

La Energía Solar: medida y posibilidades

Experiencia didáctica para Bachillerato y Ciclos afines

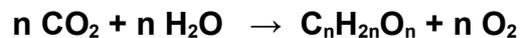
Pedro Domínguez Gento



1. INTRODUCCIÓN

En el interior del Sol, a millones de °C, los núcleos de hidrógeno se fusionan y producen núcleos de helio, liberando una enorme cantidad de energía que se irradia al espacio exterior y alcanza los planetas del Sistema Solar. La Tierra recibe una pequeña fracción de esa ES (energía solar), en forma de luz y calor, con una intensidad que depende principalmente de la latitud, la estación y el clima particular de cada zona.

El calor mantiene una temperatura adecuada para la vida y la luz permite que las plantas realicen la fotosíntesis, una reacción química fundamental a partir de la cual producen los alimentos y el oxígeno que necesitan ellas y los demás seres vivos para existir:



Por otra parte la absorción de ES en la atmósfera y la hidrosfera del planeta origina el viento y el ciclo del agua, fuentes respectivas de las energías eólica e hidráulica. Finalmente una parte de la materia orgánica fabricada mediante la fotosíntesis queda enterrada y fermenta en ausencia de aire, transformándose al cabo de siglos en carbón, petróleo y gas natural, los combustibles fósiles.

Por lo tanto nosotros existimos gracias a la ES, nos alimentamos y respiramos gracias a la ES, y disfrutamos de un elevado nivel de vida gracias a los combustibles fósiles, la energía hidráulica, la eólica y la biomasa, que nos aportan más del 90% de la energía que consumimos. Y hoy además, con las

modernas tecnologías, podemos aprovechar directamente la ES para producir calor y electricidad sin contaminar el medio ambiente ni agotar los recursos naturales.

Resulta pues necesario estudiar la ES y sus aplicaciones en los niveles educativos de Secundaria, Bachillerato y Ciclos Formativos afines. Y eso es lo que hemos hecho en un par de Institutos de Alzira, durante el año 2.005 y siguientes.

Comenzamos discutiendo en clase la importancia de la ES recordando lo que se había estudiado en cursos anteriores, después los alumnos buscaron información en la biblioteca y a través de internet sobre las aplicaciones prácticas de la ES, con la información recopilada discutimos cómo se puede medir la ES de forma aproximada y diseñamos un calorímetro solar sencillo, a continuación lo construimos con materiales usados, en una zona soleada del patio del Instituto medimos la ES que recibimos en nuestra localidad, luego comparamos el valor obtenido con el estándar y valoramos la precisión de la medida.

Posteriormente, para complementar el trabajo, analizamos el recibo eléctrico, deducimos el consumo medio de electricidad por persona y día, y evaluamos las posibilidades de ahorro eléctrico en los hogares. Después calculamos la superficie de placas fotovoltaicas que se necesitan para producir la electricidad que consume una persona media y sacamos conclusiones al respecto.

2. OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

Primero discutimos en clase la importancia de la Energía Solar (ES).

Luego los alumnos buscaron información, en la biblioteca y a través de internet, sobre las aplicaciones directas de la ES.

Con la información anterior, discutimos en clase como podríamos medir la ES de forma aproximada.

A continuación diseñamos un calorímetro solar sencillo, lo construimos utilizando materiales ya usados y con el medimos la ES que recibimos en nuestra latitud.

Posteriormente analizamos el recibo eléctrico, deducimos el consumo medio de electricidad por persona y calculamos la superficie de placas fotovoltaicas que se necesitan para producir dicha electricidad.

Y finalmente sacamos algunas conclusiones interesantes al respecto.

Los objetivos, en resumen, fueron los siguientes:

- ampliar los conocimientos sobre el tema
- aplicar lo estudiado en Física (energía y calorimetría)
- comprobar la utilidad de los materiales de deshecho
- medir la intensidad de la ES que recibimos
- valorar el margen de error cometido

- analizar el consumo energético
- reflexionar sobre la conveniencia de ahorrar energía
- discutir las posibilidades que tiene la ES en nuestra zona.

3. MATERIALES NECESARIOS

- Caja de corcho blanco o de cartón recio.
- Soporte de alambre.
- Botella pequeña de plástico transparente.
- Probeta graduada de 250 o 100 mL.
- Termómetro de laboratorio (preferible que aprecie hasta 0'1 o 0'5 °C).
- Cronómetro o reloj digital.
- Regla graduada o cinta métrica.



4. PROCEDIMIENTO

Primero se busca una botella de plástico fino, por ejemplo de las que contienen agua mineral (cuarto de litro de capacidad y prismática si es posible), y se pinta de negro mate por tres caras, dejando perfectamente limpia y transparente aquella por la que ha de entrar la luz.

Luego se construye la caja aislante, de dimensiones adecuadas para que la botella quepa justa en su interior. Se puede hacer de cartón de embalaje grueso o corcho blanco usados, recortándola con un simple cuchillo (con precaución para evitar accidentes), luego se pega con cola de carpintero. Una de las caras de la caja debe tener una ventanilla rectangular, de dimensiones ligeramente inferiores a las de la botella para que entre la luz solar; como es

difícil cortar bien el corcho conviene hacer la ventanilla un poco más grande y pegar sobre esa cara un trozo de cartulina recia con el rectángulo recortado con precisión.



El soporte se hace con un alambre fuerte, doblándolo con los alicates hasta conseguir un trípode capaz de sostener inclinada la caja, de tal forma que la cara con la ventanilla quede enfocada perpendicularmente al Sol.

Una vez preparados los anteriores elementos se busca un lugar abierto al Sol y se colocan allí, sobre una mesa cualquiera, para realizar el experimento.

Con la probeta graduada se mide un volumen suficiente de agua destilada (si no hay destilada, puede utilizarse la del grifo, la diferencia es mínima) y se echa en la botella.

Con el termómetro se mide la temperatura inicial del agua.

Luego se introduce la botella, ajustada, en la caja, con la cara transparente hacia la ventanilla.

