



# CURSOS DE VERANO 2018

**Las Ciudades como motor del cambio de modelo energético**

Autoconsumo y generación distribuida.

Mariano Sidrach de Cardona. Universidad de Málaga

1. Cambio climático y consumo de energía
2. La responsabilidad de las ciudades
3. Ciudades energéticamente sostenibles
4. La democratización de la energía
5. E I autoconsumo fotovoltaico
6. Optimización de los sistemas de autoconsumo
7. Hora de actuar
8. Conclusiones

## EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA UE Y EN EL MUNDO

### Emisiones atmosféricas mundiales por contaminante

(2015)

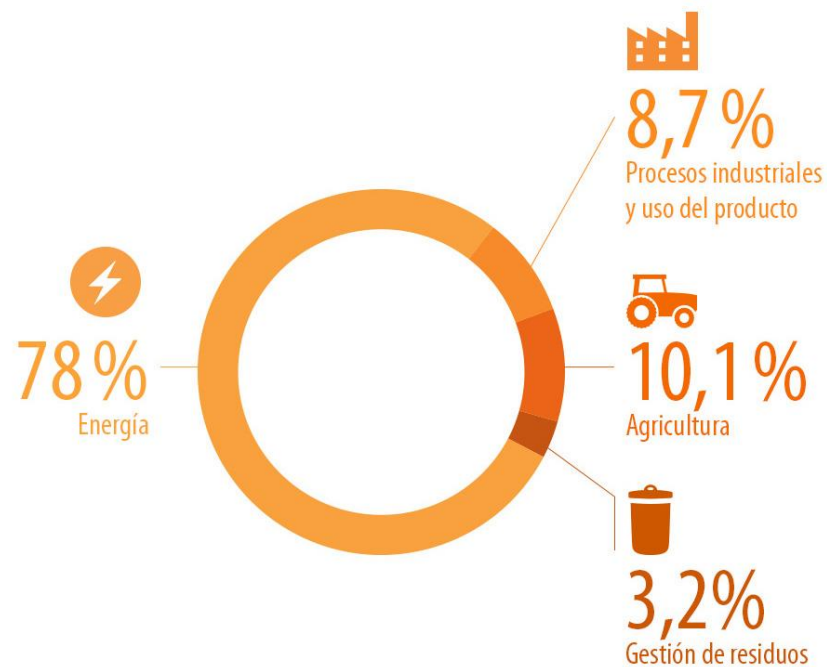


<0,2% de perfluorocarburos (PFCs), mezcla inespecífica de PFCs y HFCs, hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y trifluoruro de nitrógeno

El porcentaje no llega al 100% por el redondeo de las cifras

Fuente: Interfaz de datos de CMNUCC

# Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE por sector\* en 2015



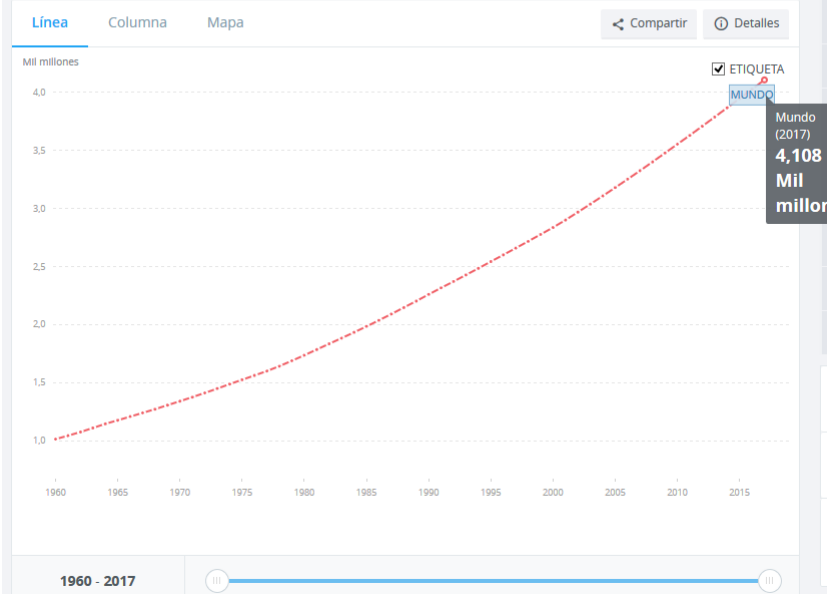
\*Todos los sectores excluyendo el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura

Fuente:  
Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA),  
Eurostat

## Población urbana

Estimaciones de personal del Banco Mundial sobre la base de las Perspectivas de la urbanización mundial de las Naciones Unidas.

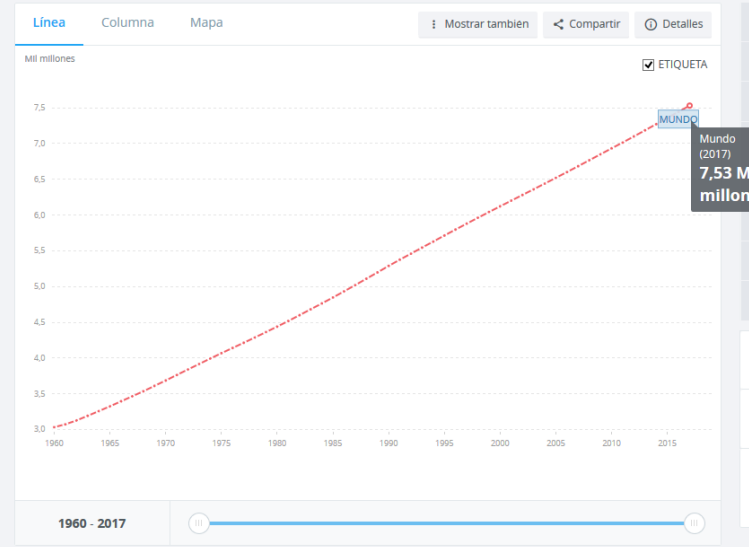
Licencia : CC BY-4.0



## Población, total

( 1 ) División de Población de las Naciones Unidas. Perspectivas de la población mundial, ( 2 ) Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales ( cuadros de Excel avanzados ), ( 3 ) Informes de censos y otras publicaciones de estadísticas de oficinas nacionales de estadística, ( 4 ) Eurostat: Estadísticas Demográficas, ( 5 ) Secretaría de la Comunidad del Pacífico: Programa de Estadísticas y Demografía, ( 6 ) Oficina de Censos de los Estados Unidos: Base Internacional de Datos.

Licencia : CC BY-4.0



Población mundial 2017: 7.53 mil millones  
 Población urbana 2017: 4.108 mil millones  
 Ratio: 54,5 %

