

Electrónica de potencia (a modo de definición)

La electrónica de potencia es la rama de la electrotecnia que se encarga de manipular la energía eléctrica, modificando un conjunto determinado de sus variables características, para adecuarla a los requerimientos de un sistema que empleará la energía así manipulada para lograr un fin ulterior.

Variables modificables:

Tipo (AC ó DC)

Voltaje

Corriente

Potencia Activa

Potencia Reactiva

Frecuencia

Relación de fase

Número de fases

Contenido armónico

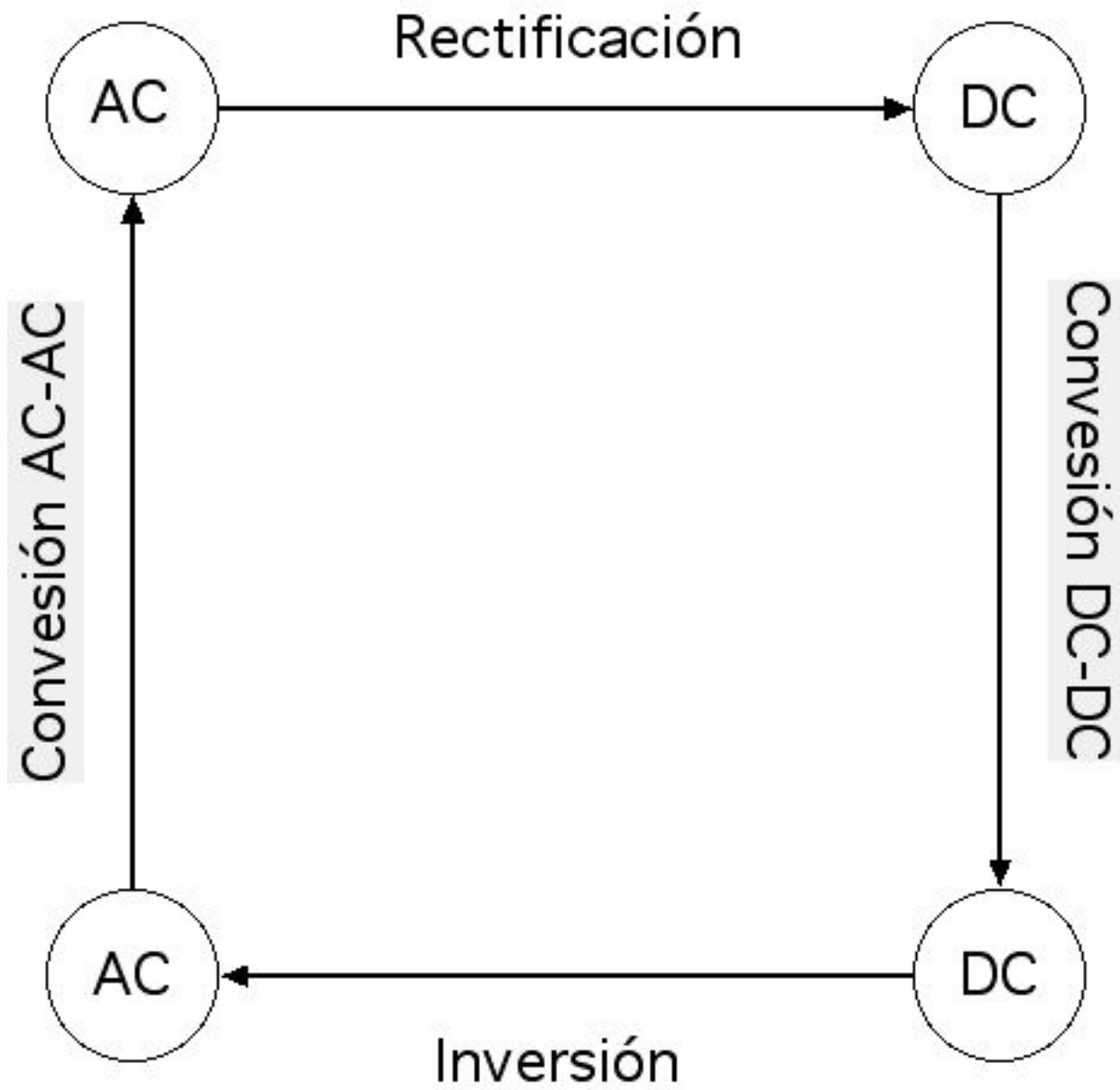
Usualmente desde el punto de vista de clasificación se considera que la variable de mayor importancia es el “tipo” de energía eléctrica (AC ó DC) presente a la entrada y a la salida del sistema conversor, lo que da origen a las siguientes transformaciones posibles:

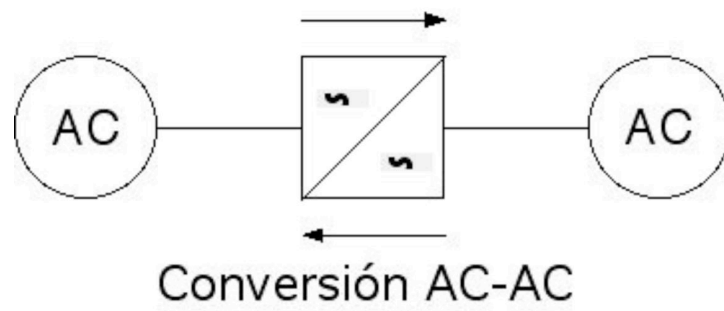
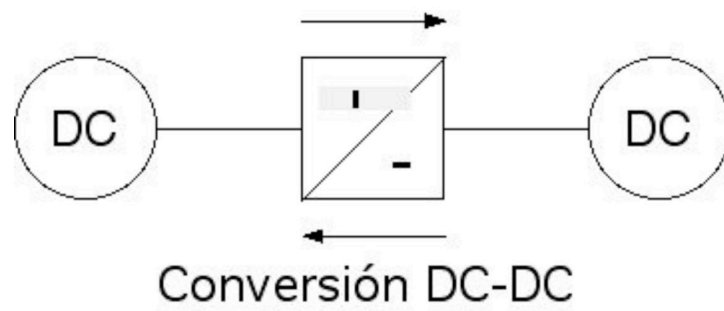
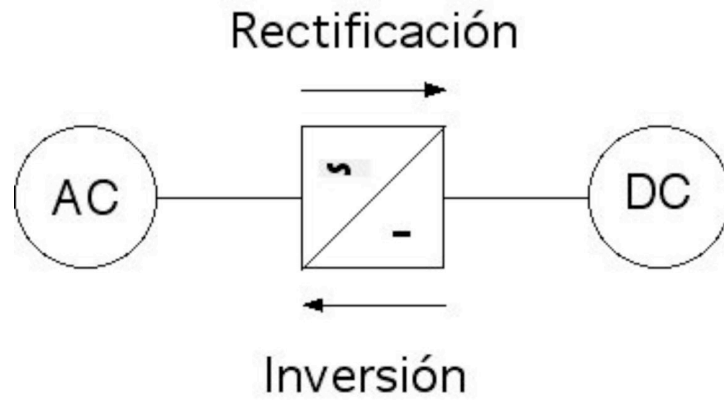
Conversión AC-DC: rectificación.

Conversión DC-AC: inversión u ondulación (poco frecuente)

Conversión DC-DC

Conversión AC-AC





Por convención se asume que el puerto de entrada es el situado a la izquierda del dibujo y el de salida es el situado a la derecha.

Si la energía fluye siempre del puerto de entrada al de salida, la conversión es unidireccional.

Si la energía puede fluir en ambas direcciones el conversor es bidireccional. En este caso la distinción entre el puerto de entrada y el de salida es arbitraria.

I- Conversión AC-DC (rectificación)

Transmisión de energía DC en alto voltaje (HVDC: High Voltage DC): muy alta tensión (400kV a 1MV+), alta corriente (kA), muy alta potencia (GW).

Electroquímica: alta corriente (kA+), baja tensión (V), alta potencia (MW+).

Sistemas de alimentación de redes de tránsito urbano: tensiones medias (400 a 1500 V), alta potencia distribuida (MW+ en múltiples estaciones).

Control de motores DC industriales: amplia gama de potencias (desde fracción de HP hasta kHP), voltajes (decenas V a kV) y corrientes (A a kA).

Carga de bancos de baterías: baja tensión (100V-), puede ser alta corriente y alta potencia,

Fuentes de alimentación para aplicaciones electrónicas

II-Conversion DC-DC

Control de motores DC de tracción en redes de tránsito urbano: tensiones medias (400 a 1500 V), potencia media/alta (kHP, posiblemente múltiples ejes motrices con motores individuales).

Control de motores DC industriales: potencias bajas/medias(desde fracción de HP hasta decenas HP), voltajes (50 V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

Fuentes de alimentación para aplicaciones electrónicas: potencias bajas/medias(desde fracción de kW hasta decenas kW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

Sistemas de energía DC: potencias bajas/medias(desde fracción de kW hasta decenas kW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

III- Conversión DC-AC (ondulación o inversión)

Transmisión de energía DC en alto voltaje (HVDC: High Voltage DC): muy alta tensión (400kV a 1MV+), alta corriente (kA), muy alta potencia (GW).

Control de motores AC industriales/domésticos (de inducción, sincrónicos y "brushless"): amplia gama de potencias (desde fracción de HP hasta kHP), voltajes (120 V a kV) y corrientes (A a kA).

Fuentes de alimentación ininterrumpida (FAI-UPS) para aplicaciones electrónicas: amplia gama de potencias (desde 100+VA hasta MVA), voltajes (120 V a kV) y corrientes (A a kA).

Sistemas industriales de calentamiento inductivo o capacitivo: alta frecuencia (kHz a MHz), alta potencia (kW a MW).

Sistemas de generación de energías alternativas DC (fotovoltaica y celdas de combustible): potencias bajas/altas (desde fracción de kW hasta decenas MW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta miles A).

IVa-Conversion AC-AC con cambio de frecuencia (cicloconversión)

Control de motores AC industriales (de inducción, sincrónicos):
muy altas potencias (kHP), voltajes (kV) y corrientes (kA).

Sistemas generadores de velocidad variable y frecuencia
constante (VSCF): frecuencia de salida fija (50/60 Hz,
generadores eólicos; 400 Hz, generadores aeronáuticos),
potencia media/alta (kW a MW).

IVb- Conversión AC-AC sin cambio de frecuencia (control de potencia AC)

Sistemas de transmisión de energía eléctrica flexibles (FACTS: Flexible AC Transmission Systems): muy alta tensión (400kV a 1MV+), alta corriente (kA), alta potencia (MW).

Control de temperatura por calentamiento resistivo en procesos industriales: potencia media/alta (kW a MW+)

Control de luminarias incandescentes (doméstico/industrial): potencia baja/alta (W a kW+)

Control de motores AC (inducción y universales): potencia baja/media (hasta HP+), tensión "doméstica" (120/220 V).

Fuentes Alternativas de Electricidad, el Sistema Eléctrico y la Electrónica de Potencia.

Los paneles foto-voltaicos y las celdas de combustible producen electricidad continua, que debe ser convertida a alterna, usualmente con una cascada de conversores DC-DC y DC-AC.

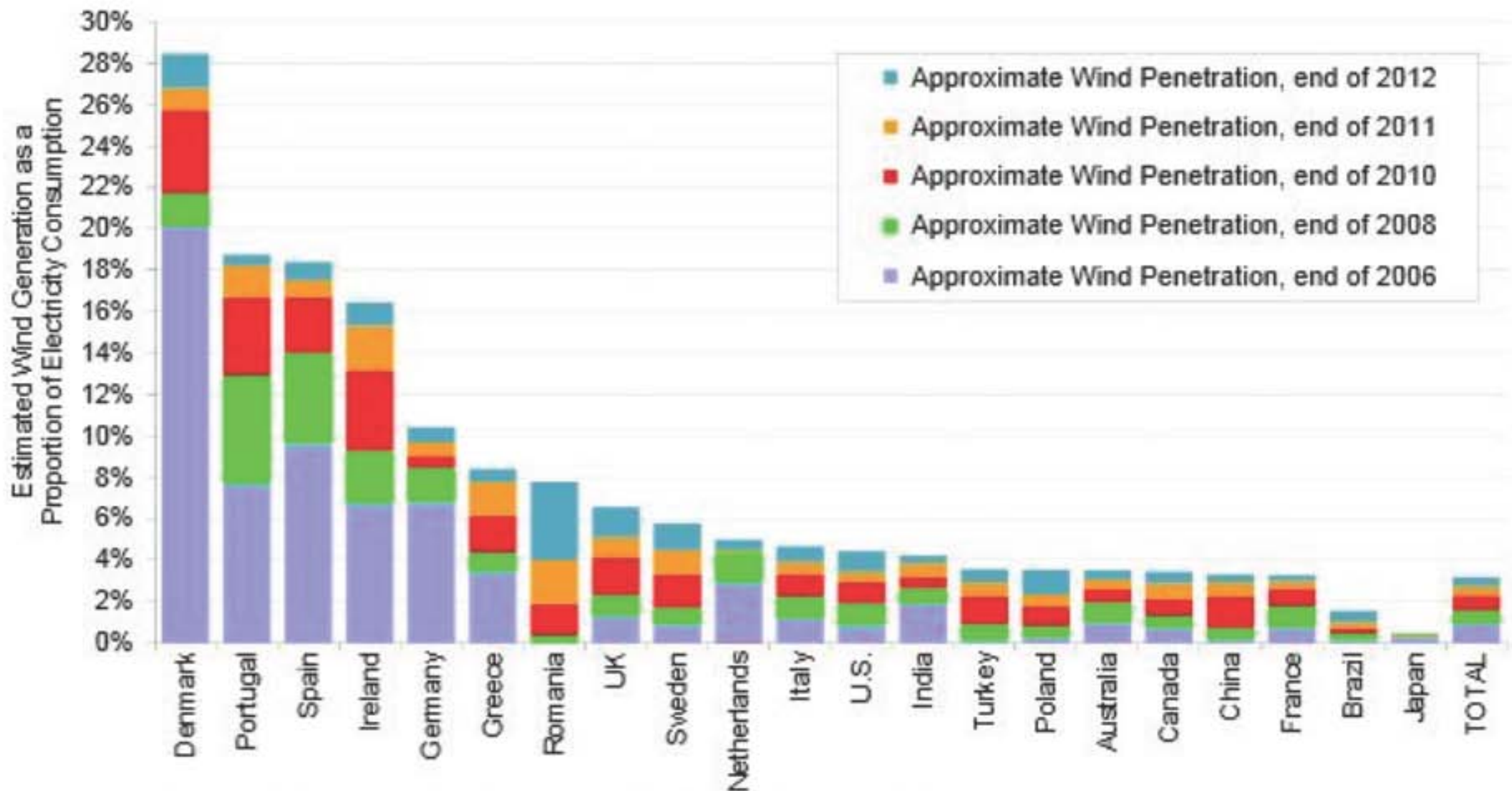
Los generadores basados en la energía cinética del viento (generadores eólicos), las olas, las mareas, las corrientes oceánicas y el flujo de los ríos (sin represa) ofrecen salida AC, pero usualmente de frecuencia variable con la velocidad del fluido, lo que requiere un sistema VSCF, usualmente con una cascada de convertidores AC-DC y DC-AC.

Dado que estas formas de energía presentan fuertes variaciones en el tiempo (ciclos día-noche, cambios de estaciones, etc.), la integración de este tipo de energías en la red requiere almacenamiento de energía en forma química, bien en bancos de baterías, bien en forma de H₂.

En ambos casos esto requiere una etapa de conversión AC-DC o DC-DC para energizar el banco de baterías o el generador de H₂, y otra de conversión DC-AC para acoplar la salida DC del banco de baterías o la celda de combustible al sistema AC de distribución.

La penetración de estas fuentes no convencionales de energía eléctrica renovable es cada vez más importante, especialmente en el caso eólico y fotovoltaico, por lo que esta área de la Electrónica de Potencia será la de mayor crecimiento en el futuro, y una de las tres, junto con los sistemas FACTS y HVDC, que mayor influencia ejercerá en el desarrollo de los sistemas eléctricos.

Tendencias mundiales



Source: Berkeley Lab estimates based on data from Navigant, EIA, and elsewhere



Victor Manuel Guzman Arguis <vguzman@usb.ve>

Wind power installed by end of 2013

José Santamarta <worldwatch@nodo50.org>
 Para: worldwatch@nodo50.org

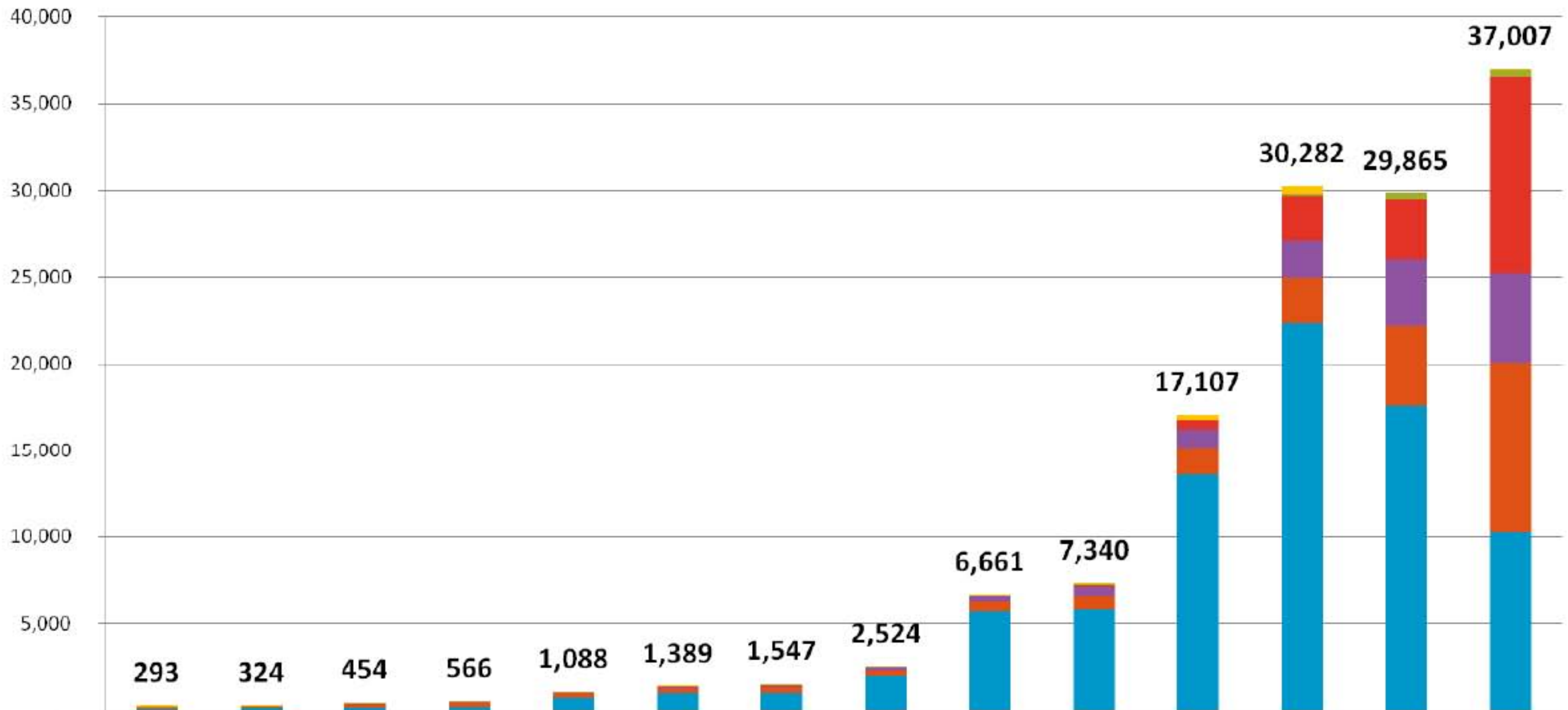
7 de febrero de 2014, 18:11

Country	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
Algeria	0	0	0													
Antarctica	1,6	1,6														
Argentina	218	142	129,2	60	30	30	30	28	27	26	26	26	26	16	15	14
Armenia	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aruba	30	30	30													
Australia	3239	2584	2226	2020	1712	1494	817	817	579	379	197	103	71	30	9	9
Austria	1684	1378	1084	1011	995	995	982	965	819	606	415	139	94	77	42	30
Azerbaijan	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bangladesh	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Belarus	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Belgium	1651	1375	1078	911	563	384	287	194	167	95	68	44	32	13	9	6
Brazil	3456	2508	1431	931	606	339	247	237	29	24	24	22	24	22	19	17
Bolivia	3	0,1														
Bonaire	11	10,8														
Bulgaria	681	684	516	375	177	158	57	36	14	10	10	0	0	0	0	0
Canada	7803	6204	5265	4008	3319	2369	1846	1460	683	444	322	236	207	137	125	82
Cape Verde	24	24	24	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Chile	335	205	190	172	168	20	20	2	2	2	2	1	0	0	0	0
China	91424	75324	62364	41800	25104	12210	5912	2599	1266	764	567	468	400	352	262	200
Colombia	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0
Costa Rica	148	148	132	123	119	74	74	74	71	70	70	70	50	50	50	30
Croatia	302	180	131	89	28	18	17	17	6	6	0	0	0	0	0	0
Cuba	12	12	12	7	7	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Curacao	12	12	12													
Cyprus	147	147	134	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Republic	269	260	217	215	192	150	116	57	29	17	10	3	0	0	0	0
Denmark	4772	4162	3956	3752	3465	3160	3125	3136	3128	3124	3110	2880	2383	2417	1771	1383
Dominica	7,2	7,2														
Dominican Republic	34	34	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecuador	19	19	4	4	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Egypt	550	550	550	550	430	390	310	230	145	145	180	69	69	69	36	6
Eritrea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Estonia	280	269	184	149	142	78	59	33	33	22	4	2	0	0	0	0
Ethiopia	171	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falkland Islands	1	1														
Faroe Islands	7	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0
Fiji	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finland	448	288	199	197	147	140	110	86	82	82	51	41	39	39	39	18
France	8254	7623	6792	5970	4492	3404	2455	1567	757	386	248	148	95	68	25	21
Germany	34250	31270	29071	27214	25777	23903	22247	20622	18490	18428	16629	12001	8754	6095	4443	2875
Greece	1885	1749	1634	1208	1087	990	873	756	573	473	365	276	272	247	158	55

