

El porvenir del Modelo Energético Mundial



El mundo se ha convertido en un barco en el que solamente es posible evitar el naufragio con el empeño de una única tripulación, el género humano

Javier Colomo Ugarte

(Estudio realizado en el año: 2007)

Revisado en el año 2009

TEMARIO

Introducción

CAPÍTULO I: El desarrollo económico y los recursos energéticos

1.1 El coste de la conversión de la energía en trabajo según fuente energética

1.2 Consumo mundial de energía según fuentes de energía primaria

CAPITULO II: El cambio del modelo energético o el colapso del desarrollo económico mundial

2.1 Las reservas demostradas de combustibles fósiles.

2.2 Duración de las reservas probadas de combustibles fósiles.

2.3 Consideraciones sobre la duración de las reservas probadas de combustibles fósiles.

CAPITULO III: La externalización medioambiental del consumo de combustibles fósiles.

3.1 Proyecciones para un probable escenario de emisiones de CO₂ a la atmósfera hasta el final de los combustibles fósiles

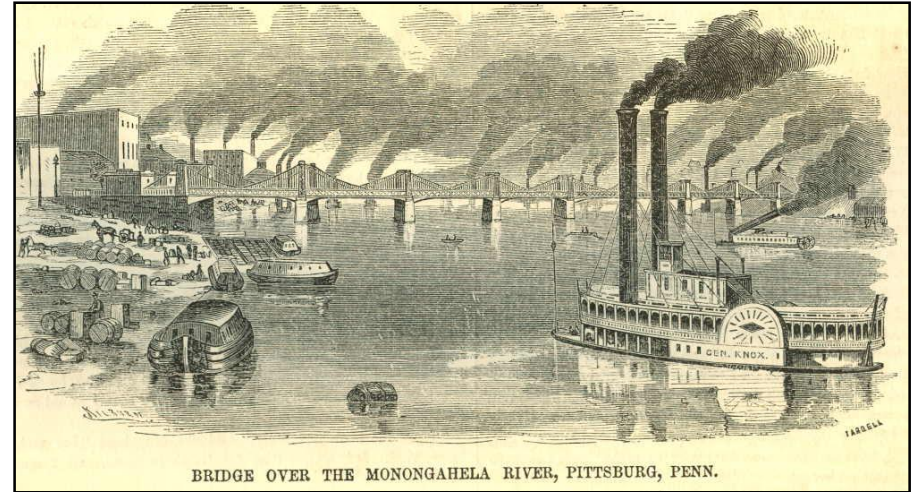
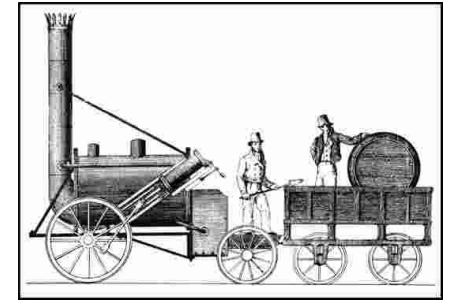
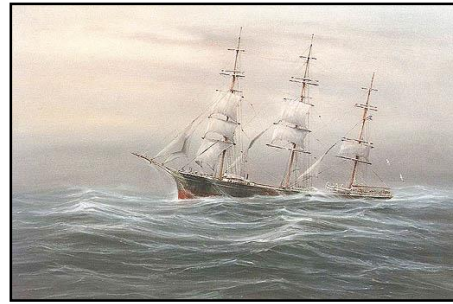
CAPITULO IV: Energía primaria necesaria para un consumo mundial per cápita equiparable al de la OCDE

Anexos

Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad, hasta la revolución industrial, las energías más importantes para mover mecanismos que la transformaran en trabajo, han sido la fuerza humana, la de animales de carga, la hidráulica aprovechada en saltos de agua, y la eólica aprovechada para hacer girar molinos y mover barcos.

En la primera revolución industrial, con la invención de la máquina de vapor, la fuente de energía fue la madera y posteriormente el carbón de origen vegetal o mineral. Con el motor Diesel, el petróleo se incorporó a las fuentes energéticas. Posteriormente la aplicación de la electricidad a multitud de utensilios, desarrollo la necesidad de tener generadores permanentes de energía eléctrica utilizando, para ello, diversas fuentes de energía para su transformación en electricidad y posteriormente ésta en trabajo, habiéndose constituido los combustibles fósiles progresivamente desde el siglo XIX en las fuentes de energía primaria dominantes en el sistema energético mundial. Pero a finales del siglo XX estas fuentes de energía primaria comenzarán a ser cuestionadas debido a los nocivos efectos medioambientales producto de la externalización de los costes de producción en forma de gases de efecto invernadero a la atmósfera, responsables de un progresivo cambio climático global.



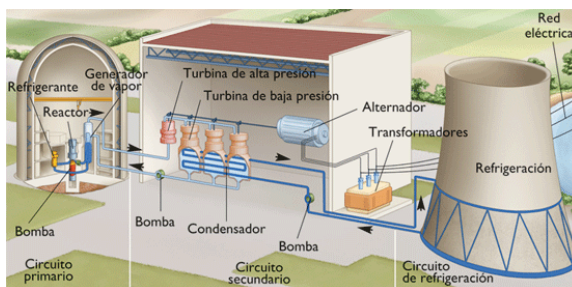
Hasta que no comenzaron a conocerse los efectos medioambientales de la externalización de costes, el modelo energético y el crecimiento económico mundial se habían desarrollado sin entrar en contradicción, pero una vez conocidos, la implementación de políticas económicas de internalización de costes, para evitar las emisiones de gases de efecto invernadero, ha derivado en una fuerte contradicción entre el crecimiento económico y el modelo energético, pues la externalización de los costes de producción con la libre emisión de gases a la atmósfera forma parte de la ventaja comercial en los precios de los productos para el intercambio de mercancías internacional.

El fracaso en los intentos por disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero pone de manifiesto las dificultades existentes, o tal vez la imposibilidad, para promover con carácter mundial un modelo de internalización de costes, debido al rechazo de empresas y naciones a tal inversión económica que les haría perder competitividad en el mercado e internacional.

Es probable, que si desde el momento presente se implementaran tecnologías a escala planetaria de internalización de costes basadas en la captura de los gases de efecto invernadero y de su almacenaje en sumideros, tal vez, se pudiera evitar una catástrofe medioambiental, pero esta posibilidad en el vigente modelo económico mundial basado históricamente en las ventajas de la externalización de costes resulta actualmente inviable.

Externalización de costes

Centra de fisión nuclear



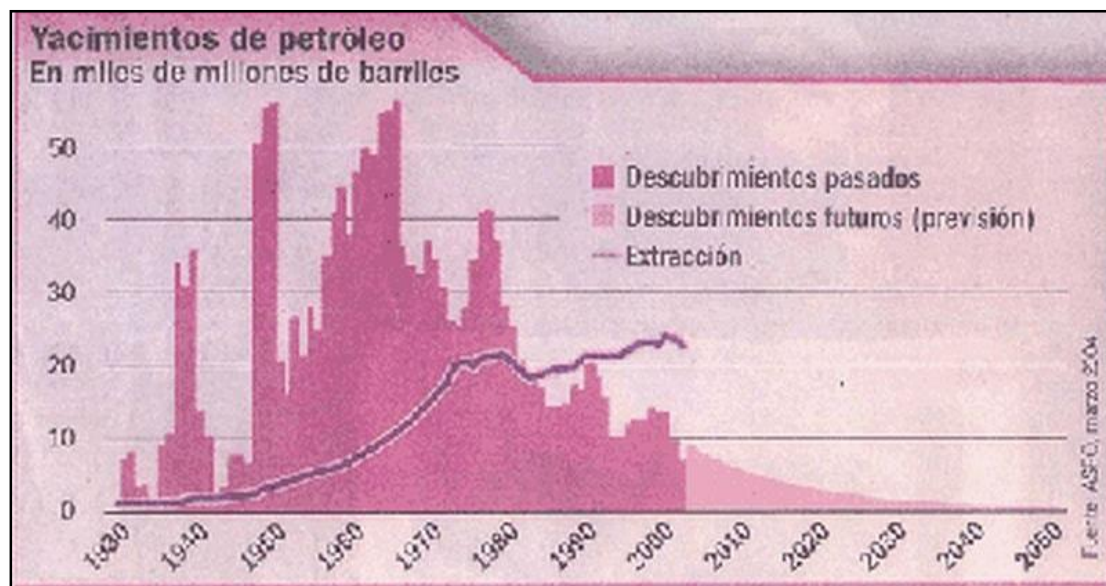
Residuos radiactivos



Emisiones de gases de efecto invernadero



El vigente modelo energético mundial basado en un 80% en los combustibles fósiles, presenta el problema no solamente de sus efectos medioambientales, sino el de su final en el presente siglo XXI por agotamiento de las reservas de petróleo, gas natural y carbón, sin que, por el momento, se haya desarrollado una alternativa energética sólida de reemplazo a la capacidad calorífica que proporcionan los combustibles fósiles al sistema energético mundial.



Las alternativas de otras fuentes de energía primaria como las energías renovables, por su elevado coste y las limitaciones de la superficie terrestre, difícilmente van a poder representar el equivalente a un 20% de la energía derivada de los combustibles fósiles, y la implementación masiva de la energía de fisión nuclear presenta el problema de la hipoteca milenaria de almacenamiento de los residuos radiactivos, así como que las reservas de uranio son también limitadas, sin que, por otra parte, la energía generada en forma de electricidad por estas fuentes, en el actual paradigma tecnológico mundial pueda sustituir *al motor de combustión interna* para la transformación de la energía en trabajo productivo con el que funcionan los grandes transportes terrestres, marítimos y aéreos; la maquinaria pesada móvil para la construcción de infraestructuras, y la destinada al sector agrario que permite liberar del trabajo manual agrícola a la mayoría de la población activa para emplearse en otros sectores económicos.

La tarea prioritaria que tiene la humanidad es trabajar con premura para implementar las tecnologías que eviten la libre emisión de gases de efecto invernadero, así como el desarrollo de un sistema energético y tecnológico para la conversión de la energía en trabajo productivo que reemplace el agotamiento de los combustibles fósiles.

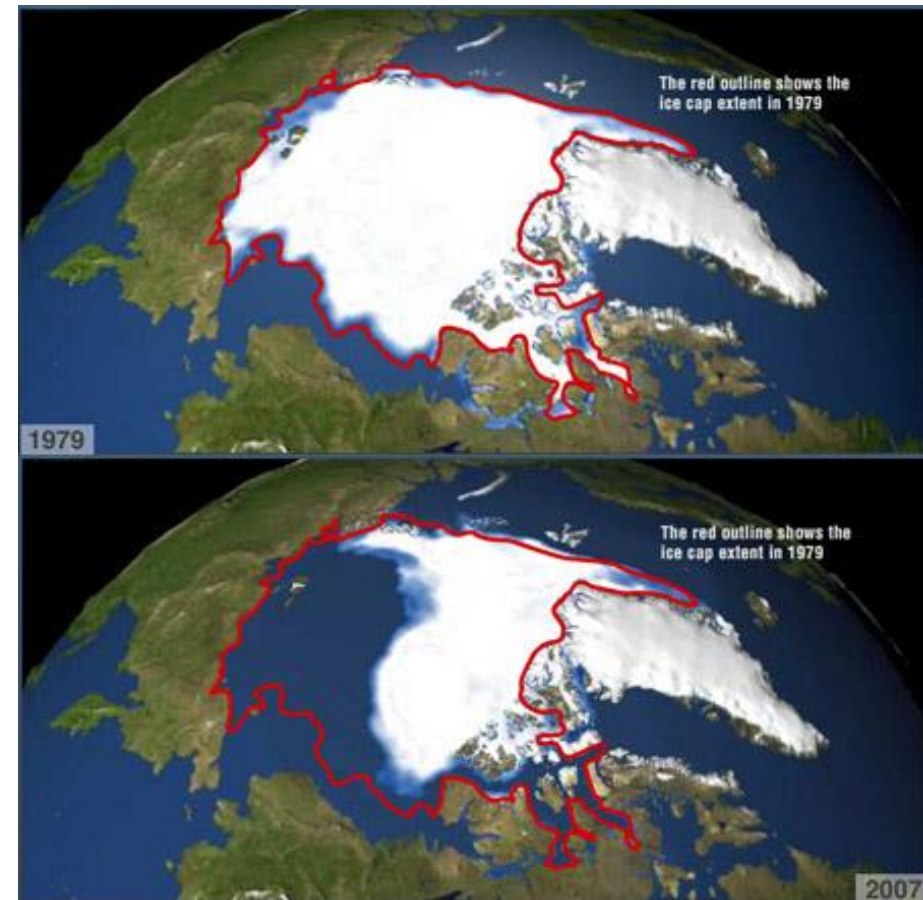
No queda mucho tiempo, tal vez no más de cincuenta años, para que los dos problemas, si no se les encuentra solución, se manifiesten con toda su crudeza, el primero con el colapso del desarrollo económico mundial por agotamiento de las reservas de petróleo, gas natural y carbón, y el segundo porque el grado de cambio climático alcanzado en ese periodo de tiempo pudiera llegar al extremo de cuestionar la habitabilidad de extensos territorios del Planeta actualmente habitables.

Estas consideraciones presentadas en la presente introducción no son gratuitas, se fundamentan en el estudio de los datos relativos a:

- ❖ los costes de generación de energía según fuente energética;
- ❖ la evolución de los consumos mundiales de energía;
- ❖ las reservas probadas de combustibles fósiles;
- ❖ la evolución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera;

Datos que necesariamente deben ser interpretados en la mecánica de funcionamiento del vigente sistema económico y energético mundial.

En los siguientes capítulos se desarrollan los estudios respectivos.



CAPÍTULO I

El desarrollo económico y los recursos energéticos

Tal y como se ha visto en el estudio, *El Proceso Productivo Mundial*, el desarrollo económico precisa de un crecimiento continuo del PIB a través de la mejora continua de la productividad, con el fin de mantener o mejorar el empleo y la Tasa Media de Ganancia y con ello evitar el colapso funcional del sistema económico.

Este crecimiento de la producción y mejora de la productividad se fundamenta en el aumento y optimización de la energía convertida en trabajo, en función de la satisfacción de las necesidades demandadas según la distribución del poder adquisitivo mundial, siguiendo estructuradamente la secuencia de optimización productiva del sector, primario, secundario y el desarrollo científico – técnico del sector terciario.

El proceso productivo mundial determina que el sistema energético mundial se desarrolle en base a dos dinámicas económicas básicas.

La primera, derivada de la ley de acumulación de capital continua, la cual resulta imparable, pues, en el momento que se reduce la actividad productiva, las ganancias decaen y se colapsa el funcionamiento económico lo que induce, a pesar de la optimización energética, a un incremento continuo del consumo de energía.

La segunda, por el principio de competencia en el comercio internacional que propicia que la externalización de los costes de producción en forma de libre emisión de gases a la atmósfera forme parte de la ventaja comercial para abaratar los precios de los productos.

Estas fuerzas ciegas dominantes del vigente modelo económico mundial al sustentarse en un sistema energético basado mayoritariamente en los combustibles fósiles tienden a incrementar el impacto medioambiental mundial.

Los afectados por estas perversas sinergias son la mayoría de la humanidad y el medioambiente, sin que por el momento, existan fuerzas subjetivas en el plano político internacional lo suficientemente potentes para cambiar la dinámica económica mundial, ni tampoco exista un conocimiento científico técnico para reemplazar el modelo energético basado en los combustibles fósiles.

1.1 El coste de la conversión de la energía en trabajo según fuente energética

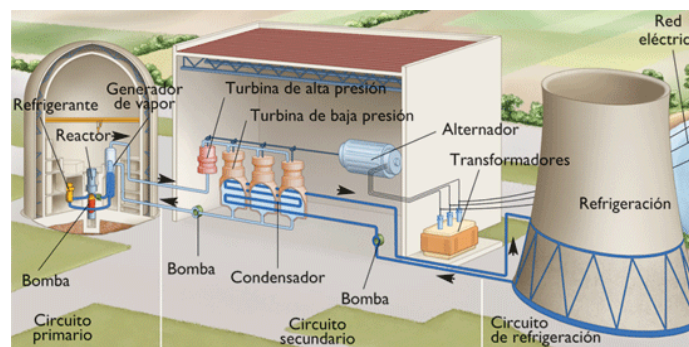
En el vigente sistema económico mundial, las diversas fuentes energéticas compiten entre sí en función del tipo de máquina que se precise para su transformación en trabajo.

Así, la energía más adecuada para los automóviles, es un derivado del petróleo, mientras que para la generación de electricidad, pueden existir diversas fuentes, que se utilizan según su proximidad (saltos de agua o carbón), su rentabilidad, o que ayuden a disminuir la dependencia de un país respecto de otros países, como por ejemplo la energía de fisión nuclear.

Motor de combustión interna



Central de fisión nuclear



Por otra parte, la optimización productiva conlleva la búsqueda de fuentes de energía baratas y con perspectivas de larga duración de la fuente que garanticen un desarrollo económico sostenido en el tiempo, y adecuado para el uso de las máquinas y utensilios capaces de transformar la energía en trabajo.

Esta optimización está en función:

1º Del coste de la materia prima de la fuente energética en cuestión.