Con la ayuda del soporte de alambre, el calorímetro se enfoca al Sol de manera que la luz entre perpendicular en la botella y sea absorbida por el agua, cuyo nivel debe quedar por encima de la ventanilla.

En el instante que la caja se enfoca al Sol, se pone en marcha el cronómetro. L@s observador@s siempre detrás.

Durante el experimento, como la Tierra gira, se ha de reenfocar el calorímetro cada 5 o 10 minutos, la sombra de la caja puede servir de guía.

Al concluir el tiempo de exposición adecuado rápidamente se desenfoca el calorímetro, se tapa la ventana y se mide la temperatura final del agua.

Y con estas medidas ya se puede calcular la ES.



5. CÁLCULO DE LA ENERGÍA SOLAR

Las medidas que tomamos en el patio del Instituto, el 12 de abril, fueron las siguientes:

- Volumen de agua: 150 mL.
- Temperatura inicial del agua: 18'5 °C.
- Tiempo de captación: 26 minutos.
- Temperatura final: 23'0 °C.
- Dimensiones de la ventanilla rectangular: 3'0 x 5'1 cm²

Sabiendo que la densidad del agua es de 1g/mL, calculamos la masa:

$$d = m / V \rightarrow m = d \cdot V = 1 \text{ g/mL} \cdot 150 \text{ mL} = 150 \text{ g}$$

Y como su calor específico es $c = 1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, el calor total absorbido fue:

$$Q = c \cdot m \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = 1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C} \cdot 150 \text{ g} \cdot (23'0 - 18'5)^{\circ}\text{C} = 150 \cdot 4'5 = 675 \text{ cal}$$

Cada caloría equivale a 4'18 joules, así que tenemos:

$$Q = 675 \text{ cal} \cdot 4'18 \text{ J/cal} = 2821 \text{ J}$$

Dicho calor fue absorbido durante los 26 minutos que el calorímetro estuvo abierto al Sol, que en unidades internacionales son

$$t = 26 \text{ min} \cdot 60 \text{ s/min} = 1560 \text{ s}$$

De manera que la potencia solar absorbida fue:

$$P = Q / t = 2821 \text{ J} / 1560 \text{ s} = 1'81 \text{ w}$$

Para una superficie captadora (la ventanilla rectangular) de:

$$S = 3'0 \text{ cm} \cdot 5'1 \text{ cm} = 15'3 \text{ cm}^2 = 15'3 / 10000 = 0'00153 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la energía solar captada por unidad de tiempo y de superficie, que es la intensidad, resulta:

$$I = P / S = 1'81 \text{ w} / 0'00153 \text{ m}^2 = 1180 \text{ w/m}^2 = 1'18 \text{ Kw/m}^2$$

Un resultado bastante aceptable si consideramos que ese día el cielo estaba ligeramente nublado y que la intensidad solar en el exterior de la atmósfera viene a ser de **1'37 Kw/m²**.

6. FACTORES QUE INTRODUCEN ERRORES¹

El experimento tiene múltiples factores de error, al menos uno por cada medida concreta: volumen de agua, temperaturas, tiempo, dimensiones de la abertura, ...

El mayor de todos probablemente será el de la temperatura ya que el termómetro sólo apreciaba hasta 0'5 °C y el aumento de temperatura fue sólo de 4'5 °C, de manera que el error relativo será:

$$E_R = E_A / \Delta T = 0'5 \text{ °C} / 4'5 \text{ °C} = 0'11 = 11\%$$

Demasiado elevado para un buen experimento, aunque como aproximación al valor real el resultado es aceptable.

Dicho error podría minimizarse usando un termómetro más preciso que aprecie hasta 0'1 °C, o aumentando el tiempo de exposición hasta 40 o 45 minutos. Además habría que hacer varias medidas más, con otros calorímetros similares, y obtener la media aritmética de los diferentes resultados.

Finalmente si el error relativo total fuera del 11%, el absoluto sería:

$$E_R = E_A / I \quad E_A = I \cdot E_R = 1'18 \text{ Kw/m}^2 \cdot 11/100 = 0'1298 \text{ Kw/m}^2 \approx 0'1 \text{ Kw/m}^2$$

Y el resultado obtenido se escribiría así:

$$I = (1'2 \pm 0'1) \text{ Kw/m}^2$$

7. EL CONSUMO MEDIO DE ELECTRICIDAD DOMÉSTICA

En el apartado de facturación del recibo eléctrico suele indicarse el consumo total de la vivienda en kwh y los días considerados, de modo que basta con dividir la primera cifra por la segunda para obtener el consumo medio diario en Kwh/día.

Lógicamente los datos de los distintos hogares no pueden compararse directamente porque en cada uno vive un número diferente de personas, hemos de dividir pues los Kwh/día por las personas hay en cada casa.

Finalmente en nuestro grupo obtuvimos los siguientes resultados:

1 Cualquier experimento científico tiene siempre un margen de error y éste concretamente más porque se ha hecho con fines didácticos, lo cual viene bien para recordar el apartado de errores que suele verse a principio de curso y para valorar adecuadamente la ciencia, que muchas veces se toma como si fuera la verdad absoluta, algo alejado de la realidad y del espíritu científico. En este trabajo no entramos en cálculos detallados, desde los errores relativos parciales hasta el error absoluto final, porque el nivel del grupo no era adecuado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	<i>media</i>
Consumo medio Kwh/día	11'6	7'5	13'1	11'4	16'8	38'4	15'7	2'0	13'8
Nº de personas por familia	3	3	3	3	5	3	4	1	3
Cons./persona Kwh/día·persona	3'9	2'5	4'4	3'8	3'4	12'8	3'9	2'0	4'6

Entre los datos finales resaltaban dos: el de 12'8 Kwh/día·persona, que es muy superior a la media², y el de 2'0, muy inferior³. El primero mostraba claramente que en aquella vivienda podría ahorrarse mucha electricidad y el segundo, teniendo en cuenta que la vivienda disponía prácticamente de las mismas comodidades que las demás, demostraba un uso eficiente de la electricidad y un significativo ahorro de dinero.