Grenade	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guyana	14	14	14	14	14	14	14	14	14	10	0	0	0	0	0	0
Honduras	102	102	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hungary	329	329	329	295	201	127	65	61	17	3	2	1	0	0	0	0
Iceland	1,8															
India	20150	18421	15880	13065	10926	9587	7850	6270	4430	3190	2110	1702	1507	1267	1035	992
Indonesia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Iran	91	91	91	91	91	82	66	47	32	25	11	11	11	11	11	11
Ireland	2037	1749	1614	1428	1260	1245	805	746	495	339	186	137	125	119	73	73
Israel	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	1	0	0	0
Italy	8552	8118	6878	5797	4850	3736	2726	2123	1718	1265	904	785	682	427	283	178
Jamaica	48	48	48	30	30	21	21	21	35	21	0	0	0	0	0	0
Japan	2661	2614	2536	2304	2056	1880	1528	1309	1040	896	506	334	275	142	68	30
Jordan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
Kazakhstan	2	2														
Kenya	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Latvia	62	60	48	30	28	30	27	27	27	27	24	24	2	0	0	0
Libya	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lithuania	279	263	179	154	91	54	52	55	7	7	2	0	0	0	0	0
Luxembourg	58	58	45	44	35	35	35	35	35	35	21	16	15	15	15	10
Macedonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Madagascar		1,2														
Martinique	1,1	1,1														
Mauritius	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mexico	1992	1369	569	517	202	85	85	84	2	2	0	0	0	0	0	0
Mongolia	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morocco	291	291	291	286	253	125	125	64	64	54	54	54	54	54	14	0
Mozambique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Namibia	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netherlands	2693	2391	2272	2269	2229	2225	1747	1559	1224	1078	908	682	481	440	409	361
New Caledonia	38,2	38,2	38,2													
New Zealand	623	623	623	530	497	325	322	171	168	168	36	35	35	35	35	24
Nicaragua	146	146	62	60	60	60	60	60	60	0	0	0	0	0	0	0
Nigeria	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0
North Korea	0,2	0,2														
Norway	768	703	537	436	431	428	331	325	268	270	100	97	13	13	13	9
Pakistan	106	56	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Panama		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peru	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Philippines	33	33	33	33	33	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0
Poland	3390	2496	1616	1107	725	472	276	153	73	58	58	28	22	5	5	5
Portugal	4724	4529	4379	3702	3535	2862	2130	1716	1022	522	289	194	131	83	67	51
Reunion Island	23,4	23,4	23,4													
Romania	2600	1905	982	462	14	8	8	3	1	1	1	1	0	0	0	0
Russia	15	15	15	15	15	15	15	15	14	11	11	11	0	0	0	0

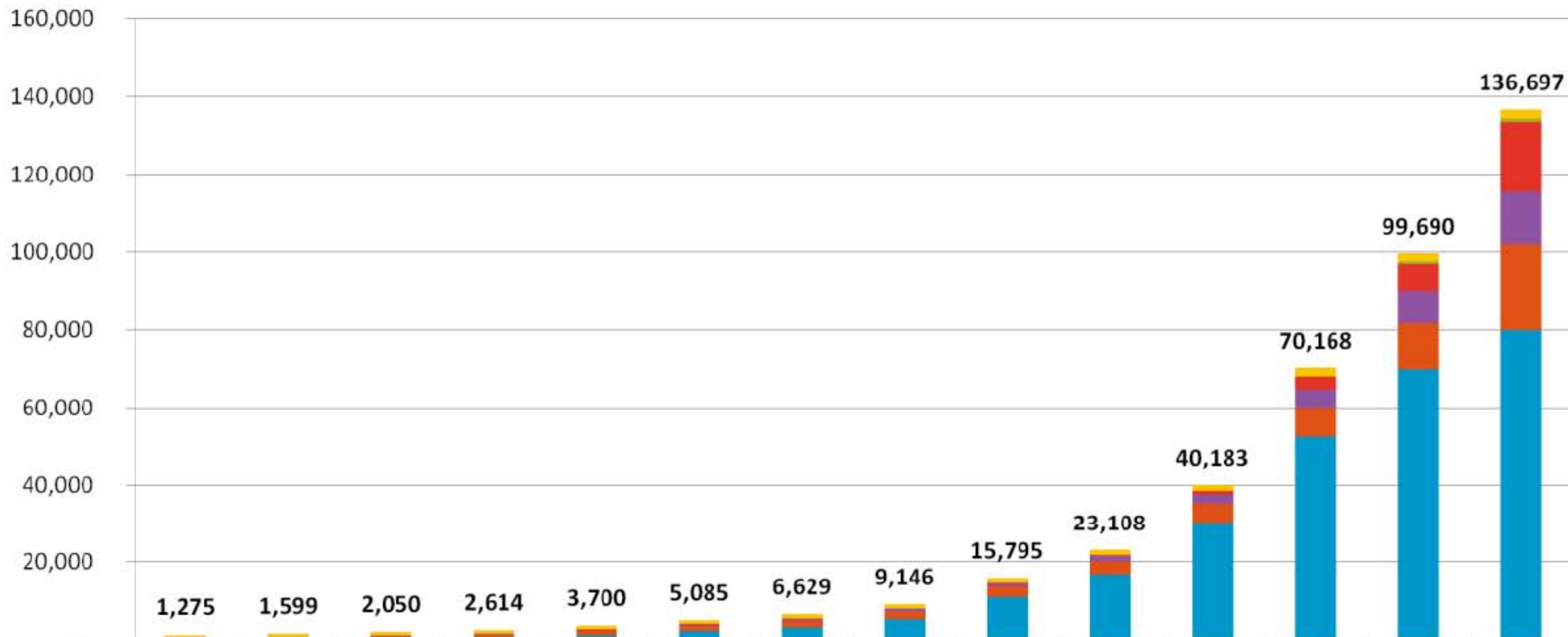
Saint Kitts and Nevis	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
St. Pierre-et-Miquel	0,6	0,6															
Serbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slovakia	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	2	0	0	0	0	0	0
South Africa	10	10	10	10	8	22	17	17	17	17	16	13	13	13	13		0
South Korea	561	483	407	379	348	278	192	176	119	23	19	16	0	0	0	0	0
Spain	22959	22784	21674	20623	19149	16740	15145	11630	10028	8263	6202	4830	3337	2535	1542	834	
Sri Lanka	63	63	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sweden	4770	3746	2899	2163	1,56	1,067	831	571	509	452	404	345	295	241	220	178	
Switzerland	60	50	46	42	18	14	12	12	12	9	5	5	0	0	0	0	0
Taiwan	614	571	564	519	436	358	280	187	104	13	0	0	0	0	0	0	0
Tanzania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thailand	223	112															
Tunisia	104	104	54	20	20	20	20	20	20	20	10	19	11	11	0	0	0
Turkey	2959	2312	1806	1329	801	333	207	65	20	21	21	19	19	19	9	9	
Ukraine	371	276	151	87	94	90	89	86	77	69	56	46	41	5	5	3	
United Kingdom	10531	8649	6556	5204	4051	3288	2389	1963	1353	888	684	552	474	409	347	333	
Uruguay	59	56	41	21	21	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA	61091	60007	46883	40298	35159	25170	16819	11603	9149	6725	6370	4685	4258	2564	2534	1820	
Vanuatu	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venezuela	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vietnam	31	31	31	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	318137	283048	238126	198001	158975	120624	93889	73938	59091	47620	39431	31100	23900	17400	13600	10200	

Evolution of global annual installations 2000-2013 (MW)



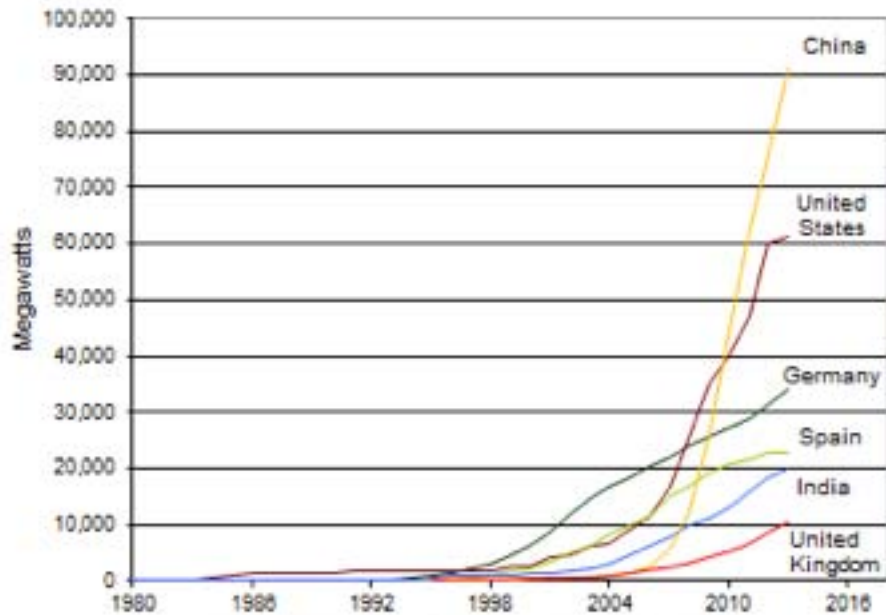
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ROW	88	56	80	77	29	10	105	42	76	80	284	508	-	85
MEA	-	-	-	-	1	0	0	1	1	22	46	125	365	383
China	19	5	19	10	10	8	10	20	40	160	500	2,500	3,500	11,300
AMERICA	2	3	30	48	61	82	110	166	306	500	1,082	2,181	3,774	5,153
APAC	126	128	190	230	282	304	325	271	530	745	1,578	2,562	4,646	9,833
Europe	58	133	134	202	705	985	997	2,023	5,708	5,833	13,616	22,407	17,580	10,253
TOTAL	293	324	454	566	1,088	1,389	1,547	2,524	6,661	7,340	17,107	30,282	29,865	37,007

Evolution of global cumulative installed capacity 2000-2013 (MW)



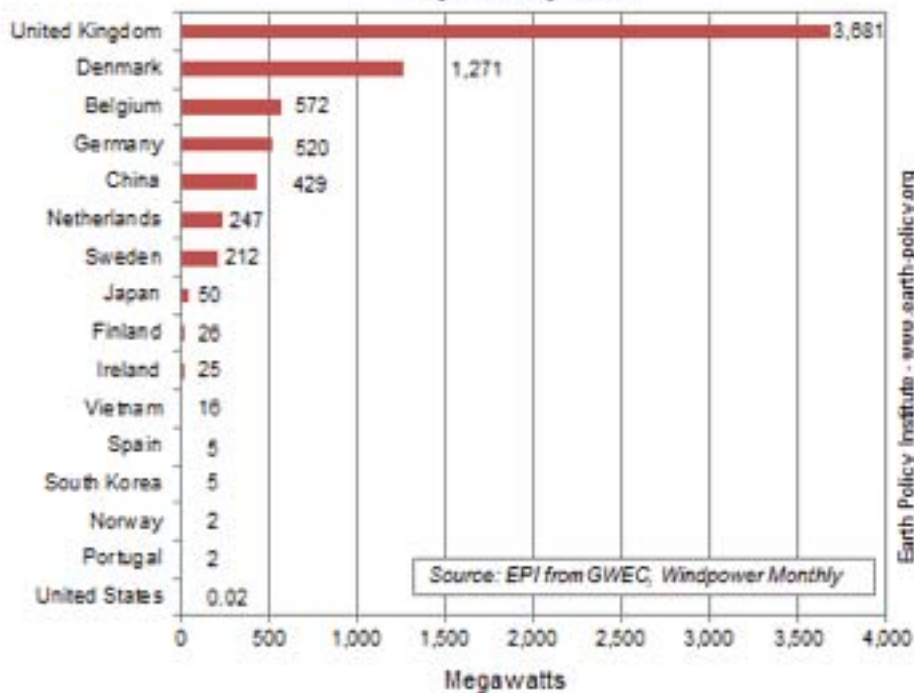
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ROW	751	807	887	964	993	1,003	1,108	1,150	1,226	1,306	1,590	2,098	2,098	2,183
MEA	-	-	-	-	1	1	1	2	3	25	80	205	570	953
China	19	24	42	52	62	70	80	100	140	300	800	3,300	6,800	18,100
AMERICA	21	24	54	102	163	246	355	522	828	1,328	2,410	4,590	8,365	13,518
APAC	368	496	686	916	1,198	1,502	1,827	2,098	2,628	3,373	4,951	7,513	12,159	21,992
Europe	116	249	381	580	1,283	2,264	3,258	5,274	10,970	16,777	30,352	52,462	69,699	79,952
TOTAL	1,275	1,599	2,050	2,614	3,700	5,085	6,629	9,146	15,795	23,108	40,183	70,168	99,690	136,697

Cumulative Installed Wind Power Capacity in Leading Countries, 1980-2013



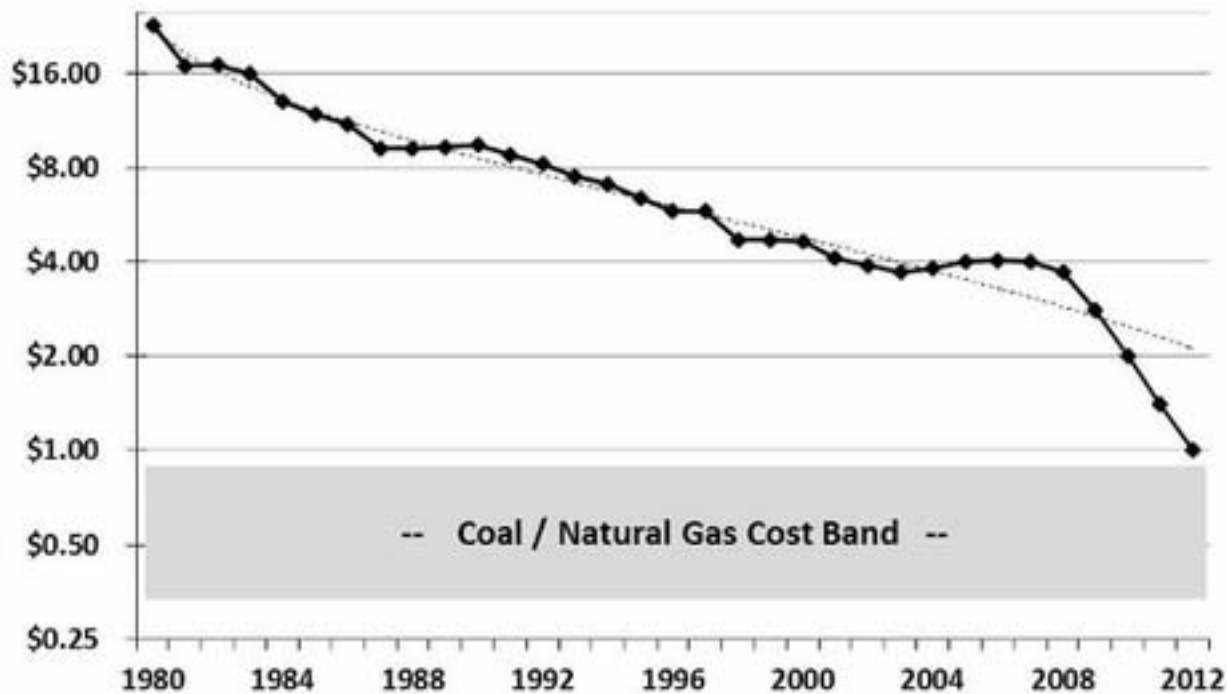
Source: EPI from GWEC, Worldwatch, CREIA, EWEA, BWEA

Cumulative Installed Offshore Wind Power Capacity by Country, 2013



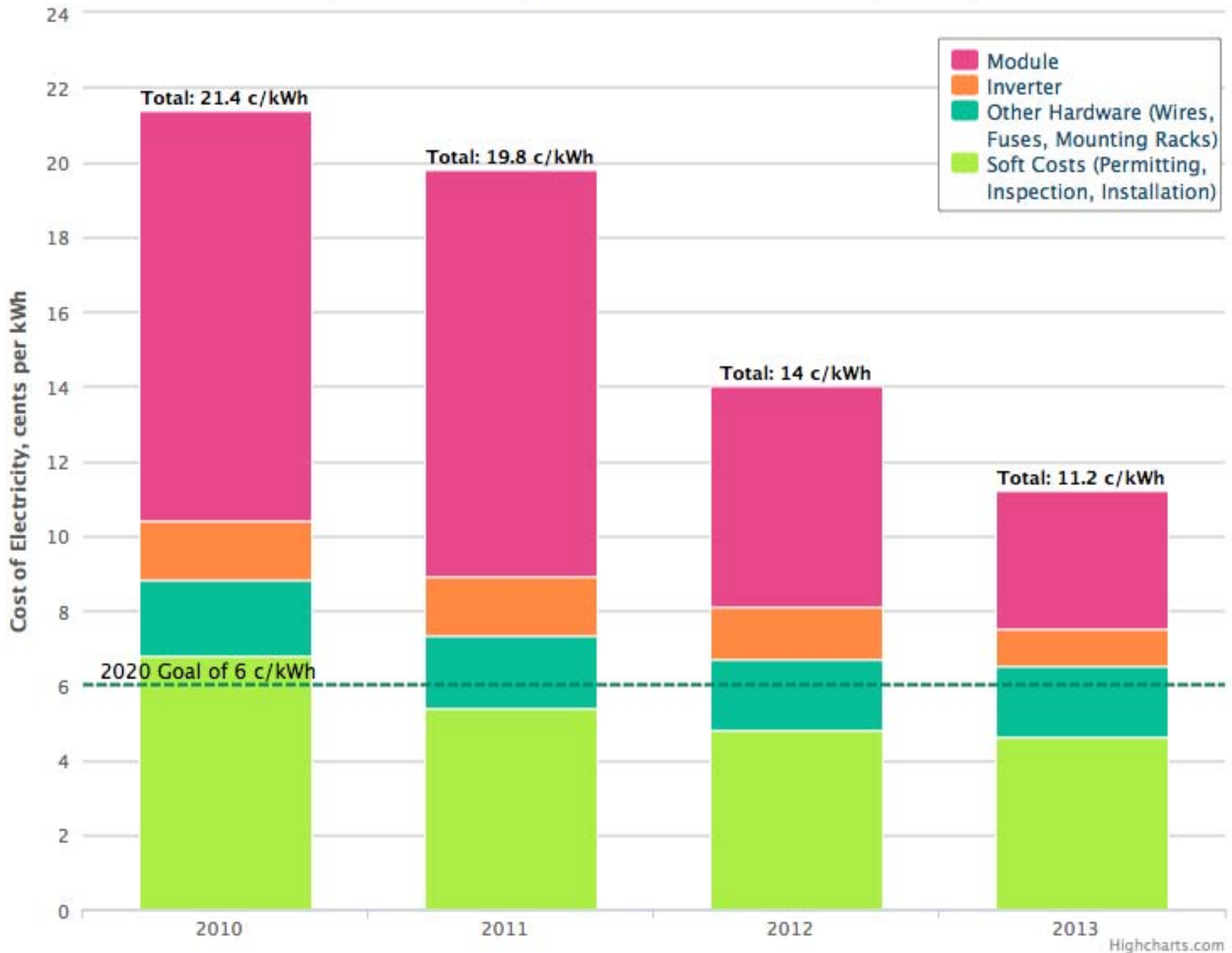
Plummeting Cost of Solar Modules

(Cost Per Watt in 2012 Dollars)

