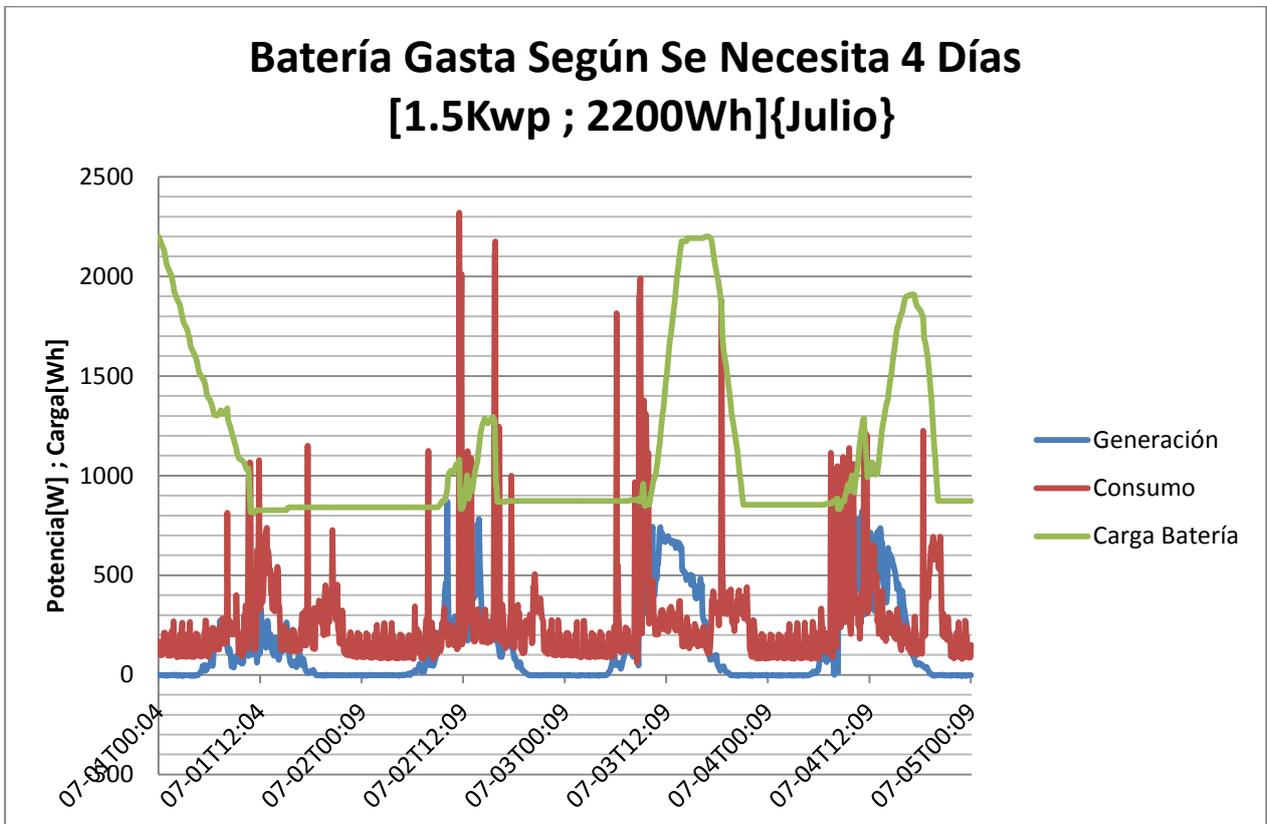


Figura 19.

### Batería Gasta Según Se Necesita 15 Días [1.5Kwp ; 2200Wh]{Enero}

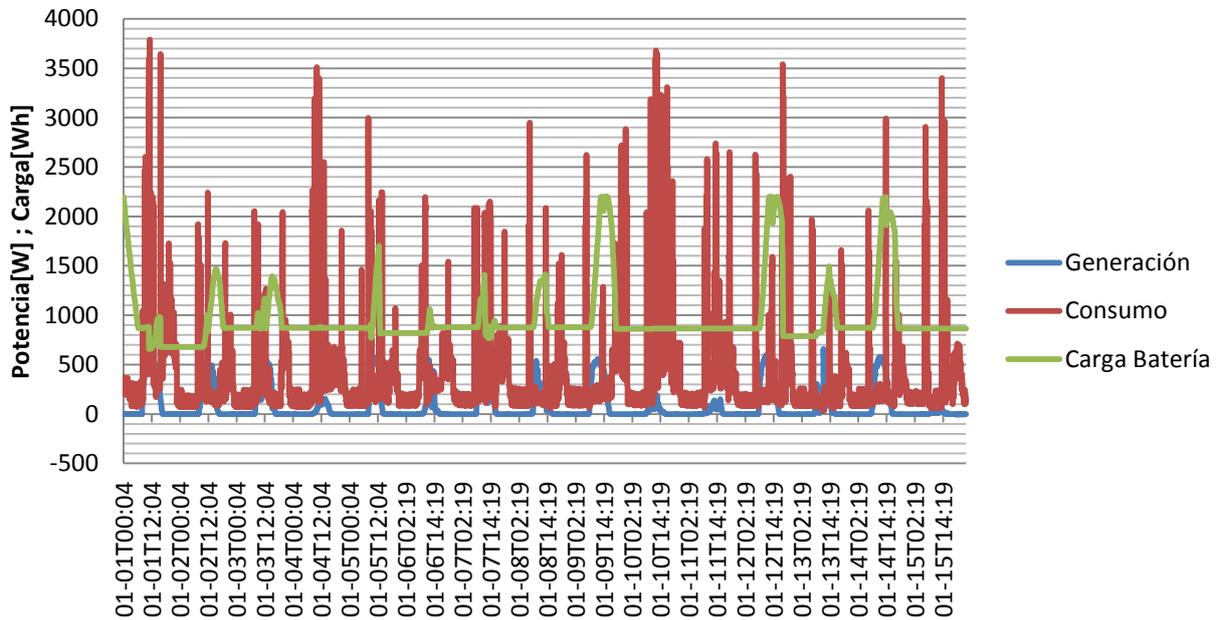


Figura 20.