Si eliminamos esos dos valores extremos, la media se ve rebajada a los 3'6 kwh/día.persona, que es un valor más realista y general. Si eliminamos sólo el valor máximo, que es el más discordante respecto a los demás, la media se queda en 3'4 kwh/día.persona, muy parecida a la anterior. Todo lo cual implica que podemos ahorrar bastante electricidad y dinero, especialmente ahora que cada vez resulta más cara.

A continuación se debatió sobre la conveniencia económica y ecológica de ahorrar energía y se concluyó que podría conseguirse:

- aprovechando la luz y el calor natural
- produciendo el calor directamente con gas natural o butano
- eligiendo electrodomésticos de clase A
- utilizando bombillas de bajo consumo
- aplicando la estrategia de las 3R (reducción, reutilización y reciclaje)
- viajando menos en coche y más a pie, en bici o transporte público...

Asimismo reflexionamos sobre la necesidad de ahorrar energía en nuestro Instituto aprovechando la luz natural, apagando las luces cuando salimos de clase, cerrando las ventanas cuando la calefacción está encendida, usando papel reciclado, escribiendo por las dos caras, reutilizando los libros, cuidando el mobiliario, etc.

8. POSIBILIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR

Para transformar la ES en electricidad disponemos de las placas

² Correspondía a una familia donde el padre trabajaba para Iberdrola y por tanto tenía gratis el consumo eléctrico...

³ Éste mínimo correspondía al profesor, un ecologista convencido y consecuente.

fotovoltaicas comerciales, que actualmente tienen un rendimiento del 12%, lo cual implica que si recibimos 1'2 Kw/m², tales placas convierten en electricidad útil:

$$I_{\text{útil}} = 1'2 \cdot 12 / 100 = 0'14 \text{ Kw/m}^2$$

Y como aquí recibimos una media de 5 h diarias de Sol pico (Sol de plena potencia), con 1 m² podemos producir:

$$E = P_{\text{útil}} \cdot t = 0'14 \text{ Kw} \cdot 5 \text{ h/día} \approx 0'70 \text{ Kwh/día}$$

Por lo tanto la superficie de placas necesarias para producir los 4'6 Kwh/día que consume una persona media será:

$$1 \text{ m}^2 \text{ de placas fotovoltaicas dan } 0'70 \text{ Kwh/día}$$

$$S \text{ m}^2 \text{ hacen falta para obtener los } 4'6 \text{ Kwh/día}$$

$$S = 4'6 \cdot 1 / 0'70 = 6'6 \approx 7 \text{ m}^2/\text{persona}$$

Lógicamente en invierno faltaría algo de energía y en verano sobraría, para equilibrar el balance caben dos soluciones: sobredimensionar la instalación para hacerla totalmente autosuficiente, lo cual la encarece, o conectarla a la red convencional para compensar las variaciones, lo más sencillo y económico ahora.

Por otra parte para el agua caliente doméstica se dispone de los paneles termosolares que tienen un rendimiento del 70%, de forma que en nuestras tierras bastaría con un módulo comercial de 2 m² para calentar el agua que necesita una familia de 2 personas. Durante el invierno el módulo precisaría un aporte extra de energía, que puede obtener de la red eléctrica⁴ o de un calentador de gas conectado en serie.

En definitiva una familia media, de 3 miembros, necesitaría unos **24 m²** de superficie soleada para generarse su propia electricidad y agua caliente. Aunque si optimizara su consumo energético, aprovechando todas las posibilidades de ahorro y eficiencia, podría autoabastecerse con bastante menos: para el caso de menor consumo (2'0 Kwh/día·persona, 6'0 Kwh/día para los 3 miembros de la familia media) sería suficiente con unos **11 m²**.

9. CONCLUSIONES

En las terrazas de las casas hay superficie captadora de sobra y en los pisos de hasta cinco plantas también, de modo que es técnicamente posible abastecer de electricidad y agua caliente la mayoría de nuestras viviendas con ES, si no al 100% (por los días nublados e invierno) sí en un porcentaje elevado. La energía que falta puede obtenerse mediante otras fuentes complementarias como la hidráulica, la eólica, la biomasa, ...

Las ventajas ecológicas serían inmensas porque las placas solares no contaminan, apenas necesitan mantenimiento y duran 25 años o más. Si se implantara esta fuente de energía, tan adecuada en nuestras tierras,

4 En el interior del depósito los módulos termosolares llevan una resistencia que transforma la electricidad en calor.

podríamos prescindir de muchas de las contaminantes y peligrosas centrales convencionales.

Respecto al tema económico, con las subvenciones actuales, los créditos y el precio favorable del Kwh solar que cobra el productor fotovoltaico, estas instalaciones resultan ya económicamente viables porque se pueden amortizar en unos 10 años. Y las placas de calentar agua, que son mucho más baratas, se amortizan incluso antes.

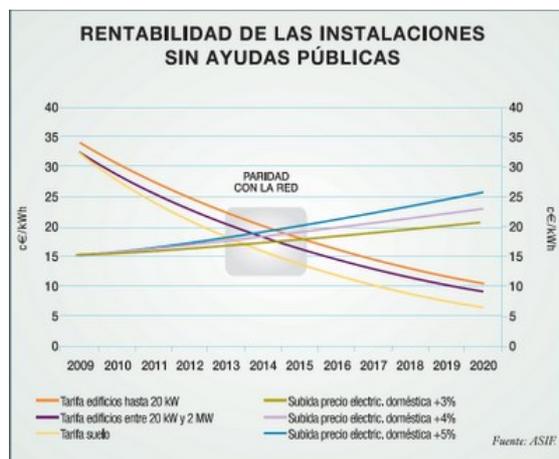
10. BIBLIOGRAFÍA

- [Guía práctica de la Energía](#), IDAE, *informe interesante y gratuito*.
- *El Sol para todos*. Integral, 1978.
- *Las otras energías*, cuaderno del autor.
- *Ingenios solares*. J. M. Jiménez. Pamiela, 1997.
- *Instalaciones fotovoltaicas*. E. Alcor. Progensa, 1995.
- *La energía que la Tierra necesita*. Investigación y Ciencia, nov., 1990.