# La ciudad es el motor del cambio



Más del 50% de la población mundial. En 2025, más del 70%

$\frac{3}{4}$  consumo de energía mundial

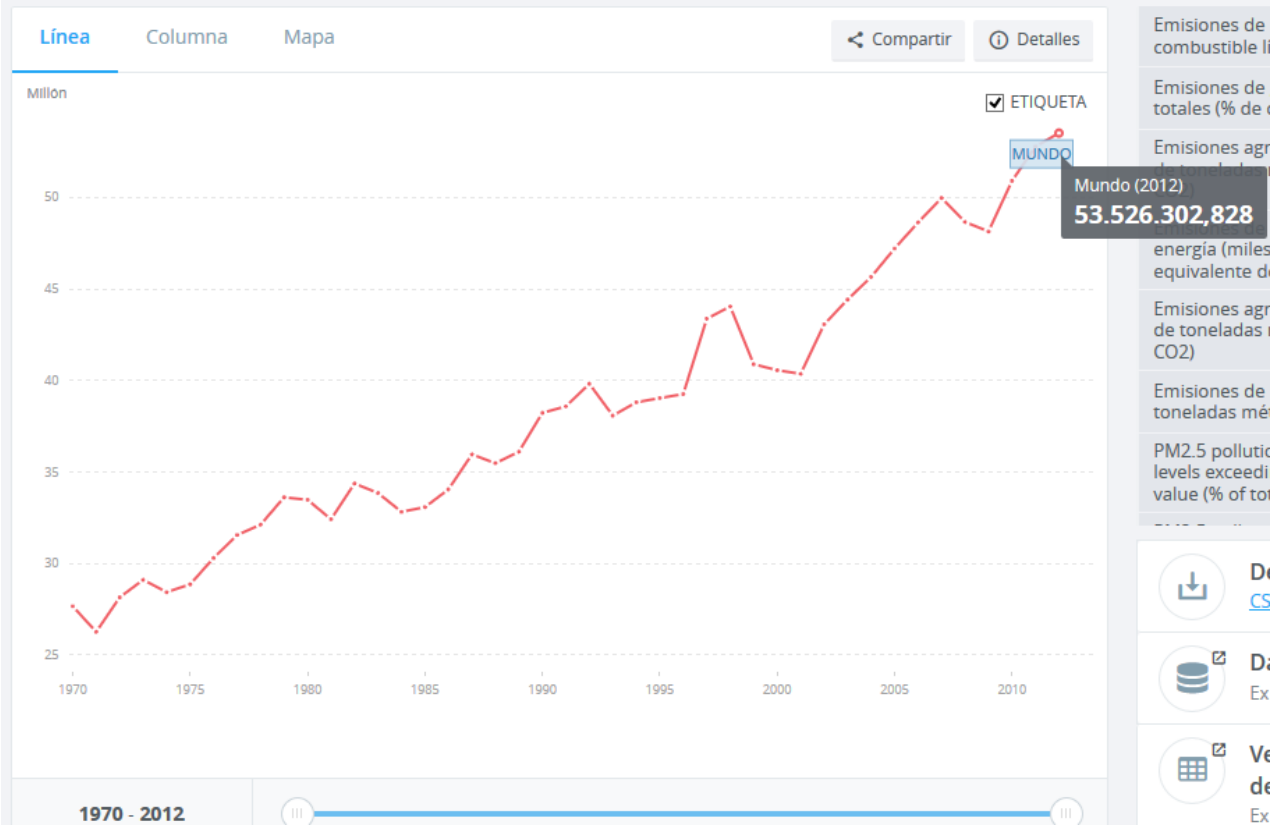
$\frac{3}{4}$  de generación de residuos

Concentración conocimiento, tecnologías, centros de intercambio, actividad económica, ...

## Emisiones de gases de efecto invernadero totales (kt de equivalente de CO2)

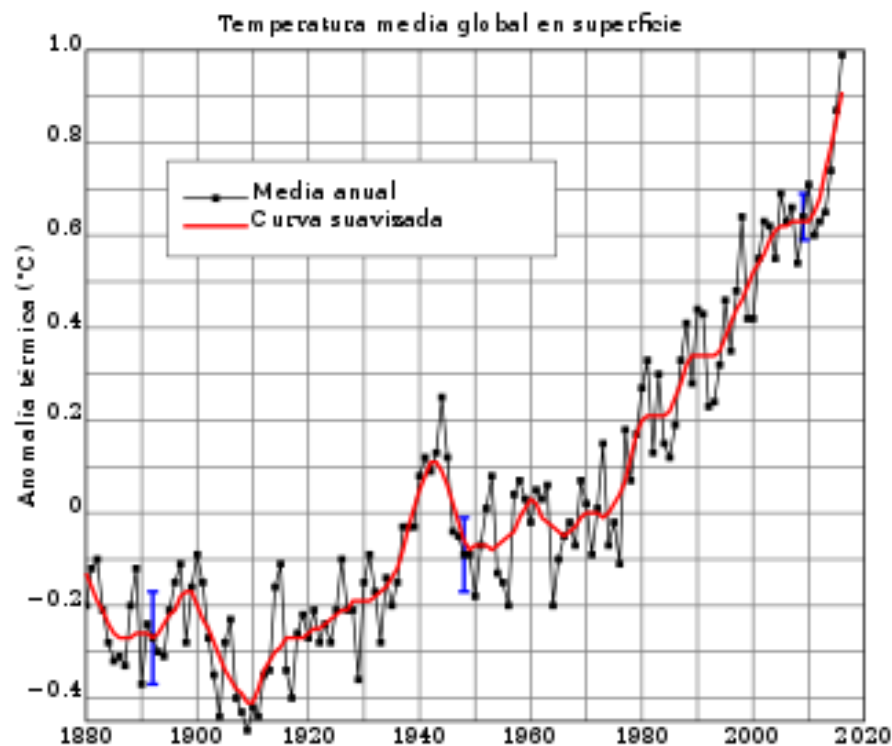
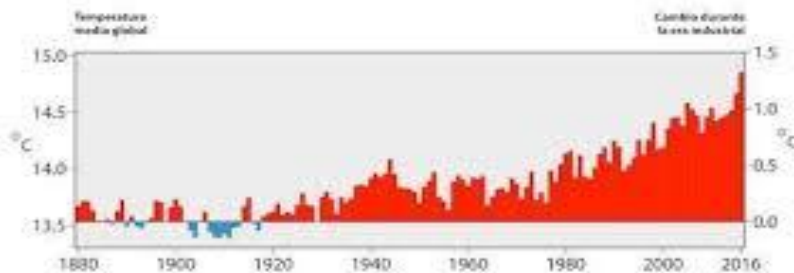
Comisión Europea, Centro Común de Investigación ( JRC )/Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos ( PBL ). Base de Datos de Emisiones para la Investigación Atmosférica Global ( EDGAR ), EDGARv4.2 FT2012: [edgar.jrc.ec.europa.eu](http://edgar.jrc.ec.europa.eu).

Licencia : CC BY-4.0



## Efectos del cambio climático

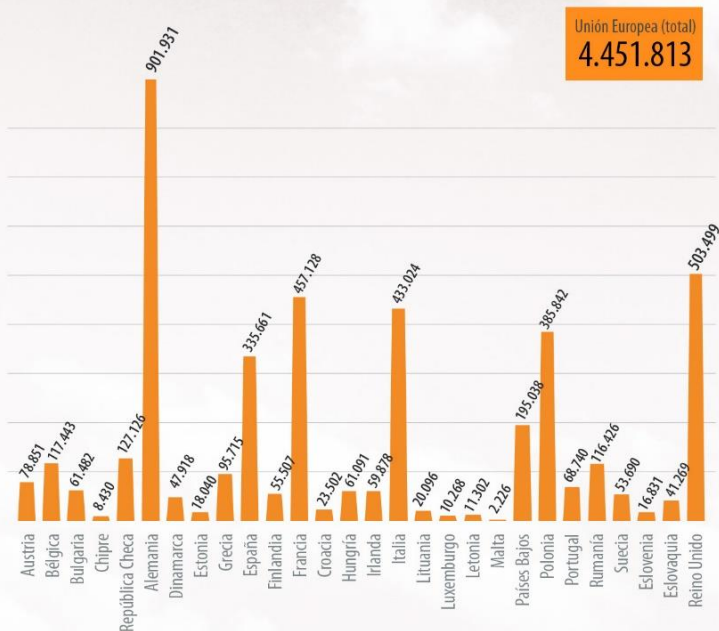
### TEMPERATURA GLOBAL ANUAL DEL AIRE DE LA SUPERFICIE DESDE 1880 A 2016





## Total de emisiones de gases de efecto invernadero por país en 2015

[kilotoneladas de equivalente de CO<sub>2</sub>\*\*]



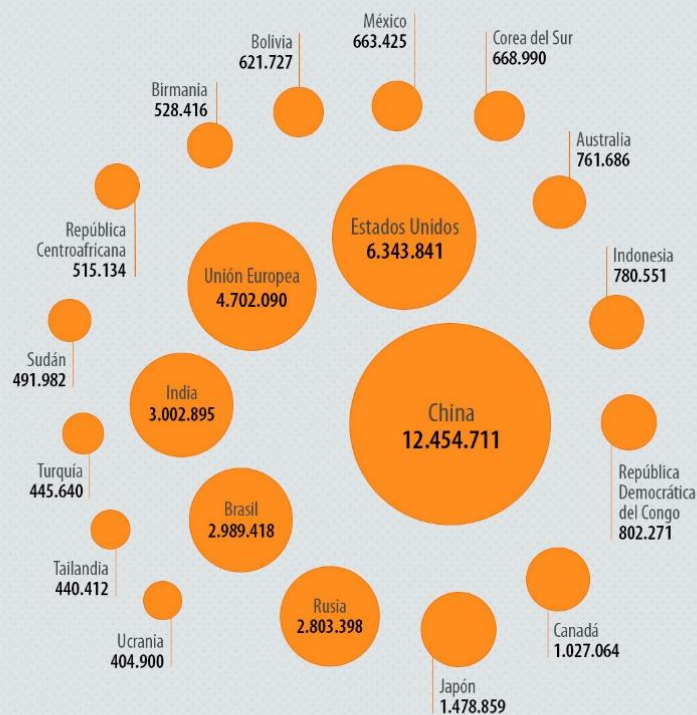
\*Todos los sectores excluyendo el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura

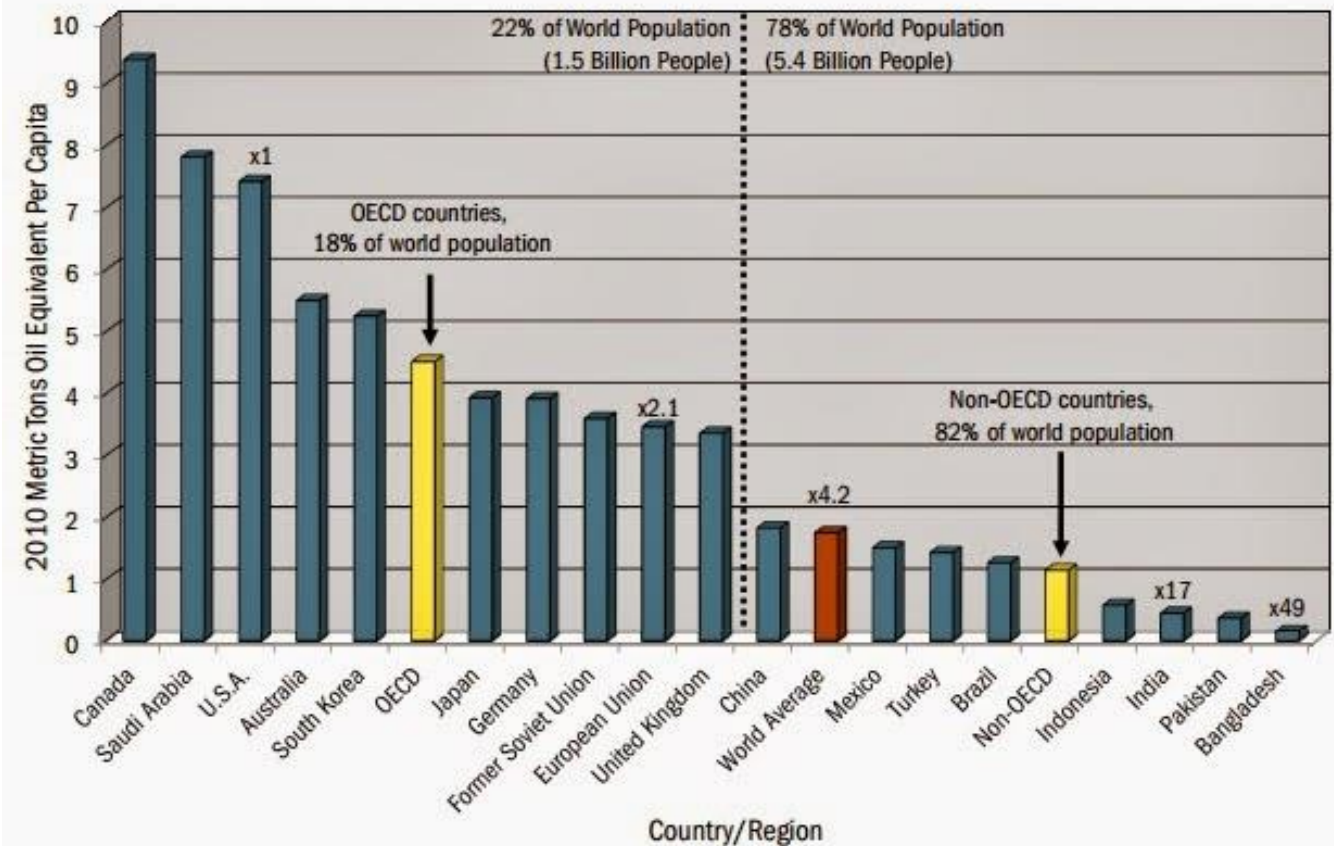
\*\*CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en equivalente de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> en equivalente de CO<sub>2</sub>, PFC en equivalente de CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> en equivalente de CO<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>F en equivalente de CO<sub>2</sub>

Fuente:  
Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA),  
Eurostat

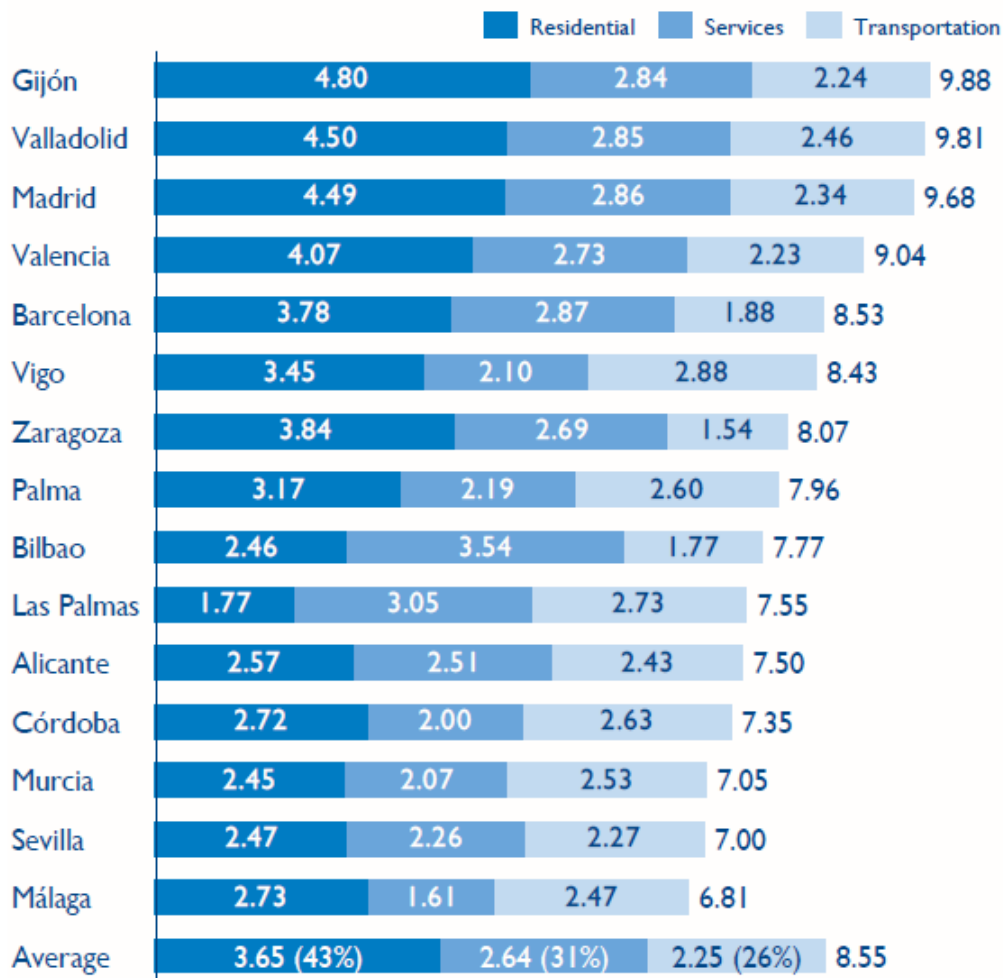
## Principales emisores de gases de efecto invernadero en el mundo en 2012

[kilotoneladas de equivalente de CO<sub>2</sub>]





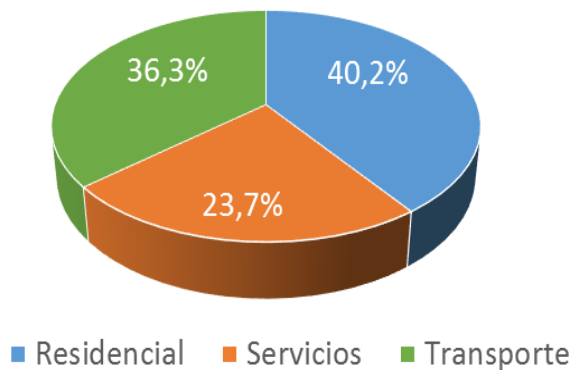
Las distintas responsabilidades en el consumo de energía



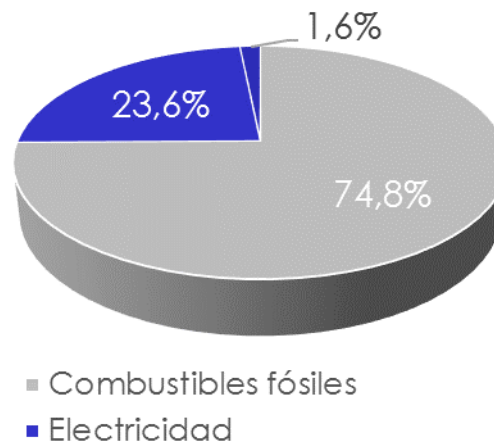
Media diaria: 23,4 kWh/hab

Source: Arthur D. Little analysis

Málaga  
Consumo medio diario: 18,6 kWh/hab.