### Batería Gasta Según Se Necesita 4 Días [1.5Kwp ; 2200Wh]{Enero}

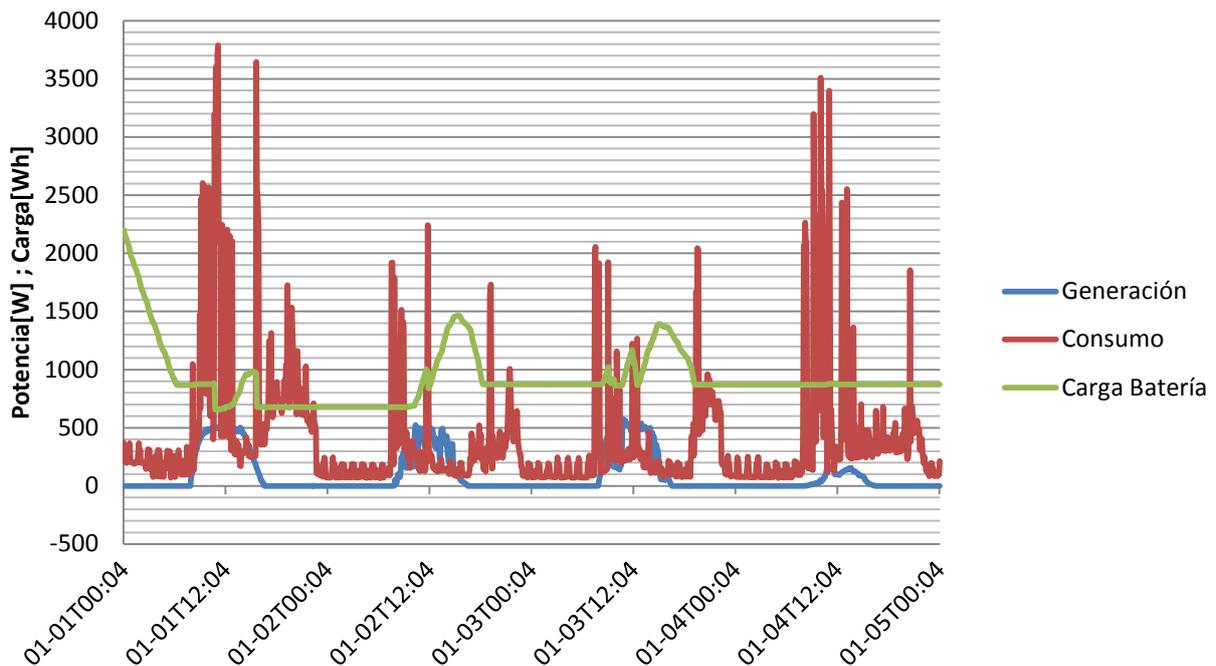


Figura 21.

**La segunda opción** a tener en cuenta es el utilizar la batería para se encargue de suministrar la energía adicional necesaria en momentos de gran consumo, lo que permitirá reducir la potencia contratada, manteniendo dentro unos límites de profundidad de descarga.

En esta opción hay que tener en cuenta que se debe diseñar con cuidado dado que si se opta por bajar la potencia contratada en un cierto número de tramos (tabla 4) y la batería no puede asumir el exceso de los picos de consumo, habrá momentos en los que el interruptor de control de potencia (ICP) “salte” y la casa se quede sin electricidad. Para ello se ha tenido en consideración el porcentaje de número de picos no cubiertos y la potencia umbral a la que la batería comienza a ayudar.

Como se puede observar en la tabla 9, se bajará la potencia contratada un tramo, con lo cual será 3.45 Kw, sin que por ello con el consumo registrado haya problemas de suministro. Lo que sí que hay que tener en cuenta es que si se incrementase el consumo un 15 % respecto al que se muestra, comenzarían a aparecer problemas en algunas de las opciones estudiadas. Por lo que implica un cuidadoso diseño que permita reducir la potencia contratada con un margen suficientemente amplio para evitar que las baterías tengan problemas para cubrir los picos de consumo.

De los supuestos contemplados, el que mejor se ajusta según los resultados es el desplegar 1.5 Kilovatios de potencia con los paneles solares. Además de esto se necesita desplegar un regulador de 45 amperios. También se utilizará un inversor con capacidad para dar 2 Kilovatios de potencia. El acumulador poseerá una capacidad de almacenar 2200 Wh a 24 Voltios.

Profundidad de descarga: 0.6	Potencia Paneles: 1kwp	Potencia Paneles: 1.5kwp	Potencia Paneles: 2kwp
	Capacidad Batería: 1250Wh	Capacidad Batería: 2200Wh	Capacidad Batería: 4000Wh
	Potencia umbral: 3450kw	Potencia umbral: 3450kw	Potencia umbral: 3450kw
	Reducción tramos: 1	Reducción tramos: 1	Reducción tramos: 1
% Ahorro consumo instantáneo respecto al consumo total Julio	28	34.7	38.8
% Ahorro batería respecto al consumo total Julio	0	0	0
% Desperdiciado respecto a consumo total Julio	5.6	15.7	28.3
% De Número De Picos No Cubiertos Julio:	0	0	0
% De Número De Picos No Cubiertos Julio, Con Un Consumo un 15% superior:	0	0	0
% Ahorro consumo instantáneo respecto al consumo total Enero	10.5	12.7	14.4
% Ahorro batería respecto al consumo total Enero	0.2	0.4	0.4
% Desperdiciado respecto a consumo total Enero	3.4	8.1	13.3
% De Número De Picos No Cubiertos Enero:	0	0	0
% De Número De Picos No Cubiertos Enero, Con Un Consumo un 15% superior:	25	0	0

Tabla 9

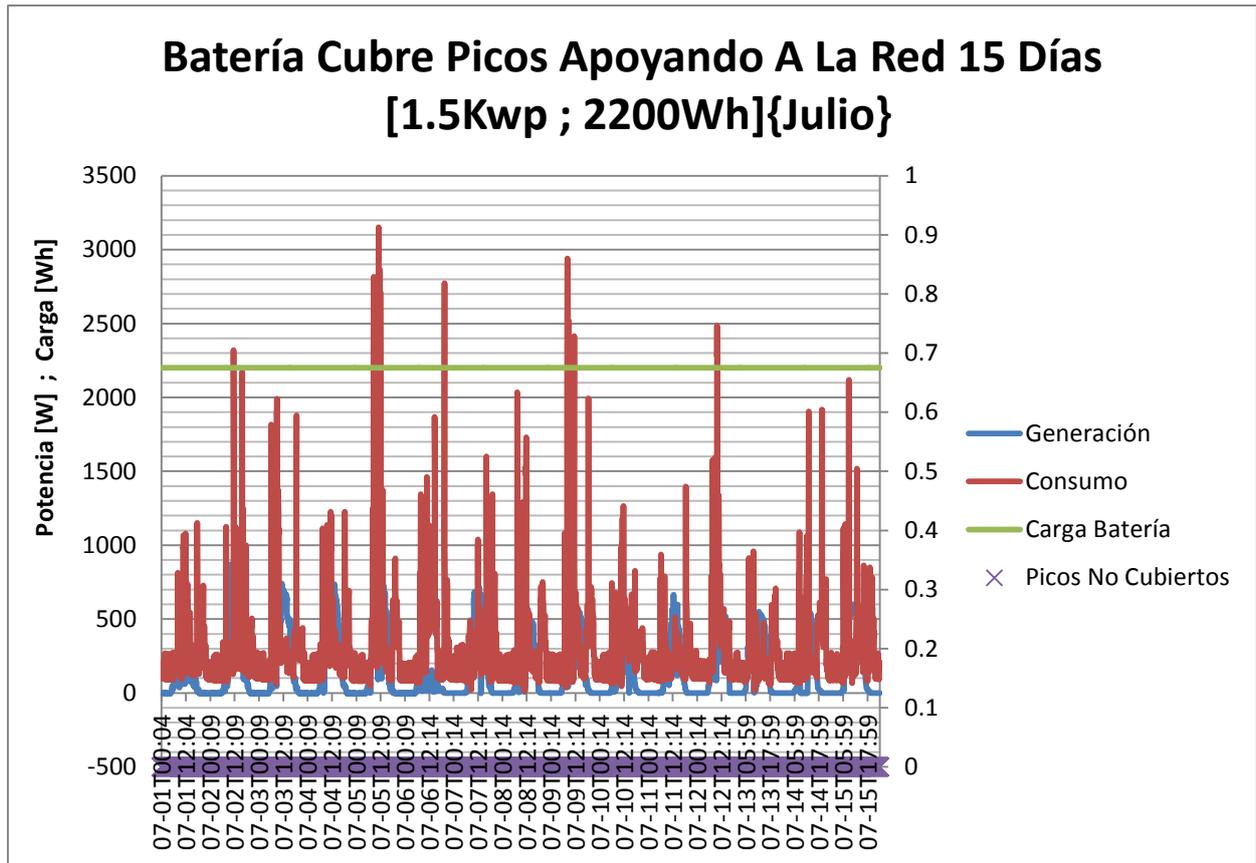


Figura 22.

