

¿CUANDO SE AGOTARÁN LAS ACTUALES RESERVAS DE URANIO?

La escasez futura del petróleo, y su encarecimiento, junto con los efectos de los gases de efecto invernadero en el cambio climático del planeta está propiciando que se esté orquestando una amplia campaña mundial en favor de la energía nuclear de fisión, como única alternativa viable para dar solución estable y no contaminante para nuestras necesidades futuras de energía.

Independientemente de las cuestiones de seguridad, que requieren un análisis independiente, el objetivo de este breve análisis es tratar de visualizar hasta qué punto la energía nuclear de fusión puede garantizarnos un suministro prolongado y a un costo razonable. La pregunta clave a la que se debe responder de forma rigurosa, dentro de las lógicas incertidumbres, es hasta cuándo las actuales reservas conocidas de Uranio permitirán seguir abasteciendo a las actuales y futuras centrales nucleares de fisión.

La respuesta a dicha pregunta tiene una incidencia clara, además de despejar hasta cuando esta alternativa nos asegura el abastecimiento de nuestras necesidades de energía, en los costes del kwh nuclear.

Por dos razones. La primera es que, en los cálculos que actualmente se están haciendo para determinar la incidencia de la importante inversión por MW instalado de este tipo de energía en el coste del kwh, se está contemplando una edad de vida de 60 años para las nuevas centrales e incluso para las antiguas que fueron diseñadas en su momento para un ciclo de vida de 40 años.

Quiere esto decir que aquellas centrales que se decidan construir ahora y que entrarán en funcionamiento en unos 10/12 años, deberían contar con un suministro de Uranio hasta el año 2080, para que los cálculos teóricos del coste de la inversión por kwh nuclear sea válido.

Por otra parte, las reservas actuales de Uranio se vienen clasificando, según su diferente nivel de dificultad para su conversión en Uranio enriquecido útil para ser empleado como combustible en los reactores nucleares, asignándoles tres niveles de coste:

- reservas cuyo coste de extracción y transformación es inferior a 40\$/kgU,
- reservas cuyo coste de extracción y transformación es inferior a 80\$/kgU, que incluyen a las anteriores
- reservas cuyo coste de extracción y transformación es inferior a 130\$/kgU, que incluyen a las dos anteriores.

Quiere esto decir que a medida que se vayan agotando las reservas de Uranio cuya extracción y transformación es más económica, el precio del Uranio, independientemente de otros factores, que sin duda influirán, irá creciendo de manera significativa, duplicando y más que triplicando el nivel de precios

actuales. Y aún cuando el precio del combustible incide relativamente mucho menos que el de la inversión, es un elemento a tener en cuenta.

Nuestro análisis se soportará, como no podía ser de otro modo, en el llamado "Red Book 2007", "Uranium 2007: Resources, Production and Demand", publicado por la ANE-OECD y por la AIEA, en el 2008.

Enumeramos a continuación las variables que se han tenido en consideración para determinar hasta cuando durarán las actuales reservas de Uranio y los criterios que se han empleado en cada una de las hipótesis futuras.

CONSUMO DE URANIO POR LAS CENTRALES NUCLEARES

El consumo de Uranio viene determinado por la previsible capacidad instalada. Las previsiones de capacidad instalada realizadas por el RED BOOK 2007. En la página 64, en una nota a pie de página señala que "a causa de los programas nucleares en los años 2015, 2020, 2025 y 2030, se han hecho dos estimaciones (de la capacidad instalada), una alta y una baja."

En el estudio hemos considerado dos escenarios básicos, igual que en el RED BOOK 2007.

Toda vez que el estudio sólo contempla el horizonte 2007/2030, hemos tenido que extrapolar dichos escenarios hasta el año 2100. Dicha extrapolación es imprescindible teniendo en cuenta el plazo de 60 años de vida estimada para los nuevos reactores nucleares. En el **ESCENARIO DE BAJA AMPLIACIÓN** el incremento entre quinquenios estimado es de un 3%, mientras que en el **ESCENARIO DE ALTA AMPLIACIÓN** el incremento entre quinquenios se va reduciendo un 1% cada cinco años desde un 9% hasta un 5%, manteniéndose ese 5% quinquenal hasta el final.

