SOCIEDAD 100% RENOVABLE:

¿NOS ESTAMOS HACIENDO TRAMPAS AL SOLITARIO?

II. JORNADA ENERGÍA SOCIAL. GOIENER 5 AÑOS

Energia Soziala

II. JARDUNALDIA

goiener 5 urte

Pedro Prieto
Donostia 24.11.2018

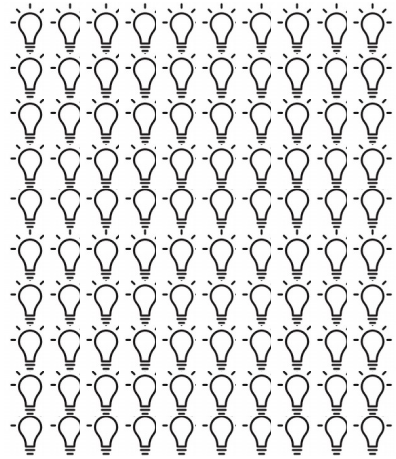
La evolución humana en términos de transiciones energéticas y ecológicas

Australopiteco
=2.900 Kcal/día
=100W comida

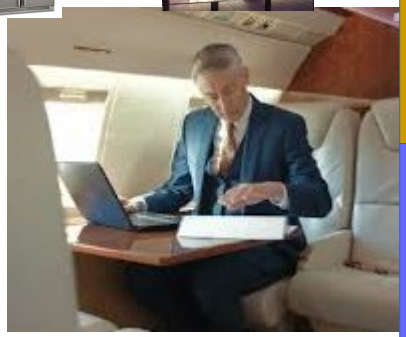
Homo erectus
=100w comida
+ 100w fuego

Agricultores primitivos
= 200w comida
+ 200w uso doméstico +comercio
+ 200w industria y agricultura

Agricultores modernos
= 300w comida
+ 600w uso doméstico+comercio
+ 350w industria y agricultura
+ 100w transporte



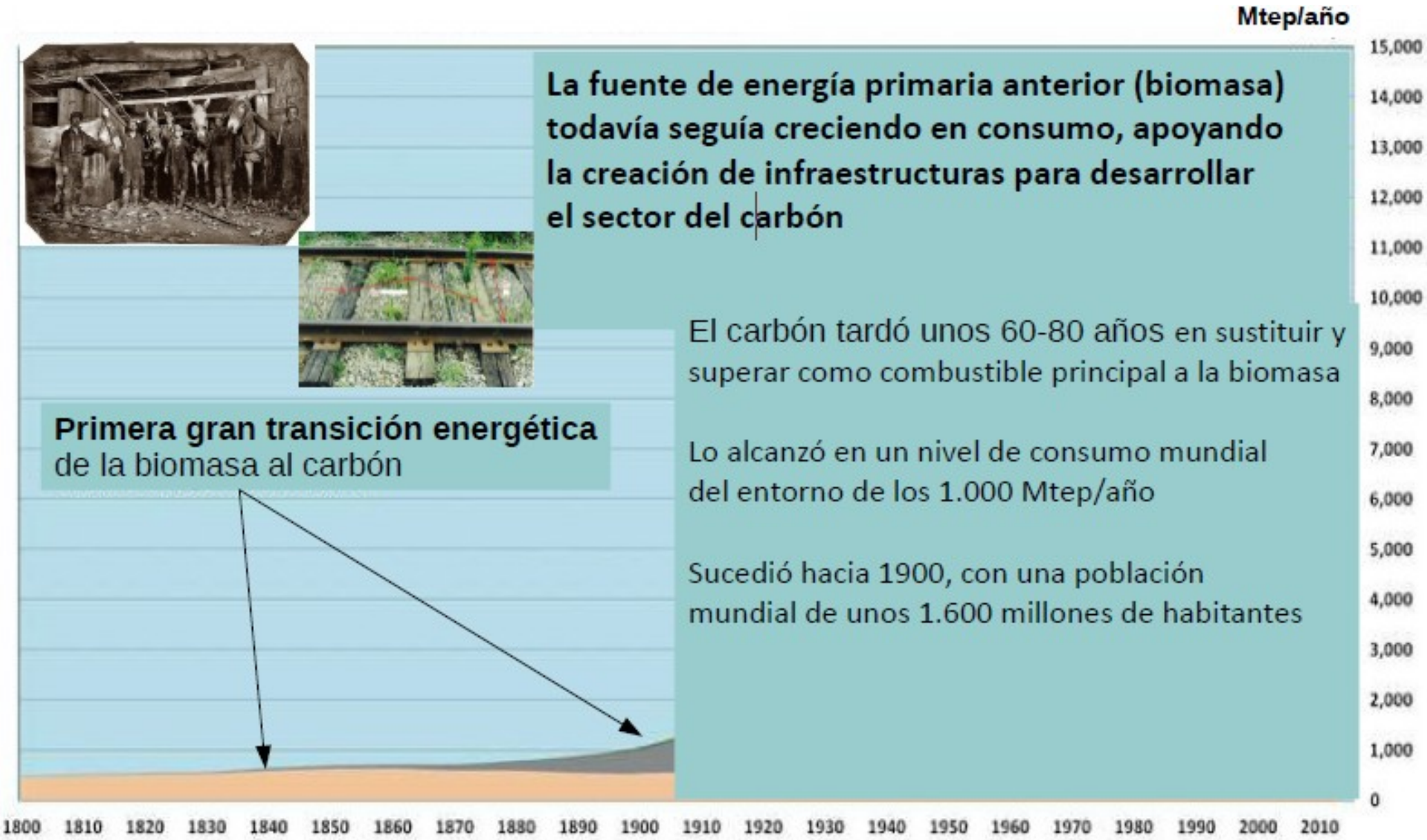
Homo industrialis
= 350w comida
+ 1.600w uso doméstico+comercio
+ 1.200w industria y agricultura
+ 700w transporte



Homo technologicus
= 500w comida
+ 3.300w uso doméstico+comercio
+ 4.500w industria y agricultura
+ 3.200w transporte

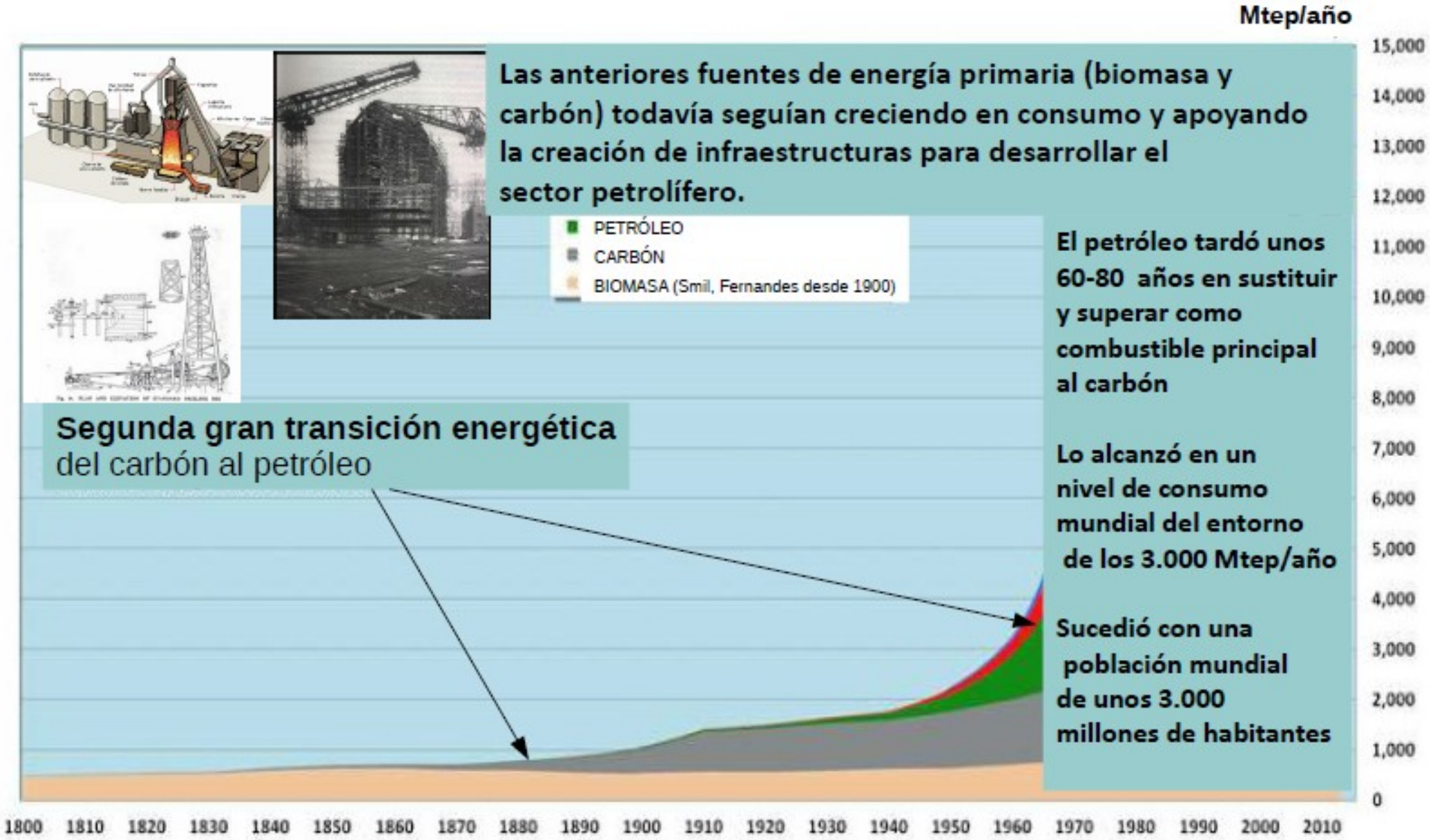
Fuentes: Earl Cook. The Flow of Energy in an Industrial Society. Scientific Research. 1971
Colin Campbell. University of Clausthal. Year 2000. ASPO

¿Qué cambió hace unos 130 años?
Una gran transición



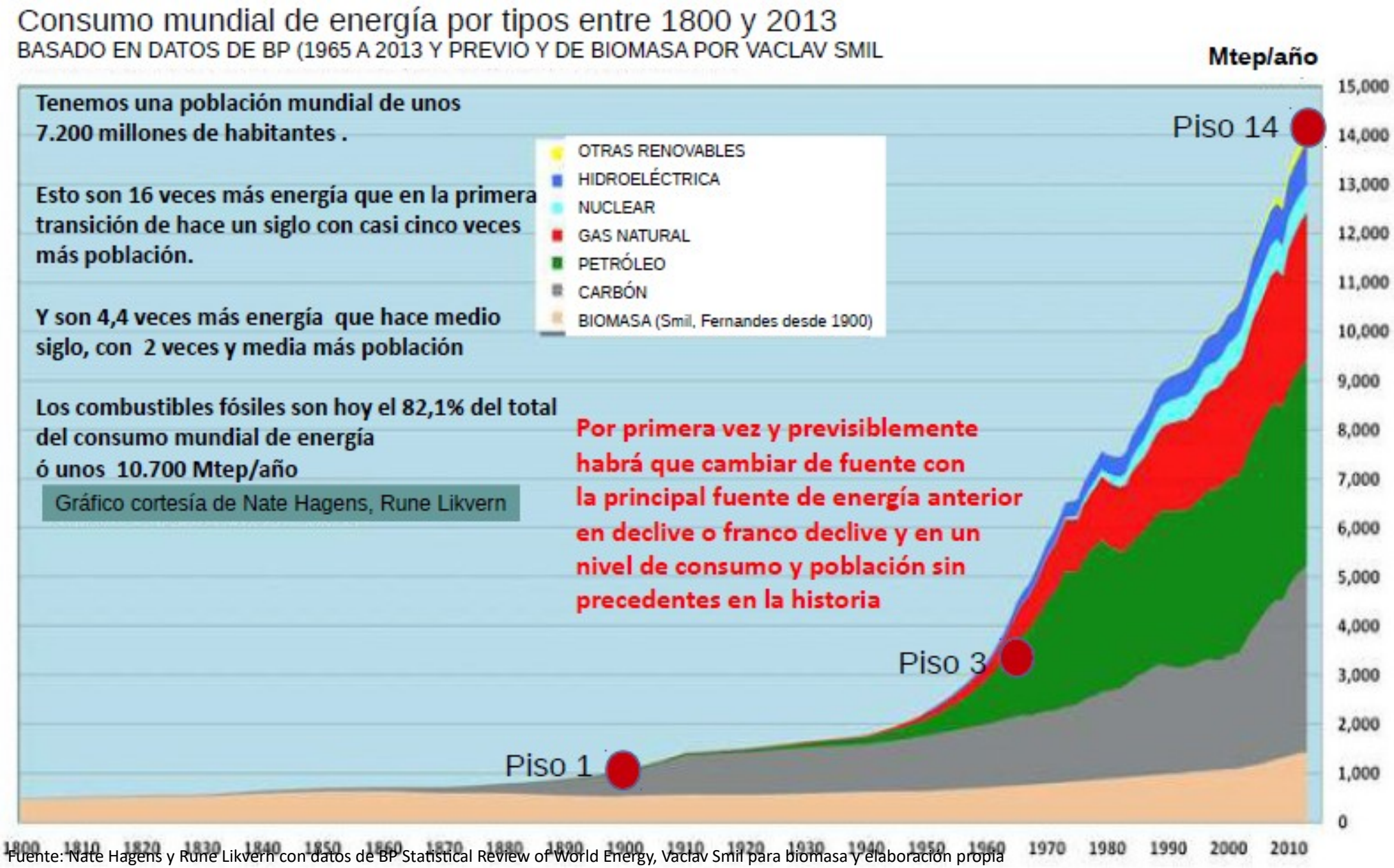
Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia

¿Qué volvió a cambiar hace unos 50 años?
Otra gran transición



Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia

¿Dónde estamos ahora?
¿Qué transición nos toca?

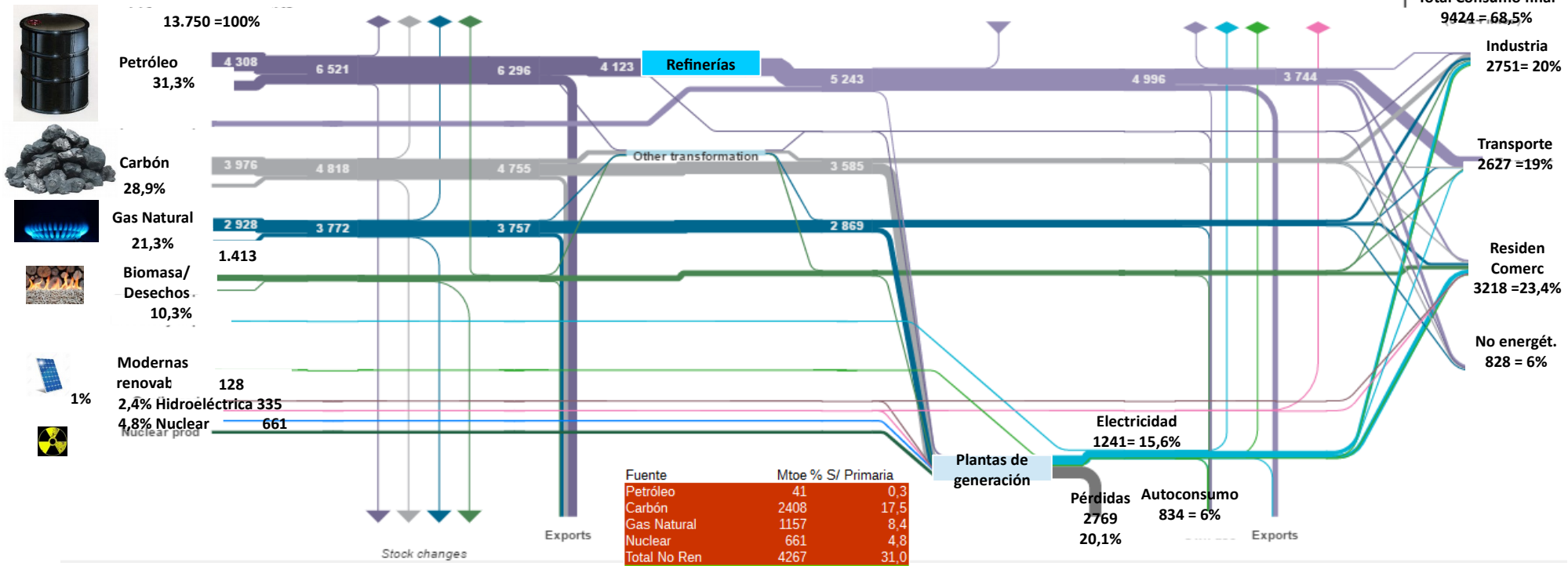


Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia

El consumo de energía en la actualidad
El estado A de la transición actual

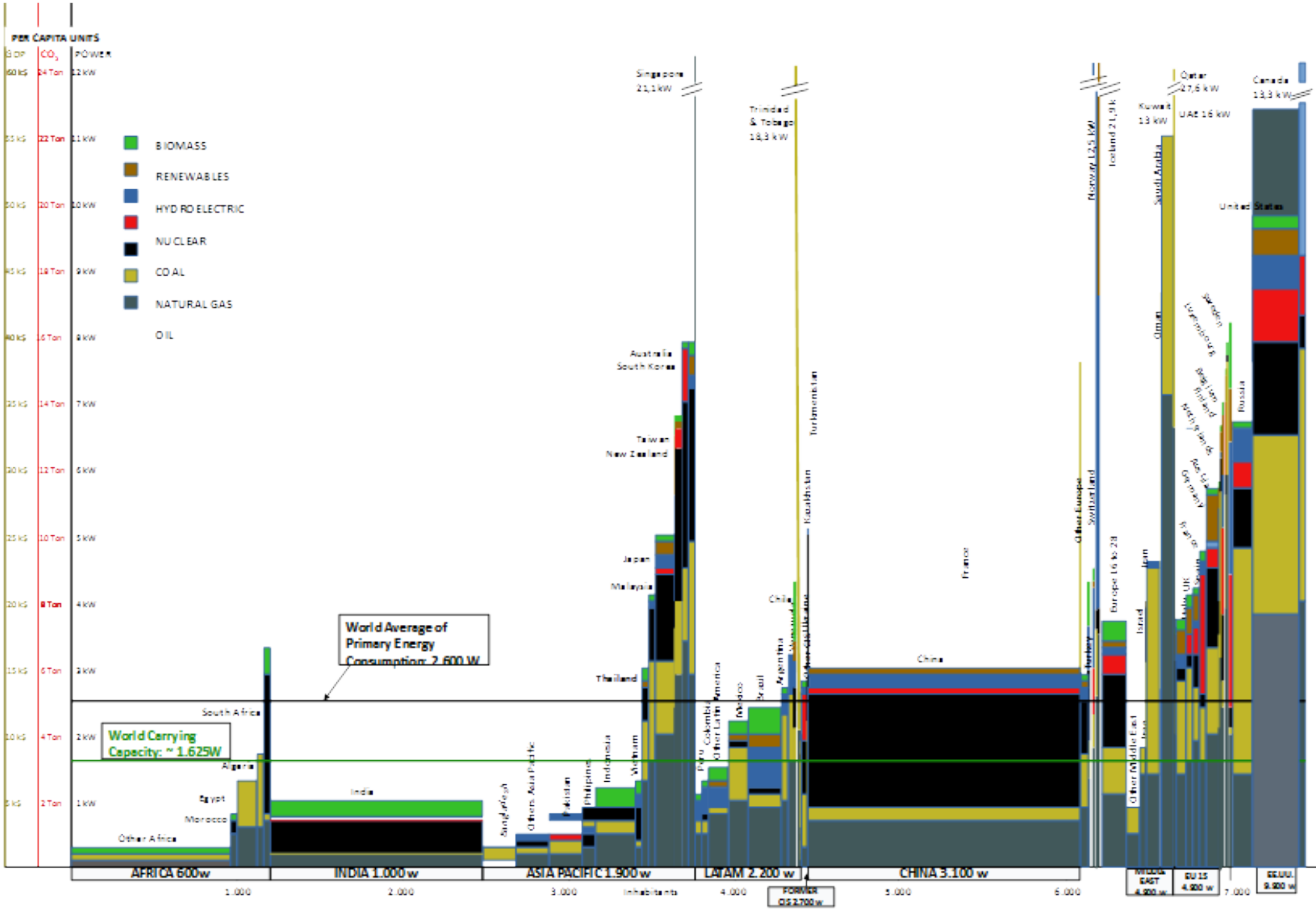
Mundo 2014

Millones de toneladas equivalentes de petróleo



Fuente	Mtoe	% S/ Primaria
Petróleo	41	0,3
Carbón	2408	17,5
Gas Natural	1157	8,4
Nuclear	661	4,8
Total No Ren	4267	31,0
Biomasa/Res	164	1,2
Hidroeléctrica	335	2,4
Renova. Mod	144	1,0
Total Ren	643	4,7
Gran Total	4910	35,7

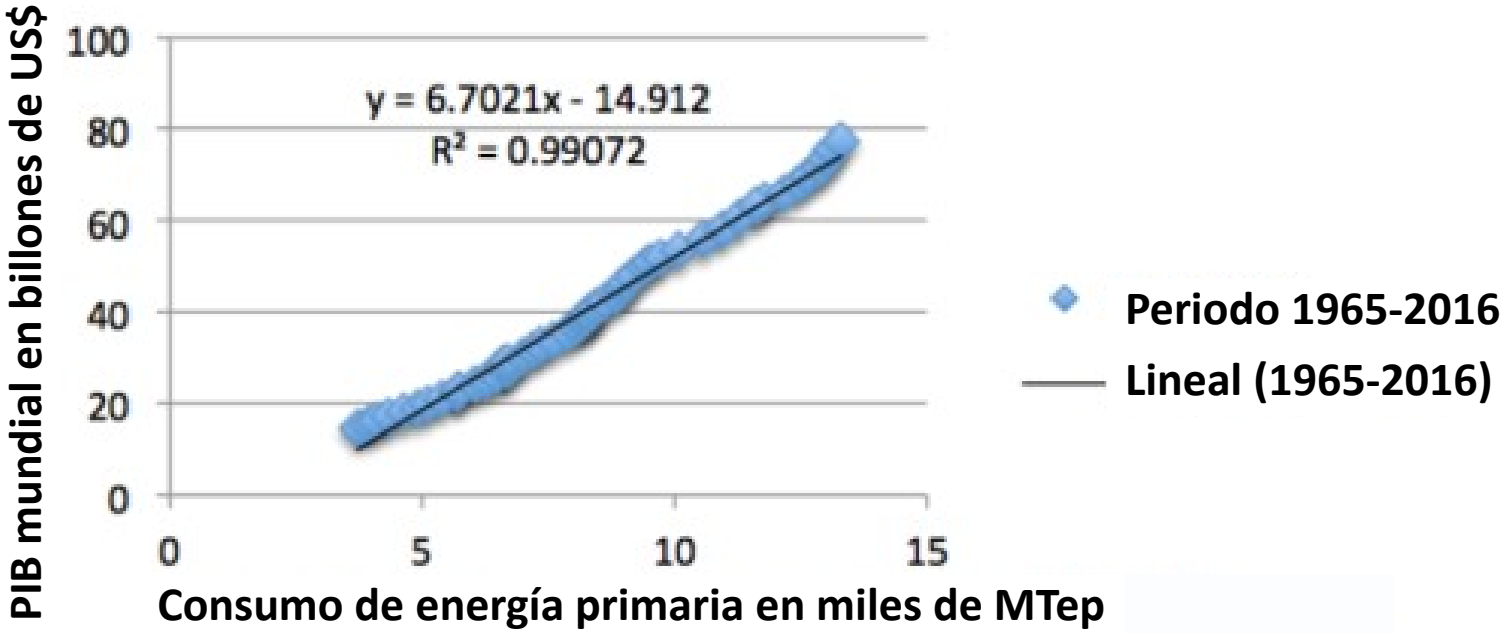
PRIMARY ENERGY CONSUMPTION PER TYPE OF ENERGY, CO2 EMISSIONS AND GDP PER CAPITA, PER COUNTRY AND MAIN REGIONS