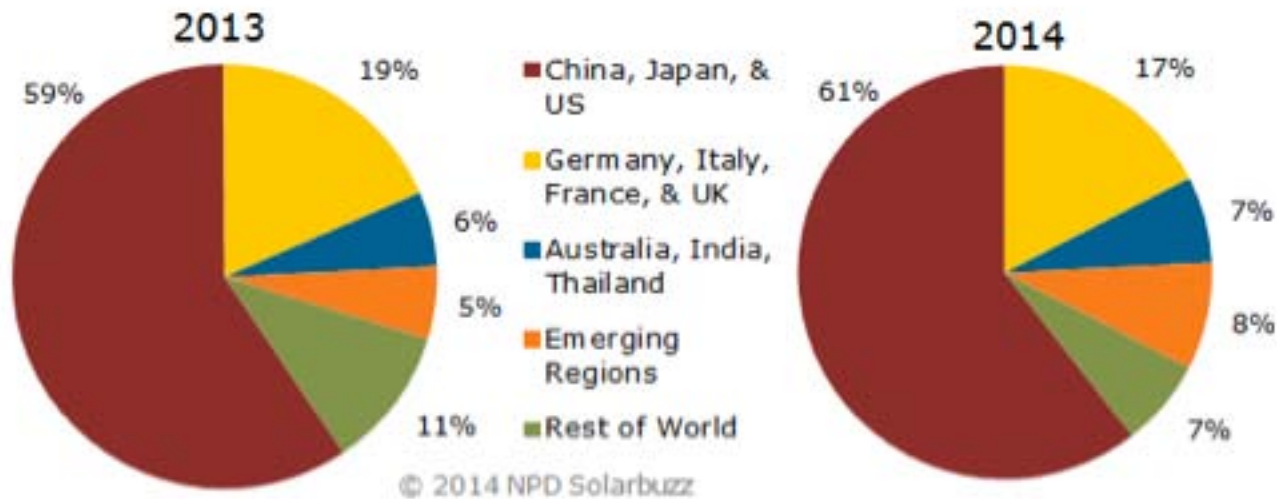


Sources: DOE NREL Solar Market Report, SolarBuzz Retail Price Environment

The Falling Price of Utility-Scale Solar Photovoltaic (PV) Projects

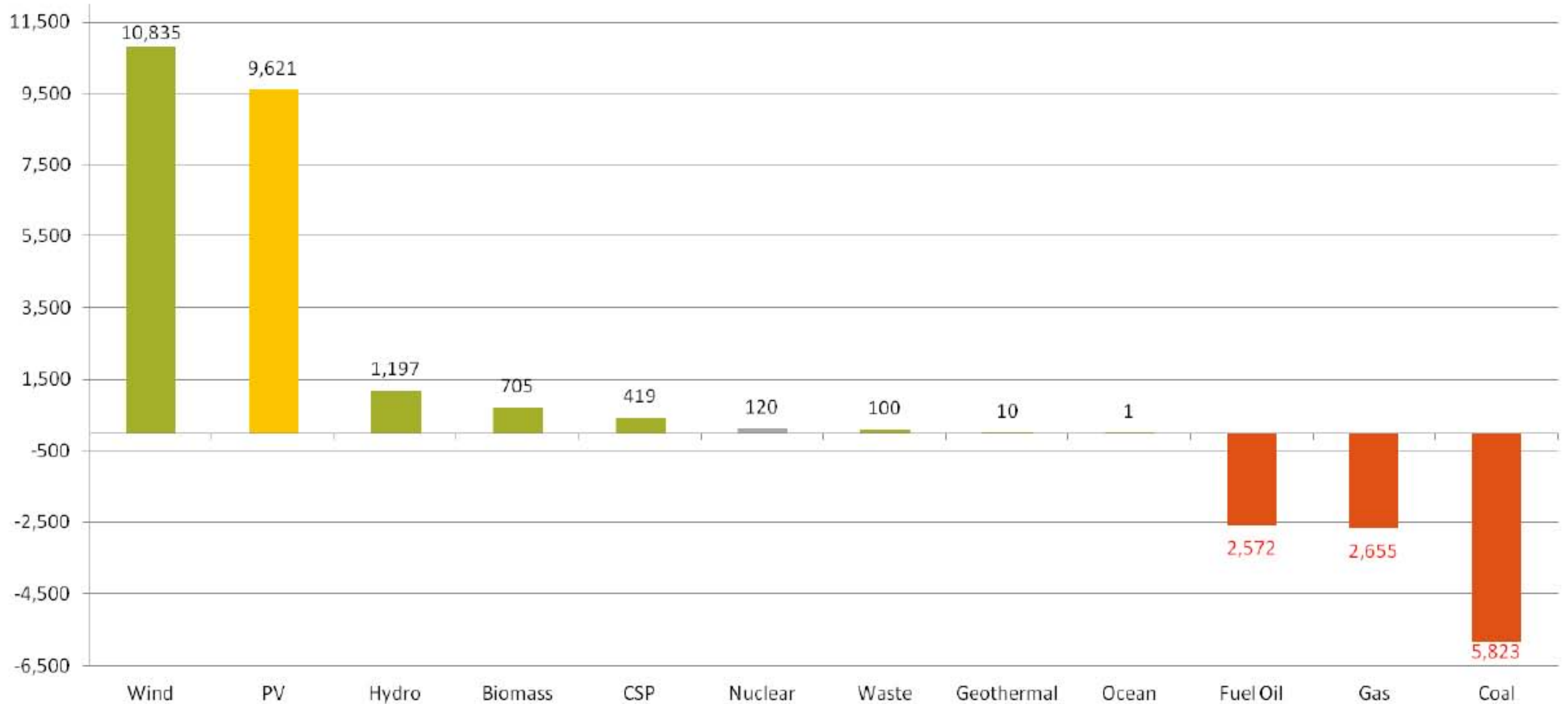


Highcharts.com



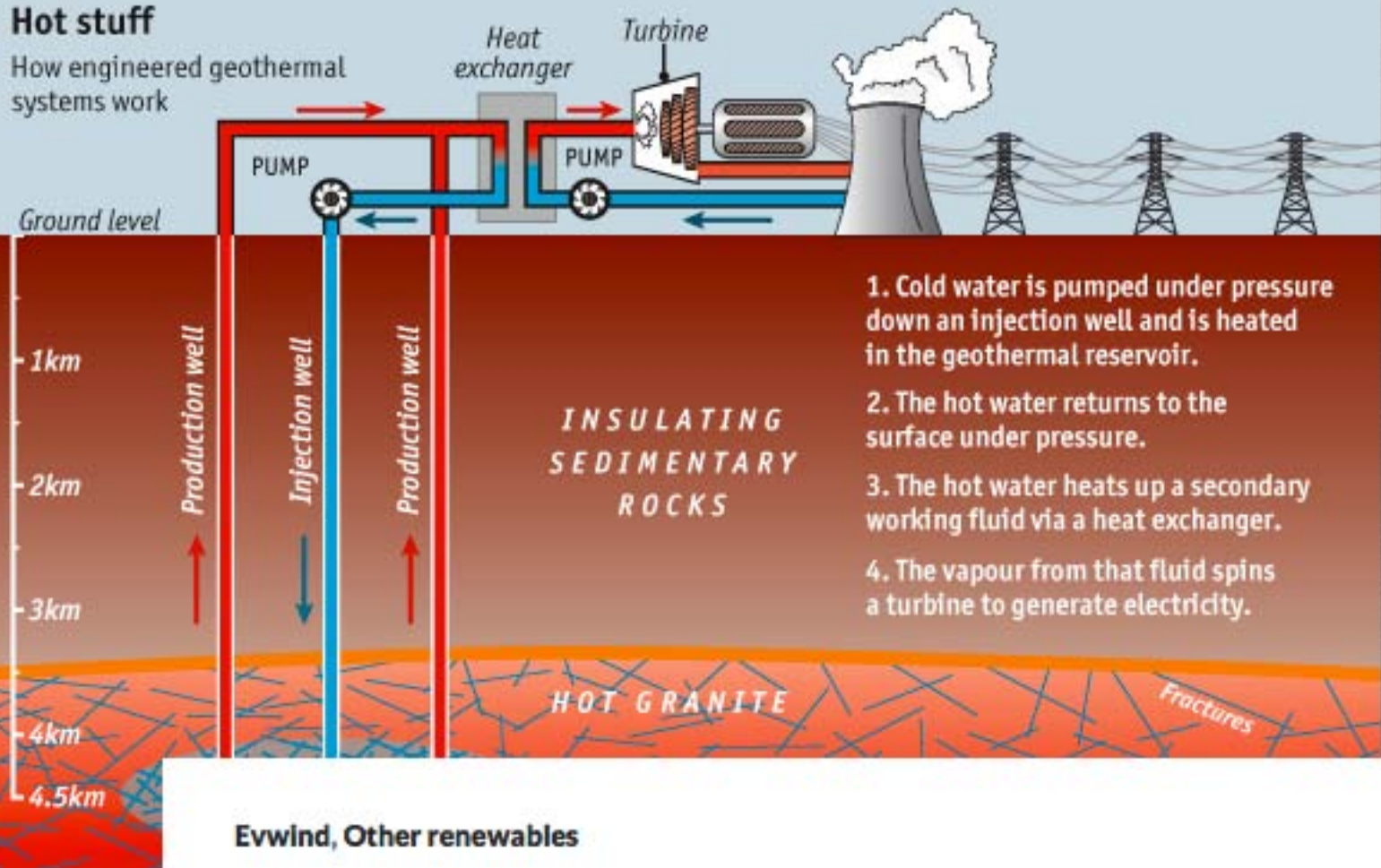
Solar PV Demand by Key Geographic Segments for 2013 and 2014

Net power generation capacities added in the EU 28 in 2013 (MW)



Hot stuff

How engineered geothermal systems work



Ewind, Other renewables

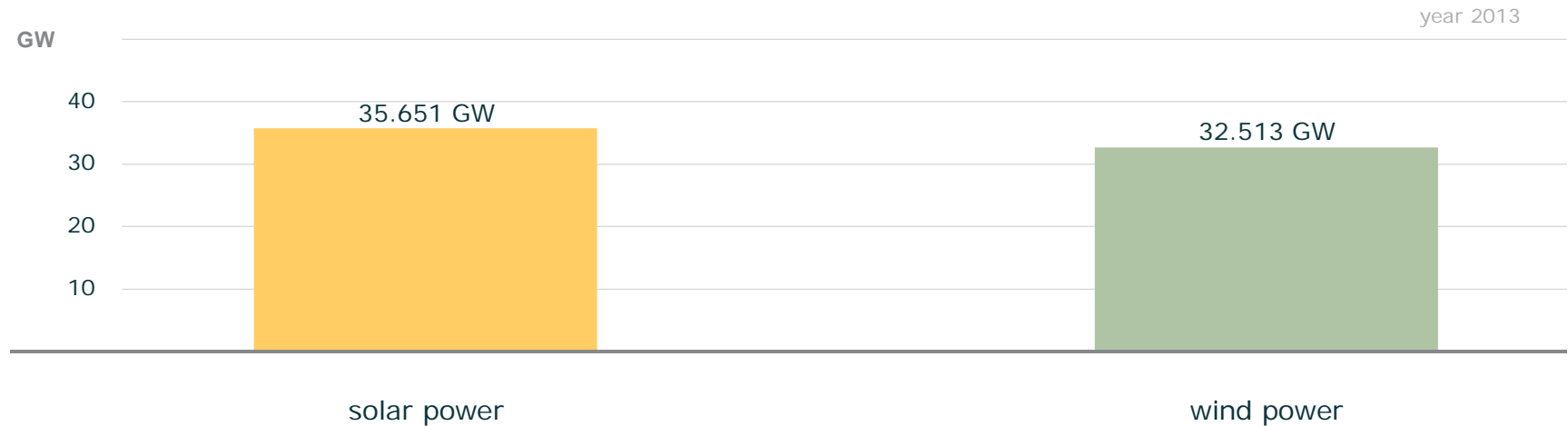
El "caso Alemania"

Electricity generation in Germany, by energy source (share of total)



Installed power solar and wind at October 16, 2013

Installed solar and wind power

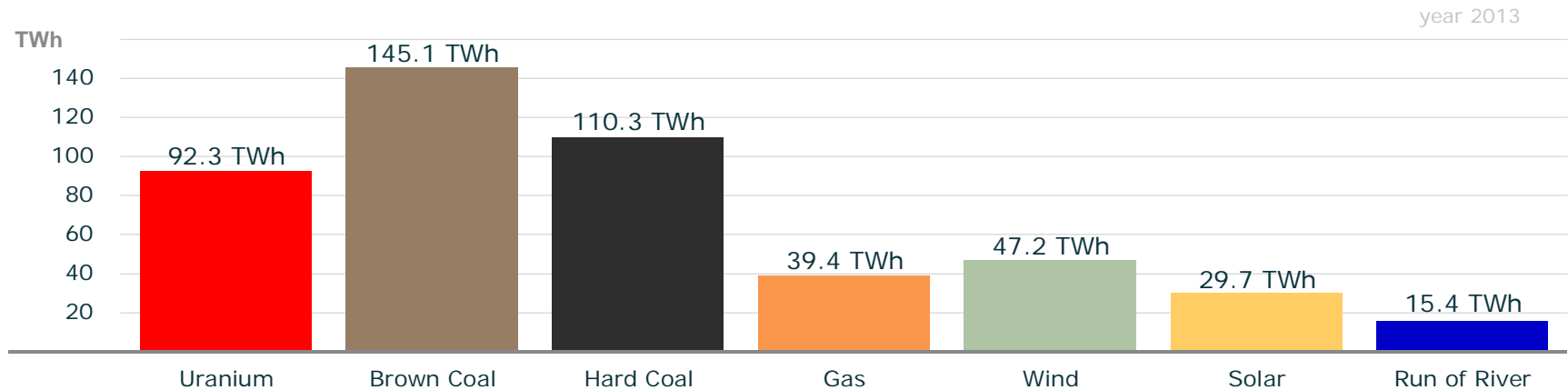


■ wind power: 32.005 GW onshore; 508 MW offshore

Graph: B. Burger, Fraunhofer ISE; data: Bundesnetzagentur

Electricity production in 2013

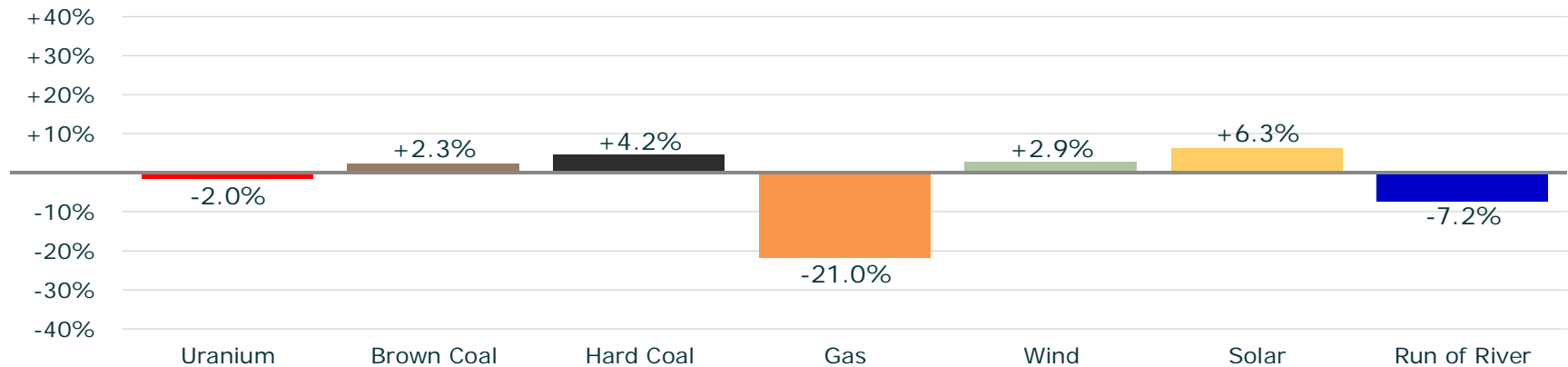
Electricity production in 2013



Graph: B. Burger, Fraunhofer ISE; data: European Stock Exchange EEX, energetic corrected values

Relative change in electricity production: 2013 versus 2012

Relative change in electricity production: 2013 versus 2012

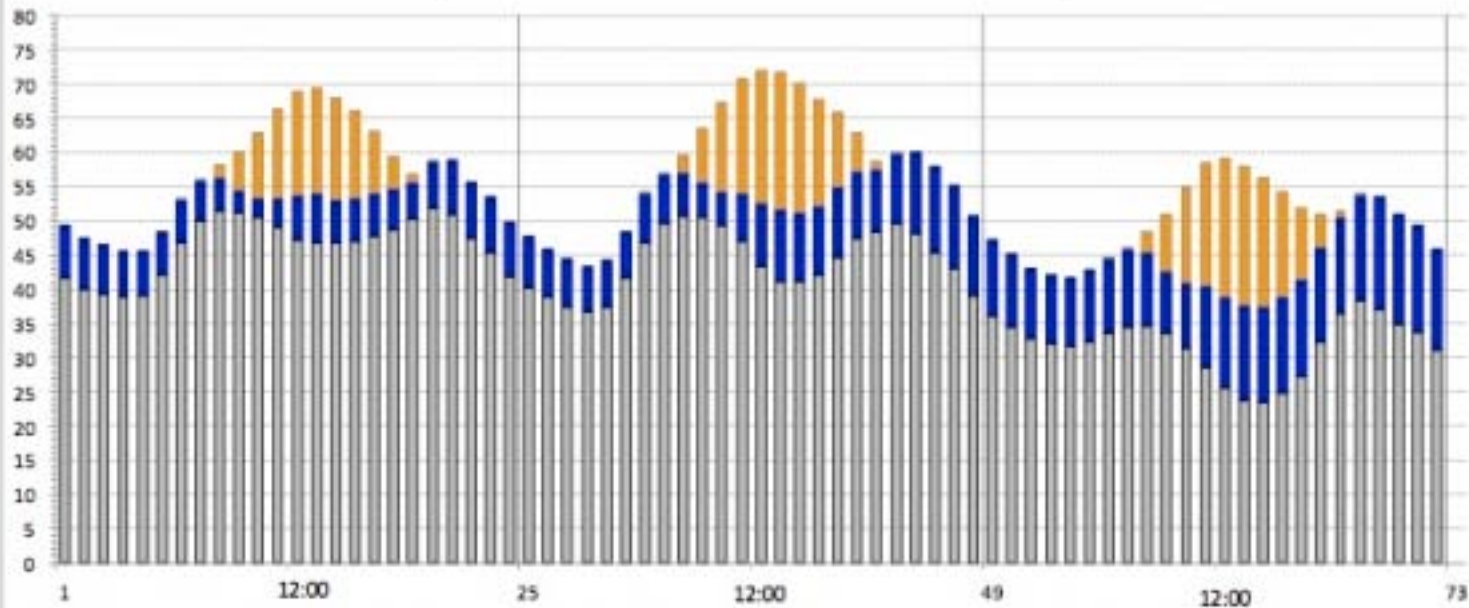


Graph: B. Burger, Fraunhofer ISE; data: Statistisches Bundesamt (2012), European Stock Exchange EEX (2013)

Hourly production in October 1-3/2013

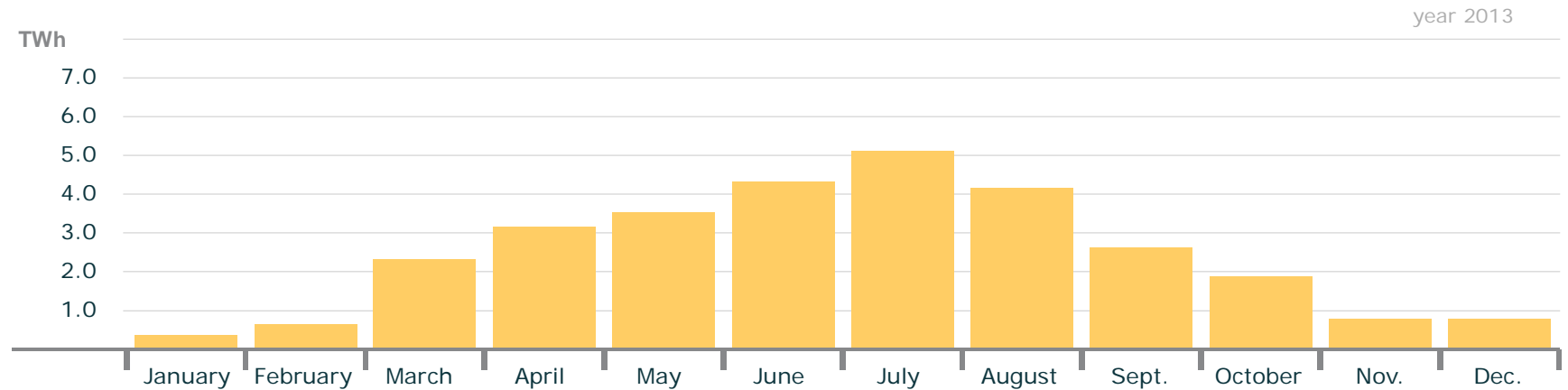
(mean GW on one hour). Source of data: EEX

■ GW conv. > 100 MW ■ GW Wind ■ GW PV



Monthly Production Solar

Monthly Production Solar

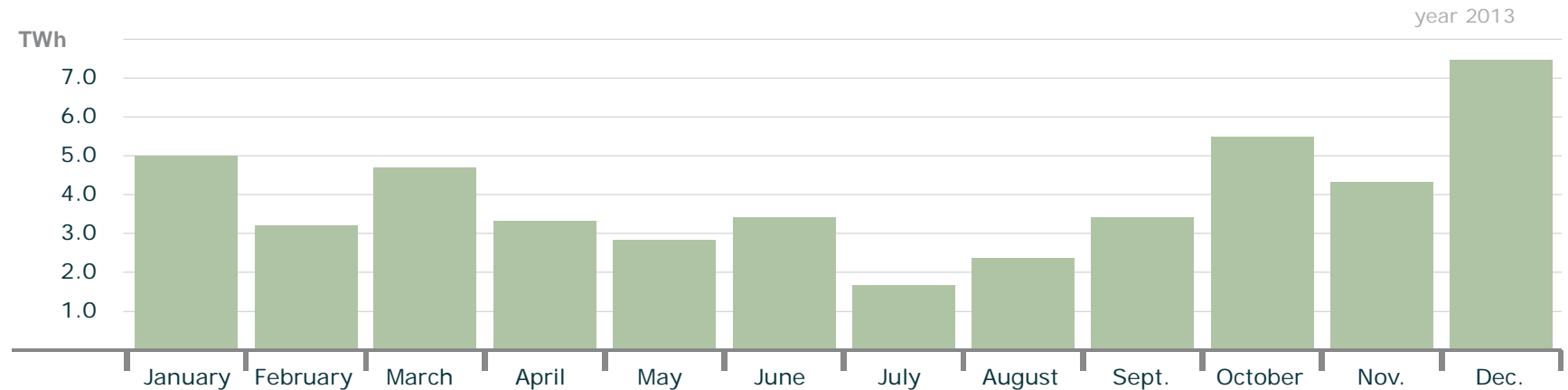


- The maximal production of PV was 5.1 TWh in July 2013
- The minimal production was 0.35 TWh in January 2013