Estos han sido los incrementos previstos en los consumos de uranio de las centrales nucleares .

ESCENARIO DE BAJA AMPLIACIÓN

2007: 69.110 tm U
2010: 70.395 tm U 1,86% de incremento
2015: 76.865 tm U 9,19% de incremento
2020: 85.390 tm U 11,09% de incremento
2025: 90.755 tm U 6,28% de incremento
2030: 93.595 tm U 3,13% de incremento
2035: 96 403 tm U 3,00% de incremento
2040: 99.295 tm U 3,00% de incremento
2045: 102.274 tm U 3,00% de incremento
2050: 105.342 tm U 3,00% de incremento
2055: 108.502 tm U 3,00% de incremento
2060: 111.757 tm U 3,00% de incremento
2065: 115.110 tm U 3,00% de incremento

2070: 118.563 tm U 3,00% de incremento
2075: 122.120 tm U 3,00% de incremento
2080: 125.784 tm U 3,00% de incremento
2085: 129.558 tm U 3,00% de incremento
2090: 133.445 tm U 3,00% de incremento
2095: 137.448 tm U 3,00% de incremento
2100: 141.571 tm U 3,00% de incremento

ESCENARIO DE ALTA AMPLIACIÓN

2007: 69.110 tm U
2010: 75.240 tm U 8,87% de incremento
2015: 86.385 tm U 14,81% de incremento
2020: 98.400 tm U 13,91% de incremento
2025: 110.510 tm U 12,31% de incremento
2030: 121.955 tm U 10,36 de incremento
2035: 132.931 tm U 9,00% de incremento
2040: 143.565 tm U 8,00% de incremento
2045: 153.615 tm U 7,00% de incremento
2050: 162.832 tm U 6,00% de incremento
2055: 170.974 tm U 5,00% de incremento
2060: 179.523 tm U 5,00% de incremento
2065: 188.499 tm U 5,00% de incremento
2070: 197.924 tm U 5,00% de incremento
2075: 207.820 tm U 5,00% de incremento
2080: 218.211 tm U 5,00% de incremento
2085: 229.122 tm U 5,00% de incremento
2090: 240.578 tm U 5,00% de incremento
2095: 252.607 tm U 5,00% de incremento
2100: 265.237 tm U 5,00% de incremento

PRODUCCIÓN DE URANIO

Para calcular la producción mundial de Uranio necesaria para abastecer el consumo de Uranio de las centrales, hay que tener en cuenta, el Uranio Reciclado de los residuos de las centrales, el MOX usado como combustible, y la parte de las reservas militares de Uranio que se desmilitariza y se destina al consumo civil.

En cada uno de los dos ESCENARIOS mencionados, se han considerado a su vez 3 hipótesis, en las que varían por una parte el porcentaje de Uranio Reciclado y de MOX empleados como combustible en relación del consumo total de Uranio, el grado de disminución del Uranio militar, y la distinta evaluación de la posibilidad de agotar las diferentes clases de reservas.

Veamos cuales han sido los supuestos realizados para cada una de dichas variables en las tres hipótesis.

URANIO RECICLADO

Para estimar un porcentaje razonable de la cantidad de Uranio Reciclado con el que se podría contar en el futuro, hemos recurrido a las siguientes informaciones del propio RED BOOK 2007.

Existen dos fuentes de posible reutilización de residuos de Uranio: los residuos procedentes de las explotaciones de extracción y procesamientos primarios, y los procedentes de los residuos de las centrales de fisión.

Analicemos en primer lugar el Uranio Reciclado procedente de la explotación y procesamiento primario.

1) Desde el año 2001 al 2006 los suministros de la Federación Rusa a la UE han seguido la siguiente evolución:

2001: 1.050 tm U 7,6% del total de entregas de U
2002: 1.000 tm U 6,0% del total de entregas de U
2003: 1.200 tm U 7,3% del total de entregas de U
2003: 900 tm U 6,2% del total de entregas de U
2005: 500 tm U 2,8% del total de entregas de U
2006: 700 tm U 3,3% del total de entregas de U

2) Por otra parte, en los EEUU existe un proyecto para reciclar 8.500 tm/U de sus stocks de residuos, adelantándose dicho proyecto para que en los dos próximos años reciclen 1.900 tm de Uranio natural equivalente, lo que permitiría abastecer a la Columbia Generating Station entre 2009 y 2017.