Sources: BP Statistical Yearbook 2018 (data 2017) for primary energy and CO2 emissions and convert on tables. Biomass from https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEPsurveys_Bioenergy_2016.pdf
Population from https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_and_dependencies_by_population. GDP Nominal from IMF 2018

La muy directa relación entre actividad económica y consumo de energía primaria

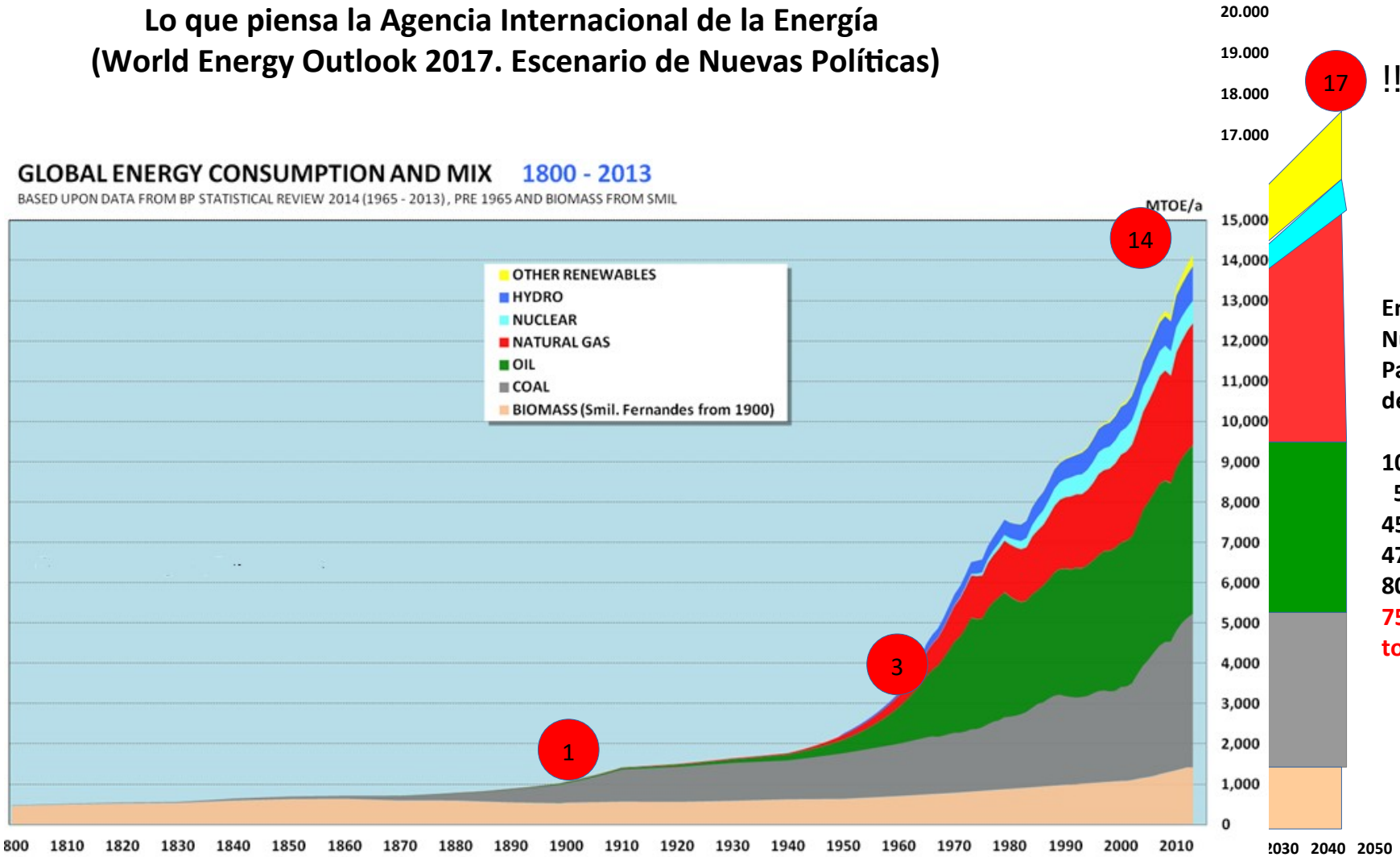
Consumo de energía primaria frente al PIB mundial en US$ de 2006. Periodo entre 1965 y 2016



Fuente: Gail Tverberg. Our Finite World
https://ourfiniteworld.com/2017/10/18/the-approaching-us-energy-economic-crisis/2-energy-consumption-and-gdp-highly-correlated/

¿Adónde queremos, debemos o podemos ir? (Energéticamente hablando)

Lo que piensa la Agencia Internacional de la Energía (World Energy Outlook 2017. Escenario de Nuevas Políticas)



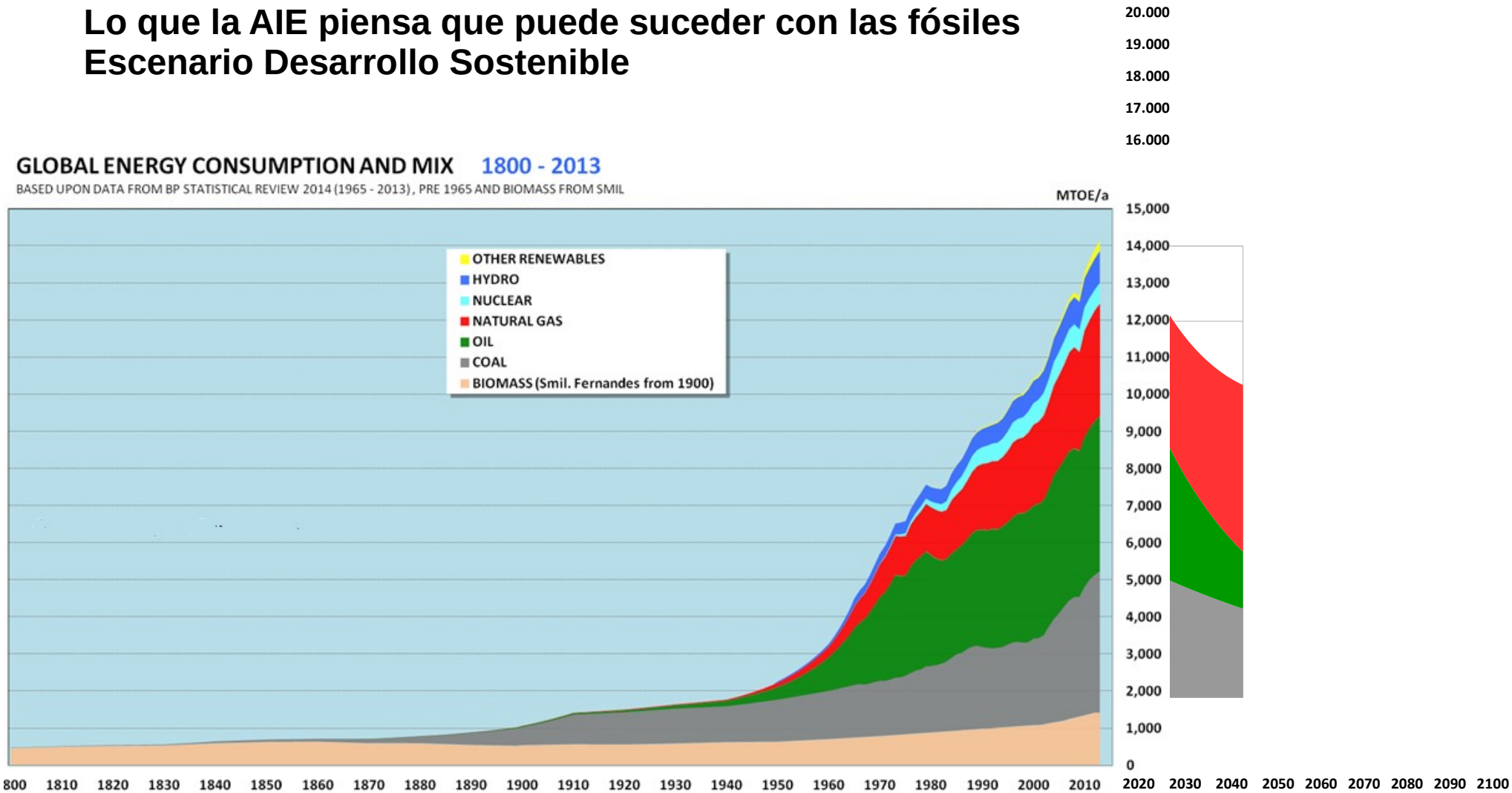
En el escenario Nuevas Políticas Para 2040 respecto de 2016:

10% más de petróleo
5% más de carbón
45% más de gas
47% más de nuclear
80% más de renovables
75% de la energía sería todavía fósil (6,6% nucl)

Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia Agencia Internacional de la Energía World Energy Outlook de 2017.

¿Adónde queremos, debemos o podemos ir? (Energéticamente hablando)

Lo que la AIE piensa que puede suceder con las fósiles
Escenario Desarrollo Sostenible

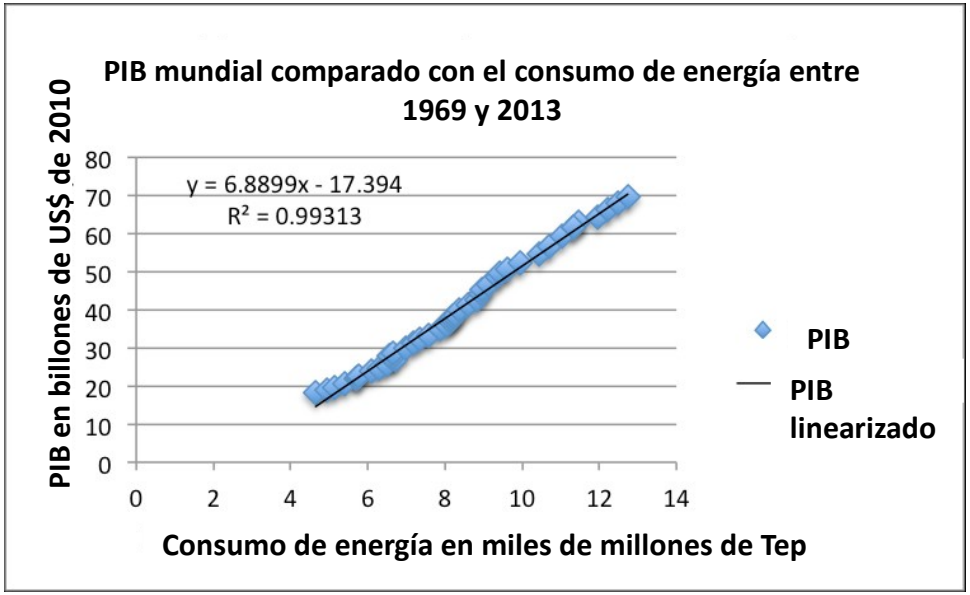


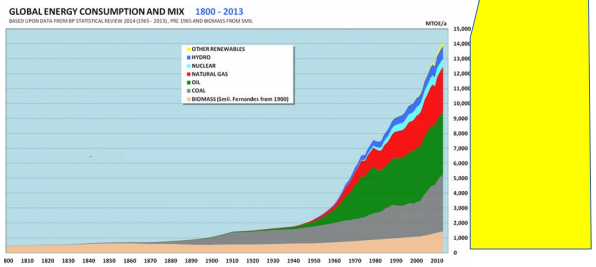
Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia
Euan Mearns. Tomado de The Oild Drum http://euanmearns.com/are-we-running-out-of-oil-gas-and-coal/

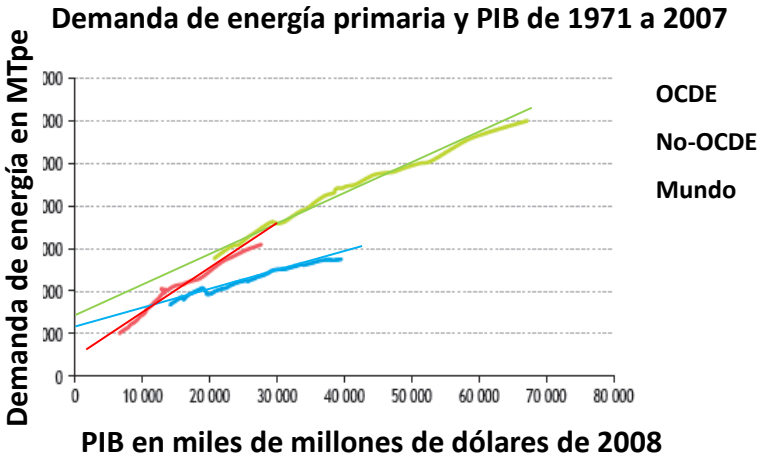
¿Adónde queremos, debemos o podemos ir? (Energéticamente hablando)

Lo que desean fervientemente todos los gobiernos y muchos empresarios y ciudadanos:

Crecer a un ritmo de un 3% anual (acumulativo), para crear empleo. Matemáticamente, en 2100 deberiamos pasar de los 14.000 Mtep a más de 160.000 Mtep (unas 12 veces más que hoy)



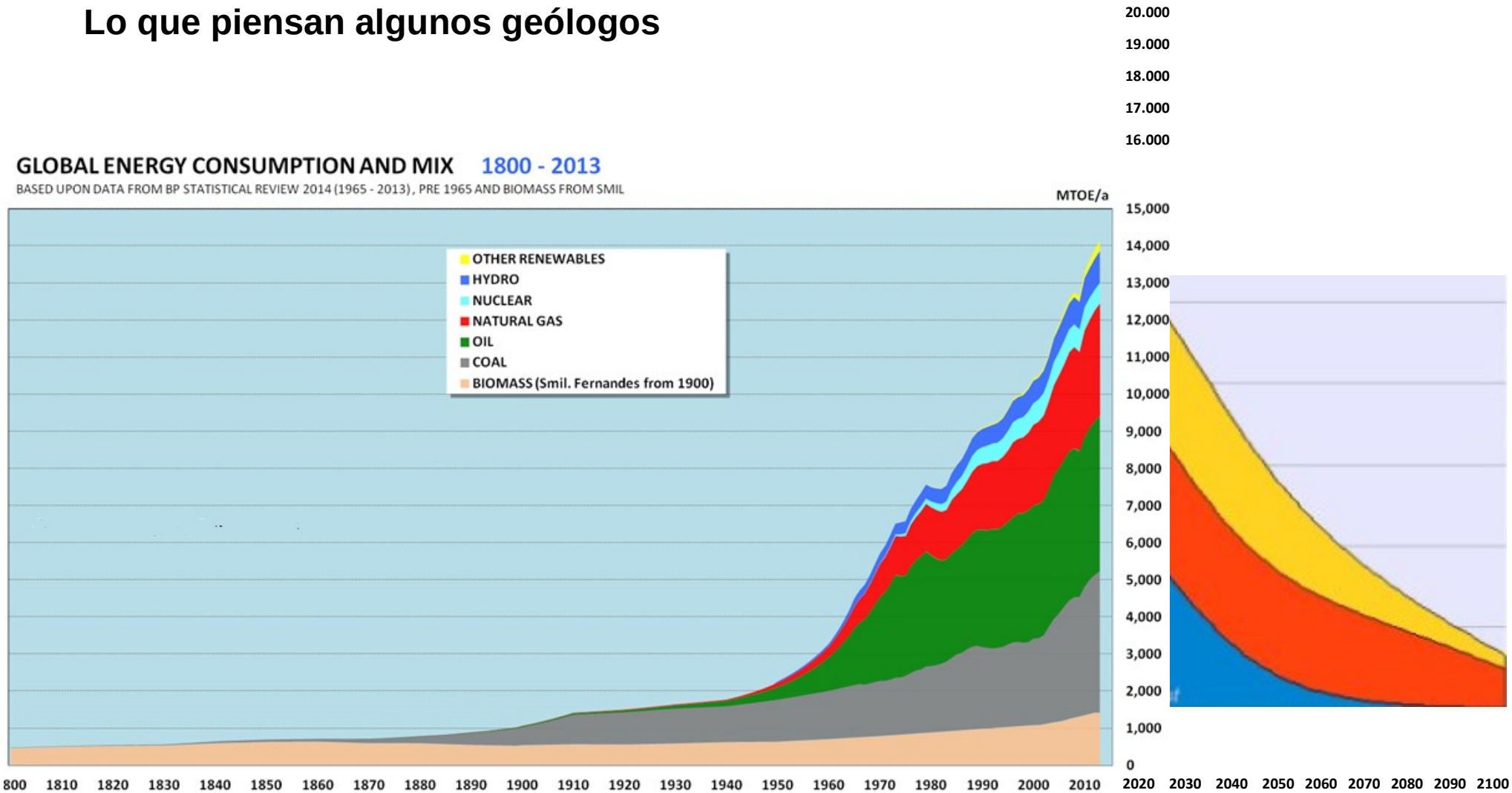




Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia
Gail Tverberg. Our finite World. World Energy Outlook (WEO) 2009 de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Página 59

¿Adónde queremos, debemos o podemos ir? (Energéticamente hablando)

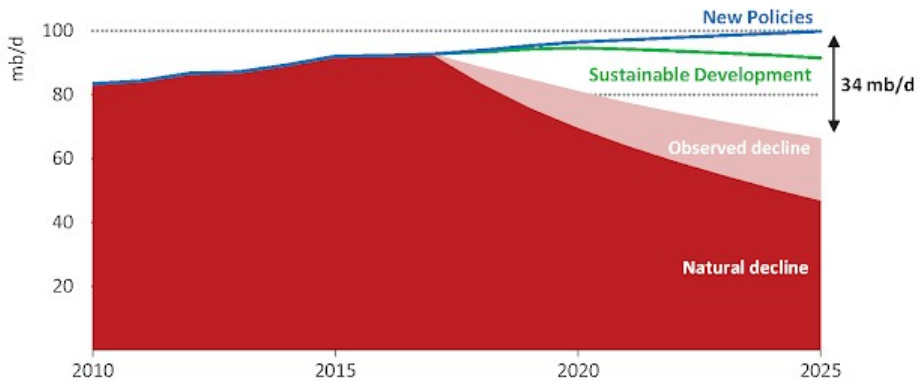
Lo que piensan algunos geólogos



Fuente: Nate Hagens y Rune Likvern con datos de BP Statistical Review of World Energy, Vaclav Smil para biomasa y elaboración propia
Euan Mearns. Tomado de The Oild Drum http://euanmearns.com/are-we-running-out-of-oil-gas-and-coal/

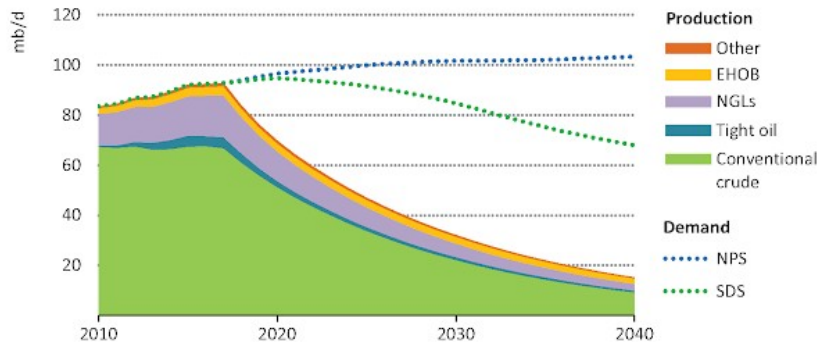
Lo que acaba de decir la AIE
y el problema de los combustibles pesados

Figure 1.19 ▷ Declines in current oil production and demand in the New Policies and Sustainable Development scenarios



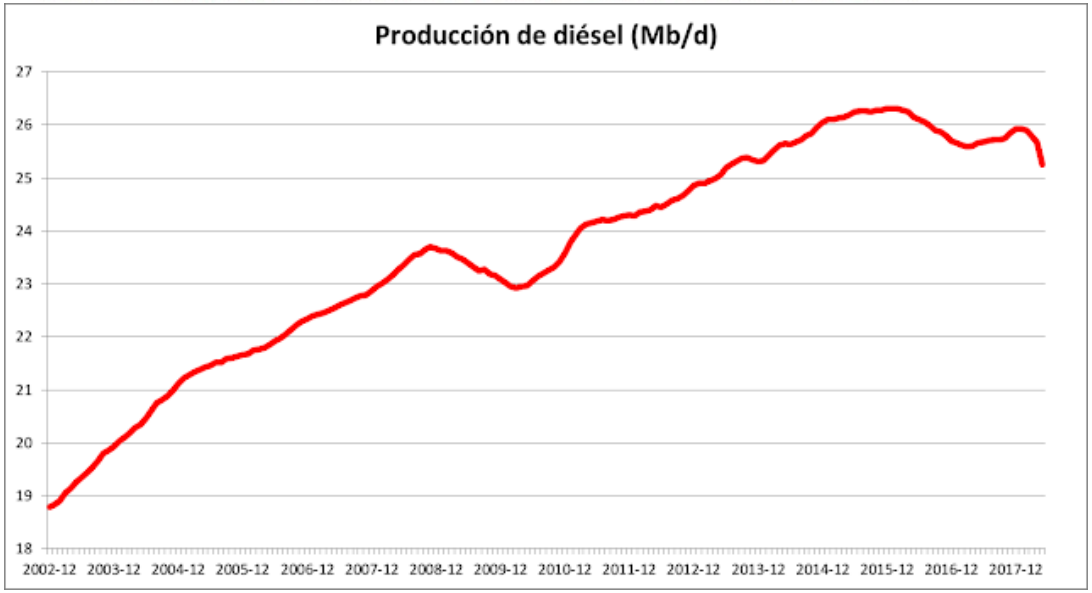
Observed and natural declines in oil production are much faster than the drop in demand in the Sustainable Development Scenario: new upstream investment remains crucial

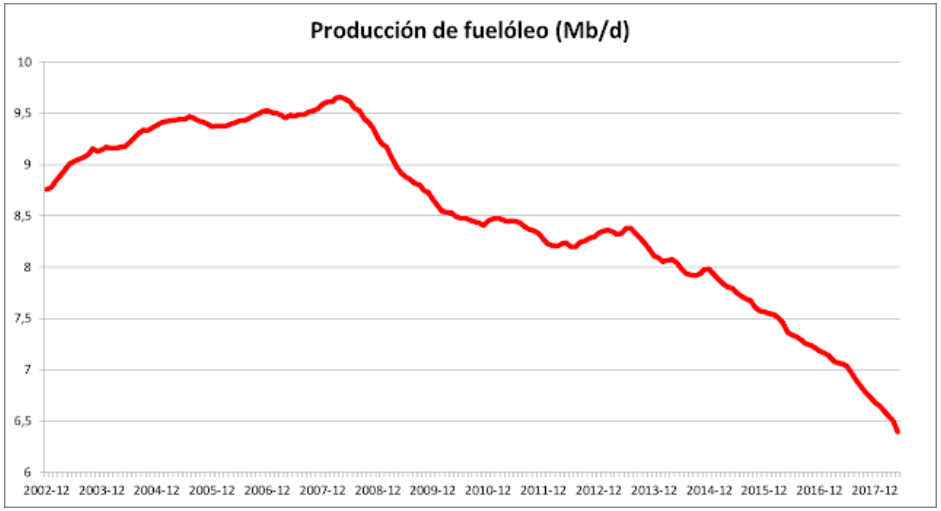
Figure 3.13 ▷ Oil production with no new investment from 2018 and demand in the New Policies and Sustainable Development scenarios