Graph: B. Burger, Fraunhofer ISE; data: EEX Transparency Platform

Monthly Production Wind

Monthly Production Wind

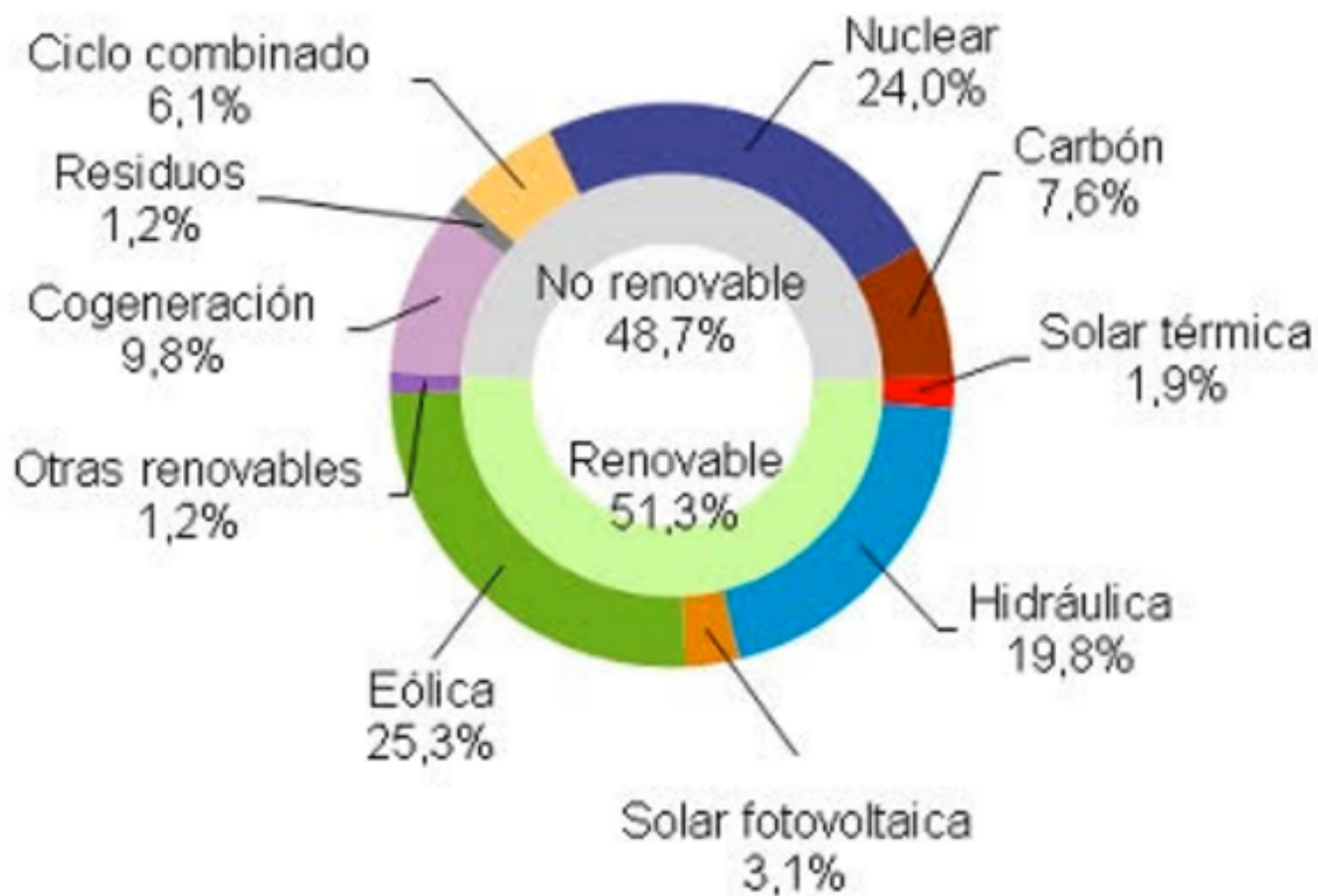


- The maximal production of wind was 7.5 TWh in December 2013
- The minimal production was 1.7 TWh in July 2013

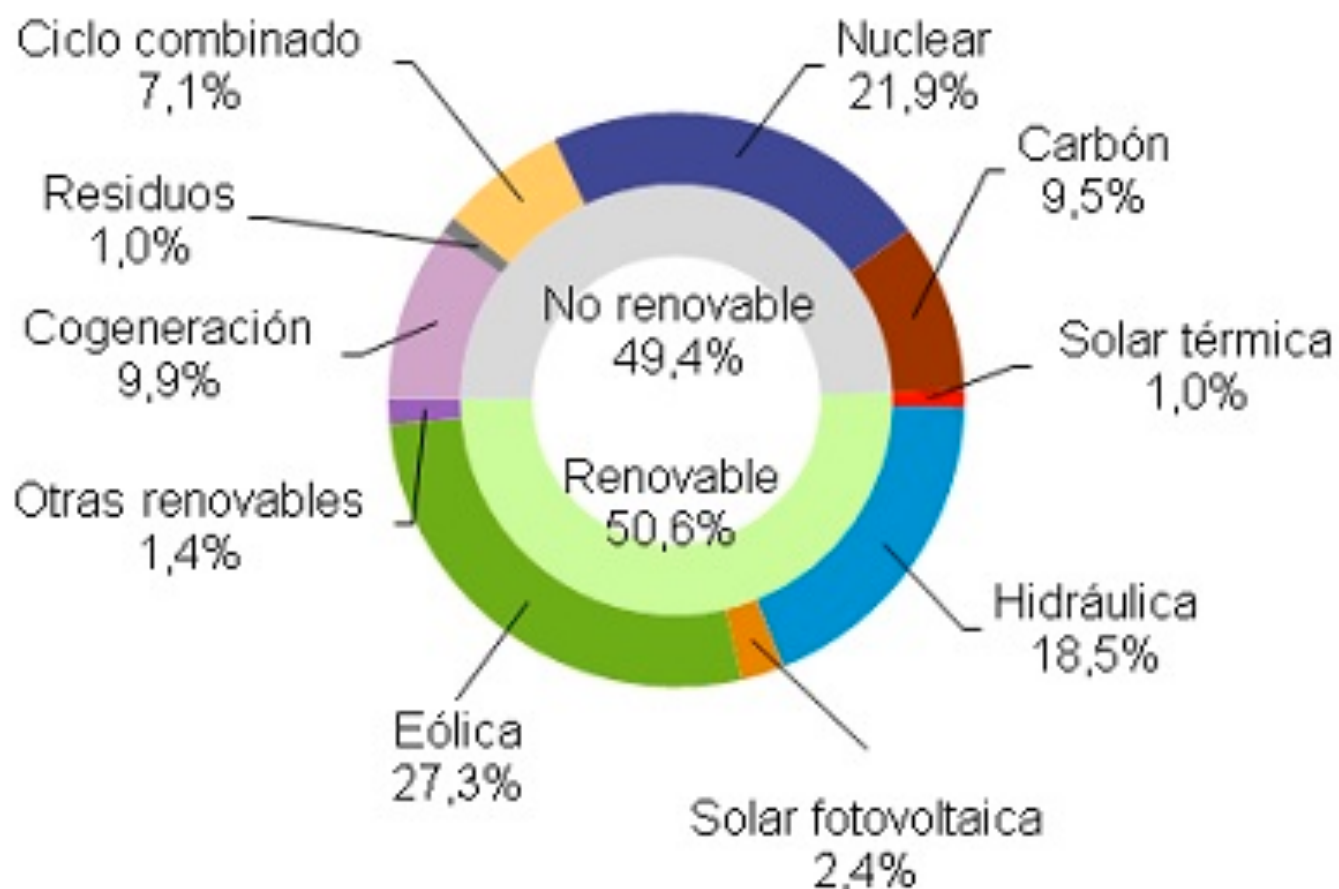
Graph: B. Burger, Fraunhofer ISE; data: EEX Transparency Platform

El "caso España"

marzo 2016



Generación de enero a marzo del 2016



Potencia instalada a 31 de diciembre

	Sistema peninsular		Sistemas extrapeninsulares		Total nacional	
	MW	% 13/12	MW	% 13/12	MW	% 13/12
Hidráulica	17.765	0,0	1	0,0	17.766	0,0
Nuclear	7.866	0,0	-	-	7.866	0,0
Carbón ⁽¹⁾	11.131	0,2	510	0,0	11.641	0,2
Fuel/gas	520	0,0	2.979	2,4	3.498	2,0
Ciclo combinado	25.353	0,0	1.854	0,0	27.206	0,0
Régimen ordinario	62.635	0,0	5.343	1,3	67.978	0,1
Hidráulica	2.057	0,7	0,5	0,0	2.058	0,7
Eólica	22.746	0,8	153	3,1	22.900	0,8
Solar fotovoltaica	4.438	3,3	244	1,5	4.681	3,2
Solar termoeléctrica	2.300	15,0	-	-	2.300	15,0
Térmica renovable	979	2,7	5	61,6	984	2,9
Térmica no renovable	7.127	-1,6	121	0,0	7.248	-1,5
Régimen especial	39.646	1,4	524	2,0	40.170	1,4
Total	102.281	0,5	5.867	1,4	108.148	0,6

(1) A partir del 1 de enero de 2011 incluye GICC (Elcogás).

Balance eléctrico, potencia instalada y red de transporte

1

Balance eléctrico anual

	Sistema peninsular		Sistemas extrapeninsulares		Total nacional	
	GWh	% 13/12	GWh	% 13/12	GWh	% 13/12
Hidráulica	34.205	75,8	0	-	34.205	75,8
Nuclear	56.378	-8,3	-	-	56.378	-8,3
Carbón ⁽¹⁾	39.792	-27,3	2.591	-11,9	42.384	-26,5
Fuel/gas ²⁾	-	-	6.981	-7,4	6.981	-7,4
Ciclo combinado	25.409	-34,2	3.574	-8,8	28.983	-31,8
Régimen ordinario	155.785	-10,6	13.147	-8,7	168.932	-10,4
Consumos en generación	-6.241	-20,9	-771	-9,3	-7.012	-19,8
Hidráulica	7.095	52,8	3	-	7.098	52,8
Eólica	53.926	12,0	375	1,8	54.301	12,0
Solar fotovoltaica	7.982	1,9	415	12,6	8.397	2,4
Solar termoeléctrica	4.554	32,2	-	-	4.554	32,2
Térmica renovable	5.011	5,6	9	11,4	5.020	5,6
Térmica no renovable	32.048	-4,3	260	-5,1	32.309	-4,3
Régimen especial	110.616	8,1	1.062	4,1	111.679	8,1
Generación neta	260.160	-3,2	13.438	-7,8	273.598	-3,4
Consumos bombeo	-5.769	14,9	-	-	-5.769	14,9
Enlace Península-Baleares ⁽³⁾⁽⁴⁾	-1.266	-	1.266	-	0	-
Intercambios internacionales ⁽⁴⁾	-6.958	-37,9	-	-	-6.958	-37,9
Demanda (b.c.)	246.166	-2,3	14.704	-2,9	260.870	-2,3

(1) A partir del 1 de enero de 2011 incluye GICC (Elcogás). (2) En el sistema eléctrico de Baleares se incluye la generación con grupos auxiliares. (3) Enlace Península-Baleares funcionando al mínimo técnico de seguridad hasta el 13/08/2012. (4) Valor positivo: saldo importador; Valor negativo: saldo exportador.

Evolución de las energías renovables



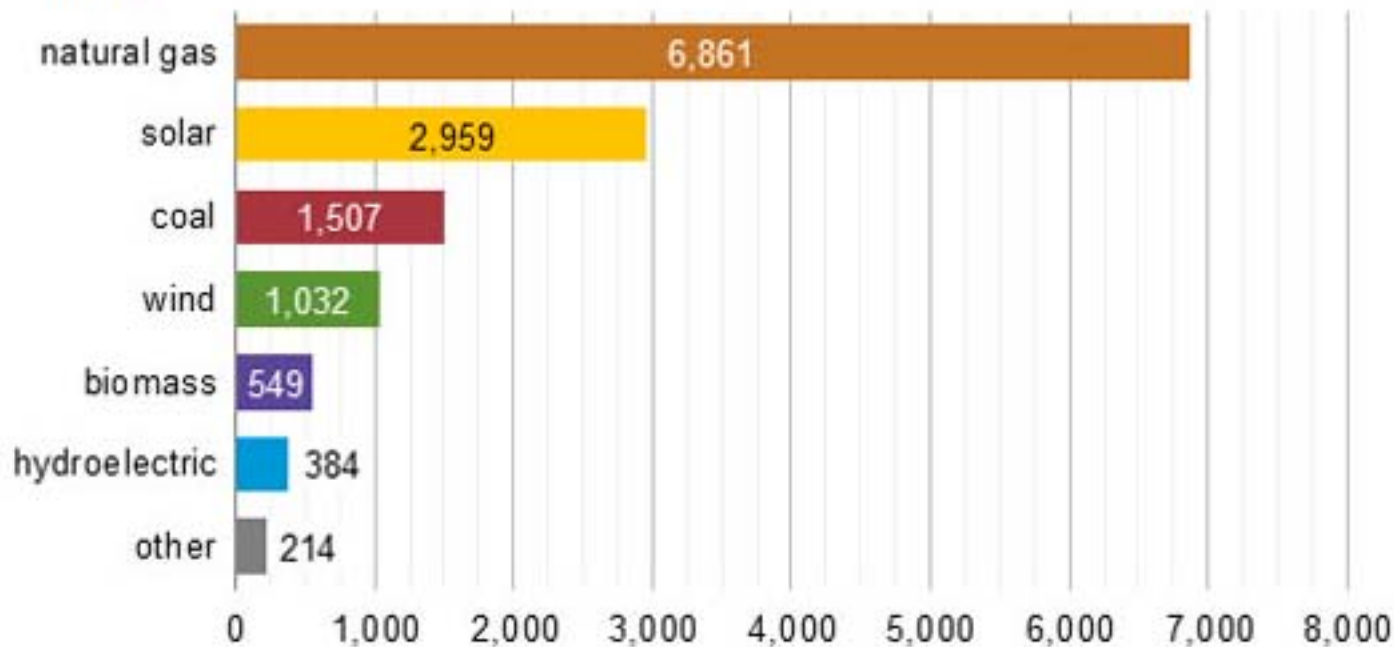
■ Energía renovable

— Aportación de renovable a la cobertura de la demanda

El "caso USA"

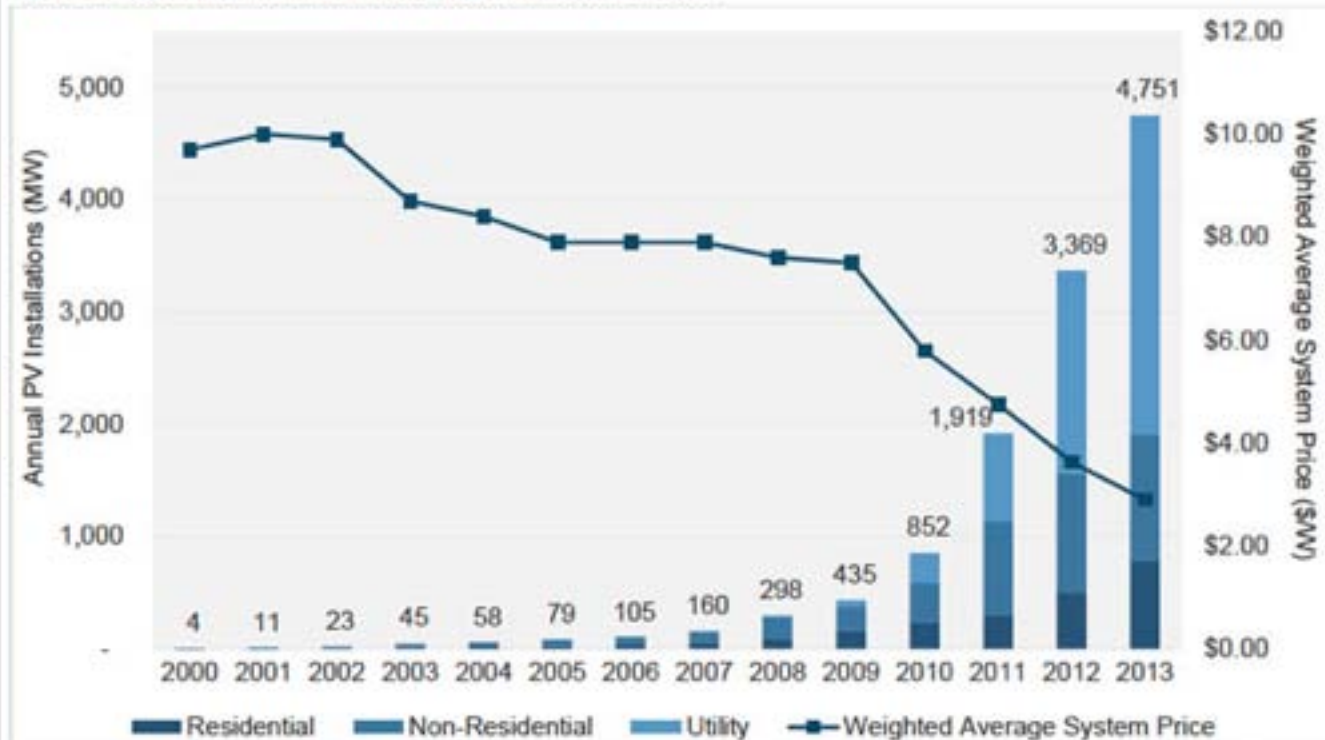
U.S. power plant capacity additions in 2013

megawatts (MW)



The U.S. installed 4,751 MW of PV in 2013, up 41% over 2012. Annual weighted average PV system prices continued to decline in 2013, reaching a historic low of \$2.89/W.

Figure 2.1 U.S. PV Installations and Average System Price, 2000-2013



Installations (MW)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Residential	1	5	11	15	24	27	38	58	82	164	246	304	494	792
Non-Residential	2	3	9	27	32	51	67	93	200	213	339	831	1,072	1,112
Utility	0	3	2	3	2	1	0	9	16	58	267	784	1,803	2,847
Total Installations	4	11	23	45	58	79	105	160	298	435	852	1,919	3,369	4,751

Figure 3.1 Select Concentrating Solar Project Development Highlights

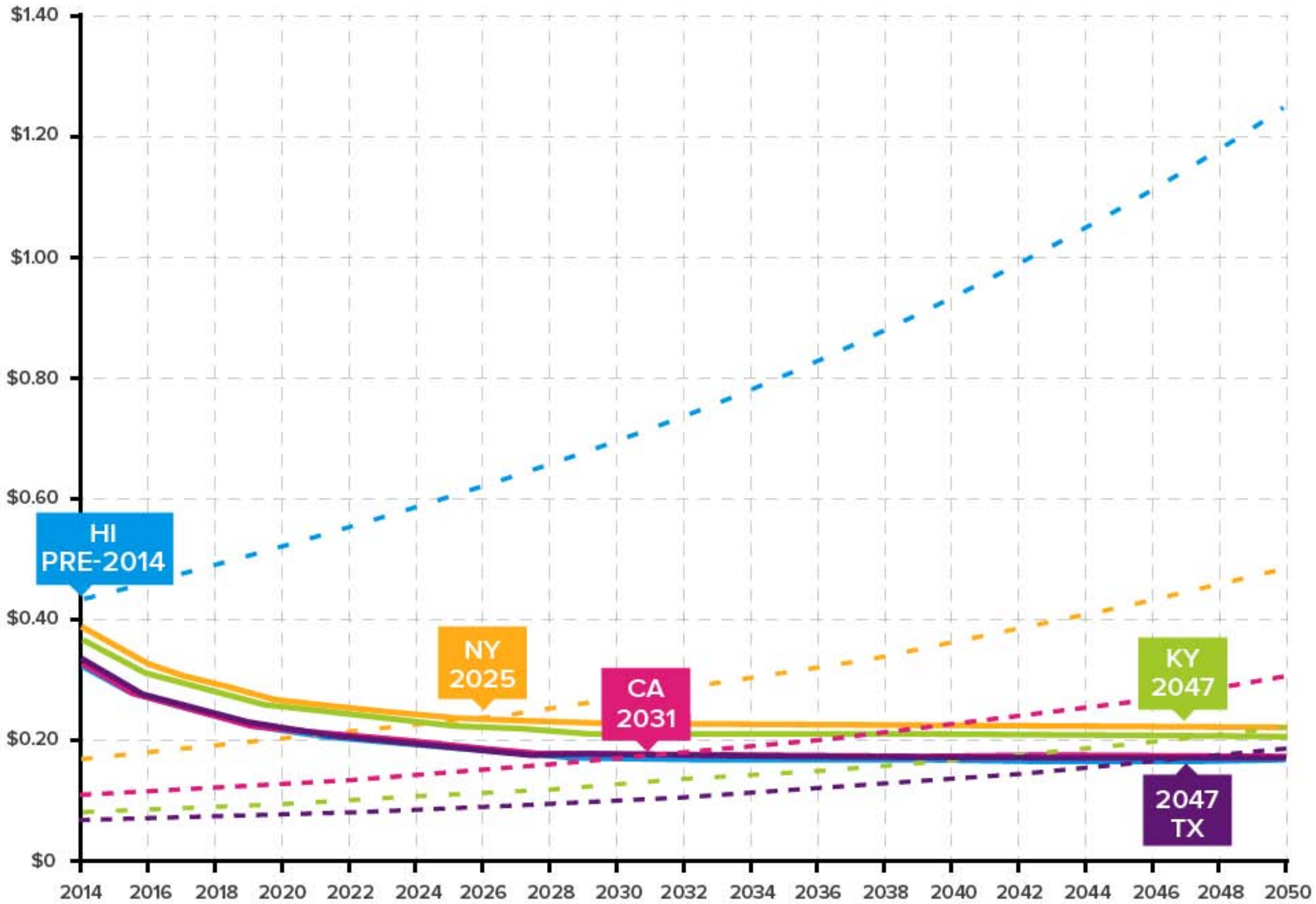
Project	Developer	State	Capacity (MWac)	Expected Completion	Project Status Update
Ivanpah	BrightSource Energy	CA	392	2014	Achieved commercial operation in February 2014
Crescent Dunes	SolarReserve	NV	110	2014	SolarReserve delayed completion target from December 2013 to early 2014; commissioning began in February 2014
Mojave Solar	Abengoa	CA	250	2014	Abengoa awarded Wood Group GTS with contract to install two steam turbines for the project
Tooele Army Depot Solar	Army Corps of Engineers	UT	1.5	2014	Stirling engine manufacturer Infinia filed for bankruptcy, but will operate under limited capacity to supply its PowerDish arrays
Palen Solar	BrightSource Energy, Abengoa Solar	CA	200	2016	The California Energy Commission released a proposed decision to reject conversion to solar power tower technology
Quartzsite Solar Project	SolarReserve	AZ	100	2017	SolarReserve delayed Quartzsite Solar Project's expected date of completion until 2017
Saguache	SolarReserve	CO	200	2017	SolarReserve delayed Saguache's expected date of completion until 2017
Sonoran West	BrightSource Energy	CA	540	2017	BrightSource increased Sonoran West's capacity to 540 MWac