(Alzira, 2.004)

ANEXO I: YA HEMOS ALCANZADO LA PARIDAD DE RED

El trabajo anterior fue realizado hace unos 10 años, en ese tiempo las placas fotovoltaicas han mejorado y aumentado tanto su producción que los precios han caído en picado, situándose ahora (2.014) por debajo de 1 €/w, con lo cual se ha alcanzado la paridad de red, es decir que ya resultan competitivas sin ayudas de ningún tipo:



De esta forma, teniendo en cuenta la elevada insolación de España y el encarecimiento continuo de la electricidad convencional, las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo deberían estar ya multiplicándose por nuestro país, lo cual no ocurre por el abusivo peaje de respaldo que amenaza decretar este gobierno, con el único fin de mantener los multimillonarios beneficios de las grandes compañías eléctricas.

El peaje es una nueva gabela según la cual quien se instale placas fotovoltaicas tendrá que pagar una cuota fija excesiva por estar conectado a la red (una red más que amortizada) y hacer unos trámites complicados y costosos, además no cobrará los kwh sobrantes que inyecte a la red durante el día pero en cambio sí deberá pagar todos los que tome de la red durante la noche⁵. Una normativa injusta y discriminadora que encarecerá la electricidad solar y cuya simple amenaza disuade a los consumidores de instalarse sus propias placas fotovoltaicas⁶.

5 Lo razonable sería pagar sólo la diferencia entre los kwh que se toman de noche y los que se inyectan de día, tendiendo al balance cero, que es el autoconsumo.

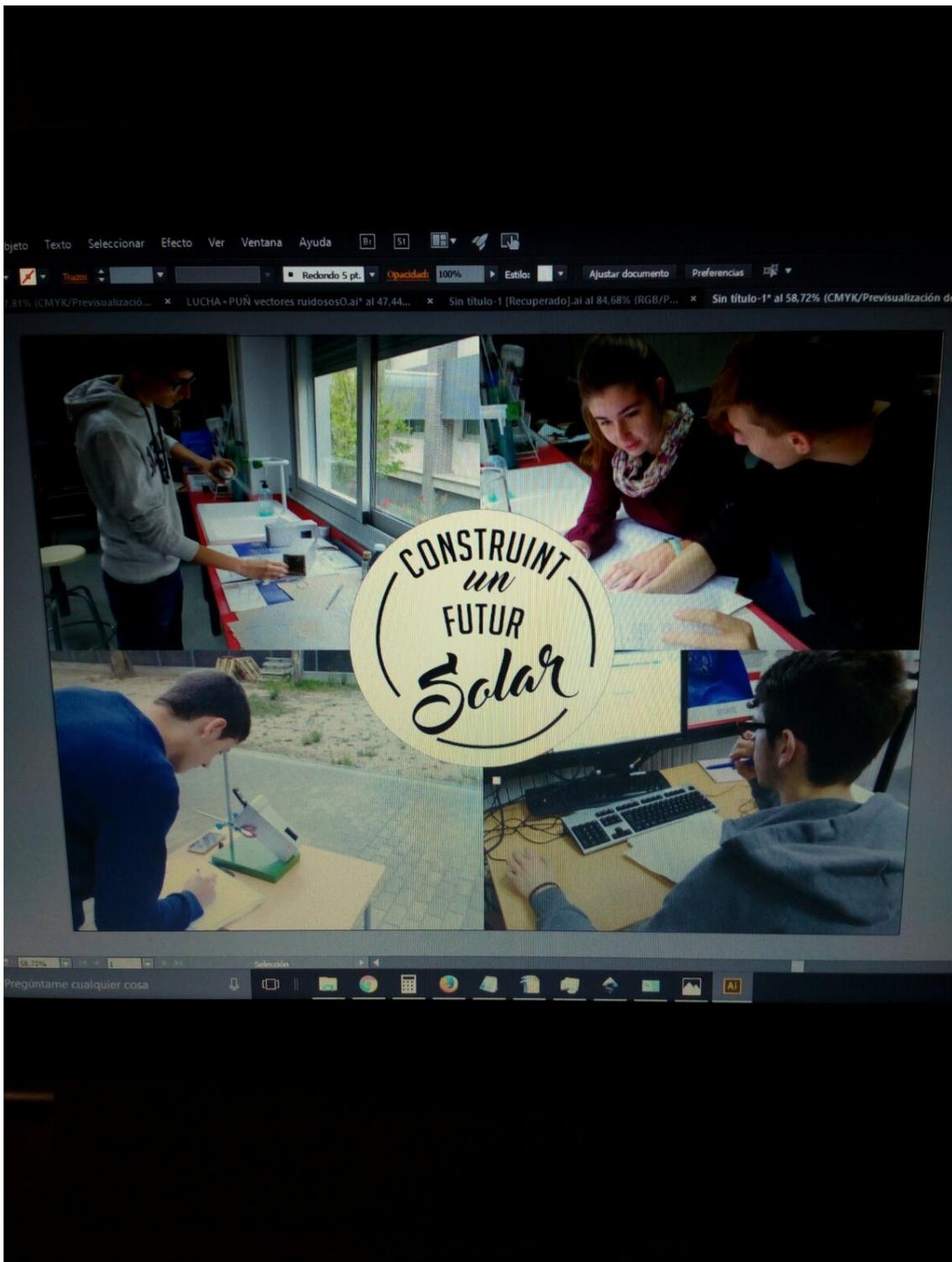
6 Algo todavía más increíble, que demuestra la finalidad atemorizadora y disuasoria de esta normativa, es que puede imponerles a quienes instalen placas solares sin legalizar sanciones de hasta 60 millones de €, casi más que a las centrales nucleares. Alucinante...