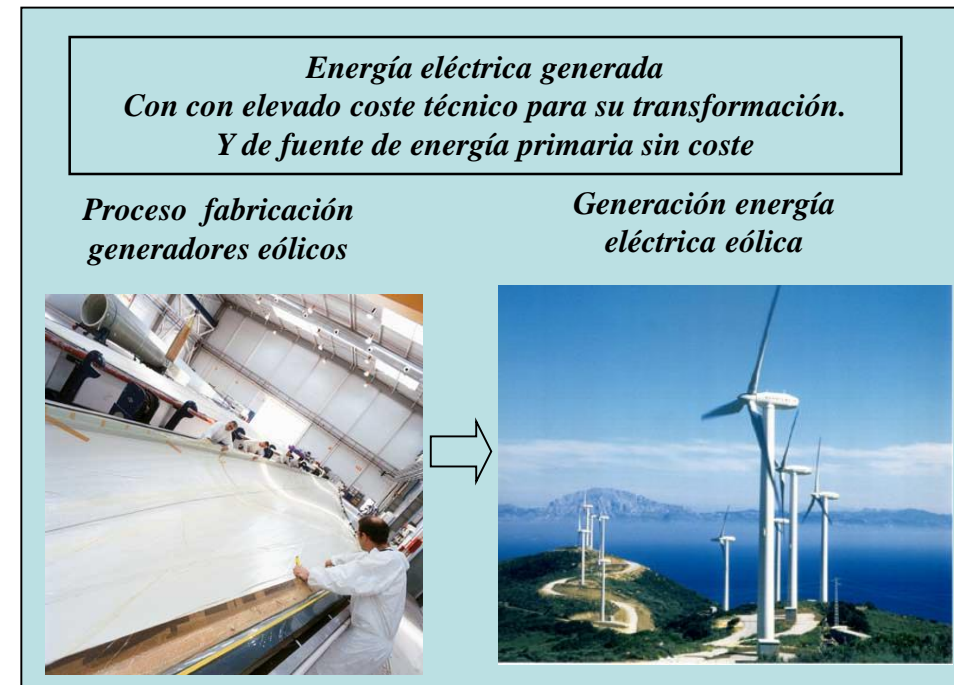
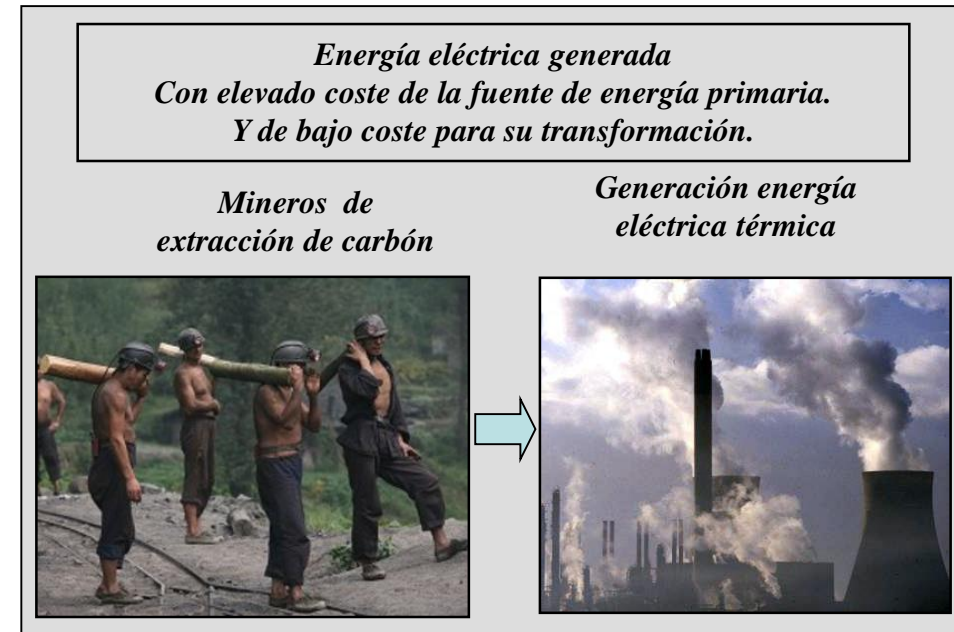
2º Más los costes técnicos para la transformación de la energía en trabajo, que en términos energéticos sería igual a la cantidad de energía que se necesita invertir para construir los instrumentos técnicos de transformación: centrales, nucleares, centrales térmicas, saltos de agua, aéreo-generadores eólicos etc.

Por otra parte, la optimización productiva conlleva la búsqueda de fuentes de energía baratas y con perspectivas de larga duración de la fuente que garanticen un desarrollo económico sostenido en el tiempo, y adecuado para el uso de las máquinas y utensilios capaces de transformar la energía en trabajo.

Esta optimización está en función:

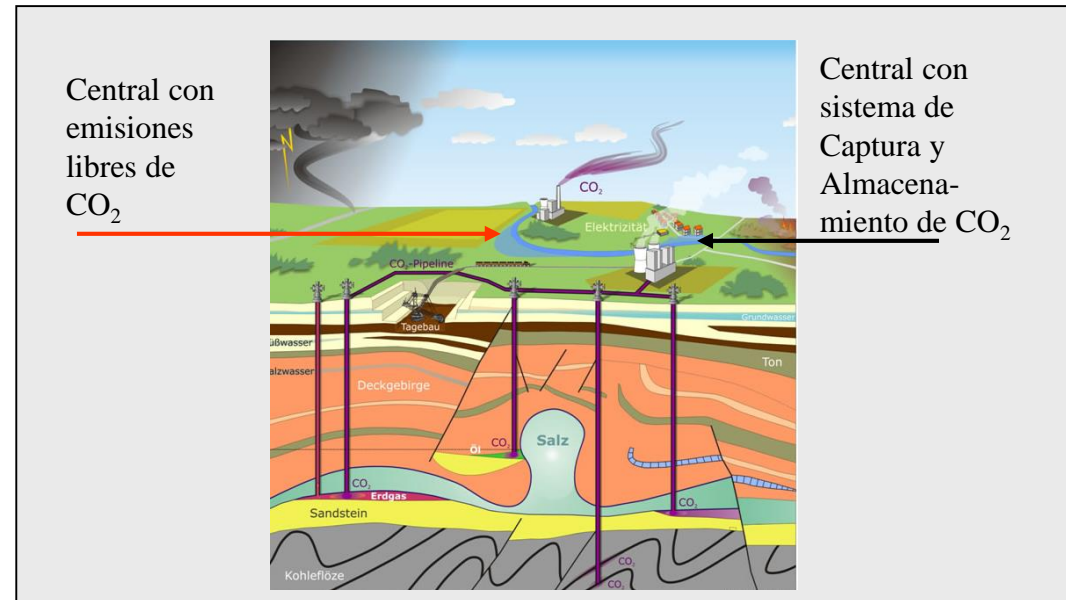
1º Del coste de la materia prima de la fuente energética en cuestión.

2º Más los costes técnicos para la transformación de la energía en trabajo, que en términos energéticos sería igual a la cantidad de energía que se necesita invertir para construir los instrumentos técnicos de transformación: centrales, nucleares, centrales térmicas, saltos de agua, aéreo-generadores eólicos etc.



La optimización productiva, lleva lógicamente a buscar las fuentes de energía más baratas y con mayor poder calorífico, siempre y cuando éstas puedan ser adecuadas a las máquinas que la transforman en trabajo.

Gran parte de la rentabilidad de estas fuentes se ha basado en lo que ha venido a denominarse la externalización de costes, es decir, la transformación de energía en trabajo derivada de los combustibles fósiles y de fisión nuclear, sin tener en cuenta el coste energético añadido (y por lo tanto económico) que supondría el reciclaje del CO₂ hacia sumideros que evitasen su emisión a la atmósfera, y el almacenamiento definitivo de los residuos de las centrales nucleares de fisión y el desmantelamiento de las mismas una vez finalizado el plazo de su explotación útil.

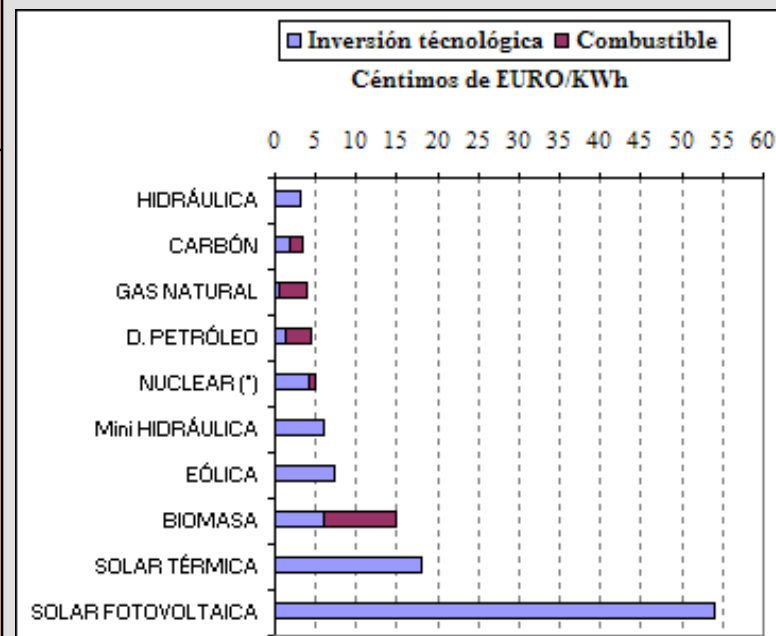


A principios del siglo XXI, las fuentes de energía más utilizadas, considerando el coste de la materia prima, y el coste de la inversión tecnológica (o energía adicional) para su transformación en trabajo, se puede ver en el coste de generación del K/Wh en céntimos de Euro, según las diferentes fuentes de energía primaria[1] al uso (**Cuadro 1**).

[1] Se consideran como fuentes de energía primaria a las que se obtienen directamente de la naturaleza como los casos de: la energía solar, la hidráulica, la eólica, la leña, los productos de caña y otros combustibles de origen vegetal y animal, o bien, después de un proceso de extracción como, el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, u otros como el recurso de la geoenergía, y el recurso de la nucleenergía, etc.

Cuadro 1
Costes de generación del Kw/h según fuentes de energía (en céntimos de Euro) (2003-2005)

Fuentes de energía	Céntimos de EURO/Kwh.			Relación de costes con la fuente más barata	Relación de costes de inversión tecnológica con el coste total	Relación de costes de combustible con el coste total
	Inversión tecnológica	Combustible	Total coste de Generación			
HIDRÁULICA	3,0	0,0	3,0	100%	100%	0%
CARBÓN	1,8	1,8	3,6	120%	50%	50%
GAS NATURAL	0,6	3,6	4,2	140%	14%	86%
D. PETRÓLEO	1,2	3,6	4,8	160%	25%	75%
NUCLEAR (*)	4,2	0,9	5,1	170%	82%	18%
Mini HIDRÁULICA	6,0	0,0	6,0	200%	100%	0%
EÓLICA	7,2	0,0	7,2	240%	100%	0%
BIOMASA	6,0	9,0	15,0	500%	40%	60%
SOLAR TÉRMICA	18,0	0,0	18,0	600%	100%	0%
SOLAR FOTOVOLTAICA	54,1	0,0	54,1	1800%	100%	0%



(*) Incluidos el almacenamiento definitivo de los residuos y el desmantelamiento

Fuente datos: Libre verde UE 2003. Iberdrola 2005. Otras fuentes. Elaboración propia.

Lectura del Cuadro 1.

La energía hidráulica, explotada en grandes presas, es la más rentable, pues, la energía no tiene coste, y el coste de la inversión tecnológica relativa a la generación eléctrica, aunque es mayor que las derivadas de los combustibles fósiles y la de origen de fisión nuclear, se compensa con la gratuidad del combustible.

Le siguen en rentabilidad las derivadas de los combustibles fósiles (Carbón, Gas Natural y Petróleo), que si bien, al coste de la inversión tecnológica, hay que añadir el coste de la energía, el conjunto de costes se compensan, constituyendo las energías más rentables después de la hidráulica.

La energía nuclear precisa de una inversión importante, con relación al combustible, y además, debe tener en cuenta la externalización de costes, es decir, el almacenamiento definitivo de los residuos y el desmantelamiento de la central, al término de la vida de la misma.

El resto de energías, denominadas renovables porque (como la hidráulica) se renuevan en la naturaleza y su fuente energética no tiene riesgos para el medio ambiente, precisan para la transformación en trabajo, de una gran inversión tecnológica, por lo tanto, de una gran inversión energética para la construcción de la tecnología, que permita transformar la energía en trabajo.

Por ejemplo, en la energía solar fotovoltaica, la cantidad de energía que se necesita para (con la tecnología actual) fabricar 1 KW de panel solar fotovoltaico es de 5.600 KW/h; a los que hay que añadir otros 900 KW/h durante la construcción de la planta, los que arroja un resultado de 6.500 KW/h/KW de panel solar fotovoltaico.

Desde el punto de la productividad, en España, la productividad anual de la energía fotovoltaica es de 1.200 KW/h/KW, es decir, que por cada KW instalado de panel solar se consiguen generar anualmente un total de 1.200 KW/h. Lo que supone, que para que la energía solar generada en KW/h, devuelva la energía utilizada en su implementación tienen que pasar un tiempo de: $(6.500 \text{ KW/h/KW}) / (1.200 \text{ KW/h/KW}) = 5,42$ años.

*Proceso fabricación
módulos solares*



*Generación energía
eléctrica solar*



Desde el punto de vista de la rentabilidad económica, la tendencia es a utilizar la energía que permita la obtención del KW/h más barato; pero existen circunstancias que diversifican estas fuentes, por ejemplo, una región o país puede tener muchos recursos fluviales, y otros no, puede disponer de condiciones para el aprovechamiento de la energía eólica, y otros no, puede disponer de la tecnología nuclear de fisión y no disponer de otras fuentes de energía.

No obstante, hay que tener en cuenta que la generación de electricidad a gran escala no puede ser almacenada, y por la tanto la producción está en función del consumo, por el contrario, los automóviles con motor de combustión precisan de un combustible capaz de ser almacenado y distribuido. Por ello, la diversidad de las fuentes de energía y la complejidad de la adaptación del uso de energía a las diferentes tecnologías para su conversión en trabajo, así como el coste de las mismas, determina que los combustibles fósiles, la energía hidráulica y la energía de fisión nuclear, sean las que mejor se adapten al vigente sistema económico mundial. El desarrollo de otros tipos de energía, solamente pueden ser realizadas a través de subvenciones que permitan competir en el mercado. Por la tanto, las expectativas de cambio de fuentes de energía, es poco probable.

Ello se puede ver (**Cuadro 2**) en el consumo de energía mundial expresada en BTU ([2]), según tipo de fuentes de energía primaria, de los años 1990; 2002; 2003, y en las proyecciones para los años; 2010; 2015; 2020; 2025; 2030, realizadas por Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006.

[2] BTU: Unidad de energía inglesa. Abreviatura de British Thermal Unit. Se usa principalmente en los Estados Unidos. Ocasionalmente también se puede encontrar en documentación o equipos antiguos de origen británico. En la mayor parte de los ámbitos de la técnica y la física ha sido sustituida por el Julio, que es la correspondiente unidad del sistema internacional.

Una BTU equivale aproximadamente: 252,2 calorías, o 1.055 julios.

***Presas de Itaipu (Paraguay)
Para la generación masiva de energía eléctrica
Para consumo continuado***



***Almacenamiento de energía en forma de
combustible en el depósito de un vehículo
para uso diferido***

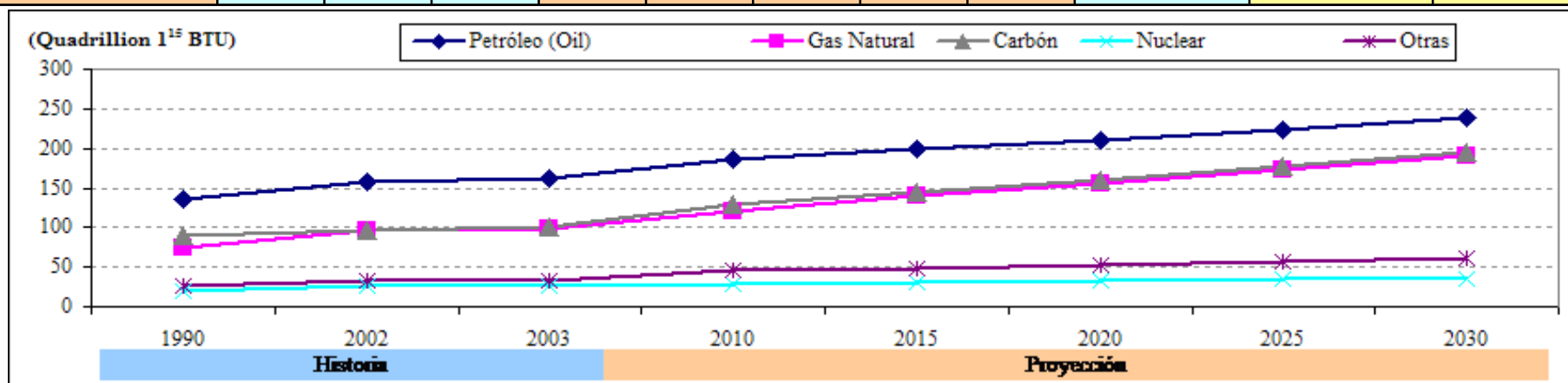


1.2 Consumo mundial de energía según fuentes de energía primaria

Fuente: Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006,

Cuadro 2
Consumo mundial de energía según fuentes de energía primaria, referencia, 1990-2030 (Quadrillion 1¹⁵ BTU)

Fuente de energía primaria	Historia			Proyecciones					% Cambio anual	Diferencia BTU	Dif. BTU tipo energía /
	1990	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030	2003-2030	2030 - 2003	Dif. Mundial (2030-2003)
Petróleo (Oil)	136,1	158,7	162,1	185,6	199,1	210,8	224,3	239,1	1,4	77,0	25,6%
Gas Natural	75,2	95,9	99,1	121,1	139,8	156,1	172,5	189,9	2,4	90,8	30,2%
Carbón	89,4	96,8	100,4	128,8	144,4	160,1	176,7	195,5	2,5	95,1	31,6%
Nuclear	20,4	26,7	26,5	28,9	31,0	32,9	34,0	34,7	1,0	8,2	2,7%
Otras	26,3	32,2	32,7	45,2	49,1	53,1	57,8	62,4	2,4	29,7	9,9%
Total Mundial	347,3	410,3	420,7	509,7	563,4	613,0	665,4	721,6	2,0	300,9	100,0%



Participación porcentual (%) en el consumo mundial de energía según fuentes de energía primaria (1990-2030)

Fuente de energía primaria	Historia			Proyecciones					Diferencia (%)	Diferencia (%)	Diferencia (%)
	1990	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030	2003 -1990	2030 -2003	2030 -1990
Petróleo (Oil)	39,2	38,7	38,5	36,4	35,3	34,4	33,7	33,1	-0,7	-5,4	-6,1
Gas Natural	21,7	23,4	23,6	23,8	24,8	25,5	25,9	26,3	1,9	2,8	4,7
Carbón	25,7	23,6	23,9	25,3	25,6	26,1	26,6	27,1	-1,9	3,2	1,4
Nuclear	5,9	6,5	6,3	5,7	5,5	5,4	5,1	4,8	0,4	-1,5	-1,1
Otras	7,6	7,8	7,8	8,9	8,7	8,7	8,7	8,6	0,2	0,9	1,1
Total Mundial	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0

NOTA: El Quadrillion 1¹⁵ en EEUU origen de la fuente, es equivalente al trillón Europeo; el trillion 1¹² es equivalente al billón europeo, y el billion 1⁹ es equivalente al millardo europeo

Lectura del Cuadro 2.

En las cifras mundiales, ofrecidas en el **Cuadro 2**, tanto en el periodo histórico (1990-2003), que corresponde a datos objetivos, como en los proyectados hasta el año 2030 se puede apreciar la preponderancia de los combustibles fósiles, sobre otro tipo de energías. En el año 2003, el 38,5% de la energía consumida en el mundo provenía del petróleo; el 23,6% del Gas Natural; el 23,9% del carbón; el 6,3% de la energía de fisión nuclear, y el 7,8% de otras fuentes de energías renovables.

En la participación global de cada fuente de energía en el conjunto del consumo, si tomamos los años 1990 - 2003, se aprecia una disminución relativa de la utilización de la fuente de energía del petróleo y el carbón, y un incremento del uso del gas natural, la energía nuclear, y las energías renovables. En el periodo proyectado para el 2030, se aprecia un cambio de tendencia, que es el reflejado entre los años 2002 y 2003; se mantiene la tendencia del descenso del uso relativo del petróleo hasta el 5,4%; desciende el uso de la energía nuclear el 1,5%, y se incrementa el uso del gas natural en un 2,8%, el del carbón en un 3,2% y las energías renovables en un 0,9%. Llama la atención, el incremento del uso del carbón, pero ello tiene que ver con la progresión del consumo de energía en los países poco desarrollados.

