

# Criterios para la elaboración y análisis de escenarios energéticos tendenciales (BAU - Business As Usual)

<b>Apellidos, nombre</b>	Elisa Peñalvo <sup>1</sup> (elpealpe@upvnet.upv.es) Javier Cárcel <sup>2</sup> (fracarc1@csa.upv.es) Clara Andrada <sup>1</sup> (claanmon@upv.es)
<b>Departamento</b>	<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería Energética <sup>2</sup> Instituto de Tecnología de Materiales
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València

## 1 Introducción

El primer paso en la elaboración de un escenario energético sostenible es identificar cual es el contexto actual y su evaluación tendencial. Uno de los escenarios energéticos más habituales es el BAU o "Business As Usual". Este es un escenario continuista en el que se analiza las consecuencias del futuro energético del país si se mantiene la tendencia actual. Este escenario suele ser el primer paso dentro de un análisis más complejo, ya que permitirá comparar cualquier otra alternativa con la tendencial.

## 2 Objetivos

- Aprender un método de análisis prospectivo basado en escenarios energéticos que permita analizar la situación actual y su evolución tendencial.
- Dar una visión general de los sectores desarrollados en un país y su evolución dentro de este, tanto pasada como en un futuro.
- Comprender los conceptos de energía primaria y energía final.
- Prever cómo evolucionará el país en términos de energía y emisiones.
- Analizar cómo impacta cada fuente y demanda energética en las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del país.

## 3 Desarrollo

En este apartado, se explica detalladamente los pasos para realizar correctamente un análisis BAU. Para ello es necesario elaborar una hoja de cálculo tal y como se va mostrando a lo largo de este objeto de aprendizaje.

### 3.1 Elaboración de las tasas de crecimiento

Los ritmos de crecimiento hacen referencia a las variaciones en sectores económicos (industrial, comercial, doméstico, transporte y servicios), la evolución del PIB y la población de un país. Esta información puede ser recopilada a través de la "Internacional Energy Agency" (IEA) (<http://www.iea.org/>) donde se pueden encontrar los datos energéticos, noticias y estadísticas de los diferentes países del mundo. En base a estos datos históricos se calculan las tasas de crecimiento lineal correspondiente a cada sector económico, población y PIB, obteniendo una extrapolación lineal de los datos.

### 3.2 Ratios de producción de CO<sub>2</sub>

Una vez obtenidos los ritmos de crecimiento de los sectores, así como de la población y el PIB, se calcularán los ratios de producción de CO<sub>2</sub> por sector y fuente de energía.

Es importante destacar que estos valores no son fijos, sino que varían en función de cada país según las características de su sistema energético. Para estudios más detallados se requerirá de información específica del país y las tecnologías usadas para la generación energética. No obstante, los que se muestran a continuación son una buena estimación.

Por simplicidad se puede adoptar que todos los países tienen los mismos ratios de producción de CO<sub>2</sub> con el fin de facilitar la práctica. Esto es debido a que son valores que no modificarán demasiado el análisis.

En este caso, para España los ratios de producción de CO<sub>2</sub> serían los siguientes:

26	3. Producción de CO <sub>2</sub> en la aplicación de cada forma de energía a distintos sectores (MtCO <sub>2</sub> /Mtep). Datos del Foro Nuclear 2012.						
27	Electricidad	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Renovables	Nuclear	
28	Industrial	0	4,8	3,5	2,5	0	0
29	Transporte	0	0,0	3,4	2,5	0	0
30	Servicios	0	4,8	3,5	2,5	0	0
31	Doméstico	0	4,8	3,5	2,5	0	0
32	Agric. y Pesca	0	4,8	3,5	2,5	0	0
33	Gen.Electricidad	3,0	5,6	4,0	3,8	0	0
34	(Electricidad en Gen. Electricidad corresponde al saldo eléctrico y la estimación de la emisión media de CO <sub>2</sub> en origen)						
35							

Figura 1: Ratios de producción de CO<sub>2</sub> para España.

### 3.3 Cálculo de la demanda de energía por sectores

A continuación, se recopilarán los datos de producción de energía de cada fuente y el la energía final demandada por cada sector para el año inicial marcado, en este caso como el 2012.