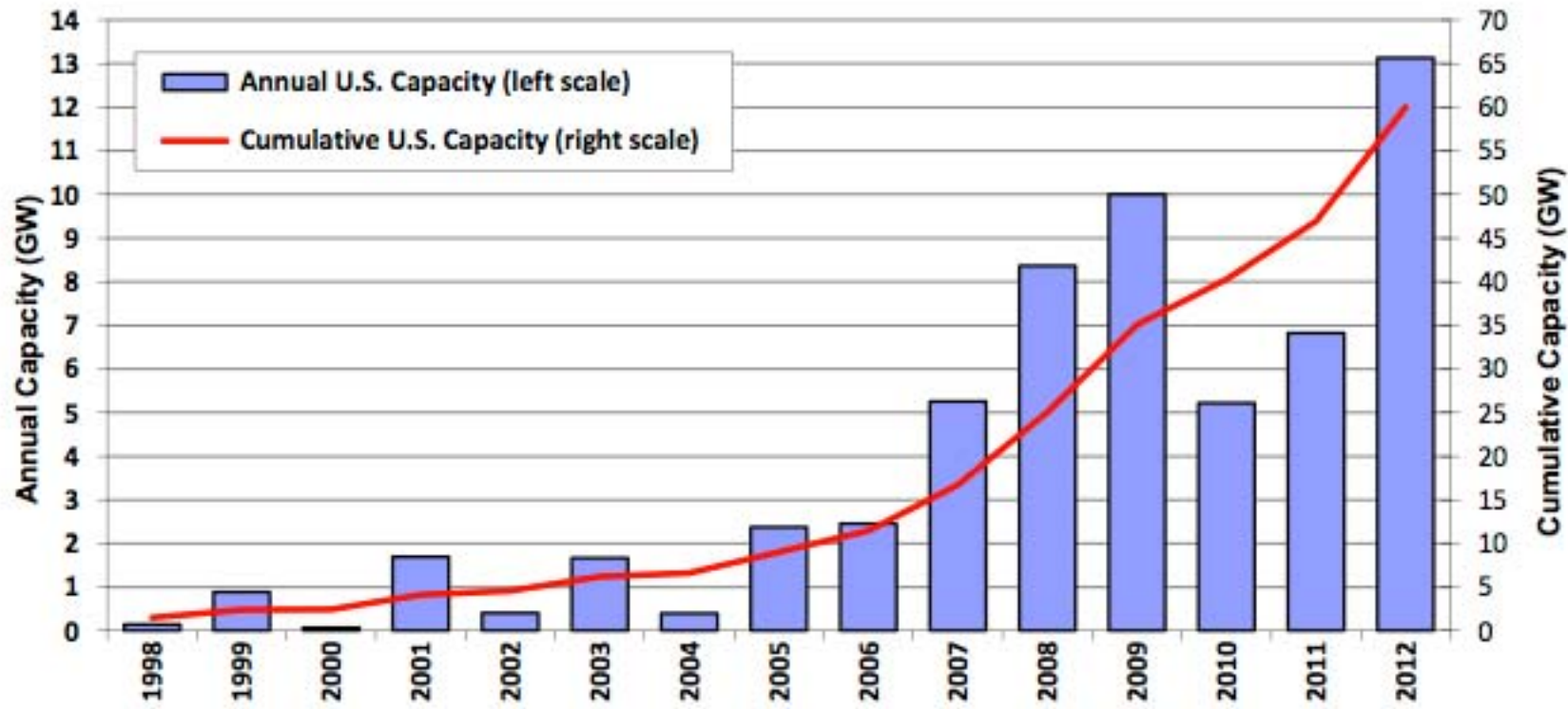
FIGURE ES1: OFF-GRID VS. UTILITY PRICE PROJECTIONS

COMMERCIAL - BASE CASE

[Y-AXIS 2012\$/kWh]

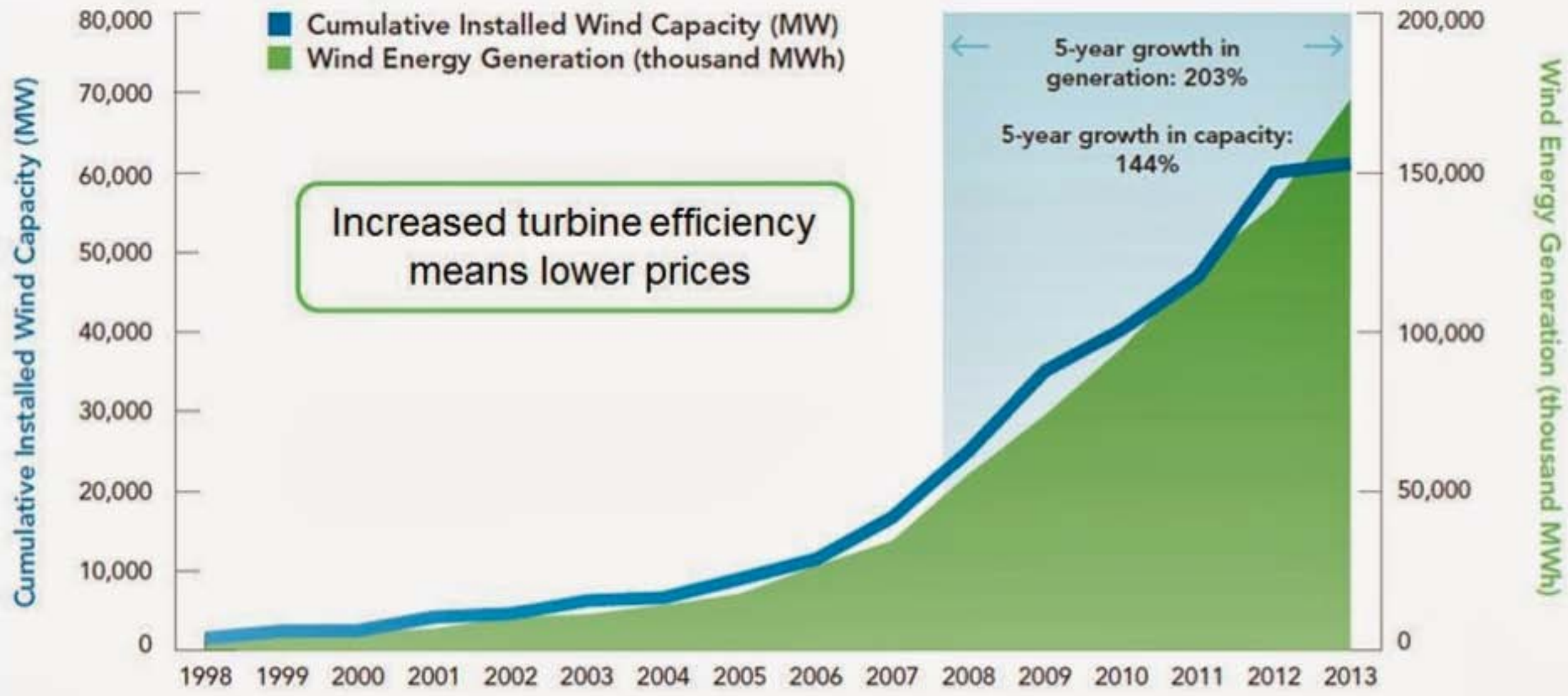
	LCOE	Retail
Louisville, KY	—	- - -
Westchester, NY	—	- - -
San Antonio, TX	—	- - -
Los Angeles, CA	—	- - -
Honolulu, HI	—	- - -





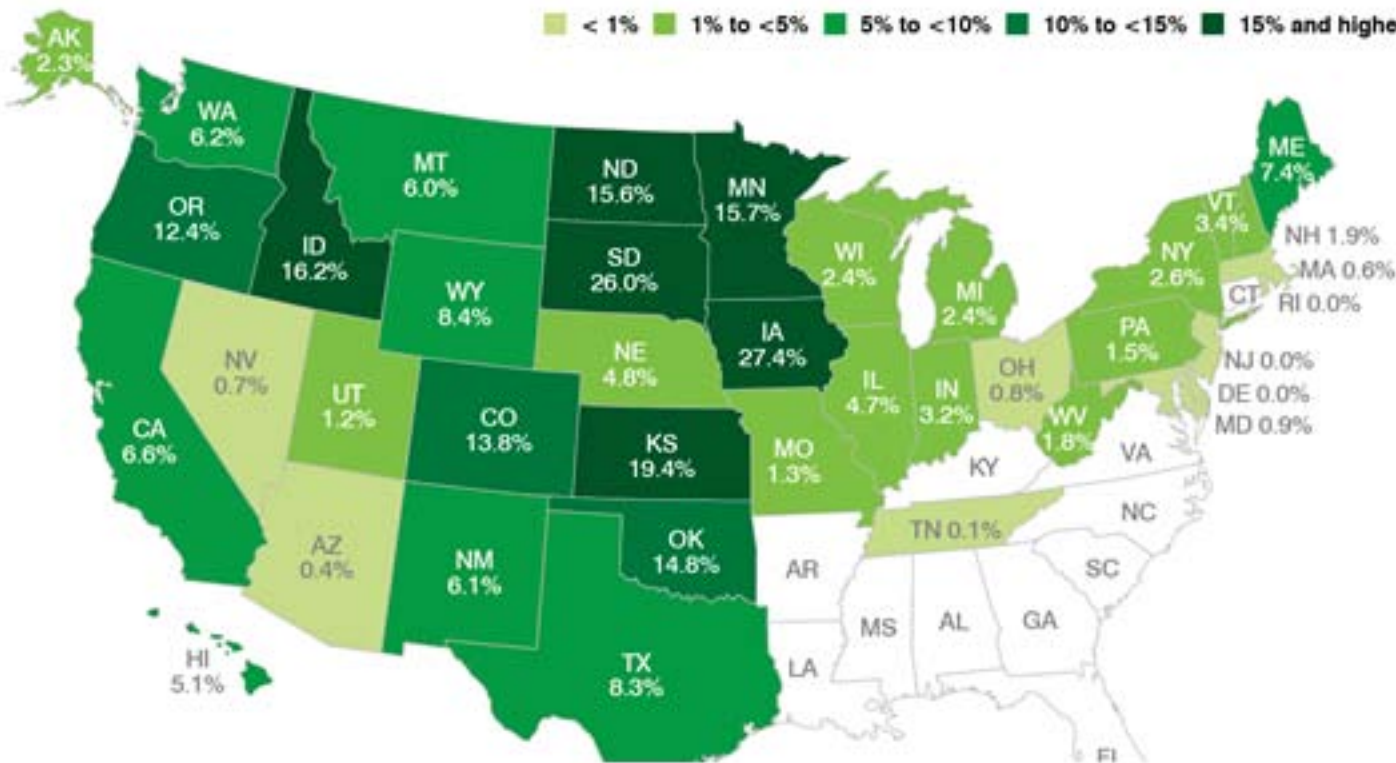
Source: AWEA project database

U.S. Annual Wind Energy Generation and Cumulative Installed Wind Capacity over Time



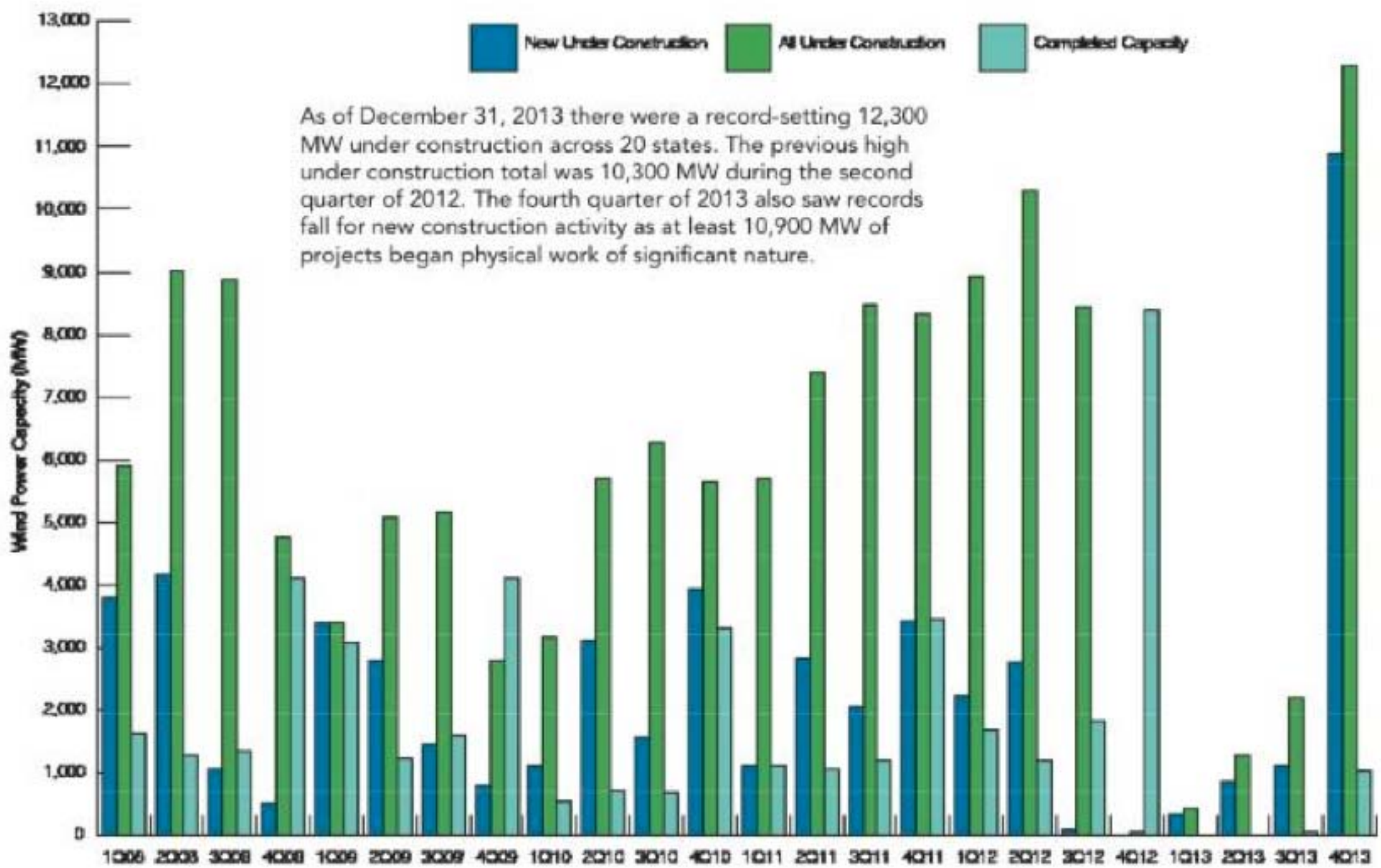
U.S. Wind Energy Share of Electricity Generation during 2013, by State

Legend: < 1% (lightest green), 1% to <5% (light green), 5% to <10% (medium green), 10% to <15% (dark green), 15% and higher (darkest green)

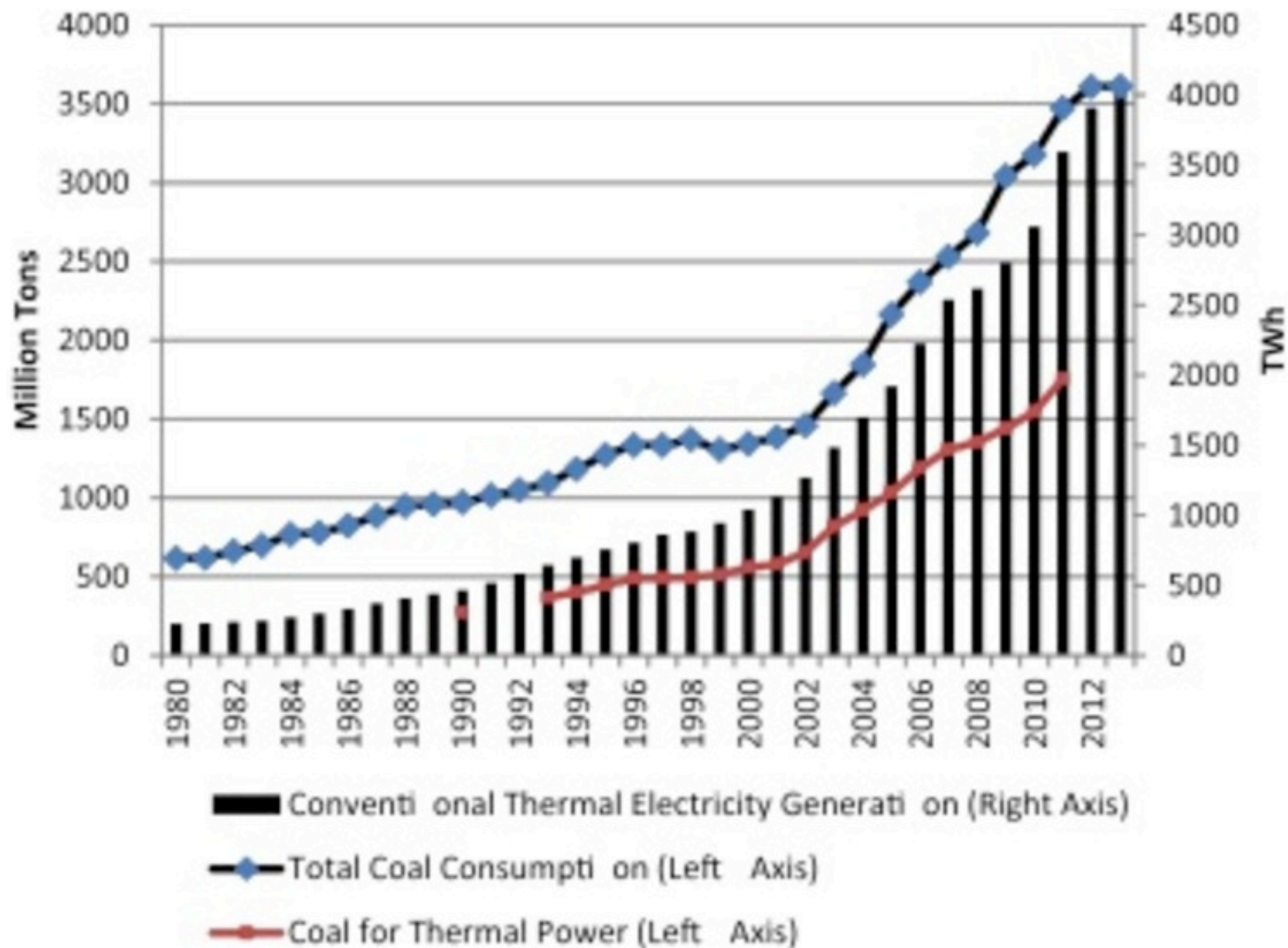


State	% wind generation in 2013
Iowa	27.4
South Dakota	26.0
Kansas	19.4
Idaho	16.2
Minnesota	15.7
North Dakota	15.6
Oklahoma	14.8
Colorado	13.8
Oregon	12.4
Wyoming	8.4
Texas	8.3
Maine	7.4
California	6.6
Washington	6.2
New Mexico	6.1
Montana	6.0
Hawaii	5.1
Nebraska	4.8
Illinois	4.7
Vermont	3.4

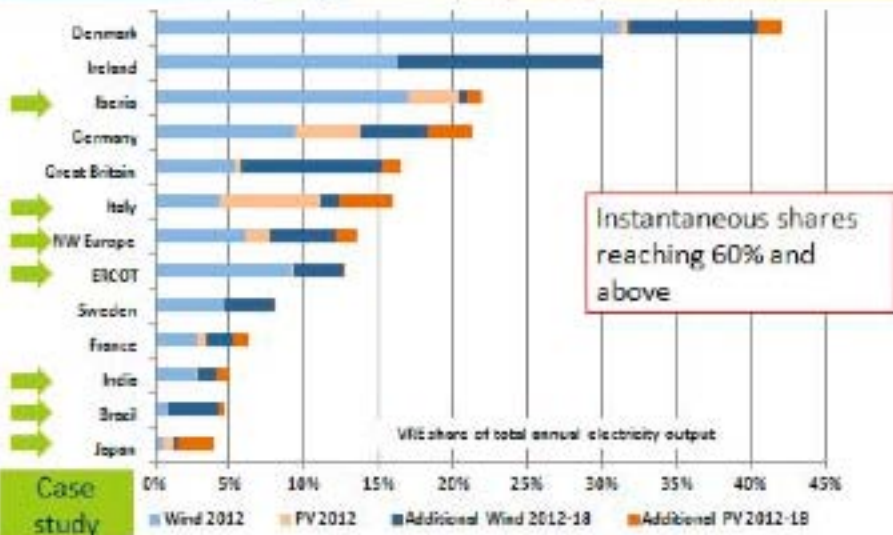
State	% wind generation in 2012
Iowa	24.5
South Dakota	23.9
North Dakota	14.7
Minnesota	14.3
Kansas	11.4
Colorado	11.3
Idaho	11.3
Oklahoma	10.5
Oregon	10.0
Wyoming	8.8
Texas	7.4
New Mexico	6.1
Maine	5.9
Washington	5.8
California	4.9
Montana	4.5
Illinois	3.9
Nebraska	3.7
Hawaii	3.6
Indiana	2.8