3) No existe mucha más información disponible. Los datos de que se dispone de Europa son los siguientes:

Antes del 2003: 632 tm U equivalente
2004: 140 tm U equivalente
2005: 60 tm U equivalente
2006: 108 tm U equivalente
2007: 140 tm U equivalente (estimación)

En cuanto al Uranio Reciclado procedente de los residuos de las centrales nucleares de fisión los datos que porta el RED BOOK 2007, son los siguientes:

2004: 2.450 tm U equivalente
2005: 3.670 tm U equivalente
2006: 2.400 tm U equivalente
2007: 2.400 tm U equivalente (estimación)

A partir de los datos anteriores y con el ánimo de que no se pueda tachar el presente análisis de tendencioso hemos optado por ser ligeramente optimistas en la cantidad de Uranio que podría provenir de esta fuente.

En la ***hipótesis 1*** hemos considerado un 5% fijo del total del consumo de U, mientras que en las ***hipótesis 2 y 3*** hemos ido incrementado ese 5%, en un

0,5% cada cinco años, hasta alcanzar un 10% del total del consumo de U, en el año 2055, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100.

Creemos que dichos supuestos son optimistas, y que en la realidad difícilmente se alcanzarán, por lo que ***las conclusiones que se puedan extraer de este informe serán en cualquier caso, más negativas, que las que del mismo se deriven.***

MOX

Según el propio RED BOOK 2007, "el uso del MOX no ha alterado significativamente la demanda mundial de Uranio porque sólo un número relativamente pequeño de reactores utilizan este tipo de combustible."

"En enero de 2007 había 33 reactores, aproximadamente el 8% del parque mundial, autorizados para utilizar MOX como parte de su combustible, en Bélgica, Francia, Alemania, India y Suiza."

Posteriormente han sido autorizados para utilizar MOX, reactores en China, la Federación Rusa y EEUU.

Existen plantas de reprocesamiento de MOX, o están en construcción, en China, Francia, India, Japón, la Federación Rusa y el Reino Unido.

Los datos de producción y consumo mundial de MOX, según el RED BOOK 2007 han sido los siguientes:

2004: 1.211 tm U equivalente / 1.323 tm U equivalente
2005: 1.171 tm U equivalente / 620 tm U equivalente
2006: 1.188 tm U equivalente / 503 tm U equivalente
2007: 1.180 tm U equivalente / 269 tm U equivalente (estimación)

A la vista de esta cifras, igual que en el caso del Uranio Reciclado, hemos estimado unos consumos de MOX muy por encima de lo que previsiblemente van a ser.

En la ***hipótesis 1*** hemos considerado un 2% fijo del total del consumo de U, mientras que en las ***hipótesis 2 y 3*** hemos ido incrementado ese 2%, en un 0,25% cada cinco años, hasta alcanzar un 5% del total del consumo de U, en el año 2065, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100.

Lo mismo que decíamos al hablar del Uranio Reciclado, dichos supuestos son optimistas, y en la realidad difícilmente se alcanzarán, por lo que ***las conclusiones que se puedan extraer de este informe serán en cualquier caso, más negativas, que las que del mismo se deriven.***

STOCKS DE URANIO

No es fácil evaluar los stocks totales de Uranio, habida cuenta del secreto militar sobre los empleados con fines bélicos. El propio RED BOOK 2007, recurre a un método indirecto para hacer una estimación del total de los stocks, restando de la producción acumulada de Uranio el consumo acumulado de las centrales. La cifra estimada del total de los stocks de Uranio, a principios de 2007, era de unas 625.000 tm.

Si deducimos de esa cifra los stocks de uranio para uso civil, que eran 54.827 tm U, resulta que los stocks de Uranio para usos militares eran aproximadamente a principios del 2007 de 570.000 tm U.

