



*"¿Qué puedo esperar como usuario de una instalación de autoconsumo?"*

Mariano Sidrach de Cardona Ortín

6 de Julio de 2020

## Objetivos:

Intentaremos responder a algunas preguntas interesantes desde el punto de vista del usuario, tales como:

- *¿Qué es y cómo se instala un sistema de autoconsumo fotovoltaico?*
- *Cuál sería la instalación óptima. ¿De qué depende?*
- *Gestión de la demanda. ¿Es posible?*
- *Mejor con baterías o sin baterías*
- *Mejor inyección cero o compensar excedentes*
- *¿Cuál es el futuro tecnológico de estos sistemas?*

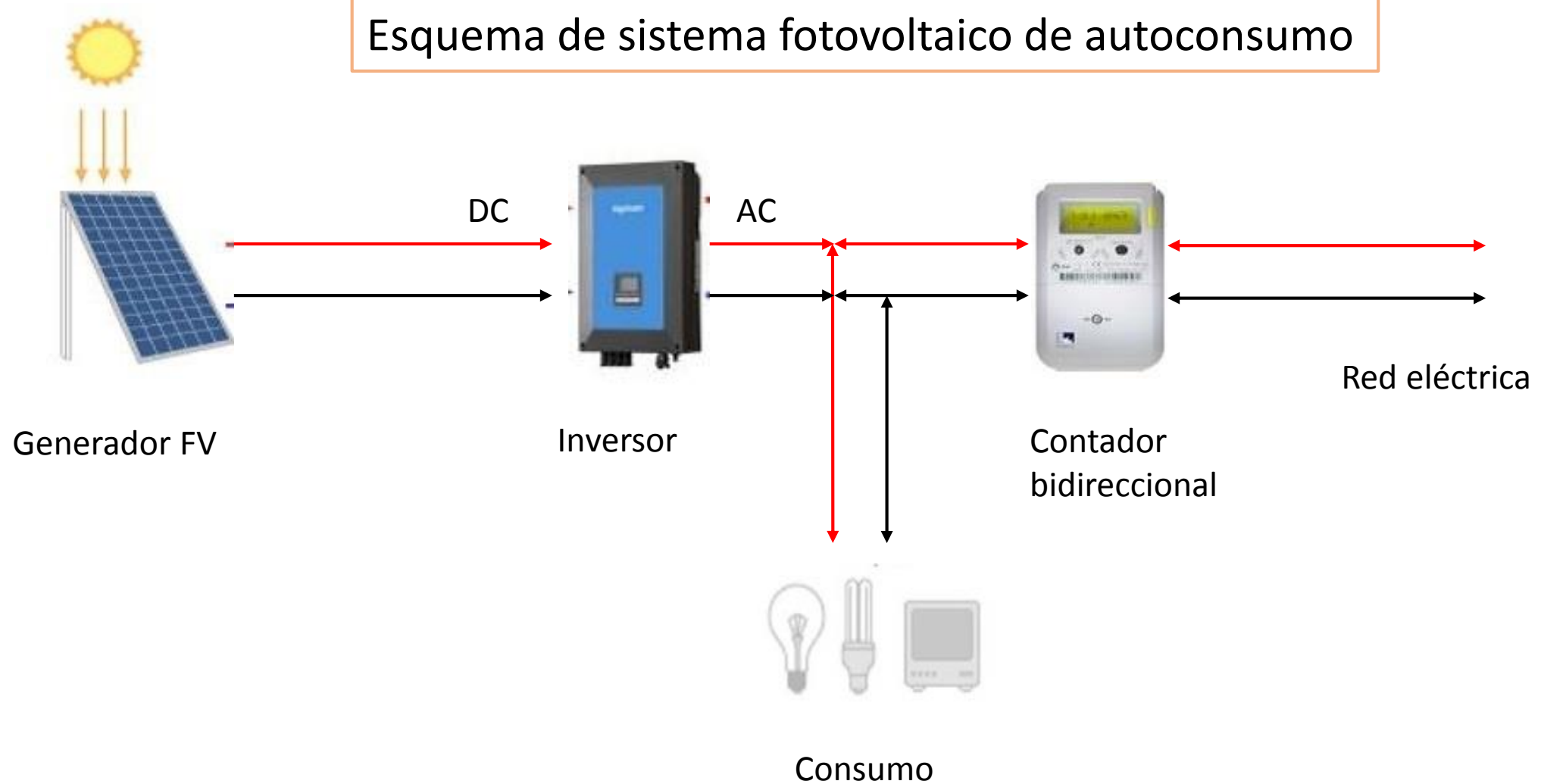
## Autoconsumo.

Una instalación de autoconsumo, es un sistema que permite generar energía eléctrica al usuario para abastecer sus necesidades energéticas, vertiendo a la red sus excedentes y tomando de la misma la energía que no pueda ser cubierta por su sistema.

En el caso de que esta generación se realice por medio de un sistema fotovoltaico se habla de “Sistema FV de Autoconsumo”.

Actualmente, estas instalaciones deben realizarse de acuerdo con el *RD. 244/2019 de 5 de abril de 2019* por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

## Esquema de sistema fotovoltaico de autoconsumo



## Autoconsumo FV: Un ejemplo real



- **3.0 Kwp:** 12 PV módulos de 250 Wp
- 1 inversor de 3.0 kW
- Caja de protecciones
- Caja de conexión
- Sin baterías