Consumo de energía por fuentes



**Media diaria: 18,6 kWh/hab**

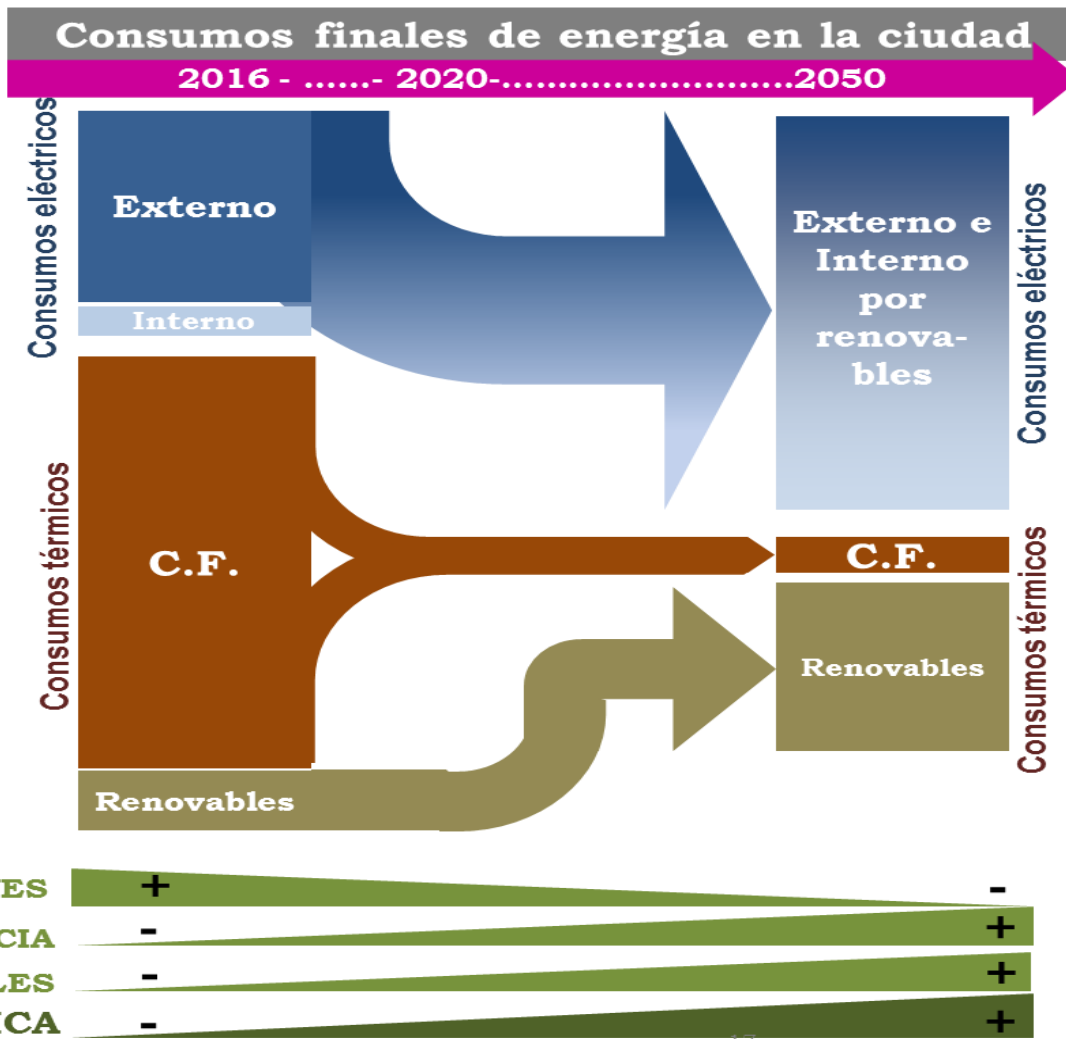
**1 litro gasolina = 10 kWh**

**1,39** litros/hab-día de combustibles fósiles

**4,7** kWh/hab-día electricidad

Generamos **297** Wh/hab-día

- El 100 % de los vehículos son no contaminantes
  - Todo los trabajadores van al trabajo en transporte público o en modo sostenible
  - La energía eléctrica se produce con fuentes renovables en la ciudad
  - La energía térmica se produce con fuentes renovables en la ciudad
  - La electricidad que llega de fuera a la ciudad es producida únicamente por fuentes renovables
  - Todos los edificios de la ciudad tienen una alta calificación energética
  - El gasto energético no supone un gasto excesivo para los hogares
  - Se reciclan el 100% de los residuos sólidos urbanos
- 
- No se utilizan combustibles fósiles
  - La calidad del aire es buena todos los días del año

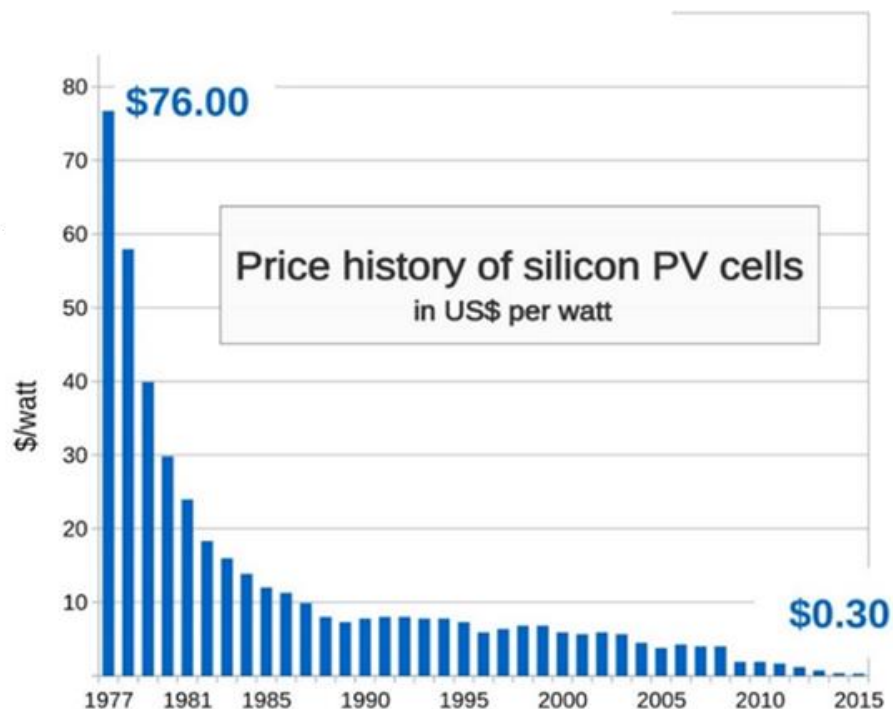




## Actuaciones sobre edificios



### La generación en consumo: Apuesta por el autoconsumo fotovoltaico



Source: Bloomberg New Energy Finance & pv.energytrend.com

La reducción de costes de la ESFV convierten al consumidor en productor.