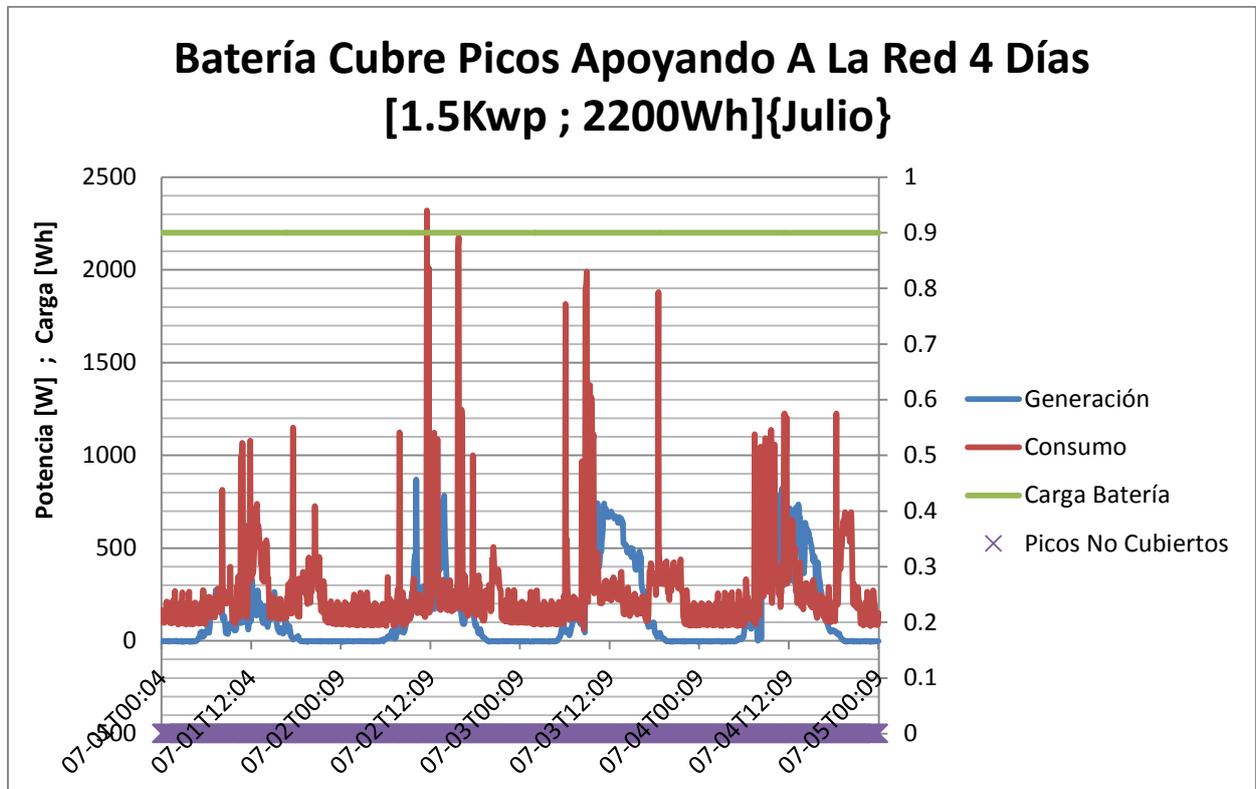


Figura 23.

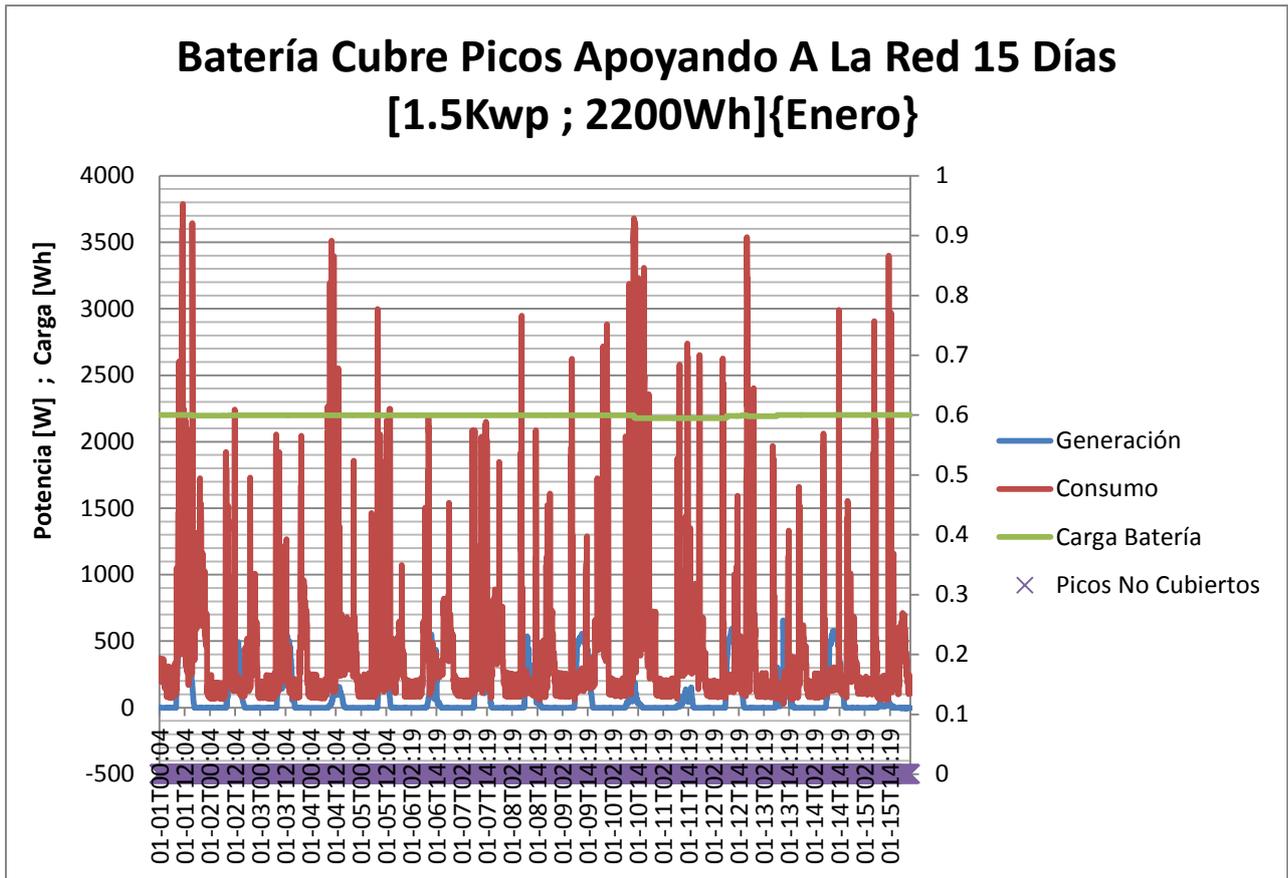


Figura 24.