No obstante, para el 2030, la previsión sobre el año 2003 es de un incremento global del consumo de energía de 300,9 (Quadrillion 115 BTU), de los que 25,6% tendrían su origen en el petróleo; el 30,2% en el gas natural, el 31,6% en el carbón; el 2,7% en la energía nuclear, y un 9,9% en fuentes de energías renovables. Esto supone que la dependencia de los combustibles fósiles va a seguir siendo la más alta.

En la previsión de consumo total mundial para el 2030, se duplica el consumo de energía de 1990 = 300,7 (Quadrillion BTU) frente a los 624,5 (Quadrillion BTU) previstos para el 2030. Este crecimiento, tiene que ver con el incremento de la población de los países poco desarrollados, así como en sus perspectivas de crecimiento del consumo de energía, particularmente en China.



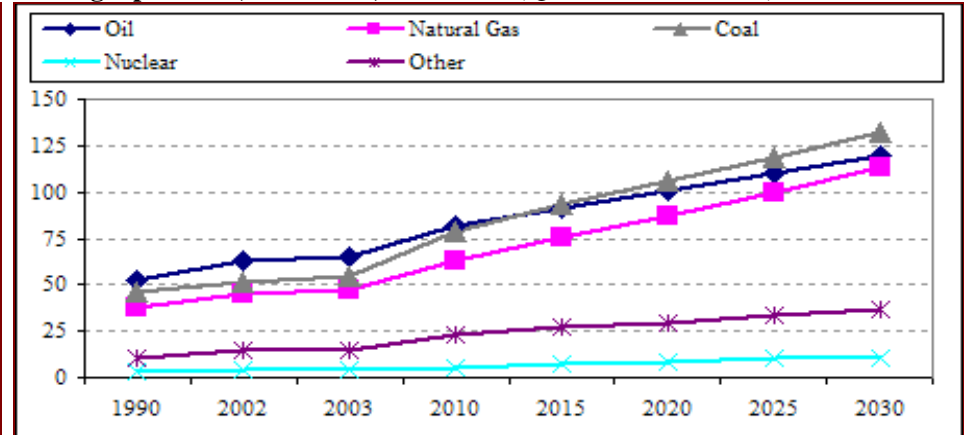
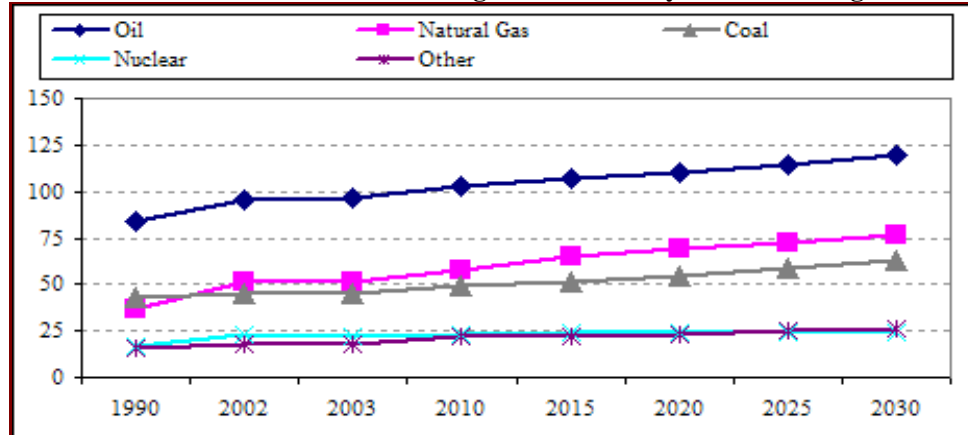
Los países emergentes que conforman el BRIC: **Brasil, Rusia, India, China** tienen el 40% de la población mundial

Cuadro 3

Consumo total de energía de la OCDE y no - OCDE según fuente de energía primaria, referencia, 1990-2030 (Quadrillion 1¹⁵ BTU)

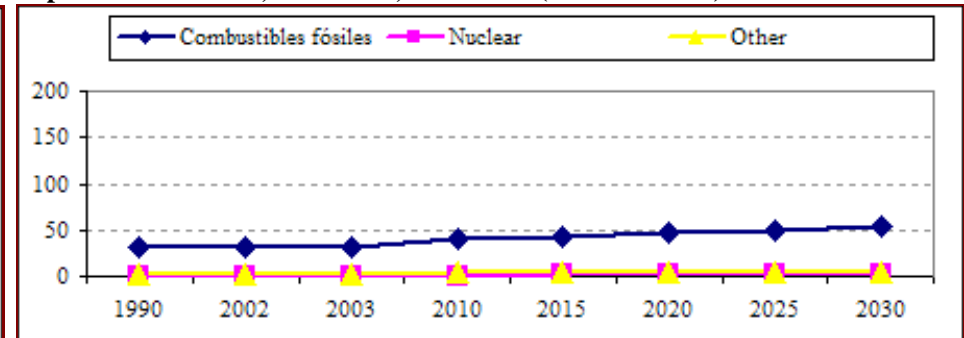
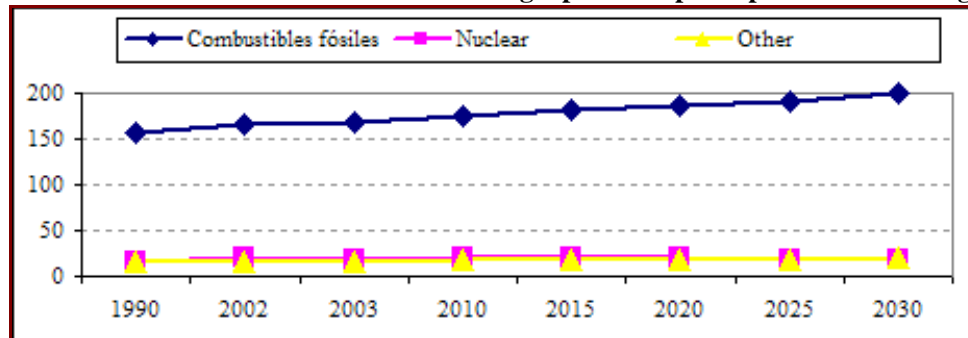
Total OCDE									Ámbito Fuente de energía primaria	Total no - OCDE								
Historia			Proyecciones					% Cambio anual 2003-2030		Historia			Proyecciones					% Cambio anual 2003-2030
1990	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030			1990	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030	
83,4	95,4	97,0	103,3	107,5	110,3	114,5	119,1	0,8	Petróleo (Oil)	52,7	63,3	65,1	82,3	91,6	100,4	109,8	120,0	2,3
37,2	51,2	51,9	58,0	64,7	69,1	72,9	76,8	1,5	Gas Natural	38,0	44,7	47,2	63,1	75,1	87,0	99,6	113,1	3,3
43,5	44,9	45,6	49,7	51,4	54,3	58,3	63,1	1,2	Carbón	45,9	51,8	54,8	79,1	92,9	105,7	118,4	132,4	3,3
17,3	22,7	22,3	23,4	24,0	24,3	24,1	24,1	0,3	Nuclear	3,1	4,0	4,2	5,5	7,0	8,7	10,0	10,6	3,5
15,9	17,6	17,4	21,7	22,3	23,5	24,7	25,7	1,5	Otras	10,3	14,6	15,2	23,6	26,8	29,6	33,1	36,7	3,3
197,4	231,9	234,3	256,1	269,9	281,6	294,5	308,8	1,0	Total	150,0	178,4	186,4	253,6	293,5	331,5	371,0	412,8	3,0

Consumo total de energía de la OCDE y no - OCDE según fuente de energía primaria, referencia, 1990-2030 (Quadrillion 1¹⁵ BTU)



Consumo total de energía / per cápita de la OCDE y no - OCDE según fuente de energía primaria, referencia, 1990-2030 (Millones BTU)

Consumo total de energía primaria per cápita del mundo según tipo de combustible, referencia, 1990-2030 (Millones BTU)



Lectura del Cuadro 3.

El Cuadro 3, muestra las diferencias entre la evolución del consumo de energía, según tipo de fuente de energía primaria, en el ámbito de la OCDE y No – OCDE.

Las principales características de la evolución del consumo de energía, según tipo de fuente de energía primaria, en el ámbito de la OCDE y No – OCDE son:

a) La diferencia porcentual en el consumo de energía según tipo de fuente de energía primaria, es siempre superior en el ámbito de la No – OCDE, siendo 1,5 puntos porcentuales superior en la energía derivada del Petróleo; 1,8 en el Gas Natural; 2,1 en el Carbón; 3,2 en la Nuclear, y 1,8 otras energías de carácter renovable, lo que supone en el consumo total un incremento superior en 2,0 puntos.

b) Este crecimiento va hacer que el consumo del ámbito de la No – OCDE supere al de la OCDE hacia el año 2015, con un repunte en el uso del carbón como fuente de energía que se situaría en el primer puesto, seguido del petróleo, Gas Natural, fuentes renovables, y por último, la de origen nuclear.

c) En el ámbito de la OCDE, la fuente de energía más importante seguirá siendo el Petróleo; el Gas Natural ocupa el segundo lugar desde principios de este siglo, situándose al carbón en tercer lugar, seguido de las fuentes de energía renovable, y también y por último, la de origen nuclear.

No obstante en lo que se refiere al consumo de energía per cápita, el ámbito de la No – OCDE se sitúa muy por debajo del ámbito de la OCDE, y especialmente en la energía proveniente del conjunto de los combustibles.

Países para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)



Alemania	Islandia
Australia	Italia
Austria	Japón
Bélgica	Luxemburgo
Canadá	México
Corea del Sur	Noruega
Dinamarca	Nueva Zelanda
Eslovaquia	Países Bajos
España	Polonia
Estados Unidos	Portugal
Finlandia	Reino Unido
Francia	República Checa
Grecia	Suecia
Hungría	Suiza
Irlanda	Turquía

CAPITULO II

El cambio del modelo energético o el colapso del desarrollo económico mundial

Como se ha podido ver, el vigente desarrollo económico mundial y el modelo energético están estrechamente vinculados. Las correcciones que pretenden introducirse, a favor de la implementación de fuentes de energía renovable (hidráulica, eólica, solar, etc.), no tienen perspectivas de desarrollo en el vigente modelo económico mundial, pues, aunque los países desarrollados tengan capacidad de destinar fondos estructurales al desarrollo de estas energías, los países poco desarrollados no los tienen, y la mejora económica deben asociarla al uso de fuentes de energía asequibles y baratas.

Por otra parte, en los países poco desarrollados, las tecnologías más asequibles para la transformación de la energía en trabajo, son (en el presente momento histórico) las centrales de generación eléctrica basadas en la combustión del carbón, el gas natural y el petróleo. De hecho, la perspectiva del incremento del carbón como fuente de energía en los países de la No – OCDE es una consecuencia de ello.

Al no existir ningún organismo mundial regulador de la gestión del uso de las fuentes energéticas, que sería tanto como decir de la gestión de un desarrollo armónico mundial, donde los países desarrollados destinarán fondos estructurales hacia los poco desarrollados, y se llegará a un acuerdo para un cambio progresivo del vigente modelo energético mundial, fundamentado en los combustibles fósiles, hacia otro tipo de energías en donde todos los países salieran beneficiados, cada país, o grupo de países, van a seguir actuando por libre, y aunque la supuesta preocupación medioambiental, ha llevado a promover cambios en el modelo energético que se manifiesta, como es en el caso de la Unión Europea, en las subvención a energías renovables, ello, en las perspectivas del desarrollo económico y energético mundial, tiene una incidencia muy pequeña.

Alemania abandonará la explotación del carbón en 2018



Mina de carbón de explotación a cielo abierto en Jalainur en la Mongolia china



Este, actuar por libre, lleva a los países que detentan el liderazgo en el desarrollo científico – técnico, a buscar soluciones energéticas en las que solamente ellos posean el control de posibles fuentes de energía como por ejemplo, el desarrollo de la tecnología para conseguir energía de la fusión nuclear, que tienen su expresión en el proyecto ITER[1], y el estudio relativo de las fuentes de energía de helio 3 que posee la Luna[2].

[1] La Unión Europea, EEUU, China, Japón, República de Corea, Rusia e India, participan en el proyecto de ITER (Reactor Internacional Termonuclear Experimental). El ITER está diseñado sobre la base de la factibilidad de controlar la magnitud de la fusión nuclear. Su principio es semejante a la emisión de luz y calor del Sol. Es decir, en condiciones de una temperatura de centenares de millones de grados Celsius, se puede aprovechar la fusión de deuterio y tritio, isótopos de hidrógeno, para liberar energía nuclear. La energía producida por la fusión de deuterio y tritio se deriva del agua marina, que no produce emisiones de efectos invernaderos ni residuos de alta radiactividad, y por lo tanto es considerada como una posible fuente para contar con una nueva fuente de energía capaz de producir energía – trabajo, a gran escala. No obstante, se desconoce cuando y si se podrá conseguir controlar técnicamente la fusión nuclear para la generación de electricidad.

[2] La esperanza de resolver los problemas científico-técnicos para la generación controlada de energía de fusión nuclear se basa en la utilización del isótopo helio 3, que es sumamente escaso en la Tierra, pero es abundante en la Luna proveniente principalmente de los vientos solares. En el caso de conseguir la fusión nuclear controlada con helio 3, sería un combustible limpio y seguro para generar energía eléctrica; 100 toneladas de “helio 3” podrían cubrir la necesidad total anual de energía eléctrica de la Tierra durante un año. El suelo de la Luna contiene esta materia prima para cubrir la demanda energética de la humanidad para más de 10.000 años.

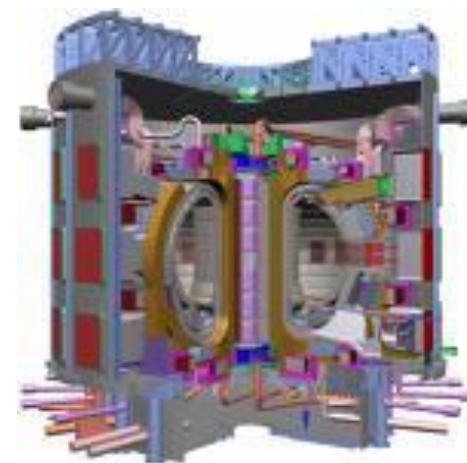
La exploración y cuantificación de las reservas de “helio 3” en la Luna forma parte de la futura estrategia energética de varios países.

Ouyang Ziyuan, miembro de la Academia de Ciencias de China y científico jefe del proyecto de exploración lunar de China, reveló que el proyecto de exploración lunar de China tiene el objetivo de realizar el alunizaje tripulado entre 2020 y 2025. Fuente: Academia de Ciencias de China. (Pueblo en Línea) 06/02/2007.

Lavochkin director general del grupo aeroespacial de Rusia NPO, en una entrevista a Rossiyskaya Gaceta anuncio que "El Programa Lunar incluye la extracción de recursos minerales y la búsqueda de nuevas fuentes de energía". Fuente: (Moscú, abril 2007, RIA Novosti).

Otros países que han mostrado su interés por la exploración lunar han sido: EEUU, Japón y Alemania.

Esquema del reactor experimental de fusión ITER



El suelo lunar acumula helio 3

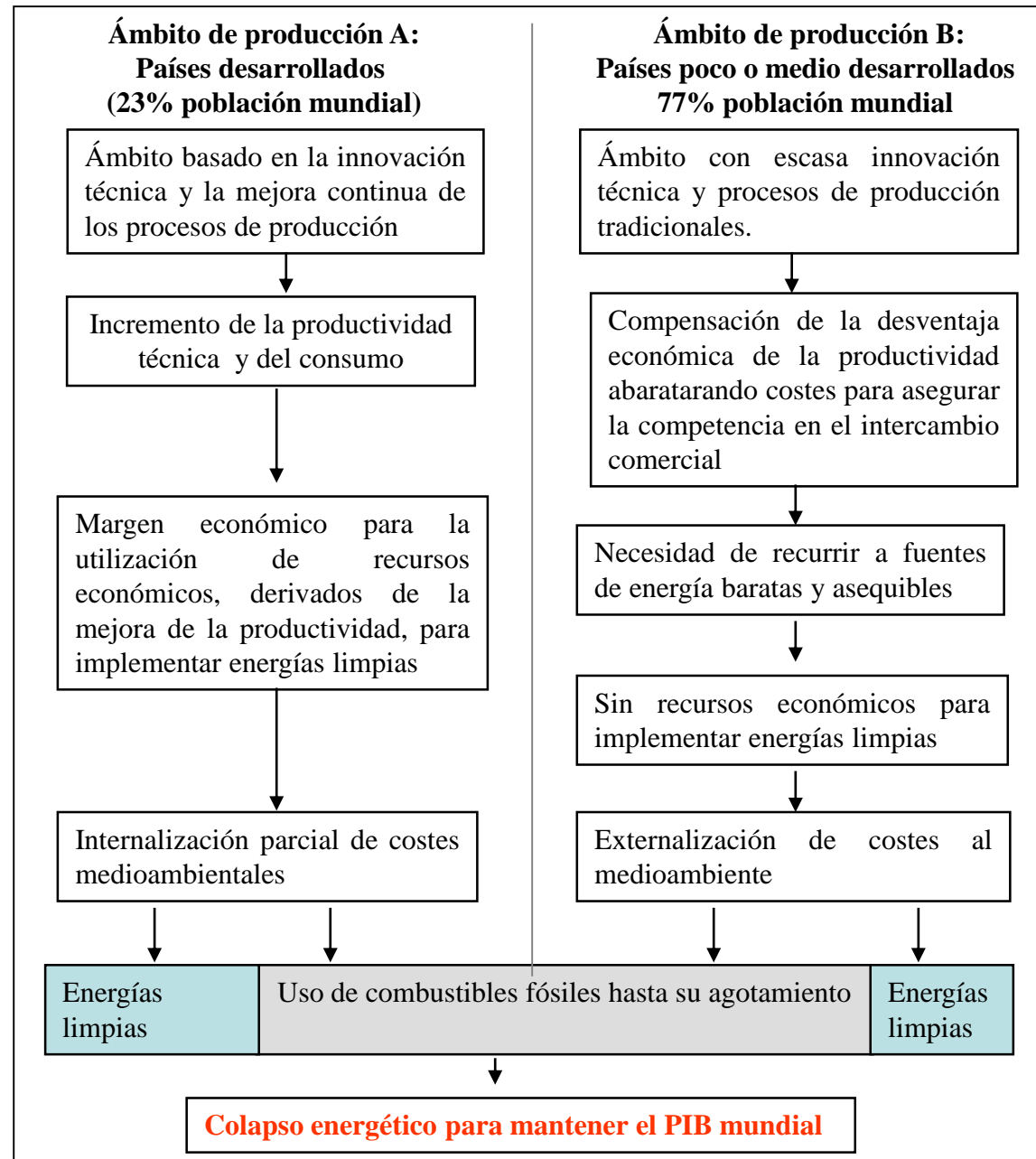


Dinámica económica y energética mundial

Pero incluso pensando en un escenario en el que se consiguiera dominar la energía de Fusión Nuclear, aunque sería una gran conquista y alivio para la humanidad, pues supondría adquirir la capacidad para la generación ilimitada de energía eléctrica para su utilización en *motores eléctricos*, y la producción de hidrógeno para su uso como combustible en motores de pila de hidrógeno, ello no iba a evitar seguir con el uso de combustibles fósiles sino cambia el modelo económico de externalización de costes, pues, los países poco desarrollados tendrían que seguir sustentándose en las fuentes energéticas que para ellos son accesibles y más baratas, es decir, básicamente en los combustibles fósiles.

