EnerDossier

Análisis Sobre El Mercado Energético Mundial

Del 13 al 20 de marzo de 2009

Por Hernán F. Pacheco

Índice:

Análisis I: ¿Es una opción la energía nuclear en Estados Unidos para bajar las emisiones de gases de efecto invernadero? 4

- ✓ *Dilema estadounidense ¿Qué hacer con los residuos nucleares de bajo nivel?* 10

Análisis II: Costos de la energía nuclear 12

- ✓ *Costo del ciclo de combustible por kWh* 17
- ✓ *El escenario "más probable"* 19

Análisis III: Estrategias para evitar la *"anarquía nuclear"* 19

- ✓ *La pobre cultura de seguridad requiere el protagonismo del Nuclear Regulatory Commission* 21
- ✓ *La crisis económica global calma la exuberancia del renacimiento nuclear* 22

Análisis IV: El futuro de la energía nuclear es la modificación de la tecnología para aprovechar otros isótopos de uranio 25

- ✓ *Seis nuevas tecnologías son parte de la cuarta generación de reactores nucleares* 26

Commodities 32

EnerDossier

Análisis I: ¿Es una opción la energía nuclear en EE.UU. para bajar las emisiones de gases de efecto invernadero?

***Perspectivas de los residuos radioactivos tras el eventual cierre de Yucca Mountain**

¿Se hará el Presidente Barack Obama el mejor amigo de la industria nuclear? Aquí está el pensamiento que da vueltas en los círculos pro-nuclear: La administración Obama necesita dramáticamente contener las emisiones de gases de efecto invernadero, y aún incluir ingresos de su no existente esquema de *cap-and-trade* en el presupuesto 2010-2014[1]. Contener las emisiones requerirá un desarrollo general de energía con bajas emisiones, de granjas eólicas a, si, más nuevas plantas nucleares. La emergencia de la crisis energética global no a va a ser resuelto sólo con las energías renovables y el racionamiento.

William Tucker, autor y defensor de la energía nuclear sostiene que cuando la política climática entra en la oposición del Congreso, conducido por los estados dependientes del carbón, el *lightbulb* nuclear se enciende[2]: *"Alguien en la administración - probablemente el Secretario de Energía Steven Chu, que en su corazón sabe que la energía eólica y solar no puede cortarlo- sugerirá que el impuesto al carbono sea acoplado con el renacimiento de la energía nuclear*[3]*. Suddenly, the dam will break. Los laberintos regulatorios del NRC que todavía tratan de protegernos de Three Mile Island serán apartados. Los programas de construcción serán acelerados. Decenas de miles de empleos de construcción serán creados de la noche a la mañana. Los franceses y los japoneses proporcionarán financiación. Además, podemos reanimar la industria siderúrgica en el proceso*".

El principal argumento para proponer la reactivación y el desarrollo de núcleo electricidad consiste en afirmar que esta no produciría emisiones de carbono y por lo tanto contribuiría a combatir el cambio climático. Esas afirmaciones se basan en la comparación de la generación nuclear con la generación a carbón o a gas, y sin incluir un análisis del ciclo completo de cada opción energética. Desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental, y de las emisiones de carbono en particular, es fundamental evaluar con precisión todo el ciclo de vida de la generación eléctrica. El conocimiento de todos los procesos extractivos y productivos es fundamental para una evaluación a largo plazo de la

---

[1] The Wall Street Journal, The Environmental Capital, "*Nuclear Obama: Will Cap-and-Trade Plans Spur Nuclear Revival?*", (11/3)

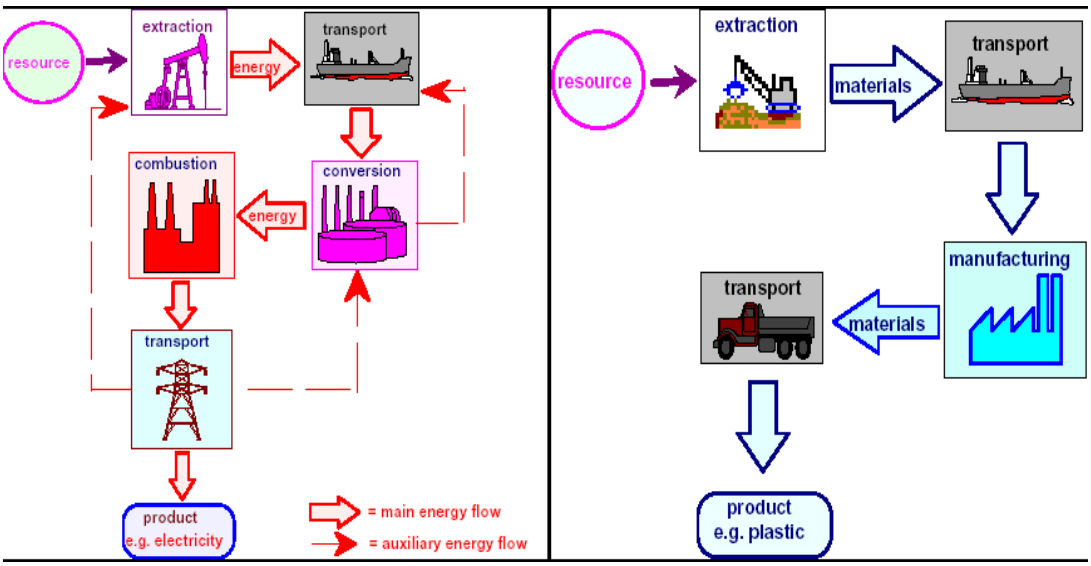
[2] http://neinuclearnotes.blogspot.com/2009/03/william-tucker-on-how-nuclear-will.html

[3] Platts, "*White House to drop Yucca, use temporary sites*", (5/3)

reducción de gases de efecto invernadero. En el caso de la núcleo-electricidad una proporción significativa de las emisiones proviene de procesos anteriores a la etapa de generación, pero que son esenciales para hacer posible la generación nuclear. Entre ellos, la extracción del mineral, su conversión, el enriquecimiento del uranio y la fabricación del combustible.

Sin embargo, pese a su importancia, los datos sobre las emisiones en las minas de uranio son muy escasos, también lo son respecto de la ley del mineral, que incluye tanto en los costos como en las emisiones totales. También son escasos los estudios sobre las emisiones de gases en los procesos posteriores a la generación, como el desmantelamiento de las centrales, el tratamiento, reprocesamiento y disposición final de los desechos radioactivos. Uno de los pocos estudios que se hace carga de calcular las emisiones de gases durante todo el ciclo de vida de las diversas tecnologías de generación eléctrica es el Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS)[4], desarrollado por Öko-Institut de Alemania.

El modelo GEMIS compiló datos sobre las centrales nucleares y la totalidad de sus ciclos de vida útil. En base a esos datos se realizaron cálculos que permitieron concluir (para el caso de Alemania, donde se aplicó el modelo) que se generaban unos 31 gramos de CO2 por kilowatt/hora de núcleo electricidad. Los demás gases de efecto invernadero emitidos a lo largo del ciclo de vida nuclear aportan otros 33 gramos de CO2-equivalentes por kilowatt/hora. Para una central nuclear de tamaño estándar (1.250 megawatts, 6.500 horas) en Alemania, las emisiones indirectas equivalen a un total de 250.000 toneladas cada año[5].



[4] http://www.oeko.de/service/gemis/en/index.htm

[5] Uwe R. Fritsche, *Comparison of Greenhouse-Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective*, Öko-Institute, Enero 2006. http://www.oeko.de/oekodoc/315/2006-017-en.pdf

Otros estudios internacionales muestran cifras semejantes o más elevadas: entre 11 y 22 gramos de CO2 por kilowatt/hora, según la OCDE; entre 84 y 122 gramos de CO2 por kilowatt/hora, Store y Smith; y entre 10 y 130 gramos de CO2 por kilowatt/hora, el ISA de la Universidad de Sydney. Por ejemplo, Store y Smith, realizando un análisis del ciclo de vida demuestran que si se consideran todas las etapas del ciclo, la generación núcleo-eléctrica proveniente de minerales de alta ley emite entre 15% y 40% de CO2 por kilowatt/hora en relación con las emisiones de una central a gas. Pero si el mineral es de baja ley (menor a 0.1%; es decir, un kilo de uranio por tonelada de granito extraído), las emisiones aumentan rápidamente; y con concentraciones de 0.02 a 0.01% se llega a sobrepasar las emisiones de CO2 de una central a gas. Es necesario destacar que la mayor parte de las reservas de uranio tienen esta y aun menores concentraciones de uranio.

La idea de que el imperativo del cambio climático dará *fresh legs* (piernas frescas) a la energía nuclear no es completamente nueva. Y un impuesto al carbono o por lo menos emisiones caras en el programa de *cap-and-trade* llevarían a la economía por un camino largo hacia la recuperación que la energía nuclear. Pero incluso si la administración Obama *"quita los laberintos regulatorios"* no necesariamente "*acelerará el programa de construcción",* que dependen en gran parte de financiación y obtención de una bodega de componentes nucleares a veces limitado. Y aunque los *big nuclear* con la construcción efectivamente crearán 20.000 puestos de trabajo, sería difícil crearlos de la noche a la mañana, habida cuenta de la atrofia de tres décadas en la industria nuclear en el país.[6] La construcción de nueva infraestructura nuclear crea miles de empleos bien pagos y a largo plazo puestos para contratistas y subcontratistas en varias industrias. En 2008, la industria nuclear estima que creó 9.000 nuevos puestos de trabajo cuando las utilities comenzaron a hacer pedidos por reactores, en particular para reactores que requieren parte a ser fabricadas especialmente.[7]

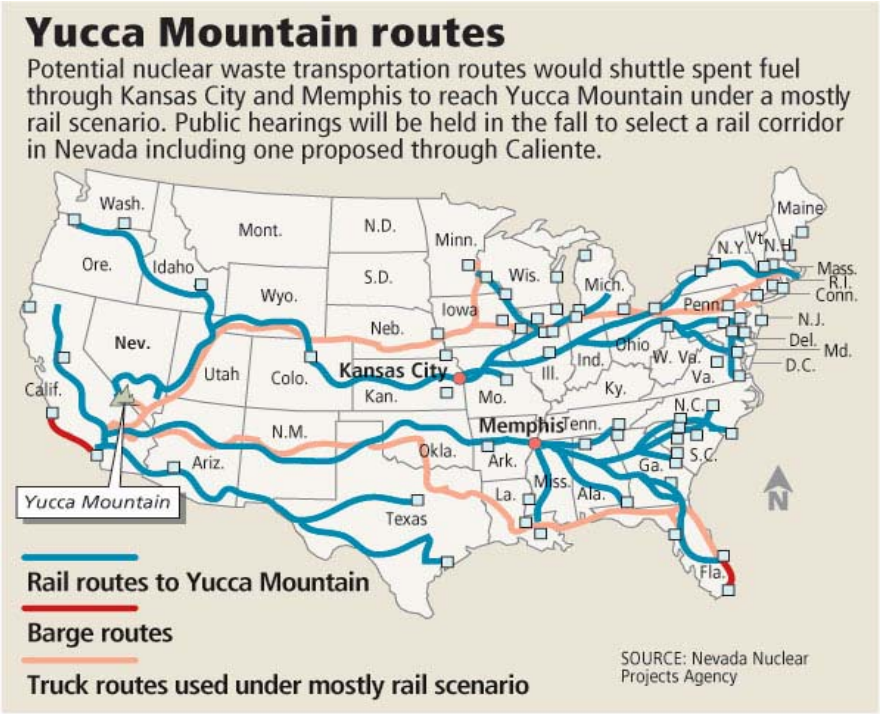
"*La energía nuclear se hace cada vez más una opción más atractiva en todo el mundo, gracias a las preocupaciones sobre el cambio climático, pero la industria es perseguida por las preocupaciones persistentes sobre la seguridad nuclear y los desechos nucleares*", sostiene una nueva revisión realizada por Accenture[8]. La firma de consultaría hizo una revisión del tema en 20 países a 10.500 personas sobre sus actitudes respecto a la energía nuclear, con la finalidad de obtener información sobre las diferentes opciones de energía. ¿El resultado? Aproximadamente el 69% se mostró a favor de la energía nuclear; el 31% se opuso. En los últimos tres años, el 29% de personas apoyaron más, y el 19% se hizo firmemente opositor.