With no new investment, global oil production would halve by 2025: an average loss of nearly 6 mb/d every year

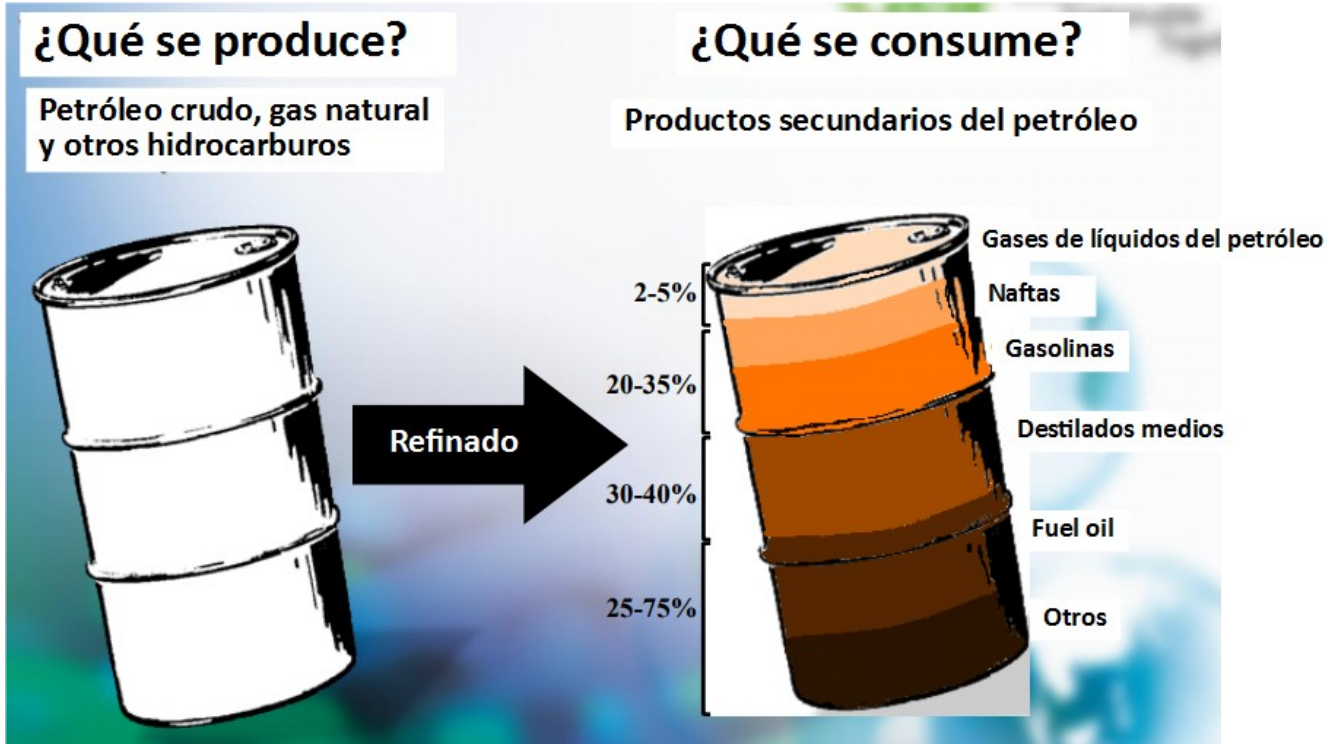
Note: EHOB = extra-heavy oil and bitumen; NGLs = natural gas liquids; NPS = New Policies Scenario; SDS = Sustainable Development Scenario.





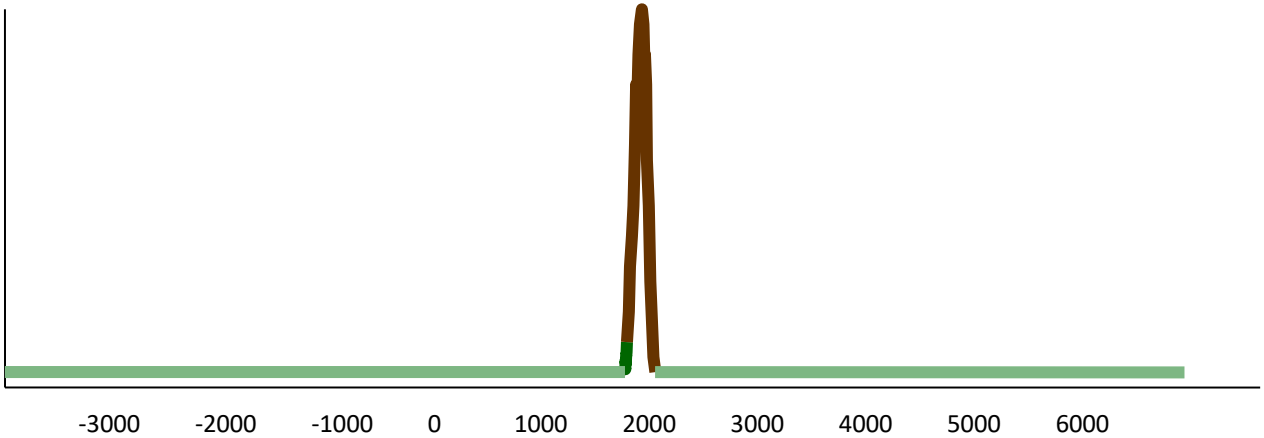
Fuentes: AIE WEO 2018 y Antonio Turiel The Oil Crash

Lo que acaba de decir el Ministerio de la Transición Ecológica



Año 2016. España	Cantidad en ktons	Estructura Consumo del crudo en%
Consumo de gasolinas		
95 I.O.	4.376	7,6
98 I.O.	376	0,7
Otras gasolinas	4	0,0
GLP	2.509	4,4
Total	**7.265**	**12,7**
Consumo de gasóleos		
Gasóleo A		
Gasóleo turismos	6.509	11,3
Gasóleo camiones	10.762	18,7
Gasóleo furgonetas	4.603	8,0
Gasóleo autobuses	499	0,9
Gasóleo B (agrícola, pesquero, etc.)	3.911	6,8
Gasóleo C (calefacción o calor)	1.855	3,2
Biodiesel	5	0,0
Biodiesel mezcla	13	0,0
Otros gasóleos	2.025	3,5
Total	**30.182**	**52,6**
Consumo de kerosenos		
Aviación	5.893	10,3
Otros gasóleos		
Total	**5.894**	10,7
Consumo de fuelóleo y otros productos		
Fuelóleo BIA	2.221	3,9
Otros	6.399	11,1
Total fuelóleos	**8.620**	15,0
Lubricantes	396	0,7
Asfaltos	734	1,3
Coque (altos hornos, etc.)	2.189	3,8
Otros	2.119	3,7
Total otros productos	**5.438**	**9,5**
Gran Total	**57.399**	

Formas de mirar y visiones del mundo



La mirada bursátil

La mirada financiera

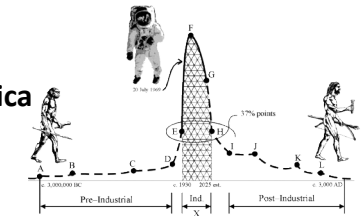
La mirada empresarial

La mirada política
(visión electoral)

La mirada humana

La mirada geológica
Explotación de un
recurso finito

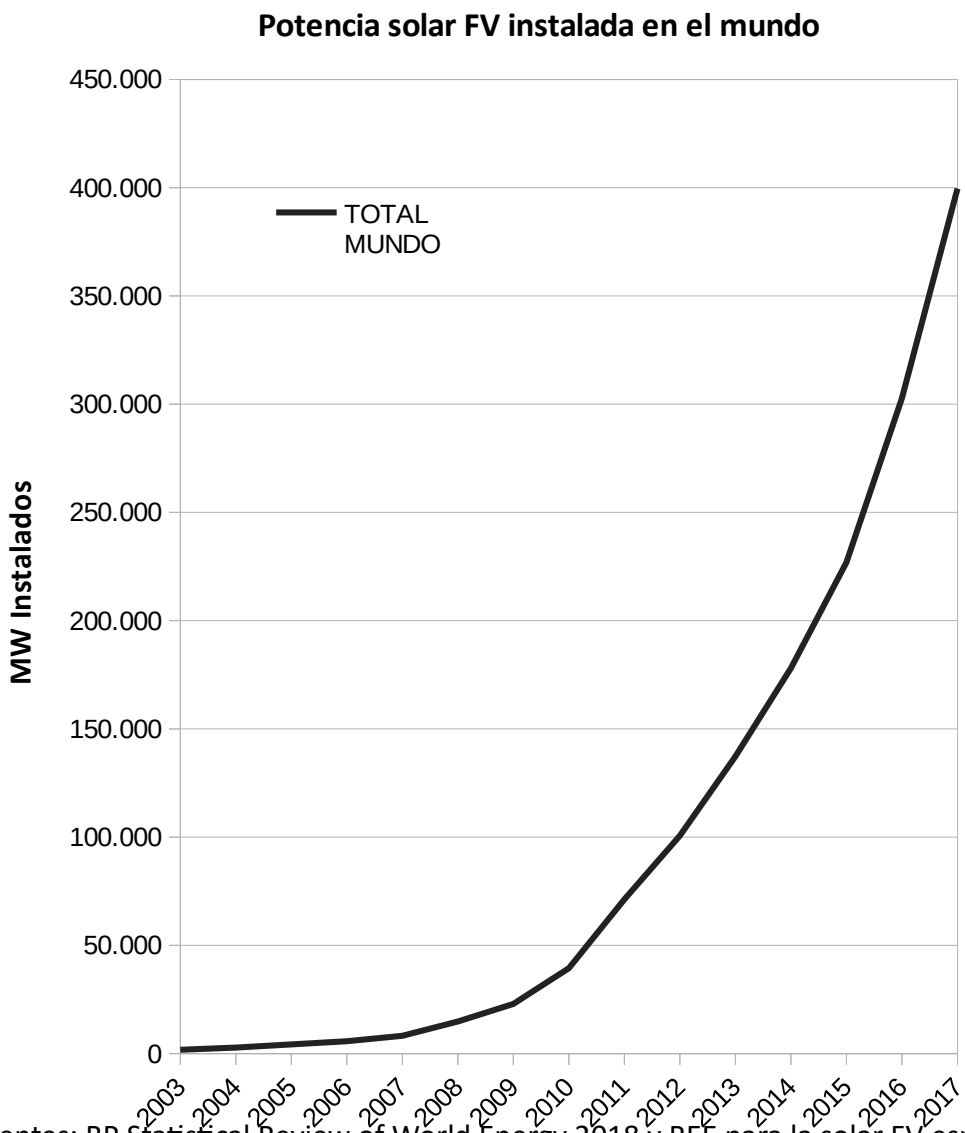
La mirada antropológica



La solución….

LA SOLUCIÓN A LA CRISIS ES SENCILLÍSIMA: SÓLO HAY QUE CONSUMIR MÁS PARA REACTIVAR LA ECONOMÍA, Y CONSUMIR MENOS PARA NO CARGARNOS EL PLANETA
EL ROTO
elroto@iniciaes

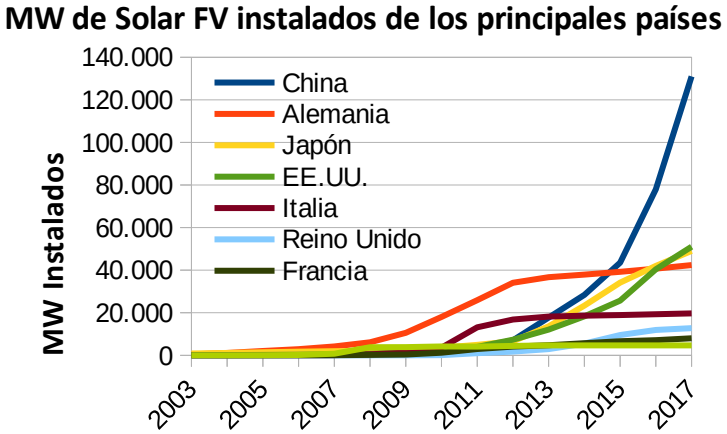
Evolución de la energía solar FV en el mundo



Hay signos de cansancio exponencial no sólo en España desde 2010, sino en toda Europa y en EE. UU.

Solo China continúa su ascenso y aunque sus razones pueden ser otras, también da algún signo de frenar su crecimiento expansivo

Evolución de cuota de mercado de fabricación solar FV						
Año	Japón	Europa	China	Taiwan	EE.UU.	Resto Mundo
2003	49,0%	26,0%			13,0%	12,0%
2007	34,0%	28,0%	15,1%	6,7%	6,7%	9,3%
2016	2,0%	4,0%	78,0%		3,0%	13,0%



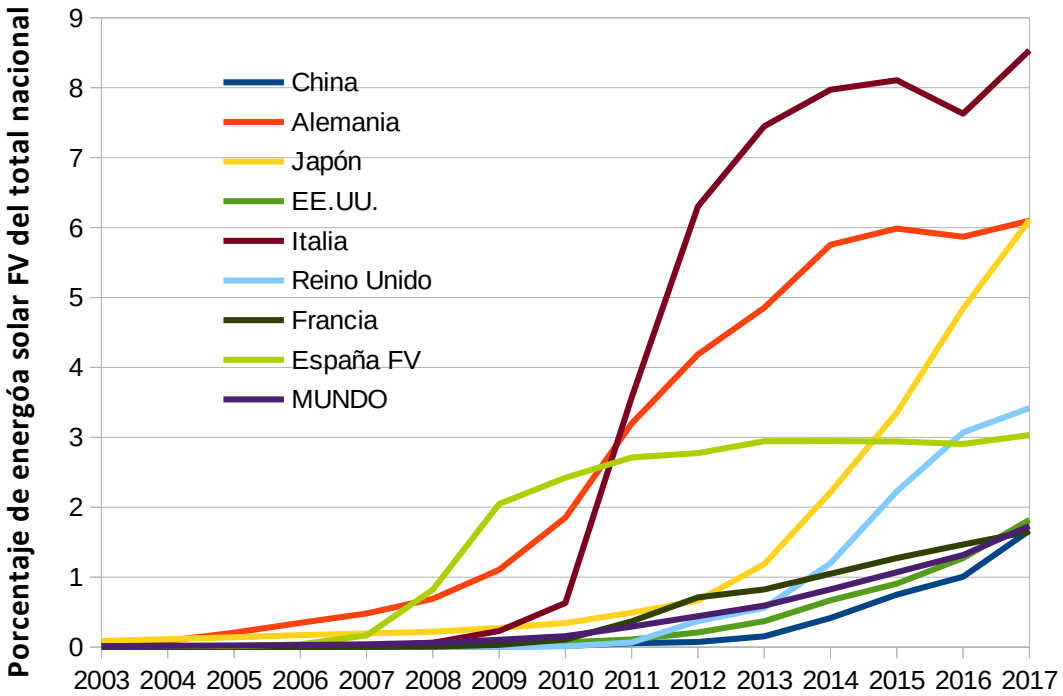
Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018 y REE para la solar FV española
European Commission in 2003. EPIA/Greenpeace in 2007. Fraunhofer Institute PV October Report in 2016

Evolución porcentual de la participación solar FV en la generación eléctrica de cada país y del mundo

Alemania, con 42.394 MW instalados apenas cubre el 6% de su demanda.

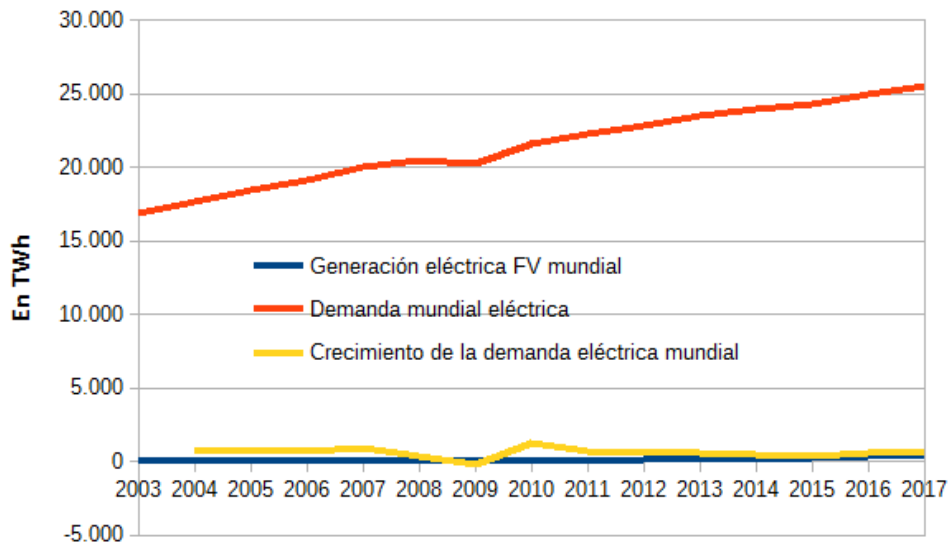
España con 9 veces menos potencia instalada, cubre el 3% de su demanda.

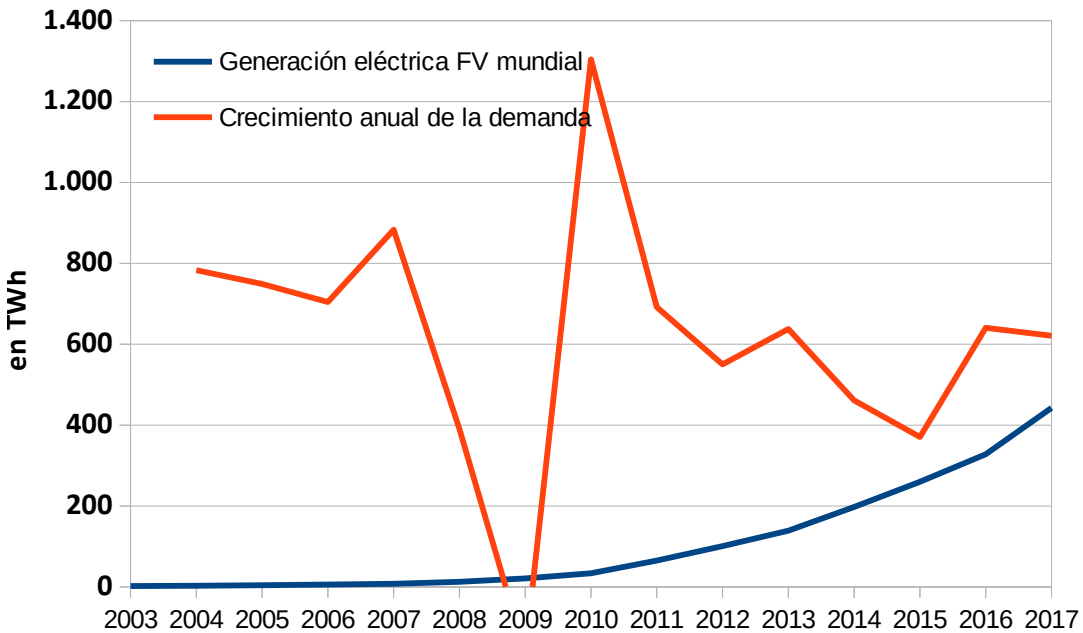
A pesar del crecimiento exponencial de los últimos años, la penetración solar FV apenas alcanza el 1,7% del total de la demanda eléctrica mundial



Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018 y REE para la solar FV española

Evolución de la participación solar FV en la generación eléctrica en el mundo





La solar FV no está sustituyendo, al menos hasta 2017, ni siquiera el crecimiento de la demanda mundial no digamos ya aspirando a sustituir la generación no renovable

….pero resulta que un solo año de crecimiento mundial de la demanda eléctrica, ya supone más consumo que el que ofrece TODA la generación mundial FV desde el principio de los tiempos….

¡Es el modelo, estúpidos!

Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018 y REE para la solar FV española

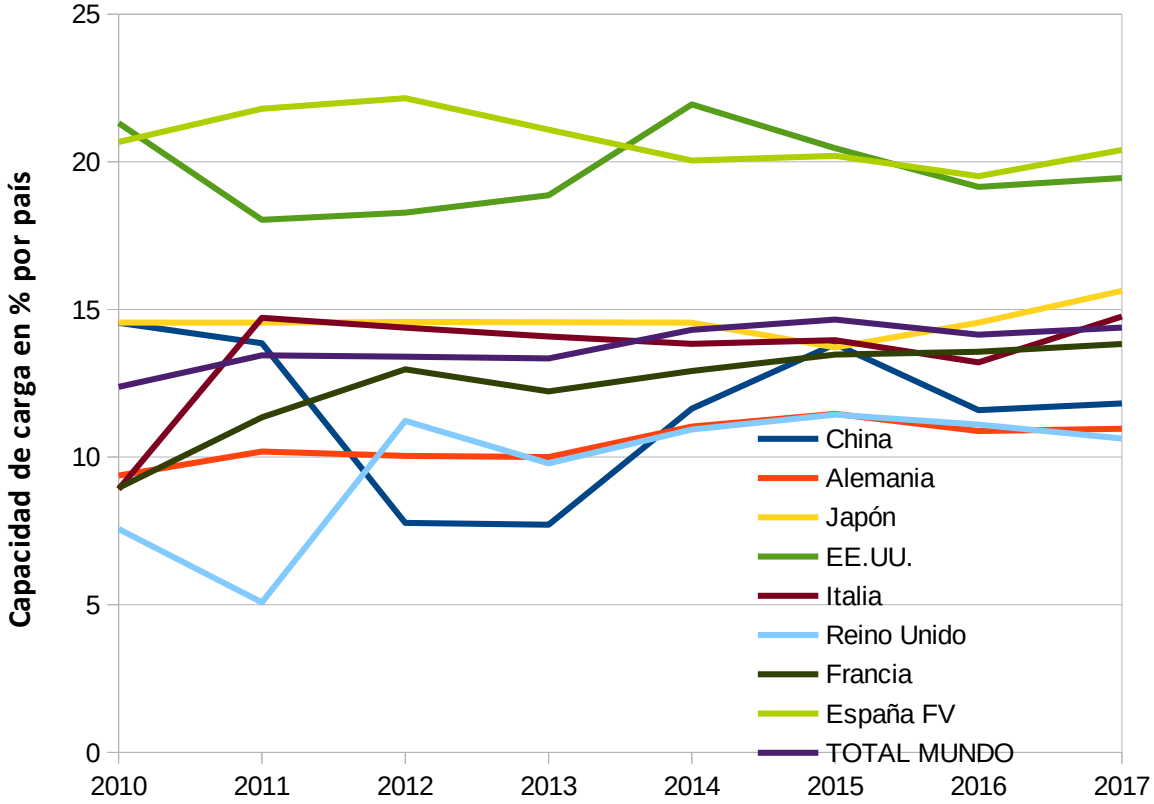
Evolución del factor de carga de la energía solar FV en el mundo y en los principales países

España y EE. UU. tienen el mejor aprovechamiento real operativo.