**La clave: La aceptación social de los avances de la tecnología.**

**La rápida penetración de los desarrollos tecnológicos** es base del cambio y del incremento de grados de libertad para el consumidor

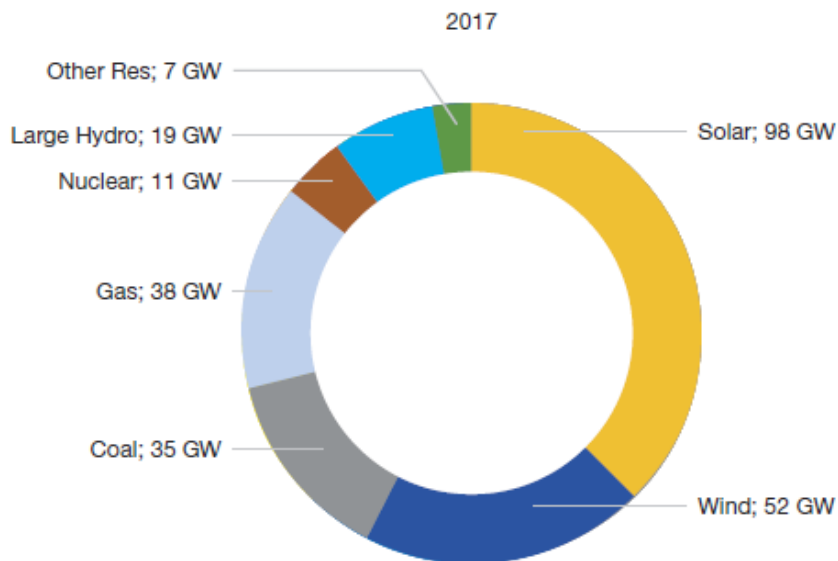
**El crecimiento de las TIC genera capacidad de decisión** al consumidor y refuerza su papel de ciudadano



**Abastecerse 100% con energías renovables es posible**

## Historia de una revolución en marcha

FIGURE 1 NET POWER GENERATING CAPACITY ADDED IN 2017  
BY MAIN TECHNOLOGY

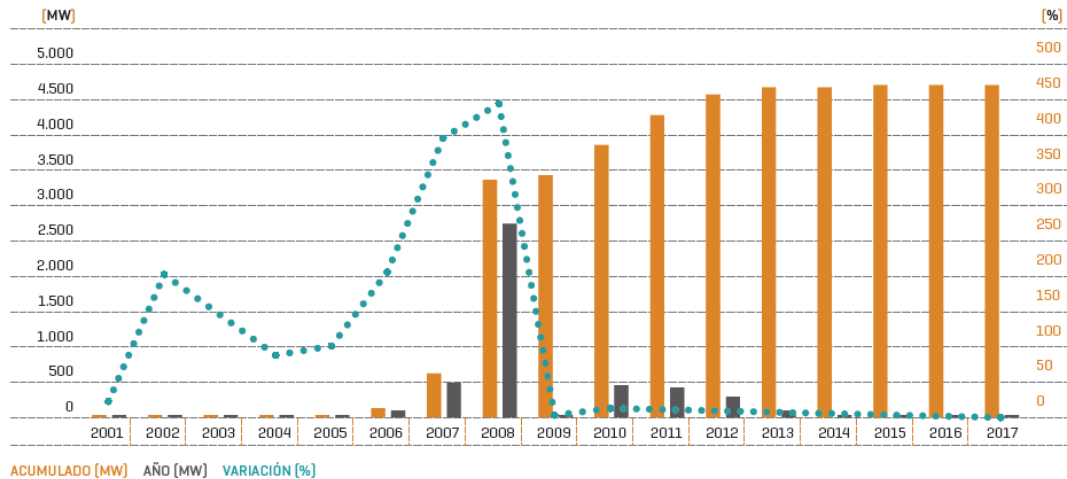


Source: Frankfurt School-UNEP Centre and BNEF (2018)

© SOLARPOWER EUROPE 2018

## Situación en España

Potencia solar fotovoltaica instalada. Sistema eléctrico nacional



Fuente: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) hasta 2014. Datos de Islas Baleares e Islas Canarias disponibles desde 2006 y Melilla desde 2007

**La seguridad jurídica, como principio básico de un estado de derecho, no se ha respetado.**

Año 2017 en España: 135 MW  
Año 2107 en el Mundo: 97.000 MW  
Representa el 0,14 %

Potencia acumulada España: 4.8 GW  
Potencia mundial: 403 GW  
Andalucía: 880 MW (18.3 %)

Potencia instalada en España representa el 1.2 %

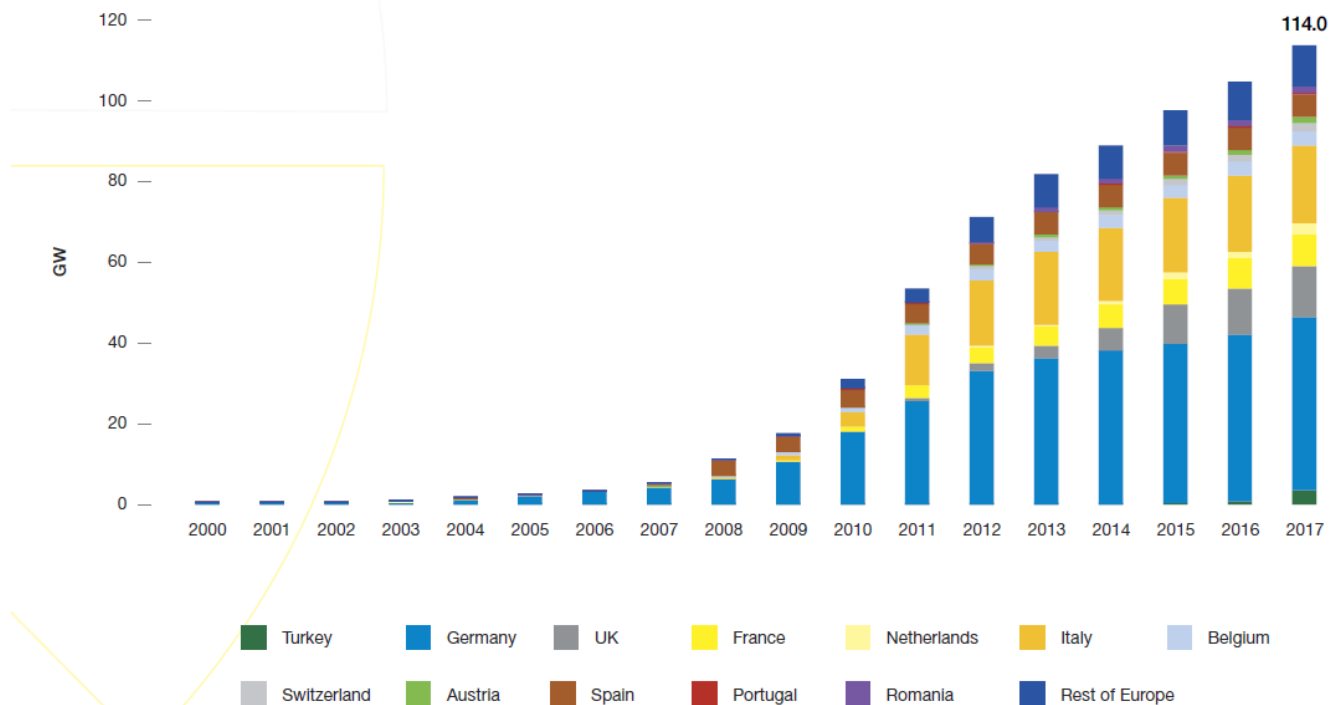
### **Estafa del estado:**

60.000 familias afectadas por el recorte a las primas en la producción FV  
16.000 familias en Andalucía