En primer lugar, se obtendrán los valores de consumo de cada fuente por sector. Para ello se accederá a la web de la (IEA) como indica el apartado 1. A continuación, se seleccionarán los valores que se indica a continuación:

Consumo de cada sector de cada una de las fuentes

2012	Coal	Crude oil	Oil products	Natural gas	Nuclear	Hydro	Geothermal, solar, etc.	Biofuels and waste	Electricity	Heat	Total**
Total final consumption	896	12	41811	14984	0	0	238	6034	20661	0	84637
Industry	711	12	3466	8442	0	0	2	1269	6232	0	20134
Transport	0	0	26916	123	0	0	0	2126	383	0	29549
Other	185	0	5803	6064	0	0	236	2639	14046	0	28973
Residential	110	0	2740	3508	0	0	189	2465	6456	0	15408
Commercial and public services	1	0	1407	1616	0	0	42	72	6608	0	10037
Agriculture / forestry	0	0	1615	632	0	0	6	67	344	0	2664
Fishing	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	39
Non-specified	73	0	2	309	0	0	0	15	346	0	746
Non-energy use	0	0	5626	354	0	0	0	0	0	0	5981
-of which chemical/petrochemical	0	0	3146	354	0	0	0	0	0	0	3501

Figura 2: Demanda de energía de cada sector (IEA)

Con estos datos se comienza a completar la información que aparece en el documento de cálculo relativa a la energía final demandada por cada sector. De esta forma se completará la demanda de cada una de las fuentes de cada sector, tal y como aparece a continuación enmarcado en rojo:

4. Datos de consumo		año 2012								
		CONTRIBUCIÓN (ktep)								
SECTOR		Electricidad	Carbón	Petróleo	Gas natural	Renovables	Nuclear	Total	%	
41	Industria	ktep	6.232	711	3.466	8.442	1.269	0	20.120	26
42		%	31	4	17	42	6	0		
43	Transporte	ktep	383	0	26.916	123	2.126	0	29.548	38
44		%	1	0	91	0	7	0		
45	Servicios	ktep	6.898	1	1.407	1.616	114	0	10.036	13
46		%	69	0	14	16	1	0		
47	Doméstico	ktep	6.458	110	2.740	3.508	2.700	0	15.516	20
48		%	42	1	18	23	17	0		
49	Agric. Y Pesca	ktep	344	0	1.654	632	73	0	2.703	3
50		%	13	0	61	23	3	0		
51	Gen. Electricidad	ktep		13.038	3.312	11.130	9.645	16.019		53.144
52		%		25	6	21	18	30		
53	Total fuente	ktep	20.315	13.860	39.495	25.451	15.927	16.019		
54	Saldo eléctrico	ktep	-963							
55	Electricidad generada	ktep	21.278							
56	Total E.Primaria	ktep							109.789	
57		%	-1	13	36	23	15	15		
58	Total E. final	ktep							77.923	
59										
60										Rendimiento Eléctrico= 40,04%

Figura 3: Documento de cálculo a completar con los datos de producción y demanda

Seguidamente, se buscará la información referente a las fuentes energéticas que abastecen los sectores.

Por un lado, se identifica la producción energética de cada fuente de energía (carbón, petróleo, gas natural, nuclear o renovable) y la de electricidad. La generación de electricidad se calcula sumando las categorías de "plantas generadoras de electricidad", y de "cogeneración (CHP plants)". En el caso de electricidad, la diferencia entre lo que se exporta y lo que se importa se denomina saldo eléctrico. En el caso de que el saldo eléctrico sea negativo significará que se exporta más electricidad de la que se importa.

Dif. Entre la Electricidad que Importas y la que Exportas

2012	Coal*	Crude oil*	Oil products	Natural gas	Nuclear	Hydro	Geothermal, solar, etc.	Biofuels and waste	Electricity	Heat	Total**
Production	2402	145	0	52	10019	1767	6679	6217	0	0	33342
Imports	12952	63518	16175	30496	0	0	0	1938	670	0	125749
Exports	-1380	-2450	-19626	-2431	0	0	0	-474	-1633	0	-25204
International marine bunkers***	0	0	-8316	0	0	0	0	0	0	0	-8316
International aviation bunkers***	0	0	-3600	0	0	0	0	0	0	0	-3600
Stock changes	1146	876	976	65	0	0	0	25	0	0	3088
TPES	15179	62089	-11691	28181	16019	1767	6679	7707	-963	0	124968
Transfers	0	898	-776	0	0	0	0	0	0	0	120
Statistical differences	114	0	778	-3	0	0	0	-1	71	0	959
Electricity plants	-12076	0	-2004	-7527	-18019	-1767	-8441	-957	22404	0	-28008
CHP plants	-62	0	-408	-3003	0	0	0	-478	2785	0	-1705
Heat plants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas works	2	0	-51	0	0	0	0	0	0	0	-50
Oil refineries	0	-83057	61687	0	0	0	0	0	0	0	-1371
Coal transformation	-791	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-791
Liquefaction plants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other transformation	0	84	-87	0	0	0	0	-107	0	0	-110