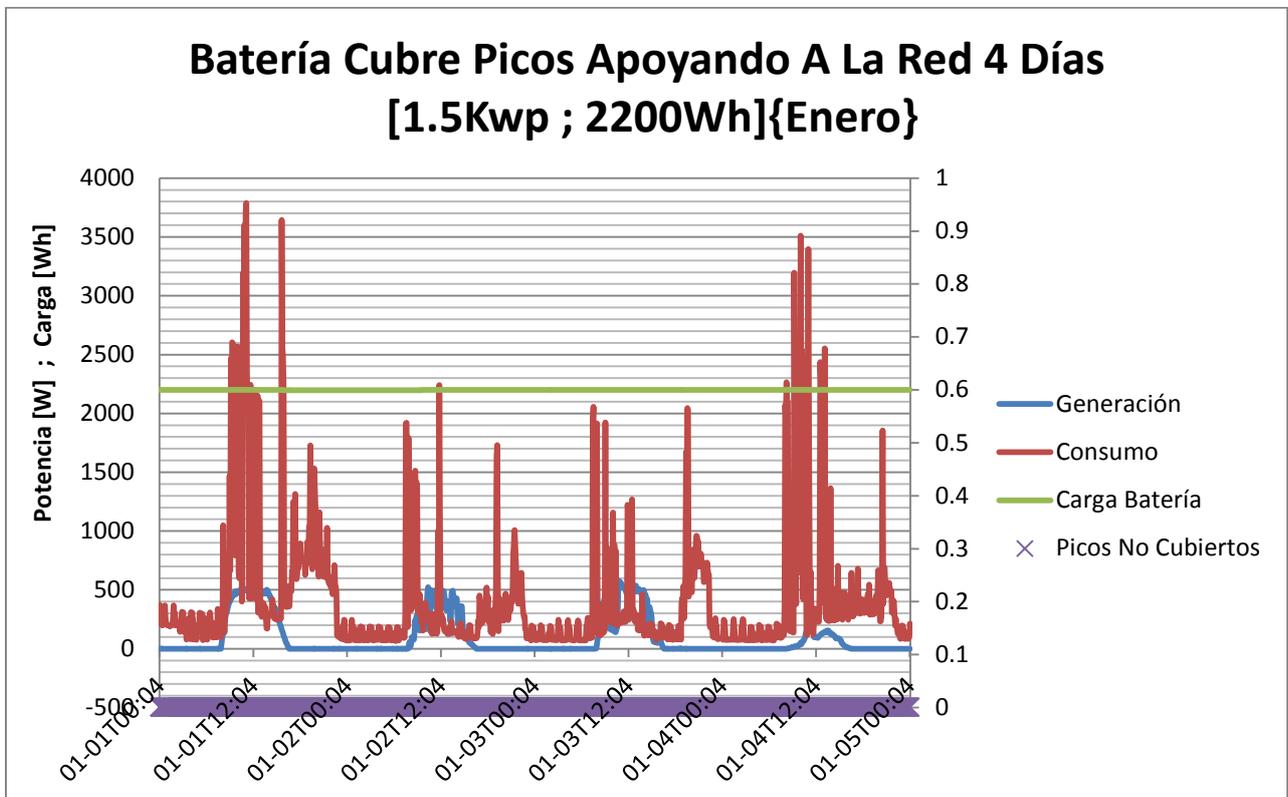


Figura 25.

## **5.3.2 Inteligencia para la Gestión de la Energía**

El saber gestionar la energía del acumulador es clave a la hora de reducir los gastos al mínimo. Para poder hacer ese control efectivo se necesita recurrir a la electrónica, como se podrá observar más adelante no se necesita una capacidad de cálculo elevada ni una toma de muestras demasiado amplia, es decir, no se necesitarán unos requisitos demasiado exigentes ya que dependerá de un reducido número de parámetros las decisiones que tomemos; lo importante es que esas decisiones sean las más acertadas para lograr el objetivo de aprovechamiento máximo de los recursos.

Para llevar a cabo las labores de análisis de los datos obtenidos por los sensores y tomar decisiones acorde a los criterios que se le proporcionen será soportado por un dispositivo hardware open source, el cual será más que suficiente para realizar este trabajo de manera correcta.

No se ha entrado a realizar cálculos de las ideas que aquí se expresan, no obstante se proponen, dado que ahondar en ellas sería el siguiente paso en cuanto a la mejora de estos sistemas.

### **5.3.2.1 Introducción a Arduino**

Se ha tomado la decisión de utilizar Arduino [50] para este cometido por varias razones que sugieren que es la opción más adecuada para ello. Se trata de una plataforma de hardware completamente libre, al igual que su entorno de diseño integrado está diseñado para adaptarse fácilmente a distintos ámbitos por lo cual se utiliza en un gran número de escenarios. Además, no presenta problemas al relacionarse con software como por ejemplo Adobe Flash. Su entorno de diseño se puede obtener descargándolo de internet sin ningún tipo de pago por ello. Se compone de un microcontrolador, que se programa con lenguaje de programación Arduino (Wiring) y de un entorno de desarrollo Arduino (Processing).

Una característica muy importante es que no necesita la conexión a un ordenador para poder trabajar con los datos y hacer funcionar el sistema, por lo cual unido a su pequeño tamaño es una gran ventaja a la hora de buscar una ubicación para el mismo.

### 5.3.2.2 Desarrollo con las Variables de Gestión Elegidas

La capacidad de actuación para implementar una buena gestión de la energía que mejore los valores de ahorro depende de los datos que se conozcan de la misma. Es importante conocer el estado de la batería mediante su temperatura y voltaje además del porcentaje de carga del acumulador, para que nunca decaiga de los límites que se. También los Ah que está proporcionando al sistema para controlar la velocidad de descarga pudiendo mantenerlo así dentro de unos parámetros de seguridad. Por otra parte, se debe saber la energía total consumida por la vivienda para conocer cuándo interesa que entre en juego la batería, y en ese caso a que cantidad de ese consumo se desea cubrir con la misma.

Se debe tener constancia del día de la semana y la hora para implementar posibles criterios relacionados con la curva de consumo y generación.

Con estos datos y el paso del tiempo se podría implementar un control que aprendiera de cómo han transcurrido los días y afinar los cálculos en función de los resultados a las actuaciones anteriores.

A pesar de que no se tendrá en cuenta, sería interesante poder establecer un control, no sólo sobre la gestión de cómo proporcionar la energía, sino sobre poder controlar en cierta medida algunos electrodomésticos como la lavadora, la nevera y demás que admitan variaciones, aunque ligeras sobre cuándo entrar en funcionamiento. Esto formaría un paso más hacia la meta de convertir la vivienda en lo más eficiente posible, aumentando la durabilidad de la instalación y reduciendo al máximo el consumo sin comprometer la calidad de vida de los habitantes.

En función del criterio que se desee desarrollar se podrá buscar el ahorro en los dos términos que componen nuestra factura, la potencia disponible en Kw, y el consumo en Kwh. Se buscará reducir ambos lo máximo posible, no obstante, normalmente el reducir uno compromete el poder disminuir el otro. Dado que el elegir uno u otro depende de la electrónica propia en la que se implementa la inteligencia, se podría modificar el criterio sin demasiados problemas, implicando eso si algún trámite o negociación con la distribuidora, como por ejemplo subir o bajar el termino de potencia el cual puede incurrir en un gasto, eso sí, no demasiado elevado.

*Se pasa a comentar los casos que básicamente son los anteriormente expuestos pero mejorados al poder disponer de un número mayor de variables y la capacidad de cálculo y control*

**1ºOpcion**      *Se le otorga mayor preferencia a reducir los Kw de potencia disponible antes que minimizar el consumo de Kwh*

**GASTAR ENERGÍA POR LA NOCHE A DISCRECIÓN SI POR EL DÍA NO SE HA GASTADO LO SUFICIENTE CUBRIENDO LOS PICOS Y A OTRAS HORAS DEL DÍA SIN COMPROMETER CUBRIR LOS PICOS**

El que la finalidad principal es tener energía suficiente para mantener los picos cubiertos no implica que no sobre para cubrir gasto a otras horas para reducir el consumo ya que si sobrase una vez usado lo suficiente para suavizar los picos estaríamos desperdiciando y por lo tanto reduciendo nuestro ahorro. Además, si se dimensiona correctamente para poder cubrir los picos en invierno, en verano prácticamente podrá funcionar como si gastase a discreción a la par que cubre los picos, por lo que se ahorraría aún más.