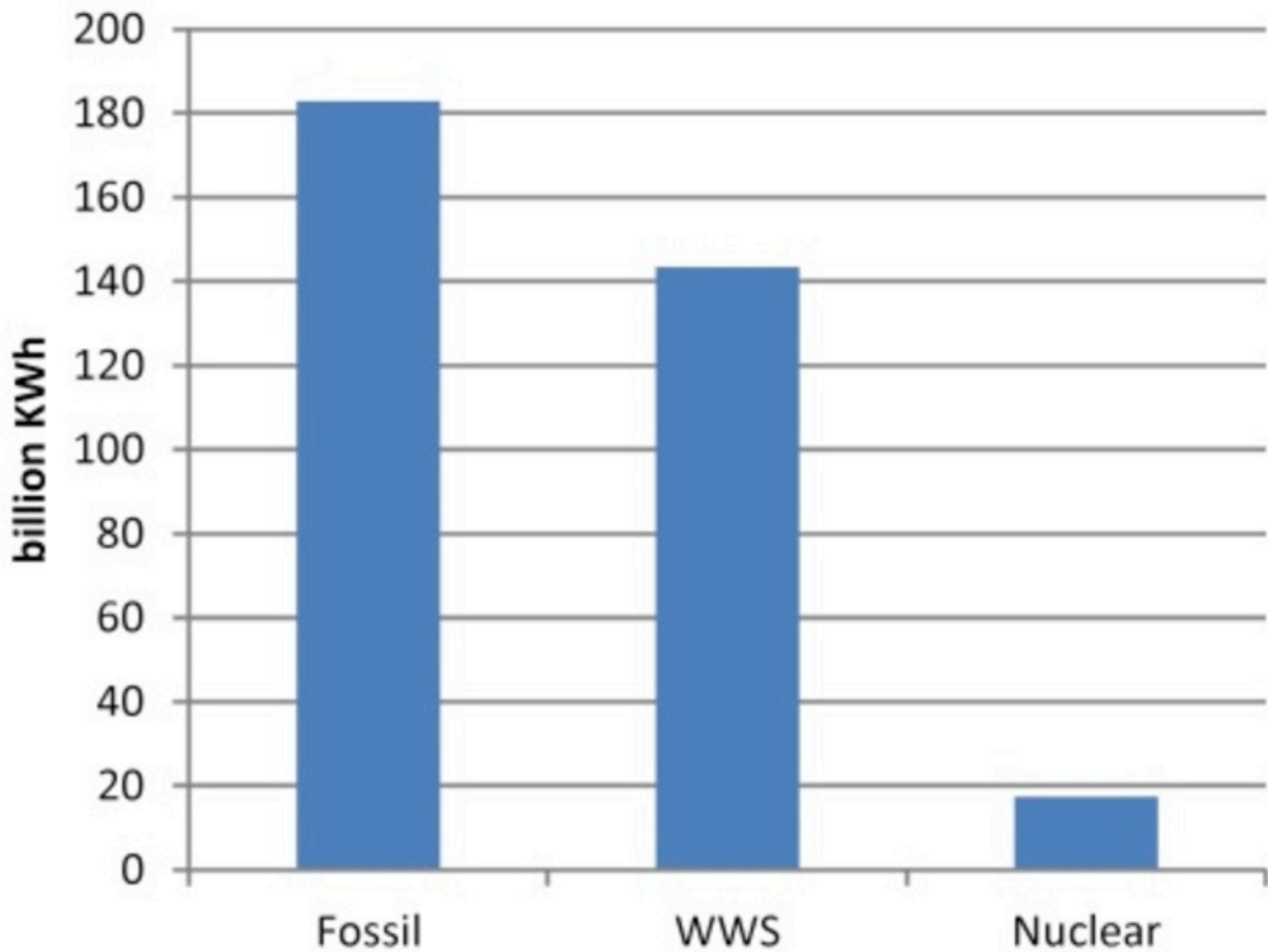
El "caso China (RPCCh)"

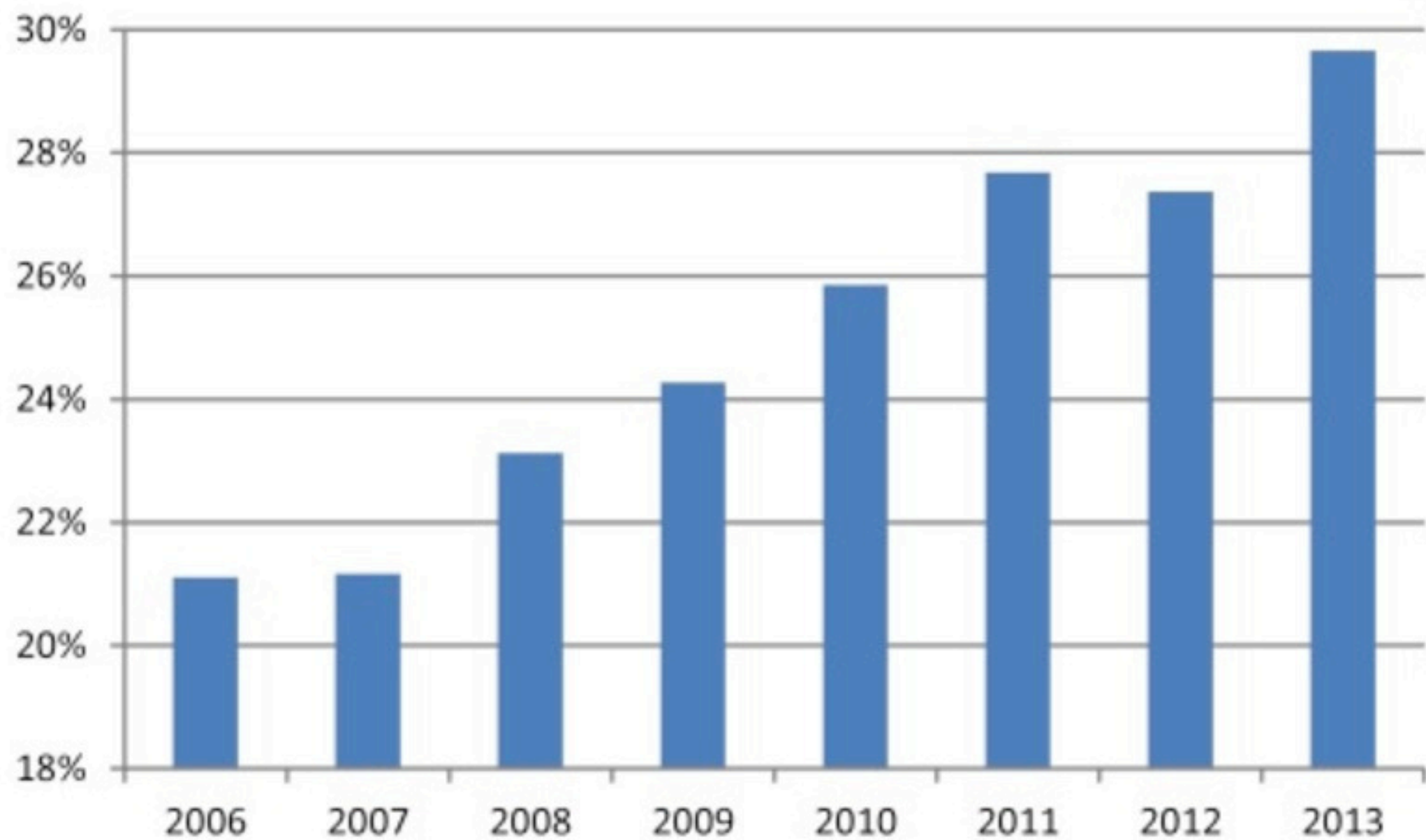


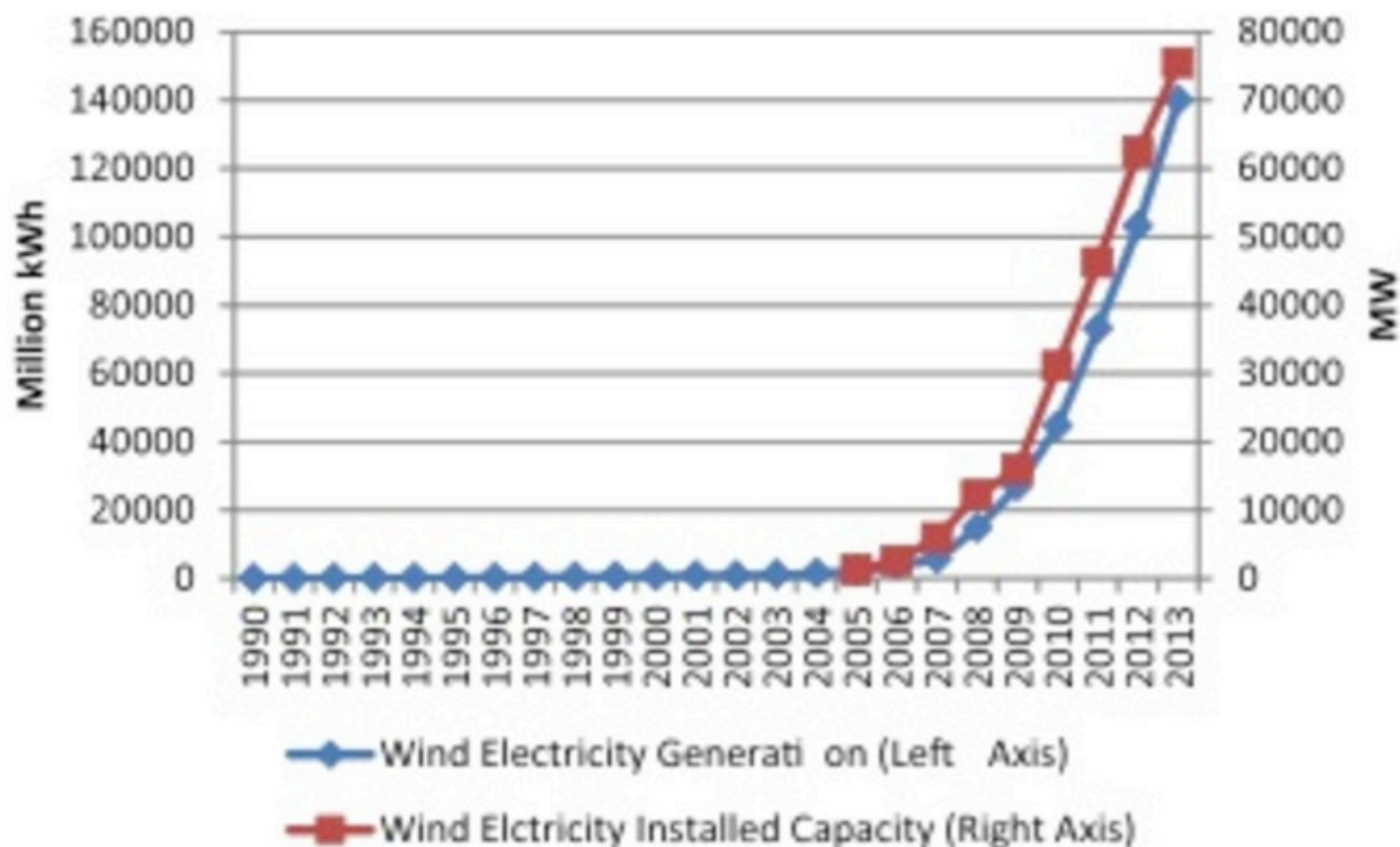
Current VRE shares and mid-term forecasts



Source: IEA Renewable Energy Medium-Term Market Report 2013. Estimated figures for ERCOT in 2012







I.- Sistema hidroeléctrico de Las Tres Gargantas
(actualmente el mas grande del mundo)

Capacidad instalada nominal: 22,6 GW

Factor de utilización (capacity factor): 43% (año promedio).

Tiempo de construcción: 18 años

II.- Capacidad de generación eólica:

Años 2014 y 2015, instalada nominal: 53,2 GW

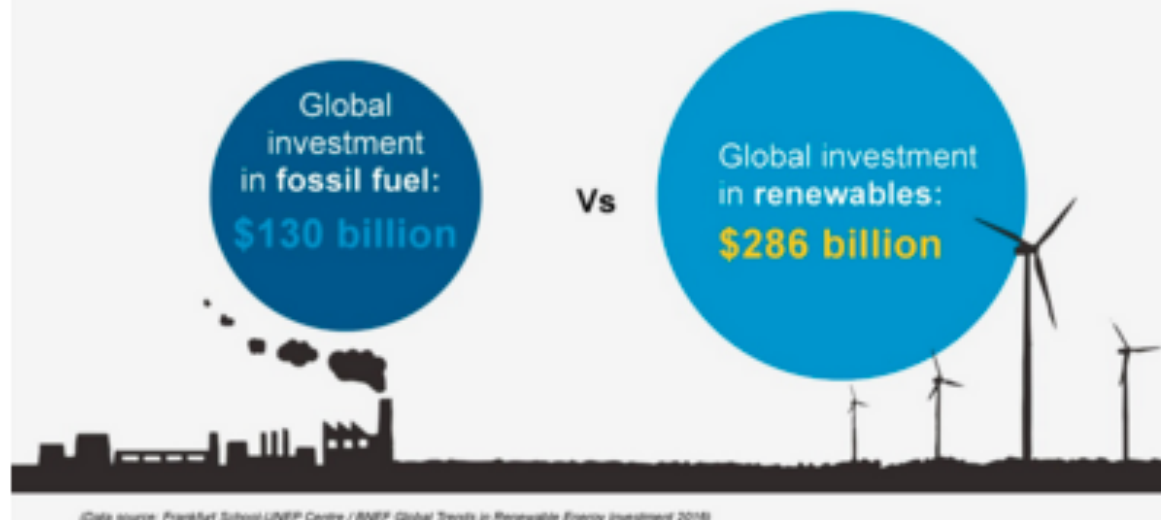
Año 2016 proyectada nominal: 31 GW

Factor de utilización: 23%

RENEWABLE ENERGY INVESTMENTS: MAJOR MILESTONES REACHED, NEW WORLD RECORD SET



Renewables attracted more than double the \$130 billion committed to new coal and gas generation.



"Energías renovables" incluye eólica, solar, biomasa e hidroeléctrica "pequeña", y excluye todos los proyectos hidroeléctricos de mas de 50 MW de capacidad nominal.

Condicionantes absolutos de la etapa de manejo de potencia en un circuito de electrónica de potencia

- 1.- Debe bloquear la máxima tensión posible en el sistema fuente-carga, con un margen de seguridad adecuado incluso durante las fallas previsibles.
- 2.- Debe conducir la máxima corriente posible en el sistema fuente-carga, con un margen de seguridad adecuado incluso durante las fallas previsibles.
- 3.- La potencia disipada debe ser la mínima posible, y no sobrepasar los límites impuestos por las características térmicas de los componentes, manteniendo un margen de seguridad adecuado incluso durante las fallas previsibles.

De la tercera condicionante resultan las siguientes conclusiones genéricas aplicables a la topología de cualquier circuito de electrónica de potencia:

- 1.- Los elementos activos deben operar siempre en régimen de baja pérdida (corte/saturación). La operación en la zona de altas pérdidas (región lineal) de sus curvas características solo será permisible en régimen transitorio durante la conmutación.
- 2.- El uso de resistencias debe ser minimizado. Hasta donde sea posible estos elementos nunca deben colocarse en el camino principal de la corriente.

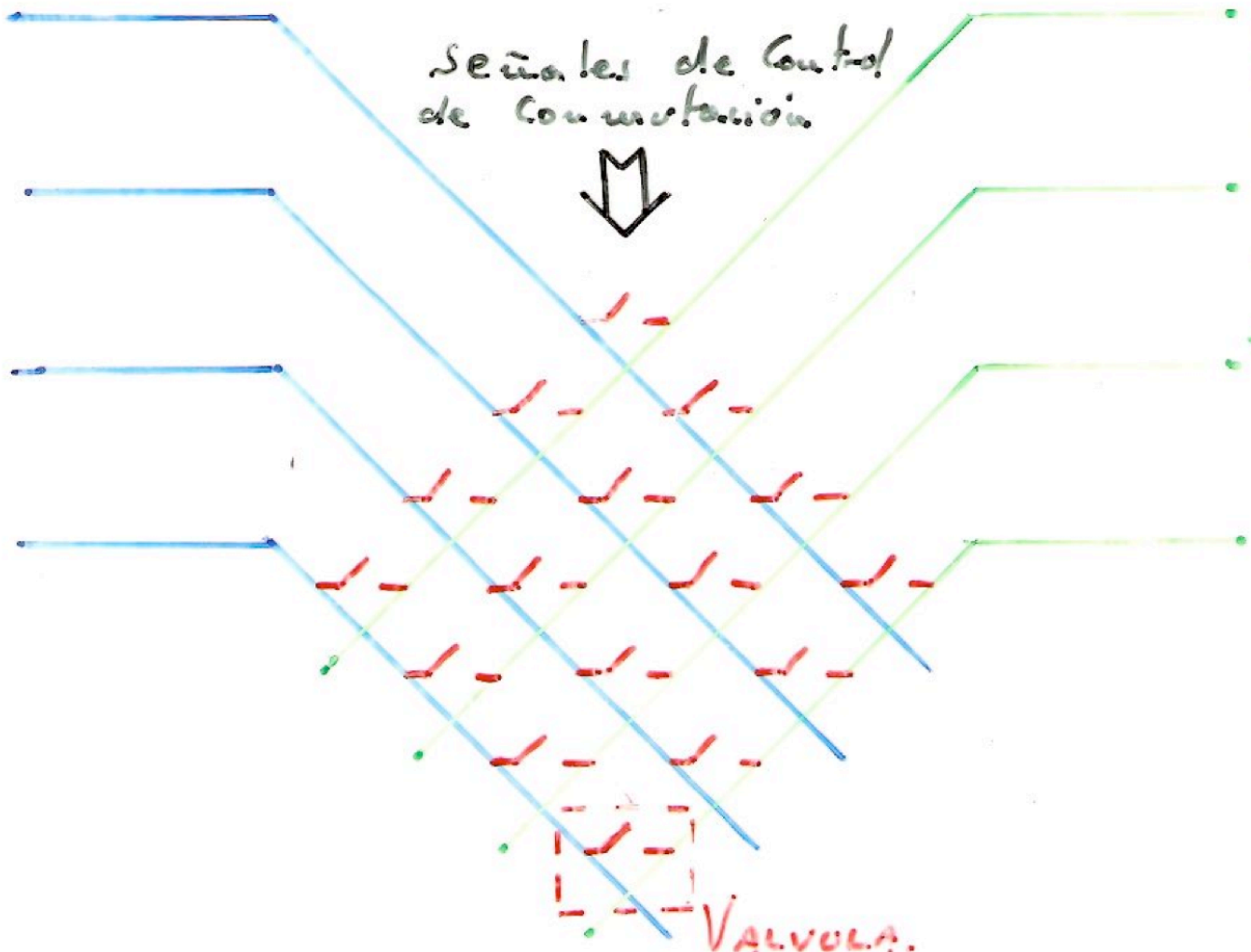
La configuración ideal genérica de un circuito electrónico de potencia es una matriz de conmutación en donde cada una de las N líneas de entrada puede ser conectada a cada una de las M líneas de salida por medio de elementos circuitales (llamados usualmente válvulas) comandados por el sistema de supervisión y control.

4 líneas entrada.

Señales de Control
de Conmutación



4 líneas salida.



VALVULA.

Por convención se asume que el puerto de entrada es el situado a la izquierda del dibujo y el de salida es el situado a la derecha.

Las conexiones AC siempre se llaman “líneas”

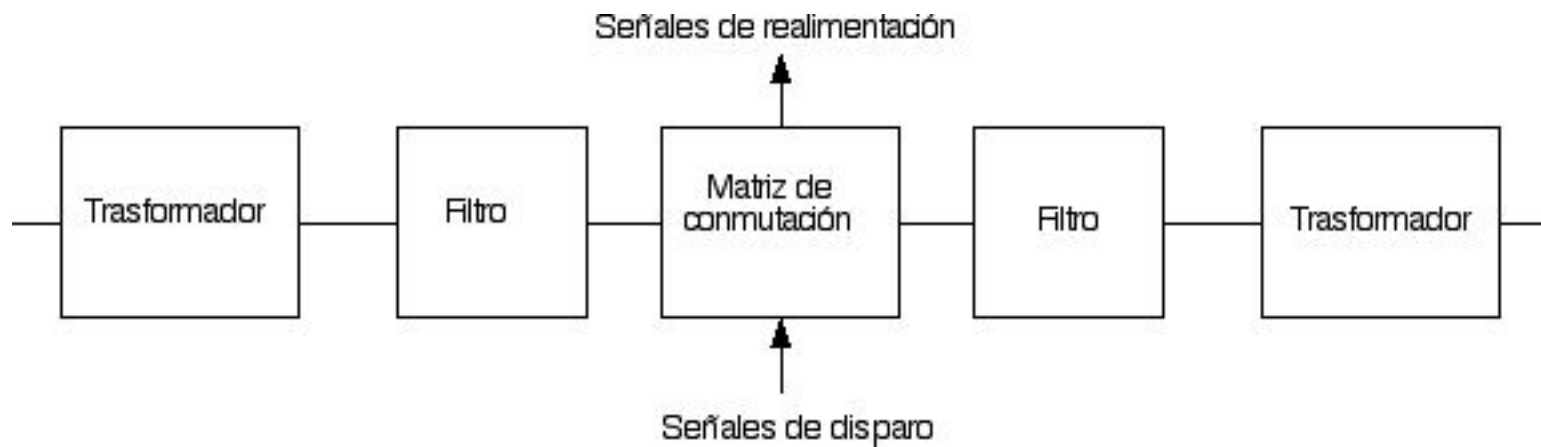
Las conexiones DC se suelen llamar “barras”

Válvula.

Arreglo de dispositivos electrónicos de control de potencia con los circuitos de control de disparo, de ayuda a la conmutación (amortiguadores) y de protección necesarios para la conexión segura entre una línea de entrada y otra de salida en el circuito principal de potencia del conversor.

Conmutador AC

Tipo especial de válvula de características simétricas bidireccionales de corriente y voltaje, formado por un arreglo de dispositivos electrónicos de control de potencia conectados en parejas arregladas en antiparalelo, con los circuitos de control de disparo, de ayuda a la conmutación (amortiguadores) y de protección necesarios para lograr la conexión segura entre una línea de entrada y otra de salida, ambas AC.