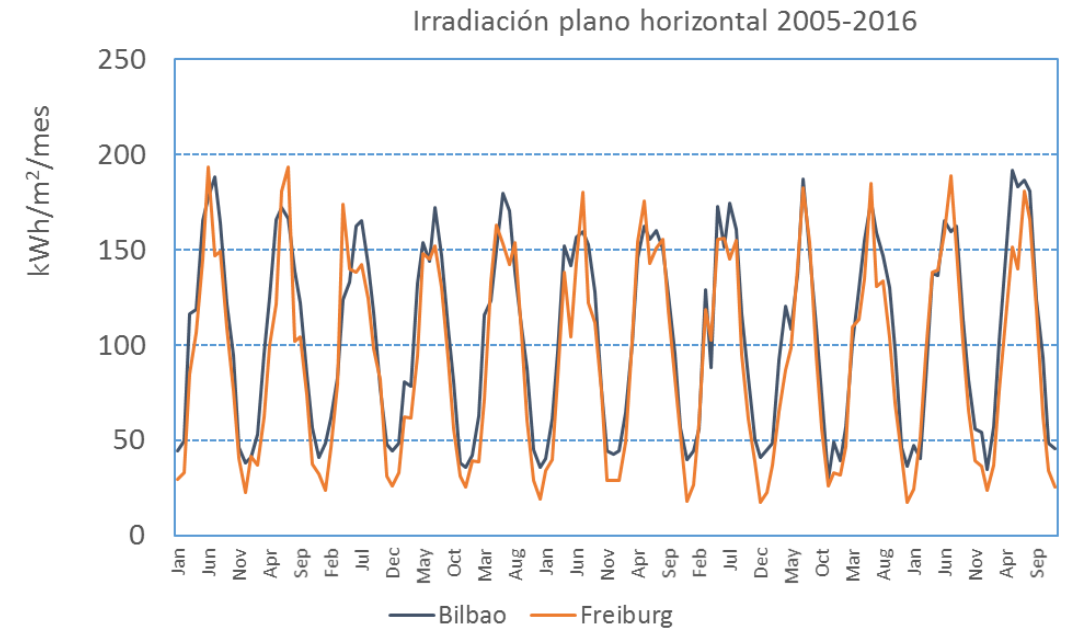
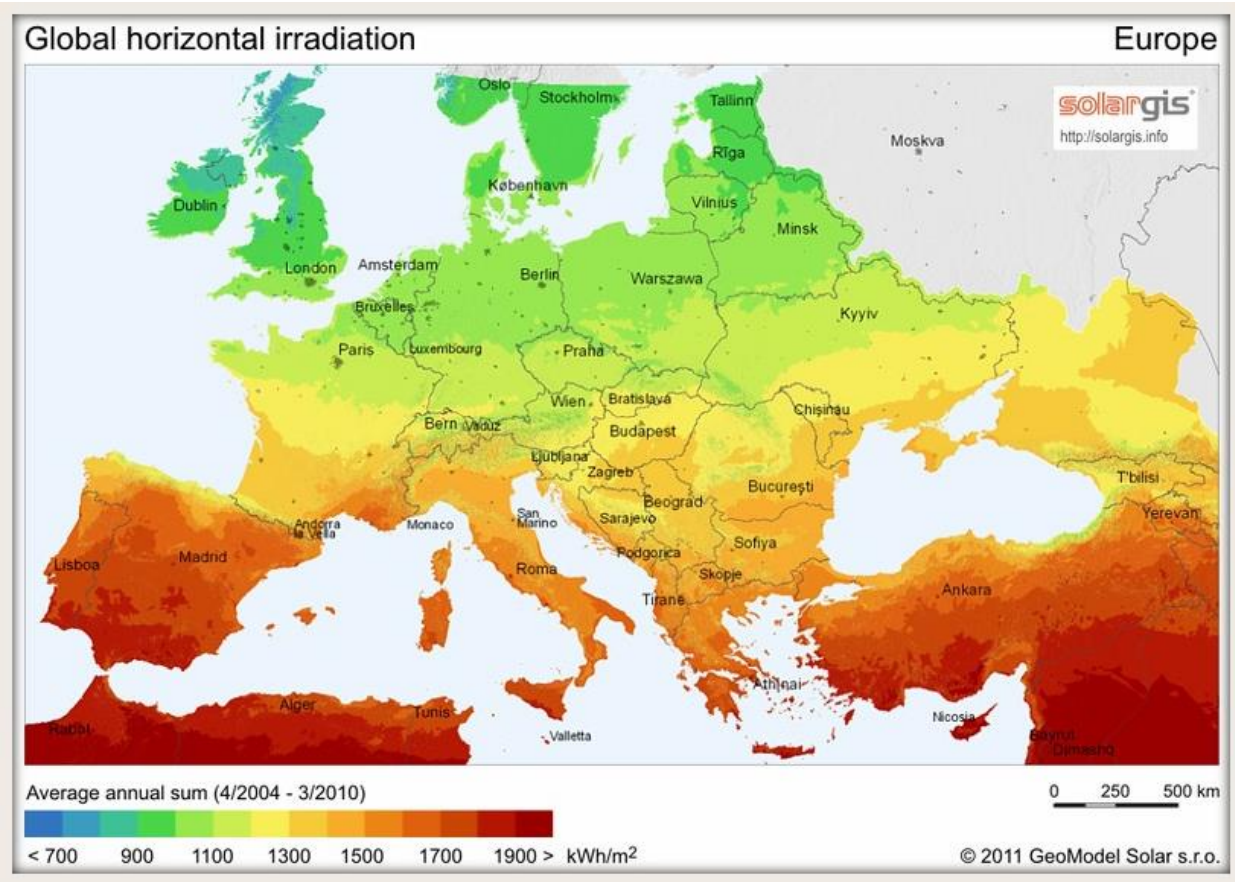
Es una instalación de ahorro energético. Nos permite generar una parte de la energía eléctrica que necesitamos y por lo tanto dejamos de comprarla a la compañía eléctrica

¿Cómo determinar que instalación necesito y de qué depende?

En general podemos decir que depende sólo de dos cosas:

1. De donde vivo: Energía solar disponible
2. Hábitos de consumo: Cómo y cuando consumo energía eléctrica

Desgraciadamente las dos cosas son en gran medida desconocidas para la mayoría de nosotros.