ANEXO II: LAS RENOVABLES AHORRARÍAN 520.000 MILLONES DE \$ Y CREARÍAN MÁS DE 3 MILLONES DE PUESTOS DE TRABAJO

“Los beneficios económicos y sociales de un modelo energético 100% renovables serían cuantiosos, según un reciente informe de *NewClimate – Institute for Climate Policy and Global Sustainability*. Según estos expertos, un sistema eléctrico 100% renovables en China, EEUU y Unión Europea podría ahorrar 520.000 millones de dólares (482.000 millones de euros al cambio actual) en importaciones de petróleo hasta 2050. De esta cifra, 170.000 millones corresponderían a la UE, 160.000 millones a EEUU y 190.000 millones al gigante asiático.

El informe señala también que estas tres grandes regiones podrían crear para dentro de 35 años, siempre y cuando el modelo sea 100% renovables, más de tres millones de empleos. La economía verde solucionaría buena parte del problema de empleo europeo. En la UE se crearían 430.000 empleos, mientras que en EEUU la cifra ascendería a 650.000 y en China se daría trabajo a casi dos millones de personas.“

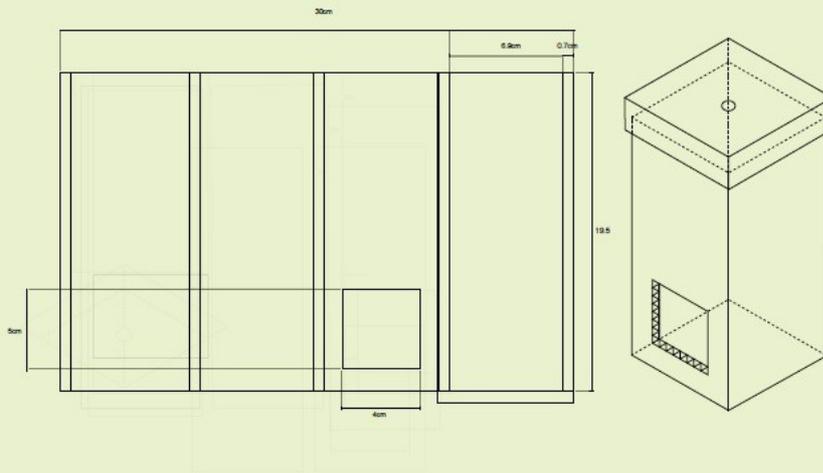
elperiodicodelaenergia.com



En 2016 mejoramos el trabajo inicial simplemente utilizando un termómetro digital que aprecia hasta 0.1°C y ajustando las rectas de calentamiento por el método de mínimos cuadrados. La Facultad de Físicas de València nos otorgó la Mención de Honor en el concurso Experimenta.

Se resume en cuatro paneles.

CONSTRUCCIÓ D'UN CALORÍMETRE

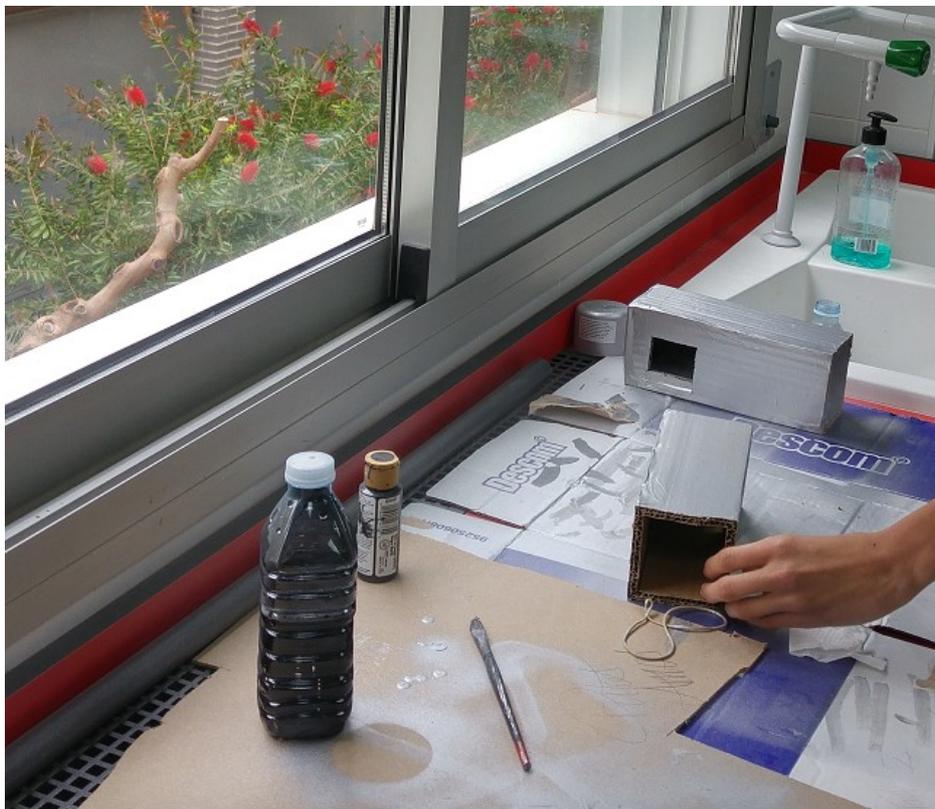


Planol 2D del nostre calorímetre, construït amb materials reciclats; cartó i botella de plàstic

La calorimetria. Què és un calorímetre?

La **calorimetria** és la part de la física que s'encarrega de mesurar la quantitat de calor generada o perduda en certs processos físics o químics.

L'aparell que s'encarrega de mesurar aquestes quantitats és el **calorímetre**. Consta d'un termòmetre que està en contacte amb el medi que aquesta mesurant. En el qual es troben les substàncies que donen i reben calor. Les parets han d'estar el més aïllades possible ja que cal evitar al màxim l'intercanvi de calor amb l'exterior. Altrament els mesuraments serien totalment errònies.