Lo que realmente falta es un debate sobre los residuos nucleares. *Yucca Mountain, simply put, is bad policy that is wrong for America.* Ahora que Yucca Mountain ha dado el tratamiento al Old Yeller, no hay solución a largo plazo para el almacenamiento de residuos nucleares remotamente cercano a la realidad. El presupuesto de Obama hizo un guiño al escritor colombiano Gabriel García Márquez y su *"crónica de una muerte anunciada*", Yucca Mountain está oficialmente muerto, después de agonizar en su lecho de muerte por años.[9] En virtud de la controvertida propuesta, los desechos nucleares de todo el país iban a ser enviados a Yucca Mountain, cerca de 160 km al noroeste de Las Vegas, las cuales se almacenarán en túneles de 1.000 metros bajo tierra. El Departamento de Energía (DoE) planeó almacenar más de 109.000 toneladas métricas en el sitio[10]. Los residuos radiactivos se han extendido entre más de 120 sitios en 39 estados, según el DoE.

---

[6] Reuters UK, "*U.S. Energy Dept to set up panel on nuclear waste*", (11/3)
[7] US News & World Report, "*Keen for a Revival, the Nuclear Industry Eyes the Stimulus Package*", (7/1)
[8] Environmental Capital, The Wall Street Journal, "*More Nukes: Support for Nuclear Power Growing, Accenture Says",* (17/3)
[9] The Wall Street Journal, The Environmental Capital, "*Nuclear Waste: Yucca Mountain's Scrapped, So What Now?*", (26/2)
[10] Bloomberg, "*Obama Rejects Nuclear Waste Site After 20-Year Fight*", (26/2)

Oponentes de Nevada y grupos ambientalistas presentaron demandas judiciales que tratan de bloquear el proyecto de almacenamiento en Yucca Mountain entre los que se incluyen las probabilidades de terremotos -Nevada es el tercer estado con más actividad sísmica en Estados Unidos- y que el transporte de residuos a través de 43 estados crearía un peligro y un objetivo potencial para los terroristas[11]. Durante la última década, se trasladaron más de 7.000 cargas de residuos nucleares radioactivos, sin ningún problema, al depósito.[12]



MIKE JOHNSON/REVIEW-JOURNAL

"Hay peligro de un terremoto alrededor de Yucca Mountain mayor que, por ejemplo, el noreste de Estados Unidos, pero muy inferior al que se enfrentan en Los Angeles o San Francisco", afirma John Anderson, director del Nevada Seismological Lab (NSL), con sede en la Universidad de Nevada. El laboratorio supervisó la región de Yucca Mountain desde 1992, cuando recibió una subvención del DOE para ayudar a determinar la idoneidad del lugar como cementerio de los residuos nucleares[13]. El peligro de terremotos se debe a las fallas que los científicos detectaron en torna a Yucca Mountain, dijo Anderson. Las fallas son fracturas de la corteza rocosa de la Tierra que permiten la circulación entre dos masas de piedra.

"*Análisis de peligros de las fallas cerca de Yucca Mountain indican que no podían producirse más de siete* (en la escala de Richter)", dijo Anderson. En siete aún pueden hacer un daño significativo y califica para un gran terremoto, aunque ese temblor se sitúa muy por debajo de, por ejemplo, la apocalíptica magnitud de 9,1 a 9,3 que provocó el tsunami asiático en 2004.

---

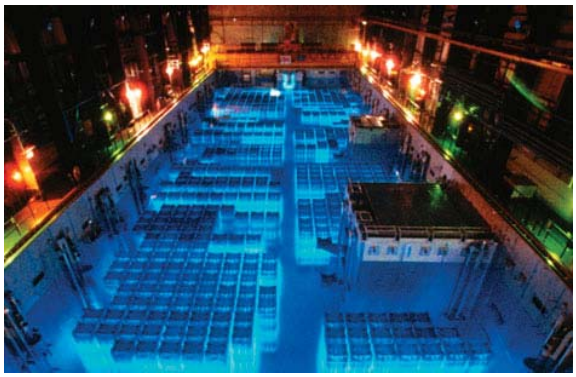
[11] Scientific American, "*Loose nukes: Would earthquakes around Yucca Mountain make it unsafe to hold nuclear waste?*", (11/3)
[12] US News & World Report, "*Lessons from the Yucca Mountain Nuclear Waste Storage Debate*", (16/3)
[13] The New York Times, "*Future Dim for Nuclear Waste Repository*", (6/3)

La intención de la nueva administración de reducir drásticamente la financiación del depósito de residuos nucleares generó un tenso intercambio entre John McCain, Republicano por Arizona y Chu en los primeros días de marzo[14]. En una audiencia en el Senado, McCain se quejó de que la decisión de la administración calificándola como un retroceso en el desarrollo de la energía nuclear en Estados Unidos. "*20 años y 9 mil millones de dólares gastados en Yucca Mountain no es una opción...Está claro que la industria no está interesada en la construcción de las centrales nucleares porque no tenemos lugar para almacenar los residuos nucleares*", dijo McCain.

Chu estudia un nuevo plan para el almacenamiento del combustible nuclear gastado a finales de este año. Aunque dio un dato, la Nuclear Regulatory Commission considera que el almacenamiento de residuos en las centrales nucleares es seguro, pero fue vago acerca de las opciones que la administración considera a largo plazo de almacenamiento.[15] Como el depósito de Yucca Mountain no estaba terminado, el DOE autorizó a muchos de los propietarios de las centrales eléctricas a aumentar la cantidad de combustible consumido en sus fondos de almacenaje por no menos de cinco veces la cantidad permitida por su licencia original (Los propietarios archivaron casi 60 pleitos contra el DOE por daños y perjuicios monetarios por los gastos de este almacenaje).

Los propietarios de centrales cuyos *storage pools* están llenos colocaron el combustible consumido de exceso en cilindros de acero soldados o barriles cerrados para prevenir escapes. Estos cilindros son colocados dentro de una gran bóveda hecha de hormigón, que proporciona protección contra la radiación, y almacenado sobre bloques de concreto. Aunque los barriles secos presentan menos riesgos que los *pools* de combustible consumido de ser atacado, permanecen vulnerables a armas como granadas autopropulsadas. Estas armas podrían penetrar en la mayoría de los barriles secos y sus bóvedas, encendiendo fuego de zirconio y causando la liberación de cantidades significativas de material radioactivo.

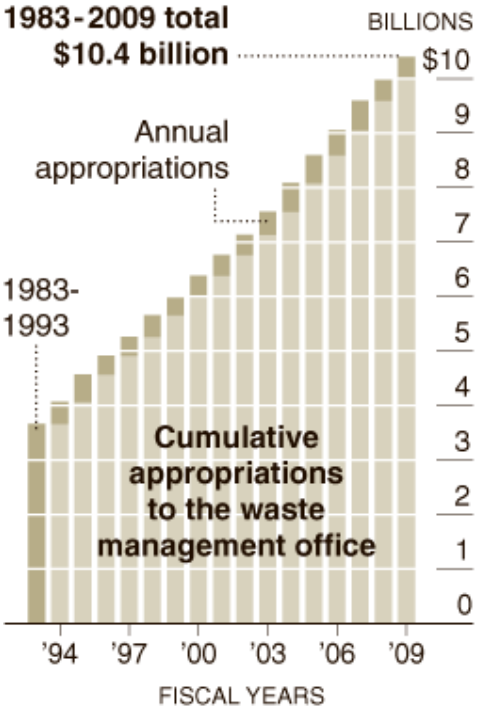
La seguridad de estos fondos y sitio de almacenaje secos es claramente inaceptable. Sin embargo, el almacenaje intermedio del combustible consumido en barriles secos puede hacer de una manera aceptablemente segura y económicamente viable por al menos 50 años con unas cuantas modificaciones relativamente simples. Para la flota actual de reactores nucleares, que producen alrededor de 2000 toneladas de combustible radioactivo en un año, la muerte de Yucca Mountain sólo significa *business as usual*.



[14] The Wall Street Journal, The Environmental Capital, "*Yucca Mountain: McCain Goes Nuclear on Chu*", (6/3)
[15] The Washington Post, "*Mountain of Trouble",* (8/5)

Leaving A Depository

Since 1983, more than $10 billion has been appropriated for the Office of Civilian Radiocative Waste Management, primarily for the nuclear waste depository at Yucca Mountain. President Obama has proposed eliminating Yucca Mountain financing.



*Includes Defense Department appropriations

Source: Energy Dept.

Según la mayoría de los expertos, la búsqueda de una nueva sede permanente podría tomar hasta 20 años, quizás más. "*Esta vez, la búsqueda puede ser diferente. En EE.UU. aprendimos que la comunidad local puede ser muy eficaz si no está de acuerdo*", dijo Rodney Ewing, experto en desechos nucleares de la Universidad de Michigan.

La eliminación de los residuos radioactivos procedentes de las centrales nucleares, que seguirán siendo peligrosos durante millones de años, presenta un importante desafío para la industria de la energía nuclear. Un reporte del Union of Concerned Scientists llegó a la conclusión de que si la ampliación de la energía nuclear va a ser cada vez una opción

viable para la lucha contra el calentamiento global, la industria y el gobierno federal necesitan una solución creíble para la eliminación de los residuos radioactivos[16].

El Nuclear Waste Policy Act de 1982 estableció un marco legal para el emplazamiento, la construcción y el funcionamiento de los depósitos geológicos para desechos radioactivos de alto niveles y el combustible nuclear usado[17]. El acta instó al Departamento de energía a encontrar al menos cinco sitios candidatos a en todo el país, y recomendar tres al presidente, que escogería. Según el acta, el primer depósito puede aceptar hasta 70.000 toneladas de desechos de alto nivel hasta que el segundo depósito comience a funcionar. Las centrales nucleares produjeron 55.000 toneladas de combustible consumido, y el límite de 70.000 toneladas pronto será excedido por los 104 reactores que están actualmente en funcionamiento.

Además, el acta de 1982 estableció un Nuclear Waste Fund para pagar por el programa de depósito federal. La ley requirió que los aperadores de las centrales nucleares paguen 0,1 centavos por kilowatt/hora de electricidad que generarán y que el gobierno federal comienza a aceptar el combustible consumido para la disposición que comenzó en 1998.

