

Fukushima Daiichi: Mitos y realidades.

El día 11 de marzo de 2011 a las 14:46 (hora local) un terremoto de magnitud 9 genera un gigantesco tsunami que golpea la costa japonesa produciendo la devastación. Una central nuclear con 6 reactores se ve gravemente dañada. Los operadores de la central luchan contra reloj. ¿Qué ocurrió realmente? ¿Qué consecuencias tendrá?

Guillermo Sánchez (<http://web.usal.es/quillermo>)

*Presentación en La facendera 1 de junio de 2011
(<http://www.lafacendera.com>)*

Fuentes:

Organización Internacional de la Energía Atómica www.iaea.org

Consejo de Seguridad Nuclear www.csn.es

Electric Power Co. www.tepco.co.jp

Japan Atomic Industrial Forum www.jaif.or.jp/english

La central en tiempo real:

<http://www.tepco.co.jp/nu/f1-np/camera/index-j.html>

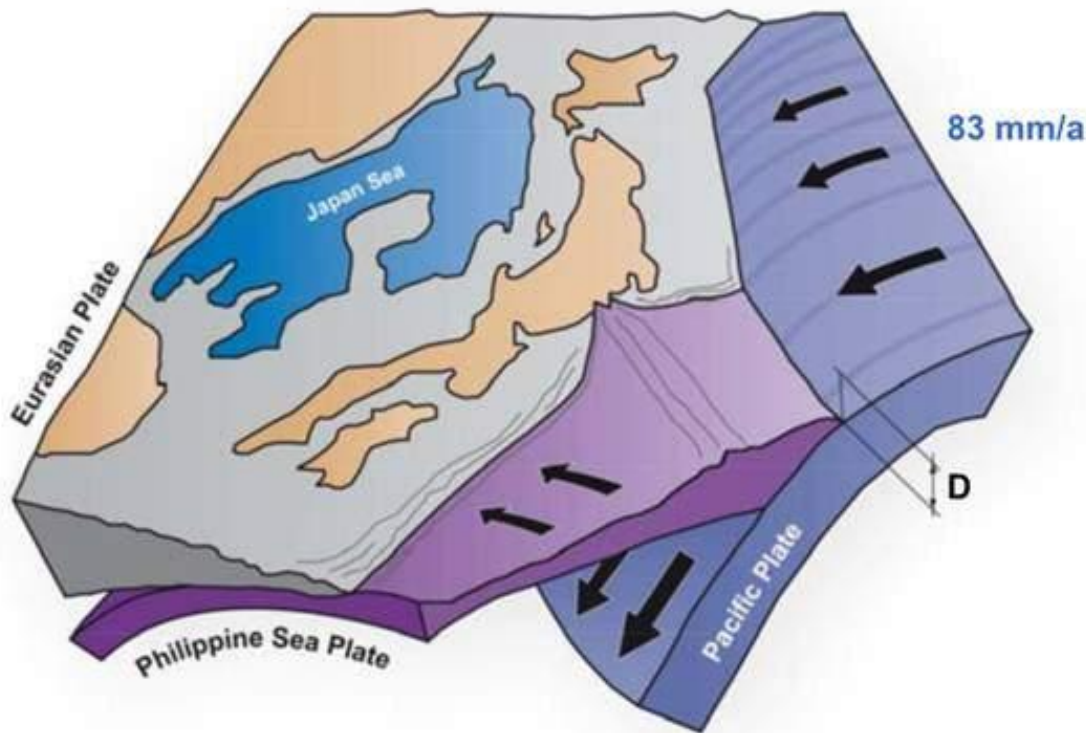
Diapositivas:

Parte adaptadas de: www.vgb.org; www.areva.com (Matthias Braun)
y www.sne.es . Presentación de Ignacio Gallego en la SNE y otras
capturadas de internet . Disculpas en los casos en que no haya
incluido la referencia explícita

*“No pretendemos que el retrato que
hacemos sea toda la verdad pero si
que se le parezca”*

Victor Hugo

Viernes 11 de Marzo 2011, 14:46 h



- ▶ **Vertical Displacement**
 $D \approx 7 \text{ to } 10 \text{ m}$
- ▶ **Peak Displacement**
 $D_{\text{max}} \approx 17 \text{ to } 25 \text{ m}^1)$
- ▶ **Rupture Zone**
 $A \approx 500 \text{ km} \times 100 \text{ km}$
- ▶ **Hypo Center Depth**
 $Z_H \approx 20 \text{ to } 25 \text{ km}$
- ▶ **Crack Velocity**
 $v \approx 2 \text{ km/s}$
- ▶ **Water Depth**
 $Z \approx 8 \text{ km}$