**2ºOpcion**      *Se le da preferencia al minimizar el consumo de Kwh desde la red que ha reducir la potencia disponible.*

**RECARGAR BATERÍAS DESDE LA RED CON PREVISIÓN DE BAJA PRODUCCIÓN Y TARIFA DE DIFERENCIACIÓN HORARIA**

La función principal de las baterías es almacenar la energía producida por los paneles, no obstante se puede aprovechar que se dispone de ellas. En el caso de que se sepa por las previsiones meteorológicas que al día siguiente no se producirá apenas energía solar y en el supuesto de que se disponga de una tarifa de discriminación horaria se podrían recargar por las noches con electricidad de menor coste para usarla por el día cuando tomarla de la red es más caro. Se corre el riesgo de que las previsiones no se cumplan y si se produzca energía por lo que se habría pagado innecesariamente para recargarlas por la noche. Esta opción se desmarca del consumidor medio dado que implica una mayor complicidad de amoldarse al usuario y una tarifa contratada menos común, con discriminación horaria.

## 5.4 Conectada a Red (vierte a red)

Es importante saber que hoy en día este tipo de elección no es posible dado que aún no se ha aprobado el balance neto, no obstante se analizará.

Esta es la configuración clásica con la cual se tiende a sobredimensionar en la medida de lo posible la generación, pero sin que la generación total supere al consumo total. En caso de que se establezca, como en la mayoría de los países en que existe, no se pagará el exceso de generación sobre el consumo, sino que se ahorrará lo consumido a cambio de lo vertido o generado. En algunos casos incluso sólo se reintegra hasta llegar al porcentaje del 80% vertido respecto a lo consumido de red.

En el supuesto de que se operase en este caso se debería registrar la instalación, ya que se necesitaría conocer por parte de la compañía al cliente que va a vender la energía que sobra para poder operar.

Para saber cuál es la potencia ideal a desplegar en cada casa se debe calcular el consumo anual, y la generación anual para que estas sean parejas, siempre y cuando la generación no supere al consumo. En este caso la potencia ideal estaría alrededor de los 3Kwp.

A esto se le añadirá un inversor capaz de proporcionar hasta el total del consumo máximo de los paneles instalados y un margen por si se desea aumentar el número de paneles, luego soportará hasta 4 Kilovatios de potencia en el mejor caso posible, que es de 3Kwp en paneles para lograr ahorrar al máximo pero sin apurar por si la legislación que se apruebe no reintegrara hasta el 100%.

Además, es importante ubicar un contador bidireccional que diferencia entre consumida e inyectada respecto a la red.

Por último, todo el sistema de cableado debe ser de al menos 50mm de sección al haber 15 metros de longitud de los paneles al regulador para llevar no más de 90 amperios, a la par que cajas de seguridad y demás equipamiento de conexionado que se necesite.

	Potencia Paneles: 1kwp	Potencia Paneles: 2kwp	Potencia Paneles: 3kwp	Potencia Paneles: 4kwp
Energía Ahorrada Directa(%Consumo Total) Julio	28	38.8	44.5	48.4
Energía. Vertida (% Consumo Real De Red) Julio	7.8	46.3	101.1	165.8
Energía Ahorrada Directa(%Consumo Total) Enero	10.5	14.4	17.5	19.9
Energía. Vertida (% Consumo Real De Red) Enero	3.8	15.4	29.1	44.4
Energía Ahorrada Directa(%Consumo Total) Media	19.3	26.6	31	34.2
Energía. Vertida (% Consumo Real De Red) Media	5.8	30.9	65.1	105.1

Tabla 10.

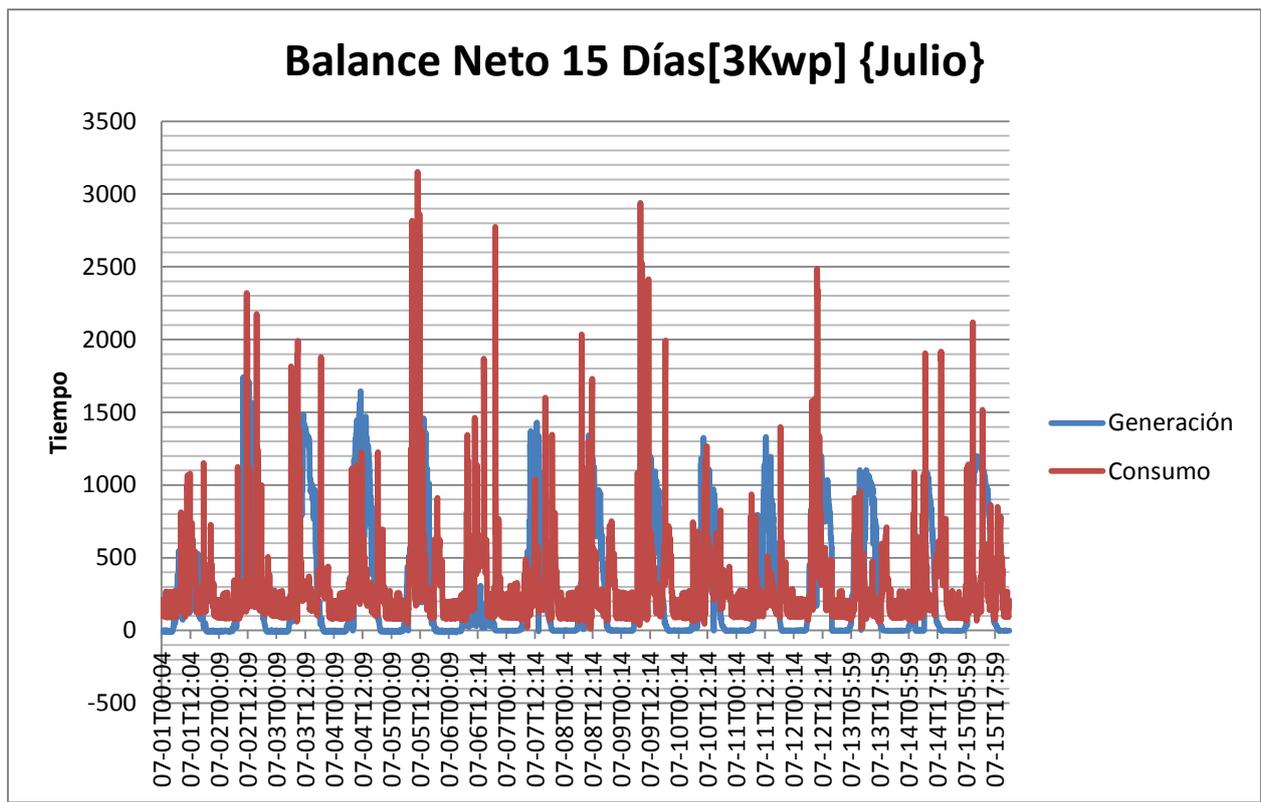


Figura 26.

