



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

### Chernóbil, treinta años después



El 26 de abril de 1986 se produjo el accidente nuclear más grave de la historia, en el reactor 4 de la central nuclear de Chernóbil, cerca de Kiev (Ucrania). Veinticinco años después, el 11 de marzo de 2011 tuvo lugar la segunda catástrofe más importante de este tipo, esta vez en los reactores de Fukushima, en la costa noreste de Japón. En el fondo, lo que causó los dos accidentes fue lo mismo: las complicaciones derivadas de un corte de suministro eléctrico al reactor. Aunque las causas y la duración del corte fueron completamente distintas, al final, ambas condujeron a la fusión del núcleo del reactor.



Estructura de hormigón denominada “sarcófago”, diseñada para contener el material radiactivo del núcleo del reactor de Chernóbil. / [Carl Montgomery](#).

Puede parecer paradójico, pero la mayoría de los diseños de reactores nucleares que existen precisan del suministro de electricidad externo que mantenga en funcionamiento la sala de control y las grandes bombas hidráulicas que hacen circular el agua con la que se extrae el calor que genera el reactor. Y, aunque en funcionamiento normal se utilice la electricidad generada por el propio reactor, cuando este se apaga, es imprescindible el suministro externo.

En Fukushima, el mayor terremoto registrado nunca en Japón (y el cuarto más violento en el mundo desde que se tienen registros con sistemas modernos a partir de 1900) causó la destrucción de las líneas eléctricas de la zona el 11 de marzo de



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

2011. La central de Fukushima se quedó sin alimentación eléctrica externa y los reactores nucleares se apagaron automáticamente, en cumplimiento del protocolo de seguridad para terremotos.

Apagar un reactor nuclear significa detener la reacción en cadena de fisión nuclear del combustible pero, al contrario que un fuego de gas o carbón, es imposible reducir a cero en poco tiempo la producción de calor en el reactor, ya que los productos de la fisión nuclear generados en el reactor son altamente radiactivos y siguen generando calor días después de su apagado, hasta el 7% del calor del reactor encendido.

En Fukushima los generadores diésel de emergencia mantuvieron el sistema de refrigeración en marcha hasta que, una hora después del terremoto, llegó la ola de más de quince metros del tsunami subsiguiente. Por fallos de diseño, zonas críticas del complejo quedaron inundadas y se perdió por completo el control del reactor. Los generadores diésel dejaron de funcionar y la falta de refrigeración ocasionó la fusión parcial del núcleo de tres de los cuatro reactores, explosiones de hidrógeno y escapes de radiactividad. El accidente fue calificado de máxima gravedad, el nivel 7 en la escala de accidentes nucleares.

### Fallos humanos de gravedad

El accidente de Chernóbil se calificó también de nivel 7, pero las consecuencias fueron mucho más devastadoras que las de Fukushima porque el diseño del reactor era diferente. En este caso, el accidente no fue producido por un desastre natural, sino por fallos humanos de extrema gravedad, entre los que hay que mencionar deficiencias muy serias en el diseño de los reactores de Chernóbil, cuya puesta en marcha nunca se habría autorizado con los estándares europeos o americanos.



Treinta años después, la radiactividad en la zona sigue superando los niveles permitidos. / [D. Markosian](#).

Los ingenieros de Chernóbil sabían que, en caso de interrupción del suministro eléctrico, los generadores diésel necesitarían casi un minuto para alcanzar el pleno rendimiento tras su encendido. Por ello y desde su puesta en marcha por primera vez hacía ocho años, habían tratado de confirmar si, en caso de avería o falta de suministro eléctrico, la inercia mecánica de las turbinas de la central de Chernóbil podría ser suficiente para mantener el agua de refrigeración circulando durante ese minuto.

Se diseñó un plan específico de ensayos para comprobar esta hipótesis, plan que había sido aprobado por el director de la central eléctrica, pero no se había consultado, por ejemplo, con los diseñadores del reactor. La potencia nominal del reactor era 3200 MW. Para hacer el ensayo era preciso reducir la potencia hasta unos 700 MW y, con la turbina de vapor funcionando a máxima velocidad, cerrar el flujo de vapor a la turbina.