El resto de los países, incluida Alemania, tienen rendimientos ínfimos sobre los ejercicios teóricos de generación.

España no lo está haciendo tan mal, técnicamente hablando y en elección de emplazamientos.

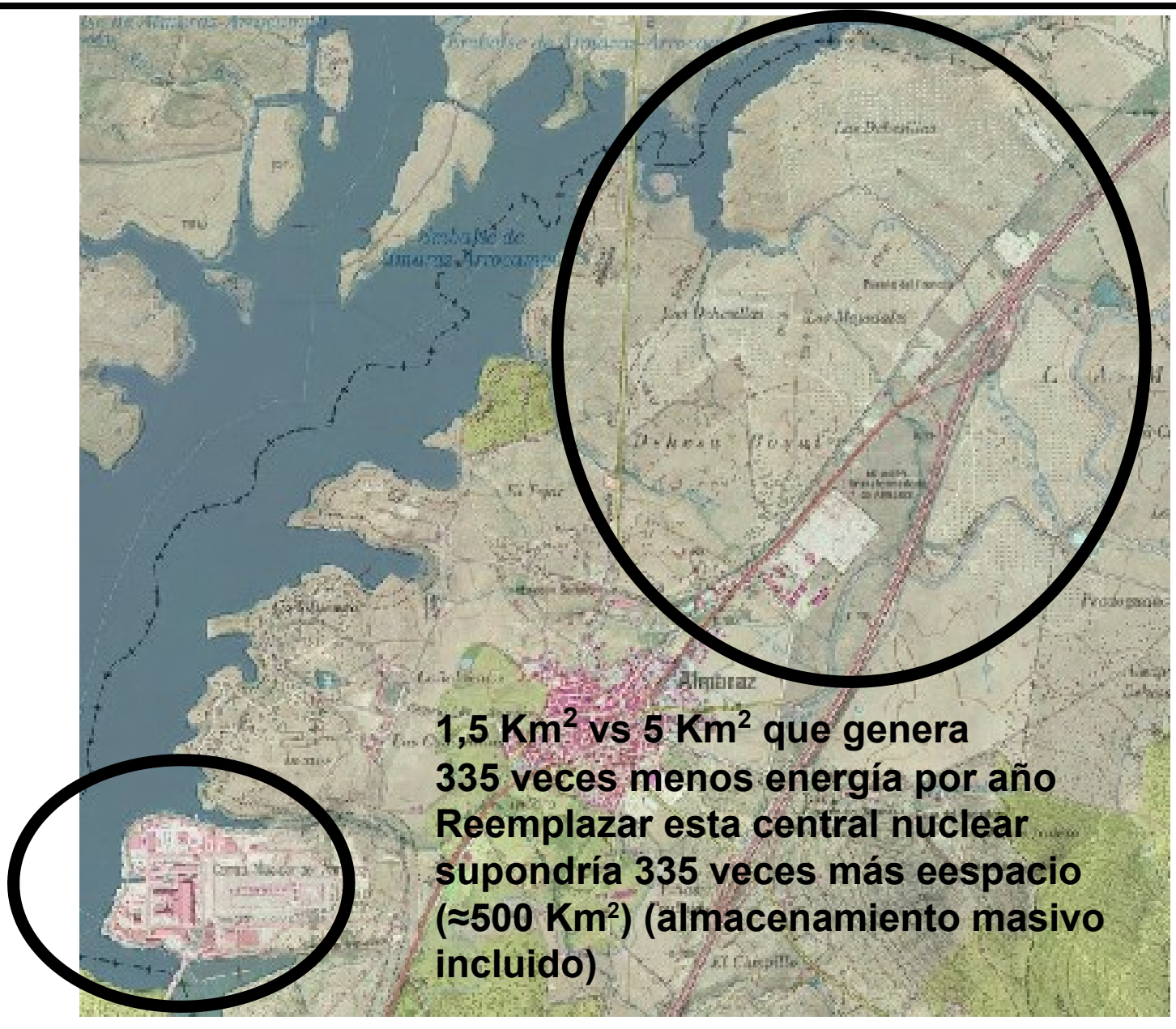
La pretendida mejora en la eficiencia de los módulos en los últimos años, no se refleja en la mejora del factor de carga real.



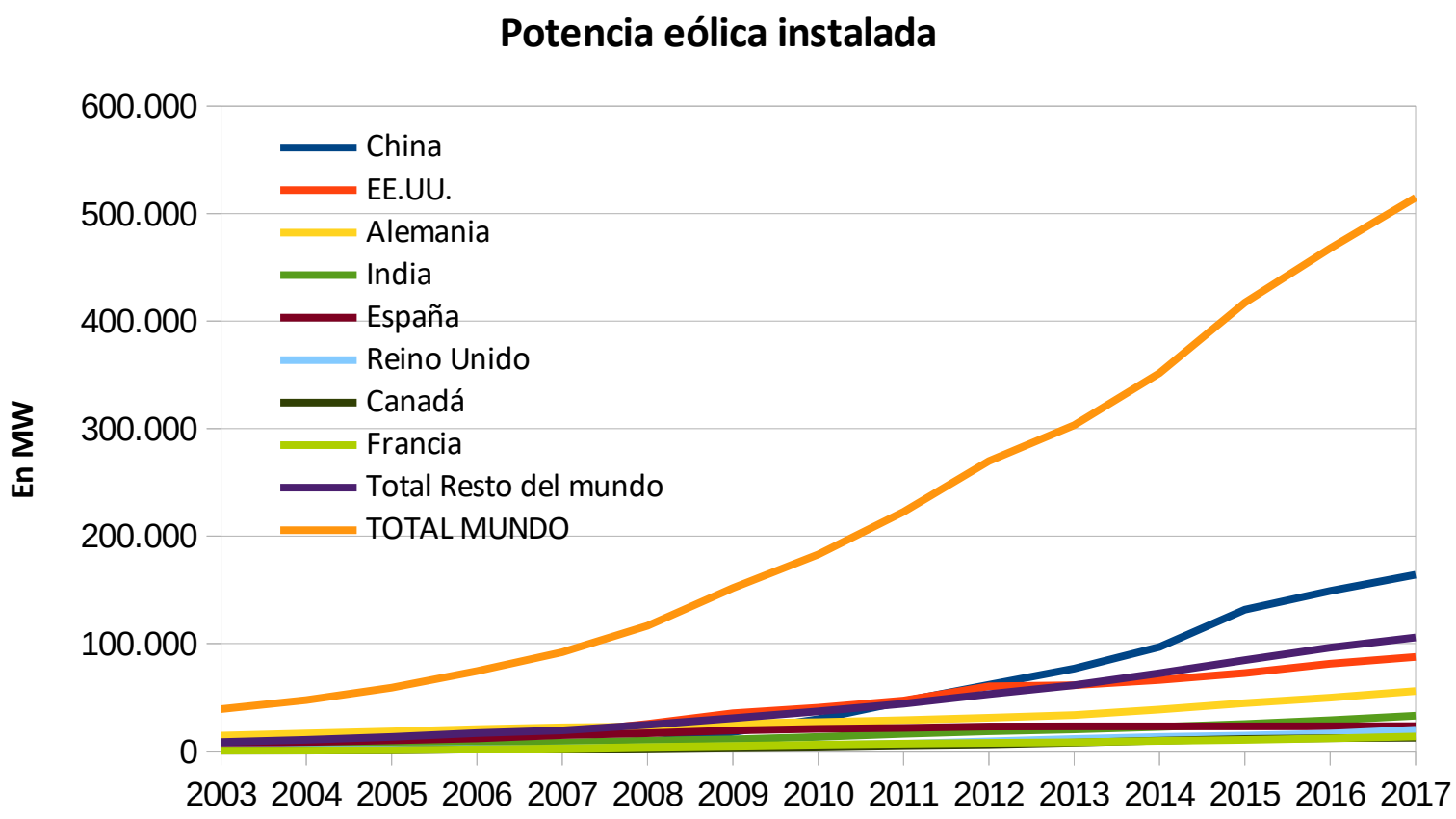
Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018 y REE para la solar FV española

Una curiosa comparativa

Planta nuclear
De 2GW
(85% factor de carga)
Frente a 23 MW de planta solar (22% factor de carga) en Almaraz (Cáceres)

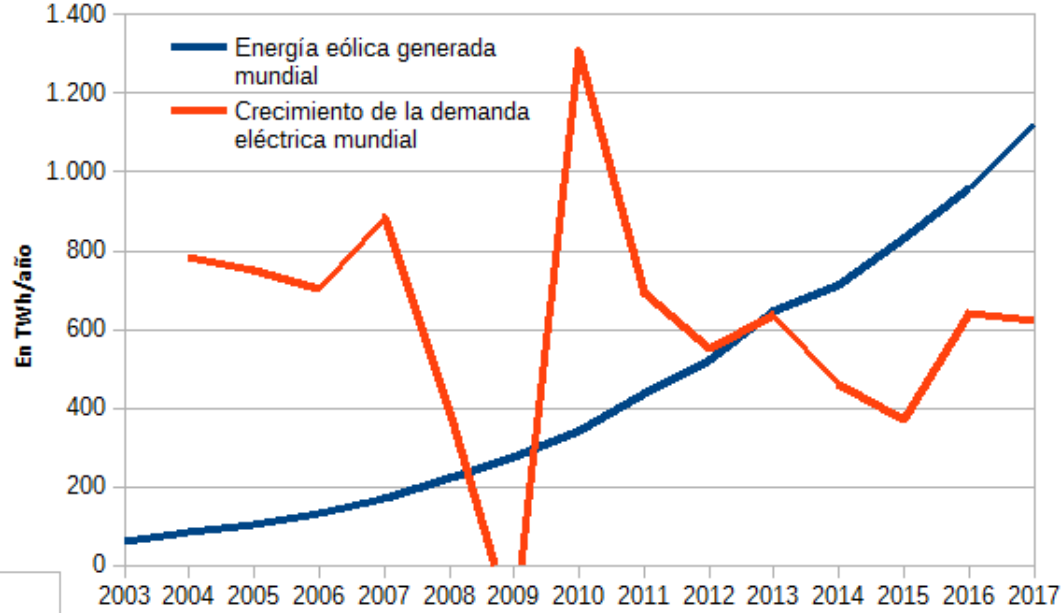


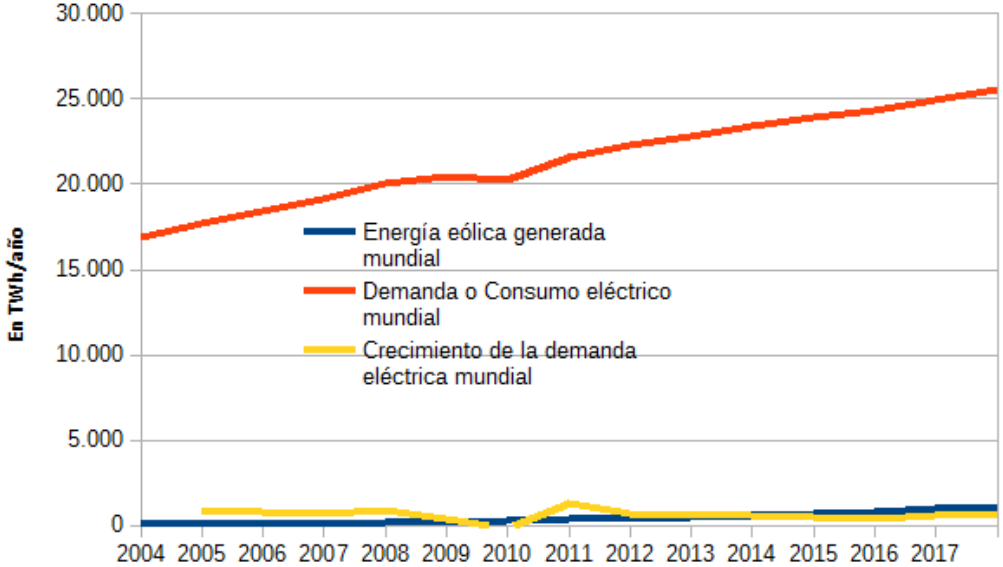
Evolución de la energía eólica en el mundo
Potencia instalada



Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018

La energía eólica en el mundo en perspectiva respecto de la energía eléctrica mundial



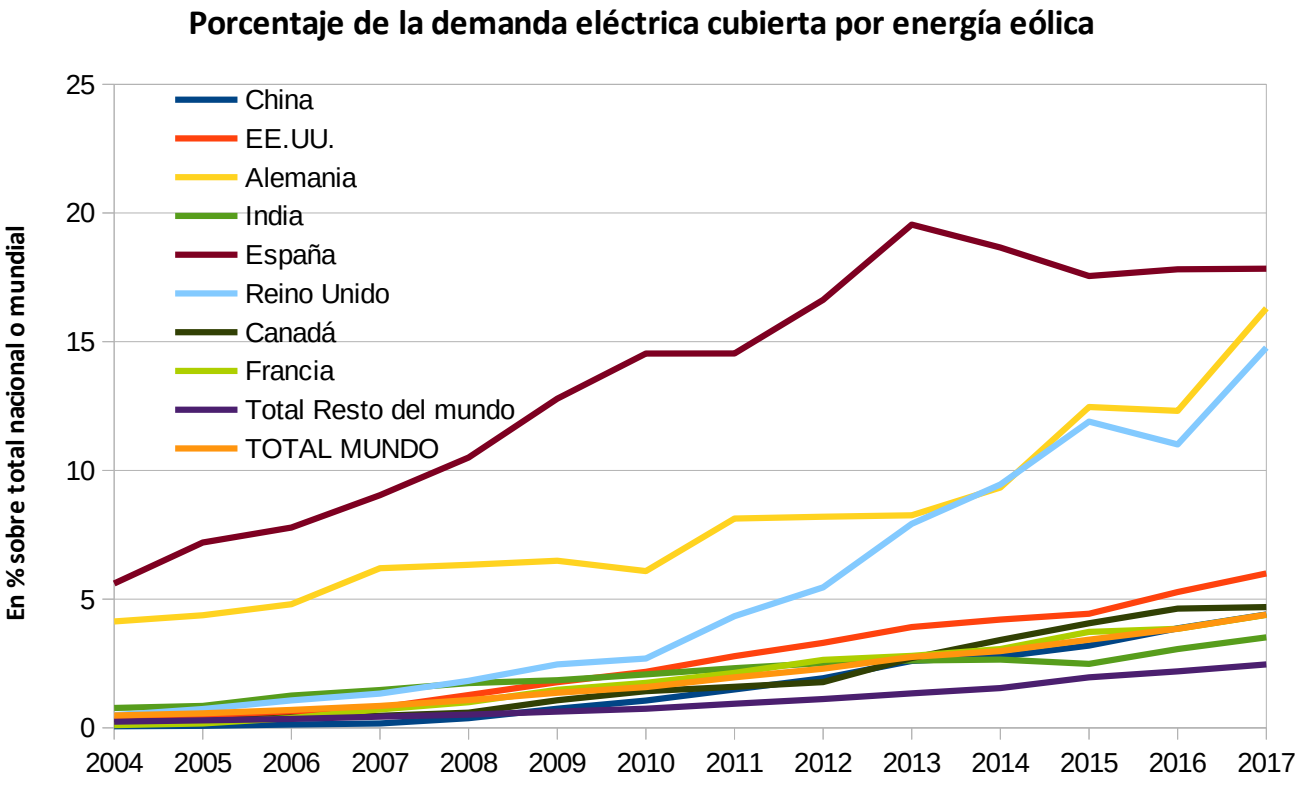


Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018

Cuánto cubre la energía eólica de la demanda eléctrica en algunos países y en el mundo

A pesar de la política energética, España sigue siendo la sexta potencia mundial en generación eólica.

Y es la primera en porcentaje de cobertura de su demanda nacional con energía eólica.



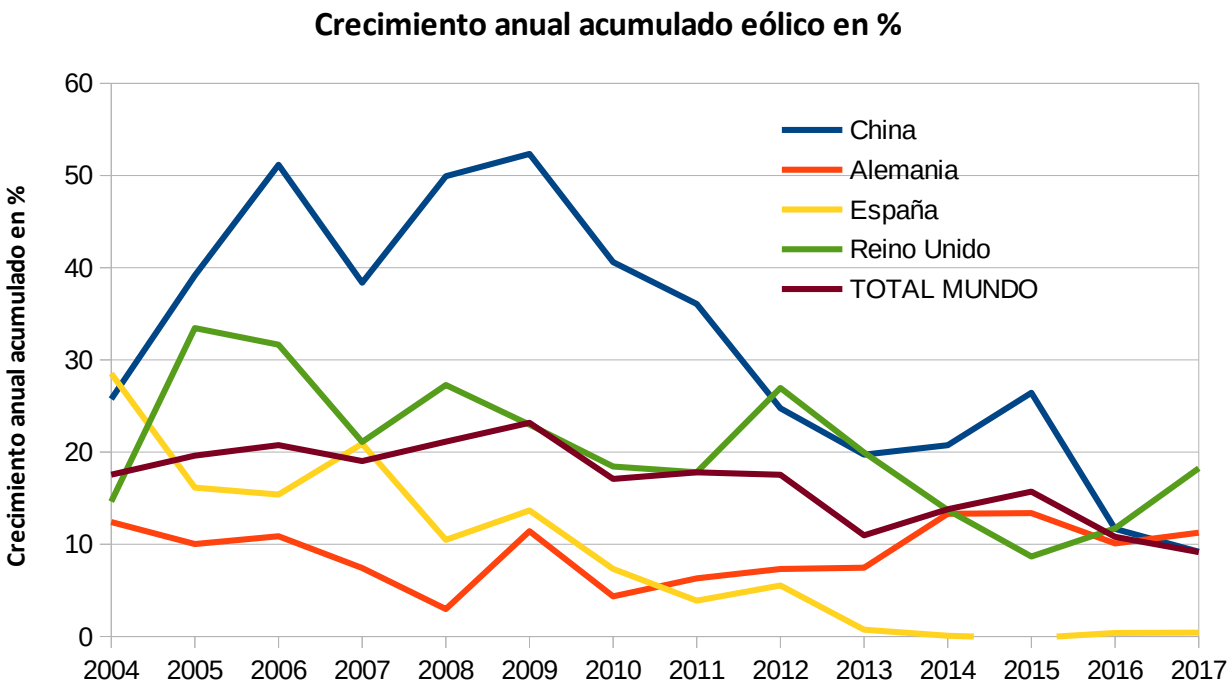
Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018

¿Cansancio también en la eólica?

No es sólo España el único país que se ha parado o disminuido su intensidad instaladora.

Países como China o el Reino Unido, también muestran síntomas de desaceleración, cuando sus abastecimientos eólicos apenas suponen entre un 2 y un 5% de la demanda eléctrica nacional.

Apenas Alemania y Reino Unido sostienen un crecimiento moderado y lo hacen fundamentalmente en plataformas marinas, mucho más costosas.

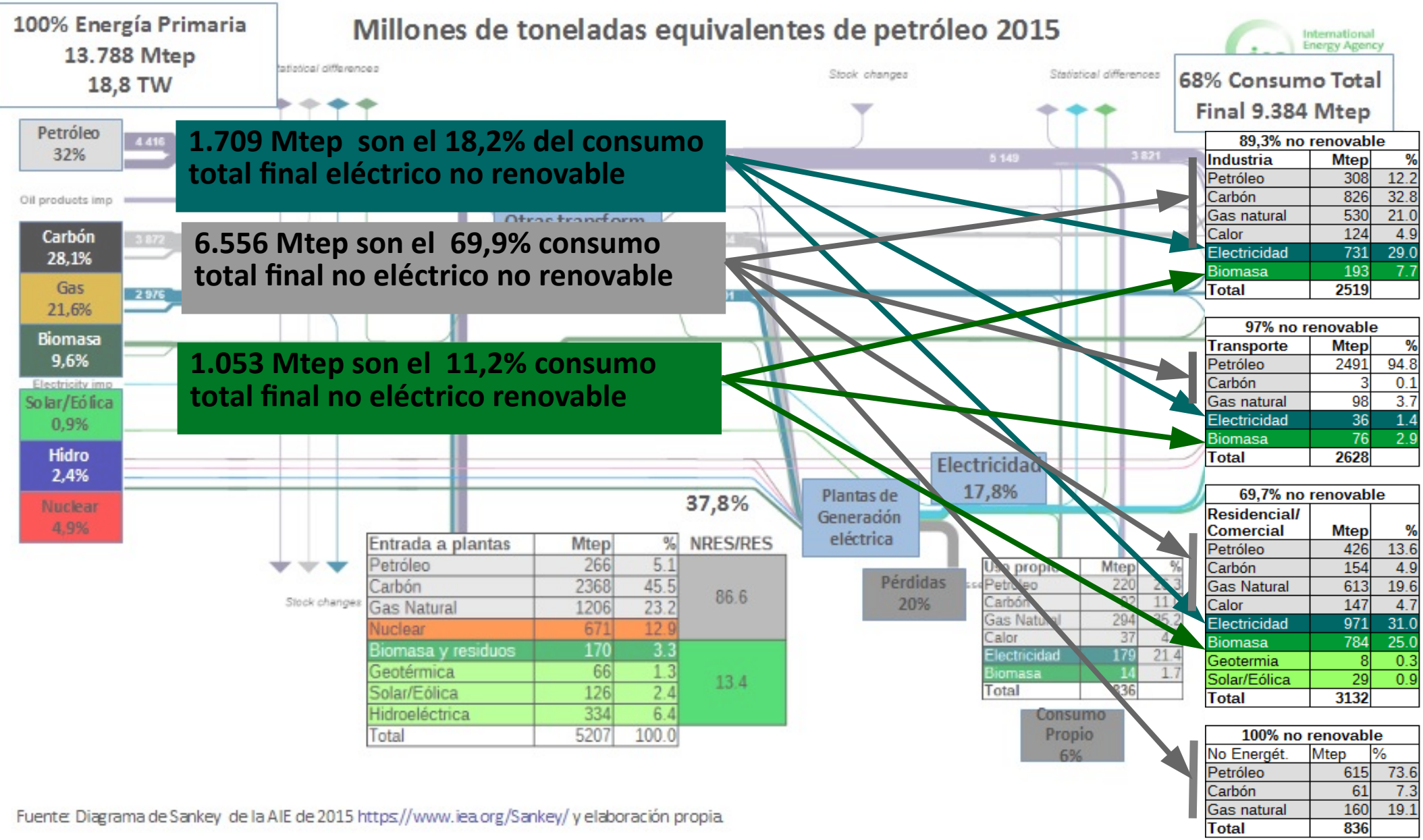


Fuentes: BP Statistical Review of World Energy 2018

RD	FECHA	GOBIERNO	POTENCIA EXISTENTE	COMENTARIOS
436/2004	12/3/2004	Aznar (PP)	10 MW	575% tarifa vigente 25 años. 406% años siguientes sin límite. 380 MW límite para 2010. Límite tarifa alta en 100 kW
Orden	6.2.2007	Zapatero (PSOE)	129 MW	Normas complementarias para conexión a red y tratar de definir agrupaciones.Los parques multimegavatio adquieren carta de naturaleza
661/2007	26/5/2007	Zapatero (PSOE)	215 MW	Desaparece la prima más allá de 25 años. Se cambia el 575% por una equivalencia fija y actualizaciones referidas al IPC. Se fija septiembre de 2008 como límite para tener la planta activa y poder recibir la prima máxima
1578 /2008	27/9/2008	Zapatero (PSOE)	2.028 MW	Registros de preasignación. Se abre el mercado de la compraventa de posiciones en las colas de preasignación y reventas de plantas
6/2009	07/5/2009	Zapatero (PSOE)	3.472 MW	Se establece el bono social con muchos huecos y medidas varias sector energético. La crisis económica en todo su esplendor
ITC/ 3519/200 9	31.12.2009	Zapatero (PSOE)	3.502 MW	Revisión de peajes de acceso y tarifas y primas en régimen especial. **El día de Nochevieja** es ideal para publicar estas normativas
1003/ 2010	6/8/2010	Zapatero (PSOE)	3.750 MW	Se regula la liquidación de la prima equivaente para la tecnología FV
1565/ 2010	23.11.2010	Zapatero (PSOE)	3.806 MW	Tasazo del 7% sobre la generación, seguramente vinculada a exigencia de la UE de reducir el déficit a toda costa
14/2010	24/12/2010	Zapatero (PSOE)	3.840 MW	Reducciones de hasta un 30% de ingresos de producción para 2011/13 y un 10% de por vida. En **Nochebuena,** otro día ideal para publicar decretos. Cambio de planes y pago por tipo de planta, no por prima. Potencia nominal.
ITC/688/ 2011	31/3/2011	Zapatero (PSOE)	3.943 MW	Se establecen los peajes de acceso y determinadas tarifas y primas del régimen especial
1544/ 2011	16/11/2011	Zapatero (PSOE)	4.208 MW	Se establecen peajes de acceso a redes de transporte y distribución. Refinando la ITC anterior
1699/ 2011	8/12/2011	Zapatero (PSOE)	4.250 MW	Se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
IET/3586/ 2011	31/12/2011	Rajoy (PP)	4.250 MW	Se establecen los peajes de acceso a partir de 2012 y primas de instalaciones en régimen especial. **Otra publicación en Nochevieja con nocturnidad**
RDL1/ 2012	28/1/2012	Rajoy (PP)	4.274 MW	Se suspenden los procedimientos de preasignación de retribuciónn e incentivos económicos de nuevas instalaciones, con la induistria todavía fabricando

RD	FECHA	GOBIERNO	POTENCIA EXISTENTE	COMENTARIOS
RDL 29/ 2012	31/12/2012	Rajoy (PP)	4.509 MW	De mejora de gestión y protección social en el Sistema especial para Empleados de hogar y otras medidas **(se aprueba el día de los Inocentes**) Cambios tarifarios para los que no estén en plazo. Modificación sustancial o ampliación potencia
RDL 02/2013	2/2/2013	Rajoy (PP)	4.549 MW	Mete mano al IPC garantizado annual de la prima y lo deja en IPC a impuestos constantes sin alimentos (del 3% al -0,028%) Medidas desesperadas
RDL 09/ 2013	13.7.2013	Rajoy (PP)	4.604 MW	Adopción de medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. RD de 42 páginas. Jeroglífico con matriz de 60.000 plantas tipo para buscar la aguja propia en el pajar administrativo
RD 413/ 2014	10/6/2014	Rajoy (PP)		Se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, Obligación correcto envío de telemedida en tiempo real.
IET/1045/ 2014	16/6/2014	Rajoy (PP)		Se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables
900/2015	10/10/2015	Rajoy (PP)		Regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo

¿Cómo está compuesto el consumo total final y cómo hacer la transición a renovables?