Por ello, cualquier avance en la producción masiva de energía – trabajo, debiera ser mundialmente compartida, pues sino el uso de los combustibles fósiles por parte de los países pobres y emergentes hasta su agotamiento, debido a la importancia que tienen en el Sistema Energético Mundial, puede poner en riesgo el desarrollo económico mundial, así como, su externalización a la atmósfera provocar una catástrofe medioambiental.

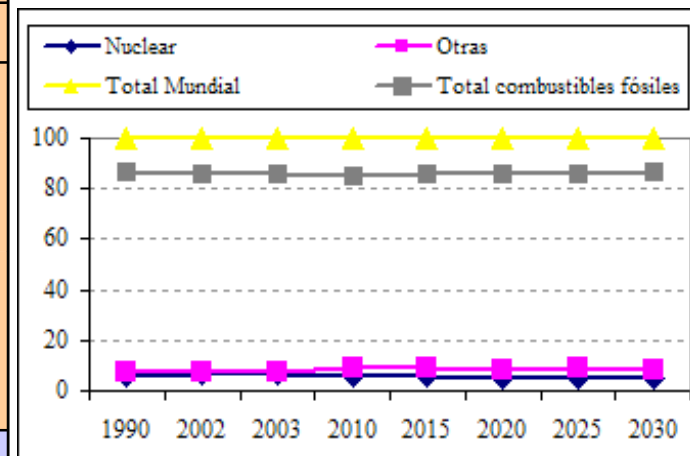
En el Cuadro 4, se puede observar la importancia porcentual (%) de cada fuente de energía primaria en el Sistema Energético Mundial y la evolución esperada hasta el 2030 de las respectivas fuentes.



Cuadro 4

Participación porcentual (%) en el consumo mundial de energía según fuentes de energía primaria (1990-2030)

Fuente de energía primaria	Historia			Proyecciones				
	1990	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030
Petróleo (Oil) (%)	39,2	38,7	38,5	36,4	35,3	34,4	33,7	33,1
Gas Natural (%)	21,7	23,4	23,6	23,8	24,8	25,5	25,9	26,3
Carbón (%)	25,7	23,6	23,9	25,3	25,6	26,1	26,6	27,1
Nuclear (%)	5,9	6,5	6,3	5,7	5,5	5,4	5,1	4,8
Otras (%)	7,6	7,8	7,8	8,9	8,7	8,7	8,7	8,6
Total Mundial (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total combustibles fósiles (%)	86,6	85,6	86,0	85,4	85,8	86,0	86,2	86,5



Lectura del Cuadro 4.

Si bien el uso del Petróleo, Gas Natural y Carbón, están experimentando cambios, en su porcentaje de participación como combustibles para la generación de energía – trabajo, debido principalmente a la sustitución del uso del carbón por el gas natural, el carbón cobra importancia global debido a la utilización en los países poco desarrollados.

El porcentaje de participación del total de los combustibles fósiles no experimenta variaciones, tanto en los datos históricos como en los proyectados hasta el 2030, situándose en torno al 86% del total de las fuentes de energía primaria.

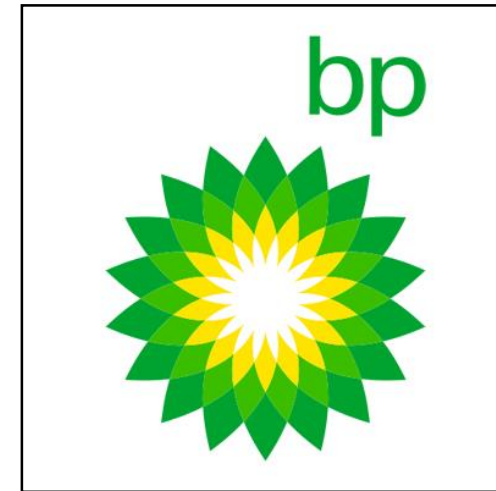
2.1 Las reservas demostradas de combustibles fósiles.

Las reservas demostradas de combustibles fósiles, son las reservas conocidas que han podido ser evaluadas, y son explotables con la actual tecnología y en términos de rentabilidad de mercado. Para conocer estos datos se han utilizado dos fuentes, la British Petroleum (BP) y la proveniente de Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006 (EEUU).

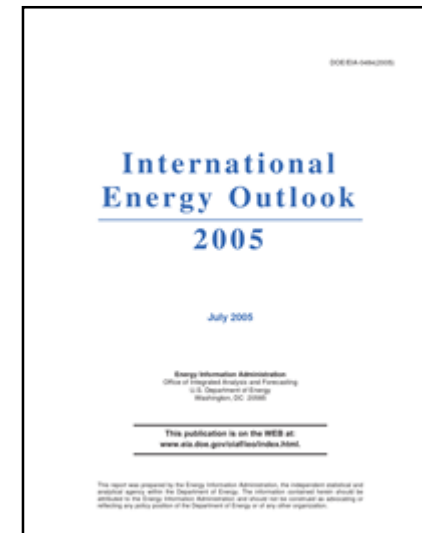
Los datos de las reservas vienen determinados en distintas unidades de medida, el barril, para el Petróleo (crudo), el metro cúbico, para el Gas Natural y la tonelada métrica, para el Carbón. Para disponer de una única unidad de medida para las tres tipos de combustibles fósiles, se han convertido a la Unidad de medida denominada: Millón de Toneladas Equivalentes de Petróleo (oil) (Mtep), según la tabla de conversión ofrecida por British Petroleum (BP), esta unidad de medida es equiparable en poder calorífico para producir energía y por lo tanto es comparable.

La fuente de datos de las reservas probadas de British Petroleum (BP), están evaluadas al final del año 2004, y en el caso de la fuente Information Administration / International Energy Outlook 2006, están evaluadas a finales del 2005. Los resultados en las unidades originales de medida, y su posterior conversión a Mtep, se pueden ver en el **Cuadro 5**.

British Petroleum (BP)



International Energy Outlook



Cuadro 5
Reservas probadas de Combustibles Fósiles

Reservas probadas de combustibles fósiles a finales del 2004. Fuente: British Petroleum (BP)				
Materia prima:	Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	
Unidad de medida:	Miles de millones de Barriles	Trillion de metros cúbicos (Billón)	Millones de toneladas	
Múltiplo de la unidad:	10 ⁹	10 ¹²	10 ⁶	
Reservas probadas a finales del 2004.	1188,6	179,53	909.064	
Unidades de medida para la conversión a toneladas equivalentes de crudo (oil):	Barriles para una tonelada equivalente de crudo (oil)	Billion de metros cúbicos (10 ⁹) para una tonelada equivalente de crudo (oil)	Toneladas de carbón para una tonelada equivalente de crudo (oil) **	
Factor de conversión a toneladas equivalentes de crudo (oil) según BP:	7,33	1,111	2,027	
Fórmula para la conversión a millones de toneladas equivalentes de crudo (oil):	(1888,6*1000)/7,33 =	(179,53*1000)/1,111 =	909064/2,027 =	TOTAL
Reservas probadas a finales del 2004 en Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (oil) (Mtep)	162.149	161.592	448.467	772.208
Reservas probadas de combustibles fósiles en el 2005. Fuente: Energy Information Administration (EIA) (EEUU)				
Materia prima:	Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	
Unidad de medida:	Miles de millones de Barriles	Trillion de metros cúbicos (Billón)	Millones de toneladas	
Múltiplo de la unidad:	10 ⁹	10 ¹²	10 ⁶	
Reservas probadas en el 2005	1277,2	176,32	997.506	
Unidades de medida para la conversión a toneladas equivalentes de crudo (oil):	Barriles para una tonelada equivalente de crudo (oil)	Billion de metros cúbicos (10 ⁹) para una tonelada equivalente de crudo (oil)	Toneladas de carbón para una tonelada equivalente de crudo (oil)	
Factor de conversión a toneladas equivalentes de crudo (oil) según BP:	7,33	1,111	2,027	
Fórmula para la conversión a millones de toneladas equivalentes de crudo (oil):	(1888,6*1000)/7,33 =	(179,53*1000)/1,111 =	909064/2,027 =	TOTAL
* Reservas probadas en el 2005 en Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (oil) (Mt ep)	174.247	158.701	492.098	825.045

Reservas probadas de combustibles fósiles, según fuentes				Resumen reservas probadas de combustibles fósiles según fuentes:		Mtep
(En Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (MTEP))						
MTEP				PETRÓLEO	(Miles de millones barriles)	PETRÓLEO
600.000				Fuente. BP	2004	1.188,6
500.000	162.149	174.247	161.592	Fuente: EIA	2005	1.277,2
400.000				GAS NATURAL	Trillion m ³ 10 ¹²	GAS NATURAL
300.000				Fuente. BP	2004	179,5
200.000				Fuente: EIA	2005	176,3
100.000				CARBÓN	Millón de toneladas	CARBÓN
0				Fuente. BP	2.004	909.064,1
	(Petróleo) Fuente. BP	(Petróleo) Fuente: EIA	(Gas Natural) Fuente. BP			
			(Gas Natural) Fuente: EIA			
			(Carbón) Fuente. BP			
			(Carbón) Fuente: EIA			
				Fuente: EIA	2.005	997.506,2
						448.467
						492.098

Lectura del Cuadro 5.

De los datos ofrecidos de reservas probadas de combustibles fósiles, según las fuentes de referencia, se puede observar, que en el caso de la fuente: Energy Information Administration (EIA) (EEUU), las reservas de petróleo y de carbón superan en un 7% y 9% respectivamente, de las ofrecidas por British Petroleum (BP), mientras que en las reservas de gas natural la fuente de (BP) supera en un 2% la de (EIA); computando en el total 825.045 Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (oil) (Mtep) en el caso de (EIA), y 772.208 en el caso de (BP), lo que ofrece una diferencia del 7% superior en el caso de los datos ofrecidos por (EIA), respecto de los ofrecidos por BP[1].

No obstante, si se tiene en cuenta el volumen de consumo mundial de combustibles fósiles, se puede considerar, las diferencias entre ambas fuentes son escasamente significativas. Ello se puede observar, en la previsible duración de estas reservas según el consumo y perspectivas de consumo de energía de estas fuentes de energía primara.

Reservas demostradas de petróleo

Miles de millones barriles			
Reservas petróleo: (EIA), según fuente: PennWell Corporation, <i>Oil & Gas Journal</i> .			
Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004
1.028,13	1.031,9	1.213,1	1.265,0
Reservas de petróleo según British Petroleum (BP)			
Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004
1.139,7	1.176,9	1.188,3	1.188,6

[1] Las reservas demostradas de combustibles fósiles son ya prácticamente conocidas en su totalidad como indica las escasas variaciones en las reservas de petróleo entre los años 2001; 2002; 2002; 2003 y 2004. La diferencia entre la fuente de EIA y BP se basan en que EIA comenzó a incluir el 1 de enero de 2003 (un tipo combustible pesado) las reservas de crudo de las arenas de Alberta en su estimación de la reservas para Canadá , cuestión que no realiza la fuente de BP.

2.2 Duración de las reservas probadas de combustibles fósiles.

Para evaluar la duración de las reservas probadas mundiales de Petróleo, Gas Natural y Carbón (**Cuadro 6**), se ha procedido de la siguiente manera:

Se ha partido de los datos de consumos en BTU, procedentes de estas tres fuentes de energía primaria, de los años 2002 y 2003, y de las proyecciones, realizadas por los años 2010; 2015; 2020; 2025, y 2030, Ofrecidos por (EIA) (ver apartado 1º del Cuadro 6).

En el apartado 2º, del mismo Cuadro 6, aplicando el porcentaje de cambio anual de consumo en BTU de EIA, se han realizado estas proyecciones desde el 2004 hasta el 2030. (Se puede apreciar como en los años coincidentes de las proyecciones de EIA, y las propias, tienen poca diferencia). Y una vez verificada esta coincidencia, se ha extendido las proyecciones para cada año hasta el año 2084.

En el apartado 3º, del mismo Cuadro 6, se ha procedido, en primer lugar, a convertir las BTU en Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (Mtep), según el factor de conversión ofrecido por BP: por el que 25 (Mtep) generan 1 Quadrillion (115) de BTU. En segundo lugar, se han ido acumulando los consumos anuales de Petróleo, Gas Natural y Carbón, desde el año 2007 hasta que el total acumulado consumido se ha situado en los valores de las reservas probadas en (Mtep) de EIA y BP.

Cuadro 6

Cálculo de la duración de los combustibles fósiles (Petróleo, Gas Natural y Carbón) según reservas probadas, y proyecciones de consumos mundiales

Origen datos		Proyección EIA (Quadrillion BTU)				Proyección propia (Quadrillion BTU)				Proyección propia consumos en Mtep					
Histórico EIA		Datos y proyecciones de EIA 2002-2030				Basado en datos EIA				Basado en datos EIA					
Proyección EIA		Petróleo	Gas Nat.	Carbón	Total	Petróleo	Gas Nat.	Carbón	Total	(1 Quadrillón BTU 1 ¹⁵) equivale a:			25	Mtep	
Cálculos propios		(Quadrillion BTU) de cambio anual				(Quadrillion BTU) de cambio anual				Petróleo (Mtep)		Gas Natural (Mtep)		Carbón (Mtep)	
Fuente /	Año	3,4	3,2	3,6	10,2	3,4	3,2	3,6	10,2	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
	2002	158,7	95,9	96,8	351,4	158,7	95,9	96,8	351,4	3.968	Inicio	2.398	Inicio	2.420	Inicio
	2003	162,1	99,1	100,4	361,6	162,1	99,1	100,4	361,6	4.053	Proyección	2.478	Proyección	2.510	Proyección
	2004					165,5	102,3	104,0	371,8	4.138	reservas	2.558	reservas	2.600	reservas
	2005					168,9	105,5	107,6	382,0	4.223	probadas	2.638	probadas	2.690	probadas
	2006					172,3	108,7	111,2	392,2	4.308	4.308	2.718	2.718	2.780	2.780
	2007					175,7	111,9	114,8	402,4	4.393	8.700	2.798	5.515	2.870	5.650
	2008					179,1	115,1	118,4	412,6	4.478	13.178	2.878	8.393	2.960	8.610
	2009					182,5	118,3	122,0	422,8	4.563	17.740	2.958	11.350	3.050	11.660
EIA	2010	185,6	121,1	128,8	435,5	185,9	121,5	125,6	433,0	4.648	22.388	3.038	14.388	3.140	14.800
	2011					189,3	124,7	129,2	443,2	4.733	27.120	3.118	17.505	3.230	18.030
	2012					192,7	127,9	132,8	453,4	4.818	31.938	3.198	20.703	3.320	21.350
	2013					196,1	131,1	136,4	463,6	4.903	36.840	3.278	23.980	3.410	24.760
	2014					199,5	134,3	140,0	473,8	4.988	41.828	3.358	27.338	3.500	28.260
EIA	2015	199,1	139,8	144,4	483,3	202,9	137,5	143,6	484,0	5.073	46.900	3.438	30.775	3.590	31.850
EIA	2020	210,8	156,1	160,1	527,0	219,9	153,5	161,6	535,0	5.498	73.538	3.838	49.163	4.040	51.150
EIA	2025	224,3	172,5	176,7	573,5	236,9	169,5	179,6	586,0	5.923	102.300	4.238	69.550	4.490	72.700
EIA	2030	239,1	189,9	195,5	624,5	253,9	185,5	197,6	637,0	6.348	133.188	4.638	91.938	4.940	96.500
Año final proyecciones EIA															
2037	Año final petróleo en el 2005 Fuente: EIA 174.247 Mtep / Fuente: BP 162.149 Mtep									180.000					
2044	Año final gas natural en el 2005 Fuente: EIA 158.701 Mtep / Fuente: BP 161.592 Mtep									165.263					
2084	Año final carbón en el 2005 Fuente: EIA 492.098 Mtep / Fuente: BP 448.467 Mtep									496.910					

[\(Enlace a datos cuadro completo\)](#)

Lectura del Cuadro 6.

La tasa de cambio anual con la que se realizan las proyecciones en unidades (Quadrillion BTU) es de: 3,4 para el Petróleo; 3,2 para el Gas Natural, y 3,6 para el carbón, lo que supone una tasa de cambio anual para las tres fuentes de energía de 12,2 (Quadrillion BTU).

Esta tasa de cambio en la proyección de EIA ofrece unos valores de consumo para el año 2030 de: 239,1 (Quadrillion BTU) para el petróleo; 189,9 para el gas Natural; 195,5 para el carbón, que suma un total de 624,5 (Quadrillion BTU) para ese año.

En el año 2030, último de la proyección de EIA, los valores de la proyección de elaboración propia son muy parecidos: 253,9 (Quadrillion BTU) para el petróleo; 185,5 para el gas Natural; 197,6 para el carbón, que suma un total de 637 (Quadrillion BTU) para ese año.

En la proyección de elaboración propia la tasa de cambio anual se aplica desde el año 2005 (por ser el que están establecidas las reservas probadas) acumulando los consumos anuales hasta llegar al año del consumo equivalente al agotamiento de las reservas probadas del año 2005 de cada fuente de energía fósil. Los resultados son los siguientes:

Los resultados son los siguientes:

El año que finalizarían las reservas probadas de Petróleo, sería el año 2037, al alcanzarse desde el 2007 un consumo acumulado de 175.693 (Mtep) cuando las reservas probadas según EIA en el año 2006 eran de 174.247 (Mtep), y de 162.149 (Mtep) en el año 2004 según BP.

El año que finalizarían las reservas probadas de Gas Natural, sería el año 2044, al alcanzarse desde el 2007 un consumo acumulado de 162.545 (Mtep) cuando las reservas probadas según EIA en el año 2006 eran de 158.701 (Mtep), y de 161.592 (Mtep) en el año 2004 según BP.

El año que finalizarían las reservas probadas de Carbón, y por lo tanto de los combustibles fósiles, sería el año 2084, al alcanzarse desde el 2007 un consumo acumulado de 494.130 (Mtep) cuando las reservas probadas según EIA en el año 2006 eran de 492.098 (Mtep), y de 448.467 (Mtep) en el año 2004 según BP.