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación



Cartel que alerta del peligro de radiación en Pripyat. / [D. Markosian](#).

El experimento se iba a realizar durante el turno diurno del 25 de abril de 1986 y debía terminar antes de acabar este turno. Los trabajadores habían sido instruidos para realizar las operaciones de la prueba. Por diversas incidencias en el suministro eléctrico ajenas a la central de Chernóbil, la autorización del controlador de la red eléctrica de Kiev para disminuir la potencia del reactor no llegó hasta las 23:04.

Los 700 MW se alcanzaron a las 00:05 del 26 de abril con los trabajadores del turno

de noche que no habían sido instruidos en profundidad en los detalles de la prueba. Así, nadie en aquel momento se percató de que, debido a los retrasos y desviaciones sobre el plan previsto, se había producido envenenamiento por xenón del reactor. El xenón es un producto de la fisión en los reactores nucleares que, especialmente cuando trabajan a baja potencia, se acumula, absorbe los neutrones y disminuye el ritmo de fisión en el reactor.

### Reactor inseguro a bajas potencias

Esto hizo que la potencia bajase mucho más de lo previsto, hasta unos 30 MW, insuficientes para los propósitos de la prueba. Intuitivamente puede parecer extraño, pero en estas condiciones de baja potencia el reactor de Chernóbil se volvió extremadamente inestable y los mecanismos habituales de control y seguridad eran apenas efectivos. Pensemos, por ejemplo, en que es mucho más difícil controlar una bicicleta cuando vamos demasiado despacio.

El responsable del control del régimen operacional del reactor esa noche, Leonid Toptunov, era un ingeniero joven que no tenía mucha experiencia. La evolución de los acontecimientos que siguieron es técnicamente compleja. Toptunov no pudo explicarlo todo porque fue uno de los primeros que fallecieron. Sí sabemos no solo que no consiguió estabilizar el reactor, sino que las medidas tomadas para estabilizarlo probablemente empeoraron la situación. En un momento determinado, hubo un aumento súbito de potencia, la última lectura de los instrumentos antes de que dejaran de funcionar llegó a 33.000 MW, diez veces más del máximo previsto.

En brevísimos instantes se evaporó toda el agua de refrigeración. La presión en la vasija del núcleo se elevó desmesuradamente y se produjo una primera explosión de vapor que produjo grietas y grandes daños. Dos o tres segundos después hubo una segunda explosión mucho más violenta todavía. Se produjo una entrada de aire y el grafito, que este modelo de reactor usaba como moderador de los neutrones, se incendió. La catástrofe era ya de enorme magnitud y totalmente incontrolable.

En un primer informe la OIEA (Organismo Internacional para la Energía Atómica) atribuía prácticamente toda la responsabilidad del accidente a múltiples errores humanos. Sin embargo, un informe más reciente, realizado con datos no disponibles en un primer momento y con un análisis más profundo basado en simulaciones detalladas del reactor concluye que, aunque los ingenieros cometieron errores



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

durante el ensayo deshabilitando algunos sistemas de protección, el accidente se habría producido muy probablemente incluso sin estas intervenciones, debido al diseño intrínsecamente inseguro del reactor que lo hacía muy inestable si se operaba a bajas potencias, como requería la prueba que se estaba llevando a cabo.

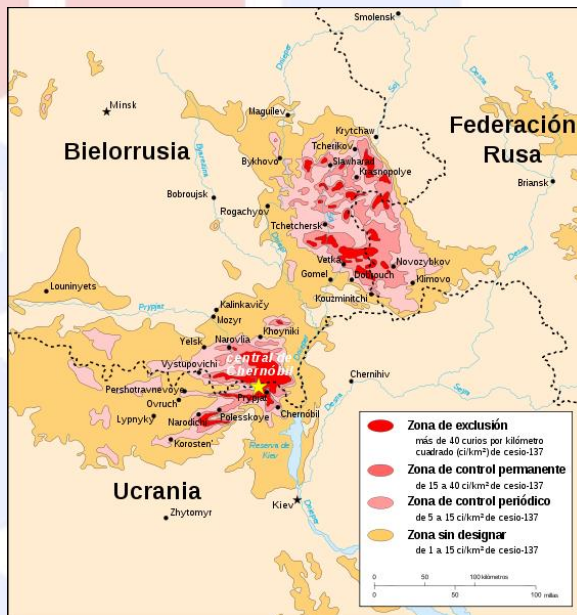
### Primera reacción, mantenerlo en secreto