Entrada a plantas	Mtep	%	NRES/RES
Petróleo	266	5.1	86.6
Carbón	2368	45.5	
Gas Natural	1206	23.2	
Nuclear	671	12.9	
Biomasa y residuos	170	3.3	13.4
Geotérmica	66	1.3	
Solar/Eólica	126	2.4	
Hidroeléctrica	334	6.4	
Total	5207	100.0	

Uso propio	Mtep	%
Petróleo	220	26.3
Carbón	92	11.0
Gas Natural	294	35.2
Calor	37	4.4
Electricidad	179	21.4
Biomasa	14	1.7
Total	836	

89,3% no renovable		
Industria	Mtep	%
Petróleo	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

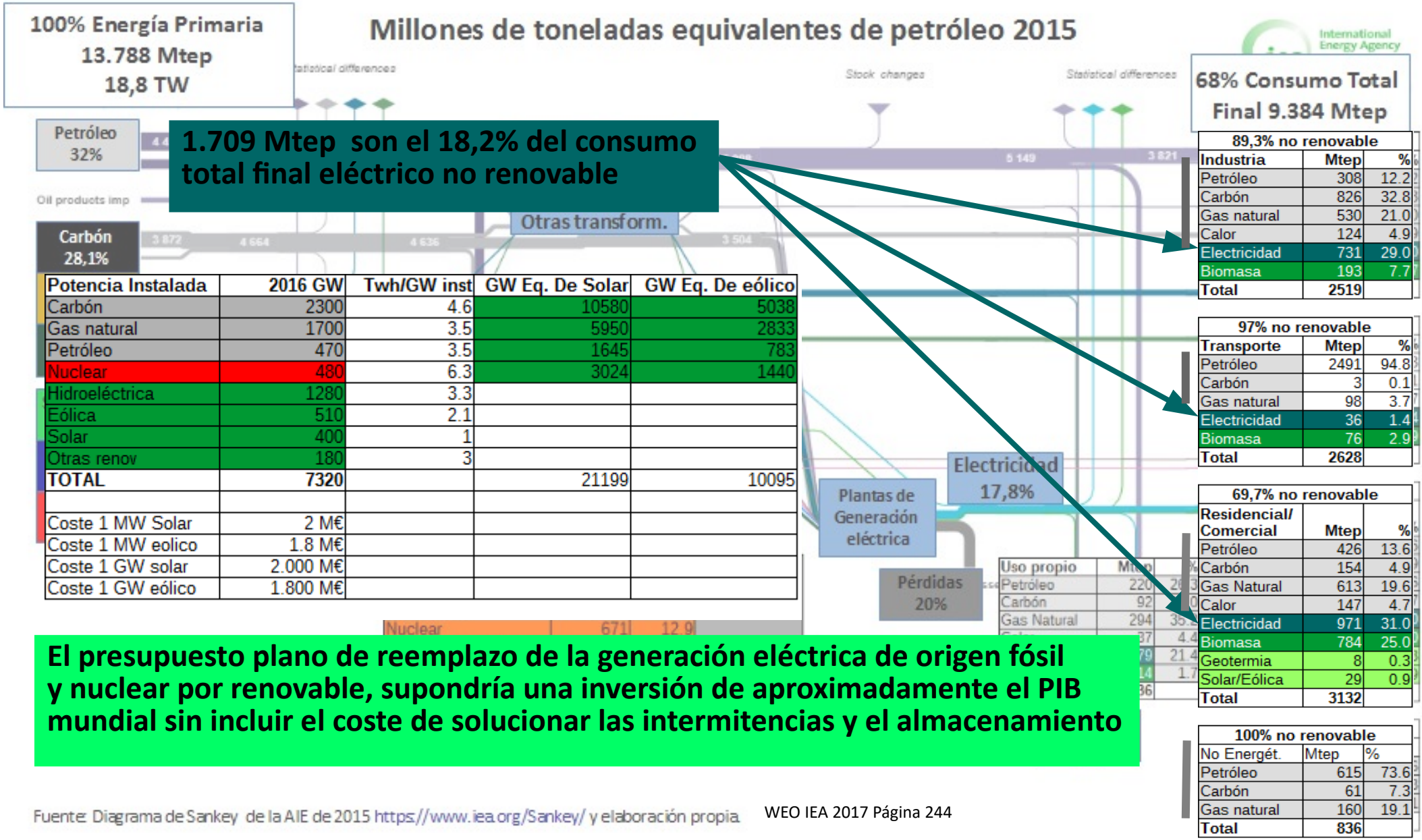
97% no renovable		
Transporte	Mtep	%
Petróleo	2491	94.8
Carbón	3	0.1
Gas natural	98	3.7
Electricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable		
Residencial/ Comercial	Mtep	%
Petróleo	426	13.6
Carbón	154	4.9
Gas Natural	613	19.6
Calor	147	4.7
Electricidad	971	31.0
Biomasa	784	25.0
Geotermia	8	0.3
Solar/Eólica	29	0.9
Total	3132	

100% no renovable		
No Energét.	Mtep	%
Petróleo	615	73.6
Carbón	61	7.3
Gas natural	160	19.1
Total	836	

Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia

De eléctrico no renovable a eléctrico renovable
Bastante viable técnicamente



1.709 Mtep son el 18,2% del consumo total final eléctrico no renovable

Potencia Instalada	2016 GW	Twh/GW inst	GW Eq. De Solar	GW Eq. De eólico
Carbón	2300	4.6	10580	5038
Gas natural	1700	3.5	5950	2833
Petróleo	470	3.5	1645	783
Nuclear	480	6.3	3024	1440
Hidroeléctrica	1280	3.3		
Eólica	510	2.1		
Solar	400	1		
Otras renov	180	3		
TOTAL	7320		21199	10095
Coste 1 MW Solar	2 M€			
Coste 1 MW eolico	1.8 M€			
Coste 1 GW solar	2.000 M€			
Coste 1 GW eólico	1.800 M€			

89,3% no renovable		
Industria	Mtep	%
Petróleo	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

97% no renovable		
Transporte	Mtep	%
Petróleo	2491	94.8
Carbón	3	0.1
Gas natural	98	3.7
Electricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable		
Residencial/ Comercial	Mtep	%
Petróleo	426	13.6
Carbón	154	4.9
Gas Natural	613	19.6
Calor	147	4.7
Electricidad	971	31.0
Biomasa	784	25.0
Geotermia	8	0.3
Solar/Eólica	29	0.9
Total	3132	

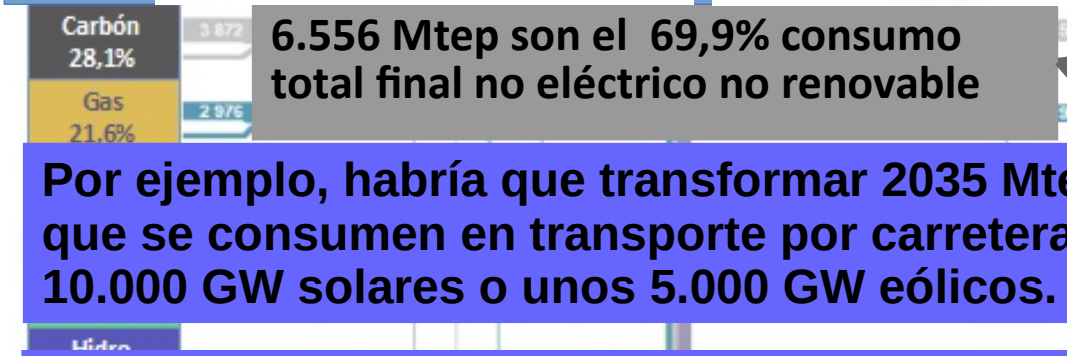
100% no renovable		
No Energét.	Mtep	%
Petróleo	615	73.6
Carbón	61	7.3
Gas natural	160	19.1
Total	836	

El presupuesto plano de reemplazo de la generación eléctrica de origen fósil y nuclear por renovable, supondría una inversión de aproximadamente el PIB mundial sin incluir el coste de solucionar las intermitencias y el almacenamiento

Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia

WEO IEA 2017 Página 244

De no eléctrico no renovable a eléctrico renovable (bastante inviable)



6.556 Mtep son el 69,9% consumo total final no eléctrico no renovable

Por ejemplo, habría que transformar 2035 Mtep en equivalentes eléctricos que se consumen en transporte por carretera. Eso exigiría instalar unos 10.000 GW solares o unos 5.000 GW eólicos.

Caben razonables dudas de su viabilidad para los 1.100 millones de coches y sobre todo, de la de los 200 millones de autobuses y camiones.

- **Costes para solucionar intermitencias y almacenamientos masivos**
- **Ciclos de vida de las baterías. Pesos y relación tara/carga**
- **Autonomías**
- **Precio**
- **Escasez de algunos materiales**
- **Tiempos de recarga**
- **Etc., etc.**

International Energy Agency

68% Consumo Total Final 9.384 Mtep

89,3% no renovable		
Industria	Mtep	%
Petróleo	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

97% no renovable		
Transporte	Mtep	%
Petróleo	2491	94.8
Carbón	3	0.1
Gas natural	98	3.7
Electricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable		
esidencial/ omercial	Mtep	%
etróleo	426	13.6
arbón	154	4.9
as Natural	613	19.6
alor	147	4.7
lectricidad	971	31.0
iomasa	784	25.0
eotermia	8	0.3
olar/Eólica	29	0.9
otal	3132	

100% no renovable		
o Energét.	Mtep	%
etróleo	615	73.6
arbón	61	7.3
Gas natural	160	19.1
Total	836	

Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia

Fuente: WEO AIE 2017 Páagina 157

De no eléctrico no renovable
a eléctrico renovable (bastante inviable)

Por ejemplo, los 550 Mtep/año que consume la aviación civil y la navegación mundial no son electrificables de forma directa. Eso exigiría utilizar transportadores de energía como el hidrógeno o el llamado Power to Gas

El ejército USA consume unos 55 Mtep/año. sólo de combustible líquidos
Los ejércitos del mundo deben consumir unos 200 Mtep/año

La agricultura y alimentación mundial consume alrededor del 30% de la energía mundial. El total consumido para agricultura y ganadería supone el 6% O unos 500 Mtep/año

International Energy Agency

68% Consumo Total Final 9.384 Mtep

89,3% no renovable		
Industria	Mtep	%
Petróleo	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

97% no renovable		
ansporte	Mtep	%
etróleo	2491	94.8
arbón	3	0.1
as natural	98	3.7
ectricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable		
Residencial/	Mtep	%
	426	13.6
	154	4.9
	613	19.6
	147	4.7
	971	31.0
	784	25.0
	8	0.3
a	29	0.9
Total	3132	

100% no renovable		
No Energét.	Mtep	%
Petróleo	615	73.6
Carbón	61	7.3
Gas natural	160	19.1
Total	836	

Fuents: Varias y para agricultura y Energipedia en https://energypedia.info/wiki/Energy_within_Food_and_Agricultural_Value_Chains

De no eléctrico no renovable
a eléctrico renovable (bastante inviable)

Maquinaria pesada minera incluso y sobre todo para la industria de sistemas renovables
Las alternativas eléctricas son franca minoria en volumen y en versatilidad y ciclos completos mineros

La maquinaria pesada de obras públicas hasta para construir accesos y transportar sistemas renovables
Las alternativas eléctricas son franca minoria en volumen y en versatilidad y ciclos completos mineros

La industria metalúrgica y de altos hornos exige funcionamiento continuo durante el ciclo de vida, algo que entra en colisión con la intermitencia y el almacenamiento masivo que ofrecen las EE.RR.

Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia

Pongamos ahora al sistema renovable a producir para sustituir sistemas no eléctricos

No están incluidos los costes energéticos de fabricar, instalar y mantener todas estas infraestructuras

Deuda inicial-600 MWh
Generación a largo plazo entre 1.082 y 0 MWh

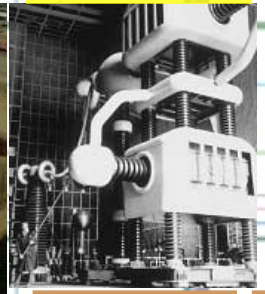
Deuda inicial: -600 MWh
Crédito a 25 años: 5.688 MWh

-600 MWh
4.550 MWh
4.266 MWh

-600 MWh
3.185 MWh
2.560 MWh

-600 MWh
2.707 MWh
0 MWh

Sistema renovable de 1 MW



Electrolisis 20-25% pérdidas

Compresión/ Licuefacción del hidrógeno 30-40% pérdidas

Transporte y logística de almacenamiento masivo a largo plazo (Reservas estratégicas) 15-100% pérdidas

Hidrógeno para usos térmicos finales o turbinas térmicas 60-70% pérdidas

Deuda inicial-600 MWh
Generación a largo plazo Entre 1.894 y 0 MWh

Hidrógeno a electricidad vía Célula de combustible 30-50% pérdidas

Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia

CONCLUSIONES

- La energía renovable funciona y es útil en determinados usos y a determinados niveles, pero no para protagonizar un cambio completo del modelo que la sociedad necesita.
- La tecnología no nos va a salvar ni a mantener ni el sistema ni el statu quo.
- Las modernas renovables sólo son sistemas no renovables que captan energía renovable.
- Las modernas renovables no van a poder hacerse cargo de un mundo de 17 TW, como el actual, pero ni siquiera de un mundo de 5 TW cuando falten las energías fósiles.
- Las modernas renovables son en realidad "fossil fuel extenders" y dependen gravemente de los combustibles fósiles, sin horizonte previsible para dejar de hacerlo.
- Dejemos de pensar en seguir creciendo. No a a ser FÍSICAMENTE posible.
- Reduzcamos drásticamente el consumo (en Europa a ⅓ del actual, máximo. En EE.UU. a 1/6)
- Estamos topando ya con muchos límites físicos y destrozando el planeta.
- El dinero no resuelve los límites físicos del planeta. No es la economía, es la energía.

Muchas gracias por su atención.

Pedro A. Prieto Pérez
www.crisisenergetica.org

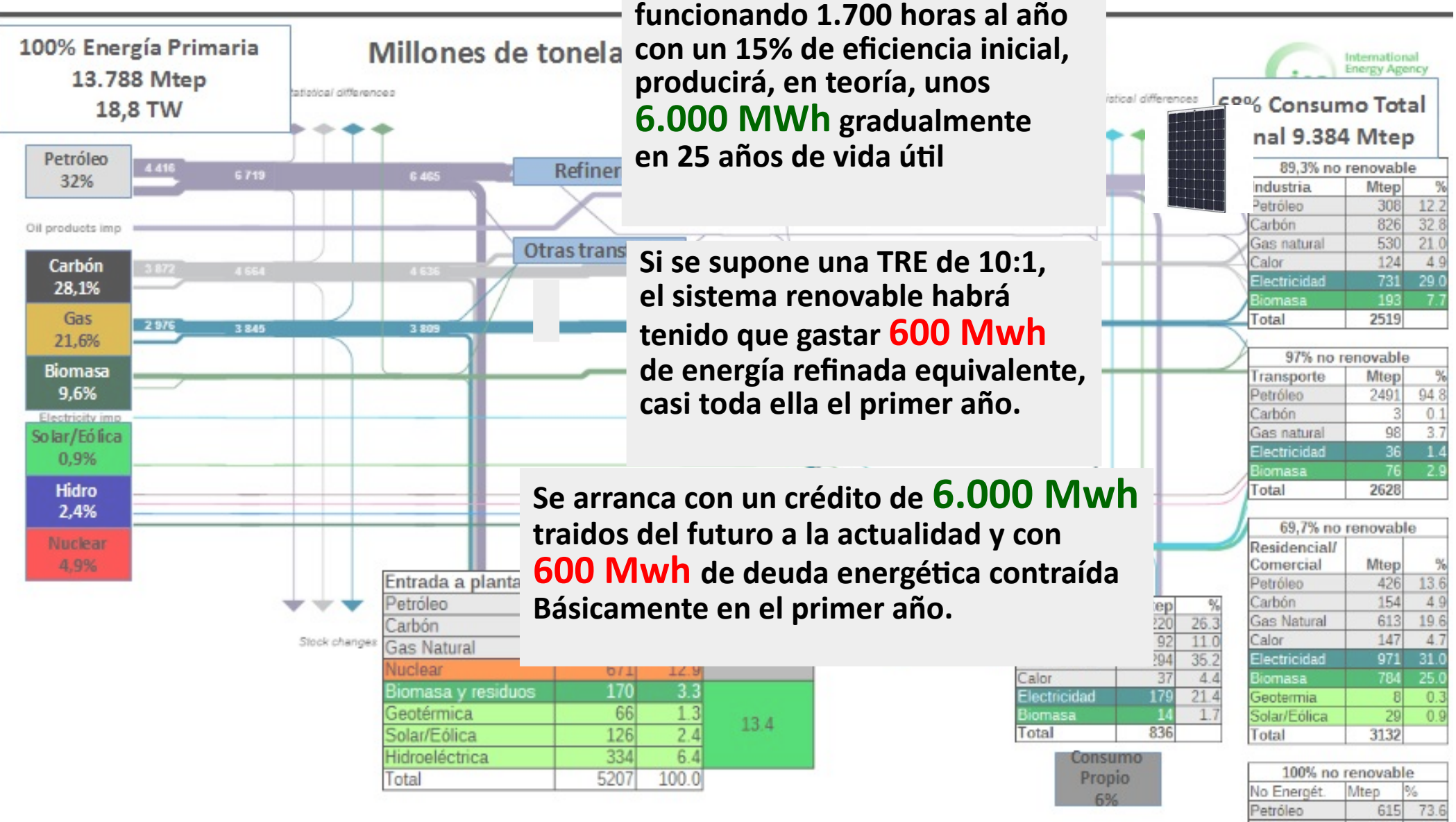
aeren
ASPO
spain

Veamos de dónde viene

Un sistema renovable de 1 MWp funcionando 1.700 horas al año con un 15% de eficiencia inicial, producirá, en teoría, unos 6.000 MWh gradualmente en 25 años de vida útil

Si se supone una TRE de 10:1, el sistema renovable habrá tenido que gastar 600 Mwh de energía refinada equivalente, casi toda ella el primer año.

Se arranca con un crédito de 6.000 Mwh traidos del futuro a la actualidad y con 600 Mwh de deuda energética contraída Básicamente en el primer año.