Duración de las reservas probadas en el 2004 de combustibles fósiles

Año 2037
Finalización de las reservas probadas en el 2004 de **petróleo**

Año 2044
Finalización de las reservas probadas en el 2004 de **gas natural**

Año 2084
Finalización de las reservas probadas en el 2004 de **carbón**

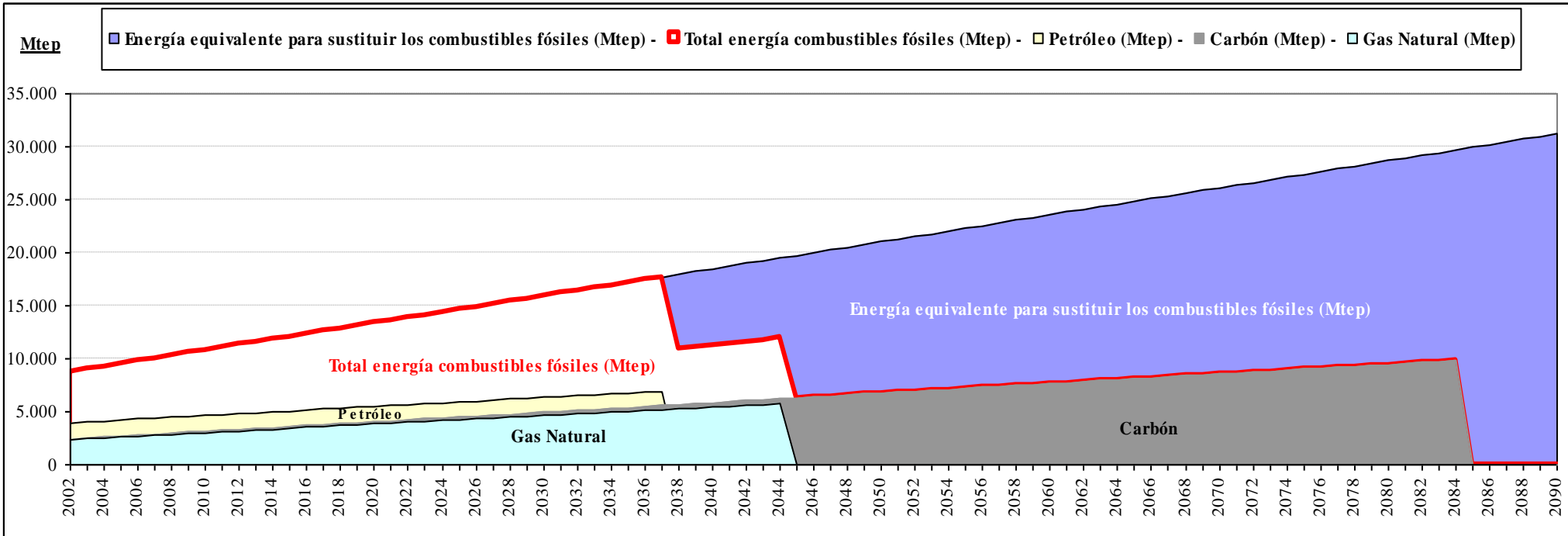
Año 2084
Finalización de las reservas probadas en el 2004 de **combustibles fósiles**

El final de los combustibles fósiles se ha estimado de manera gradual, es decir, que cuando se agote el petróleo éste no sea sustituido por las reservas de otras combustibles fósiles como el gas natural y el carbón, y que cuando se agote el gas natural éste no sea sustituido por el carbón

La posibilidad de que los periodos de agotamiento se cumplan, es más que previsible, pues a pesar de que otras energías alternativas puedan ser desarrolladas, los combustibles fósiles van a seguir siendo los más asequibles para los países poco desarrollados, quienes, como ya se vio anteriormente, van a ser los protagonistas de la demanda energética por el mayor crecimiento demográfico y - aunque nunca llegue a igualar el consumo de energía per cápita de los países desarrollados- por un incremento en el consumo de energía per cápita, por lo tanto la tasa incremento anual de consumo de energía de energía fósil se mantendrá como mínimo constante, y con toda probabilidad con un incremento de la tasa anual en la demanda de energía basada en el carbón.

Gráfico 1

Periodos de vigencia del Petróleo, Gas Natural y Carbón y energía equivalente necesaria para sustituir el agotamiento de éstos combustibles fósiles



Fuente: Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006 (EEUU). Elaboración propia

Resumen datos Gráfico 1:

Energía anual equivalente necesaria para sustituir el agotamiento de los combustibles fósiles (Mtep)

Energía en Mtep	Final petróleo		Final gas n					Final carbón	
	Año 2037	Año 2040	Año 2044	Año 2050	Año 2060	Año 2070	Año 2080	Año 2084	Año 2090
Petróleo	6.943								
Gas natural	5.198	5.438	5.758						
Carbón	5.570	5.840	6.200	6.740	7.640	8.540	9.440	9.800	
Total fósiles	17.710	11.278	11.958	6.740	7.640	8.540	9.440	9.800	
Tota energía necesaria equivalente a la demanda de consumo de los combustibles fósiles	17.710	18.475	19.495	21.025	23.575	26.125	28.675	29.695	31.225
Tota energía de sustitución necesaria equivalente a la demanda de consumo de los combustibles fósiles	0	7.198	7.538	14.285	15.935	17.585	19.235	19.895	31.225

Lectura del Gráfico 1 y del resumen de datos

La desaparición progresiva de los combustibles fósiles (Gráfico 1), necesariamente deberá ser sustituida por otras fuentes de energía, en los periodos y cantidades que marca su agotamiento pues sino se implementan alternativas energéticas y tecnológicas para la transformación de la energía en trabajo productivo, el crecimiento económico quedará colapsado.

NOTA: Tanto las reservas probadas de combustibles fósiles como la proyección hasta su agotamiento están en función de dos variables: El descubrimiento de nuevas reservas explotables, y el consumo mundial.

Las reservas probadas en el año 2004-2005 constituyen la casi totalidad de las estimadas existentes, si bien, la aparición de nuevas reservas prolongarían su agotamiento.

El consumo mundial de las reservas probadas depende a su vez de dos variables, el crecimiento de la actividad económica y la incorporación al sistema energético mundial de nuevas fuentes de energía renovable, esta segunda variable puede hacer perdurar también más años la duración de las reservas de combustibles fósiles; no obstante, en el actual paradigma tecnológico mundial no existe una alternativa que pueda sustituir al motor de combustión interna para la transformación de la energía en trabajo productivo con el que funcionan los grandes transportes terrestres, marítimos y aéreos; la maquinaria pesada móvil para la construcción de infraestructuras, y la destinada al sector agrario; por lo que la dependencia de los combustibles fósiles es poco probable que baje del 70% del consumo de energía mundial.

2.3 Consideraciones sobre la duración de las reservas probadas de combustibles fósiles

(Apartado elaborado con posterioridad al presente estudio en base a los nuevos datos aportados por British Petroleum BP en la [Revisión estadística de la energía Mundial de junio del año 2015](#))

La incorporación de este apartado se realiza por la constatación en la revisión estadística de la energía mundial realizada por BP en 2015, que las reservas probadas de combustibles fósiles principalmente de Petróleo y Gas Natural han aumentado considerablemente, lo que requiere de nuevas consideraciones respecto a la duración final de las reservas probadas, que se pueden ver en el anexo al presente estudio.

Anexo

[Duración de los combustibles fósiles según datos del 2014](#)

Resumen duración de las reservas de Carbón, Petróleo y Gas Natural, según datos de reservas probadas y producción mundial del año 2014

Según datos del año 2014		Reservas mundiales	Producción año	Años duración reservas
Carbón	Millones toneladas	891.531,0	8.164,9	109,2
Petróleo	Millones barriles	1.700.057,7	32.365,5	52,5
Gas Natural	Km3	187.073,8	3.460,6	54,1

CAPITULO III

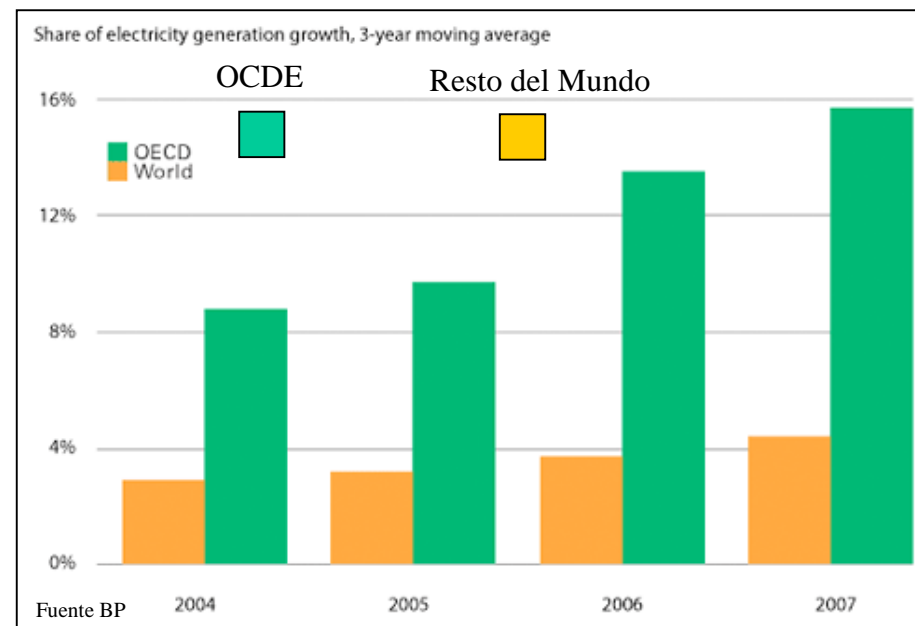
La externalización medioambiental del consumo de combustibles fósiles

A pesar de los intentos de la mayoría de los gobiernos del mundo por intentar atajar el crecimiento de la utilización de los combustibles fósiles, estos, están condenados de antemano al fracaso. Si bien las energías renovables van a experimentar un crecimiento gracias a las subvenciones de los países desarrollados, difícilmente van a evitar mientras existan los combustibles fósiles, que éstos sigan acaparando más de un 80% de la cuota del mercado, por lo menos hasta el agotamiento de las reservas de petróleo.

El desarrollo de las energías renovables rentables en el mercado del vigente sistema económico mundial son muy limitadas; en el caso de la energía hidroeléctrica por las limitaciones para su desarrollo en el conjunto mundial, pues si bien, hay países que dispones de abundantes recursos hídricos y condiciones para el desarrollo de saltos de agua, otros países no los tienen y en su conjunto aunque es la fuente de energía renovable competitiva más importante no alcanza el 5% de las necesidades mundiales de energía.

El desarrollo de las energías no competitivas en el mercado como la fotovoltaica y eólica, que precisan por lo tanto, de ayudas económicas adicionales de los gobiernos para su implementación, solamente están al alcance de los países desarrollados, pues los países poco desarrollados no tienen recursos para desviarlos en la promoción de este tipo de energías y recurren obviamente a las energías más asequibles, como son las derivadas de los combustibles fósiles.

Energías renovables en el mundo.



El gráfico muestra como mientras en los países de la OCDE la implementación de las energías renovables crecen del año 2004 al 2007 en más de un 40%, en el resto del mundo lo hacen escasamente,

Descartadas, por lo tanto, la sustitución de los combustibles fósiles, a pesar de las buenas intenciones de políticos y grupos sociales, de los tratados internacionales y de las recomendaciones de la ONU por ampliar la presencia de las energías renovables fotovoltaica y eólica, el impacto de estas fuentes de energía en el porvenir del crecimiento económico es muy pequeño, y no pueden ser pensadas como sustitución. Como ya se vio en el Cuadro 4, actualmente no alcanzan el 10% y las perspectivas de su desarrollo hasta el año el 2030 tampoco.

En el caso de los biocombustibles el porcentaje máximo de ahorro mundial de petróleo, por sustitución de biocombustibles utilizando todas las superficies cultivables del planeta difícilmente puede alcanzar el 10%.

Hay que pensar, que ni siquiera este supuesto teórico es alcanzable, pues en la práctica, es muy difícil armonizar la dedicación de una extensión tan masiva de superficie terrestre a la producción de biocombustibles. Solamente es entendible que el uso de los biocombustibles prosperara, si un país o grupo de países desarrollados pretendieran utilizar la superficie de otros países poco desarrollado para su beneficio exclusivo. Pero esta política de cultivos masivos destinados a la producción de biocombustibles, para el consumo de los países desarrollados, no evitaría que el crecimiento económico de los países poco desarrollados se hiciera a expensas de los combustibles de origen fósil.

Además tendría dos impactos negativos, por una parte, perjudicaría la diversificación de cultivos y el uso de tierras para el cultivo para el consumo interno de los países poco desarrollados, y por otra parte, supondría un fuerte impacto para el desarrollo de la diversidad vegetal, pudiendo incluso atentar progresivamente contra las superficies de bosque, en su afán por disponer de más tierras de cultivo para la producción de biocombustibles.



Maximización de la producción de biodiesel utilizando toda la superficie terrestre posible para el cultivo (barriles de crudo)	4.206.645.510
Consumo de barriles de crudo previstos en el 2030 según proyecciones de fuentes de EIA	41.224.137.931

Los cálculos se pueden ver en el [ANEXO](#) Biocombustibles

El porcentaje máximo de ahorro mundial de petróleo de origen fósil para el 2030, por sustitución de biocombustibles, aplicando el supuesto teórico de la maximización de producción de los biocombustibles, sería de:

$$(4.206.645.510 / 41.224.137.931 \times 100) = 10 \%$$

Es indudable que en el escaso tiempo que quedan de reservas de Petróleo y Gas Natural, los países desarrollados o con fuerte crecimiento como China están abocados a una acción preventiva de implementación de fuentes de energía alternativas a los combustibles fósiles, para que en el momento de producirse el agotamiento, primero del Petróleo y posteriormente de Gas Natural, existan suficientes recursos energéticos que permitan continuar el crecimiento económico.

Y en este aspecto se puede afirmar casi con rotundidad, que con la tecnología actual de generación de energía – trabajo, solamente la energía de fisión nuclear se puede presentar como alternativa competitiva en la sustitución de los combustibles fósiles, pero para ello se precisaría de una implementación masiva de centrales nucleares, a la espera del desarrollo de otras energías limpias provenientes, tal vez, de la fusión nuclear, y de la explotación de los recursos energéticos de Helio 3 de la Luna.

Pero en tanto llegan estas hipotéticas alternativas el desarrollo de la energía de fisión nuclear llevaría a la humanidad a contraer una hipoteca milenaria en la conservación de cantidades ingentes de residuos radiactivos provenientes de la generación de esta fuente de energía.

Centrales nucleares en el mundo (Cada punto representa una central)



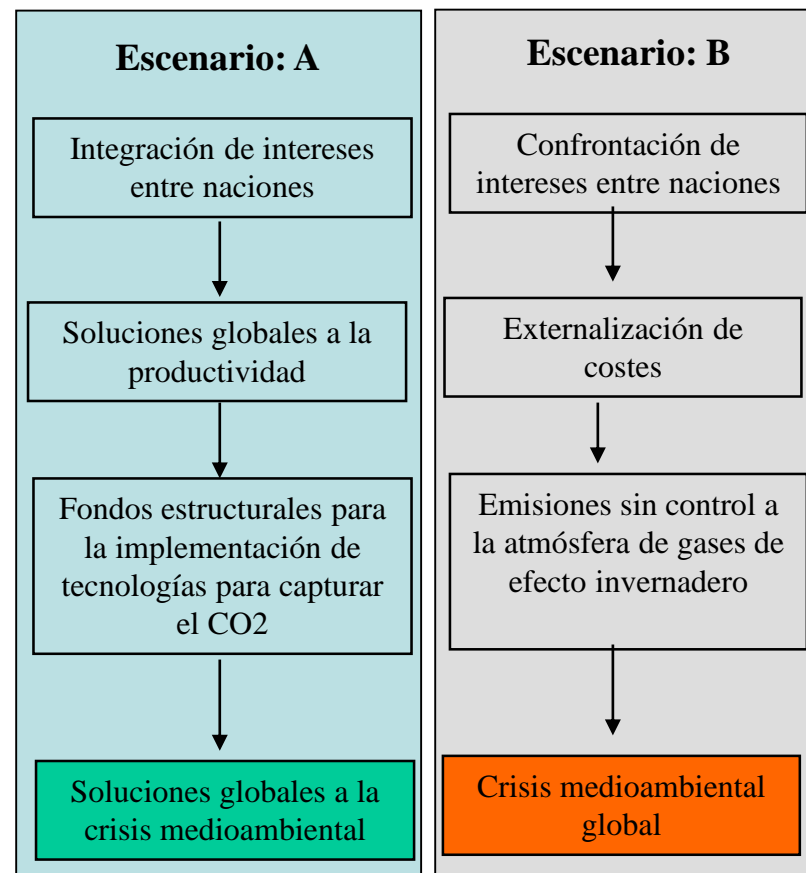
Pero, incluso en el caso de adoptar la energía de fisión nuclear como alternativa, no va a cambiar el hecho de que los países pobres, continúen utilizando combustibles fósiles porque el acceso a la implementación de la energía de fisión nuclear esta vetada a la mayoría de los países poco desarrollados, por las potencias que controlan el Consejo de Seguridad de la ONU, y porque su crecimiento económico tiende a sustentarse en la energías fósiles más baratas como el carbón, seguidas del petróleo y gas natural. Inevitablemente, pues, los países poco desarrollados, que son los que en las próximas décadas van a aportar la mayor parte del crecimiento económico mundial y, por lo tanto la mayor demanda energética, están abocados al consumo masivo de combustibles fósiles.

Se está produciendo la paradoja, de que los países ricos que han sustentado su desarrollo económico en los combustibles fósiles, externalizando sus costes con la contaminación de la atmósfera durante 200 años, propongan a los países en desarrollo soluciones de implementación de energías renovables inviables económicamente para los mismos. Por ello las alternativas viables debieran venir de la integración política y económica mundial orientada a armonizar el desarrollo económico de toda la humanidad y del desarrollo equilibrado de las fuentes de energía alternativas a los combustibles fósiles.

Pero el vigente orden político y económico mundial esta muy lejos de aproximarse a una visión de ese calibre, y las potencias fuertemente desarrolladas siguen enrocadas en su propio superdesarrollo sustentado en la filosofía económica nacionalista de los siglos XVIII y XIX, de la “*Riqueza de las Naciones*”, cuando el desarrollo económico mundial que precisa la humanidad para la satisfacción de sus necesidades básicas dentro de una armonía medioambiental, no es ya posible con planteamientos decimonónicos, sino que debe estar sustentado en un nuevo orden mundial que supere el marco de las soberanías políticas nacionales y se oriente a una única soberanía política, la de toda humanidad, en otro caso, el desastre medioambiental y los desequilibrios económicos entre países desarrollados y poco desarrollados se perpetuarán.