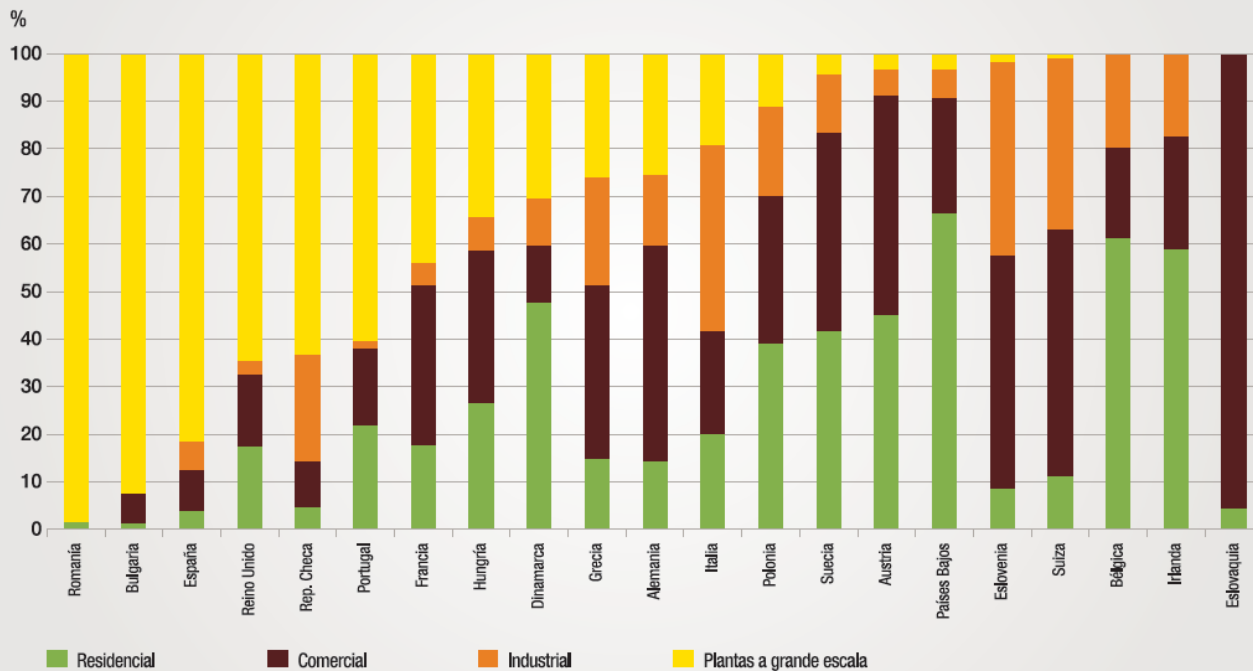
Datos de Anpier

## Situación en España

FIGURE 26 EUROPEAN TOTAL SOLAR PV GRID-CONNECTED CAPACITY 2000 - 2017



DIVISIÓN DEL MERCADO SOLAR FOTOVOLTAICO POR SECTORES EN PAÍSES EUROPEOS EN 2016



Fuente: Solar Power Europe, 2017.



<sup>1</sup>Asumiendo eficiencia de panel FV del 15%, porcentaje de uso del suelo del 55%, PR=0.75, degradación anual de módulo 0.7%, 1500 horas equivalentes, y demanda total de electricidad en 2013, 246TWh.

<sup>2</sup> Asumiendo anchura media de carreteras y autovías de 20 y 50 m respectivamente

### 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. 900/2015 de 10 de octubre de 2015*

## Resultados esperados:

	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>

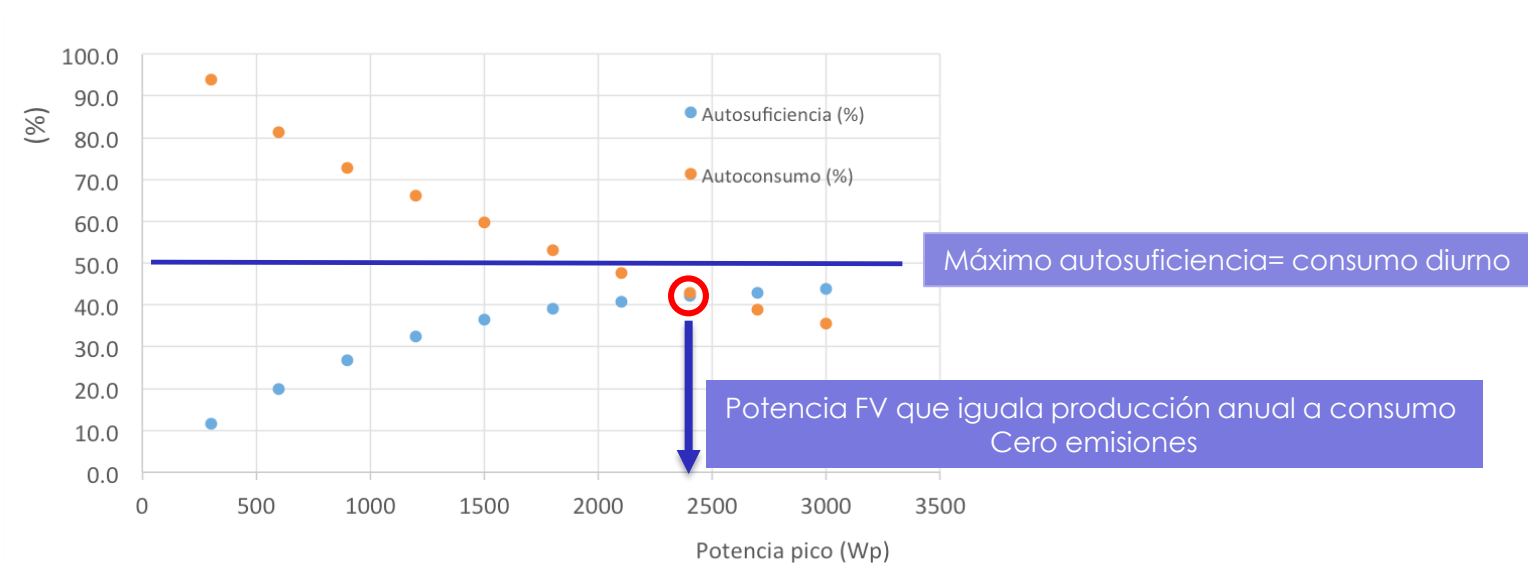


### Optimización:

**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

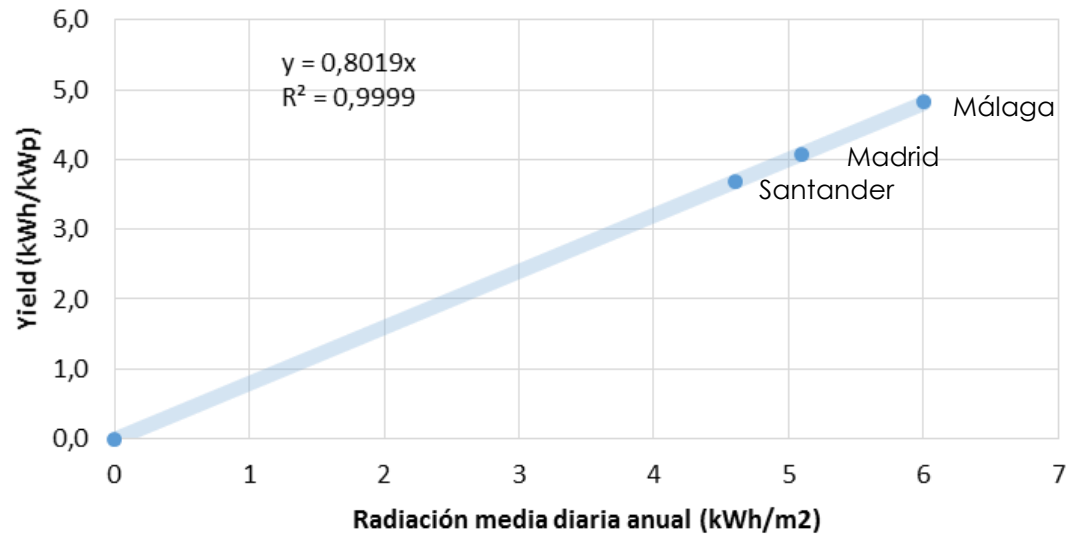
## Variación de la cobertura energética en función de la potencia instalada



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

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

### Productividad fotovoltaica



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

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

Conocer el consumo real. Calcular el % de consumo diario

Calcular la potencia pico necesaria:

Wattios pico = Consumo medio diario / Radiación diaria x PR

Ejemplo:

Consumo medio diario anual = 10 kWh

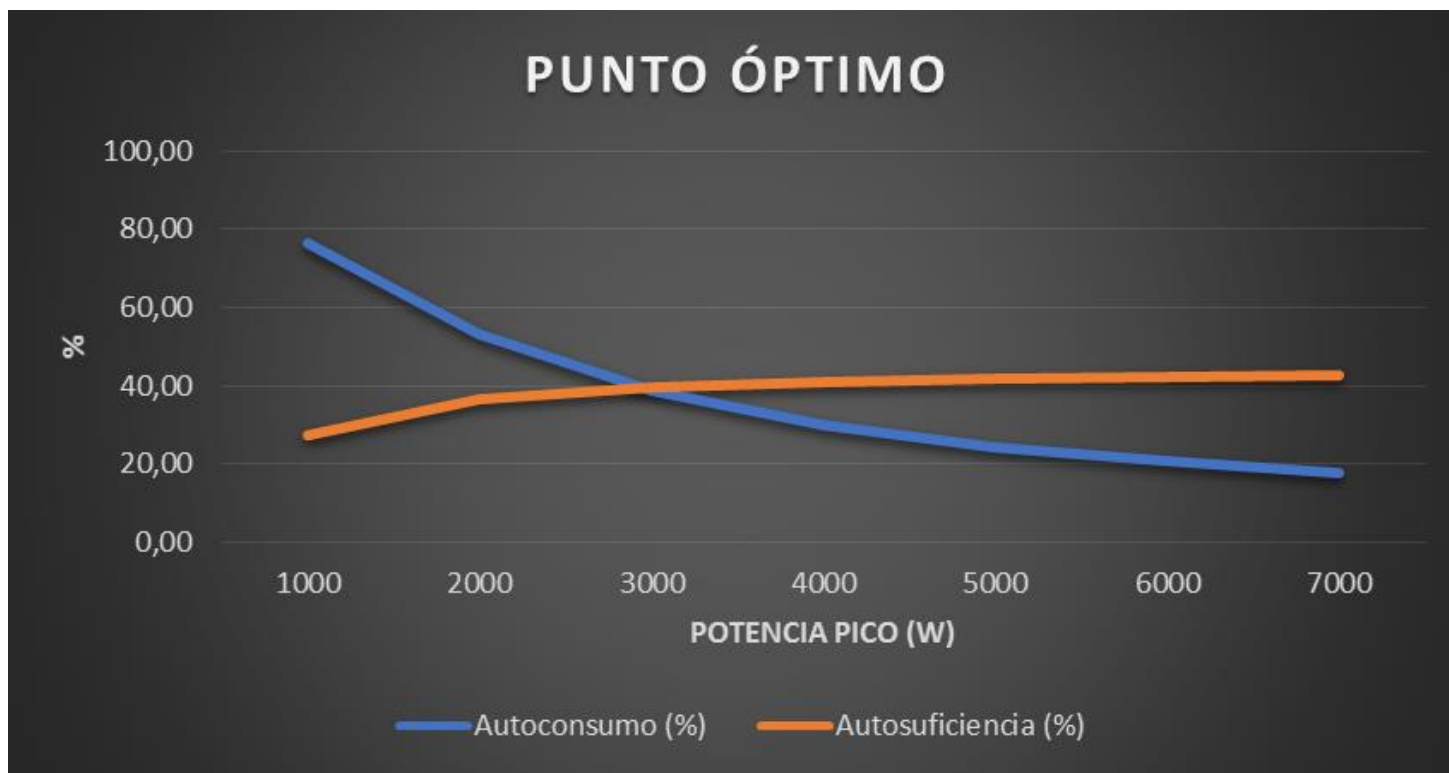
Radiación media diaria anual = 5.1 kWh/m<sup>2</sup>

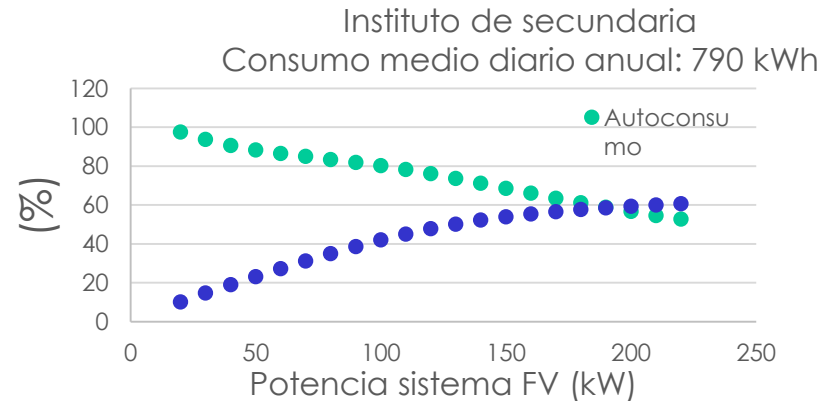
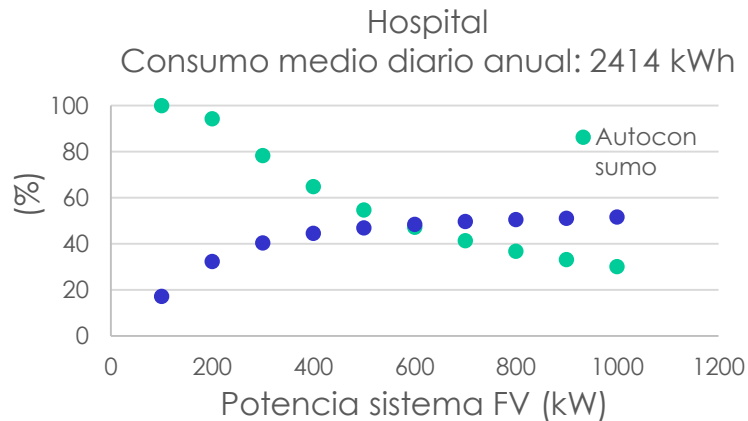
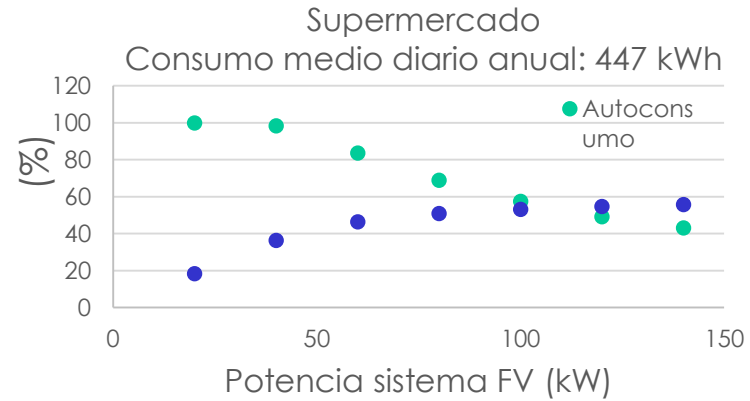
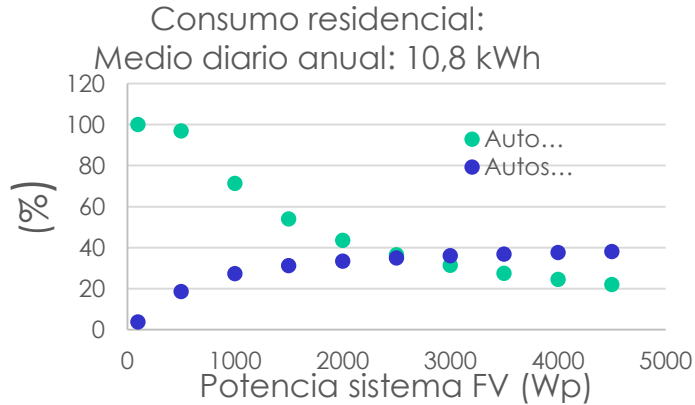
Performance ratio medio anual = 0.8

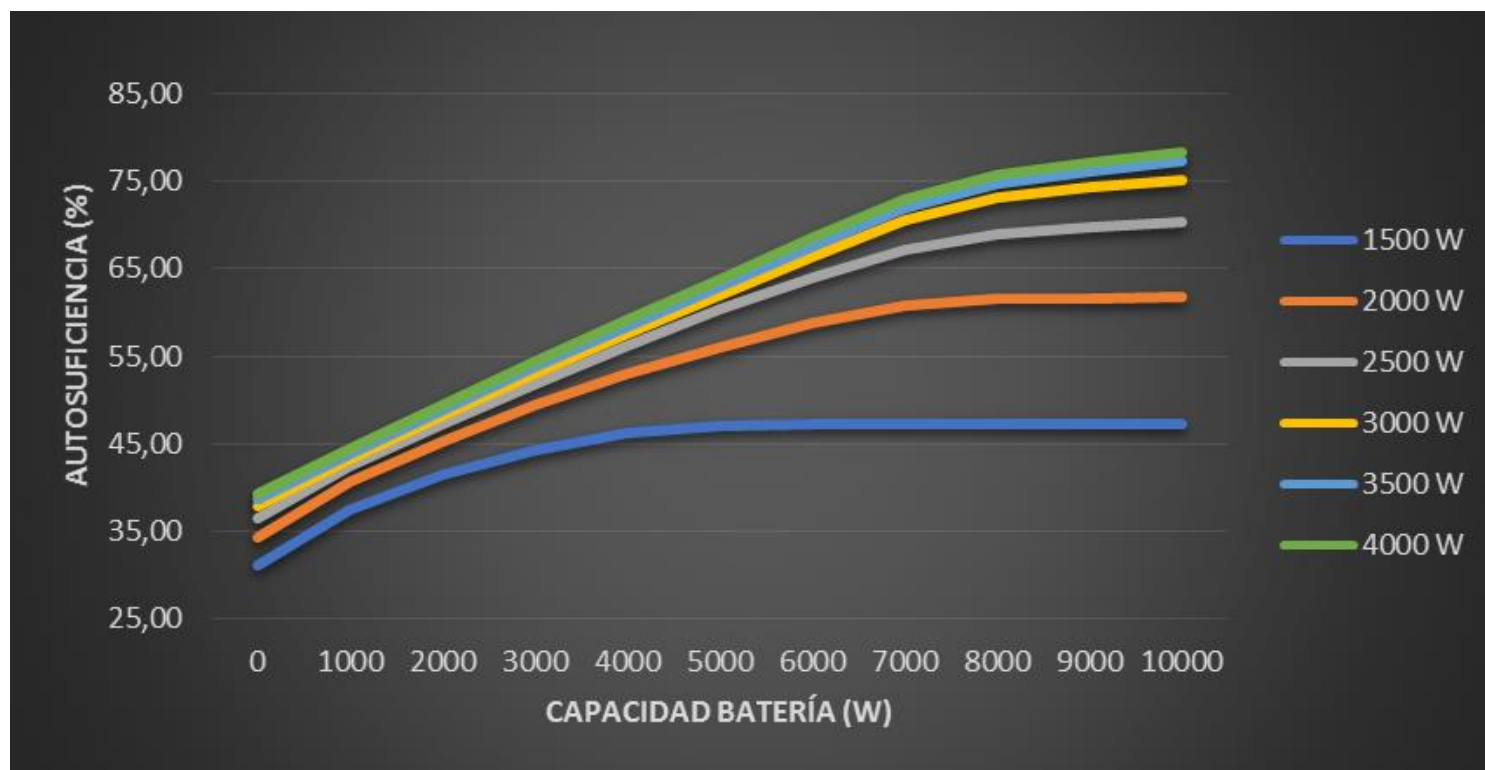
$W_p = 2.45$  kWp punto de emisiones cero