Plantas Generadoras de Electricidad

Figura 4: Producción de energía de cada fuente (IEA)

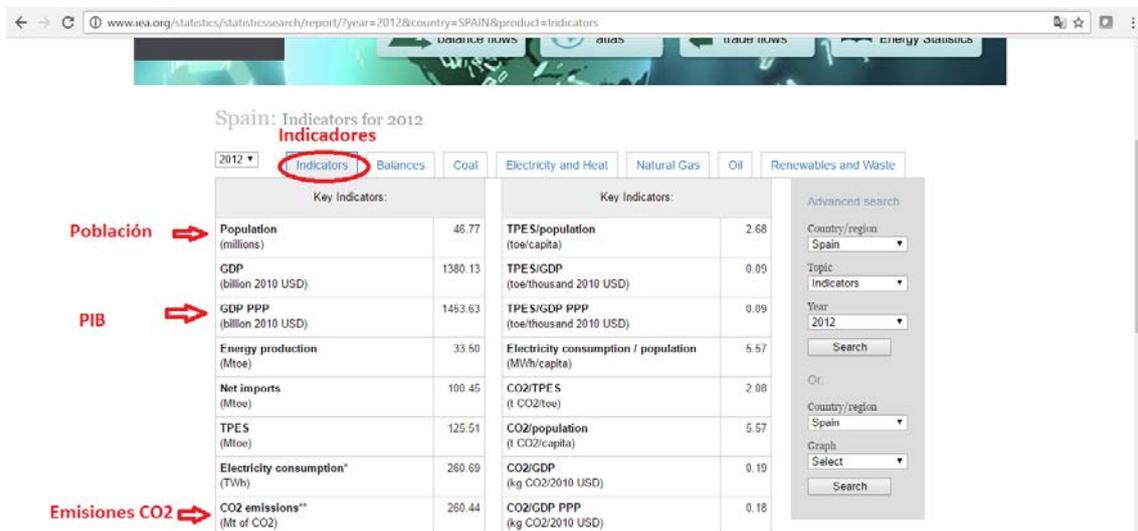
Completando la hoja de cálculo se obtienen los siguientes valores enmarcados en cuadro rojo que hacen referencia a la generación de electricidad por sector y al saldo eléctrico resultante en el país.

4. Datos de consumo		año 2012							
		CONTRIBUCIÓN (ktep)							
SECTOR		Electricidad	Carbón	Petróleo	Gas natural	Renovables	Nuclear	Total	%
Industria	ktep	6.232	711	3.466	8.442	1.269	0	20.120	26
	%	31	4	17	42	6	0		
Transporte	ktep	383	0	26.916	123	2.126	0	29.548	38
	%	1	0	91	0	7	0		
Servicios	ktep	6.898	1	1.407	1.616	114	0	10.036	13
	%	69	0	14	16	1	0		
Doméstico	ktep	6.458	110	2.740	3.508	2.700	0	15.516	20
	%	42	1	18	23	17	0		
Agríc. Y Pesca	ktep	344	0	1.654	632	73	0	2.703	3
	%	13	0	61	23	3	0		
Gen. Electricidad	ktep		13.038	3.312	11.130	9.645	16.019	53.144	
	%		25	6	21	18	30		
Total fuente	ktep	20.315	13.860	39.495	25.451	15.927	16.019		
Saldo eléctrico	ktep	-963							
Electricidad generada	ktep	21.278							
Total E. Primaria	ktep							109.789	
	%		-1	13	36	23	15	15	
Total E. final	ktep							77.923	

Figura 5: Documento de cálculo a completar con los datos de producción de energía por sector

### 3.4 Obtención de datos restantes

Una vez completado todo lo referente al año inicial, se acabará de completar la hoja de cálculo con los valores referentes al país de estudio. Para ello, en la página de la EIA se accederá a **indicadores** y se seleccionarán los datos del país referentes a la población, el PIB (producto interior bruto) y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Como se puede observar en la figura 6 aparecen dos tipos de PIB. El primero de ellos haría referencia al PIB habitual mientras que el segundo en el que se indica PPP se tiene en cuenta las diferencias en los precios de los productos de cada país. Para realizar el BAU se pueden tomar ambos, sin embargo, debe ser el mismo a lo largo de todo el análisis.



