

Fukushima: Consecuencias de Problemas Sistémicos en el Diseño de Centrales Nucleares

FRANÇOIS DIAZ MAURIN

La incertidumbre sistémica existente que afecta al diseño de las centrales nucleares en todo el mundo plantea la cuestión de si la sociedad está dispuesta a continuar con un proceso de aprendizaje sin fin, de consecuencias potencialmente muy adversas, tanto para los humanos como para el medio ambiente. El desarrollo de nuevos diseños no llevará a una mejora de la seguridad nuclear sino que simplemente mantendrá el bloqueo tecnológico provocado por la industria nuclear civil.

François Diaz Maurin (Francois.Diaz@uab.cat) es un antiguo ingeniero de la industria nuclear francesa y estadounidense que ha trabajado en el desarrollo de nuevos diseños de centrales nucleares. Actualmente está haciendo un doctorado en energía y sociedad en el IICTA, Universitat Autònoma de Barcelona, España.

La tragedia en desarrollo en la central nuclear de Fukushima-Daiichi ha provocado un obvio aumento de la preocupación en partes del mundo acerca de la energía nuclear, y si esta es o no una opción en la discusión sobre fuentes de energía alternativas. Digo “en partes del mundo” porque mientras que en algunos países, como Alemania, se han tomado decisiones radicales contra la presencia de la energía nuclear en el mix energético futuro, muchos otros siguen diciendo que la energía nuclear es segura a pesar de la obviedad que representan los acontecimientos actuales en Japón. Por supuesto, en los Estados Unidos, la tendencia es a “mantener el rumbo” y que el gobierno reafirme su intención de dar vía libre a nuevas centrales. En Francia, los dirigentes afirman que “es imposible abandonar la energía nuclear”. Esta es la misma situación del statu quo tanto en España como en el Reino Unido, mientras que en Italia se ha programado un referéndum sobre la energía nuclear para 2011. En la India parece que la dirección es mantener los 9.900 MW del proyecto de la central nuclear de Jaitapur que está siendo construido por un consorcio francés liderado por el fabricante de reactores nucleares AREVA.

Para apoyar sus decisiones, los promotores de la energía nuclear tratan de tranquilizar a la opinión pública sobre la seguridad. Se utilizan dos argumentos para reiterar la seguridad de la energía nuclear.

Argumento #1: “Los accidentes en la central nuclear de Fukushima-Daiichi son debidos a una singular ocurrencia de dos desastres naturales – un terremoto y un tsunami”.

En la cobertura mediática, los accidentes en la central nuclear de Fukushima-Daiichi han sido referidos como “el desastre del terremoto y el tsunami japonés” (por ejemplo en la página web del Organismo Internacional de la Energía Atómica¹ [IAEA, por sus siglas en inglés]). El uso de cierta semántica referente a desastres naturales en vez de a desastres nucleares le lleva a uno a pensar que los accidentes de Fukushima-Daiichi son solamente debidos al terremoto de Tohoku y posterior tsunami, sin que la industria nuclear comparta ninguna responsabilidad. No obstante, sostengo aquí que los eventos naturales solo juegan un papel limitado en este desastre nuclear.

La energía nuclear consiste en controlar una fuente de energía con una muy alta densidad. Como parte de ese control, se colocan muchos componentes para que siempre se mantenga el control y se eviten accidentes potenciales. Estos componentes se diseñan de manera que si uno no funciona correctamente, otro lo releva. La redundancia y la separación espacial se usan por tanto como base para el diseño de una central, de manera que se asegure que las funciones puedan ser mantenidas. Algunas funciones son más importantes que otras para la seguridad conjunta, de manera que su diseño se prioriza sobre otras. Por ejemplo, el sistema de refrigeración del núcleo es una de las funciones más críticas de un reactor nuclear y por tanto debe ser mantenida a cualquier coste. Dado que no existe el “riesgo cero” en ningún diseño, todas las funciones

Traducción al español de Daniel Gómez del artículo original de Diaz Maurin, F. (2011) *Fukushima: Consequences of Systemic Problems in Nuclear Plant Design, Economic & Political Weekly* (Mumbai) Vol. 46, No. 13, pp.10–12, 26 March, 2011. URL: <http://epw.in/epw/uploads/articles/15865.pdf>

en una central están basadas en una “evaluación de riesgo probabilístico” [PRA, por sus siglas en inglés]. El método PRA depende de tres variables: (1) la magnitud (gravedad) del posible evento adverso; (2) la posibilidad (probabilidad) de su suceso; y (3) sus posibles consecuencias. La seguridad total de una central nuclear es por tanto un equilibrio entre ciertas asunciones sobre la gravedad y la probabilidad de diferentes sucesos adversos. Por definición, los fallos en los componentes son entonces parte de las elecciones en el diseño (dando prioridad a ciertas funciones), pero pueden mantenerse en mínimos dentro de la evaluación de riesgo probabilístico a nivel de componentes.