Un estudio reciente realizado por el Congressional Research Service dice que costaría alrededor de 100 mil millones de dólares para eliminar los residuos de los reactores nucleares en EE.UU. y el desmantelamiento de armas en ese sitio. Pero los defensores de la energía nuclear dijeron que estos costos son nominales[18].

Dilema estadounidense ¿Qué hacer con los residuos nucleares de bajo nivel?

¿Qué se puede hacer con los residuos nucleares de bajo nivel?, pregunta The New York Times[19] Hay una disminución de lugares para poner los desechos nucleares de bajo nivel, resinas contaminadas, filtros, madera, papel, plásticos, tubos, estructuras de acero y recipientes a presión que pueden ser peligrosos por un máximo de 500 años. Y los grupos que se oponen a la energía nuclear generan luchas legales para obligar a las utilities a presentar planes de eliminación de residuos de bajo nivel antes de poder construir un nuevo reactor.

"*Argumentar sobre los residuos de bajo nivel es actualmente uno de los problemas más grandes que los residuos de alto nivel*", dijo Edward Sproat, entonces director del Office of Civilian Radioactive Waste Management del Departamento de Energía. Si bien la industria nuclear está descontenta con la inminente desaparición de Yucca Mountain, funcionarios

[16] Energy National Journal, "*How Should America Handle Its Commercial Nuclear Waste?",* (23/2)
[17] The Christian Science Monitor, "*Nuclear waste dogs US energy policy*", (6/3)
[18] San Francisco Chronicle, "*Nuclear power industry sees opening for revival",* (9/3)
[19] The New York Times, *"Low-level waste emerges as hurdle for new nuclear reactors*", (16/3)

reconocen que no pone en peligro inmediato las 17 aplicaciones de licencia para los nuevos reactores. La NRC determinó que el combustible consumido puede ser almacenado en el lugar para el próximo siglo y repasa una posible expansión de esto. Pero el problema de los desechos de bajo nivel ya afecta a las aplicaciones de reactores.

Sara Barczak, director del programa para Southern Alliance, dijo que el foco sobre los desechos de bajo nivel representa un movimiento significativo para los reguladores y las utilities. Los desechos de bajo niveles de Estados Unidos procede de una amplia gama de sitios, incluyendo hospitales y laboratorios, pero el mayor -y más tóxico- es el volumen producido por el Departamento de Energía y los 104 reactores nucleares comerciales. Tóxico para hasta 100 años, los desechos Clase A tienen tres opciones de almacenaje -en Clive, Utah; Richland, Wash.; y Barnwell, S.C. Sólo Richland y Barnwell aceptan desechos Clase B, que son tóxico hasta 300 años, y los Clase C, con toxicidad hasta 500 años.

Pero hay otra complicación: Barnwell cerró sus puertas a todos los estados pero Connecticut, New Jersey y South Carolina el verano pasado. Y Richland sólo acepta los desechos de 11 estados en el Noroeste y Rocky Mountain. Esto quiere decir que 36 estados con reactores, hospitales y otras industrias con materiales radioactivos no tienen ningún lugar para enviar la mayor parte de sus desechos.

Las instalaciones a disposición existentes tienen la capacidad adecuada para la mayoría de los desechos radioactivos de bajo nivel y son accesibles para generar desechos en el corto plazo, pero las restricciones sobre la disposición a largo plazo de los desechos Clase B y Clase C son claras, según un informe del Government Accountability Office el año pasado. "*La industria nuclear estuvo realmente ocultando su cabeza en la arena sobre los desechos para todos los temas*", dijo Michael Mariotte, director ejecutivo de Nuclear Information and Resource Service, que se opone a la nuclear power. Mariotte dijo que las utilities quieren construir nuevos reactores sabían durante 10 años que Barnwell se cerraría, pero fracasaron en incluir un almacenaje local u opciones para manejar los desechos radioactivos de bajo nivel de sus aplicaciones de licencias.

Análisis II: Costos de la energía nuclear

Un estudio hecho público en enero pone a los costos de generación de energía de nuevas centrales nucleares en 25 a 30 centavos por kilowatt/hora, el triple de los precios actuales de la electricidad en Estados Unidos. El nuevo estudio, *Business Risks and Costs of New Nuclear Power*[20], es uno de los análisis más detallados de gastos a disposición del público en la actual generación de centrales nucleares que se están considerando en ese país.

Con el calentamiento global dejando fuera del juego a las centrales a carbón, las utilities estadounidenses tienen aversión al riesgo de confiar únicamente al gas natural la nueva generación. El gas natural es todavía una opción viable, por lo general no tiene oposición de los ambientalistas y no tiene regulaciones gubernamentales, debido a la excelente eficiencia de las turbinas de ciclo combinado de gas natural. Aproximadamente sólo la mitad de las emisiones de dióxido de carbono se emite por kWh, en comparación con las emisiones de carbono de una planta a carbón. Los nuevos descubrimientos de gas también ampliaron la oferta.

Muchas utilities de EE.UU. se están diversificando a través de una combinación de incentivos agresivos de reducción de cargas a los clientes, la mejora en el manejo de la red, y la mixtura de suministro de fuentes de energía renovable "*zero-fuel-cost kWh's*", con el respaldo de la capacidad de KW de las turbinas de gas natural en caso de ser necesario. Algunas empresas de electricidad, principalmente del Sur, a menudo tienen menos programas agresivos de reducción de cargas, y ve su región como deficiente en recursos energéticos renovables. Estas utilities están estudiando nuevas centrales nucleares. Un total de más de dos docenas de reactores se encuentran en alguna etapa de exploración.

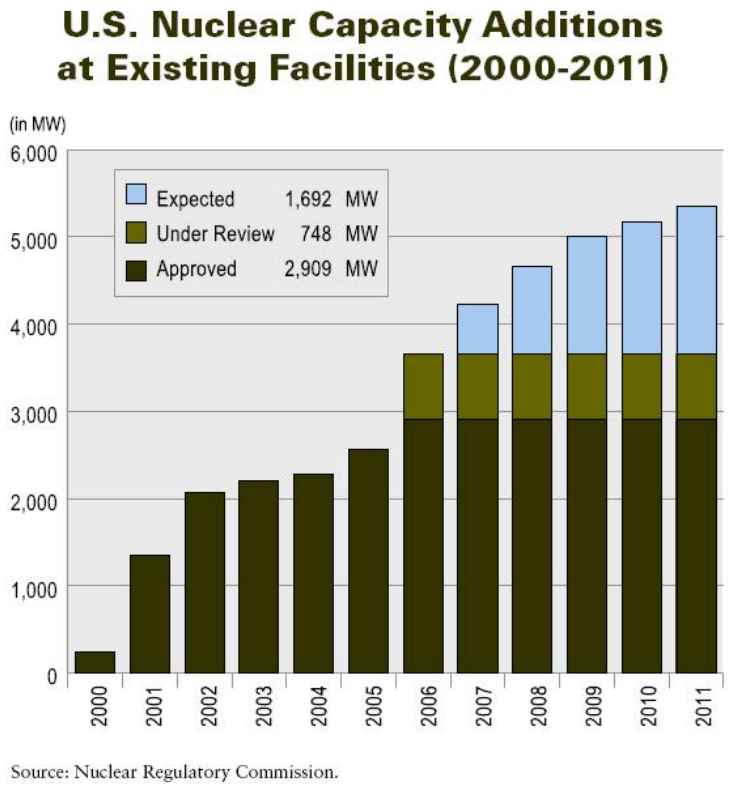
Las estimaciones para las nuevas centrales nucleares en los lugares de estas instalaciones entre proyectos privados cada vez más costosos. La promoción de las utilities de nueva energía nuclear afirma que es una opción menos costosa. Sin embargo, los estudios independientes concluyeron que la nueva energía nuclear no es económicamente competitiva. Habida cuenta de esta discrepancia, la historia de los *costs overruns* de la energía nuclear, y el hecho de que el diseño de la nueva generación no se construyó en ningún caso, existe un importante riesgo de que la empresa de energía nuclear sea más costosa de lo previsto.

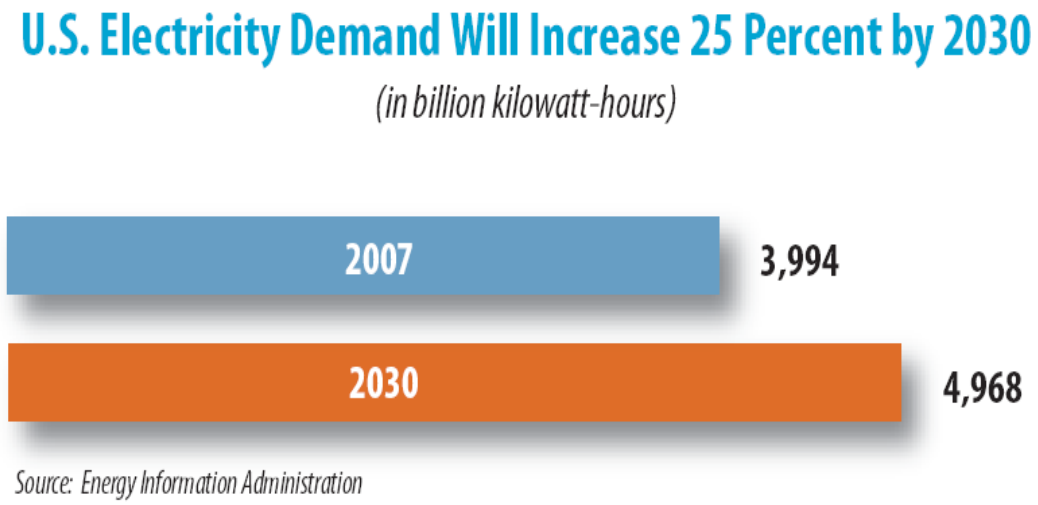
Recientes estimaciones de los costos de construcción implica costos de capital/kWh (sin contar la operación o costos de combustible) en 17/22 centavos/kWh cuando las instalaciones nucleares entren en funcionamiento. Otro de los principales riesgos de negocios de la historia nuclear son los retrasos en la construcción. Los retrasos harían a los costos más elevados, con el riesgo de déficit de financiación. La tensión en el flujo de caja que se espera puede degradar la calificación crediticia. Los costos de generación/kWh para la nueva energía nuclear (incluidos el combustible y O&M, pero no su distribución a los clientes) es probable que sea de 25-30 centavos/kWh. Los costos de O&M incluyen todos los costos que no se consideren costos de capital o de combustible

[20] http://climateprogress.org/wp-content/uploads/2009/01/nuclear-costs-2009.pdf

siendo los elementos principales los costos del personal de operación y de ayuda, entrenamiento, seguridad, salud y seguridad, y administración y eliminación de los desechos operacionales[21].

Una propuesta de una utility por una central nuclear no puede proceder por su propia cuenta. Se debe ganar un voto de confianza de varios players. La utility debe obtener la aprobación de la comunidad financiera. También debe ganar la aprobación regulatoria del Estado para la inclusión de los costos de la instalación en los *customer rates*.