En los modelos hemos considerado que el volumen actual de stocks para usos civiles, que se sitúa en torno a un 76% del consumo anual total de uranio de las centrales, se vaya reduciendo porcentualmente hasta situarse en torno a un 50% del consumo anual, si bien esta cifra resulta irrelevante, pues a la postre, cuando se acaban las reservas, dicho stock queda a cero.

Resulta harto difícil imaginar que ocurrirá en el futuro con las 570.000 tm de Uranio para usos militares. ¿Seguirán las actuales y futuras potencias nucleares desmontando sus arsenales atómicos, o, por el contrario, ante las incertidumbres económicas, sociales y políticas que se avecinan, optaran por incrementar dichos arsenales?

Las consideraciones que hemos realizado en este análisis son las siguientes.

Hipótesis 1: Los stocks de Uranio para usos militares se reducen de 570.000 tm a 475.000 tm

Hipótesis 2 y 3: Los stocks de Uranio para usos militares se reducen de 570.000 tm a 250.000 tm

RESERVAS MUNDIALES DE URANIO

Hemos utilizado a misma terminología empleada por el RED BOOK:

IR: Identified Resources, Recursos Identificados, que se componen de:

- RAR: Reasonable Assured Resources, Recursos Asegurados Razonablemente
- IR: Inferred Resources, Reservas Estimadas

UR: Undiscovered Resources, Reservas No Descubiertas, que se componen de:

- PR: Pronosticated Resources, Reservas Pronosticadas
- SR: Speculative Resources, Reservas Especulativas

Todas ellas se subdividen en los tres niveles estimados de costes de extracción y transformación indicados más arriba.

Hemos tomado como base de partida para nuestros cálculos la dadas por el "RED BOOK 2007":

RESERVAS RAR

0\$/kg < coste < 40\$/kg = 1.766.000 tmU

40\$/kg < coste < 80\$/kg = 832.000 tmU

80\$/kg < coste < kg = 741.000 tmU

RESERVAS IR

0\$/kg < coste < 40\$/kg = 1.204.000 tmU

40\$/kg < coste < 80\$/kg = 1.026.000 tmU

80\$/kg < coste < 130\$/kg = 272.000 tmU

RESERVAS PR

40\$/kg < coste 80\$/kg = 1.946.200 tmU

80 \$/kg < coste < 130 \$/kg = 822.800 tmU

No hemos tenido en cuenta las reservas SR en los cálculos.

Los criterios seguidos para el cálculo de la evolución de las distintas clases de reservas, han sido los siguientes:

- 1) En primer lugar se consumen las reservas de menor coste de extracción, hasta el límite que se ha considerado en cada hipótesis.
- 2) Dentro de cada nivel de coste de reservas, primero se consumen las RAR, después las IR, y por último las PR

En la **hipótesis 1**, sólo se consideran ciertas, y por tanto extraíbles, el 100% de las RAR y el 50% de las IR.

En la **hipótesis 2**, sólo se consideran ciertas, y por tanto extraíbles, el 100% de las RAR y de las IR.

En la **hipótesis 3**, sólo se consideran ciertas, y por tanto extraíbles, el 100% de las RAR y de las IR, y el 50% de las PR.

No se han establecido, por desconocimiento, curvas de decrecimiento de las reservas extraíbles, que supongo existirán. Este hecho, el peak-U, como en el caso del petróleo, agravaría las conclusiones de este informe.

Resultados de cada una de las hipótesis en los distintos escenarios.

Veamos a continuación cuáles han sido los resultados en cada una de las hipótesis de los dos distintos escenarios. Enunciaremos para cada una de ellas los supuestos previos, para después indicar los años en que se producen saltos en los costes del Uranio extraído, y la fecha final de agotamiento de los recursos considerados extraíbles en cada una de ellas.