Eventos interdependientes

Los eventos naturales son también tomados en cuenta, hasta cierto punto, en el diseño de la central, como parte del PRA. En el caso del desastre nuclear de Fukushima-Daiichi, sucedieron dos eventos naturales: un terremoto y un tsunami. No obstante, decir que el desastre nuclear es debido a la acumulación de tanto un terremoto y un tsunami da pie a confusión, ya que lleva a pensar que ambos eventos naturales no están relacionados. De hecho, es conocido en las ciencias de la tierra que un terremoto en una megafalla que suceda bajo el mar puede provocar potencialmente un tsunami. Por supuesto, el ejemplo más reciente es el del terremoto y tsunami del océano Índico en 2004, aunque en ese caso el terremoto sucediese totalmente bajo el mar (es decir, sin una aceleración máxima del suelo). Por tanto, los terremotos y los tsunamis que les siguen no son eventos independientes, contrariamente a los que se consideró en el diseño de la planta. Como resultado, el desastre nuclear de Fukushima-Daiichi es debido parcialmente al hecho de que el conocimiento de las ciencias de la tierra no fue entendido totalmente en el momento (o no estaba disponible) del

diseño de la central, más que a que sucediese un “desastre” natural casi imposible.

Además de esto, los métodos PRA usados para tener en cuenta algunos eventos naturales pueden ser criticados. Por supuesto, en el caso particular de los terremotos, por ejemplo, existe una gran incertidumbre cuando se realizan análisis de riesgo sísmico (la magnitud sísmica máxima que puede ocurrir en una determinada zona de riesgo sísmico) dado que depende de prácticas relacionadas con las ciencias de la tierra. Esta incertidumbre puede volverse tan alta para terremotos muy grandes con una probabilidad baja que tiene un impacto sobre la evaluación de riesgos probabilísticos totales del diseño de una central². Peor aún, dado que las estimaciones de peligro y resistencia de las estructuras tienen el mismo peso en la protección contra el riesgo sísmico y en la valoración de la seguridad en caso de un evento sísmico, la valoración del riesgo probabilístico de una central nuclear está basada en la incertidumbre. Por tanto puede ser considerado inútil intentar mejorar la resistencia de las estructuras o la seguridad a nivel de componentes si la estimación de peligro permanece afectada por un nivel tan alto de incertidumbre. De hecho, existe un problema sistemático con el diseño de centrales nucleares ya que, dada esta incertidumbre, es imposible usar probabilidades (ni de frecuencia ni de convencionales ni Bayesianas), incluso si queremos asumir que podemos definir un evento natural extremo (lo que resulta imposible).

Como resultado, siempre existe el riesgo de que un evento impredecible que exceda las asunciones de diseño ocurra – como ha sido el caso con el terremoto de Tohoku de magnitud 9,0. Esta posibilidad de exceder las asunciones ha sido desgraciadamente verificada durante la crisis nu-

clear actual en Japón, dado que los expertos del Massachusetts Institute of Technology (MIT) reconocen que “las centrales nucleares están diseñadas para terremotos y huracanes, y en algunos lugares, tsunamis. Pero estos fueron increíblemente potentes³”. Esto demuestra que las asunciones tenidas en cuenta en el diseño de los reactores de Fukushima-Daiichi no fueron suficientemente conservadoras para protegerlos contra semejante evento natural. De manera más general, no hay razón para decir que las asunciones no volverán a ser superadas de nuevo o que otra combinación similar de eventos naturales no ocurrirá otra vez, incluso si sobre el papel tienen una muy baja probabilidad de ocurrir. Esto demuestra que la incertidumbre sistemática existente no puede evitarse con el diseño nuclear.

Argumento #2: “Los nuevos diseños de reactores soportarían este tipo de eventos naturales”.