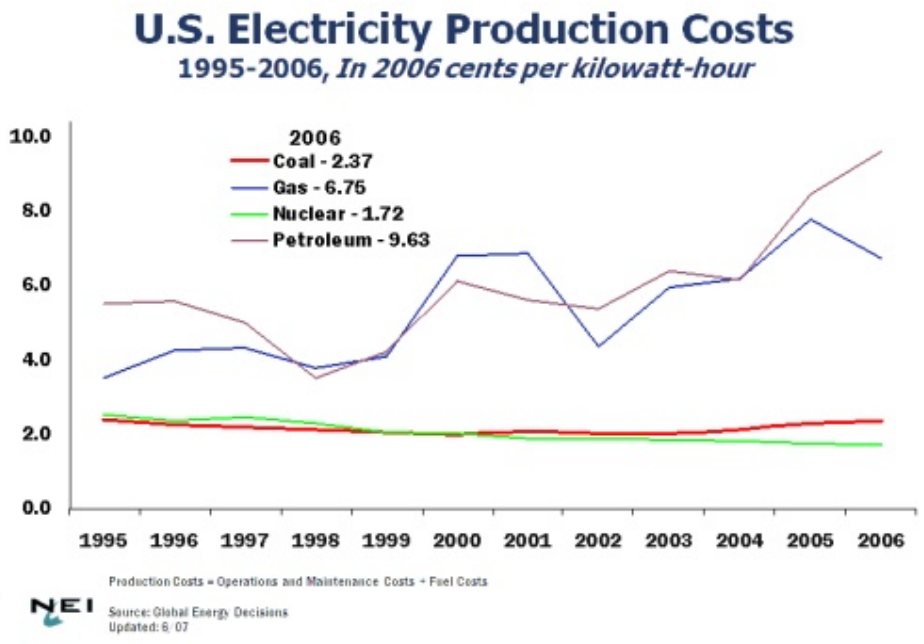


[21] Center for American Progress, "*The Staggering Cost of New Nuclear Power*", (5/1)

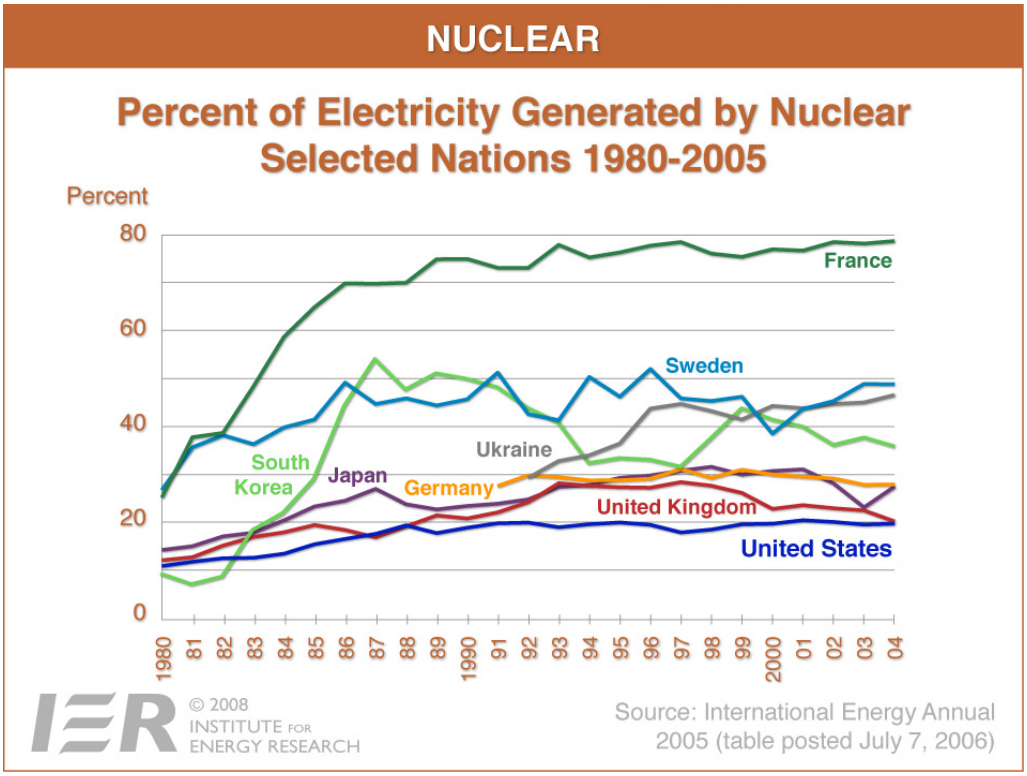
Una utility eléctrica sirve a un único rol, ya que afecta a la economía de toda su área de servicio. Si una utility elige una opción con un peso significativo en el riesgo de incumplimiento de sus costos proyectados y el calendario, graves consecuencias para sus clientes podrían acarrear en forma de tasas más altas o, en el peor de los casos, interrupciones de servicio. El rating crediticio de la utility puede ser seriamente degradado, afectando a su capacidad de obtención de financiamiento para los necesarios proyectos.

Los costos de capital incluyen los costos en diseño y construcción, restauraciones importantes, desarme y eliminación de alto nivel de desperdicios. Los dos últimos comprenden todos los costos incurridos en la parada de la planta hasta que se deja el lugar utilizado en la producción[22]. No incluyendo el interés de pago durante la construcción, los diseños de las actuales centrales nucleares tienen un costo de capital de $2000/kW (comparado con el $1200/kW para las plantas a carbón y el $500/kW para las turbinas a gas de ciclo combinado). Los costos de capital explican típicamente el 60% al 75% del costo total de la generación de la energía nuclear, mientras que en las plantas a carbón son solamente cerca de 50% y en las plantas a gas pueden ser el 25% o menos. Los costos de inversión deben ser financiados y se incurre así en cargos de intereses. Estos intereses son amortizados en un cierto período del sistema, quizás en el orden de 20-25 años y el servicio de deuda se convierte en una parte de los costos de generación eléctrica. Debido a los cargos de intereses y retrasos en la construcción el costo de capital puede aumentar significativamente.

La responsabilidad de la eliminación y la administración de desperdicios pueden ser la más importante de los varios riesgos económicos de la energía atómica en mercados competitivos de la electricidad. En muchos casos, una recaudación para el costo de eliminación del combustible nuclear gastado y/o desperdicios de alto nivel es considerada en los costos del combustible nuclear.



[22] http://www.eia.doe.gov/oiaf/archive/aeo05/conf/pdf/joskow.pdf



En junio de 2008 Lazard, una preeminente firma de management y gestión, publicaron "*Levelized Cost of Energy Analysis- Version 2.0*" comparando las estimaciones recientes de la relación costo/kWh de varias fuentes de generación de energías incluidas renovables, carbón, gas natural y nuclear. El análisis de Lazard indica el rango de costo/kWh para las nuevas plantas nucleares, en aproximadamente 10 a 13 centavos/kWh en los niveles del dólar de 2007, ahora prevé que sea más alto que el precio disponible para casi cualquier otra opción de generación de energía.

El análisis de Lazard comparado con los costos de tecnologías ya ampliamente en servicio por las utilities estadounidenses -energía eólica, ciclo combinado de gas natural y la actual tecnología de carbón. Las proyecciones de Lazard de los niveles de costos de 2007 para estas tecnologías existentes, que ya tienen costos *well-known* (conocidos) de la actual experiencia, indican que los costos proyectados para nueva energía nuclear fueron significativamente más altos que los costos de la energía eólica (4 a 9 centavos/kWh), el ciclo combinado de gas natural (6 a 12 centavos/kWh que incluye un amplio rango de precios del combustible gas natural), y la tecnología de carbón existente (aproximadamente 7 a 10 centavos/kWh también incorporando una gama de precios de combustible para el carbón).

Lazard también examinó los costos/kWh en dólares a niveles de 2007 para varias otras tecnologías que son cada vez más utilizadas: la generación eléctrica de energía geotérmica (4 a 7 centavos/kWh) gases de landfill (5 a 8 centavos/kWh), la biomasa directa (5 a 10 centavos/kWh), y la generación eléctrica solar térmica (9 a 15 centavos/kWh). Significativamente, algunas nuevas tecnologías de generación eléctrica están con costos de curva para abajo principalmente porque no se construyó sobre el terreno, sino que se producen en masa en las usinas. Por ejemplo, el análisis de Lazard proyecta costos para 2010 de las tecnologías *thin film*- solar fotovoltaicas deberá estar en el rango de 8 a 12 centavos/kWh. Lazard también muestra que los costos de fabricación solar

estan proyectados a caer más, indicando un costo en el rango de sólo aproximadamente 6 centavos para 2012 para fotovoltaica *thin-film*.

Debido a que muchos todavía no están preparados para renunciar a las abundantes reservas de carbón, Lazard examina también los gastos previstos para la planta de carbón para captura y compresión de carbono en un 90%. Según el análisis de Lazard, el total proyectado de costo/kwh para el *clean coal* en la misma gama, o sólo ligeramente superior (aproximadamente 11 a 14 centavos/kWh de costos en dólares a niveles de 2007) que lo proyectado en costos/kWh del escenario nuclear de Lazard[23].

Importantes estudios llegaron a la conclusión de que varias tecnologías ya existentes tienen un costo significativamente menor costo por kWh que la nueva energía nuclear, incluidas tecnologías compatibles con la reducción de carbono, como la energía eólica, biomasa, los gases de vertederos, y el ciclo combinado de gas natural.

La empresa Moddy's, de evaluación de riesgos, ha dicho que a la hora de valorar el riesgo económico de una eléctrica que quiera construir una central (y por lo tanto el interés que tendría que pagar por un crédito) utilizará una estimación de costes de 6.000 $/KW, el triple de la cifra que se supone las hace competitivas con el gas y el carbón.

La estimación de costos overnight de Standard & Poor's es de 4.000 dólares es la más confiable porque se basa en los costos de construcción de las plantas nucleares donde la mano de obra y los costos de materiales son muy similares a los encontrados en Estados Unidos. Todas las estimaciones son "*overnight costs*", o sea, suponiendo que la construcción se hiciese en una noche. Como que la construcción dura años, tienen que sumarse todos los intereses acumulados durante el periodo de construcción[24]. La experiencia francesa en Finlandia es también interesante: dijeron que tardarían 4 años, porque eso es lo que decían los modelos económicos que los fineses usaron para "demostrar" que la opción nuclear era la más competitiva. De momento, ya están a 6,5 años y veremos, si es que la acaban, cuando habrán tardado y quién se tragará la diferencia entre el precio cerrado y el coste real[25].

	Overnight capital cost (2008 $/kW)	Electricity cost (c/kWh)
nuclear	4038	8.34
supercritical coal	2214	8.65
supercritical coal +CCS	4037	14.19
IGCC	2567	9.22
IGCC + CCS	3387	12.45
gas combined cycle	869	7.60
gas combined cycle + CCS	1558	10.31

CCS = carbon capture & storage

[23] Source Watch, "*Comparative electrical generation costs*", (mayo 2008)
[24] CATO Institute, "*Nuclear Energy: Risky Business*", (22/oct/08)
[25] Neimagazine, "*Will nuclear rebound*?", (20/2)

Los factores que caracterizan la economía de la energía nuclear son:

*Altos costos en la inversión de capitales;

*Horizontes largo de planificación y vida operacional;

*Bajos costos de combustible, de operación y mantenimiento (O&M);

*Costos significativos incurridos después del cese de la generación de energía (notablemente administrativos y en la disposición de los desechos radioactivos y desarme)

*La estructura de costos de la energía nuclear la hace bien adaptada para la generación de energía de cargamento de base o *baseload*, puesto que tienen una alta fracción en costos de los valores inmovilizados y una baja fracción en costos variables de explotación.