MESURA DE LA INTENSITAT SOLAR MÀXIMA

Intensitat solar=Pòtència/Superfície= Calor absorbit/temps · Superfície; $I = P/S = \Delta Q/\Delta t \cdot S$

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 1(\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 300\text{g} \cdot \Delta T(^{\circ}\text{C}) \cdot 4'18 \text{ J/cal} = 1254 \cdot \Delta T(\text{J})$$

Sabent que; 1. mH₂O = v · d = 300ml · 1g/ml = 300g _____ $I = 1254 \cdot \Delta T/\Delta t \cdot 0'0020 = 627000 \cdot \Delta T/\Delta t (\text{w/m}^2)$

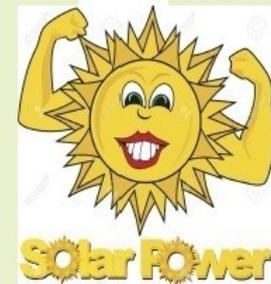
$$2. S = 4'0 \cdot 5'0 = 20 \text{ cm}^2 \cdot 1\text{m}^2/10000\text{cm}^2 = 0'0020\text{cm}^2$$

$\Delta T/\Delta t$ =pendent de la recta (mitjana)=
0'1221(°C/min) · 1min/60s = 0'0021(°C/s)

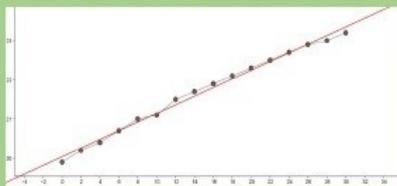
Per tant, finalment obtenim:

$$I = 627000 \cdot 0'0021 = 1320 \text{ W/m}^2$$

$$= 1'32 \text{ kW/m}^2$$

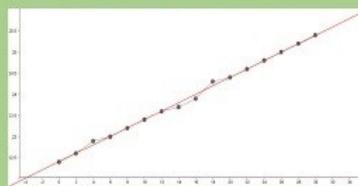


Mesura del 14 d'Abril entre les 9:30-10 (19°C)



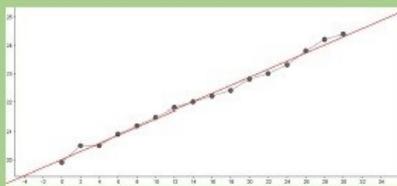
$$Y = 0.11x + 20.04$$

Mesura del 15 d'Abril entre les 12:35-13:05 (17°C)



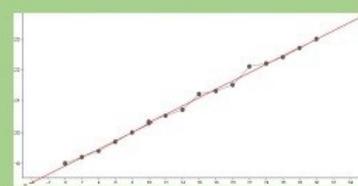
$$Y = 0.1x + 22.41$$

Mesures del 13 d'Abril entre les 9:30-10 (18°C)



$$Y = 0.14x + 20$$

Mesures del 8 d'Abril entre les 12:35-13:05 (17°C)



$$Y = 0.135x + 18.91$$



ENQUESTA DEL CONSUM ELÈCTRIC DOMÈSTIC

ELECTRICITAT	1	2	3	4	5 *	6 *	7	8	9	10	11	12	MITJANA
P. contractada (kW)	1'65	3'45	3'3	5'75	4'6	5'5	3'3	5'75	3'45	4'6	5.75	4.6	
Consum (kWh/dia)	6'89	8'11	5'83	7'25	6'42	8'87	10'8	11'68	7'82	11'8	7.48	7	
Cuina	No elèctrica	Elèctrica	Gas	Elèctrica	Elèctrica	Gas	Elèctrica	Elèctrica	Gas	Elèctrica	Elèctrica	Gas	
Termo	Elèctric	Solar	Gas	Gas	Gas	Gas	Solar	Elèctric	Gas	Gas	Gas	Gas	
Estufes, aire acondicionat...	Estufes	Aire acondicionat	Aire acondicionat	Aparells elèctrics	Aparells elèctrics	Gas	Estufes elèctriques	Aire acondicionat	Aparells elèctrics		Aparells elèctrics	Apar. Elèctr.	
Persones consumint regularment	1	2'5	2	3	4	4	3	5	2	5	3	3	2'95
Empresa	SomE	SomE	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Iberdrola	Viesgo	
Consum kWh/persona.dia	6'89	3'24	2'9	2'42	1'60	2'22	3'6	2'34	3'91	2'36	2.49	2.33	3.2

*Els casos 5 i 6 no s'han tingut en compte a l'hora de fer la mitjana corresponen únicament a la mitjana de dos mesos, no a la de tot l'any com les altres, per tant no són significatives ni acceptables.

Aquesta és l'enquesta que hem realitzat i que ens proporciona el consum mitjà per dia i persona, el qual hem utilitzat en els nostres càlculs posteriors. (Recordem que aquest estudi és vàlid per a la nostra zona; T suaus a l'hivern).



CÀLCUL DE LA SUPERFÍCIE DE PLAQUES SOLARS NECESSÀRIES PER AUTOABASTIR-NOS

Sabent que $I=1'32 \text{ kW/m}^2$, i considerant que ací rebem una mitjana anual de 4h de sol pic (potència o intensitat màxima, com la mesurada per nosaltres enfocant directament al sol), aleshores tindriem:

$$\text{Esolar diària/m}^2 = I \cdot \text{hsp/dia} = 1'32 \text{ kW/m}^2 \cdot 4 \text{ hsp/dia} = 5'28 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia}$$

Tenint en compte que el rendiment de les plaques és del 13%, obtenim:

$$\text{Energia elèctrica solar} = 5'28 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot 13/100 = 0'686 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

Per tant, els m^2 de plaques fotovoltaïques necessàries per autoabastir d'electricitat domèstica a cada persona serien:

$$\text{Superfície de plaques} = E_e \text{ consumida} / E_e \text{ solar/m}^2 = 3'2/0'686 = 4'66 \text{ m}^2$$

aprox 5 m^2 plaques persona



Mesurant la llum

(Nou treball, 2017)