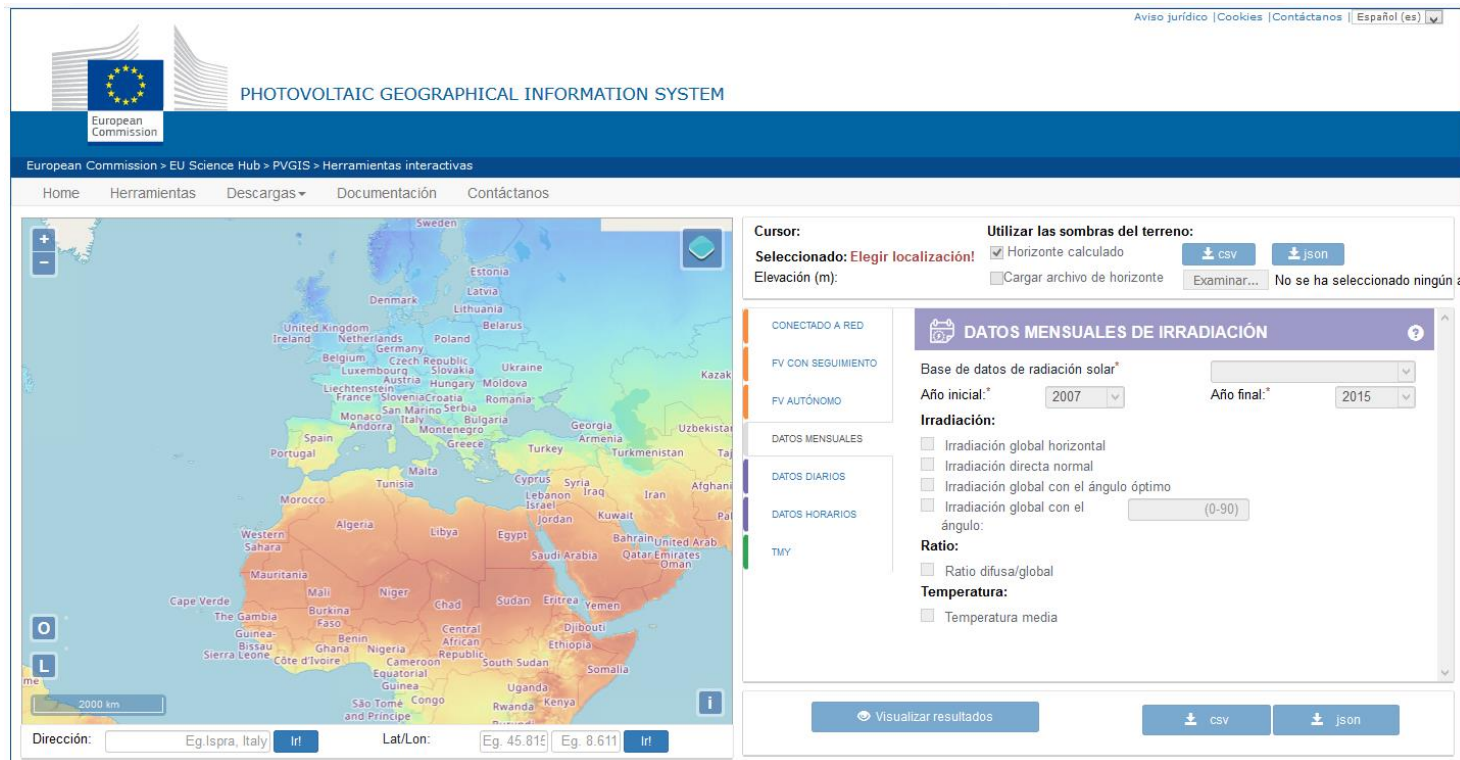


	Bilbao	Freiburg	
Total anual	1263	1114	kWh/m <sup>2</sup> /año
Media diaria anual	3,5	3,1	kWh/m <sup>2</sup> /dia

Tenemos una situación privilegiada para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos

## Disponibilidad de datos:

### Photovoltaic Geographic Information System - PVGIS



The screenshot shows the PVGIS web interface. On the left is a map of Europe and Africa with a cursor. On the right, there are several configuration panels:

- Cursor:** "Utilizar las sombras del terreno:" with a checked box for "Horizonte calculado". Buttons for "↓ csv" and "↓ json" are present.
- Elevación (m):** "Cargar archivo de horizonte" (unchecked) and "Examinar..." (disabled).
- CONECTADO A RED:** A section with a question mark icon.
- DATOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN:** A section with a question mark icon. It includes:
  - "Base de datos de radiación solar\*": A dropdown menu.
  - "Año inicial\*": A dropdown menu set to "2007".
  - "Año final\*": A dropdown menu set to "2015".
  - Irradiación:**
    - Irradiación global horizontal
    - Irradiación directa normal
    - Irradiación global con el ángulo óptimo
    - Irradiación global con el ángulo: (0-90)
  - Ratio:**
    - Ratio difusa/global
  - Temperatura:**
    - Temperatura media

At the bottom, there are buttons for "Visualizar resultados", "↓ csv", and "↓ json".

Ofrece datos en abierto de:

- Variables climáticas
  - Radiación
  - Temperatura ambiente
  - Velocidad de viento
  - Humedad relativa
- Hace estimaciones de producción FV para distintos sistemas
  - Autónomo
  - Con seguimiento
  - Conectado a red



## Consumo:

Desgraciadamente los llamados contadores inteligentes no han servido para que los usuarios conozcamos en tiempo real nuestros hábitos de consumo, lo que sería básico para la implementación de los sistemas de autoconsumo.

**Es imposible actuar sobre lo que no se conoce.**

Sin embargo, estudios realizados nos dicen:

Tenemos una potencia contratada por encima de nuestras necesidades

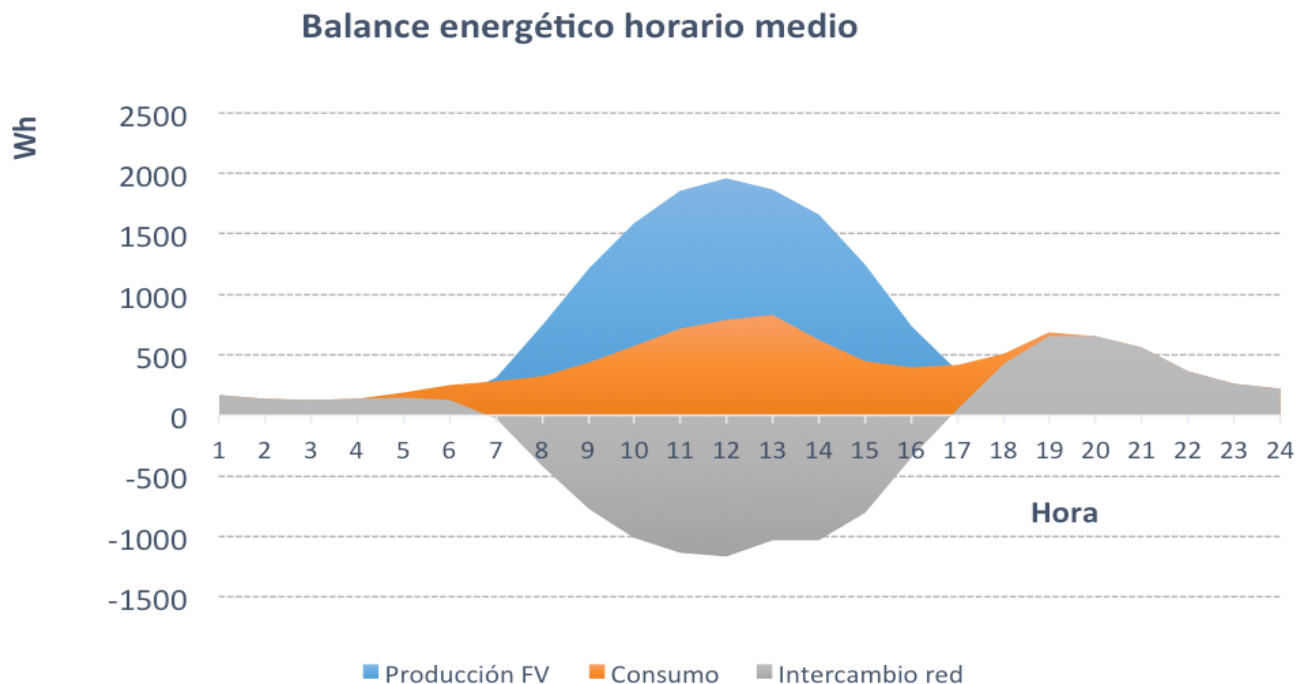
Invertir en ahorro energético debería ser la primera medida a adoptar en los hogares

Además, no sin esfuerzo, las compañías comercializadoras empiezan a suministrar a los usuarios la curva de carga de sus consumos.