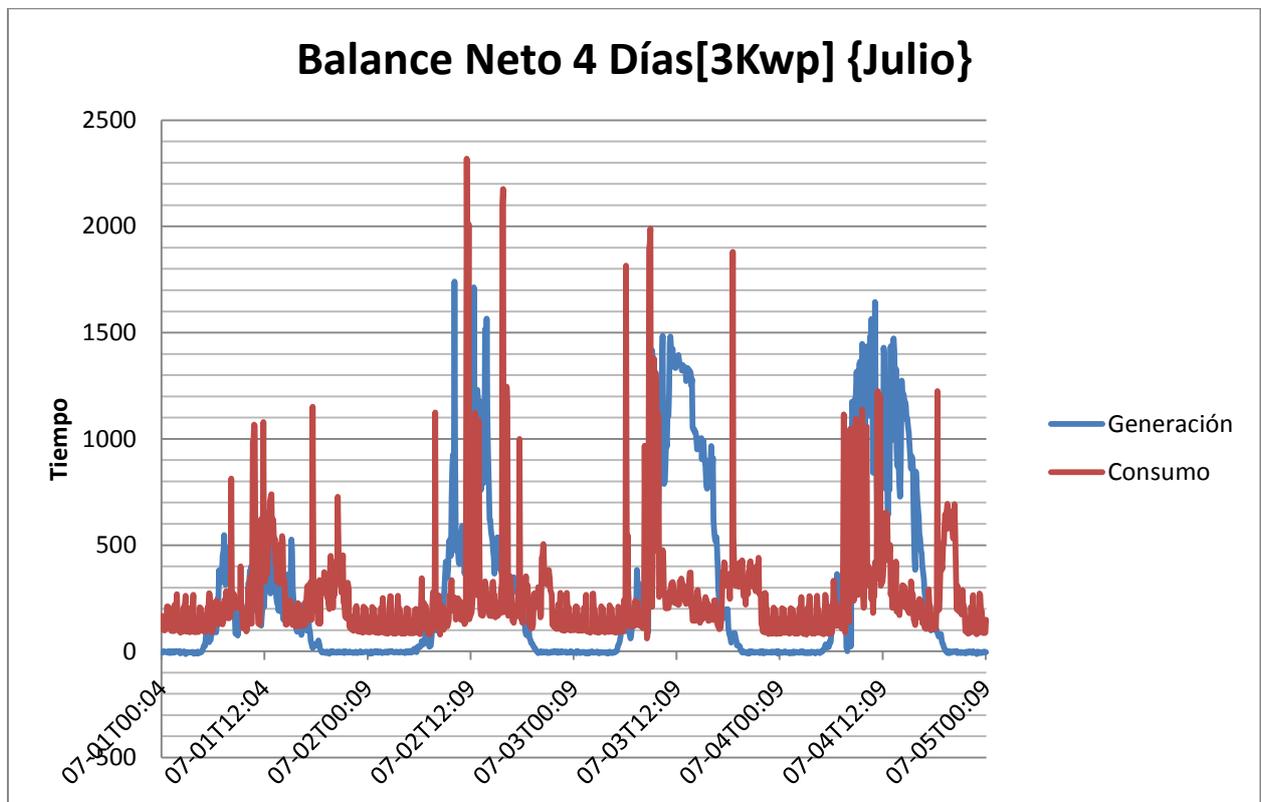


Figura 27.

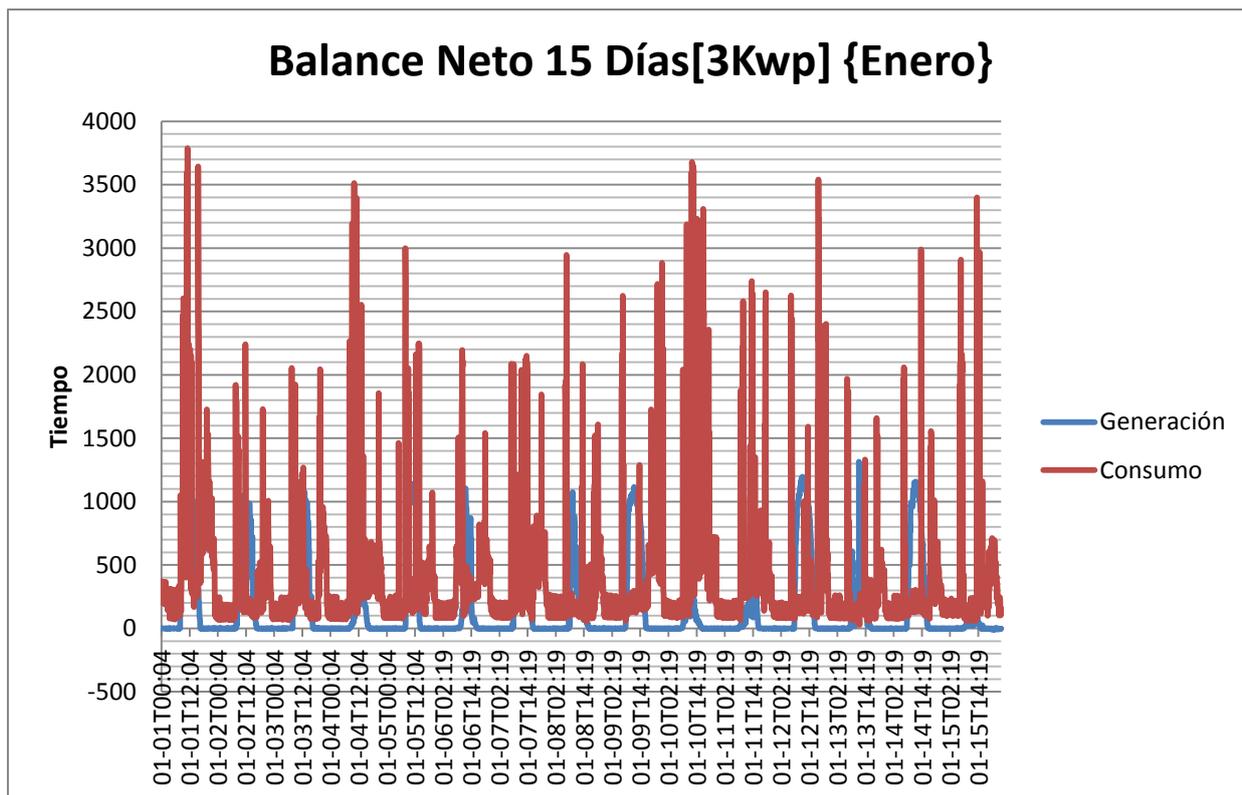


Figura 28.