ESCENARIO DE BAJA EXPANSIÓN

SUPUESTOS GLOBALES DEL ESCENARIO: el crecimiento previsto en el consumo de Uranio se ajusta al más bajo de los considerados en el RED BOOK 2007, y las estimaciones posteriores al año 2030 se calculan en base a un incremento entre quinquenios estimado de un 3%

HIPÓTESIS 1

- 1) % Uranio enriquecido: 5% fijo del total del consumo de U hasta el final
- 2) % MOX: 2% fijo del total del consumo de U hasta el final
- 3) Los STOCKS DE URANIO MILITAR se reducen hasta 475.000 tm
- 4) Sólo se consideran extraíbles el 100% de las reservas RAR y el 50% de las IR

RESULTADOS:

- A) Las reservas extraíbles de coste inferior a 40\$/kg U se agotan en el año 2038.
- B) Las reservas extraíbles de coste comprendido entre 40 y 80 \$/kg se agotan en el año 2052.
- C) las reservas totales extraíbles de Uranio se agotan en el año 2061.

HIPÓTESIS 2

- 1) % Uranio enriquecido: 5% fijo del total del consumo de U, que se incrementa en un 0,5% cada cinco años, hasta alcanzar un 10% del total del consumo de U, en el año 2055, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 2) % MOX: 2% fijo del total del consumo de U que se incrementa en un 0,25% cada cinco años, hasta alcanzar un 5% del total del consumo de U, en el año 2065, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100

- 3) Los STOCKS DE URANIO MILITAR se reducen hasta 250.000 tm
- 4) Sólo se consideran extraíbles el 100% de las reservas RAR y de las IR

RESULTADOS:

- A) Las reservas extraíbles de coste inferior a 40\$/kg U se agotan en el año 2048.
- B) Las reservas extraíbles de coste comprendido entre 40 y 80 \$/kg se agotan en el año 2068.
- C) las reservas totales extraíbles de Uranio se agotan en el año 2078.

HIPÓTESIS 3

- 1) % Uranio enriquecido: 5% fijo del total del consumo de U, que se incrementa en un 0,5% cada cinco años, hasta alcanzar un 10% del total del consumo de U, en el año 2055, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 2) % MOX: 2% fijo del total del consumo de U que se incrementa en un 0,25% cada cinco años, hasta alcanzar un 5% del total del consumo de U, en el año 2065, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 3) Los STOCKS DE URANIO MILITAR se reducen hasta 250.000 tm
- 4) Sólo se consideran extraíbles el 100% de las reservas RAR y de las IR y el 50% de las PR

RESULTADOS:

- A) Las reservas extraíbles de coste inferior a 40\$/kg U se agotan en el año 2048.
- B) Las reservas extraíbles de coste comprendido entre 40 y 80 \$/kg se agotan en el año 2078.
- C) las reservas totales extraíbles de Uranio se agotan en el año 2091.

ESCENARIO DE ALTA EXPANSIÓN

SUPUESTOS GLOBALES DEL ESCENARIO: el crecimiento previsto en el consumo de Uranio se ajusta al más alto de los considerados en el RED BOOK 2007, y las estimaciones posteriores al año 2030 se van reduciendo un 1% cada cinco años desde un 9% hasta un 5%, manteniéndose ese 5% de incremento quinquenal hasta el final.

HIPÓTESIS 1

- 1) % Uranio enriquecido: 5% fijo del total del consumo de U hasta el final
- 2) % MOX: 2% fijo del total del consumo de U hasta el final

- 3) Los STOCKS DE URANIO MILITAR se reducen hasta 475.000 tm
- 4) Sólo se consideran extraíbles el 100% de las reservas RAR y el 50% de las IR

RESULTADOS:

- A) Las reservas extraíbles de coste inferior a 40\$/kg U se agotan en el año 2034.
- B) Las reservas extraíbles de coste comprendido entre 40 y 80 \$/kg se agotan en el año 2044.
- C) las reservas totales extraíbles de Uranio se agotan en el año 2051.