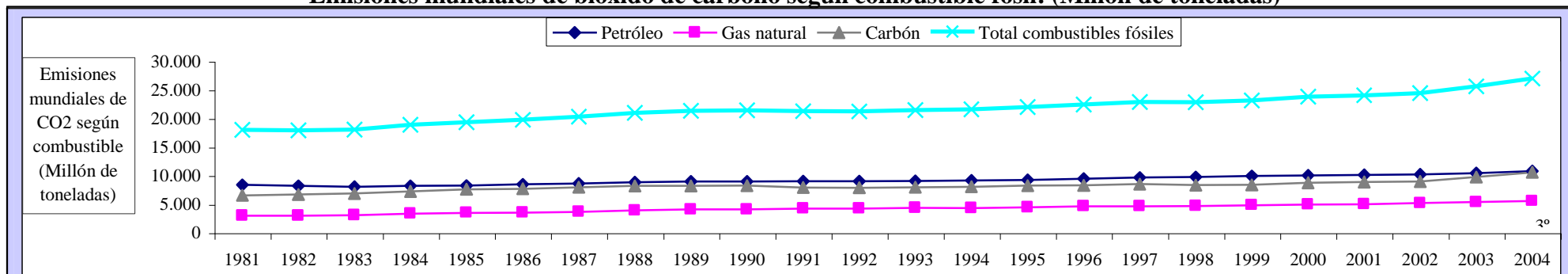
Este, análisis pretende ser realista, el mudo necesita cambiar, pero no existen las fuerza subjetivas ideológicas y políticas capaces de hacerlo, por ello la continuidad de las políticas energéticas determinadas por el modelo político económico mundial, es previsible que se aparten muy poco de las que se vienen desarrollando hasta la actualidad.

Hipótesis de dinámicas económicas mundiales y efectos en las políticas medioambientales



Cuadro 7

Emisiones mundiales de bióxido de carbono según combustible fósil: (Millón de toneladas)



Año / Combustible	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Petróleo	8.433	8.221	8.084	8.242	8.268	8.497	8.631	8.858	8.995	9.016	9.053	9.072	9.118	9.190	9.299	9.494	9.707	9.765	9.950	10.065	10.166	10.229	10.470	10.850	
Gas natural	3.035	3.036	3.116	3.397	3.513	3.545	3.725	3.919	4.102	4.134	4.274	4.259	4.373	4.363	4.479	4.683	4.668	4.717	4.831	4.989	5.038	5.217	5.415	5.602	
Carbón	6.583	6.706	6.898	7.292	7.631	7.744	7.989	8.246	8.240	8.276	7.975	7.916	8.010	8.098	8.256	8.337	8.535	8.367	8.413	8.798	8.917	9.003	9.779	10.592	
Combustibles fósiles	18.051	17.962	18.098	18.930	19.413	19.786	20.345	21.023	21.337	21.426	21.302	21.247	21.501	21.651	22.034	22.514	22.909	22.849	23.193	23.851	24.121	24.448	25.664	27.044	
Año 1981 = 100%	100	100	100	105	108	110	113	116	118	119	118	118	119	120	122	125	127	127	128	132	134	135	142	150	
Año 1990 = 100%										100	99	99	100	101	103	105	107	107	108	111	113	114	120	126	

NOTAS: 1ª 2ª 3ª

No será hasta comienzos de la década de los años noventa cuando gran parte de la comunidad internacional comenzará a tomar conciencia del problema, sucediéndose a partir de entonces, diversos encuentros internacionales, que comenzó a tener fuerza en la Conferencia de Río de Janeiro (año 1992), y ha tenido su máxima expresión en el Protocolo de Kyoto que entró en vigor en el 2005.

En el gráfico, se muestra la evolución de las emisiones de CO₂ entre los años 1992 al 2004, donde paradójicamente la tendencia ascendente de emisiones de CO₂ comienza a incrementarse coincidiendo las intenciones manifestadas para su contención en la Cumbre de Río Janeiro.

Nota 1ª: 4 junio 1992. Cumbre de Río de Janeiro. 180 países se comprometieron bajo el Tratado sobre Cambio Climático, a tomar medidas para mitigar los efectos del cambio climático debido a las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero.

Nota 2ª: 11 diciembre 1997. Se firma el Protocolo de Kyoto. Se logró un acuerdo para conseguir durante el período 2008-2012 la reducción en un 5,2%, con respecto a 1990, de las emisiones de los seis gases, entre ellos el dióxido de carbono, el metano y el anhídrido carbónico, que más potencian el efecto invernadero. III Conferencia de las Partes del Convenio Marco sobre Cambio Climático, que agrupó a representantes de 125 países.

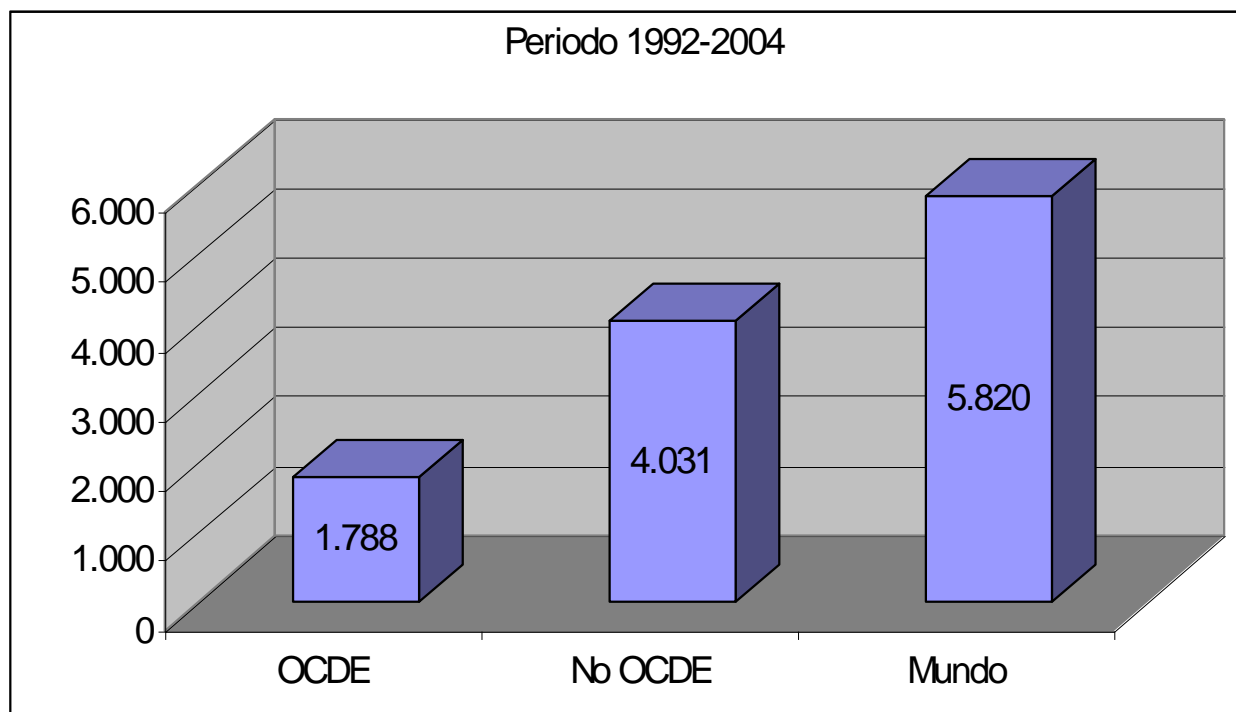
Nota 3ª: 16 febrero 2005. El Protocolo entró en vigor el 16 de febrero de 2005

La relación entre consumo de energía y el crecimiento económico derivado de la mejora continua de la productividad en la conversión de la energía en trabajo, junto a el hecho de que esta energía provenga en más de un 80% de combustibles fósiles, y su conversión en trabajo se halla desarrollado a través de su externalización medioambiental, ha tenido como consecuencia, sobre todo en los últimas décadas, que se produzca una liberación masiva de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂.

Y más si se tiene en cuenta que se ha pasado a una fase en la que los países menos desarrollados son los que más están contribuyendo a elevar el volumen de emisiones de CO₂. En el año 2004 el volumen de emisiones de los países de la OCDE era de 13.166 millones de toneladas, y en los países de la no – OCDE de 13.877, pero entre los años 1992 y 1994 los países de la OCDE habían incrementado sus emisiones en 1.788 toneladas y los de la no- OCDE lo hicieron en 4.031, aunque en emisiones de CO₂ per cápita los países desarrollados sean los más contaminantes (Gráfico 3.A).

Gráfico 3.A

Incremento de las emisiones de CO₂ (de los países de la OCDE y No-OCDE) (Millones de toneladas)



En ese aspecto, a modo de comparación interesa destacar la diferencia en emisiones de CO₂ per cápita entre los dos países más contaminantes del mundo: Estados Unidos y China, y globalmente entre el ámbito de la OCDE y No-OCDE (Gráfico 3.B).

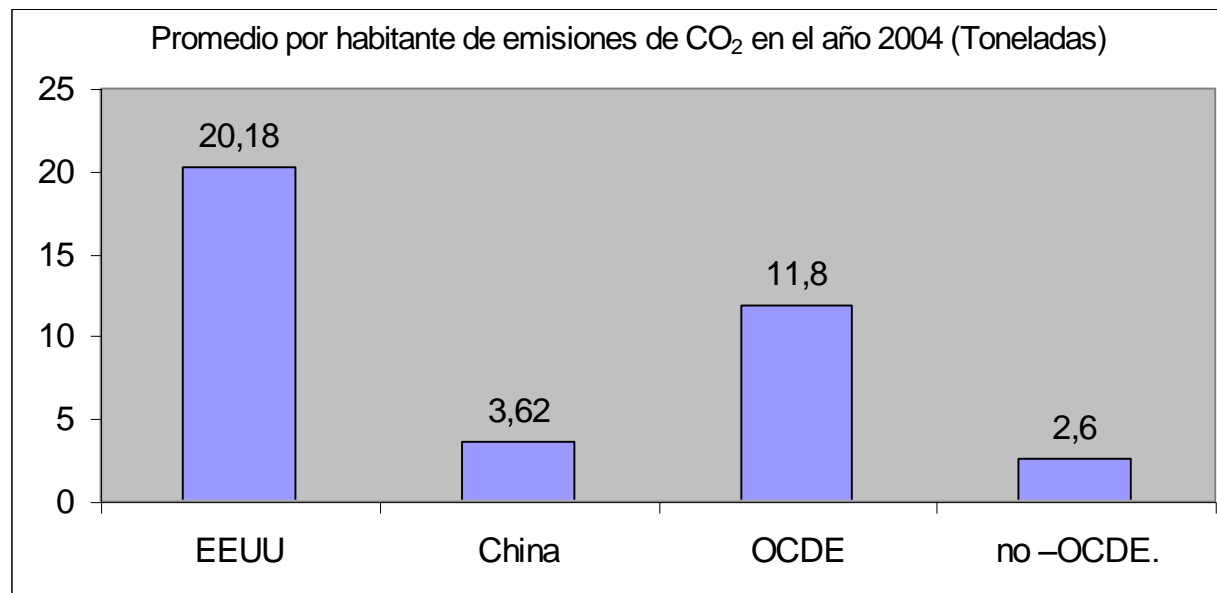
Mientras la media por habitante de emisiones de CO₂ en el año 2004 en Estados Unidos era de 20,18 toneladas; en China era de 3,62 toneladas.

Si se considera los ámbitos OCDE y no-OCDE, el ámbito de la OCDE agrupa al 17,5% de la población mundial, y el de la no-OCDE al 82,5%, ello ofrece unas emisiones de CO₂ per cápita muy diferentes, 11,8 toneladas de media por habitante en el ámbito de la OCDE, y 2,6 toneladas en el de la no-OCDE.

Estos datos, ponen de manifiesto, que las posturas sobre la limitación de emisiones de gases de efecto invernadero, no pueden ser consideradas por igual por los habitantes del planeta según el país donde vivan. Los países poco desarrollados precisan del crecimiento económico para salir de la pobreza y por lo tanto de generación de energía - trabajo barata, ligado al consumo de combustibles fósiles. Mientras que los países desarrollados precisan también del crecimiento económico para mantener la sociedad de consumo.

La relación entre ambos ámbitos es desigual, los países ricos quisieran mantener el sistema político y económico vigente en el que miles de millones de pobres debieran aceptar su actual estatus, pero los países pobres no van a renunciar al crecimiento económico y para ello necesitan transformada energía en trabajo y ello, en mundo globalizado donde la externalización de costes forma parte de la ventaja comercial va a ser a costa de incrementar las emisiones de CO₂.

Gráfico 3.B



En la evolución de las emisiones de CO₂, cabe hacer mención especial al significativo descenso de las emisiones de CO₂ de Rusia durante la década de los noventa del siglo XX debido al desmantelamiento de la industria pesada de la antigua URSS.

Emisiones de Rusia de bióxido de carbono (Millón de toneladas) Fuente: EIA

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Millón de toneladas)	2.010	1.864	1.689	1.591	1.570	1.457	1.463	1.536	1.556	1.546	1.547	1.602	1.685
Variación (%) 1992 =100%	100,0%	92,8%	84,1%	79,1%	78,1%	72,5%	72,8%	76,4%	77,4%	76,9%	77,0%	79,7%	83,8%

Una vez que Rusia (17,4% emisiones) se sumó a las ratificaciones del Protocolo de Kioto, se alcanzaron los objetivos exigidos para su entrada en vigor. Tal y como el Protocolo preveía: era necesario que fuera ratificado como mínimo por 55 Estados Partes de la Convención y que además, sumasen el 55% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono de 1990 (art. 25). Ello le llevaría a su ratificación el 16 de febrero de 2005 [1].

[1] La ratificación del Protocolo de Kioto le exigía a Rusia situarse en el 2012 en el 100% de emisiones de 1990 lo que no le suponía ningún esfuerzo y podía además beneficiarse de los dispuesto en el Artículo 6º del Tratado: << Toda Parte incluida en el anexo I podrá transferir a cualquiera otra de esas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones>>.

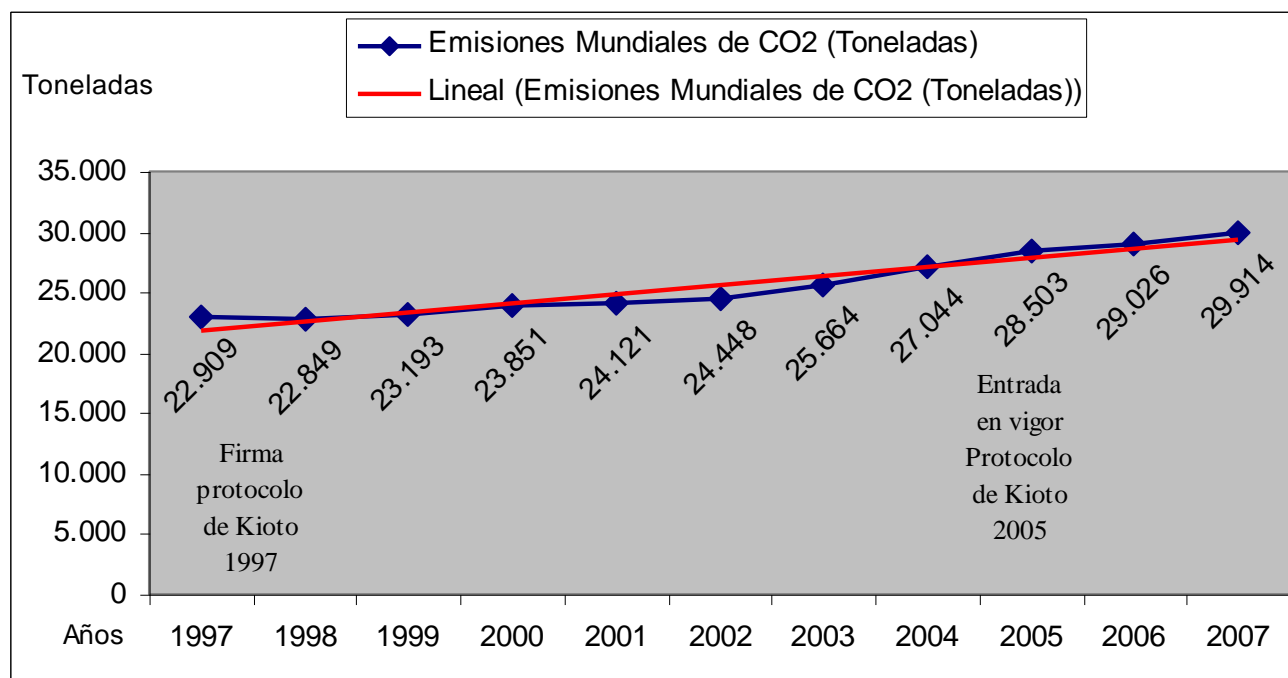
No obstante, a pesar del descenso de las emisiones de CO₂ de Rusia durante la década de los noventa del siglo XX, y de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto en el año 2005, en la evolución de las misiones globales de CO₂, se puede apreciar, como desde el año 1997 (año de la firma del Protocolo de Kioto) hasta el año 2007, la línea de tendencia de incremento de emisiones de CO₂ a la atmósfera es constante (Gráfico 4).

Años	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Emisiones Mundiales de CO ₂ (Toneladas)	22.909	22.849	23.193	23.851	24.121	24.448	25.664	27.044	28.503	29.026	29.914	
Diferencia anual de emisiones de CO ₂ (Toneladas)		-60	344	658	270	327	1.216	1.380	1.459	523	888	
Porcentaje de emisiones mundiales de CO ₂ (%)	100%	100%	101%	104%	105%	107%	112%	118%	124%	127%	131%	
Notas:	1º Firma protocolo de Kioto								2º Entrada en vigor Protocolo de Kioto			

Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006 (EEUU). Elaboración propia

NOTA: Los datos de los años 2005, 2006 y 2007 se agregaron con posterioridad a la finalización del presente estudio en el año 2006.

En el **Gráfico 5** se puede ver la línea de tendencia del incremento de las emisiones de CO₂ desde 1997 al 2007.