La introducción del enfoque probabilístico de la evaluación del riesgo a la industria nuclear discutido arriba se debe a Norman C. Rasmussen, antiguo profesor de ingeniería nuclear en el MIT (EE.UU.). En 1975, encabezó la publicación de un informe para la Nuclear Regulatory Commission (conocido como el “Informe Rasmussen⁴”). Este informe recibió atención mundial ya que estableció la disciplina formal del PRA, cuyos métodos son usados ahora de manera rutinaria en la valoración de la seguridad de las centrales nucleares. Según el informe Rasmussen, el riesgo de fallo de una central nuclear era bajo, con un accidente causando daños en el núcleo ocurriendo solo una vez cada 20.000 años de operación en los EE.UU (un reactor funcionando durante un año cuenta como un año de experiencia operativa⁵). Pero en 1979, solo cuatro años después de la publicación del informe Rasmussen, se dio una fusión parcial del núcleo en el reactor nº2 de Three

Mile Island en Pennsylvania, cuando la industria nuclear de ese país tenía menos de 500 años de experiencia operativa. Un nuevo estudio encargado por la Nuclear Regulatory Commission reevaluó el riesgo y lo estimó en una fusión del núcleo por cada 1.000 años de operación del reactor, 20 veces más frecuente de lo que asumía el informe Rasmussen. Esta fue la primera “lección aprendida”, facilitando una mejora en el diseño basado en el PRA de las centrales nucleares.

Frecuencia de daños en el núcleo

En la actualidad, la frecuencia de daños en el núcleo (CDF, por sus siglas en inglés) de la actual generación II de reactores se estima entre unos 5×10^{-5} por reactor-año o un daño en el núcleo por cada 20.000 reactor-año (tal y como esperaba Rasmussen en 1975 para los EE.UU.) en Europa⁶ y uno por cada 50.000 años-reactor (o 2×10^{-5}) en los EE.UU.⁷. Con unos 440 reactores nucleares operando actualmente en todo el mundo, esto corresponde a un daño en el núcleo cada 45 a 100 años y más. No obstante, con tres nuevos accidentes con daños en el núcleo en los reactores nucleares de Fukushima-Daiichi (más Three Mile Island en 1979 y Chernobyl en 1986), hemos tenido cinco accidentes con daños en el núcleo en menos de 40 años. De hecho, se han producido daños en un núcleo cada ocho años de media en el mundo desde 1970, correspondiendo al comienzo de la operación de la generación II de reactores (hay muy pocos reactores de generación I funcionando hoy). Esto muestra una gran discrepancia entre la seguridad anunciada por la industria nuclear y la seguridad realmente medida.

El mismo día que los tres núcleos dañados en Fukushima-Daiichi fueron confirmados⁸, expertos del MIT publicaron un artículo afirmando que “las nuevas centrales nucleares podrían no haber fallado en Japón”

(Bullis 2011 en la nota nº2 arriba). Pero obviamente no podemos saber si otro reactor hubiese soportado los mismos eventos naturales a menos que se hubiese llevado a cabo una compleja simulación (que además requiere saber exactamente la secuencia de eventos que sucedieron en Fukushima). Por tanto, comparar una función con otra entre diseños diferentes es una aproximación simplista que no captura la secuencia dinámica de los eventos, que es lo que importa en accidentes nucleares de este tipo.

En el caso de nuevas centrales, como se muestra arriba, aunque las nuevas medidas de seguridad se han tomado en cuenta en el diseño (a saber, reducir la frecuencia de daños en el núcleo), siempre existirá una incertidumbre significativa acerca de si algunas asunciones sobre eventos naturales o fallos de los componentes serán violadas. Estadísticamente, la frecuencia de daños en el núcleo designada para la futura generación III+ es de un orden de magnitud de 5×10^{-7} por reactor-año, dependiendo de los diseños⁹. Esto significa que la seguridad nuclear teórica debería ser incrementada en un factor de 100 con nuevos diseños, comparado con la operación de los reactores actuales, a pesar del hecho que las frecuencias de daños en el reactor de la generación II no han sido cumplidas por los reactores actuales. Peor, no hay razones para afirmar que las muy bajas frecuencias de daños en los núcleos anunciadas para la generación III+ serán conseguidas, dada la incertidumbre sistemática que afecta a las estimaciones de frecuencia de daños en el núcleo explicadas anteriormente. De hecho, esto representa una gran limitación para la viabilidad de una expansión a gran escala de la energía nuclear como una fuente alternativa de energía.

Complacencia

Por tanto, el argumento de una me-

jor seguridad con los nuevos diseños parece reflejar complacencia más que objetividad. Por supuesto, una buena ilustración de esta complacencia hacia la energía nuclear viene de una reciente declaración del presidente francés Nicolas Sarkozy, hablando del diseño del nuevo reactor EPR de AREVA durante la crisis nuclear de Fukushima: “La idea de una doble estructura de muro es que si un Boeing 747 se estrella en la central, el reactor no quedaría dañado”¹⁰. Esto es cierto. La doble estructura de muro del edificio del reactor EPR aguantaría un evento así y es parte de las nuevas funciones de seguridad del futuro reactor nuclear EPR. Pero no podemos predecir todas las otras amenazas y errores, no solo desde el exterior de la central, sino también las internas a la operación de la central. En cualquier caso, no hay ningún reactor EPR funcionando en el mundo. Solo cinco están en construcción mientras que hay aproximadamente 440 centrales operando en todo el mundo. En este caso, este argumento no es relevante en el momento de crisis nuclear en Japón. Por tanto, deberíamos ser muy críticos con este tipo de discurso oficial, dado que el bloqueo político que se muestra a continuación y al que nos enfrentamos en general parece ser aplicable a la tecnología nuclear:

Cuando actuamos, creamos nuestra propia realidad. Y mientras vosotros estáis estudiando esa realidad... nosotros actuamos otra vez, creando otras nuevas realidades, que también podéis estudiar, y así es como irán las cosas. Somos actores de la historia... y vosotros, todos vosotros, os quedareis estudiando solo lo que hacemos.
– Atribuido a Karl Rove, antiguo consejero de George W. Bush¹¹.

Para concluir, no puedo hacer más que urgir a que no tomen como “verdadero” el discurso sobre-tranquili-

zador y sin base científica que tiende a minimizar la gravedad del desastre nuclear en Japón o que intenta evitar enfrentarse a los problemas actuales de la energía nuclear hablando de posibilidades futuras. La historia de la humanidad está llena de ejemplos así.

La existente incertidumbre sistemática que afecta al diseño de las centrales nucleares eleva la pregunta de si la sociedad está dispuesta a aceptar continuar con un proceso inacabable de aprendizaje con muy graves consecuencias potenciales, tanto para los humanos como para el medioambiente. Se ha argumentado aquí que desarrollar nuevos diseños no mejorará la seguridad nuclear sino que simplemente mantendrá el bloqueo tecnológico colocado por la industria nuclear civil.

and Operational Benefits of Risk-Informed Initiatives, Electric Power Research Institute, p 3, footnote 3. URL: http://mydocs.epri.com/docs/CorporateDocuments/SectorPages/Portfolio/Nuclear/Safety_and_Operational_Benefits_1016308.pdf

8. Los tres núcleos fundidos parcialmente han sido confirmados por TEPCO y anunciados por las autoridades francesas del ASN el 15 de marzo de 2011 (Nota de prensa nº9). URL: <http://www ASN.fr/>

9. Por ejemplo, la máxima frecuencia de daño en el núcleo para el EPR del Reino Unido es igual a $6,1 \times 10^{-7}$ por reactor-año (<http://www.epr-reactor.co.uk/ssmod/lblocal/docs/V3/Volume%20%20Safety%20%20Design%20and%20Safety%20%20Probabilistic%20Safety%20Assessment%20%20Level%20%20Probabilistic%20Safety%20Assessment%20-%20v2.pdf>).

10. Yahoo News (15 marzo 2011), Pour Nicolas Sarkozy "Pas Question de Sortir du Nucléaire". URL: <http://fr.news.yahoo.com/68/20110315/tsc-pour-nicolas-sarkozy-pas-question-de-04aaa9b.html>

11. Ron Suskin (2004): *Faith, Certainty and the Presidency of George W Bush*, 17 October 2004, The New York Times, URL: <http://www.nytimes.com/2004/10/17/magazine/17BUSH.html>

REFERENCIAS

1. Página principal del Organismo Internacional de la Energía Atómica (19 de marzo de 2011): <http://www.iaea.org/>

2. Consideramos aquí la misma distinción entre "riesgo" de baja probabilidad (aleatoriedad con probabilidades conocibles) e "incertidumbre" (aleatoriedad con probabilidades *inescrutables*), tal y como las introdujo en 1921 Frank Knight (*Risk, Uncertainty and Profit*) en el campo de las ciencias Económicas.

3. Kevin Bullis (2011): *Never Nuclear Reactors Might Not Have Failed in Japan*, Technology Review, Massachusetts Institute of Technology. URL: <http://www.technologyreview.com/energy/35100/?nlid=4239&a=f>

4. Norman C Rasmussen et al (1975): *Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants*, WASH-1400 (NUREG-75/014), Rockville, MD, US: Federal Government of the United States, US Nuclear Regulatory Commission, doi: 10.2172/7134131.

5. Matthew L Wald (2003): *Dr Norman C. Rasmussen, 75, Expert on Nuclear Power Risk*, July 28, The New York Times. URL: <http://www.nytimes.com/2003/07/28/us/dr-norman-c-rasmussen-75-expert-on-nuclear-power-risk.html>

6. B A Leurs and R C N Wit (2003): *Environmentally Harmful Support Measures in EU Member States*, Report for the European Commission, p 137. URL: http://www.mng.org.uk/gh/resources/EC_env_subsidies.pdf

7. John Gaertner et al (2008): *Safety*