HIPÓTESIS 2

- 1) % Uranio enriquecido: 5% fijo del total del consumo de U, que se incrementa en un 0,5% cada cinco años, hasta alcanzar un 10% del total del consumo de U, en el año 2055, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 2) % MOX: 2% fijo del total del consumo de U que se incrementa en un 0,25% cada cinco años, hasta alcanzar un 5% del total del consumo de U, en el año 2065, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 3) Los STOCKS DE URANIO MILITAR se reducen hasta 250.000 tm
- 4) Sólo se consideran extraíbles el 100% de las reservas RAR y de las IR

RESULTADOS:

- A) Las reservas extraíbles de coste inferior a 40\$/kg U se agotan en el año 2041.
- B) Las reservas extraíbles de coste comprendido entre 40 y 80 \$/kg se agotan en el año 2055.
- C) las reservas totales extraíbles de Uranio se agotan en el año 2063.

HIPÓTESIS 3

- 1) % Uranio enriquecido: 5% fijo del total del consumo de U, que se incrementa en un 0,5% cada cinco años, hasta alcanzar un 10% del total del consumo de U, en el año 2055, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 2) % MOX: 2% fijo del total del consumo de U que se incrementa en un 0,25% cada cinco años, hasta alcanzar un 5% del total del consumo de U, en el año 2065, manteniendo dicho porcentaje hasta el año 2100
- 3) Los STOCKS DE URANIO MILITAR se reducen hasta 250.000 tm
- 4) Sólo se consideran extraíbles el 100% de las reservas RAR y de las IR y el 50% de las PR

RESULTADOS:

- A) Las reservas extraíbles de coste inferior a 40\$/kg U se agotan en el año 2041.
- B) Las reservas extraíbles de coste comprendido entre 40 y 80 \$/kg se agotan en el año 2062.
- C) las reservas totales extraíbles de Uranio se agotan en el año 2071.

CONCLUSIONES

Son obvias las limitaciones del anterior análisis.

La principal de ellas es la ***falta de contrastación geológica de que las previsiones de extracción del mineral sean efectivamente viables.*** Una cosa son las reservas existentes de cualquier mineral, y otra las posibilidades cuantitativas y temporales de su explotación. En este análisis no hemos tenido en cuenta dichas limitaciones.

Por otra parte la falta de cuantificación de la energía necesaria en explotar cada uno de los yacimientos es otra salvedad muy relevante que se le puede hacer a esta sucinta aproximación al problema del agotamiento de las reservas de URANIO.

Pero todas esas consideraciones no harían sino empeorar el actual panorama, ya de por sí bastante desalentador, para cualquier inversor (privado e institucional) que quiera arriesgar las importantes sumas de energía y recursos financieros en un proyecto que es más que probable que se encuentre al final de su explotación, o antes, según cuál sea la realidad, sin el combustible necesario para que el reactor nuclear funcione.

De las 6 alternativas analizadas, tres en el ESCENARIO DE BAJA EXPANSIÓN y otras tres en el de ALTA EXPANSIÓN, tan sólo en uno se contempla la posibilidad de que el Uranio no se agote antes del año 2080, que sería el año límite para que una eventual decisión de instalar una central nuclear y que previsiblemente no entraría en funcionamiento hasta el año 2020, cubriese los 60 años de ciclo de vida que le calculan sus defensores, y que inciden de manera importante en el coste del kwh.

En el resto de los supuestos, el fin de las reservas se alcanza antes de esa fecha. El 2061, en la hipótesis BAJA 1, el 2078 en la BAJA 2, el 2051 en la ALTA 1, el 2063 en la ALTA 2 y el 2071 en la ALTA 3.

No es de extrañar la situación de indefinición en la que se ha encontrado la energía nuclear hasta la fecha, y los esfuerzos propagandísticos del lobby nuclear para dorar y envolver la píldora nuclear con el envoltorio ecológico de la poca emisión de CO₂, y en los actuales momentos de crisis económica galopante, con el señuelo de una energía "artificialmente" barata, y que basa su bajo coste en prolongados y falsos años de explotación, y en la existencia de unos recursos prácticamente ilimitados.

Dejo para un siguiente informe el evaluar el impacto en los costes del kwh de las conclusiones del presente informe provisional, que someto a la consideración de cuantos consideren oportuno realizar sus críticas, observaciones o aportaciones.

Navarra, a las 19:30 del 24 de febrero de 2009

AMADEUS