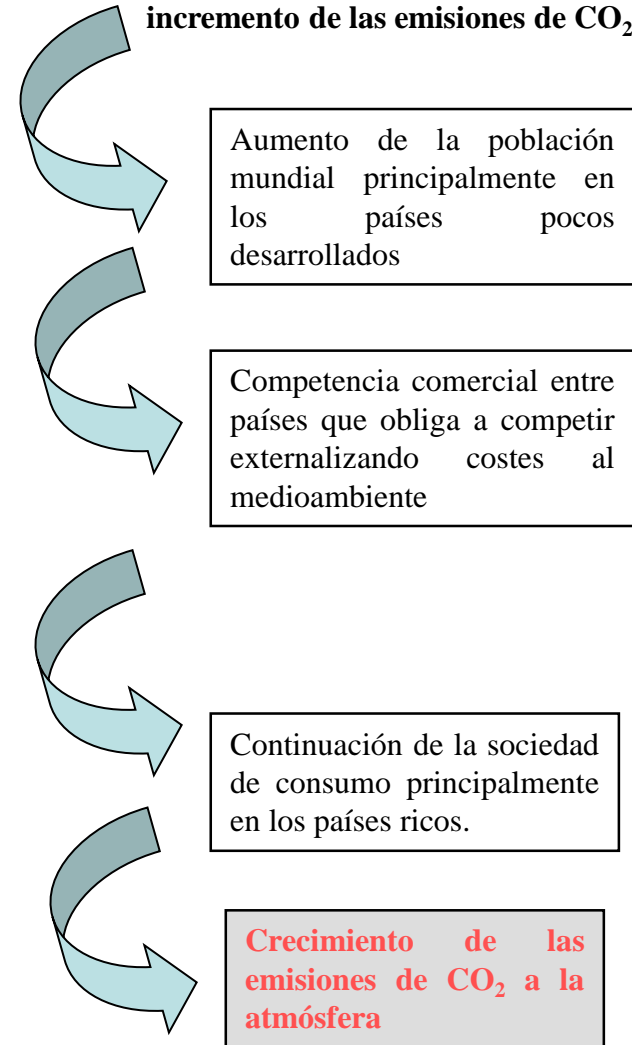
Dinámica socioeconómica mundial sin control político que favorece el incremento de las emisiones de CO₂

De los datos expuestos hasta ahora se puede deducir:

1º Las perspectivas de incremento del consumo de combustibles fósiles, es una evidencia imparable, por el menor coste que supone para los países en desarrollo, y el modelo de sociedad de consumo en los países desarrollados.

2º En el vigente sistema económico mundial, debido a la necesidad de tener que recurrir a la externalización medioambiental de costes para asegurar la ventaja comercial, las emisiones de CO₂, a pesar de tratados y buenas intenciones, seguirán emitiéndose a la atmósfera.

3º Por ello, de la misma manera que se pueden considerar válidas las proyecciones del consumo de Petróleo, Gas Natural y Carbón, sino cambia el vigente sistema económico mundial, también son válidas las proyecciones sobre la emisión de CO₂ a la atmósfera.



3.1 Proyecciones para un probable escenario de emisiones de CO₂ a la atmósfera hasta el final de los combustibles fósiles

Si nos atenemos, al devenir del vigente sistema económico y político mundial, la relación entre consumo de energía proveniente de los combustibles fósiles y la externalización de las emisiones de CO₂ va a continuar. Por ello, cabe pensar que las proyecciones de emisiones a la atmósfera de CO₂ se pueden calcular, aplicando a las proyecciones de consumo de cada tipo de combustible (expresadas en la unidad de peso: Toneladas métricas equivalentes de petróleo (Mtep) por el factor de conversión correspondiente[1], obteniendo el resultado de este cálculo en unidades de peso (Toneladas métricas de CO₂)

En el **Cuadro 8**, se presenta una relación de conversión del consumo de Petróleo (Crudo), Gas Natural y Carbón, emitido la atmósfera y transformado en CO₂. Se ofrecen dos tipos de fuentes para establecer la relación entre, consumo según tipo de combustible fósil, y emisión de CO₂.

1º Por una parte, se utiliza el histórico de consumos según fuente de BP de todos los años desde 1990 al 2001 en Mtep, y estos datos se ponen en relación con los datos de emisiones de CO₂ en Mt, según la fuente de EIA.

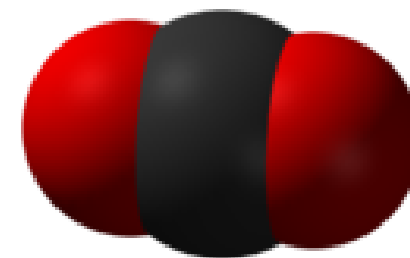
2º Por otra parte, se utilizan exclusivamente datos de EIA, tanto en consumo según tipo de combustible fósil como de emisiones de CO₂, en un histórico de los años 2002 y 2003, y las proyecciones realizadas por esta fuente para los años 2010; 2015; 2020, y 2030.

[1] El carbono (C) que se emite a la atmósfera reacciona con dos átomos de oxígeno (O₂) y se convierte en dióxido de carbono (CO₂), Considerando que la masa de una molécula de CO₂ es mayor que la masa de un átomo de Carbono, la proporción es $(16+16+12/12) = 3,67$

Por ello, las toneladas de CO₂ emitidas son más que las toneladas de Carbono, dependiendo de las diferentes sustancias que contienen Carbono y son emitidas a la atmósfera, pudiéndose estimar los factores históricos medios de conversión, en función del registro del consumo y emisiones de cada combustible fósil.

Oxido de carbono

El **óxido de carbono (IV)**, también denominado **dióxido de carbono**, **gas carbónico** y **anhídrido carbónico**, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.



Cuadro 8

Factores de conversión según, consumos mundiales de energía por tipo de combustible fósil equivalente en (Mtep), y emisiones de CO₂ en (Mt)

Cálculo 1°

Cálculo 2

Cálculo 1°													Cálculo 2									
Año	Histórico												Año	Histórico		Proyección						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001		2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030		
Consumos equivalente en (Mtep) Fuente BP													P	Consumos equivalente en (Mtep) Fuente EIA								P
Petróleo	3.139	3.132	3.169	3.142	3.204	3.251	3.329	3.406	3.426	3.494	3.539	3.552	R	Petróleo	3.968	4.053	4.640	4.978	5.270	5.608	5.978	R
Gas natural	1.795	1.828	1.838	1.870	1.877	1.938	2.034	2.025	2.060	2.107	2.195	2.219	O	Gas natural	2.398	2.478	3.028	3.495	3.903	4.313	4.748	O
Carbón	2.237	2.195	2.175	2.173	2.186	2.259	2.306	2.319	2.239	2.109	2.148	2.217	M	Carbón	2.420	2.510	3.220	3.610	4.003	4.418	4.888	M
Emisiones de CO ₂ en (Mt) Fuente EIA													E	Emisiones de CO ₂ en (Mt) Fuente EIA								E
Petróleo	9.016	9.053	9.072	9.118	9.190	9.299	9.494	9.707	9.765	9.950	10.065	10.166	D	Petróleo	10.291	10.513	12.029	12.907	13.675	14.566	15.541	D
Gas natural	4.134	4.274	4.259	4.373	4.363	4.479	4.683	4.668	4.717	4.831	4.989	5.038	I	Gas natural	5.044	5.211	6.387	7.374	8.235	9.098	10.015	I
Carbón	8.276	7.975	7.916	8.010	8.098	8.256	8.337	8.535	8.367	8.413	8.798	8.917	O	Carbón	8.977	9.303	11.934	13.369	14.823	16.363	18.105	O
Factor de conversión														Factor de conversión								
Petróleo	2,87	2,89	2,86	2,90	2,87	2,86	2,85	2,85	2,85	2,85	2,84	2,86	2,86	Petróleo	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59	2,60	2,60	2,60
Gas natural	2,30	2,34	2,32	2,34	2,32	2,31	2,30	2,31	2,29	2,29	2,27	2,27	2,31	Gas natural	2,10	2,10	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Carbón	3,70	3,63	3,64	3,69	3,71	3,65	3,62	3,68	3,74	3,99	4,10	4,02	3,76	Carbón	3,71	3,71	3,71	3,70	3,70	3,70	3,70	3,71

Nota 1: el factor de conversión = (unidad CO₂ / unidad igual de consumo, según tipo de combustible (equivalente en petróleo)

Nota 2: Los consumos, en la fuente de EIA vienen dados en (Quadrillion BTU), para su conversión a Mtep se aplicó el factor de conversión según tabla de BP (25 Mtep = 1 Quadrillion BTU)

Elaboración propia, a partir de las fuentes mencionadas.

Lectura del Cuadro 8.

Los factores de conversión resultantes, entre el cálculo 1° y el cálculo 2°, difieren unas décimas entre sí; si bien, los del cálculo 2°, basados exclusivamente en la fuente de EIA son muy estables, tanto en los datos históricos relacionados como en los proyectados. Por ello, para posteriores evaluaciones de consumos de combustibles fósiles y emisiones de CO₂, se tienen en cuenta estos factores de conversión.

En una hipotética externalización medioambiental del total de las emisiones de CO₂ producidas por la combustión de las reservas probadas (en el 2004 y 2005) de los combustibles fósiles, la cantidad indicativa de emisiones de CO₂ en millones de toneladas, sería igual al volumen de la reserva de cada tipo de combustible expresado en Mtep por el factor de conversión correspondiente. En el **Cuadro 9** se realiza esta estimación, teniendo en cuenta la fuente de BP y EIA de reservas probadas de Petróleo, Gas Natural y Carbón en el 2004 (BP) y 2005 (EIA).

Cuadro 9
Emisiones totales de CO₂, de las reservas probadas de combustibles fósiles

RESERVAS: Fuente: EIA: Millones toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) (año 2005)				RESERVAS: Fuente: BP: Millones toneladas equivalentes de petróleo Mtep (año 2004)			
Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	Total	Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	Total
174.247	158.701	492.098	825.045	162.149	161.592	448.467	772.208
Factor de conversión de tipo de combustible a emisiones de CO ₂ Según promedio aplicado al histórico y proyecciones de EIA (2002 al 2030)				Factor de conversión de tipo de combustible a emisiones de CO ₂ Según promedio aplicado al histórico y proyecciones de EIA (2002 al 2030)			
Crudo (oil)	Gas natural	Carbón		Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	
2,595	2,108	3,705		2,595	2,108	3,705	
EMISIONES: Millones toneladas de dióxido de carbono (CO ₂)				EMISIONES: Millones toneladas de dióxido de carbono (CO ₂)			
Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	Total	Crudo (oil)	Gas natural	Carbón	Total
452.193	334.544	1.823.386	2.610.123	420.800	340.639	1.661.719	2.423.157

Elaboración propia, a partir de las fuentes mencionadas.

Lectura del Cuadro 9.

Considerando el volumen teórico de emisiones, ambas fuentes ofrecen resultados muy parecidos. El carbón, debido a ser la mayor reserva de los tres tipos de combustible fósil, y porque tiene el factor de conversión más alto es el que aportaría mayor cantidad de CO₂ a la atmósfera, por las mismas razones le seguirían el petróleo y el gas natural.

No obstante, la liberación de estas reservas de combustibles fósiles en forma de gases a la atmósfera, se realiza en función del crecimiento necesario de estos combustibles para la generación de energía - trabajo. Este crecimiento (estimado anualmente, en el **Cuadro 6** hasta el final de los combustibles fósiles), ofrecería en el supuesto de la externalización medioambiental de las emisiones de CO₂, la cantidad de emisiones de este gas, hasta el final de las reservas probadas en el año 2005 de petróleo, gas natural y carbón.

En el **Cuadro 10** se ofrece esta estimación, a partir de aplicar los factores de la conversión de petróleo, gas natural y carbón, a CO₂, al volumen anual de consumo de estos combustibles fósiles, expresados en Mtep. El resultado se ofrece en Millones de toneladas (Mt) de CO₂ por cada tipo de combustible, cuya suma ofrece el total de emisiones mundiales de CO₂.

La proyección, de elaboración propia, realizada de esta manera, se compara en los años 2010; 2015; 2020; 2025, y 2030, con las proyecciones de emisiones de CO₂ realizadas por EIA, sin que se observen diferencias sustanciales en ambas proyecciones.

Ver Cuadro 10 en la siguiente diapositiva

Cuadro 10

Cálculo de las emisiones de CO₂ anuales, según proyecciones de consumos de las reservas probadas de Petr6leo, Gas Natural y Carb6n

Origen datos		Proyección EIA emisiones de CO ₂ en Mt				Proyección propia consumos en (Mtep)			Proyección propia emisiones de CO ₂ en Mt			
Hist6rico EIA		Datos y proyecciones de EIA 2002-2030				Basado en datos y proyecciones EIA			Basado en datos EIA			
Proyección EIA		Petr6leo	Gas Natural	Carb6n	Total anual emisiones de CO ₂	Petr6leo	Gas Natural	Carb6n	Petr6leo	Gas Natural	Carb6n	Total anual emisiones de CO ₂
C6lculos propios		Cambio anual				Cambio anual en (Mtep)			Factor conversi6n de Mtep a Mt de CO ₂			
Fuente /	Año	1,4%	2,4%	2,5%		85	80	90	2,595	2,108	3,705	
EIA	2002	10.291	5.044	8.977	24.312	3.968	2.398	2.420	10.296	5.054	8.967	24.317
EIA	2003	10.513	5.211	9.303	25.027	4.053	2.478	2.510	10.517	5.223	9.300	25.040
	2004					4.138	2.558	2.600	10.737	5.391	9.634	25.762
	2005					4.223	2.638	2.690	10.958	5.560	9.967	26.485
	2006					4.308	2.718	2.780	11.179	5.729	10.301	27.208
	2007					4.393	2.798	2.870	11.399	5.897	10.634	27.931
	2008					4.478	2.878	2.960	11.620	6.066	10.968	28.653
	2009					4.563	2.958	3.050	11.840	6.234	11.301	29.376
EIA	2010	12.029	6.387	11.934	30.350	4.648	3.038	3.140	12.061	6.403	11.635	30.099
EIA	2020	13.675	8.235	14.823	36.733	5.498	3.838	4.040	14.267	8.090	14.970	37.326
EIA	2030	15.541	10.015	18.105	43.661	6.348	4.638	4.940	16.473	9.776	18.304	44.553
		año 2030 Final proyecciones EIA										
	2037	Año final petr6leo Fuente: EIA 174.247 / Fuente: BP 162.149							18.017	10.956	20.639	49.612
	2044	Año final gas natural: EIA 158.701 / BP 161.592							12.137	22.973	35.110	35.110
	2084	Año final carb6n Fuente: EIA 492.098 / Fuente: BP 448.467									36.312	36.312

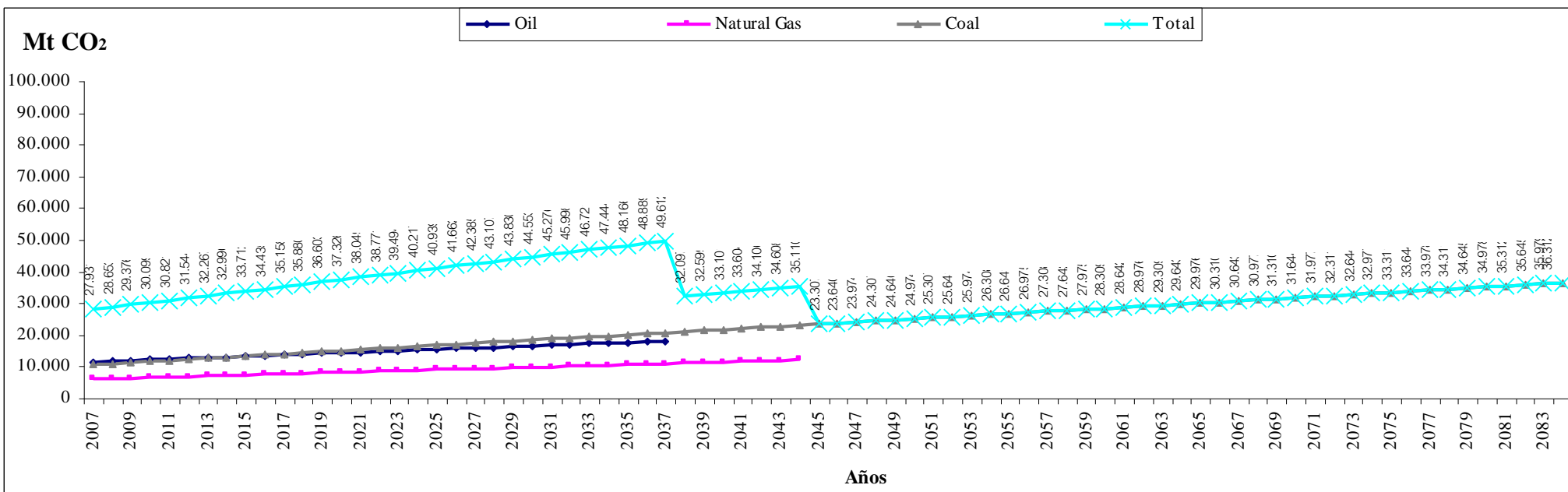
Lectura del Cuadro 10.

Las proyecciones de las emisiones de CO₂, se realizan considerando que se mantiene el modelo de externalizaci6n medioambiental del principios del siglo XXI, y estimando que el final de los combustibles f6siles se realiza de manera gradual, es decir, que cuando se agote el petr6leo 6ste no sea sustituido por las reservas de otras combustibles f6siles como el gas natural y el carb6n, y que cuando se agote el gas natural 6ste no sea sustituido por el carb6n, dando por supuesto de que otras energías no contaminantes sustituirían estas carencia.

[\(Enlace a datos cuadro completo\)](#)

Este modelo de proyecci6n se presenta tambi6n en el **Gráfico 5**.

Gráfico 5
Emisiones de CO₂, según escenario de reemplazo a la finalización de las reservas del petróleo, gas natural y carbón por otro tipo de energías no contaminantes

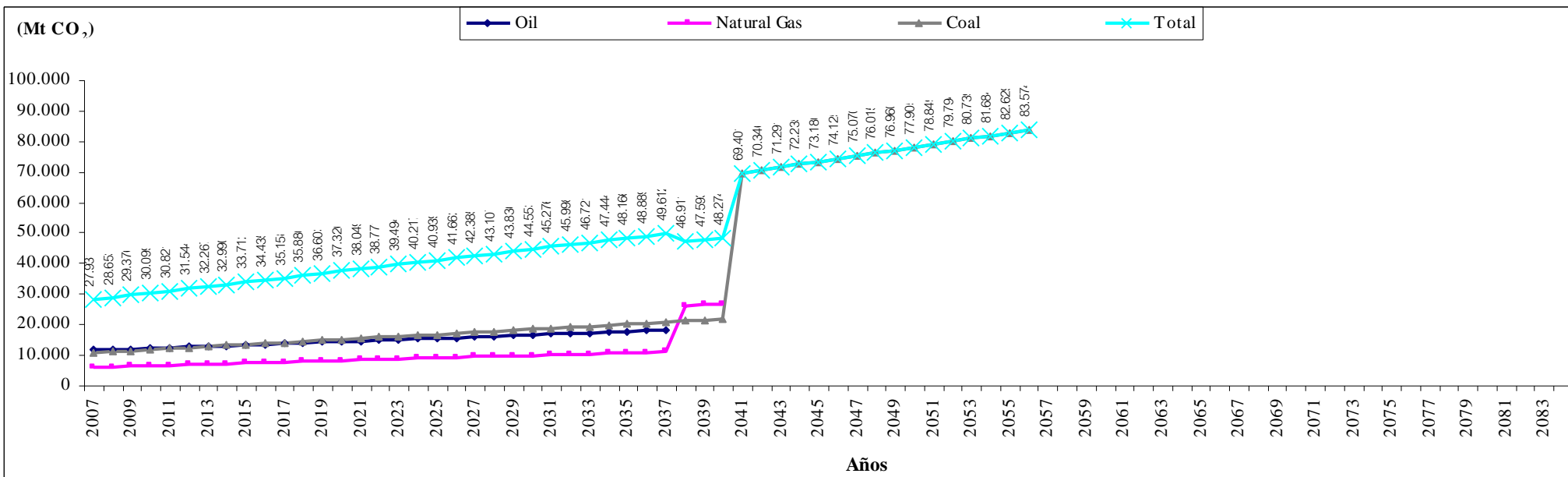


Fuente datos Energy Information Administration EIA. Elaboración propia.