Costo del ciclo de combustible por kWh

Las estimaciones para cada etapa del ciclo de combustible nuclear al principio fueron delineadas detalladamente, en el libro The Economics of Nuclear and Coal Power de 1976. Para los elementos de ciclo de combustible nuclear aparte del precio del U3O8, una escalada modesta de costos de 1976 para acercarse a los gastos de 2007, aquí es asumido, usando la multiplicación del 1975-2007 Consumer Price Index. En dólares de 2007, los elementos menores de gastos del ciclo de combustible nuclear (por ejemplo no para minería y moler el U3O8 o enriquecimiento) -la conversión de U3O8 a UF6, fabricación de barras de combustible, y el inventario de combustible que lleva la carga- está estimada en un total de sólo 0.003 $/kWh en dólares de 2007[26].

Los elementos más grandes de los costos en el ciclo de combustible nuclear son el costo de extracción y molienda de U3O8, y los gastos de enriquecimiento de uranio. El precio del U3O8, expresado en "dólares de 2007" (Term Price a diferencia del Spot Price) el costo/libra para U3O8, de 95 $/libra es reflejado en el artículo *"Mining the Supply Gap"* de Nuclear Engineering International[27], que notó que este precio de término de 95 dólares/libra "*permaneció en ese nivel durante 11 meses*", por ejemplo una indicación justa de los precios del U3O8 en dólares de 2007. Esta parte de los gastos del ciclo de combustible -para extraer y moler el U3O8- es por lo tanto aproximadamente 0.006 $/kWh en dólares de 2007.

El costo de enriquecimiento representa típicamente aproximadamente la mitad de los costos de combustible de uranio, aún cuando su costo sea actualmente subvencionado por el gobierno estadounidense. En The Economic of Nuclear and Coal Power, una estimación de 187.82 dólares por Separative Work Unit (SWU), en dólares de 1975, fue

[26] http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/info/pdf/EconomicsNP.pdf
[27] http://www.neimagazine.com/story.asp?sectionCode=76&storyCode=2050836

desarrollada para una instalación de enriquecimiento de difusión. Si esta estimación fuera intensificada de manera muy conservadora, usando la economía general (Consumer Price Index) las tasas de inflación de 1975 a 2007, esto igualaría los 0.0104 dólares/kWh en dólares de 2007. Sin embargo, los reportes más serios, muestran un costo de enriquecimiento de sólo 0.005 $/kWh en dólares de 2007 es asumido -asumiendo que el nuevo gobierno seguirá subsidiando pesadamente los gastos de enriquecimiento de uranio, y/o que una tecnología de enriquecimiento de uranio diferente con potenciales bajos costos (por ejemplo: las centrifugadoras) serán empleadas.

Recapitulando los costos del ciclo de combustible nuclear -en dólares de 2007- es de 0.006 $/kWh total para el uranio extraído y molido[28], 0,005 $/kWh para el enriquecimiento, 0,003 4/kWh para la miscelánea de otros costos del ciclo de combustible nuclear. Así, en costos totales de ciclo de combustible nuclear en dólares de 2007 (sin incluir el transporte y la disposición del combustible gastado) son estimados en aproximadamente 0.014 $/kWh, en dólares de 2007.

Serán necesarios acuerdos sobre los aumentos de los precios del uranio para estimular la nueva producción mundial de uranio. Las minas de uranio actuales son ahora capaces de suministrar el 71% de los requerimientos de referencia de 2008 -por ejemplo suministro a las centrales nucleares del mundo ya operacionales. Los inventarios existentes, los materiales fisibles de las armas nucleares, etc., están siendo utilizados actualmente para encontrar este déficit de suministro, pero las nuevas capacidades de minería serán necesarios en la próxima década después que estos *stores* fueron agotados, solamente para suministra la demanda existente. La expansión de la potencial nuclear requerirá que un esfuerzo aún mayor abra nuevas minas de uranio de forma apresurada.

Se esperan verdaderos aumentos en los precios reales que serán necesarios para seguir conduciendo la expansión de la capacidad minera de uranio mundial. También, la mayor parte de las nuevas provisiones de uranio es considerablemente mineral de bajo grado, que naturalmente requerirá más costos para recuperarse. Vale notar también que gran parte de los depósitos de uranio del mundo (consideradas el 24% de la extracción de uranio en 2007) están en áreas que antes conformaban la Unión Soviética (Uzbekistán, Ucrania, Kazajstán), y es significativo el rol que juega Rusia, que espera seguir ejerciendo su predominio en su "*sphere of influence*".Otra área principal de depósitos de uranio (Níger) experimenta actualmente un importante conflicto armado local que ya interrumpió las actividades de extracción de uranio, incluyendo los carriles de ferrocarril que sirven las minas de uranio, y la captura por los rebeldes de operarios de uranio chinos.

A causa de la necesidad continuada de la escalada de precios para conducir a los proveedores para desarrollar minas de uranio y otra capacidad de ciclo de combustible, y un impulso esperado para cortar el subsidio del gobierno federal de enriquecimiento de uranio, las escalada de precios para todos los componentes del ciclo de combustible nuclear tomados en conjunto. El costo total del ciclo de combustible de uranio, como se estima es de aproximadamente 0.03 dólares/kWh en los primeros años pleno de operaciones.

---

[28] El uranio extraído normalmente se procesa para reducir el material a un tamaño uniforme de particular, para, a continuación tratar el mineral para extraer el uranio mediante lixiviado químico. El proceso de molienda, habitualmente produce un polvo seco formado por uranio natural, (yellowcake), (torta amarilla), la cual se vende en el mercado de uranio como U3O8.

El escenario "más probable"

El costo/kWh de generación total proyectado para la energía nuclear nueva (en dólares nominales en los proyectado para el primero año de operación plena en 2018)

Componentes de costos	**$/kWh**
Costo de inversión	$0.22
Operación y Mantenimiento y combustible	$0.01
Property taxes	$0.02
Costos de desmantelamiento y residuos	$0.02
Costos del ciclo de combustible	$0.03
Dólares/kWh totales	$0.30

Análisis III: Estrategias para evitar la "*anarquía nuclear*"

La nueva generación de centrales eléctricas atómicas planificadas en Gran Bretaña, China y muchas otras partes del mundo llevar al mundo a un riesgo de proliferación que podría conducir a la "*anarquía nuclear*". Los gobiernos y las organizaciones multilaterales deben hacer una estrategia para acordar el impacto de una nueva *nuclear age,* que producirá bastante plutonio para 1m armas nucleares para 2075, argumenta Frank Barnaby del *think tank* Oxford Research Group en un paper[29] para el Institute for Public Policy Research (IPPR)[30].

[29] http://www.ippr.org.uk/members/download.asp?f=%2Fecomm%2Ffiles%2Fnuclear_renaissance.pdf
[30] The Guardian, "*New generation of nuclear power stations 'risk terrorist anarchy'",* (16/3)

"Estamos en un cruce de caminos. A no ser que el trabajo conjunto de los gobiernos para salvaguardar las provisiones de energía nuclear, el incremento de la insegura tecnología nuclear nos pondrá a todos en peligro. Sin esto, nos lanzamos hacia un estado de anarquía nuclear donde los terroristas y los rouge states tienen los caminos y los medios para hacer armas nucleares o bombas sucias, cuyas consecuencias son inimaginables", dijo Barnaby. Cualquier país que decida manejar la nueva generación de reactores nucleares en el futuro tendría acceso relativamente fácil al plutonio, que es usado para aprovechar al máximo las eficientes armas atómicas, con los físicos e ingenieros nucleares para diseñarlos. Estos países serían poderes nucleares latentes "*y debe esperarse que algunos tomarán la decisión política de hacer reales armas nucleares"*, argumenta Barnaby en su paper.

El tema de la seguridad de la proliferación nuclear en gran parte no tuvo el espacio de debate en el *nuclear power* relegado por cuestiones económicas y sociales y como tratar los desechos radioactivos. Barnaby dice que una escasez de uranio para la clase de reactor que EDF y otros piensan construir en Gran Bretaña podría animarlos a tratar de reprocesar el combustible y producir más plutonio. Pero está igualmente convencido que un renacimiento nuclear conducirá a los reactores nucleares *fast breeder* (reactor rápido de neutrones que genera material fisionable) que producen más combustible nuclear del que usan y que podría ser útil para los terroristas.

Atomic Energy Agency and the Organisation for Economic Co-operation and Development ya sugirió que los recursos de uranio durarán menos de 70 años si son procesados usando la actual generación de reactores nucleares light water (o LWR). Barnaby quiere que el tratado de no proliferación sea reforzado en un "*make or break*" (lograrlo o morir) en la conferencia del próximo año y también le gustaría ver a los países aún si capacidades nucleares desalentar la obtención de uranio enriquecido, un problema destacado en el caso de Irán.

"Un renacimiento nuclear global, de ser mal manejado, podría traer enormes complicaciones en términos de no-proliferación nuclear y terrorismo. Los hacedores de políticas necesitan estar alertas para el peligro y construir políticas que traigan energía segura, baja en carbono, y un ambiente estable de armas nucleares", dijo Ian Kearns, comisionado del IPPR.

La pobre cultura de seguridad requiere el protagonismo del Nuclear Regulatory Commission

Estados Unidos tiene normas fuertes en seguridad de energía, pero los serios problemas de seguridad en centrales nucleares estadounidenses muestran suficientemente que la Nuclear Regulatory Commission (NRC) no hace cumplir las normas existentes[31]. "*La pobre cultura de seguridad del NRC es la barrera más grande al descuido consistenteme efectivo, y el Congreso estadounidense debería requerir a la agencia para rectificar este problema*", reza el informe *"Nuclear power in a warming World, Assessing the Risks, Addressing the Challenges",* realizado por el Union of Concerned Scientists. Este informe evalúa los riesgos planteados por la energía nuclear y propone formas de reducirlos al mínimo. En particular considerando (1) el riesgo de accidentes de reactores y como manejar el descuido del gobierno en la seguridad del reactor; (2) la amenaza de sabotaje y ataques terroristas sobre reactores o instalaciones asociadas, y como mejorara la seguridad; (3) el potencial para la expansión de las instalaciones de energía nuclear permitirá a las naciones y grupos terroristas a adquirir armas nucleares más fácilmente, y lo que puede hacer Estados Unidos para reducir al mínimo esas posibilidades; y (4) como tratar mejor los desechos radioactivos de las centrales eléctricas estadounidenses.