Es importante tener disponibilidad de datos horarios, tanto de radiación solar como de consumo. Teniendo en cuenta que en los dos casos, son valores con una importante variabilidad

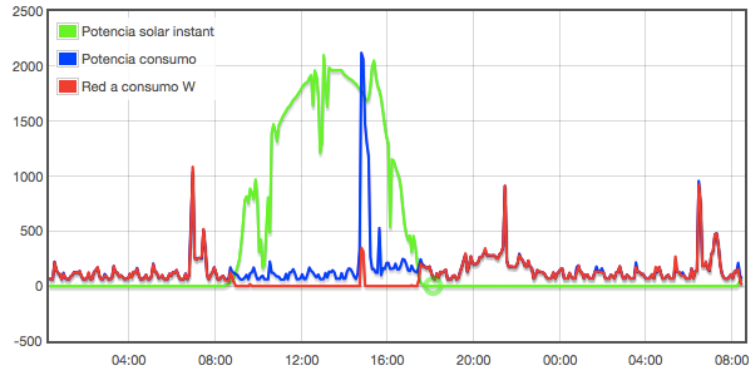
## Figura típica para explicar el Autoconsumo Fotovoltaico:

Balance energético medio horario de un día soleado

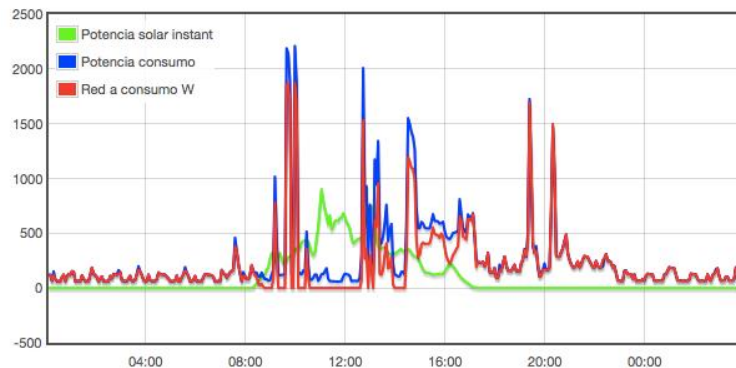


## Autoconsumo FV en la realidad: Balances instantáneos

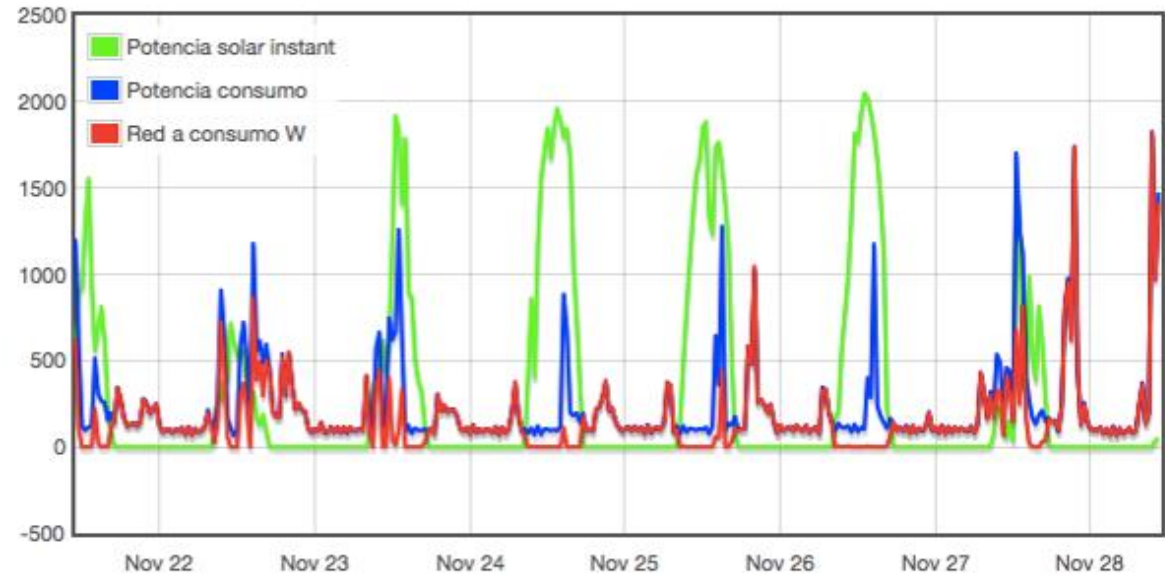
Valores instantáneos (W)



Valores instantáneos (W)

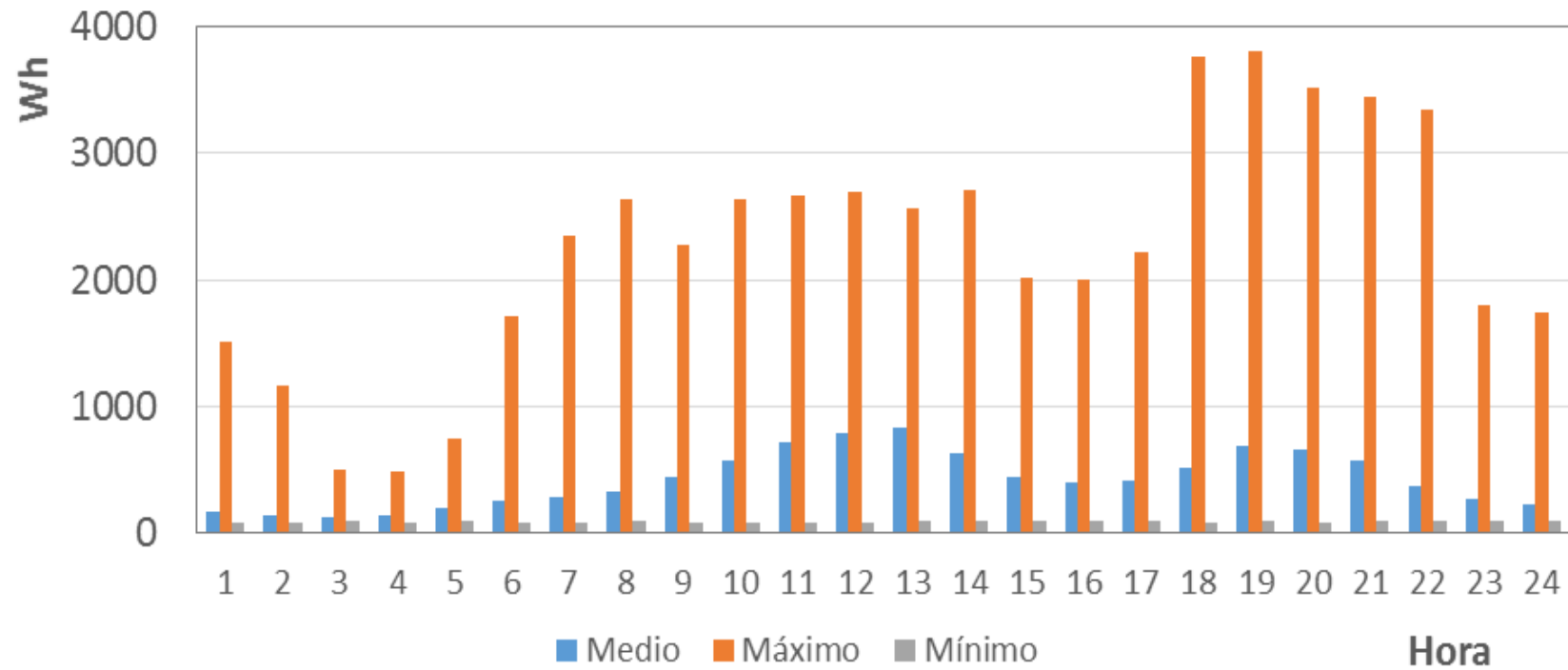


Valores instantáneos (W)