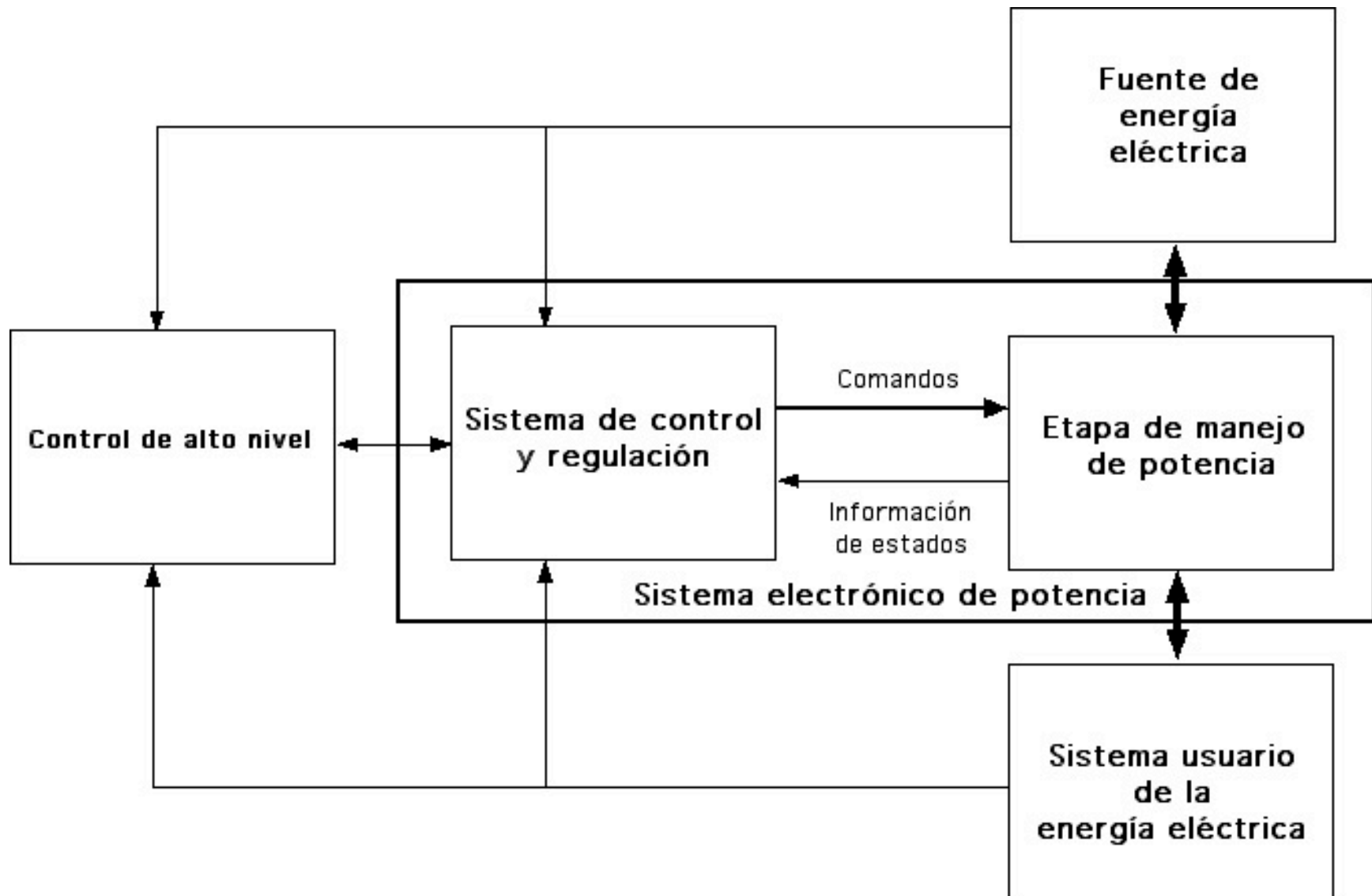
Elementos que forman la etapa de manejo de potencia

Sistema electrónico de potencia

ó

Convertor de potencia

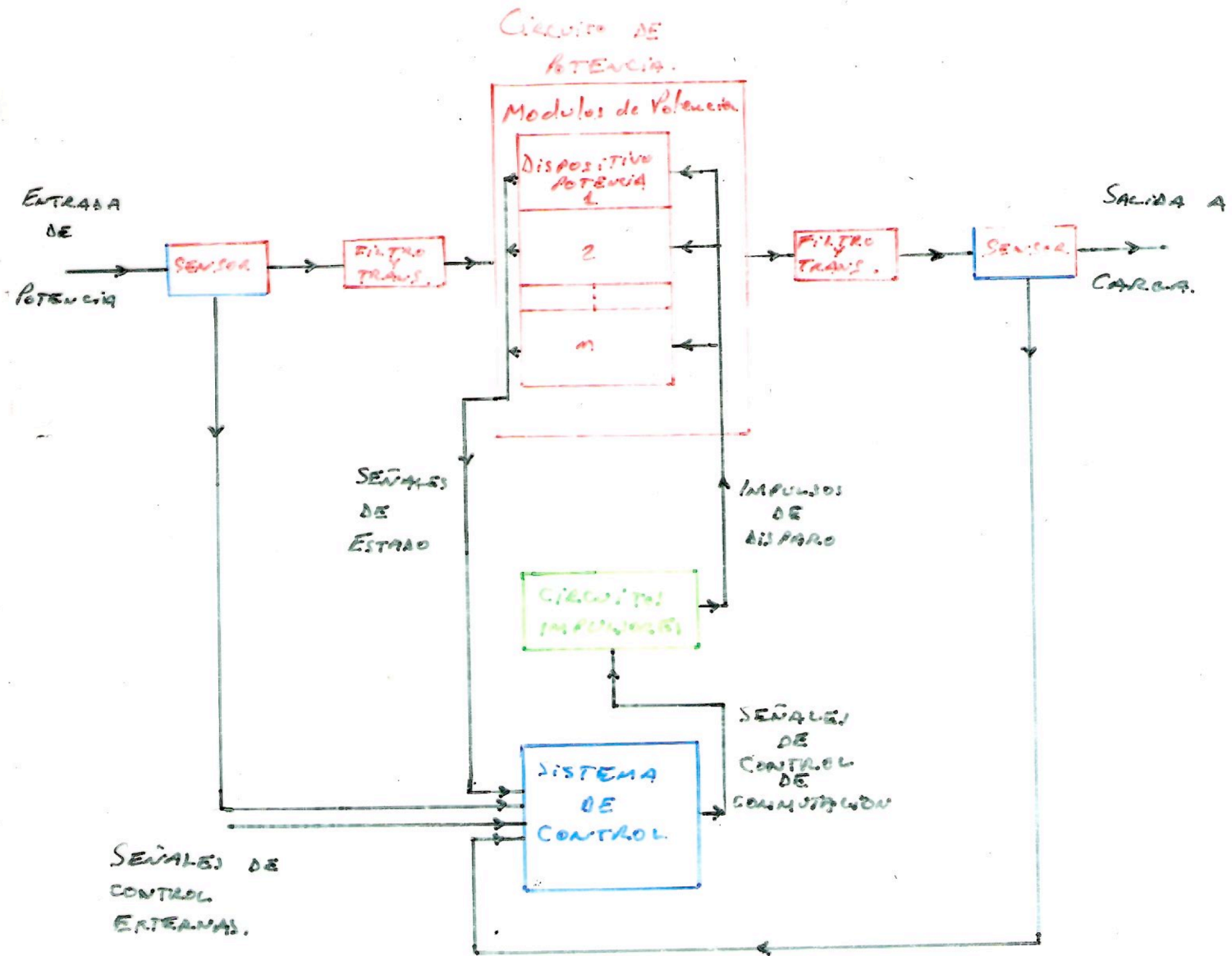
Arreglo de las válvulas que forman la matriz de conmutación, de los sistemas de supervisión y medición y de los equipos auxiliares de entrada y salida (filtros, transformadores, dispositivos electromecánicos de conexión, enfriamiento y protección, etc.) necesarios para cumplir la función de conversión de energía deseada.



Las flechas indican el sentido del flujo de energía o información, y el grosor de las líneas los niveles de potencia relativos.

Por razones tecnológicas evidentes no es conveniente (ni tal vez siquiera posible) interconectar directamente elementos con niveles de potencia en sus terminales significativamente distintos, lo que obliga a mantener una separación galvánica entre tres subconjuntos dentro del sistema electrónico de potencia:

- 1.- Subconjunto de “alta” potencia (los elementos de conexión directa entrada-salida).
- 2.- Subconjunto de “media” potencia (los elementos de interconexión entre “potencia” e “información”).
- 3.- Subconjunto de “baja” potencia (los elementos de manejo de información).



Tipos de dispositivos electrónicos de control de potencia, según la capacidad de control de estado:

1.- No controlados: El estado del dispositivo (encendido/apagado) depende exclusivamente de las condiciones definidas en el circuito externo (diodos).

2.- Semicontrolados: El paso del estado de no conducción al de conducción (encendido) depende de las condiciones definidas en el circuito externo y de la acción de un terminal auxiliar de control. El paso del estado de conducción al de no conducción (apagado) solo depende de las condiciones definidas en el circuito externo (SCR).

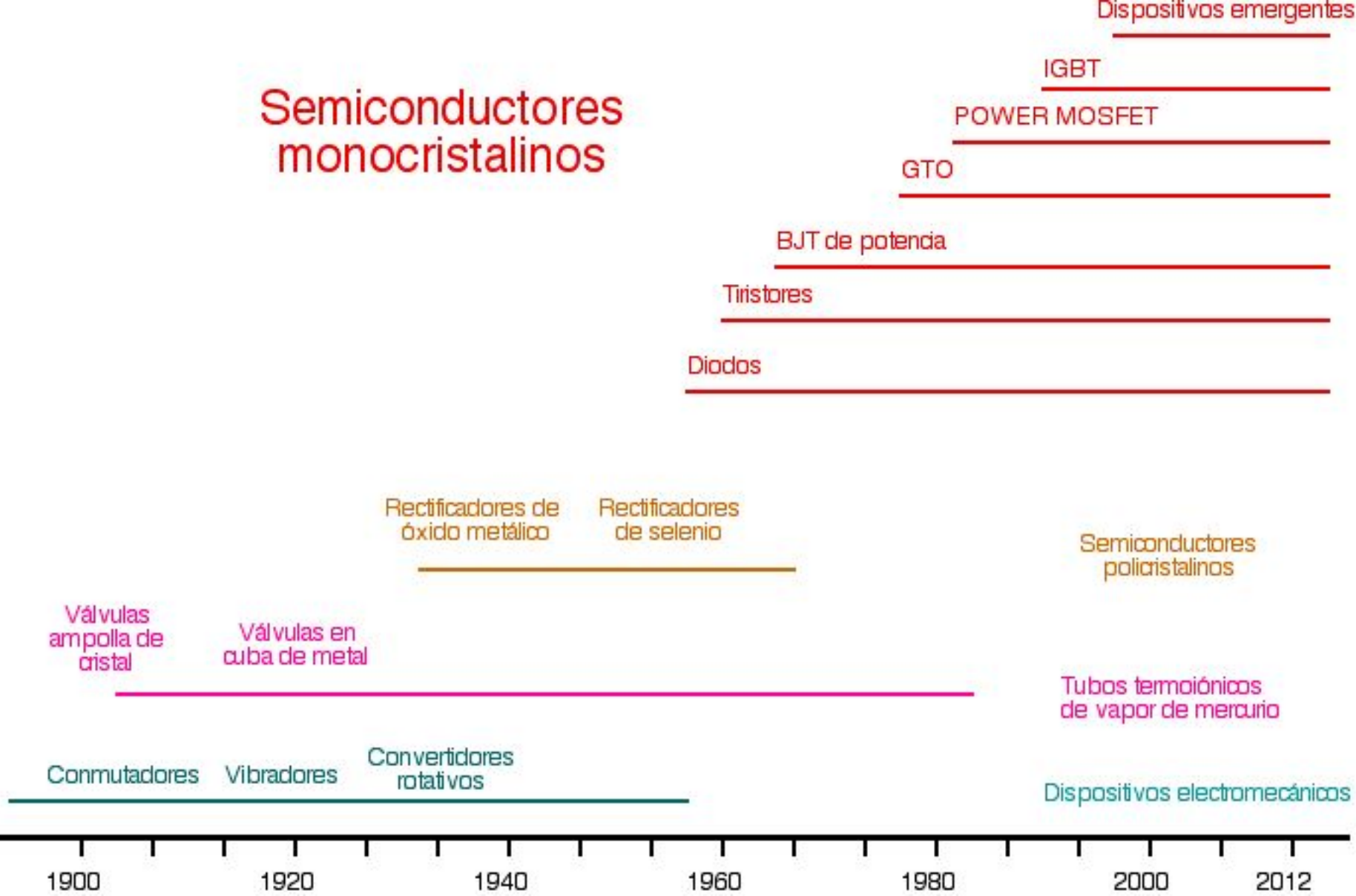
3. Completamente controlados: El estado del dispositivo (encendido/apagado) depende de las condiciones definidas en el circuito externo y de las acciones de un terminal auxiliar de control (Transistores).

Tipos de dispositivos electrónicos de control de potencia, según el sentido de circulación de la corriente:

- 1.- Unidireccionales: La corriente circula en el dispositivo en una sola dirección.**
- 2.- Bidireccionales: La corriente circula en el dispositivo en las dos direcciones.**

Dado el estado actual de la tecnología electrónica de control de potencia, la mayoría de los dispositivos presentes en el mercado son unidireccionales.

Semiconductores monocristalinos



1900

1920

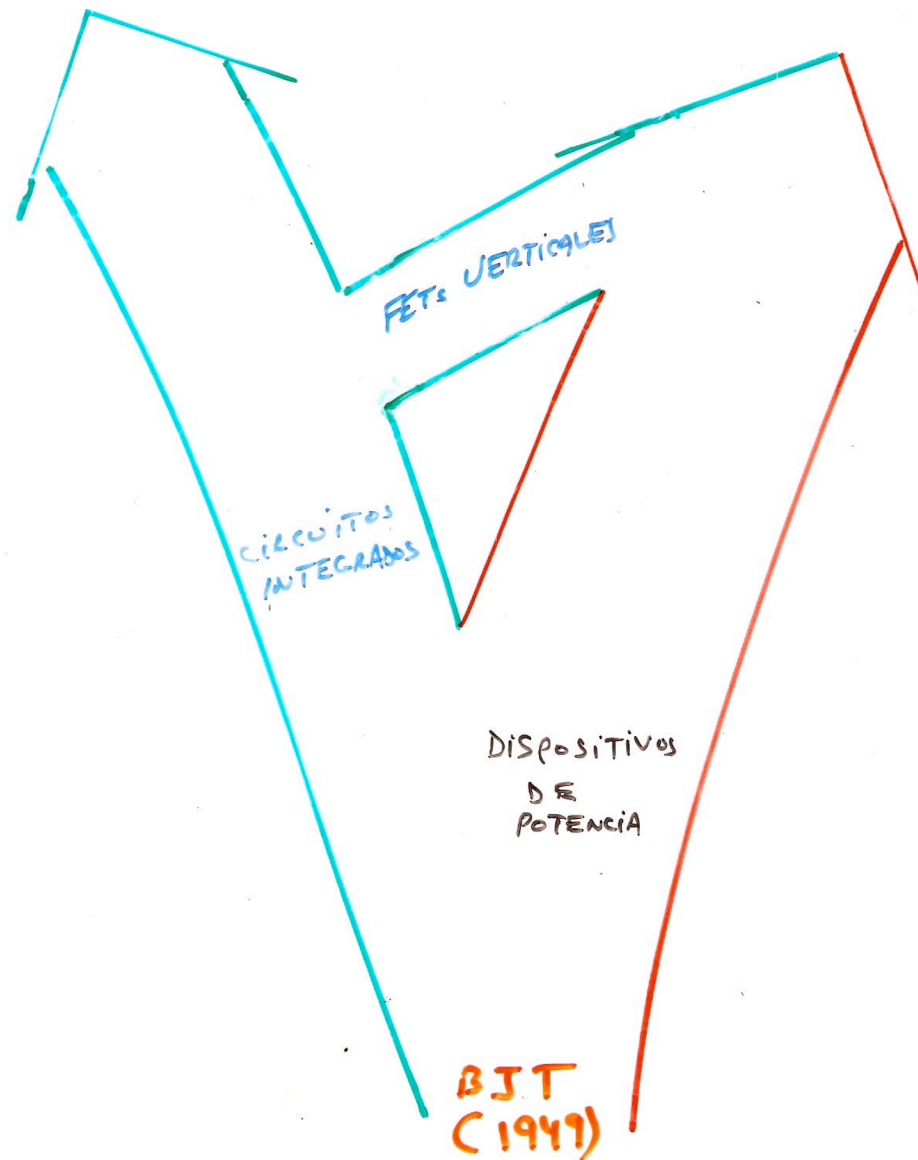
1940

1960

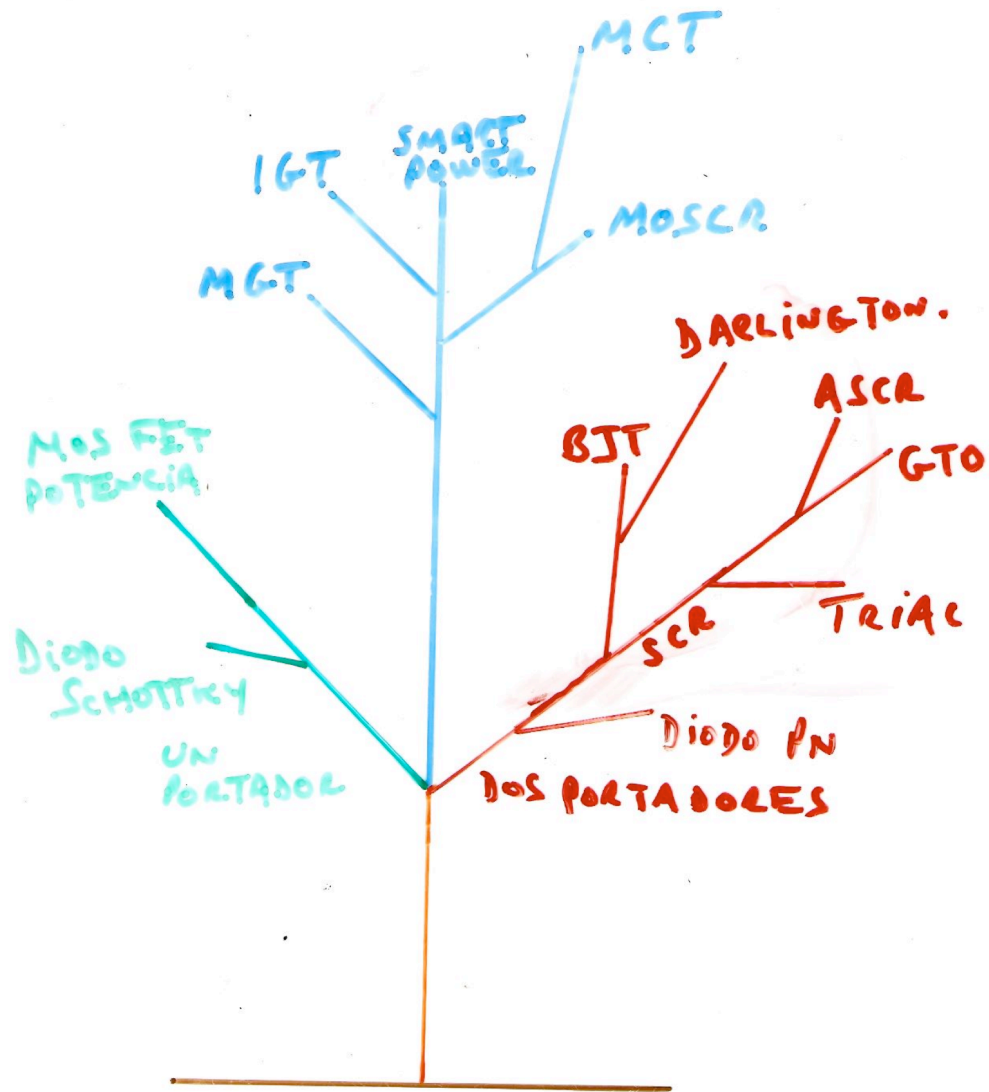
1980

2000

2012



Tendencias en el desarrollo de los componentes basados en la tecnología del Silicio



“Árbol genealógico” de los principales dispositivos electrónicos de control de potencia