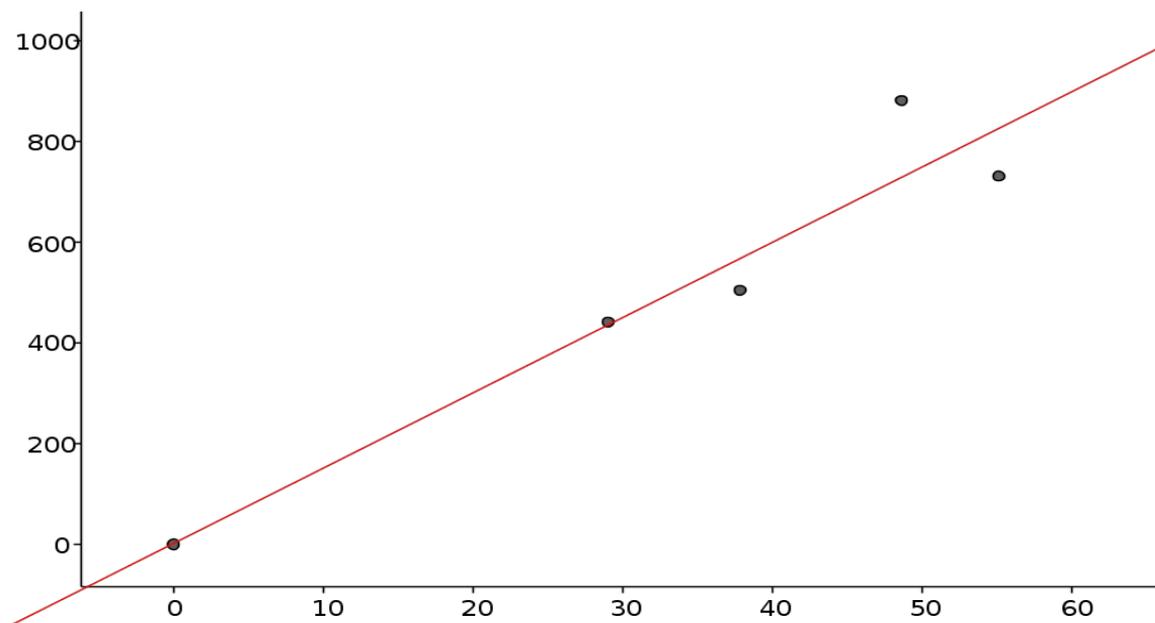
Continuant els treballs experimentals realitzats en l'Institut durant els cursos anteriors per mesurar i avaluar les possibilitats de l'energia solar, enguany hem realitzat una ampliació i millora interessant, en la qual han participat 7 alumnes voluntaris de 1^r de batxillerat: Ferran, Sara, Encarna, Anastasia, Ana, Pablo i David. Ha resultat un poc complicat perquè, amb els canvis curriculars, ens han deixat sense optatives de laboratori (absurd però real) i tinguérem que fer-ho tot fóra d'hores de classe; la qual cosa té cert mèrit, perquè no és fàcil que alumnes de 16 anys es queden voluntàriament a fer pràctiques de FQ després de les seues classes...

En resum, l'any anterior construïrem un calorímetre senzill amb el qual mesuràrem l'energia solar que rebem però cada resultat final necessita mitja hora de mesures de temperatura i temps, de manera que el dispositiu resulta laboriós i lent, poc pràctic. Aleshores, aquest curs ens hem plantejat un muntatge diferent per mesurar la intensitat solar en temps real aprofitant l'efecte fotoelèctric.

Així doncs, hem connectat una petita cèl·lula fotovoltaica en sèrie amb un mil·liamperímetre: la cèl·lula transforma immediatament la llum que rep en electricitat i aquesta és mesurada en temps real pel mil·liamperímetre. Com la intensitat elèctrica generada en curtcircuit (I_e , en mil·liamperes, mA) és directament proporcional a la intensitat solar incident (I_s , en watts per metre quadrat, w/m^2), sols hem d'obtindre l'equació que les relaciona en el nostre dispositiu (calibrat) per calcular la I_s en funció de la I_e que mesurem directament.



Per calibrar el dispositiu utilitzarem el calorímetre del curs anterior, millorat amb més aïllament; amb ell mesurarem la I_s incident en diferents hores per tindre diferents valors i paral·lelament, amb el mil·liamperímetre, mesurarem la I_e que originava cadascuna d'aquestes intensitats solars. Així obtindrem una sèrie de dades I_s/I_e amb les quals construïrem la gràfica adjunta (en horitzontal mA i en vertical w/m^2), a partir de la qual calcularem l'equació que lliga ambdues variables.

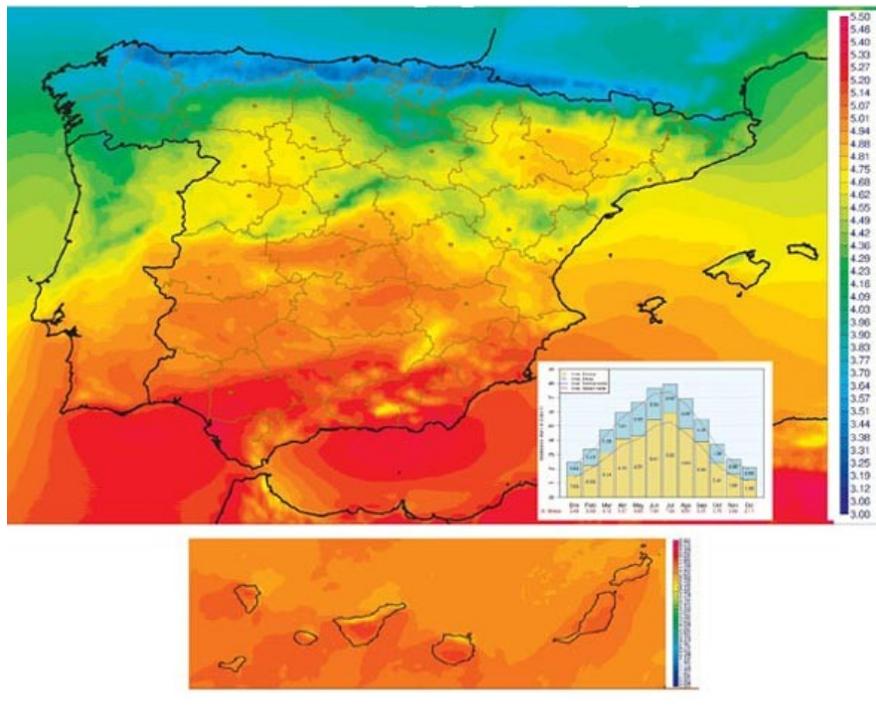


La correlació lineal resulta acceptable perquè el coeficient $R^2=0,92=92\%$, i l'equació corresponent és:

$$I_s = 15 \cdot I_e$$

Tal com havíem suposat la relació és lineal i amb l'equació obtinguda podem mesurar la intensitat solar en temps real a partir dels mA que indica l'aparell, simplement multiplicant-los per 15. Així, per exemple, el dia 22-3-2017 a les 14:30h vam mesurar 51 mA, la qual cosa indica que estàvem rebent uns $765 w/m^2$ d'intensitat solar.