Autosuficiencia = % de consumo diario x 0.8

$50 \times 0.8 = 40 \%$







## Recomendaciones para el desarrollo de sistemas de autoconsumo:

### 1. **Estudio del consumo energético de la vivienda**

Optimización de la potencia contratada

Estudio de los consumos nocturnos. En especial en edificios públicos

### 2. **Estudio de las posibilidades de mejora de la eficiencia energética**

Iluminación

Equipos de aire acondicionado

Electrodomésticos

### 3. **Estudio de instalación de un sistema FV de autoconsumo**

Potencia a instalar

Posibilidad de sistema de acumulación

Estudio de autosuficiencia



## Ejemplo: Sistema de autoconsumo para un colegio en Granada

Potencia (STC)	10 kWp	12,5 kWp	15 kWp	17,5 kWp	20 kWp
Autoconsumo	75,20%	67,28%	59,39%	52,45%	46,77%
Autosuficiencia	41,21%	46,08%	48,81%	50,29%	51,25%
Ahorro facturación	3.888,49 €	4.096,58 €	4.211,23 €	4.270,85 €	4.307,86 €
Ahorro por energía	1.768,85 €	1.976,94 €	2.091,59 €	2.151,21 €	2.188,22 €

Fuente: J.F. Espejo, Michel Piliougine

Valor de la potencia máxima registrada 21 kW

Tarifa 3.0 A

Potencia contratada 45 kW en cada periodo

Consumo medio diario anual 90.4 kWh

Factura anual 78.126 €

### ***Qué pueden hacer los ayuntamientos:***

1. Contratar sólo energía eléctrica de origen renovable
2. Realizar instalaciones de autoconsumo en sus edificios
3. Incentivos fiscales. Reducciones del IBI y del ICIO
4. Llegar a acuerdos con las comercializadoras para que faciliten el acceso a los datos de consumo

### ***Qué podemos hacer los ciudadanos:***

1. Exijamos acceso en tiempo real a nuestro consumo energético: Sólo se puede actuar sobre lo que se conoce.
2. Potenciamos las cooperativas eléctricas.
3. Racionalización del consumo
4. Instalar sistemas de autoconsumo

## Barreras al autoconsumo

Actual legislación de autoconsumo en  
España

Impuesto a la energía autoconsumida  
Tramites administrativos tediosos

## Algunos mitos

La estabilidad de la red

La penetración de estos sistemas a gran escala no  
es posible

## Claves para el futuro:

Eficiencia

Autoconsumo

Sistemas de almacenamiento

Vehículos eléctricos

TIC's

### Algunas conclusiones:

- La energía solar fotovoltaica por desarrollo tecnológico y precios son ya un actor fundamental de la Transición energética.
- La ESFV es una tecnología que de manera sencilla permite a los ciudadanos generar su propia energía y que por tanto **democratizan** la generación y consumo energético.
- Las instalaciones de autoconsumo producen ahorros energéticos importantes.
- El tamaño máximo de un sistema debería ser aquel que iguale la producción FV anual al consumo total (emisiones cero). Con una legislación adecuada, este debería ser un tamaño óptimo.
- Actualmente con un sistema cuya potencia sea entre un 45 -60 % de este valor máximo nos va a asegurar altos valores de autoconsumo y valores de autosuficiencia importantes.
- En todas las aplicaciones analizadas es posible un ahorro energético entre el 30 -50%
- Con sistemas de acumulación es posible llegar a ahorros mayores del 80 %. En este caso el tamaño de las baterías debe calcularse para optimizar su ciclo de vida.
- La estructura de la factura eléctrica impide actualmente que los ahorros económicos sean del mismo orden que los ahorros energéticos.

## Consideraciones finales:

¿Cómo se abandonará el consumo de combustibles fósiles?

¿Porque se terminen los combustibles fósiles?

¿Por contaminación atmosférica?

¿Por precio?

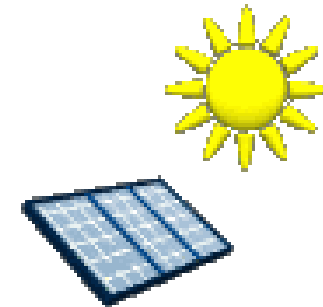
Dicen los psicólogos que:

La drogadicción es una enfermedad crónica que se caracteriza por la búsqueda y el consumo compulsivo o incontrolable de la droga a pesar de las consecuencias perjudiciales que acarrea.

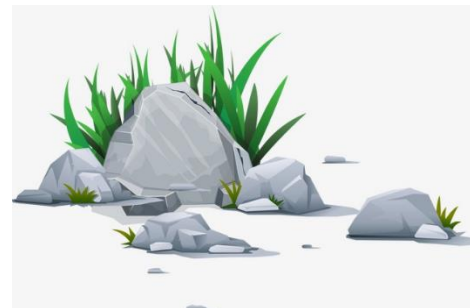
Vivimos en una sociedad que la hemos hecho **dependiente** de los combustibles fósiles

No va a resultar fácil desengancharnos, pero hay soluciones

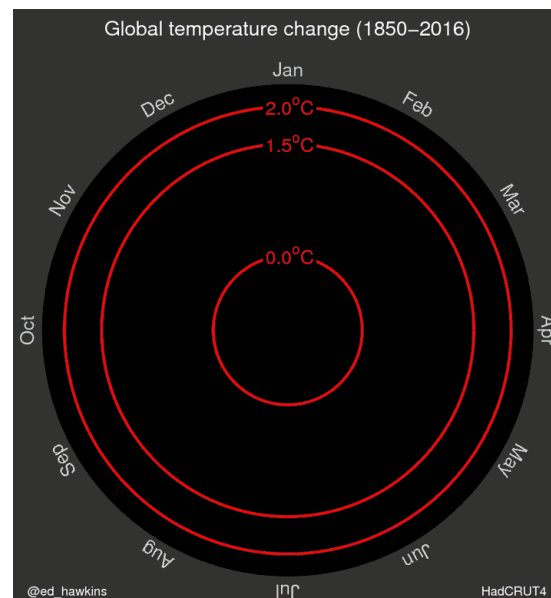
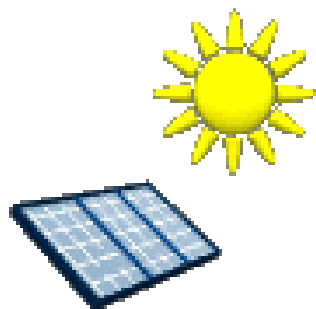
***El gas natural no es la solución.***



La edad de piedra no se acaba porque se acabaran las piedras, sino por avances tecnológicos



Abandonemos la era del petróleo, porque antes de que se acaben las reservas de petróleo, acabaremos con el planeta





Todos juntos, mejor;



Gracias por su atención



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

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

@FRenovables