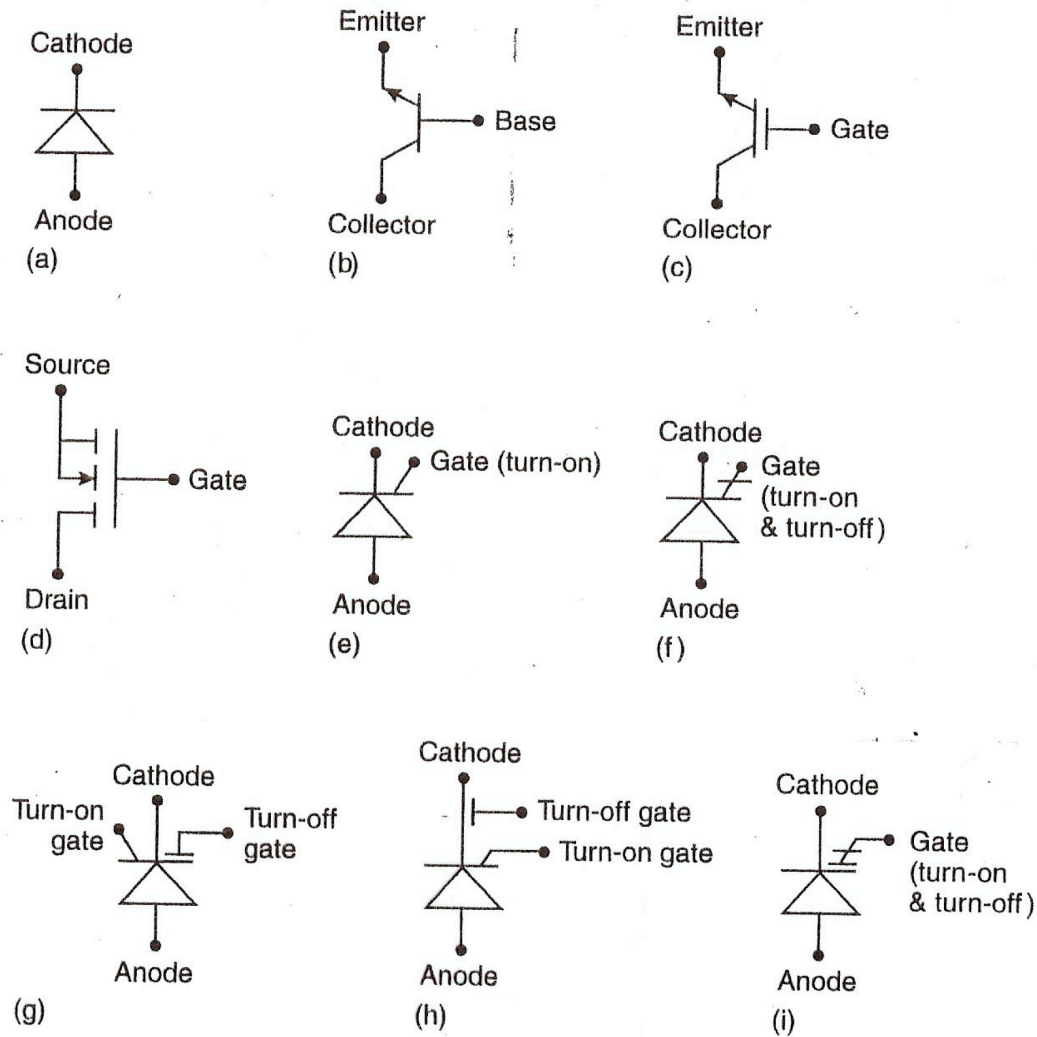
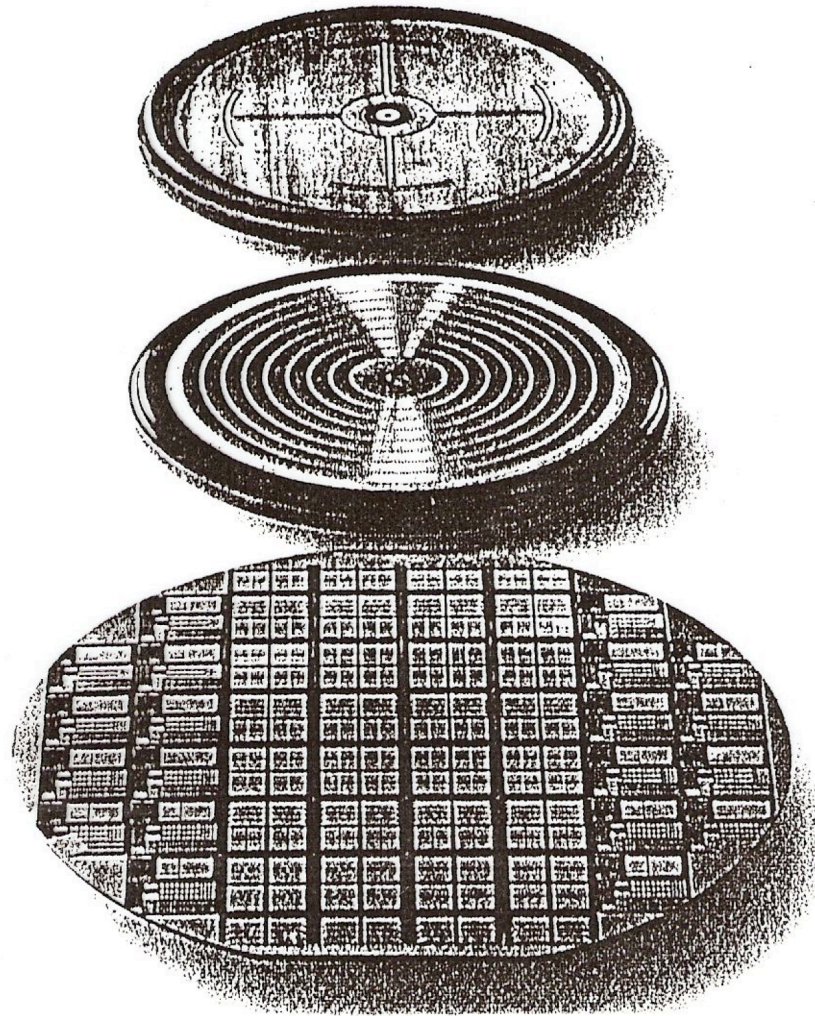


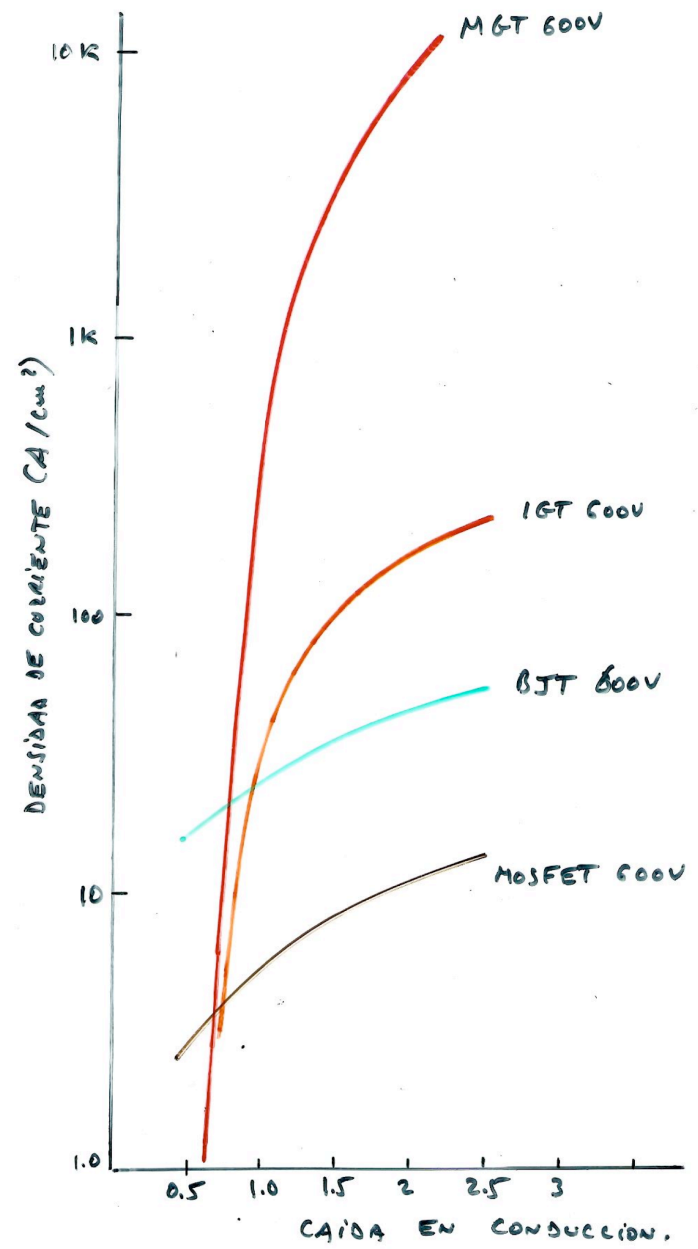
Figure 2.1 Power semiconductor devices: (a) Diode, (b) Transistor, (c) Integrated Gate Bipolar Transistor (IGBT), (d) MOS Field Effect Transistor (MOSFET), (e) Thyristor, (f) Gate Turn-Off (GTO) Thyristor- and Gate-Controlled Thyristor (GCT), (g) MOS Turn-Off Thyristor (MTO), (h) Emitter Turn-Off (ETO) Thyristor, and (i) MOS-Controlled Thyristor (MTO).

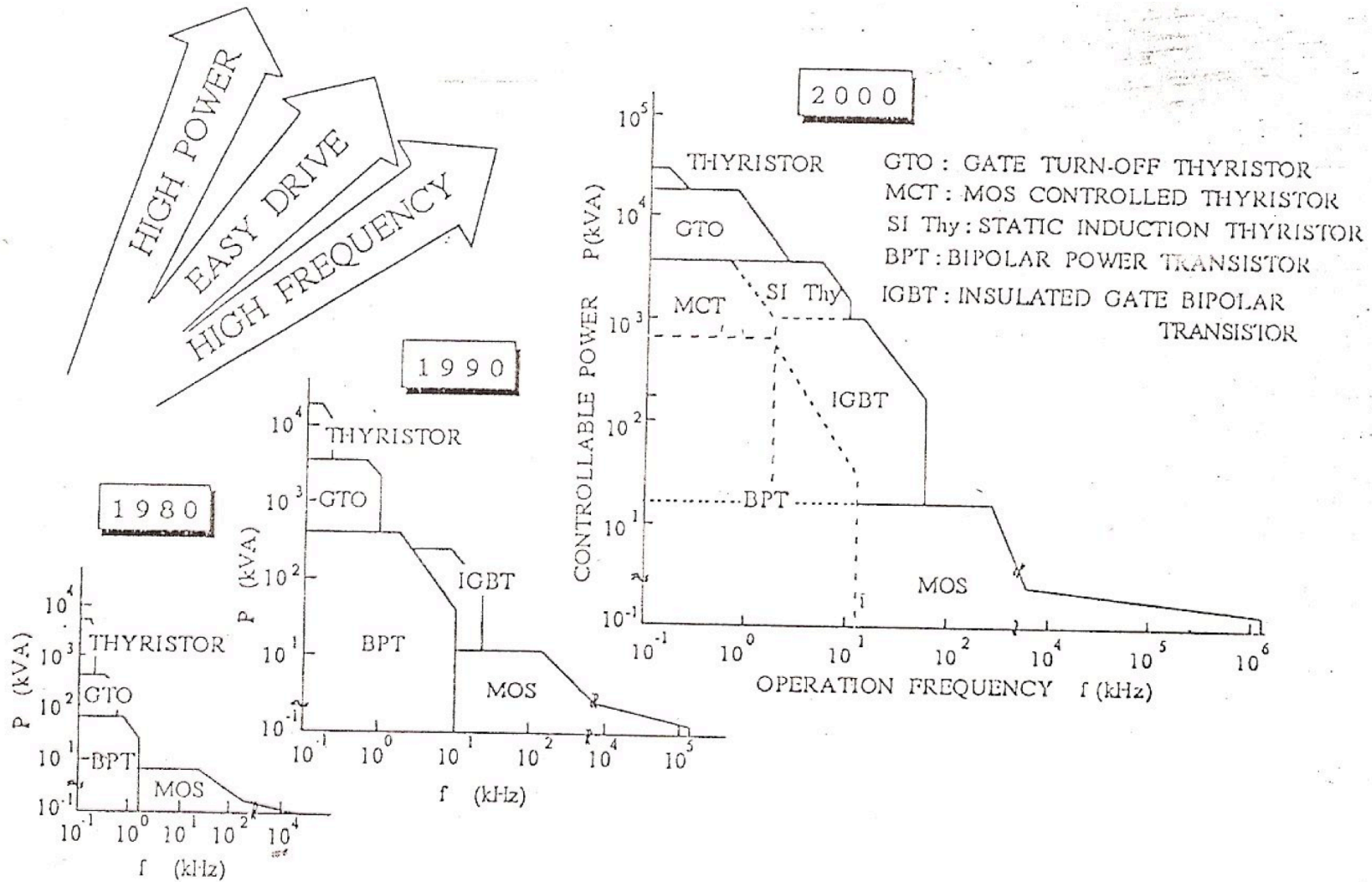


Arriba: SCR

Medio: GTO

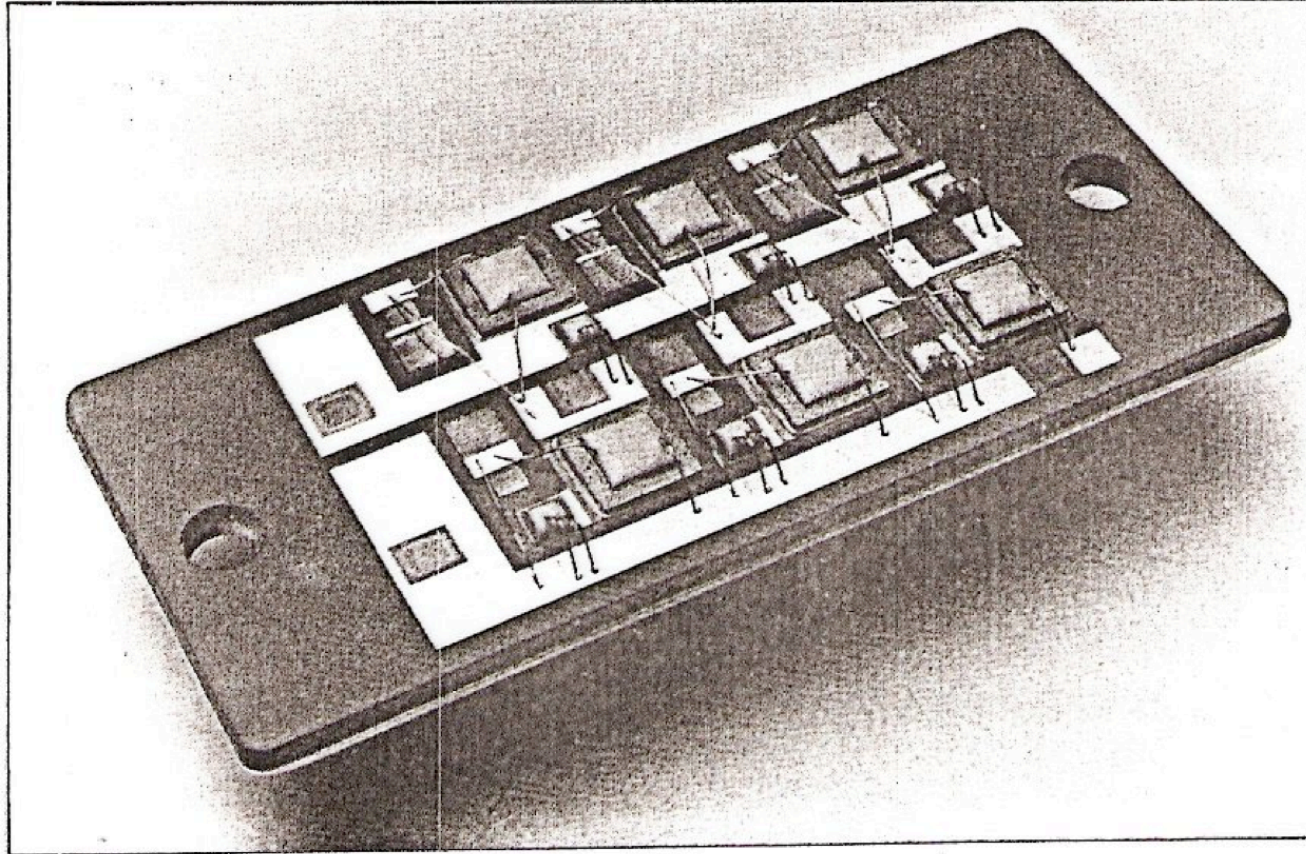
Abajo: IGBTs en una oblea antes de la separación en componentes individuales.





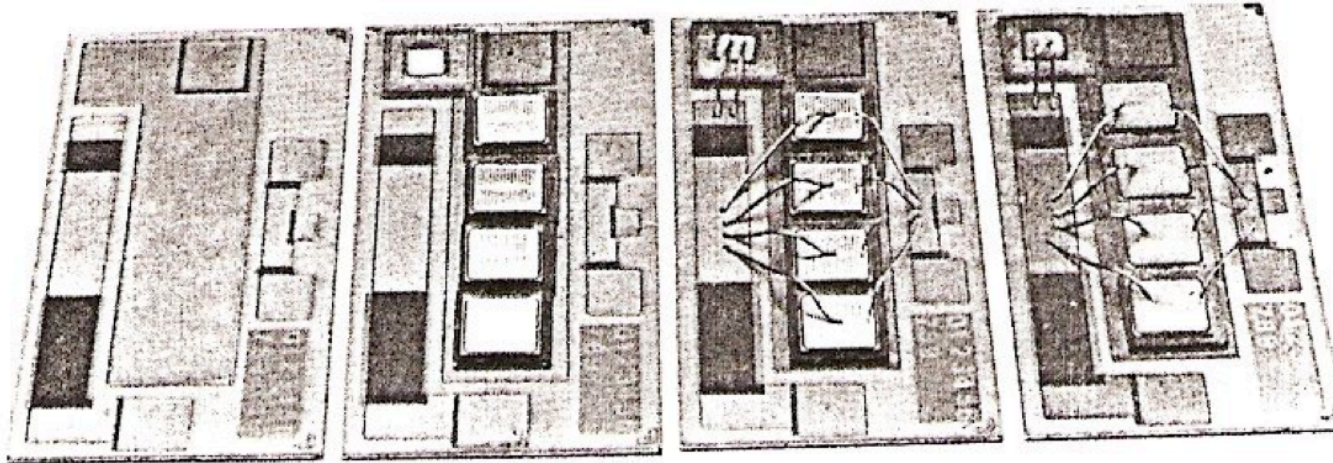
Tendencias de crecimiento de las capacidades de los dispositivos electrónicos de potencia, presentada por Hitachi en 1990.

¡PREDICCIÓN CUMPLIDA!



- Alumina, Aluminium nitride
- Cu, Pd Ag, Au thick film
- Insulated metal substrate
- Thermal management

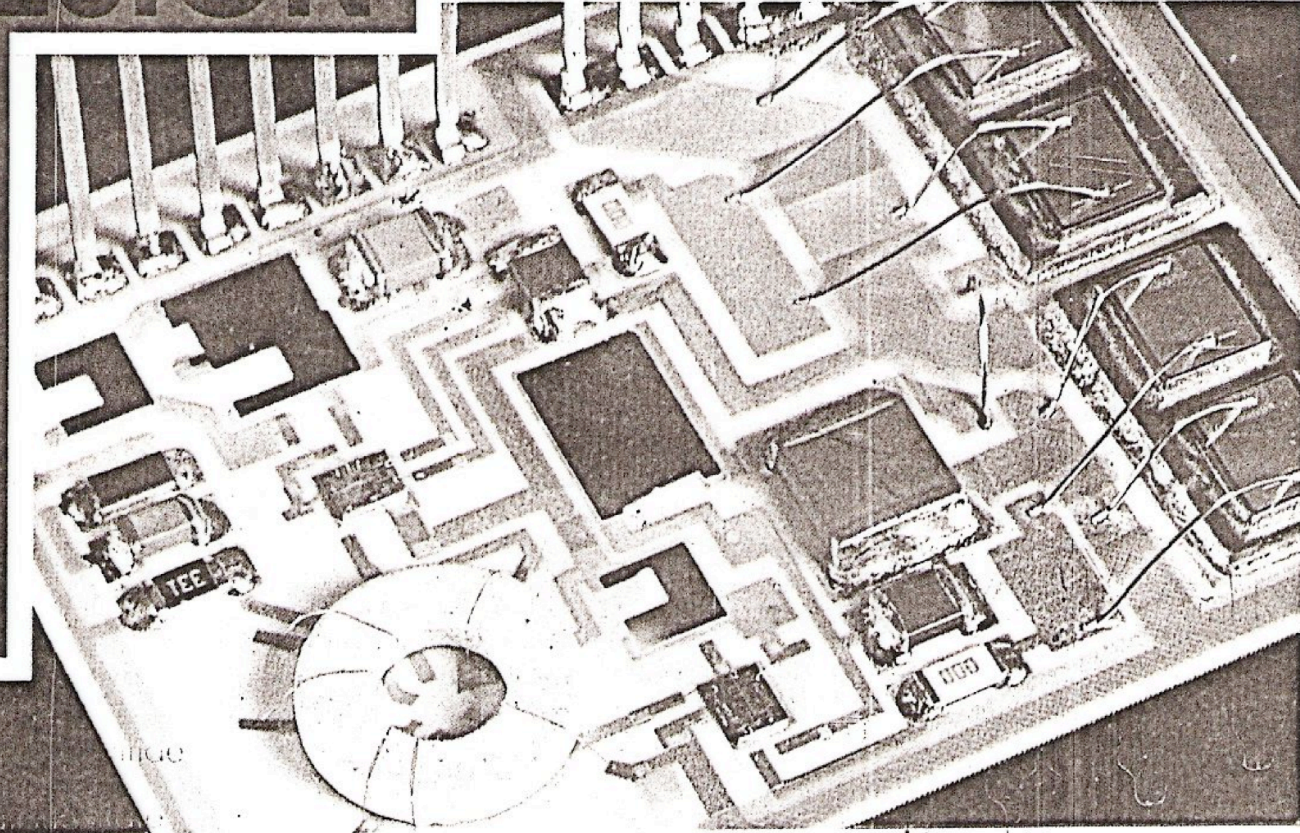
Circuitos de potencia “híbridos” sobre sustrato capaz de proporcionar aislamiento eléctrico con buena conductividad térmica



- IGBT, Mos, Bipolar, Thyristor, Diode
- Close relationship with semiconductor suppliers
- Ratings up to 1200V / 200A

Distintas etapas de elaboración de un híbrido de potencia

CUSTOM DESIGN



- Aluminized, AlN
- Cu, Pd, Ag, Zn
- Insulated me
- Thermal management

Power half bridge with Asic gate driver and pulse transformer

Híbridos “inteligentes” con inclusión de circuitos de potencia intermedia en el empaque de potencia.