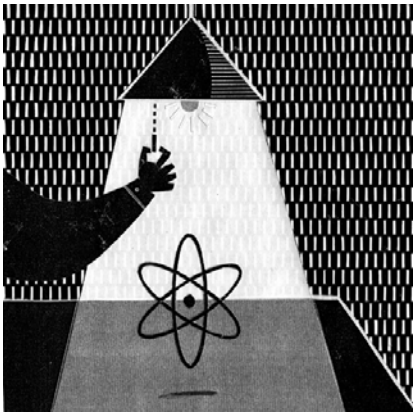
La operación de una central nuclear contiene una gran cantidad de material radioactivo, y un accidente que causa la liberación de este material podría hacer un daño significativo para la población y el medio ambiente. Los costos de evacuación y la remediación ambiental, y la pérdida de tierra utilizable, podrían ser enormes. La radioactividad liberada por un accidente severo podría conducir a la muerte de decenas de miles de personas, perjudicar a muchos miles de otros, contaminando grandes áreas de tierra, y costar miles de millones de dólares. Es por eso es necesario la sustentabilidad como la capacidad de cuidar acerca de las necesidades de ambas generaciones la presente y la futura se busca precisamente en términos de suministro de combustible nuclear y administración del combustible gastado. La disponibilidad prolongada de recursos puede ser alcanzada mediante la reproducción de nuevo material fisil o mediante el reciclado del combustible gastado. La administración futura de los desechos radioactivos debe incluir

[31] El NRC concede licencias de construcción y operación para reactores nucleares comerciales; da standards de seguridad para esas plantas, instalaciones del ciclo de combustible, y otras instalaciones como hospitales que procesan o usan materiales nucleares; inspecciones de conductas; e imposición de multas a las plantas por el no cumplimiento y requerimiento de los propietarios de corregir las desviaciones o *shut down*. Cuatro veces al año, el NRC evalúa el funcionamiento de seguridad de cada reactor nuclear en aproximadamente 20 categorías, y hace informes al respecto disponibles en su página web.

procesos que conduzcan a cantidades significativamente reducidas de desechos a ser dispuestos y su calor de decaimiento. Más aún, una reducción significante en la vida media y toxicidad simplificaran los requerimientos para un desempeño seguro de los depósitos.

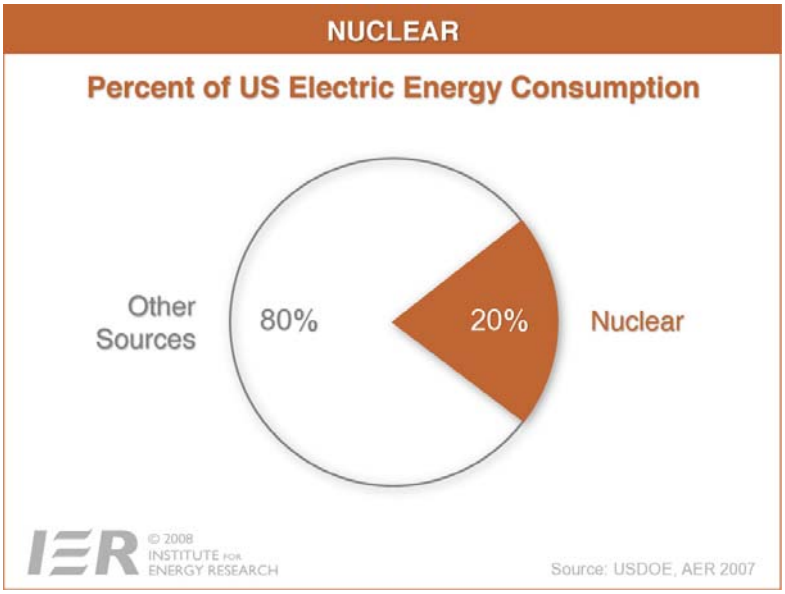
Mientras Estados Unidos tiene uno de los sistemas reguladores más desarrollados del mundo para la protección de instalaciones nucleares contra el sabotaje y ataques, los actuales estándares de seguridad son inadecuados para defenderse contra amenazas creíbles. El grado en el cual una expansión de la energía nuclear aumenta el riesgo que más naciones o terroristas adquirirá armas nucleares dependiendo en gran parte si el reprocesamiento es incluido en el ciclo de combustible, y si el enriquecimiento del uranio está efectivamente bajo control internacional.

La crisis económica global calma la exuberancia del renacimiento nuclear



Una "*exuberancia excesiva*" para la expansión de la industria nuclear estadounidense se calmó debido a la crisis económica y las restricciones de crédito global. Un funcionario de Energía Nuclear GE Hitachi advirtió que la carencia de crédito reducirá la marcha del desarrollo de energía nuclear en Estados Unidos[32]."*Los recientes acontecimientos en el mercado influyen en el paso de los proyectos de nuevas centrales eléctricas en toda la industria estadounidense*", dijo Danny Roderick, vicepresidente para proyectos de plantas nucleares. "*El clima financiero global causa a algunos clientes estadounidenses, principalmente los que confían en los mercados de capitales para financiar sus proyectos, priorizar nuevamente necesidades y considerar opciones para la construcción de nuevas centrales nucleares*", dijo. *Mientras el desarrollo de energía puede haber reducido la marcha, a rise is still on the way* (el crecimiento está todavía por venir)", dijo Roderick. "*La necesidad subyacente de energía no desapareció*", dijo Roderick.

[32] Reuters UK, "*Economy to slow U.S. nuclear power growth: NRC head*", (11/3)

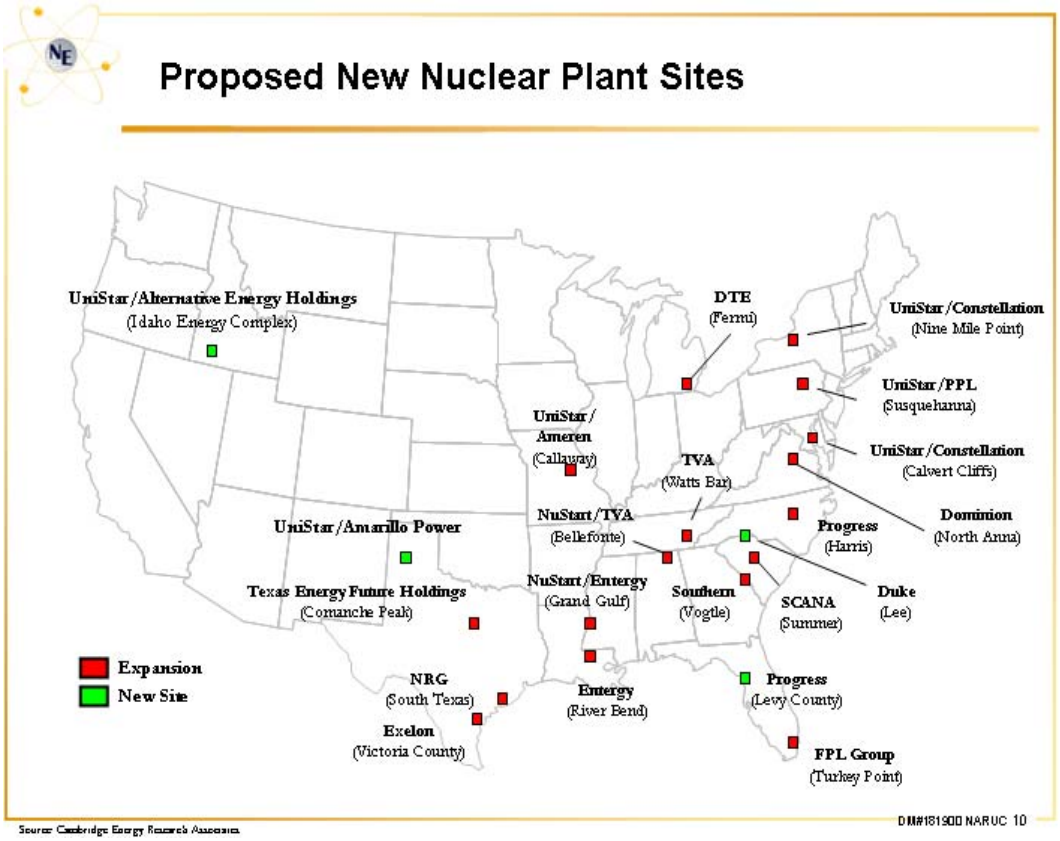


El costo de un nuevo reactor nuclear oscila entre 5 mil millones y 12 mil millones de dólares, dependiendo del tamaño, el diseño y el sitio. La mayoría de los nuevos reactores se propone junto a los reactores existentes que pueden conectar las actuales o ampliar las líneas de transmisión.

Los defensores la industria nuclear habían anunciado que más de una docena de nuevos reactores con un valor de 100 mil millones de dólares o más generarán al menos 15.000 megawatts de energía en Estados Unidos para 2020. Ahora, el Cambridge Energy Research Associates espera cuatro a ocho nuevos reactores que proporcionarán de 5.000 MW a 10.000 MW para 2020. El Nuclear Energy Institute, un defensor de la industria, dijo que cuatro unidades estarán en servicio para 2016 y no menos de ocho para 2018[33].El número de nuevas unidades después de la primera ola dependerá de si los desarrolladores pueden poner en línea el programa y dentro de su presupuesto.

LA NRC dicen que recibió aplicaciones por 16 nuevos reactores. Ya, las revisiones para cuatro de esos fueron suspendidas, aunque no por motivos relacionados con la economía agria, dijo la comisión. "*La economía no afectó las aplicaciones de licencias que esperaba la NRC*", dijo Jone-Lin Wang de CERA.

[33] Reuters US, "*Economic woes delay U.S. nuclear power expansion*", (17/3)



El desarrollo de la industria nuclear estadounidense dependerá de muchos factores. Entre los que se incluyen:

**Forward prices* en los mercados de electricidad.

*Costos de capital que se diferencien de las tecnologías *baseload*.

* Las percepciones existentes de la potencia nuclear.

*Costo del carbono.

*Los precios del gas natural.

*Estrategias de financiación.

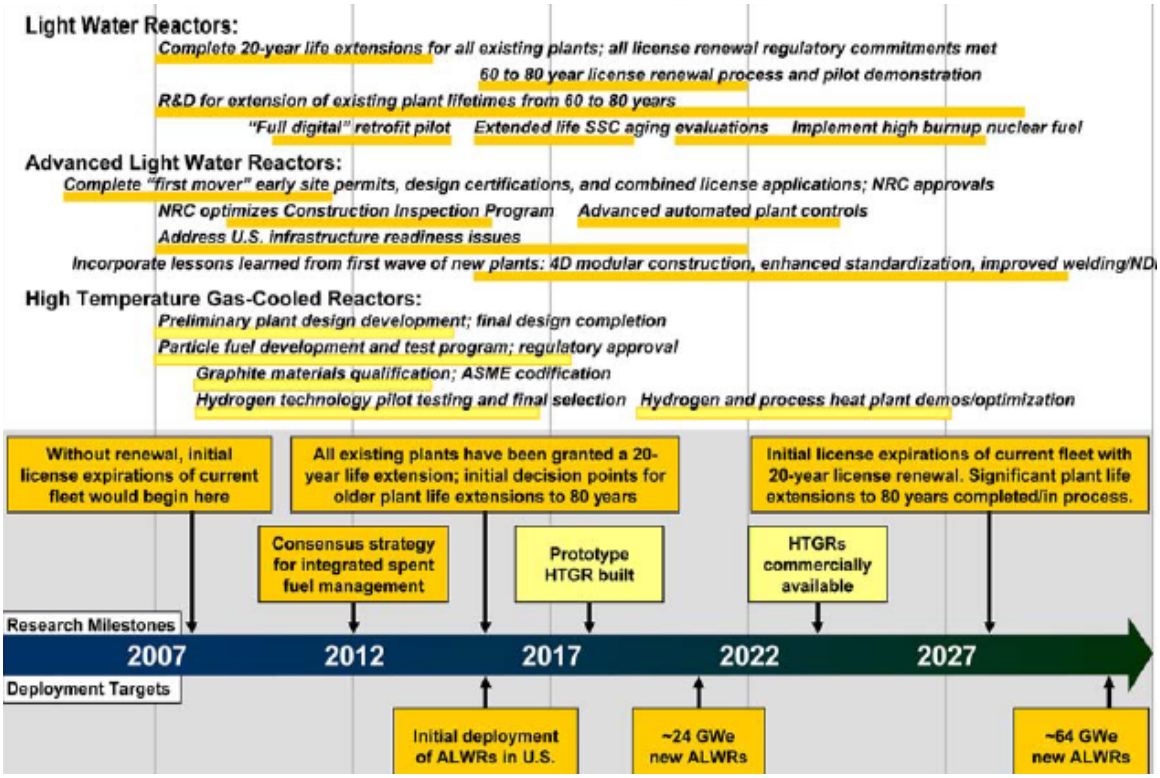
* Apoyo federal y regulaciones estatales.