Entrada a planta			
Petróleo			
Carbón			
Gas Natural			
Nuclear	671	12.9	
Biomasa y residuos	170	3.3	13.4
Geotérmica	66	1.3	
Solar/Eólica	126	2.4	
Hidroeléctrica	334	6.4	
Total	5207	100.0	

Calor	37	4.4
Electricidad	179	21.4
Biomasa	14	1.7
Total	836	

89,3% no renovable

Industria	Mtep	%
Petróleo	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

97% no renovable

Transporte	Mtep	%
Petróleo	2491	94.8
Carbón	3	0.1
Gas natural	98	3.7
Electricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable

Residencial/ Comercial	Mtep	%
Petróleo	426	13.6
Carbón	154	4.9
Gas Natural	613	19.6
Calor	147	4.7
Electricidad	971	31.0
Biomasa	784	25.0
Geotermia	8	0.3
Solar/Eólica	29	0.9
Total	3132	

100% no renovable

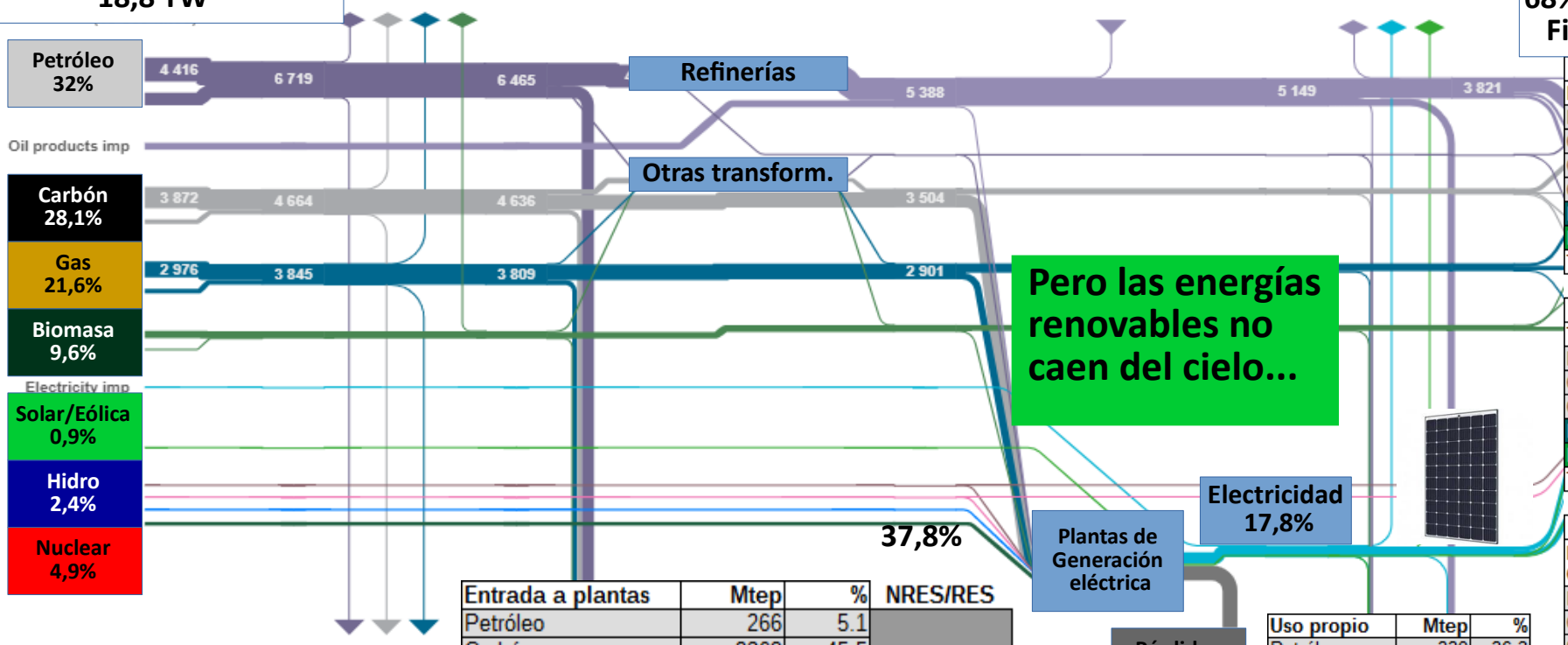
No Energét.	Mtep	%
Petróleo	615	73.6

La Tasa de Retorno Energético (TRE) de las renovables

Millones de toneladas equivalentes de petróleo 2015

100% Energía Primaria
13.788 Mtep
18,8 TW

68% Consumo Total Final 9.384 Mtep



Entrada a plantas	Mtep	%	NRES/RES
Petróleo	266	5.1	86.6
Carbón	2368	45.5	
Gas Natural	1206	23.2	
Nuclear	671	12.9	
Biomasa y residuos	170	3.3	13.4
Geotérmica	66	1.3	
Solar/Eólica	126	2.4	
Hidroeléctrica	334	6.4	
Total	5207	100.0	

Uso propio	Mtep	%
Petróleo	220	26.3
Carbón	92	11.0
Gas Natural	294	35.2
Calor	37	4.4
Electricidad	179	21.4
Biomasa	14	1.7
Total	836	

89,3% no renovable		
Industria	Mtep	%
Petróleo	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

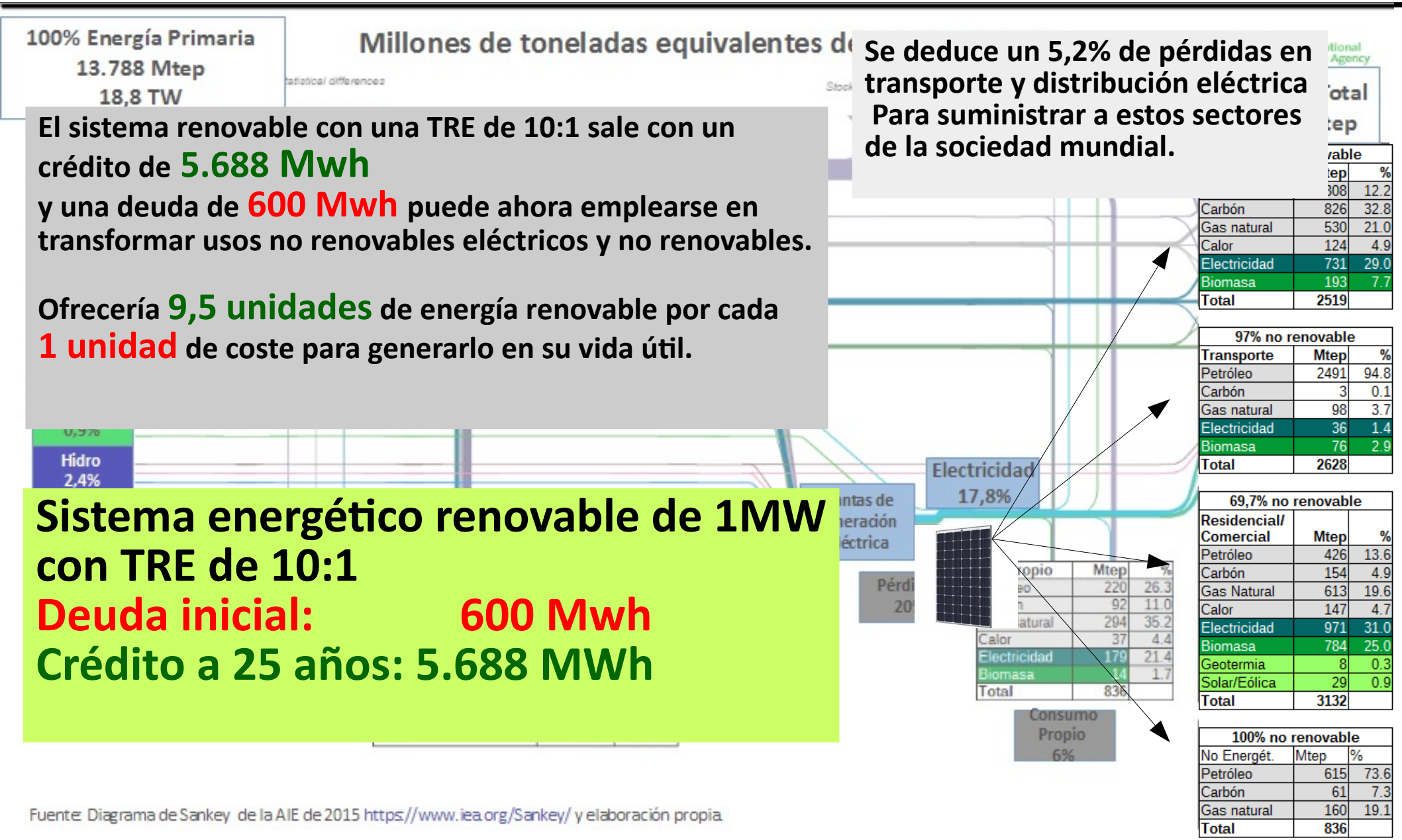
97% no renovable		
Transporte	Mtep	%
Petróleo	2491	94.8
Carbón	3	0.1
Gas natural	98	3.7
Electricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable		
Residencial/ Comercial	Mtep	%
Petróleo	426	13.6
Carbón	154	4.9
Gas Natural	613	19.6
Calor	147	4.7
Electricidad	971	31.0
Biomasa	784	25.0
Geotermia	8	0.3
Solar/Eólica	29	0.9
Total	3132	

100% no renovable		
No Energét.	Mtep	%
Petróleo	615	73.6
Carbón	61	7.3
Gas natural	160	19.1
Total	836	

Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia.

Pongamos ahora al sistema renovable a producir



El sistema renovable con una TRE de 10:1 sale con un crédito de **5.688 Mwh**
y una deuda de **600 Mwh** puede ahora emplearse en transformar usos no renovables eléctricos y no renovables.

Ofrecería **9,5 unidades** de energía renovable por cada **1 unidad** de coste para generarlo en su vida útil.

Se deduce un 5,2% de pérdidas en transporte y distribución eléctrica
Para suministrar a estos sectores de la sociedad mundial.

	Mtep	%
	308	12.2
Carbón	826	32.8
Gas natural	530	21.0
Calor	124	4.9
Electricidad	731	29.0
Biomasa	193	7.7
Total	2519	

97% no renovable		
Transporte	Mtep	%
Petróleo	2491	94.8
Carbón	3	0.1
Gas natural	98	3.7
Electricidad	36	1.4
Biomasa	76	2.9
Total	2628	

69,7% no renovable		
Residencial/ Comercial	Mtep	%
Petróleo	426	13.6
Carbón	154	4.9
Gas Natural	613	19.6
Calor	147	4.7
Electricidad	971	31.0
Biomasa	784	25.0
Geotermia	8	0.3
Solar/Eólica	29	0.9
Total	3132	

100% no renovable		
No Energét.	Mtep	%
Petróleo	615	73.6
Carbón	61	7.3
Gas natural	160	19.1
Total	836	

	Mtep	%
	220	26.3
	92	11.0
	294	35.2
Calor	37	4.4
Electricidad	179	21.4
Biomasa	14	1.7
Total	836	

Sistema energético renovable de 1MW con TRE de 10:1

Deuda inicial: 600 Mwh

Crédito a 25 años: 5.688 MWh

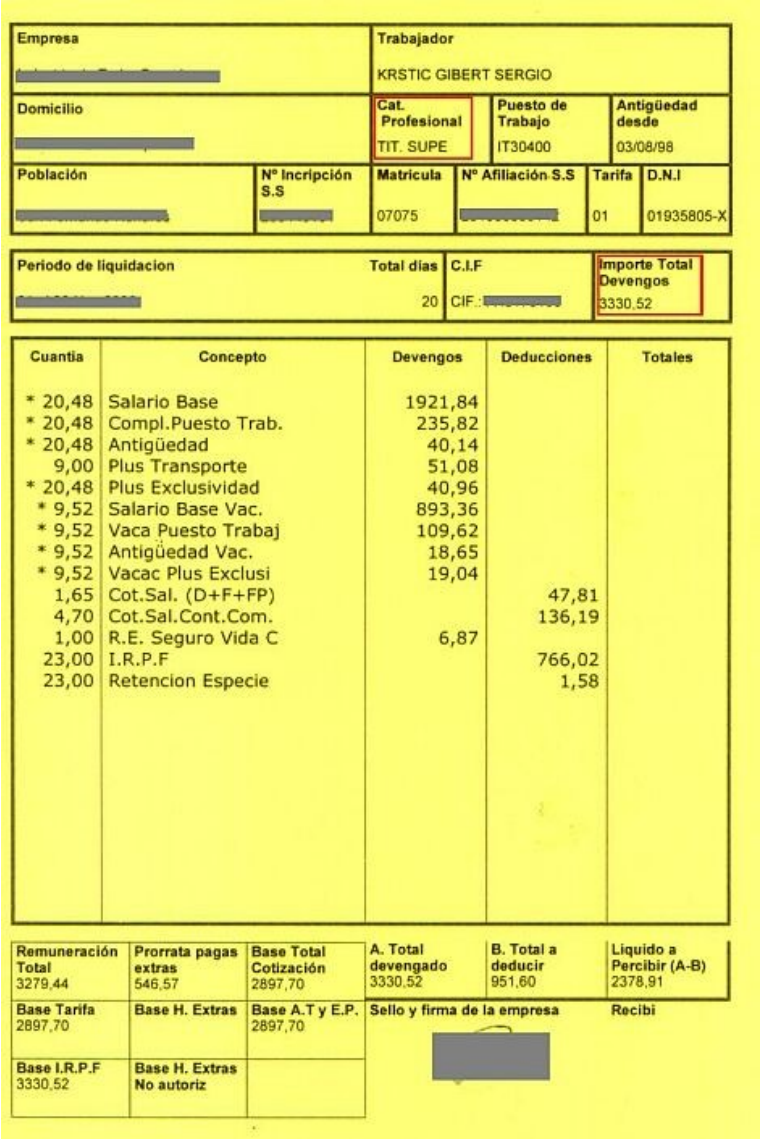
Fuente: Diagrama de Sankey de la AIE de 2015 https://www.iea.org/Sankey/ y elaboración propia

LA TASA DE RETORNO ENERGÉTICO
Y LOS LÍMITES A MÁS TRANSICIONES ENERGÉTICAS

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

¿Qué es bruto y qué es neto?

Bruto:	**3.350 €**	**100%**
Deducido:	**952 €**	**28%**
Neto:	**2.379 €**	**72%**



Empresa	Trabajador
[redacted]	KRSTIC GIBERT SERGIO

Domicilio	Cat. Profesional	Puesto de Trabajo	Antigüedad desde
[redacted]	TIT. SUPE	IT30400	03/08/98

Población	Nº Incripción S.S	Matricula	Nº Afiliación S.S	Tarifa	D.N.I
[redacted]	[redacted]	07075	[redacted]	01	01935805-X

Periodo de liquidacion	Total dias	C.I.F	Importe Total Devengos
[redacted]	20	CIF.: [redacted]	3330,52

Cuantia	Concepto	Devengos	Deducciones	Totales
* 20,48	Salario Base	1921,84		
* 20,48	Compl.Puesto Trab.	235,82		
* 20,48	Antigüedad	40,14		
9,00	Plus Transporte	51,08		
* 20,48	Plus Exclusividad	40,96		
* 9,52	Salario Base Vac.	893,36		
* 9,52	Vaca Puesto Trabaj	109,62		
* 9,52	Antigüedad Vac.	18,65		
* 9,52	Vacac Plus Exclusi	19,04		
1,65	Cot.Sal. (D+F+FP)		47,81	
4,70	Cot.Sal.Cont.Com.		136,19	
1,00	R.E. Seguro Vida C	6,87		
23,00	I.R.P.F		766,02	
23,00	Retencion Especie		1,58	

Remuneración Total	Prorrata pagas extras	Base Total Cotización	A. Total devengado	B. Total a deducir	Liquido a Percibir (A-B)
3279,44	546,57	2897,70	3330,52	951,60	2378,91
Base Tarifa 2897,70	Base H. Extras	Base A.T y E.P. 2897,70	Sello y firma de la empresa		Recibi
Base I.R.P.F 3330,52	Base H. Extras No autoriz		[redacted]		

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

Un predador, como un guepardo, no puede consumir más energía en la captura de la presa, que la que obtiene de ella.

Esto es un principio básico de sostenibilidad y de supervivencia en el tiempo del individuo y de la especie.

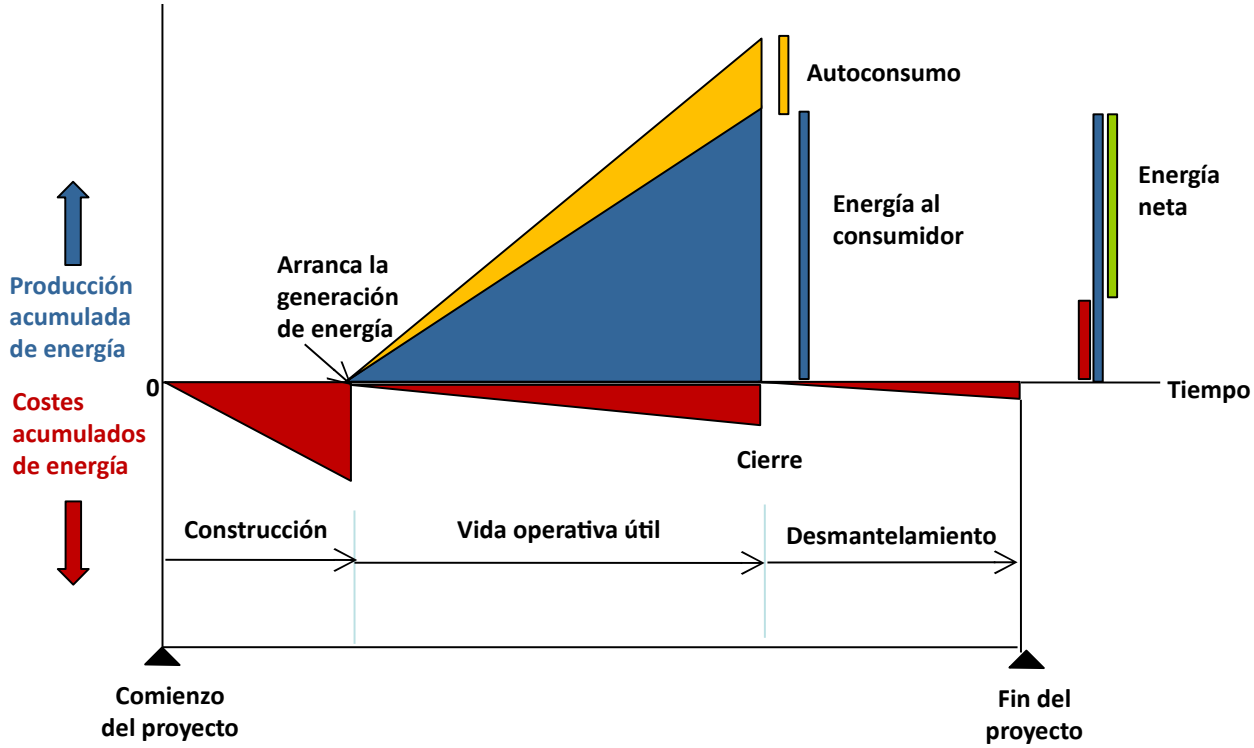
La energía excedentaria del individuo tiene que servir para la propia reproducción y mantenimiento de la prole, la cobertura de los periodos de escasez, etc.

Por ello, la TRE mínima de una especie animal viable y sostenible como un simple y maravilloso sistema energético tiene que ser >2:1

TRE >2:1

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

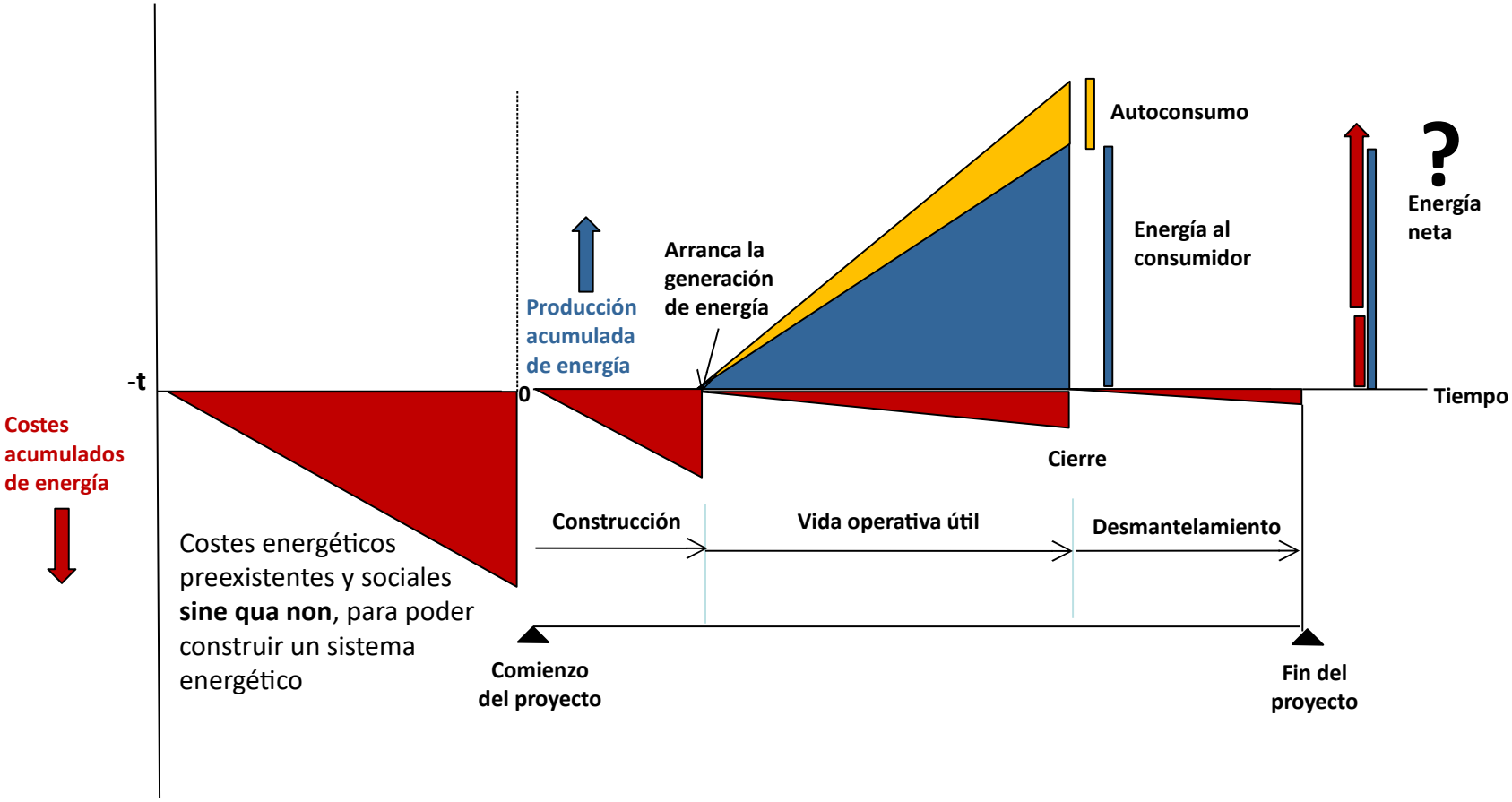
LOS ENTORNOS CONSIDERADOS COMO COSTE ENERGÉTICO



Fuente: Energy from Wind: A Discussion of the EROI Research. cutler cleveland. Quoted by Nate Hagens at http://www.theoildrum.com/node/1863