Las consecuencias del accidente de Chernóbil iban a ser de enorme gravedad y la actuación de las autoridades de la antigua Unión Soviética contribuyó a aumentar los efectos de la catástrofe sobre la población de la región de Kiev. Al principio se intentó ocultar lo ocurrido. La central nuclear dependía de autoridades en Moscú y ni siquiera se informó al Gobierno de Ucrania.

Pasaron más de 24 horas hasta que se ordenó la evacuación de Pripjat, ciudad que estaba a tan solo tres kilómetros del reactor accidentado. La evacuación no comenzó hasta las 14:00 del día 27. A los 53.000 habitantes evacuados se les dijo que cogieran solo lo imprescindible porque volverían a sus casas tres días después. Al día siguiente ya se empezó considerar la evacuación en un radio de diez kilómetros, pero aún tardaron diez días más en extender la zona de exclusión a un radio de treinta kilómetros. Finalmente, se evacuaría a todos los residentes en un radio de cien kilómetros.

Las autoridades no pudieron mantener el secreto mucho más tiempo. El día 28 se desató la alarma en una central nuclear de Suecia al detectarse altos niveles de radiactividad. Una rápida investigación concluyó que el origen no era un escape local, sino que la radioactividad llegaba arrastrada por vientos que procedían de alguna zona próxima a Kiev. Una vez que Suecia dio la voz de alarma, la radiactividad se detectó también en Finlandia, Alemania y otros países.

Fue solo entonces cuando la televisión soviética emitió un breve comunicado dentro de un noticiero: "Ha ocurrido un accidente en la central de energía de Chernóbil y uno de los reactores resultó dañado. Están tomándose medidas para eliminar las consecuencias del accidente. Se está asistiendo a las personas afectadas. Se ha designado una comisión del Gobierno".



Contaminación por cesio-137 en Bielorrusia, Rusia y Ucrania. / [Sting – Germanicus](#).



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

### Una catástrofe sanitaria

Los efectos del accidente de Chernóbil en la salud de los trabajadores que intervinieron en las tareas de emergencia y en la población en general son objeto de gran controversia aún hoy en día. Doscientas personas fueron hospitalizadas inmediatamente, de las cuales, en pocas semanas, murieron 28 por las radiaciones y otras tres por otras causas. La mayoría eran bomberos y personal que trabajaba para controlar el incendio, ninguno con equipo de protección.



Casa abandonada en los alrededores de la central de Chernóbil. / [Slawojar](#).

Unas 135.000 personas fueron evacuadas durante el mes siguiente al accidente pero, para entonces, ya había más de mil afectados por importantes dosis de radiación que habían sufrido síntomas como diarreas y vómitos. Los liquidadores, como se llamó a los trabajadores que durante mucho tiempo realizaron labores para tratar de limitar el desastre desde tierra y desde helicópteros, principalmente bomberos, mineros, técnicos, militares y reservistas, también recibieron fuertes dosis de radiación, sobre todo en los

primeros días. Entre 300.000 y 500.000 liquidadores participaron durante años en tareas de limpieza de las zonas evacuadas, pero no hay registros fiables sobre su estado de salud.

Los efectos de la radiactividad sobre las personas se conocen bien en dosis muy altas, debido a que se estudió a fondo la evolución de los afectados por las bombas nucleares de Hiroshima y Nagasaki. En cambio, los efectos a dosis más bajas se desconocen. Las enfermedades más graves se desarrollan normalmente al cabo de años y es casi imposible determinar estadísticamente con seguridad que fracción de tumores tienen su origen en las radiaciones recibidas. Debido a estas incertidumbres, la estimación de las consecuencias del accidente a largo plazo varía enormemente de unas fuentes a otras, según el modelo utilizado para realizar dicha estimación.