Análisis IV: El futuro de la energía nuclear es la modificación de la tecnología para aprovechar otros isótopos de uranio

Uno de los retos actuales de la investigación en energía nuclear es reutilizar los residuos radioactivos de alta actividad, para lo cual hay que modificar la tecnología para aprovechar otros isótopos de uranio como el 238, mucho más abundantes. La siguiente, cuarta generación de reactores nucleares se espera que sea introducida dentro de unos veinticinco años. Los diseños de tales reactores, sin embargo, están siendo desarrollados hoy basados en requerimientos que conducen a un progreso verdadero de la tecnología nuclear mediante la dedicación a las áreas de seguridad y confiabilidad, resistencia a la proliferación y protección física, económica, etc.

La energía nuclear futura requerirá un verdadero mejoramiento de los estándares de seguridad. Una operación mas seguro de los reactores nucleares puede ser obtenida mediante diseños con una probabilidad muy baja y grado de daño al núcleo, consecuencias mínimas incluso después de los accidentes severos y limitación de las consecuencias al sitio de la planta, y mediante un verdadero mejoramiento de maneja de accidentes tal que el público no sea afectado y la respuesta de emergencia fuera de sitio sea casi innecesaria. Esto puede ser alcanzado mediante un diseño robusto, un nivel alto de seguridad inherente, y características de seguridad transparentes. Para ser competitivo, también la confiabilidad y el desempeño deben estar en un nivel muy alto alcanzable mediante los mejoramientos técnicos y desempeño humano.

El desarrollo hacia un diseño de reactor más simple, tamaños de planta y ciclos de vida económicos, mejoramiento de la eficiencia de la planta ayudaran a alcanzar costos competitivos. El riesgo económico puede ser reducido mediante el empleo de diseños de reactores nucleares modulares y uso de técnicas de construcciones mejoradas e innovadoras. Los reactores nucleares futuros deben ser también flexibles en satisfacer las necesidades de otros productos diferentes a la electricidad. La penetración de los mercados de no electricidad mediante el suministro de calor/vapor de proceso para calentamiento de localidades, desalación de agua de mar, o generación de hidrógeno mejoraran las eficiencias y así la competitividad.

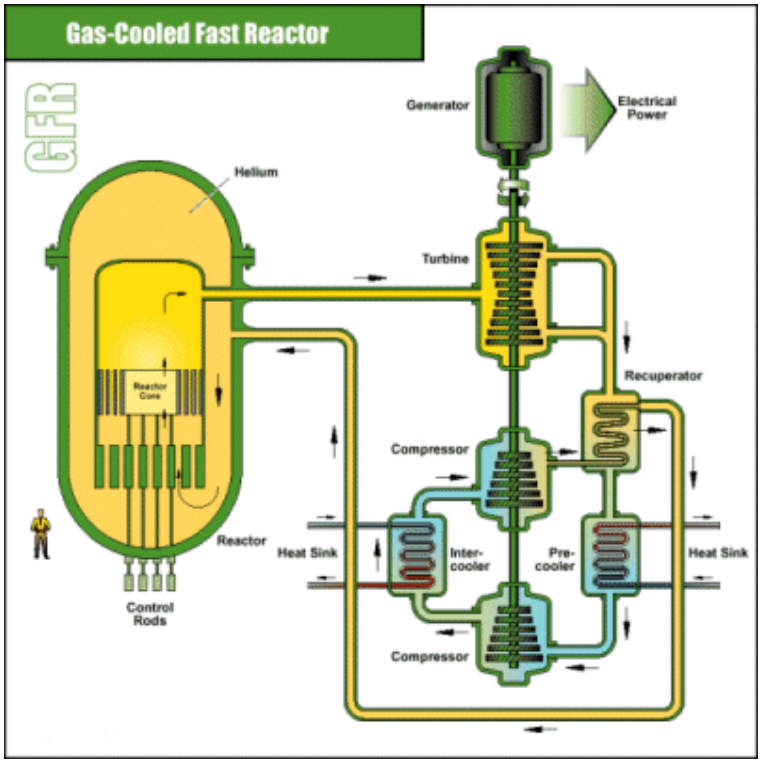


<u>Seis nuevas tecnologías son parte de la cuarta generación de reactores nucleares</u>:

Gas-Cooled Fast Reactor, GFR (Reactor rápido enfriado a gas)

Opera en base a neutrones rápidos enfriados por helio y un ciclo de combustible cerrado, que produce electricidad, pero también hidrógeno y eventualmente también puede hacer las veces de central térmica. [34]El sistema de referencia es de 1.200 MW. Es capaz de reciclar su combustible y por ello reduce fuertemente la producción de desechos nucleares radioactivos. Aún quedan por superar varios desafíos respecto a nuevos combustibles y materiales que le permitan funcionar a 850 ºC. Se espera tener un primer reactor de este tipo para usos de investigación y desarrollo en el 2020.

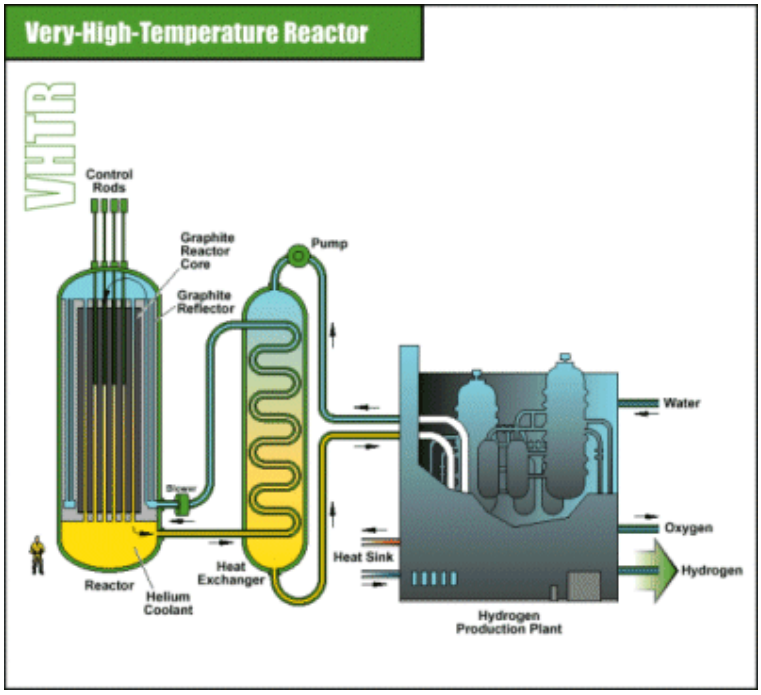
[34] http://en.wikipedia.org/wiki/Gas-cooled_fast_reactor



Very-High-Temperature Reactor, VHTR (Reactor de muy alta temperatura)

Este es el modelo preferido por el ministerio de energía de Estados Unidos y representa una evolución respecto a tecnologías que están en uso con años de experiencia. Es un reactor moderado por grafito y enfriado por helo con neutrones térmicos. Está diseñado para máxima eficiencia y opera a 1.000 ºC. Puede proveer electricidad y también calor para procesos de alta temperatura en la industria petroquímica y producción de hidrogeno[35]. El reactor de referencia es de 600 MW. Aún deben desarrollarse soluciones adecuadas para el manejo de residuos nucleares. La tecnología básica del VHTR proviene de los reactores a gas de alta temperatura desarrollados en Estados Unidos y Alemania, y además hay más prototipos en desarrollo en Sudáfrica, Japón, Francia, Corea del Sur, EE.UU. y China. Sin embargo, la meta de operar por sobre los 1.000 ºC implica desafíos significativos en términos de desarrollo de combustible y materiales, así como en términos de seguridad. Se busca definir sus conceptos básicos para el 2010 y optimizarlos para 2015.

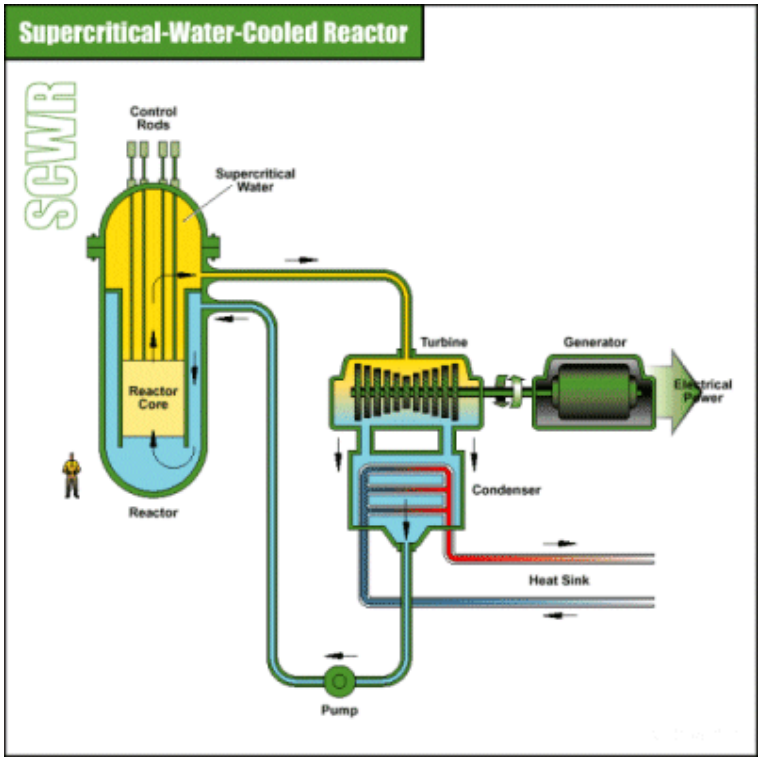
[35] http://en.wikipedia.org/wiki/Very_high_temperature_reactor



Supercritical-Water-Cooled Reactor, SCWR (Reactor supercrítico enfriado con agua)

Es un sistema de alta temperatura y alta presión enfriado por agua, que opera sobre el punto crítico termodinámico del agua (374 ºC). Permite aumentar la eficiencia térmica en un tercio más que con los actuales reactores de agua ligera (LWR). Corresponde a un modelo de reactor simplificado, ya que el agua usada para enfriar no cambia de fase y es conectada al equipo de conversión energética[36]. El reactor de referencia es de 1.700 MW, con temperaturas de salida de 550 ºC a 570 ºC. Opera con óxido de uranio y logra máxima eficiencia en la producción de electricidad. Como utiliza tecnología aplicada ya en reactores de agua ligera, existe una amplia experiencia para construirlo y operarlo en el futuro. Podría desarrollarse un modelo con neutrones rápidos, pero presenta riesgos por pérdidas de líquido refrigerante; y aún se deben generar materiales que resistan la corrosión. Por eso se espera poder implementar los primeros reactores en 2025.[37]