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

LOS ENTORNOS CONSIDERADOS COMO COSTE ENERGÉTICO



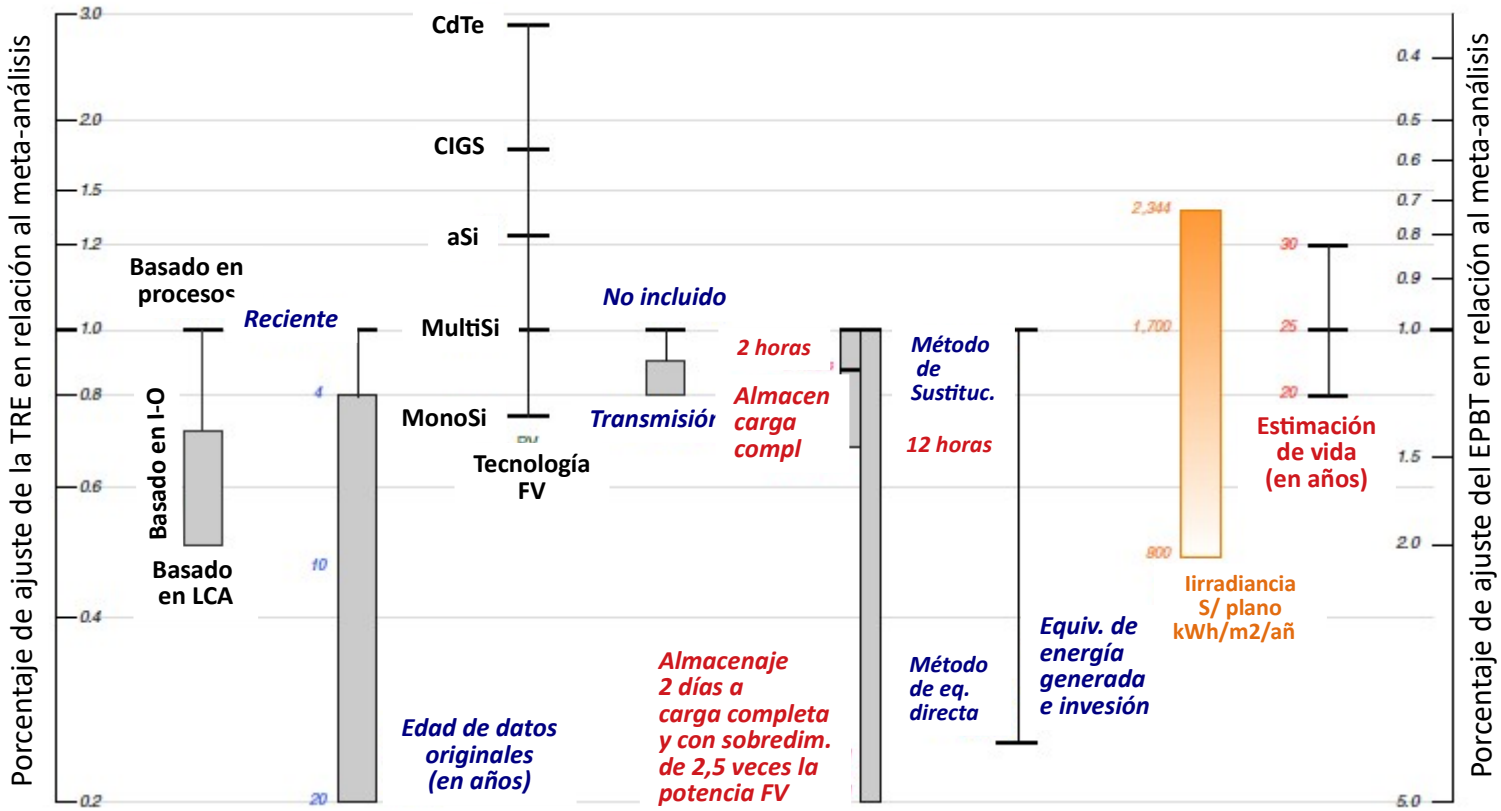
La Tasa de Retorno Energético o TRE
Un ejercicio para España

TRE Convencional: de 8,3:1 a 50:1

			INICIAL	REVISADO
E		Performance Ratio (PR)	0,84	0,75
	ITEM	GASTO ENERGÉTICO DEL SISTEMA RESPECTO DEL GENERADO POR EL SISTEMA SOBRE LA UNIDAD	INICIAL	REVISADO
E	a7	Obleas, células módulos...la TRE convencional	0,12	0,02
E	a1	Accesos, cimientos,canalizaciones, vallas perimetrales, movimiento de tierras, etc.	0,011	0,011
$/E	a2	Líneas de evacuación y derechos de paso	0,010	0,010
$/E	a3	Operación y mantenimiento	0,077	0,050
E	a4	Lavado y limpiado	0,002	0,001
E	a5	Autoconsumo de la planta	0,005	0,003
$-L/E	a6	Seguridad y supervisión	0,024	0,006
E	a8	Transporte (de varios tipos)	0,019	0,021
$/E	a9	Obsolescencia prematura de equipos de fabricación no amortizados	0,028	0,030
$/E	a11	Seguros	0,005	0,005
$/E	a12	Ferias, exhibiciones, promociones y conferencias	0,005	0,003
$/E	a13	Gastos de administración	0,007	0,008
$/E	a14	Tasas municipales, autonómicas, estatales, sobre la producción, etc.	0,003	0,004
$/E	a15	Alquiler a largo plazo o compra del terreno	0,002	0,002
$/E	a16	Servicios de trabajos indirectos (Directos excluidos)	0,004	0,006
E/E	a17	Agente representante	0,001	0,004
$/E	a18	Robo y vandalismo	0,002	0,002
$/E	a19	Comunicaciones, control remoto y gestión de planta	0,003	0,001
	a20	Preinscripciones, inscripciones, avales, etc.	0	0
$/E	a21	Restructuración de lineas de media y alta de la red y de subestaciones	0,035	0,035
E/E	a22	Módulos, inversores o seguidores defectuosos o averiados	0,008	0,008
$/E	a23	Costes asociados de energía debidos a la inyección de cargas intermitentes y costes de estabilización de la red: Ciclos combinados de gas	0,039	0,047
E/E	a24	Actos de fuerza mayor, vientos, tormentas inundaciones, granizo, etc.	0	0,010
		ENERGÍA CONSUMIDA SOBRE TOTAL DE ENERGÍA GENERADA	**0,41**	**0,287**
		TRE o EROI	**2,4**	**3,5**
$/E	a10	Costes asociados de energía debidos a la inyección de cargas intermitentes y costes de estabilización de la red: Bombeo inverso y demás costesdel almacenamiento masivo de energía, si aplican	?	?

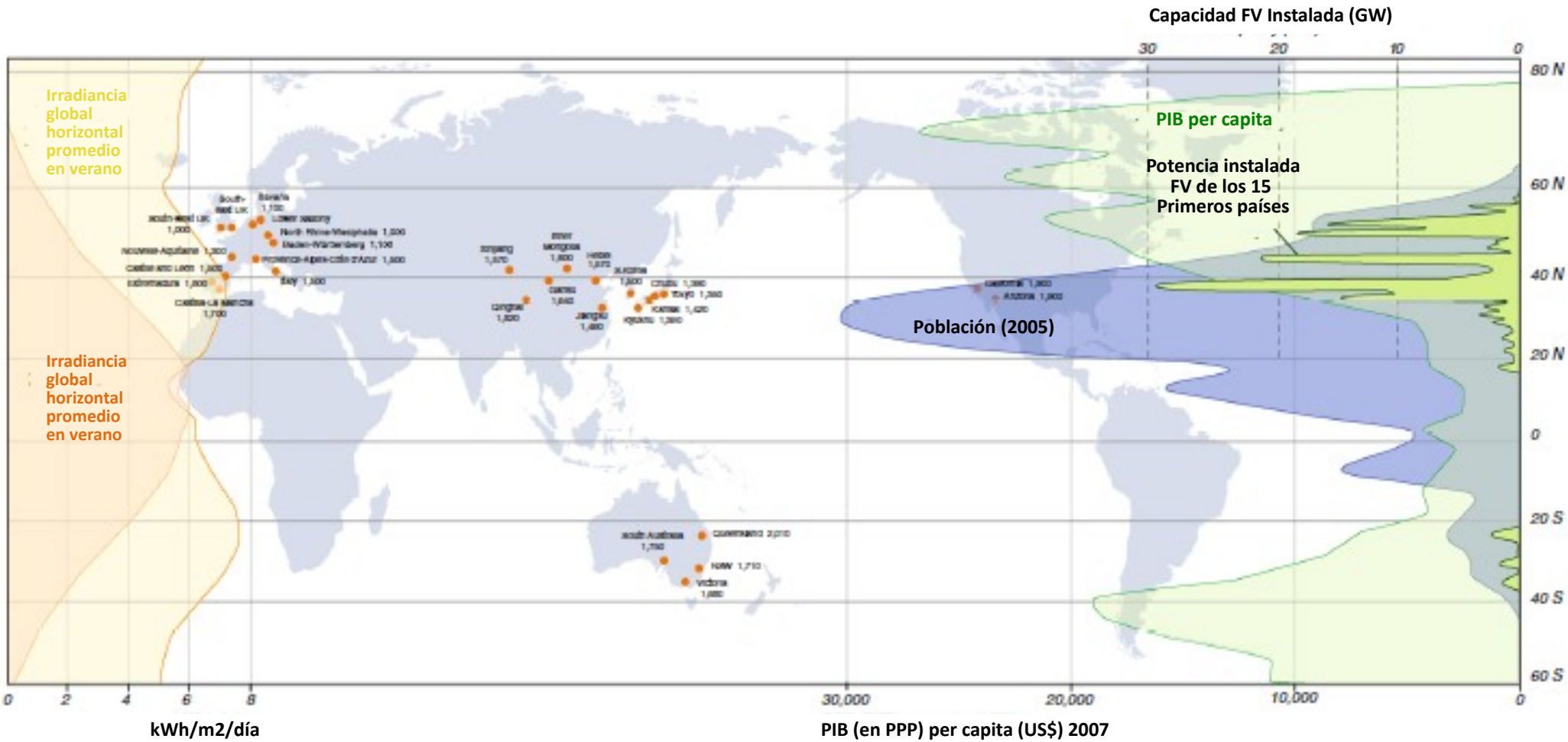
TRE extendida (TREext): ¿Cómo ignorarla?

Consideraciones sobre rendimiento global de sistemas fotovoltaicos respecto de TRE y EPBT



Fuente: Biophysical Economics and Resource Quality (BERQ). An Exploration of Divergence in EPBT and EROI for Solar Photovoltaics. Graham Palmer y Joshua Floyd. Springer. Noviembre 2017

Potencia instalada FV, irradiancia, población y PIB a escala global y desajustes del mundo real

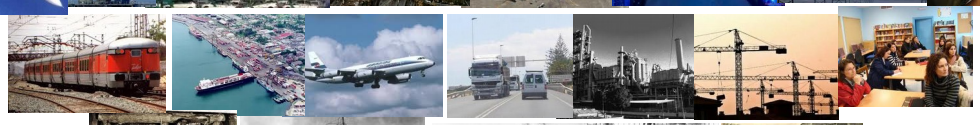


Fuente: Biophysical Economics and Resource Quality (BERQ). An Exploration of Divergence in EPBT and EROI for Solar Photovoltaics. Graham Palmer y Joshua Floyd. Springer. Noviembre 2017

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

LA PIRÁMIDE INVERTIDA DE LA TASA DE RETORNO ENERGÉTICA (TRE)

Sociedad industrial
y tecnológica TRE 12-25



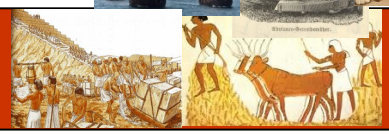
Sociedad industrial
desarrolla TRE 8-1

...pero necesitan como mínimo, una sociedad Con este nivel de TRE

Sociedad industrial
incipiente TRE 6-13

Sociedad agropecuaria
avanzada TRE 5-6

Franja de TRE
mínima requerida
para la civilización



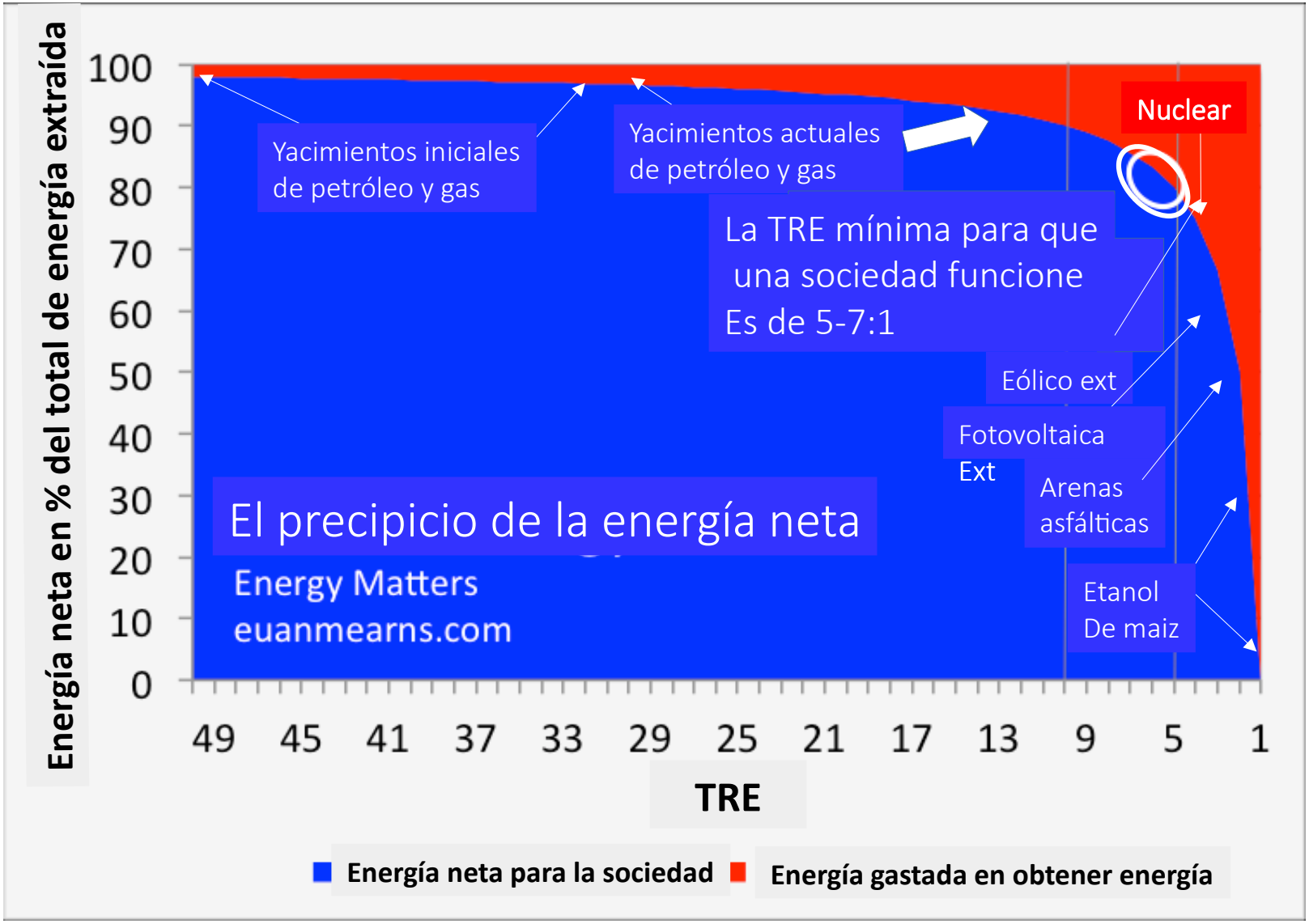
Agricultura-ganadería
primitiva TRE 4-5

Cazadores recolectores
Nivel metabólico TRE 2-3

Por ejemplo, los paneles solares fotovoltaicos ofrecen una TREext de este nivel, como máximo….

La Tasa de Retorno Energético o TRE (Energy Return on Energy Invested o EROI)

LA PIRÁMIDE INVERTIDA DE LA TASA DE RETORNO ENERGÉTICA (TRE)



Una visión de arriba a abajo de las modernas energías renovables

Renewable and Sustainable Energy Reviews 28 (2013) 824–835

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser

Global solar electric potential: A review of their technical and sustainable limits

Carlos de Castro [a,*], Margarita Mediavilla [b], Luis Javier Miguel [b], Fernando Frechoso [c]

[a] Applied Physics, Campus Miguel Delibes, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain
[b] Systems Engineering and Automatic Control, Paseo del Cauce s/n, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain
[c] Electric Engineering, Francisco Mendizabal s/n, University of Valladolid, Spain

Límite superior absoluto y global de la energía solar FV sería del orden de 2-4 TW, de los 17 TW equivalentes que hoy consume el mundo

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Policy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enpol

Communication

Global wind power potential: Physical and technological limits

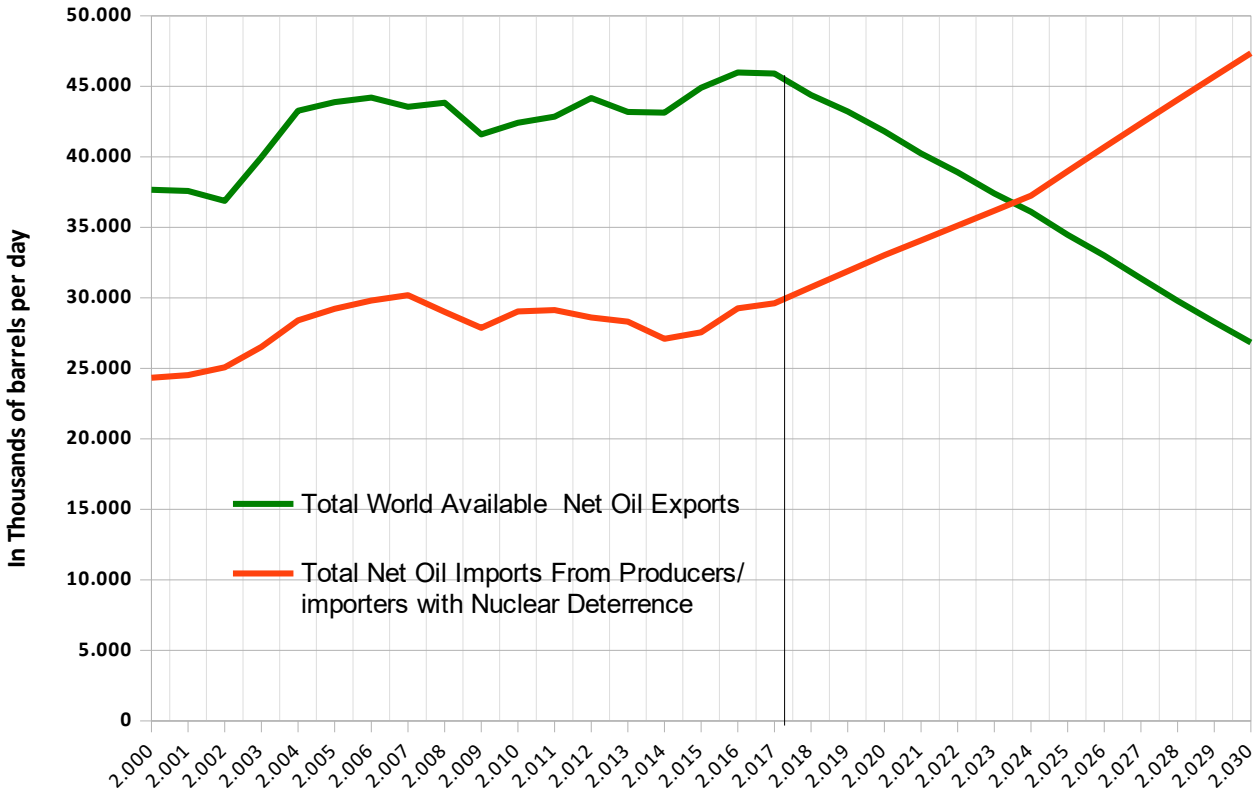
Carlos de Castro [a,*], Margarita Mediavilla [b], Luis Javier Miguel [b], Fernando Frechoso [c]

[a] Applied Physics, Campus Miguel Delibes, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain
[b] Systems Engineering and Automatic Control, Paseo del Cauce s/n, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain
[c] Electric Engineering, Francisco Mendizabal s/n, University of Valladolid, Spain

Límite superior absoluto y global de la energía eólica sería del orden de 1 TW, de los 17 TW equivalentes que hoy consume el mundo

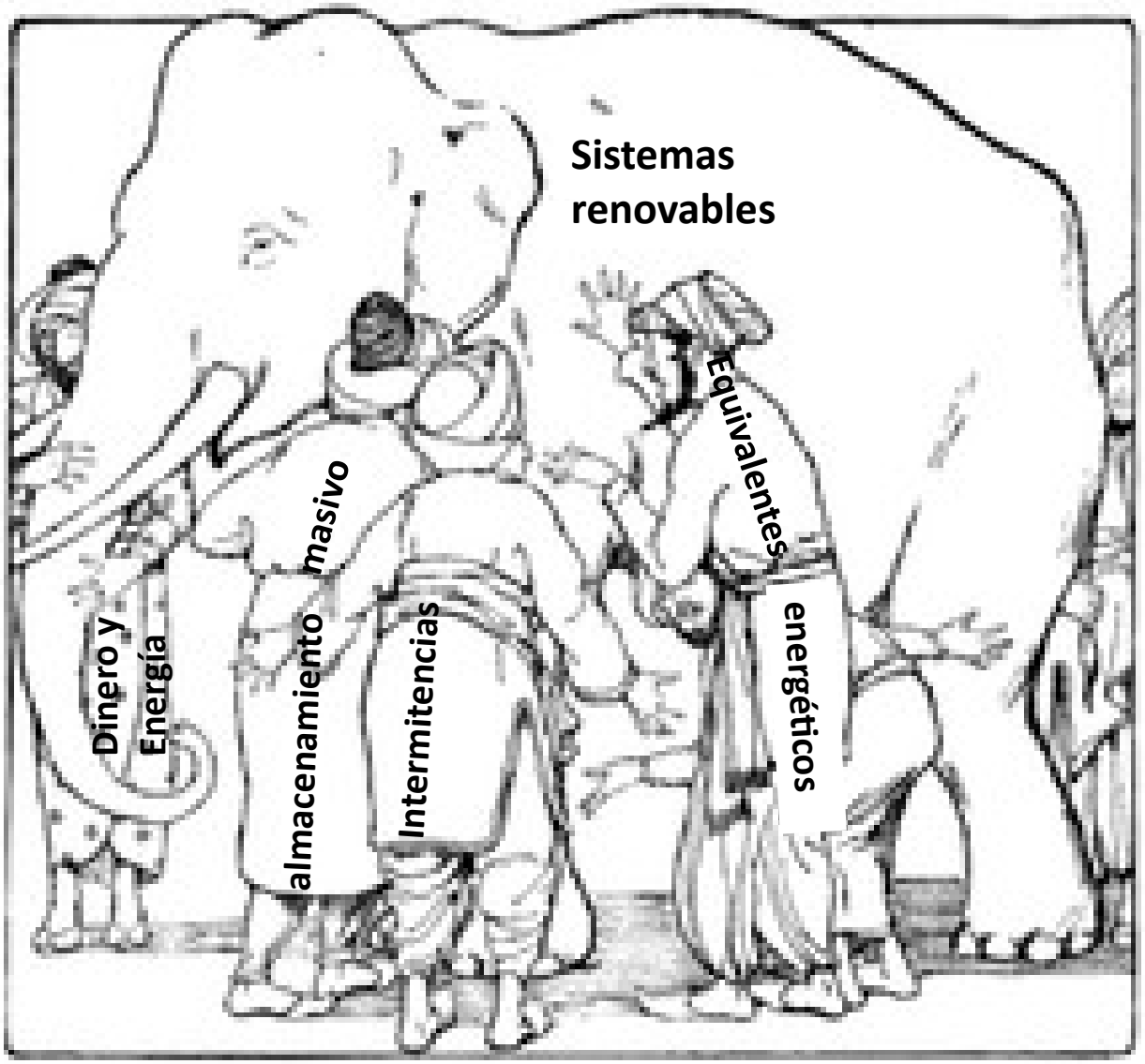
MATERIALES DE SOPORTE
(SOLO PARA POSIBLES DEBATES)

Una aproximación al angustioso problema del cenit mundial del petróleo



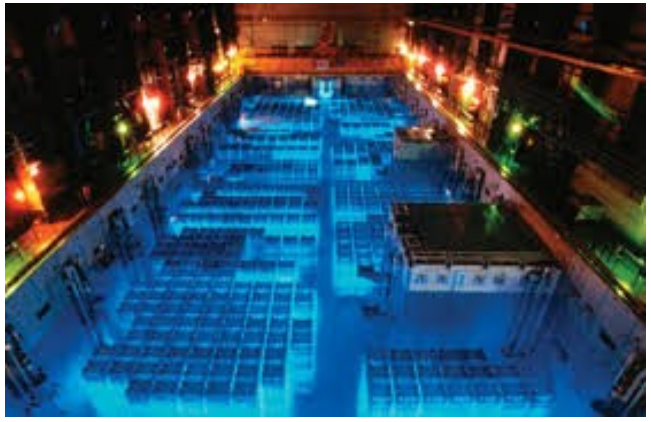
Fuentes: British Petroleum Statistical Review of World Energy 2017, de 2000 a 2017 y CIA World Factbook.
De 2018 a 2030. Jean Laherrere: Extrapolation of oil past production to forecast future production in barrels. 31 de agosto de 2018
Hoja de cálculo con supuestos a disposición en la revista 15/15|5. Elaboración: Pedro Prieto