## Autoconsumo FV: Análisis del consumo

### Consumo horario



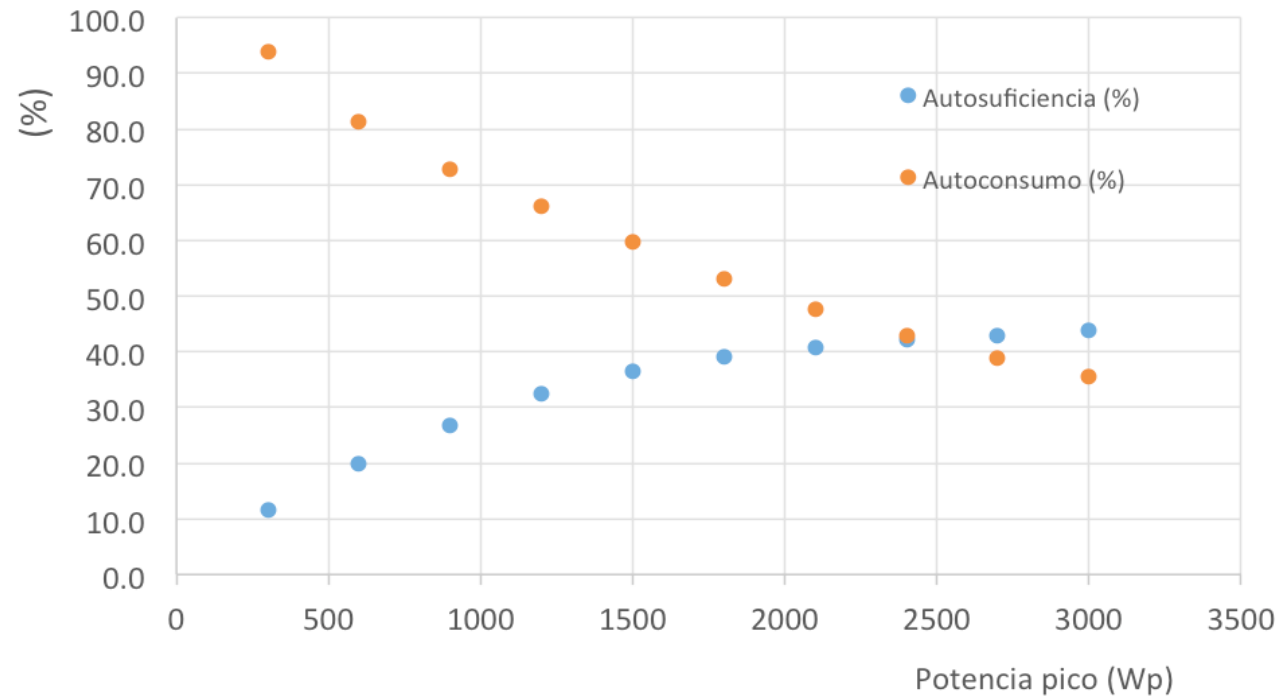
Variabilidad diaria y variabilidad estacional

## Parámetros de evaluación:

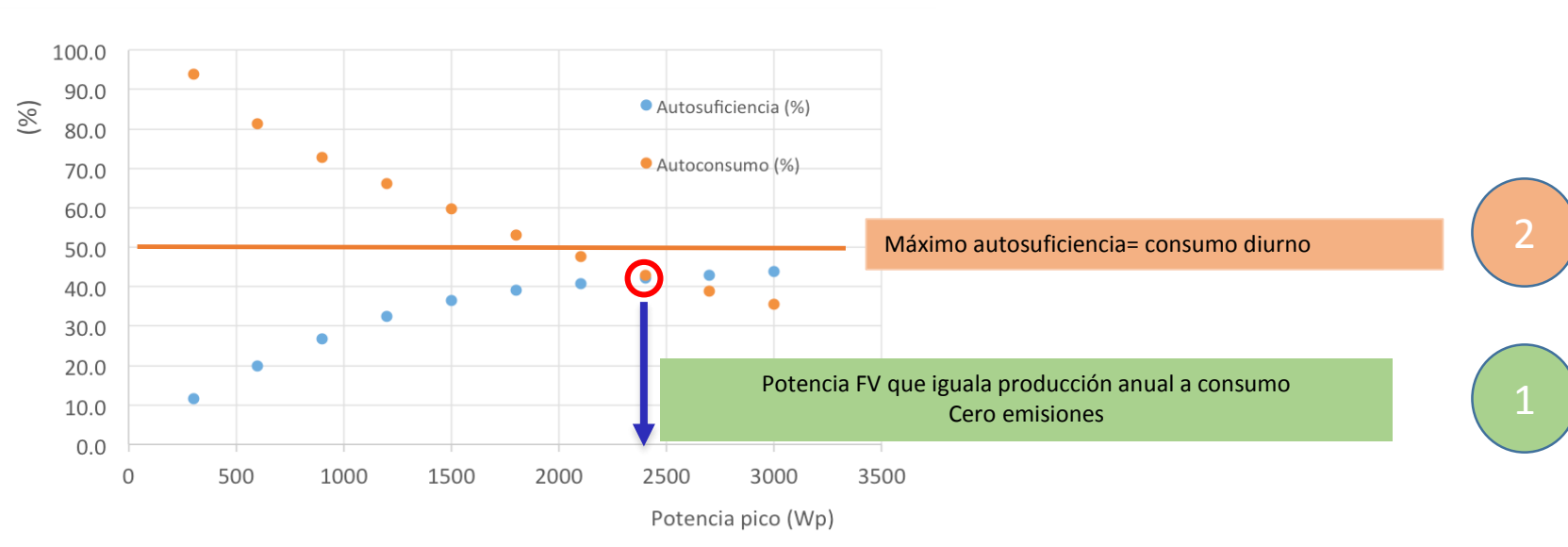
***Porcentaje de autoconsumo*** es la relación entre la energía autoconsumida respecto al total producido por el sistema FV en un periodo de tiempo.