Spain: Indicators for 2012

Indicadores

2012

Indicators Balances Coal Electricity and Heat Natural Gas Oil Renewables and Waste

Key Indicators:

Indicator	Value
Population (millions)	46.77
GDP (billion 2010 USD)	1380.13
GDP PPP (billion 2010 USD)	1453.63
Energy production (Mtoe)	33.50
Net imports (Mtoe)	100.45
TPES (Mtoe)	125.51
Electricity consumption* (TWh)	260.69
CO2 emissions** (Mt of CO2)	260.44

Key Indicators:

Indicator	Value
TPES/population (toe/capita)	2.68
TPES/GDP (toe/thousand 2010 USD)	0.09
TPES/GDP PPP (toe/thousand 2010 USD)	0.09
Electricity consumption / population (MWh/capita)	5.57
CO2/TPES (t CO2/toe)	2.08
CO2/population (t CO2/capita)	5.57
CO2/GDP (kg CO2/2010 USD)	0.19
CO2/GDP PPP (kg CO2/2010 USD)	0.18

Advanced search

Country/region: Spain

Topic: Indicators

Year: 2012

Search

Or:

Country/region: Spain

Graph: Select

Search

Figura 6: Indicadores de España en la página de la EIA

De esta forma queda completada la hoja de cálculo, rellenando los valores que se indican en la Figura 7.

61	<b>5. Otros datos</b>		
62	<b>Año</b>	<b>2012</b>	
63	<b>Población</b>	<b>46,8 Mhab</b>	
64	<b>PIB</b>	<b>1.454 M€2010PPP</b>	
65	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>260 Mt</b>	
66			

Figura 7: Indicadores de España en la hoja de cálculo

### 3.5 Generación del escenario BAU

Una vez completada la hoja de cálculo, se define el escenario BAU del país teniendo en cuenta una serie de hipótesis de partida. Por ejemplo, para el caso de España se establece el escenario BAU según las siguientes hipótesis:

- Los porcentajes de contribución de cada fuente al consumo de cada sector de demanda se mantienen constantes a lo largo del tiempo.
- El saldo eléctrico se mantiene constante a lo largo del tiempo.
- La generación de electricidad se produce con un rendimiento medio de generación según los datos de 2012.
- La contribución de energía nuclear se mantiene constante en función de los datos de 2012, ya que no se puede aumentar la potencia instalada.
- El incremento que debería proporcionar la nuclear se asigna a las renovables.

Estas hipótesis quedan reflejadas en la Figura 8 que hace referencia al escenario energético en 2013, generado por la hoja de cálculo.

AÑO		2013										
		población	PIB	Industria	transporte	servicios	Doméstico	agric.y pesca				
<b>Ritmo anual crecimiento</b>		1	1,5	0,5	2	2	2	2				
<b>Total crecimiento para el periodo</b>		1,010	1,015	1,005	1,020	1,020	1,020	1,020				
<b>Total</b>		46,62	1178									
		<b>CONTRIBUCIÓN (ktep)</b>										
SECTOR		Electricidad	Carbón	Petróleo	Gas natural	Renovables	Nuclear	Total	%			
Industria	ktep	6.263	715	3.495	8.484	1.275	0	20.233	26			
	%	31	4	17	42	6	0					
Transporte	ktep	391	0	27.180	125	2.443	0	30.139	38			
	%	1	0	90	0	8	0					
Servicio	ktep	7.036	1	1.435	1.648	116	0	10.237	13			
	%	69	0	14	16	1	0					
Doméstico	ktep	6.587	112	2.795	3.578	2.754	0	15.826	20			
	%	42	1	18	23	17	0					
Agric.y Pesca	ktep	351	0	1.687	645	74	0	2.757	3			
	%	13	0	61	23	3	0					
Gen. Electricidad	ktep		13.230	3.361	11.294	10.022	16.019	53.925				
	%		25	6	21	19	30					
<b>Total fuente</b>	ktep	20.628	14.057	39.953	25.774	16.685	16.019					
<b>Saldo eléctrico</b>	ktep	-963										
<b>Electricidad generada</b>	ktep	21.591										
<b>Total E. Primaria</b>	ktep								111.526			
	%	-1	13	36	23	15	14					
<b>Total E Final</b>	ktep								79.192			

Figura 8: Escenario BAU para España en el año 2013

Una vez implementadas las hipótesis en la hoja de cálculo, la herramienta de escenarios extrapola la tendencia en un escenario continuista (BAU), proporcionando la evolución del contexto energético del país en el periodo de estudio (en este caso, hasta el 2030). Se obtiene la evolución de la energía primaria, la generación y demanda de electricidad, y las emisiones de CO<sub>2</sub> previstas para 2030.