La parábola de los ciegos y del elefante. Lo que no vemos o no queremos ver de las energías renovables



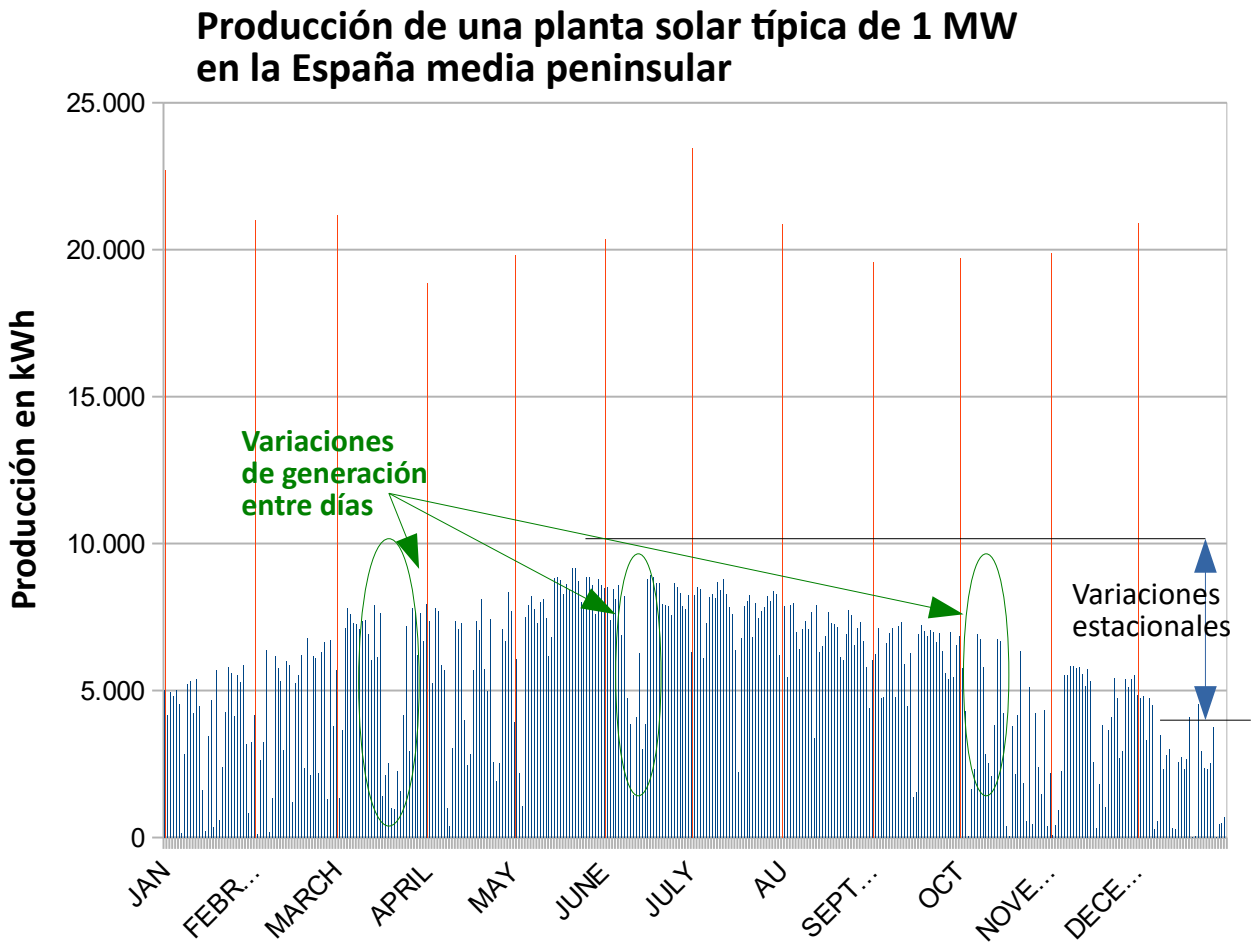
La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Cómo los combustibles fósiles, los nucleares y la hidroeléctrica eliminan las intermitencias y la necesidad de almacenamiento masivo de energía…..



La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Las intermitencias de la energía solar FV y una aproximación al coste para resolverlas



Fuentes: Red Electrica de España Peninsular Demanda el 28 de mayo de 2017 con la contribución solar de ese día

La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Los costes de energía asociados a la inyección de cargas intermitentes en la red: Ciclos Combinados

Las plantas de gas de ciclo combinado se diseñaron para trabajar 5.500 horas/año (**factor de carga de 62.7%**). Desde 2011 están trabajando a entre ⅓ y ¼ de su capacidad proyectada.

El coste económico vinculado en equivalente energético, se puede calcular del orden de un 4,7% de toda la energía solar FV generada, si tiene que estar apoyándola para estabilizar la red.

Plantas de gas de ciclo combinado en España			
Año	Potencia Instal.(MW)	Energía Gener. (Gwh)	Factor de Carga (%)
2002	0	0	
2003	4.394	14.990	38,9
2004	8.285	28.974	39,9
2005	13.134	50.916	44,3
2006	16.376	66.986	46,7
2007	22.097	72.461	37,4
2008	23.054	96.005	47,5
2009	23.635	83.895	40,5
2010	26.844	68.828	29,3
2011	27.123	55.074	23,2
2012	27.144	42.873	18,0
2013	27.206	28.963	12,2
2014	27.206	25.869	10,9
2015	27.199	30.217	12,7
2016	26.670	29.787	12,7
2017	26670	38901	16,7

Fuentes: Red Eléctrica de España. Www.ree.es Informes anuales desde 2002 a 2017 y elaboración propia

Spain's Photovoltaic Revolution: The Energy Return on Energy Investment. Revisited. Prieto & Hall Montana. Junio 2017 y actualización

La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Costes energéticos asociados a la inyección de cargas intermitentes: bombeo inverso

70-80% eficiencia global
(30-20% pérdidas)

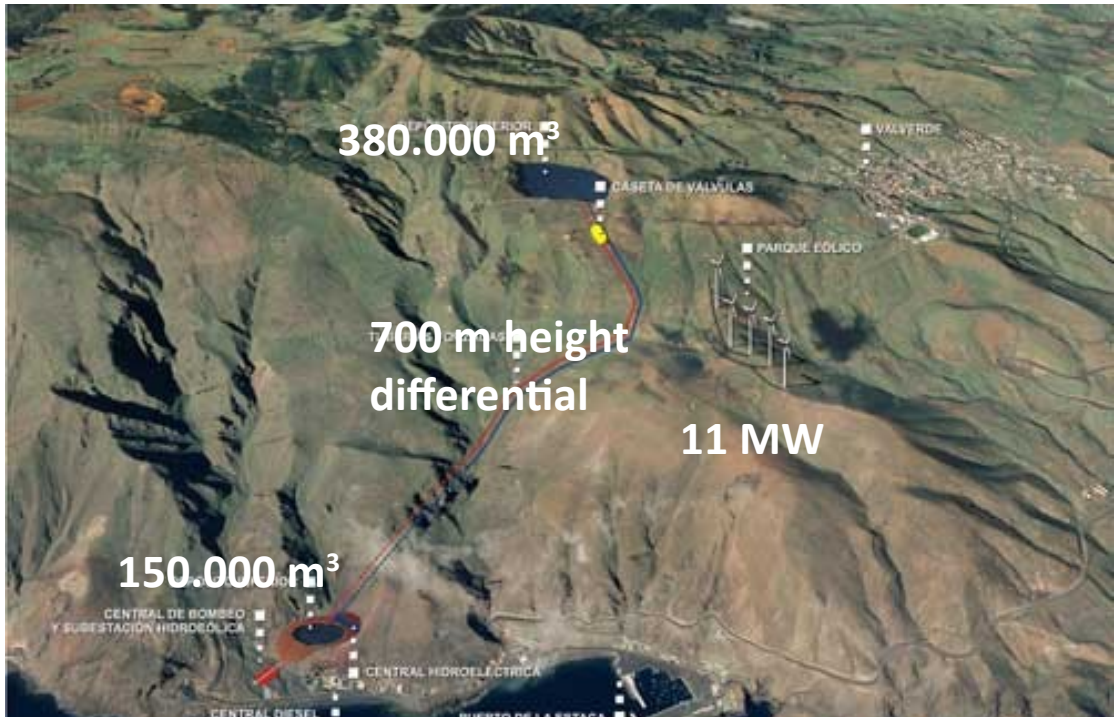
38,1% promedio de servicio (2015-2017)
Generación eléctrica
(máx. 65%, min. 13%)

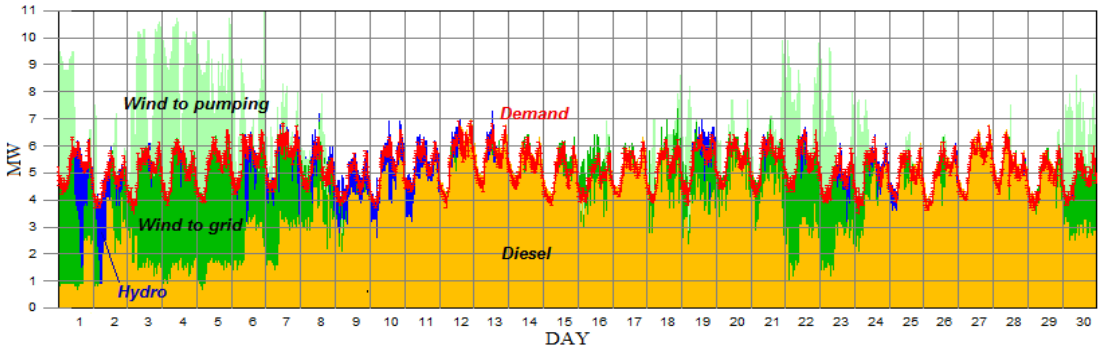
8,8% detoda la demanda de energía
Primaria de la isla.

10.000 Euros de coste por habitante
140-175 €/MWh

Calcular esto para toda la energía eléctrica con este respaldo

Puede representar el punto de inflexión para un sistema 100% renovable





Fuentes: Gorona del Viento. Cabildo de EL Hierro. Canarias., Euan Mearns at http://euanmearns.com/el-hierro-april-2017-performance-update/ y https://www.lazard.com/media/438042/lazard-levelized-cost-of-storage-v20.pdf

La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Costes energéticos asociados a la inyección de cargas intermitentes: Almacenamiento por aire comprimido (CAES)

42-56% eficiencia total (Diabático)
70% eficiencia total (Adiabático)

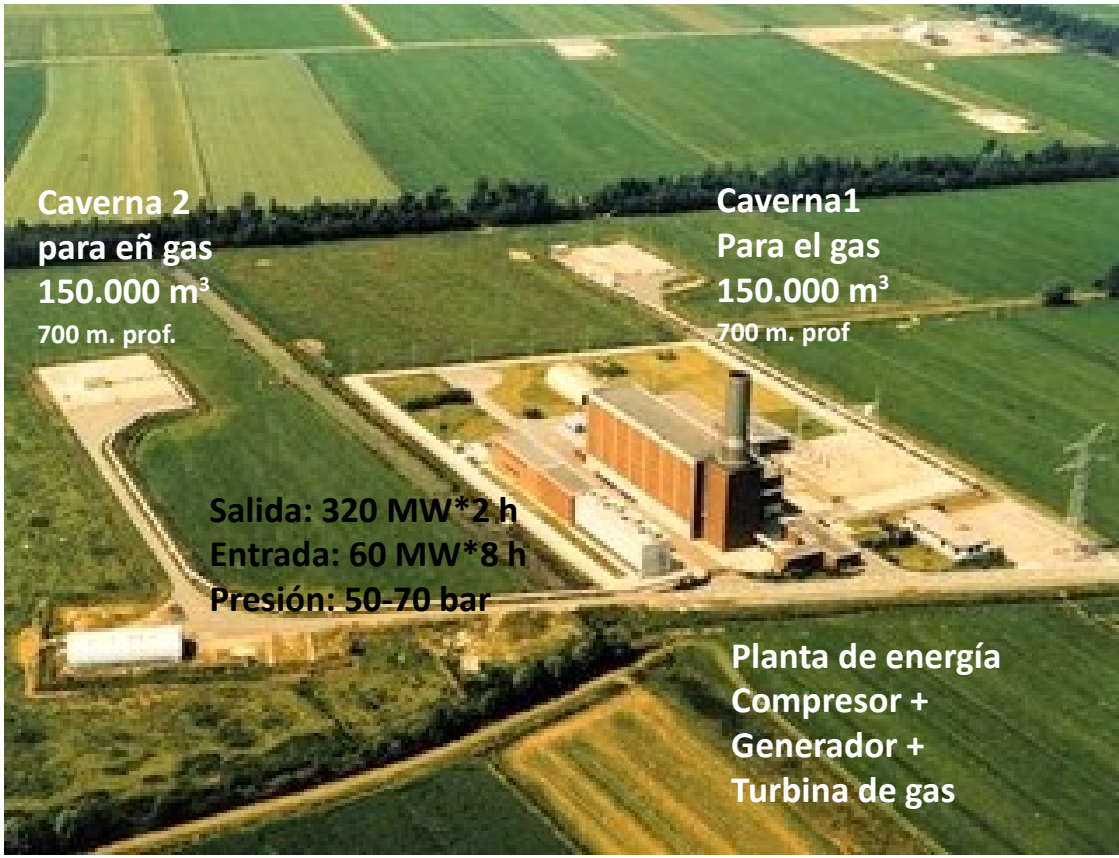
Los costes de instalación son muy variables y dependen mucho del sitio:

264-528 €/kW instalado
352-704 €/kW instalado
880-1,100 €/kW instalado

Los costes de operación son también variables : 102-123 €/Mwh producido

Es más caro que la técnica más probada de bombeo inverso

Puede representar también el punto de inflexión para un sistema 100% renovable



Fuentes: Franz Crotogino. KBB. Germany June 15th. School of Engineers. Sevilla. Grid Scale Energy Storage. Pumped hydro, compressed air and Hydrogen Energy Storage Technologies at http://energystoragesense.com/compressed-air-energy-storage/
https://www.lazard.com/media/438042/lazard-levelized-cost-of-storage-v20.pdf

La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Costes energéticos asociados a la inyección de cargas intermitentes: almacenamiento en baterías

Ejemplo de la isla de Ta'u en Samoa, EE.UU.

790 habitantes

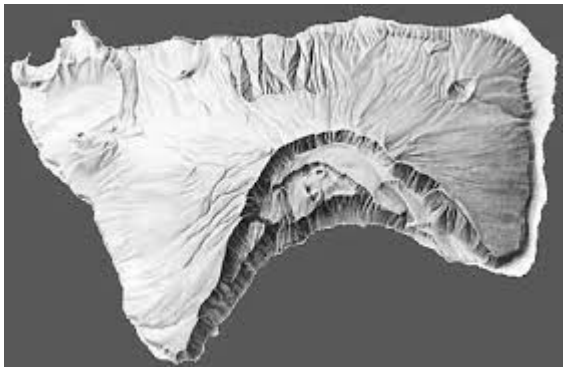
8-10 M$ Proyecto. Aprox. el PIB anual de la isla

1.4 Mwp de planta solar

6,000 kWh almacenamiento en 60 baterías de Tesla Powerpack.

Hay que recortar un 40% de la energía generada.

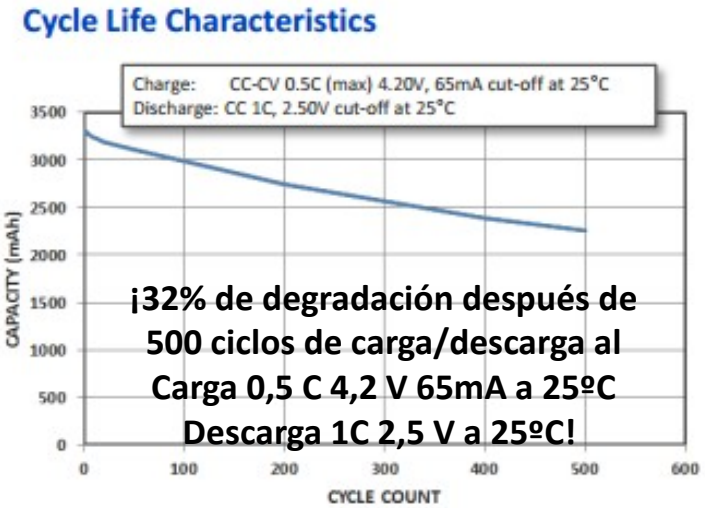
Aún así, unos 4 días por año (1%) las baterías quedan compeltamente descargadas



267-561 $/MWh

7,500 cargas/descargas al 94%/6%
28,000 cargas/descargas al 90%/10%
35,000 cargas/descargas al 80%/20%
40,000 cargas/descargas al 70%/30%

Panasonic Lithium Ion NCR18650B

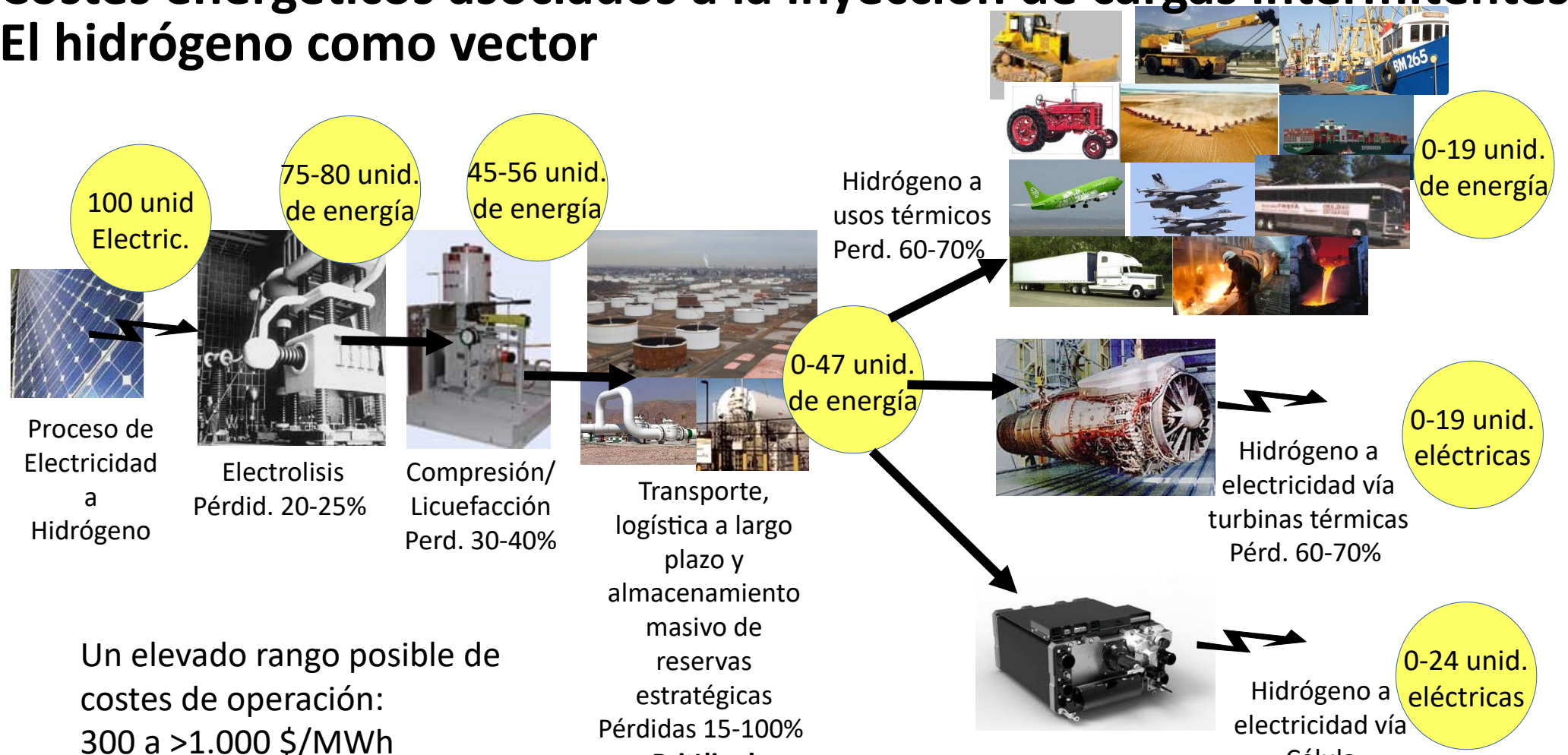


7,104 Panasonic 18650B componen la batería del Tesla S Battery (versión 85 kW.h)
De 45.000 $ de precio y 540 Kg

Fuentes: Panasonic. Tesla. Various. Evandmore.com http://blog.evandmore.com/lets-talk-about-the-panasonic-ncr18650b/ y elaboración propia
https://www.lazard.com/media/438042/lazard-levelized-cost-of-storage-v20.pdf

La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Costes energéticos asociados a la inyección de cargas intermitentes: El hidrógeno como vector



Un elevado rango posible de costes de operación:
300 a >1.000 $/MWh

Costes energéticos de implantación de la infraestructura excluidos

La energía invertida en un sistema energético (Ei)

Costes e implicaciones del almacenamiento masivo de energía eléctrica

El coste del almacenamiento masivo para estabilizar una red nacional es muy difícil de discernir.
Cada tecnología tiene varias opciones, cambia con el tiempo y sus costes difieren mucho dependiendo de los escenarios concretos y las infraestructuras exigidas.

La producción masiva no conduce necesariamente a menores costos.

EL bombeo inverso parece la forma más probada, fiable y de más bajo coste.
Pero un suministro con 100% de seguridad implica, entre 3 y 5 veces más coste que un sistema renovable moderno en sí mismo, ocupa enormes extensiones de valles y está limitado en flujos.

Comparativa de opciones de almacenamiento masivo para un escenario 100% RES				
	Hidrógeno PEM (*)	Bombeo inverso	Baterías	Alm. Con aire compr. (CAES)
Consumo eléctrico vs. Generación	2,5:1	1,25:1	1,05:1	1,2-1,5:1
Eficiencia global (corto plazo)	<40%	~75%	70-90%	42-50%
tiempo de respuesta (en minutos)	0	<3	0	<15
Densidad volumétrica en kWh/m³	180-300	1	150	2,5
Huella de ocupación de superficie	Pequeña	Muy grande	Pequeña	Peq. a grande
Tipo de almacenamiento energético	Químico	Físico	Químico	Físico
Práctica generalizada a pequeña escala	NO	SI	SI	Si D/No A
Práctica generalizada a escala masiva	NO	SI. Limit.	NO	NO
Esperanza de vida en años	10-15	40 Equip. 150 Emb.	5-10	40 Equip. 100 Caverna
Coste por MW instalado	n/d	5-7	5-7	1 (**)

Notas:
(*) Sólo se incluye la membrana de intercambio de protones (PEM). Se excluye el coste de infraestructura de repostaje
(**) Se asumen que existen cavernas de sal con capacidad suficiente justo bajo la planta (230 MW*2 horas)=

El almacenamiento masivo puede ser el punto de inflexión para hacer viable o totalmente inviable una sociedad 100% renovable parecida a la actual