Otro modelo de Proyecciones se realizan considerando que se mantiene el modelo de externalización medioambiental del principios del siglo XXI, y pero considerando que el final de los combustibles fósiles no se realiza de manera gradual, es decir, que cuando se agote el petróleo, éste sea sustituido por las reservas de otros combustibles fósiles como el gas natural, y que cuando se agote esta fuente, sea sustituido por el carbón. Este modelo se ofrece considerando la posibilidad que el carbón siga siendo la opción más barata para generar energía - trabajo, frente a otras energías alternativas no contaminantes debido al alto coste de las mismas. Este modelo de proyección corresponde **al Gráfico 6**.

Gráfico 6

Emisiones de CO₂, según escenario de reemplazo, a la finalización del petróleo, por consumo de gas natural, y de reemplazo, a la finalización del gas natural, por el carbón hasta la finalización del carbón



Fuente datos Energy Information Administration EIA. Elaboración propia.

En los dos modelos de proyección, el mayor volumen de emisiones de CO₂ a la atmósfera se concentraría en la mitad del siglo XXI, pero en el caso de un recurso al carbón por los países poco desarrollados para la generación de energía – trabajo, como combustible más barato, para sustituir la carencia de otros combustibles fósiles, al ser la sustancia que tiene el mayor factor de conversión de unidad de masa de combustible a masa de de CO₂ (1 x 3,7) el incremento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera sería considerable.

En el primer supuesto, el pico más alto de emisiones se daría en el año 2037 con 49.612 (Mt) de CO₂, doblando las del año 2003, que fueron de 25.040 (Mt) de CO₂, finalizando las emisiones en el año 2084 con el agotamiento de las reservas de carbón. En el segundo supuesto el pico más alto se daría con la finalización de las reservas de carbón y por lo tanto de los combustibles fósiles en el año 2057 con 84.519 (Mt) de CO₂.

Conclusión

Actualmente la dependencia energética mundial de los combustibles está en torno a un 80%. El volumen mundial de emisiones de CO₂ a la atmósfera pasó de los 21.500 millones de toneladas en el año 1990, a 28.500 en el año 2005 (año de la entrada en vigor del protocolo de Kioto) y a 29.900 millones de toneladas en el año 2007, lo que evidencia el relativo fracaso de dicho acuerdo.

La capacidad de absorción de los sumideros naturales como océanos y bosques se sitúa entre los 11.000 y los 12.000 millones de toneladas de CO₂, es decir, para mantener un equilibrio natural en los límites de la sociedad preindustrial, el total de emisiones no debiera superar los 12.000 millones de toneladas de CO₂, que vendría a ser el 50% del volumen de emisiones del año 1990 (objetivo este último propuesto por Dinamarca).

Al actual ritmo de consumo energético mundial derivado de los combustibles fósiles, las reservas probadas de Petróleo y Gas Natural pueden durar hasta mediados del siglo XXI y las de Carbón hasta finales del mismo.

En la época preindustrial el CO₂ en el aire atmosférico era de 280 partes por millón y en el año 2008 fue de 385 partes por millón. La externalización del conjunto del carbono que contienen los combustibles fósiles de las reservas probadas teniendo en cuenta, por una parte, que su agotamiento se va a producir en el presente siglo y, por otra, que la capacidad de absorción de los sumideros naturales (12.000 millones de toneladas de CO₂ anuales), las partes por millón de CO₂ que el aire atmosférico podrían llegar alcanzar al término de las reservas probadas de combustibles fósiles sería de 600 partes por millón. Este incremento del CO₂ atmosférico supondría un incremento en el forzamiento radiativo de los 11 W/m² del año 1999, a 18 W/m², al final del siglo XXI, frente a los 8 W/m² de la época preindustrial.

El desarrollo de energías alternativas a los combustibles fósiles, aunque se desarrollaran hasta conseguir una sustitución de los mismos del actual 20% a un 50%, no va a evitar que la externalización del todo el carbono de los combustibles fósiles de las reservas probadas mundiales de Petróleo, Gas Natural y Carbón se realicen en el presente siglo. Este agotamiento de las reservas, estará en función del grado de sustitución del conjunto de fuentes energéticas primarias, pero su oscilación máxima se puede situar entre los 20 y los 30 años; por lo que: 1º debido a la longevidad del CO₂ en el aire atmosférico, y 2º la limitada capacidad de captura de los sumideros naturales de CO₂, la variación del forzamiento radiativo expresado en W/m² no va a ser muy diferente si el agotamiento de las reservas se produce a mediados de la segunda mitad del presente siglo o a finales del mismo.

Por lo tanto, la implementación de energías alternativas a los combustibles fósiles, puede servir para paliar la carencia energética derivada del progresivo agotamiento de los combustibles fósiles, pero en ningún caso va a evitar la externalización ambiental del carbono de todos los combustibles fósiles en un plazo de tiempo suficiente para revertir el creciente efecto invernadero que puede llevar a un cambio térmico climático de consecuencias impredecibles.

Para evitar la emisión masiva de de CO₂ a la atmósfera solo cabe hacerlo mediante la implementación a escala planetaria de sumideros artificiales de CO₂, pero ello implicaría un encarecimiento de costes a la producción de 0,01 a 0,05 dólares por kw/h y, por lo tanto, iría en contra del principio económico de considerar la externalización de gases de efecto invernadero como una ventaja de disminución de costes para el intercambio comercial.

Cambiar esa perversión económica de hallar ventajas comerciales en la externalización de costes podría ser viable si todos los países del mundo aceptaran la desviación de recursos económicos para la implementación de sumideros artificiales de CO₂, pero tal medida no es posible acometerla sin abordar previamente la integración política y económica mundial para armonizar el desarrollo económico de toda la humanidad con el medioambiente.

CAPITULO IV

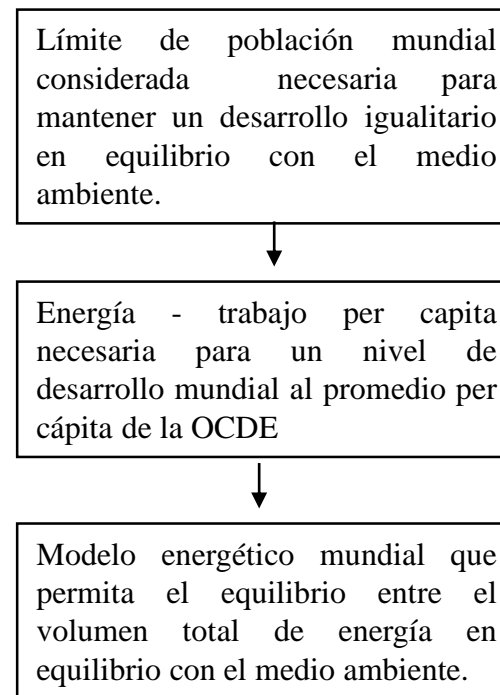
Energía primaria necesaria para un consumo mundial per cápita equiparable al de la OCDE

La aspiración de la humanidad de conseguir un desarrollo económico que pudiera equipararse, por ejemplo, al promedio per cápita de los países de la OCDE, depende de la capacidad para alcanzar un modelo energético mundial capaz de sustentar ese grado de desarrollo.

En ese sentido, en el **Cuadro 11**, se cuantifica el consumo teórico total de energía primaria necesaria si toda la población mundial desde el año 2002 al año 2030 hubiera tenido y tuviera un consumo de energía per cápita equivalente a la media de la OCDE.

Las unidades de medida para la comparación están dadas en (Quadrillion BTU).

Población mundial, energía – trabajo y equilibrio con el medio ambiente

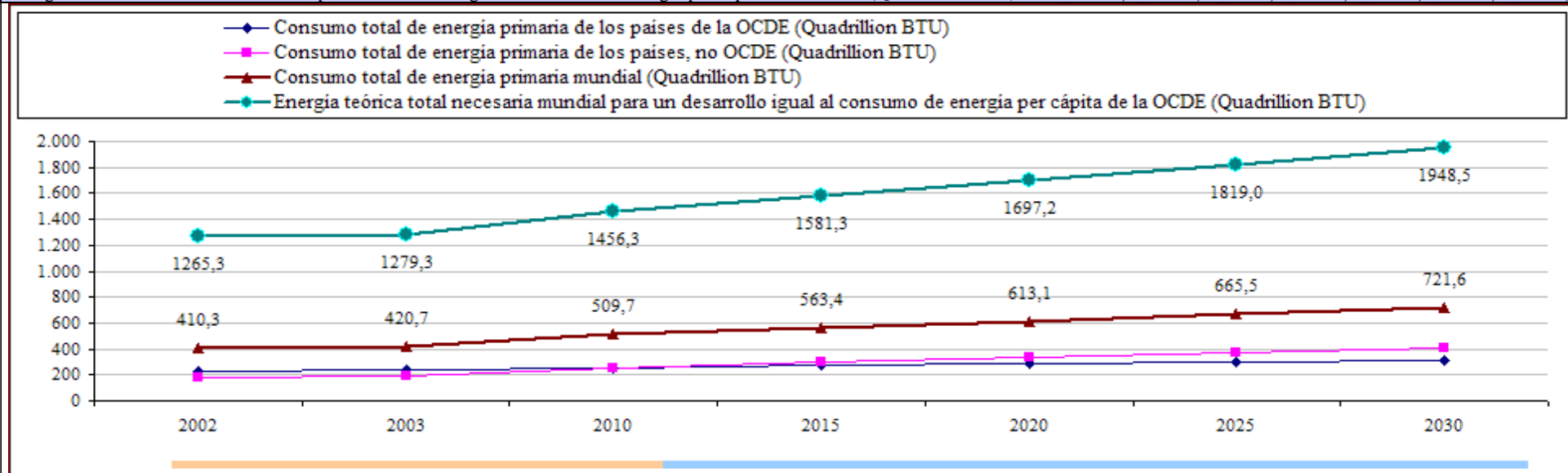


Ver Cuadro 11 en la siguiente diapositiva

Cuadro 11

Energía primaria necesaria para un consumo mundial per cápita equiparable al de la OCDE (Quadrillion (1¹⁵) BTU)

Consumo total de energía primaria Mundial, de la OCDE y no OCDE Referencia, 2002-2030	Histórico		Proyecciones				
	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030
TOTAL ENERGÍA PRIMARA (Quadrillion BTU)							
Consumo total de energía primaria de los países de la OCDE (Quadrillion BTU)	231,9	234,3	256,1	269,9	281,6	294,5	308,8
Consumo total de energía primaria de los países, no OCDE (Quadrillion BTU)	178,4	186,4	253,6	293,5	331,5	371,0	412,8
Consumo total de energía primaria mundial (Quadrillion BTU)	410,3	420,7	509,7	563,4	613,1	665,5	721,6
POBLACIÓN (millones)							
Total población de la OCDE	1.151	1.156	1.203	1.232	1.257	1.280	1.300
Total población, no-OCDE	5.129	5.156	5.638	5.986	6.319	6.626	6.903
Total población mundial	6.280	6.312	6.841	7.218	7.576	7.906	8.203
ENERGÍA per cápita (Millón BTU)							
$(BTU \times 10^{15}) / (Población \times 10^6) / 10^6 =$ millón BTU / per cápita OCDE	201,5	202,7	212,9	219,1	224,0	230,1	237,5
$(BTU \times 10^{15}) / (Población \times 10^6) / 10^6 =$ millón BTU / per cápita, no OCDE	34,8	36,2	45,0	49,0	52,5	56,0	59,8
$(BTU \times 10^{15}) / (Población \times 10^6) / 10^6 =$ millón BTU / per cápita mundial	65,3	66,7	74,5	78,1	80,9	84,2	88,0
$(BTU / \text{per cápita OECD}) - (BTU / \text{per cápita, No OCDE}) =$ Diferencia energía per cápita, OCDE y no OCDE (millón BTU)	166,7	166,5	167,9	170,0	171,6	174,1	177,7
ENERGÍA primaria necesaria para un consumo mundial per cápita equiparable al de la OCDE (Quadrillion BTU)							
$(\text{Diferencia BTU / per cápita OCDE y no OCDE}) \times (\text{Población no OCDE}) / 1000 =$ Energía necesaria no OCDE para igualar a OCDE	855,0	858,6	946,6	1.017,9	1.084,1	1.153,5	1.226,9
$(\text{Consumo de energía primaria del MUNDO}) + (\text{Energía necesaria, no OCDE para igualar a OCDE}) =$							
Energía teórica total necesaria mundial para un desarrollo igual al consumo de energía per cápita de la OCDE (Quadrillion BTU)	1.265,3	1.279,3	1.456,3	1.581,3	1.697,2	1.819,0	1.948,5



Diferencia entre la energía mundial consumida y proyectada según consumos reales.

Y la energía mundial necesaria para un consumo per cápita equivalente a la OCDE

Años	2002	2003	2010	2015	2020	2025	2030
Diferencia (%) entre la energía mundial consumida y proyectada según previsión de consumos reales = 100%, Y un supuesto consumo per cápita de toda la población mundial equivalente a los países de la OCDE (%)	308,4%	304,1%	285,7%	280,7%	276,8%	273,3%	270,0%

Lectura del Cuadro 11.

Las diferencias entre la energía mundial basada en los consumos reales y las proyecciones respectivas, y la energía mundial necesaria para un consumo per cápita equivalente a los países de la OCDE, son de tal magnitud tal, que casi la triplican, tanto la consumida con los datos históricos disponibles, como en las proyecciones hasta el 2030.

Si se considera las repercusiones de tal volumen de consumo mundial de energía primaria teniendo en cuenta las limitaciones de las reservas probadas de combustibles fósiles y las repercusiones medioambientales de emisiones de CO₂, la hipótesis de un mundo en el que todos los habitantes de la Tierra dispongan de un consumo energético per cápita equivalente a la media de los países de la OCDE, en el actual modelo energético, **resulta inviable**.

Solamente se puede pensar que esa hipótesis sería factible, en un escenario en el que existiera una fuente energética ilimitada y no contaminante. Pero para ello se precisaría aunar todas las capacidades científicas y tecnológicas mundiales con el fin de lograr ese objetivo, así como alcanzar la integración política y económica mundial donde quedara excluida la externalización de costes al medio ambiente de la competencia económica comercial internacional.

Pero el rumbo que siguen las potencias del planeta empujadas por los vientos de la economía basada en los intereses particulares de cada nación lleva al colapso económico mundial por el agotamiento de los recursos energéticos, y con toda probabilidad, lleva también al desastre medioambiental [1].

No existe salvación individual, el mundo se ha convertido en un barco en el que solamente es posible evitar el naufragio con el empeño de una única tripulación, el género humano. Y un nuevo pensamiento debe florecer, para que, cuando la mayoría de la población mundial comience a percibir el desastre al que lleva la conformación mundial basada en intereses nacionalistas pueda reorientar el rumbo hacia la integración política mundial y hacia una renovación profunda de las fuentes de energía y su gestión por organismos mundiales.

Nunca el mundo estuvo tan cerca de perpetuar los desequilibrios socioeconómicos y de la catástrofe medioambiental. Pero nunca estuvo también tan cerca de demandar un cambio para conseguir un mundo en el que se instaure la armonía social y medioambiental.

Un mundo nuevo se ha de forjar



Posdata:

Este Estudio terminó de realizarse en el año 2007. El acontecimiento mundial más importante desde entonces ha sido la crisis económica mundial originada por la crisis financiera en el año 2008 en los países desarrollados. El estudio de esta nueva coyuntura internacional con la que comienza el Siglo XXI, es tratada en el Ensayo:

[La Tercera Civilización](#)

[1] Ver en esta Web el estudio [Los probables impactos climáticos en el siglo XXI](#).

ANEXOS

ANEXO I. Consumo total de energía primaria del mundo por Región, referencia, 1990-2030 (Quadrillion BTU)

Table A1. World Total Energy Consumption by Region, Reference Reference Case, 1990-2030 (Quadrillion Btu). Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006)

ANEXO II. Consumo de energía primaria del mundo por Región y tipo de combustible, referencia, 1990-2030 (Quadrillion BTU)

Table A2. World Total Energy Consumption by Region and Fuel, Reference, 1990-2030 (Quadrillion Btu). Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006"

ANEXO III. Producto Interior Bruto del mundo por Región (PIB), referencia, 1990-2030 (en miles de millones dólares del año 2000)

"Table A3. World Gross Domestic Product (GDP) by Region Using Purchasing Power Parity, (Case, 1990-2030) (Billion 2000 Dollars). Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006"

ANEXO IV. Emisiones del bióxido de carbono del mundo por Región, referencia, 1990-2030 (millón de toneladas métricas de CO2)

"Table A10. World Carbon Dioxide Emissions by Region, Reference Case, 1990-2030 (Million Metric Tons Carbon Dioxide) . Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006"

ANEXO V. Población del mundo por Región, referencia, 1990-2030 (millones)

Table A14. World Population by Region, Reference Case, 1990-2030 (Millions) Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006

ANEXO VI. Reservas de petróleo, Gas Natural y Carbón del mundo por países (Año 2005).

Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006

ANEXO VII. Emisiones anuales del bióxido de carbono del mundo por países por el uso de combustibles fósiles: Petróleo, Gas Natural y Carbón (Año 1980-2004)

International Energy Annual 2004; Report Released: May-July 2006; Next Release: May-July 2007

ANEXO VIII. Producto Interior Bruto per cápita del mundo por Región, referencia, 1990-2030 (en dólares del año 2000)

Fuente PIB y Población del Mundo: Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006 (Cálculo propio)

ANEXO IX. Emisiones CO2 per cápita del mundo por Región, referencia, 1990-2030, (millones de toneladas métricas de CO2 por habitante)

Fuente emisiones de CO2, y Población del Mundo: Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006 (Cálculo propio)

ANEXO X. Consumo total de energía primaria per cápita del mundo por Región, referencia, 1990-2030 (Millones BTU)

Fuente. Energía primaria y Población del Mundo: Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006 (Cálculo propio)

ANEXO XI. Revisión estadística de: British Petroleum BP, de la energía del mundo en junio de 2005

Fuente: British Petroleum BP

ANEXO XII. Consumos mundiales de energía primaria (Mtep); emisiones de CO2 (Mt) de 1980 al 2004, y factores históricos de conversión de (Mtep) a (Mt CO2)

Fuente: (Mtep) British Petroleum BP. Fuente: Emisiones en (Mt) de CO2 International Energy Annual IEA. Cálculos propios.

ANEXO XIII. Unidades de medida, y factores de conversión

ANEXO XIV. Cálculos de las proyecciones de consumos de energía y emisiones de CO2 hasta el final de las reservas probadas según EIA en el 2005 de combustibles fósiles.Fuente: British Petroleum BP, y Energy Information Administration / International Energy Outlook 2006" (EIA) Fuente: British Petroleum BP

ANEXO. Biocombustibles

ANEXO- Vehículos