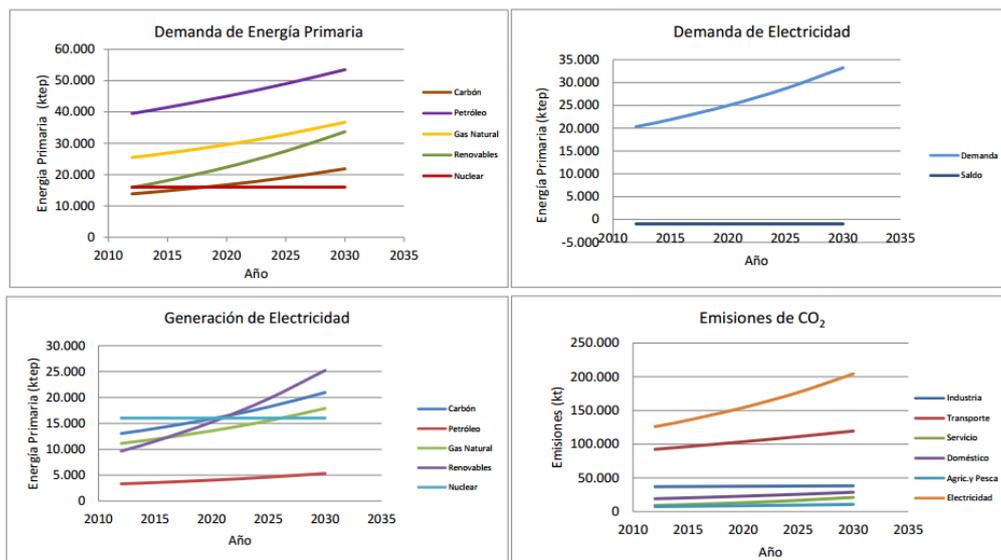


Figura 9: Gráficas resultantes de la simulación para España

A modo de resumen, es importante visualizar la tendencia de los indicadores que vienen definidos en la herramienta de escenarios energéticos. Como se puede

observar en la figura 10, es una forma clara de ver la evolución de los diferentes aspectos relacionados con el consumo energético en el país a estudiar.

ESPAÑA							
Indicadores	Unidades	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Población	Millones	47,02	49,42	51,94	57,37	63,38	70,01
PIB	M€ ctes. de 2000	773.333,00	833.099,27	897.484,52	1.041.567,42	1.208.781,52	1.402.840,30
Consumo Electricidad	TWh	262,56	296,84	340,29	466,90	677,58	1.033,75
Emissiones CO2	Mt	355,90	303,25	347,05	467,75	722,70	953,59
Eprimaria	ktep	117.826,00	131.316,23	147.620,00	191.700,22	258.501,71	362.062,73
EP Generada	ktep	38.307,00	40.917,73	44.175,73	53.466,97	68.580,26	93.683,96
Saldo eléctrico	ktep	-717,00	112,26	1.163,40	4.226,07	9.322,53	17.938,15
Electricidad Generada	ktep	23.293,00	25.411,36	28.096,54	35.920,20	48.939,25	70.948,07
Dependencia Exterior	%	67,49	68,84	70,07	72,11	73,47	74,12
PIB/cápita	M€ cte 2000/hab	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TEP/cápita	tep/hab	2,51	2,66	2,84	3,34	4,08	5,17
TEP/PIB	tep/M€ cte 2000	152,36	157,62	164,48	184,05	213,85	258,09
Electricidad/cápita	kWh/hab	5,58	6,01	6,55	8,14	10,69	14,77
CO2/TEP	t/tep	3,02	2,31	2,35	2,44	2,80	2,63
CO2/PIB	t/M€ cte 2000	460,21	364,00	386,69	449,08	597,87	679,76
CO2/cápita	t/hab	7,57	6,14	6,68	8,15	11,40	13,62

Figura 10: Indicadores España

También se puede realizar el estudio de diferentes aspectos como pudiera ser la evolución de demanda energética de los sectores a lo largo del periodo de estudio. En la figura 10 se muestra la tendencia de la demanda de energía en los diferentes sectores para España hasta el 2030.