***Porcentaje de autosuficiencia*** es la relación entre la energía autoconsumida respecto al consumo total de la vivienda en un periodo de tiempo

## Variación de la cobertura energética en función de la potencia instalada



## Variación de la cobertura energética en función de la potencia instalada



**Con una instalación de 2.4 kW la energía producida iguala al consumo  
El Autoconsumo coincide con la autosuficiencia 41 %**

1

### ***Diseño de un sistema de autoconsumo:***

Este valor es independiente del perfil de consumo de la vivienda

Calcular la potencia pico necesaria en este punto

Potencia pico = Consumo medio diario/ Radiación diaria x PR

Ejemplo:

Consumo medio diario anual = 10 kWh

Radiación media diaria anual = 5.1 kWh/m<sup>2</sup>

Performance ratio medio anual = 0.8

$W_p = 2.45$  kWp punto de emisiones cero

El % de cobertura sí depende del perfil de consumo

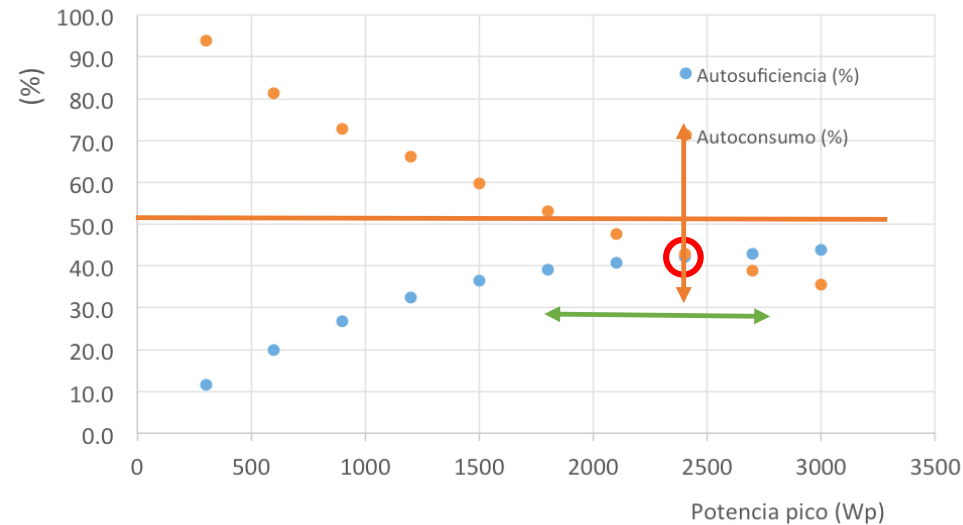


2

***Diseño de un sistema de autoconsumo:***

Máximo autosuficiencia = Consumo diurno

Mejorar de la autosuficiencia sólo es posible subiendo el límite máximo.  
Desplazar cargas de horas nocturnas a horas diurnas

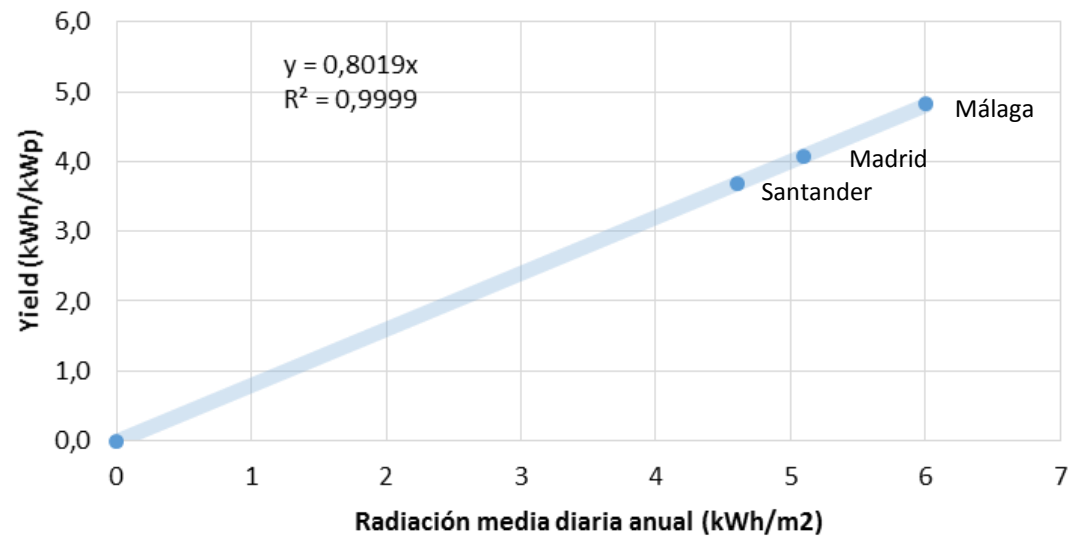


Podemos desplazar este punto horizontalmente disminuyendo el consumo= Ahorro energético

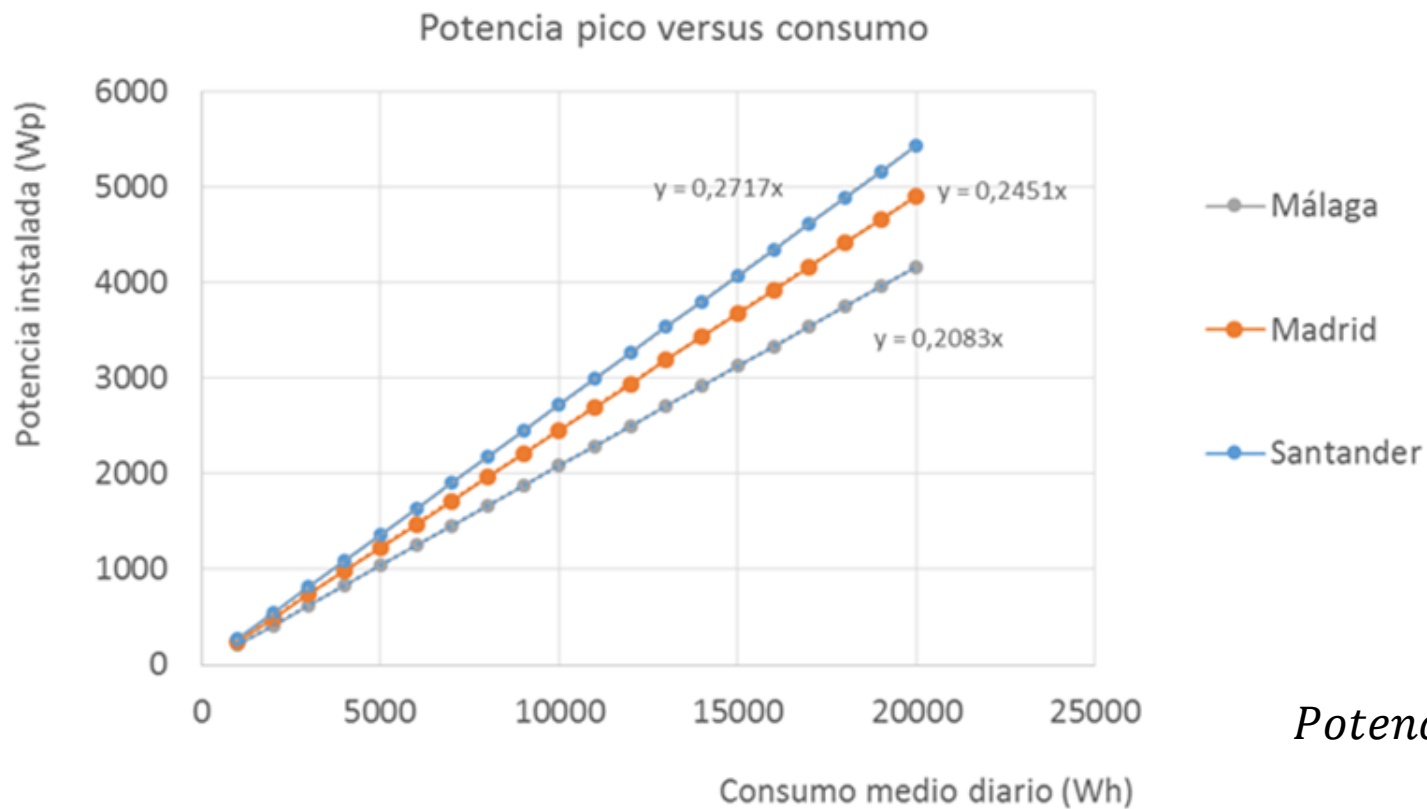
Podemos desplazar este punto verticalmente mediante gestión de la demanda