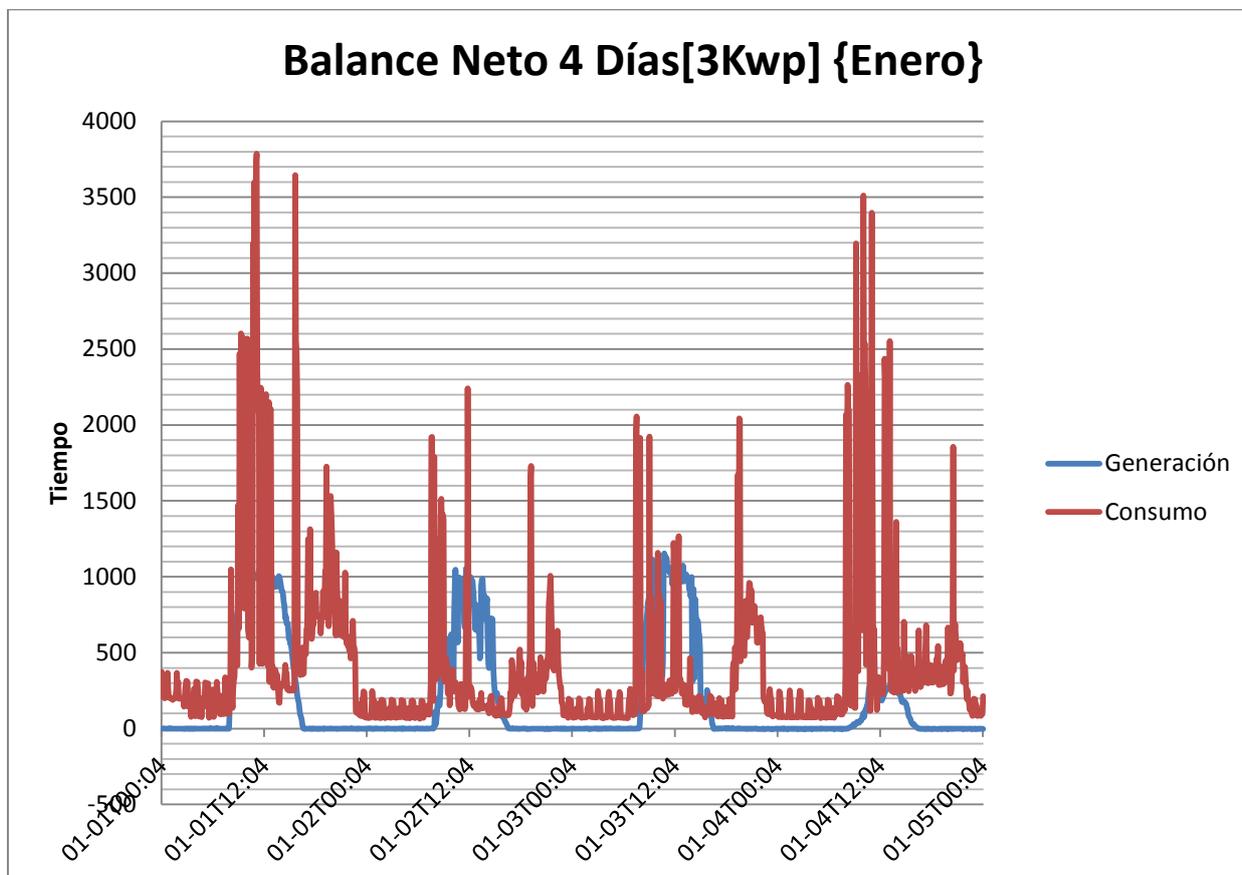


Figura 29.

## 6. Estudio Económico de cada Configuración

Dado que el llevar a cabo el proyecto requiere de un desembolso importante de dinero para cualquier familia media, se debe realizar con antelación un estudio económico que ofrezca datos al respecto de si interesa o no dar el visto bueno e invertir en el proyecto o no. En el caso de que sí sea positivo se deberán proporcionar datos más certeros, como el periodo de amortización, rentabilidad, etc.

Se tendrá en cuenta la pérdida de eficiencia tanto de los paneles como del resto de los componentes a lo largo de los años por lo que la producción será cada vez menor. Además, se debe considerar el aumento del precio del servicio de las compañías eléctricas que nos proporcionarían el resto de la energía suponiendo que el incremento porcentual del precio de la misma seguirá la tendencia que hasta ahora ha tenido.

Se han elegido configuraciones que a pesar de suponer una cantidad significativa de dinero no comprometan la economía familiar, sabiendo que en caso de haberlas dimensionado más ambiciosamente con mayores potencias y más capacidad de almacenamiento se conseguirían mejores resultados.

Los cálculos se han realizado en base a los datos obtenidos del apartado anterior sobre los consumos de la casa y los ahorros correspondientes según cada configuración. Para el valor de los dispositivos que componen la instalación se han usado valores estimados comparando distintas ofertas de los productos. El soporte para el análisis ha sido mediante hoja de cálculo.

## **6.1 Aislada por Completo**

En el caso de que se esté aislado por completo de la red se producirá un ahorro en el término de potencia y en el término de energía, logrando un gran ahorro anual a costa de una elevada inversión.

Una vez estimados los costes que supone desplegar esta configuración y calculados los retornos que se obtienen por el ahorro de la energía consumida, se presentan los resultados que arrojan.

Con un desembolso inicial de 19720 €, la instalación comenzará a ser rentable a los 25 años, teniendo en cuenta una subida anual de ambos términos de facturación de un 10%, logrando a los 25 años unas ganancias de 2304€.

## **6.2 Aislada (no vierte a red) con Consumo Instantáneo**

Esta configuración proporcionará un ahorro moderado en el término de energía, a costa de una inversión media y una operación sencilla y sin gran mantenimiento.

Los resultados de realizar los cálculos de rentabilidad de esta configuración revelan que, tras un gasto inicial de 1180 € en total, se obtendrá rentabilidad a partir de 17 años, siendo las ganancias totales en un horizonte de 25 años de 1626 €.

## 6.3 Aislada (no vierte a red) con Sistema de Baterías

Utilizar la batería siempre que el consumo sea superior a la generación de manera que ahorrará una parte de la energía que antes se desperdiciaba manteniéndola dentro unos límites de profundidad de descarga.

Se apuesta por reducir al máximo el término de energía a costa de una inversión mayor por el coste del acumulador.

En esta ocasión el aporte para llevar a cabo la instalación ha sido de 3170 €, la cual comenzara a ser rentable 18 años después, con unas ganancias a 25 años vista de 4971 €.

Utilizar la batería para se encargue de suministrar la energía adicional necesaria en momentos de gran consumo, lo que permitirá reducir la potencia contratada, manteniendo dentro unos límites de profundidad de descarga.

El objetivo es ahorrar en el término de energía, a la par que se reduce un tramo el término de potencia, logrando conseguir un ahorro en ambos.

El análisis revela que tras un desembolsos al inicio de 3170 €, se conseguirá que esta sea rentable a partir de 20 años, sabiendo que tras 25 años se obtendrá un beneficio de 2610€.

## 6.4 Conectada a Red (vierte a red)

Esta vez el ahorro en el término de energía es el máximo que se puede conseguir ya que la red actuará como un gran acumulador.

Por último, pero no por ello menos importante los cálculos hechos sobre la suposición de que se podría operar en balance neto sugieren que tras un gasto de 3540€, se conseguirá rentabilidad tras 15 años, y unos beneficios de 6913 € a los 25 años.

## 8. Conclusiones

Se han analizado varios tipos de configuraciones, cada una con sus pros y sus contras, las cuales se pasan a valorar a continuación.

Todas ellas son rentables a largo plazo, 15 años en el mejor de los casos, y 25 años en el peor de ellos, no obstante viables. Teniendo en cuenta que los casos que tienen batería, ésta representa un gasto importante, y que el precio de las mismas ira reduciéndose, podrían incluso mejorar, ya que se han de renovar varias veces a lo largo del estudio e incurriría en un ahorro importante.

El caso más optimista y que mejor funciona es el balance neto, ya que toda la energía producida en este caso será consumida, directamente o reintegrada desde la red, actuando ésta como un inmenso acumulador.

Después se sitúa el consumo instantáneo y las dos modalidades de acumulación. En el caso del consumo instantáneo se recuperará la inversión a medio plazo, pero generará menos beneficios a largo plazo. Esto es debido a una modesta inversión y a unas ganancias anuales moderadas. En el supuesto de la acumulación debido al alto desembolso económico inicial, tarda más en ser rentable, pero al producir mayores beneficios anuales, a largo plazo los beneficios son mayores. Por último se sitúa el aislamiento total de la red, el cual alarga mucho más su periodo de amortización. No obstante, a partir de ese momento los beneficios serán importantes.

Se ha de recalcar que a pesar de no haber estudiado en profundidad la mejora en la inteligencia en el control de las baterías, estas configuraciones presentarían unas buenas prestaciones y un retorno económico más alto que se aproximaría más al del balance neto que las que aquí se mentan.