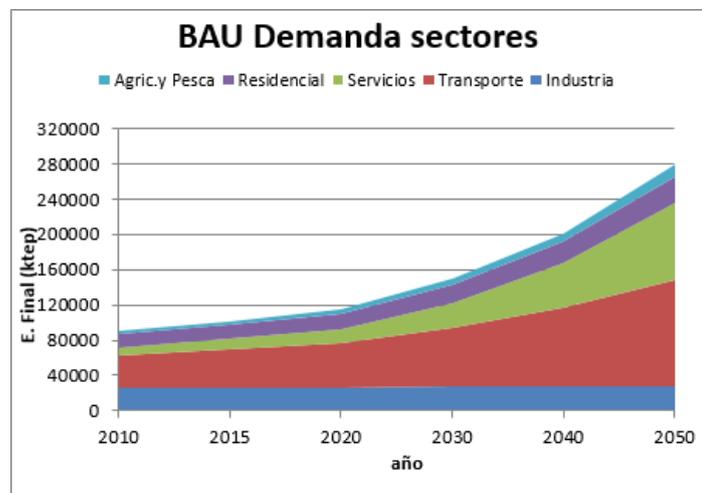


Figura 11: Evolución de la demanda en sectores para España

## 4 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje se ha estudiado qué es un escenario energético BAU, *Business As Usual*, y cuál es su objetivo. Se trata de un escenario que permite evaluar el impacto de continuar con la misma tendencia energética analizando una serie de indicadores de sostenibilidad energética.

## 5 Bibliografía<sup>1</sup>

### 5.1 Libros:

A. Pérez-Navarro, D. Alfonso, E. Peñalvo-López, A. Escrivá: "Estudio de Prospectiva sobre Energía Nuclear y su Papel para la Consecución de un Escenario Energético Sostenible en la Comunidad Valenciana", Agencia Valenciana de Prospectiva (AVAP), 2010.

### 5.2 Objetos de aprendizaje relacionados

E. Peñalvo-López, F.J. Cárcel-Carrasco, C. Andrada: "Criterios para la elaboración y análisis de escenarios energéticos sostenibles. Ritmos de Crecimiento".

E. Peñalvo-López, F.J. Cárcel-Carrasco, C. Andrada: "Criterios para la elaboración y análisis de escenarios energéticos sostenibles. Escenario Sostenible".

### 5.3 Comunicaciones presentadas en conferencias (sin publicar):

E. Peñalvo-López, F.J. Cárcel-Carrasco, C. Devece, I. Morcillo: "Methodology for analysing sustainability in Energy scenarios". 2nd International Conference on Business Management. Valencia, España, Julio 2017.

### 5.4 Referencias de fuentes electrónicas:

D. Connolly; et al. (2010). "A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems". Applied Energy, Vol. 88, pp. 1059-1082.

E. Loken E. (2007). "Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems." Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 11, pp. 1584-1595.

Grubb, et al. (1993). "The cost of limiting fossil-fuel CO<sub>2</sub> emissions: a survey and analysis". Ann Rev Energy Environ, Ann Rev, California, Vol. 18, pp 397-478.

International Energy Agency (IEA) (2010). "World energy outlook 2010". International Energy Agency. <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>

International Energy Agency (IEA) (2011). "Energy for all: financing access for the poor". International Energy Agency, Paris. [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/energydevelopment/weo2011\\_energy\\_for\\_all.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/energydevelopment/weo2011_energy_for_all.pdf)

---

<sup>1</sup> Se recomienda consultar el siguiente documento: Cómo citar la bibliografía en los trabajos académicos. Disponible en : <http://riunet.upv.es/handle/10251/31590>

International Energy Agency, IEA (2016). "Country Statistics". <https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=CONGOREP&product=balances&year=2014> [Accessed: 11/12/2016].

United Nations Development Programme (UNDP) (2003). "Sharing innovative experience: examples of successful uses of renewable energy sources in the South". Vol. 8. Ed. by United Nations Development Programme (UNDP), New York.

United Nations (2000). "Commercialization of renewable energy technologies for sustainable development." ISBN-13: 978-9211199666. United Nations, New York.

World Bank (2001). "The World Bank's energy program: poverty reduction, sustainability, and selectivity". World Bank, Washington, D.C. <http://siteresources.worldbank.org/INTENERGY/Publications/20269216/energybrochure.pdf>