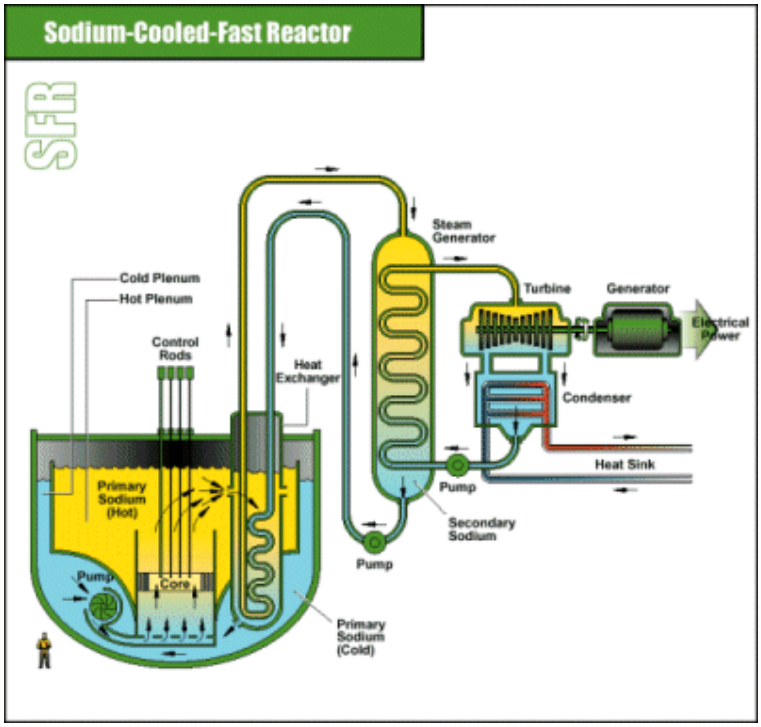
[36] http://en.wikipedia.org/wiki/Supercritical_water_reactor
[37] The EPRI Energy Technology Assessment Center, "*The Power to Reduce CO2 Emissions, The Full Portfolio*", (agosto 2007)



Sodium-Cooled Fast Reactor, SFR (Reactor rápido enfriado con sodio)

Tiene un ciclo cerrado de combustible para la conversión eficiente de uranio fértil y optimización del uso de plutonio. Se considera usar agua /vapor y dióxido de carbono como fluidos del sistema de conversión de energía para mejorar el rendimiento[38]. Tiene innovaciones para reducir costos de capital y servir mercados eléctricos. Se trabaja en tres tamaños de reactores de ese tipo: uno de 600 a 1.500 MW, uno intermedio de 300 a 600 MW, y uno modular de 50 a 150 MW. Su mayor ventaja es la capacidad de reciclar materiales radioactivos, y se cree que los primeros reactores estarán disponibles en 2015.

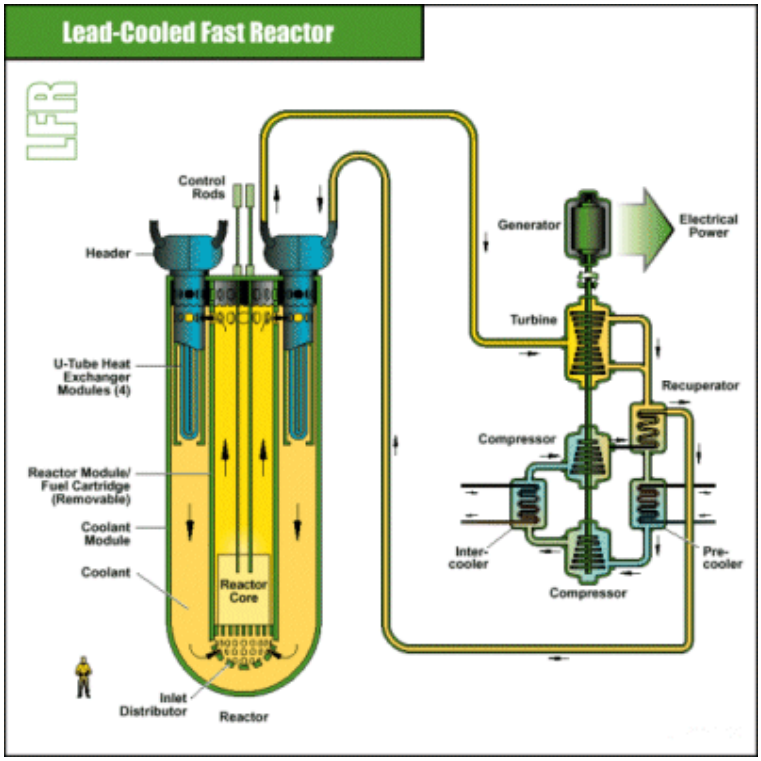
[38] http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-cooled_fast_reactor



Lead-Cooled Fast Reactor, LFR (Reactor rápido enfriado con plomo)

Es capaz de reciclar combustible y se baraja la opción de incluirle una "batería" de 10 a 100 MW transportable, que requiere recarga cada 15-20 años, para una central de 600 MW. La "*batería*" es una pequeña planta llave en mano de ciclo de combustible cerrado, a modo de módulo reemplazable en el núcleo del reactor.[39] Está pensado para plantas eléctricas reducidas, producción de hidrógeno y agua potable. El manejo del plomo y su operación entre 550 y 800 ºC son los mayores desafíos a superar. Ya se trabaja para tener un reactor de este tipo en 2018.

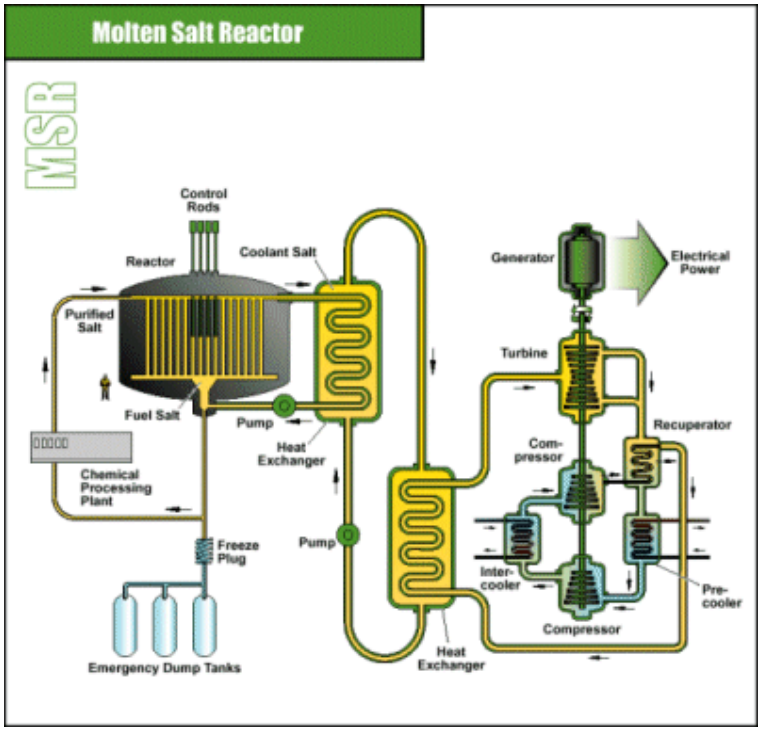
[39] http://gif.inel.gov/roadmap/pdfs/lead-cooled_fast_reactor.pdf



Molten Salt Reactor, MSR (Reactor de sal derretida)

Opera con fluores de sodio, zirconio y uranio, que fluyen a través de canales de grafito. Las sales líquidas son combustibles y refrigerantes a la vez, y este ciclo integrado es su mayor ventaja. Además requiere de una construcción más pequeña para lograr mayor eficiencia en la producción de energía. El reactor de referencia es de 1.000 MW, pero subsiste el obstáculo de la corrosión de las sales y nuevos materiales la resistan. Se espera poder confirmar en 2011 el verdadero potencial de las sales[40].

[40] http://en.wikipedia.org/wiki/Molten_salt_reactor



Commodities

Energy

	PRICE	CHANGE	%CHANGE
BRENT CRUDE FUTR (USD/bbl.)	50.160	-0.510	-1.01
GAS OIL FUT (ICE) (USD/MT)	430.000	2.250	0.53
GASOLINE RBOB FUT (USd/gal.)	141.800	-1.930	-1.34
HEATING OIL FUTR (USd/gal.)	135.120	-0.510	-0.38
NATURAL GAS FUTR (USD/MMBtu)	4.160	-0.014	-0.34
WTI CRUDE FUTURE (USD/bbl.)	50.610	-1.000	-1.94

Agriculture

	PRICE	CHANGE	%CHANGE
CANOLA FUTR (WCE) (CAD/MT)	421.000	1.700	0.41
COCOA FUTURE - LI (GBP/MT)	1917.000	-4.000	-0.21
COCOA FUTURE (USD/MT)	2574.000	-17.000	-0.66

COFFEE 'C' FUTURE (USd/lb.)	116.600	0.450	0.39
CORN FUTURE (USd/bu.)	397.750	1.250	0.32
COTTON NO.2 FUTR (USd/lb.)	43.150	0.280	0.65
FCOJ-A FUTURE (USd/lb.)	72.000	-0.600	-0.83
LUMBER FUTURE ($/1,000 board ft.)	168.200	0.700	0.42
OAT FUTURE (USd/bu.)	200.000	-1.000	-0.50
ROUGH RICE (CBOT) (USD/cwt)	12.800	0.260	2.07
SOYBEAN FUTURE (USd/bu.)	944.500	4.000	0.43
SOYBEAN MEAL FUTR (USD/T.)	296.400	0.100	0.03
SOYBEAN OIL FUTR (USd/lb.)	32.170	0.280	0.88
SUGAR #11 (WORLD) (USd/lb.)	13.610	-0.010	-0.07
WHEAT FUTURE (CBT) (USd/bu.)	555.000	-0.250	-0.05
WHEAT FUTURE KCB) (USd/bu.)	604.000	-2.000	-0.33
WOOL FUTURE (SFE) (Kilogram)	756.000	0.000	0.00

Industrial Metals

	PRICE	CHANGE	%CHANGE
ALUMINUM FUTURE (USd/lb.)	66.500	3.500	5.56
COPPER FUTURE (USd/lb.)	180.100	-0.650	-0.36

Precious Metals

	PRICE	CHANGE	%CHANGE
GOLD 100 OZ FUTR (USD/t oz.)	953.000	-5.800	-0.60
SILVER FUTURE (USD/t oz.)	13.610	0.090	0.67

Livestock

	PRICE	CHANGE	%CHANGE
CATTLE FEEDER FUT (USd/lb.)	96.125	0.400	0.42
LEAN HOGS FUTURE (USd/lb.)	75.675	0.725	0.97
LIVE CATTLE FUTR (USd/lb.)	83.450	0.325	0.39

EnerDossier ofrece servicios de consultoría y asesoramiento sobre sectores estratégicos de la economía global a empresas privadas, organismos públicos y ONGs. Quienes leen semanalmente los informes de EnerDossier conocen los enfoques high-quality sobre temas del sector energético.
Si desea mayor información escribir a hernan.pacheco@enerdossier.com