## Variación de la cobertura energética en función de la potencia instalada

### Productividad fotovoltaica



$$\text{Productividad} = G_{d,\beta} \text{ Factor de eficiencia (PR)}$$



$$Potencia\ Pico = \frac{1}{Yield} Consumo$$

Potencia pico necesaria en función del consumo para cada localidad estudiada

## Predicción de la autosuficiencia en un sistema doméstico

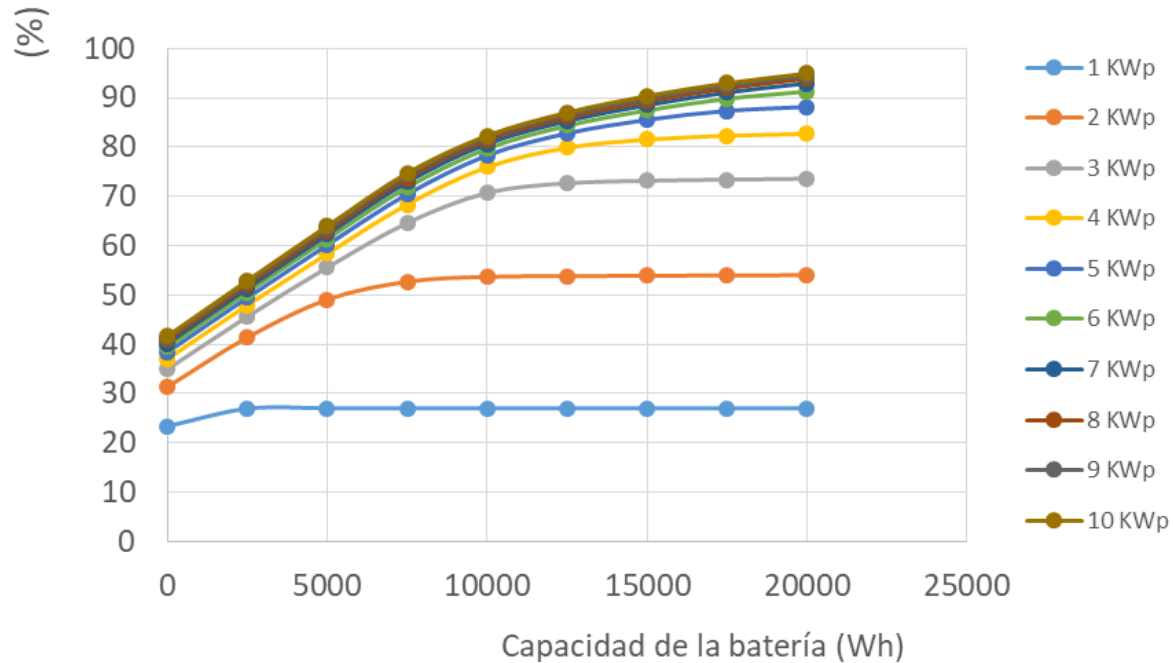
	<i>Autosuficiencia<sub>mes</sub>(%)</i>				
	<b>Zona I La Coruña</b>	<b>Zona II Burgos</b>	<b>Zona III Lérida</b>	<b>Zona IV Málaga</b>	<b>Zona V Sta. Cruz de Tenerife</b>
<b>Ene</b>	16,4%	18,5%	18,6%	27,2%	29,5%
<b>Feb</b>	25,2%	24,4%	28,9%	29,5%	31,8%
<b>Mar</b>	30,5%	31,7%	33,9%	34,7%	34,9%
<b>Abr</b>	38,4%	39,2%	39,9%	40,7%	40,9%
<b>May</b>	41,8%	42,4%	42,4%	44,0%	43,4%
<b>Jun</b>	46,3%	47,5%	47,6%	47,9%	45,0%
<b>Jul</b>	46,0%	49,1%	47,1%	47,6%	46,1%
<b>Ago</b>	42,7%	44,4%	43,1%	43,8%	43,6%
<b>Sep</b>	36,6%	37,2%	38,2%	39,3%	40,0%
<b>Oct</b>	27,4%	29,1%	30,3%	32,7%	36,1%
<b>Nov</b>	19,0%	20,7%	24,3%	26,3%	30,2%
<b>Dic</b>	15,5%	17,4%	17,8%	23,6%	27,5%
<b>Media</b>	32,1%	33,5%	34,3%	36,4%	37,4%

## Autoconsumo FV sin baterías:

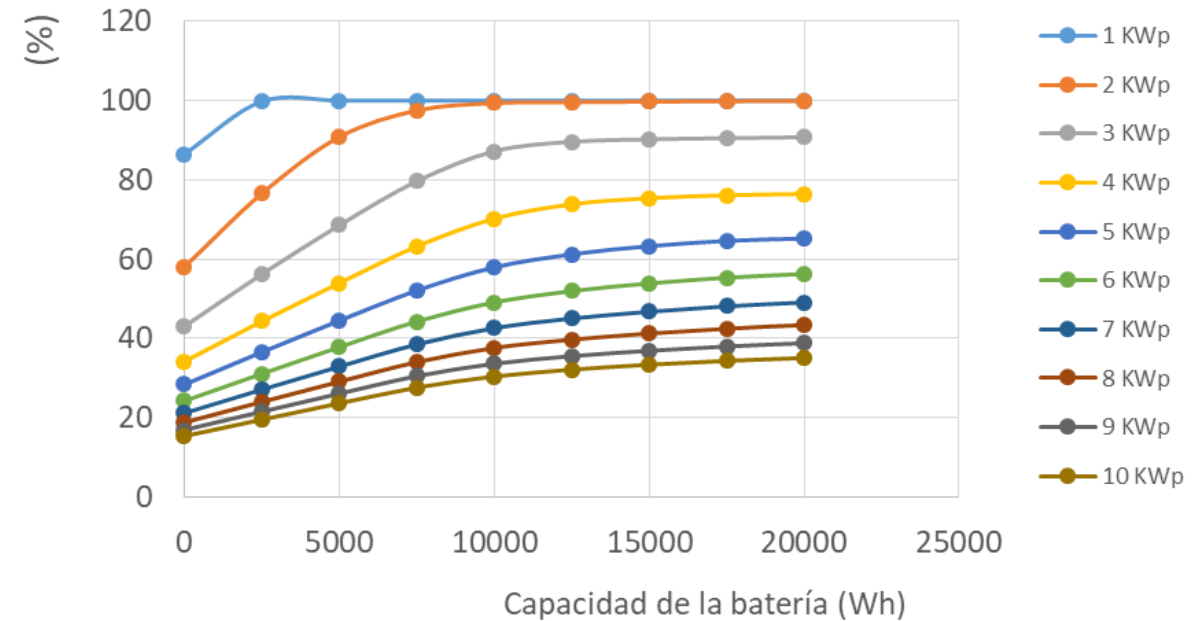
- La caracterización del consumo y un balance horario es imprescindible para poder estimar tanto la potencia pico necesaria como los porcentajes de autoconsumo.
- La potencia para que se consigue que la producción anual coincida con el consumo anual, debe ser considerado un límite superior máximo de la potencia a instalar, toda vez que potencias mayores no influyen significativamente en la autosuficiencia del sistema.
- Valores de autosuficiencia próximos al 40 % deben considerarse los valores máximos para instalaciones domésticas sin gestión activa de la demanda.
- Los valores de autosuficiencia pueden aumentar si se aumentan los consumos diurnos en detrimento de los consumos nocturnos.
- Las medidas de ahorro energético tienen también una repercusión inmediata y directa en el tamaño de la instalación FV de autoconsumo, ya que la potencia pico es directamente proporcional al consumo medio diario de la vivienda, mientras que se mantendrán prácticamente invariables los porcentajes de autosuficiencia.