Esta hipótesis será válida si la legislación se mantiene, dado que si en un horizonte a corto o medio plazo varía, legalizando por ejemplo el balance neto, las tornas variarán, al no ser ya la mejor opción el disponer de baterías si se busca un ahorro máximo.

De todas maneras, el optar por una u otra no cierra la posibilidad de modificaciones, como por ejemplo si se aprobase en balance neto no renovar el banco de baterías y el regulador cuando fuesen necesarios pasar a legalizar la instalación trabajando pues con la nueva configuración.

Hubiera sido de gran ayuda el poder realizar un montaje experimental para darle mayor énfasis a estas conclusiones y fiabilidad a los datos en las que se sustentan. Este sería el siguiente paso a seguir si se deseara ahondar aún más en este tipo de configuraciones.

# 10. Bibliografía

## Fuentes

- [1] <http://www.isolari.es/no-hay-marcha-atras-el-pico-de-hubbert>
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Swanson%27s\\_law](http://en.wikipedia.org/wiki/Swanson%27s_law)
- [3] [www.isofoton.com/](http://www.isofoton.com/)
- [4] [www.atersa.com/](http://www.atersa.com/)
- [5] <http://www.suntech-power.com/>
- [6] <http://www.yinglisolar.com/es/>
- [7] <http://www.trinasolar.com/sp/index.html>
- [8] <http://www.firstsolar.com/>
- [9] [www.sunpowercorp.es](http://www.sunpowercorp.es)
- [10] <http://www.sharp-solar.com/es/>
- [11] <http://eu-solar.panasonic.net/>
- [12] <http://es.ensolar.com/>
- [13] <http://www.lv-energy.com>
- [14] <http://www.paineisgloboBrasil.com.br/>
- [15] <http://monsolar.com/blog/la-energia-solar-fotovoltaica-sin-primas-ya-es-rentable/>
- [16] <http://www.energias-renovables.com/articulo/el-autoconsumo-solo-se-fomentara-si-20140324>
- [17] [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica)
- [18] <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database> → Energy statistics- infrastructure (nrg\_11) → electricity annual data (nrg\_114a)
- [19] <http://jumanjisolar.com/2011/02/mayores-fabricantes-modulos-solares-fotovoltaica.html>
- [20] <http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=10670&idp=21&idioma=es>
- [21] [http://www.pv-magazine-latam.com/noticias/detalles/articulo/inaugurada-fbrica-de-mdulos-solares-en-la-provincia-argentina-de-san-luis\\_100015300/](http://www.pv-magazine-latam.com/noticias/detalles/articulo/inaugurada-fbrica-de-mdulos-solares-en-la-provincia-argentina-de-san-luis_100015300/)
- [22] [http://www.energias-renovables.com/articulo/paraiba-instalan-una-fabrica-de-paneles-fotovoltaicos-20130522\(Estado](http://www.energias-renovables.com/articulo/paraiba-instalan-una-fabrica-de-paneles-fotovoltaicos-20130522(Estado)
- [23] [http://www.pv-magazine-latam.com/noticias/detalles/articulo/ponen-en-marcha-fbrica-de-mdulos-solares-en-sao-paulo\\_100018084/](http://www.pv-magazine-latam.com/noticias/detalles/articulo/ponen-en-marcha-fbrica-de-mdulos-solares-en-sao-paulo_100018084/)
- [24] <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2013/10/07/132205>
- [25] <http://www.idae.es/index.php/id.670/reImenu.303/mod.pags/mem.detalle>
- [26] <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-10556>

- [27] [http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne85\\_13.pdf](http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne85_13.pdf)
- [28] <http://elperiodicodelaenergia.com/la-oposicion-unida-frente-al-autoconsumo-inviable-del-gobierno-y-el-oligopolio-de-las-electricas/>
- [29] [http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem\\_detalle/relcategoria.1030/id.45/relmenu.53](http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem_detalle/relcategoria.1030/id.45/relmenu.53)
- [30] <http://www.codigotecnico.org/web>
- [31] [http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem\\_detalle/id.14/relmenu.12](http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem_detalle/id.14/relmenu.12)
- [32] <http://www.csn.es/publicaciones/Ley3307.pdf>
- [33] <http://www.energias-renovables.com/articulo/autoconsumo-balance-neto-alemania-california>
- [34] [www.borm.es/borm/documento?obj=anu&id=728556](http://www.borm.es/borm/documento?obj=anu&id=728556)
- [35] <http://www.energias-renovables.com/articulo/las-elecciones-de-mayo-impulsan-a-los-20150414>
- [36] [www.navarra.es/home\\_es/Actualidad/Sala+de+prensa/Noticias/2015/01/14/ayudas+investigacion+y+renovables.htm](http://www.navarra.es/home_es/Actualidad/Sala+de+prensa/Noticias/2015/01/14/ayudas+investigacion+y+renovables.htm)
- [37] <http://www.minetur.gob.es/en-us/Paginas/index.aspx>
- [38] [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020\\_31&plugin=1\(Situacion](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_31&plugin=1(Situacion)
- [39] [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Tarifas\\_Reguladas\\_abr\\_2015\\_a4faacab.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Tarifas_Reguladas_abr_2015_a4faacab.pdf)
- [40] <http://www.energias-renovables.com/articulo/autoconsumo-balance-neto-alemania-california>
- [41] <http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=8666>
- [42] <http://www.minetur.gob.es/en-US/GabinetePrensa/NotasPrensa/2015/Paginas/20150211-precio-luz-congreso.aspx>
- [43] <http://www.elmundo.es/economia/2014/01/14/52d508ece2704ed44a8b456c.html>
- [44] Información de las empresas vía telefónica
- [45] [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Tarifas\\_Reguladas\\_abr\\_2015\\_a4faacab.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Tarifas_Reguladas_abr_2015_a4faacab.pdf)
- [46] [http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem\\_detalle](http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem_detalle)
- [47] [http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-16908](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2006-16908)
- [48] <http://www.ecoserveis.net/es/baja-tu-potencia-contratada-nuestro-consejo-para-afrontar-la-nueva-subida-de-la-electricidad/>
- [49] <http://www.energias-renovables.com/articulo/la-primera-planta-fotovoltaica-de-espana-sin-20131129>
- [50] <http://www.arduino.cc/en/guide/introduction>

# Índice de Figuras

Figura 1.	Pag.5
Figura 2.	Pag.7
Figura 3.	Pag.9
Figura 4.	Pag.10
Figura 5.	Pag.11
Figura 6.	Pag.12
Figura 7.	Pag.14
Figura 8.	Pag.16
Figura 9.	Pag.19
Figura 10.	Pag.26
Figura 11.	Pag.29
Figura 12.	Pag.31
Figura 13.	Pag.31
Figura 14.	Pag.37
Figura 15.	Pag.37
Figura 16.	Pag.38
Figura 17.	Pag.38
Figura 18.	Pag.41
Figura 19.	Pag.41
Figura 20.	Pag.42
Figura 21.	Pag.42
Figura 22.	Pag.45
Figura 23.	Pag.45
Figura 24.	Pag.46
Figura 25.	Pag.46

Figura 26. Pag.52

Figura 27. Pag.52

Figura 28. Pag.53

Figura 29. Pag.53

## Índice de Tablas

Tabla 1. Pag.13

Tabla 2. Pag.15

Tabla 3. Pag.23

Tabla 4. Pag.30

Tabla 5. Pag.30

Tabla 6. Pag.30

Tabla 7. Pag.36

Tabla 8. Pag.40

Tabla 9. Pag.44

Tabla 10. Pag.51