Si bien el número de víctimas es impreciso, lo que es seguro es que los costes económicos del accidente fueron enormes hasta el punto de que, según el expresidente Gorbachov, llevaron a Rusia al borde del colapso económico. En la actualidad, el coste de mantenimiento de Chernóbil es una pesada carga en la economía de Ucrania, que tuvo que llegar a un acuerdo con otros países para que financiaran el nuevo sarcófago para cubrir el reactor destruido en sustitución del que se construyó tras el accidente.

### Pánico nuclear

Tras el accidente de Chernóbil, se incrementaron las medidas de seguridad de los reactores nucleares y se eliminaron aquellos con diseños claramente inseguros. También se destacó la importancia de avanzar en el desarrollo de la siguiente generación de reactores nucleares intrínsecamente seguros, es decir, que no dependen del buen funcionamiento de dispositivos externos como bombas o barras



# Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

de control para mantener el control de la reacción en cadena en caso de accidente. Estos reactores más avanzados son, por supuesto, mucho más caros.

El posterior accidente de Fukushima alertó sobre el riesgo de subestimación de la probabilidad de desastres naturales cuando los factores económicos presionan a favor de autorizar el emplazamiento de una central nuclear.

Si bien Fukushima y Chernóbil han servido para mejorar la seguridad en los diseños de las nuevas centrales nucleares y para reforzar las salvaguardas en las centrales existentes, el miedo a lo nuclear entre la población aumentó, frenando en seco los planes de expansión nuclear de muchos países occidentales.

Dichos planes habían surgido en parte como respuesta a la encrucijada energética a la que se enfrenta la humanidad y que la tregua en los precios del petróleo que hemos disfrutado durante los últimos meses no debe hacernos olvidar. Los combustibles fósiles se agotarán en algún momento y además, son la principal causa del calentamiento global. Las energías renovables son, por supuesto, mucho más atractivas, pero son insuficientes y lo seguirán siendo durante bastante tiempo.

## Centrales más seguras

La energía nuclear es una alternativa realista para la producción estable de electricidad, que funciona de día y de noche y no depende de los vientos. No produce emisión de gases de efecto invernadero y puede constituir una gran herramienta en la lucha contra el cambio climático. No podemos permitirnos el lujo de cerrarnos a la opción nuclear sin antes un serio debate y estudio. Las centrales nucleares son hoy más seguras que antes de Chernóbil y representan una de las formas más seguras de producir electricidad a gran escala y, aunque sin duda hay que mantener la vigilancia y aumentar las medidas de seguridad si es preciso, debemos huir de miedos irracionales y comparar seriamente los riesgos de las diferentes fuentes de energía.



Planta de energía nuclear en Susquehanna (EEUU).  
[/ Wikimedia.](#)

La energía hidráulica es limpia y renovable, pero las presas pueden sufrir accidentes. El accidente de la presa de Banqiao (China, 1975) causó al menos la muerte inmediata de 26.000 personas debido a la inundación, y de otras 145.000 en las epidemias y hambrunas subsiguientes.

No olvidemos que una gran parte de la electricidad generada en el mundo se produce quemando carbón y sabemos que, además del efecto invernadero, los gases que se emiten son venenosos y también radiactivos, por lo que sin prisa pero sin pausa, y sin necesidad de que ocurra ningún accidente, inducen enfermedades y muertes a largo plazo.



# OTRI

## Universidad Complutense de Madrid

OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación

Dice el refrán, que no hay mal que por bien no venga. Desde luego es difícil ver dónde está el bien para las personas afectadas por el accidente de Chernóbil pero, curiosamente, no ha sido igual para los animales. En el área de exclusión alrededor de la central donde no pisa el hombre, los bosques se han recuperado en gran medida y hay más mamíferos salvajes que antes. Se alimentan de productos contaminados y son animales radiactivos. Para ellos el peor enemigo no es la radiactividad sino los rifles del hombre.



**José María Gómez Gómez y José Manuel Udías Moinelo** son investigadores del [Grupo de Física Nuclear](#) de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

cien

tí

fi

ca

com

plu

ten

se