## Autoconsumo FV con baterías:

Málaga - piso  
Autosuficiencia



Málaga - piso  
Autoconsumo



### **Autoconsumo FV con baterías:**

- Para una misma autosuficiencia, no existe una única solución de tamaño de instalación
- Poner baterías siempre aumenta la autosuficiencia de la instalación
- Para cada potencia pico instalada hay un valor máximo de capacidad de la batería a partir de la cual, no aumenta significativamente la autosuficiencia



## Resultados:

Instalación de 3.0 kWp sin baterías en Málaga  
Con gestión de la demanda

	Producción FV (kWh)	Consumo (kWh)	Consumo de FV	Consumo de red	FV a la red	Autosuficiencia (%)	Autoconsumo (%)	Yield (kWh/kWp)
Enero	10.90	14.53	4.17	10.36	6.73	28.7	38.3	3.63
Febrero	12.35	12.86	4.58	8.28	7.78	35.6	37.1	4.12
Marzo	14.19	8.31	4.14	4.17	10.05	49.8	29.2	4.73
Abril	14.55	8.80	4.45	4.34	10.10	50.6	30.6	4.85
Mayo	17.72	8.75	6.35	2.40	11.37	72.6	35.8	5.91
Junio	17.38	7.68	5.51	2.17	11.87	71.7	31.7	5.79
Julio	17.55	10.15	6.54	3.62	11.01	64.4	37.3	5.85
Agosto	15.76	13.45	7.34	6.11	8.42	54.6	46.6	5.25
Septiembre	14.43	10.64	6.35	4.29	8.08	59.7	44.0	4.81
Octubre	11.23	7.15	3.04	4.11	8.19	42.5	27.1	3.74
Noviembre	12.27	5.43	2.11	3.31	10.16	39.0	17.2	4.09
Diciembre	8.68	10.35	3.68	6.67	5.00	35.6	42.4	2.89
<b>Año</b>	<b>13.92</b>	<b>9.84</b>	<b>4.86</b>	<b>4.97</b>	<b>9.06</b>	<b>49</b>	<b>34</b>	<b>4.64</b>

	Consumo kWh	Energía Sin FV	Energía Con FV	Venta Excedentes	Energía Factura	No compensada	Potencia	Total Antes imp.
Enero	14,5	56,5	40,3	10,4	29,9		15,7	45,6
Febrero	12,9	45,2	32,2	12,1	20,2		14,2	34,3
Marzo	8,3	32,3	16,2	15,6	0,6		15,7	16,4
Abril	8,8	33,1	16,9	15,7	1,2		15,2	16,4
Mayo	8,8	34,0	9,3	17,6	0,0	8,3	15,7	15,7
Junio	7,7	28,9	8,4	18,4	0,0	10,0	15,2	15,2
Julio	10,2	39,5	14,1	17,1	0,0	3,0	15,7	15,7
Agosto	13,5	52,3	23,8	13,1	10,7		15,7	26,4
Septiembre	10,6	40,1	16,7	12,5	4,2		15,2	19,4
Octubre	7,2	27,8	16,0	12,7	3,3		15,7	19,0
Noviembre	5,4	20,4	12,9	15,7	0,0	2,9	15,2	15,2
Diciembre	10,4	40,3	25,9	7,8	18,2		15,7	33,9
Año	9,8	450,5	232,8	168,6	88,3	24,1	185,0	273,3

Precio compra energía = 0,1255 €/kWh  
 Precio medio de venta = 0,05 €/kWh  
 Potencia contratada = 4,4 kW

Para este consumo, el punto óptimo es de 2.5 kWh, lo que significa que producimos anualmente mas de lo que se consume, esto hace que en algunos meses no se puedan compensar todos los excedentes.

## Instalaciones sin vertido a red:

	Con vertido Yield	Sin vertido Yield	Pérdida
Enero	3,6	1,4	0,6
Febrero	4,1	1,5	0,6
Marzo	4,7	1,4	0,7
Abril	4,9	1,5	0,7
Mayo	5,9	2,1	0,6
Junio	5,8	1,8	0,7
Julio	5,9	2,2	0,6
Agosto	5,3	2,4	0,5
Septiembre	4,8	2,1	0,6
Octubre	3,7	1,0	0,7
Noviembre	4,1	0,7	0,8
Diciembre	2,9	1,2	0,6
<b>Año</b>	<b>4,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>

**Instalaciones ineficientes tanto energéticamente, como económicamente.  
Son sistemas insolidarios**

## El futuro del autoconsumo.

1. El autoconsumo compartido
2. Integración de dispositivos
  - Consumo: datos en tiempo real
  - Baterías de SFV
  - Recarga de vehículos eléctricos
  - Inversores FV
  - Gestión de la demanda

### Desarrollos tecnológicos:

- Electrónica integrada
- Algoritmos de control y gestión energética eficientes

**Simplificación de los trámites administrativos**

## Algunas conclusiones:

- Las instalaciones de autoconsumo producen ahorros energéticos importantes.
- El tamaño máximo de un sistema FV sin baterías, debería ser aquel que iguale la producción FV anual al consumo total (emisiones cero).
- En sistemas domésticos sin gestión de la demanda es difícil valores de autosuficiencia mayores del 40%
- Con sistemas de acumulación es posible llegar a ahorros entre el 60 y el 80 %
- Los sistemas sin vertido a red, no tienen mucho sentido en un sistema eficiente y renovable
- La compensación de excedentes, incluso en su formato actual, es un impulso importante al autoconsumo fotovoltaico.



**Muchas gracias por su atención.**

[msidrach@uma.es](mailto:msidrach@uma.es)

Twitter @msidrach

[www.fundacionrenovables.org](http://www.fundacionrenovables.org)