La idea era mesurar després la mitjana horària, diària i anual de l'energia solar que rebem per metre quadrat, amb la qual podríem calcular la superfície de plaques que necessita un centre com el nostre per autoabastir-se d'electricitat solar. No tinguérem temps de fer-ne més mesures i simplement buscarem en els [mapes d'intensitat solar](#) (Aemet) la mitjana anual que rebem per m^2 , calcularem l'electricitat que generen les plaques fotovoltaïques amb el rendiment del 13% i, agafant els rebuts del consum elèctric de l'Institut, calcularem que necessitem uns $390 m^2$ de plaques solars per autoabastir-nos, una superfície molt inferior a la que tenim en les terrasses i sostres.



També calculàrem el cost de la instal·lació (plaques, regulador, inversor, etc.) i que, als preus actuals de l'electricitat, aquesta s'amortitzaria en 6 anys, possiblement menys si considerem que el preu de l'electricitat comercial puja cada any i el de les instal·lacions fotovoltaïques baixa. Per tant, com les plaques solars funcionen més de 25 anys, el canvi resultaria molt recomanable econòmicament i encara més ecològicament.

El mateix es podria dir de qualsevol altra instal·lació d'autoconsum fotovoltaic, siga domèstica, institucional, industrial, etc.: si es té prou terrassa o sostre assolellats, la instal·lació fotovoltaica interessa econòmicament perquè estalvia molts diners, s'amortitza en pocs anys i després l'energia que genera durant molts anys resulta gratis total. I el seu impacte ambiental, sobre edifici ja construït, és nul.

Això seria si ací tinguérem una llei d'autoconsum raonable, com la que tenen països com Alemanya, per exemple, que amb un 40% menys de sol ja té instal·lades 8 vegades més plaques fotovoltaïques que Espanya...

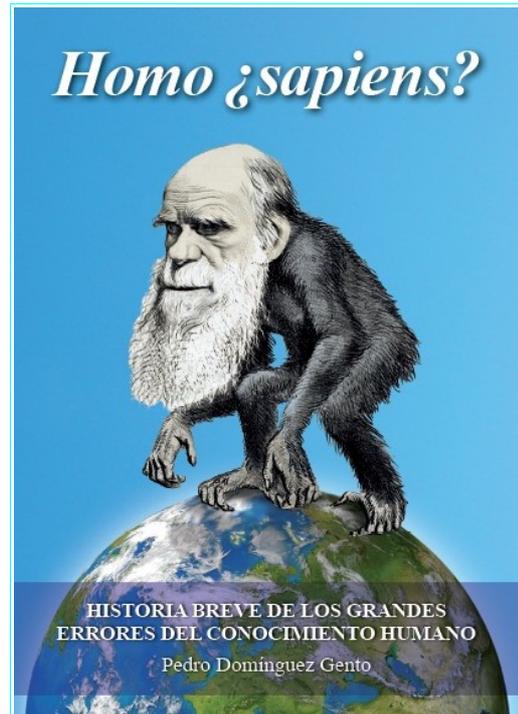
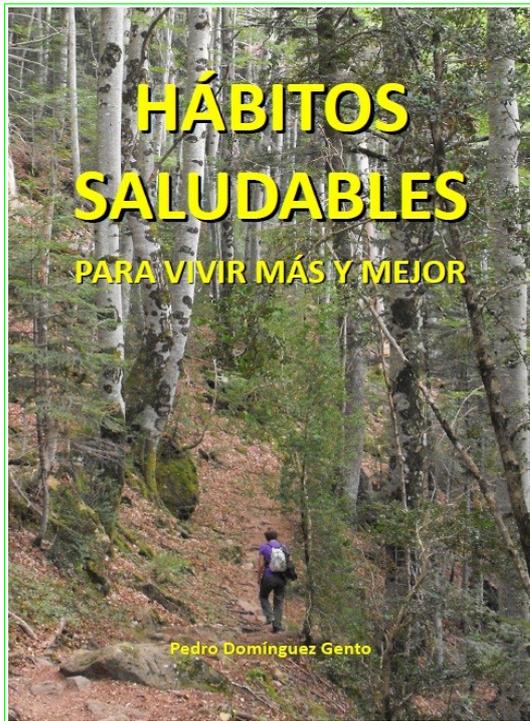
Els mòduls solars de calfar aigua domèstica no patixen de cap impost al sol ni de traves burocràtiques i poden substituir sense problemes, inclús a Espanya, els cars i antiquats termos elèctrics. Amb l'electricitat que estalvien, els mòduls solars s'amortitzen en uns 5 anys i són absolutament recomanables per a tots els habitatges que disposen de 2 m² de terrassa o sostre assolellats.

Som molt pobres en energies convencionals (petroli, gas natural, carbó i urani), fins i tot en hidràulica, i l'eòlica té impactes ambientals indesitjables, però en canvi **som molt rics en energia solar, per què no l'aprofitem?**

Pedro Domínguez

LIBROS DIDÁCTICOS DEL AUTOR:

(Clicando sobre esta portada
vas al resumen
del libro)



(Y sobre ésta
vas a la web de
La Ribera en Bici y
puedes descargarlo gratis)