▶ **Rough Estimate of Water Volume Involved**

$$V \approx A \cdot \frac{1}{4} D \approx 500 \text{ km} \cdot 100 \text{ km} \cdot 2,5 \text{ m} = 125 \text{ km}^3$$

- ▶ **Consequence:** Sudden displacement of a huge water volume ▶ **Tsunami.**



6 unidades: 1971-1979

El tsunami golpea a Fukushima con una ola de más de 14 m





Secuencia de imágenes en Fukushima-daiichi tras ser arrasada por el tsunami



A
n
t
e
s



D
e
s
p
u
e
s





Inundación de 2 a 3 m junto al edificio del reactor 1

El tipo de reactor

Planta de Recarga (Acero)

Piscina Combustible gastado

1ª Barrera

Elemento Combustible

2ª Barrera

Vasija del Reactor

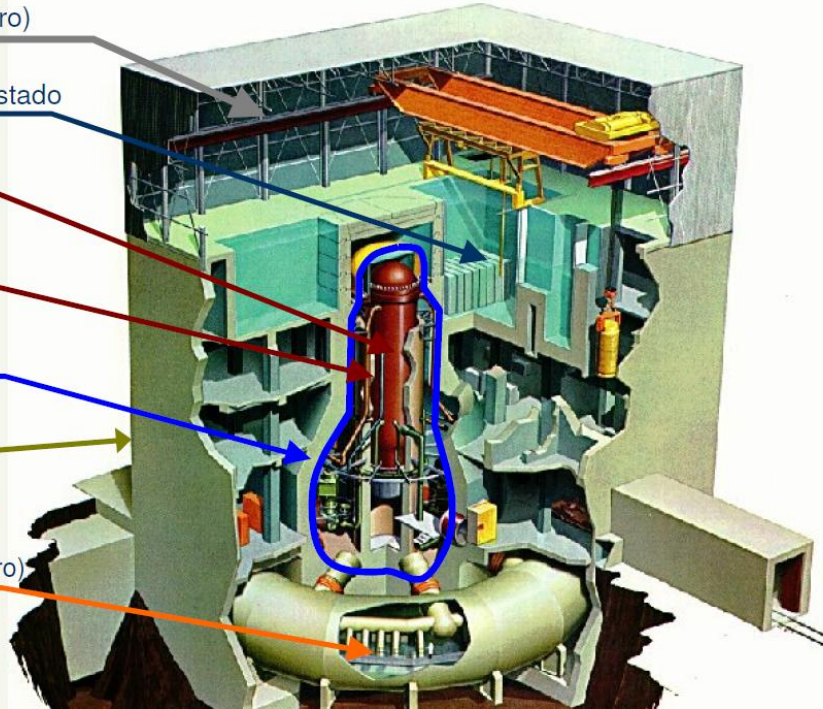
3ª Barrera

Contención Primaria

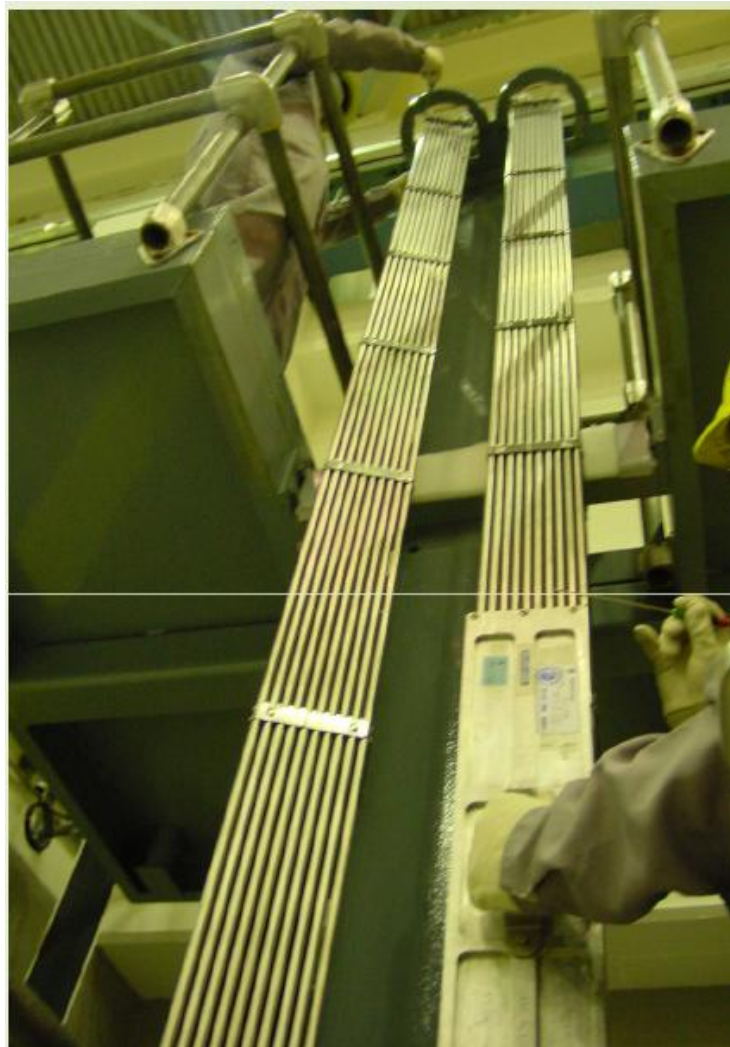
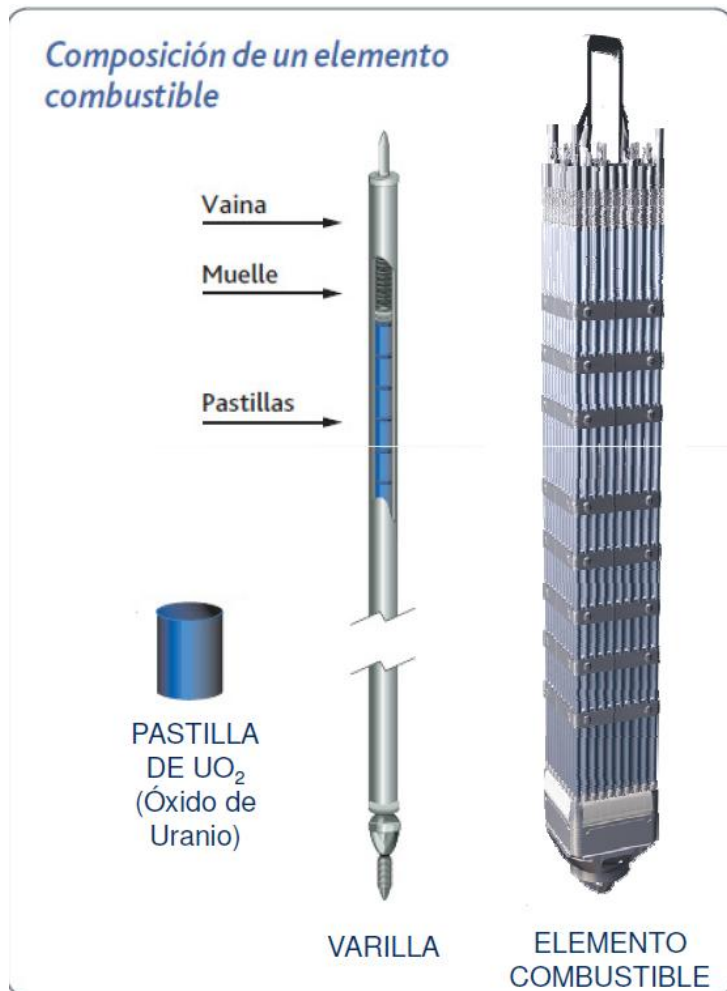
4ª Barrera

Edificio Contención
Secundaria (Hormigón)

Piscina de Supresión (Toro)



El combustible



Emisiones radiológicas: El uranio es un elemento muy poco radiactivo pero en el reactor es utilizado para producir fisiones. Los productos resultante si son muy radiactivos (Xenon, I131, Cs137, Na90) aunque se producen en cantidades muy pequeñas.

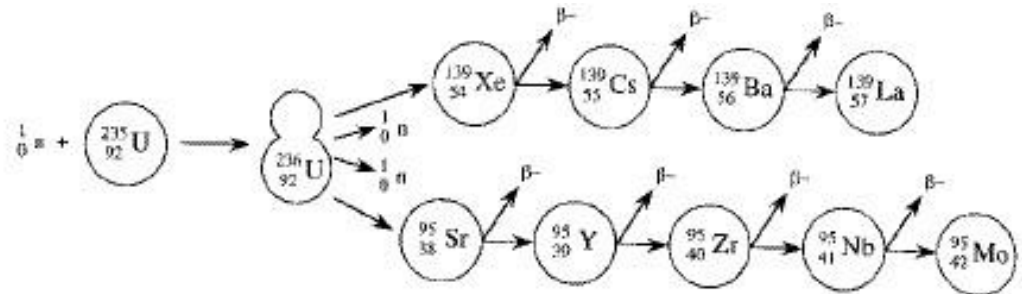
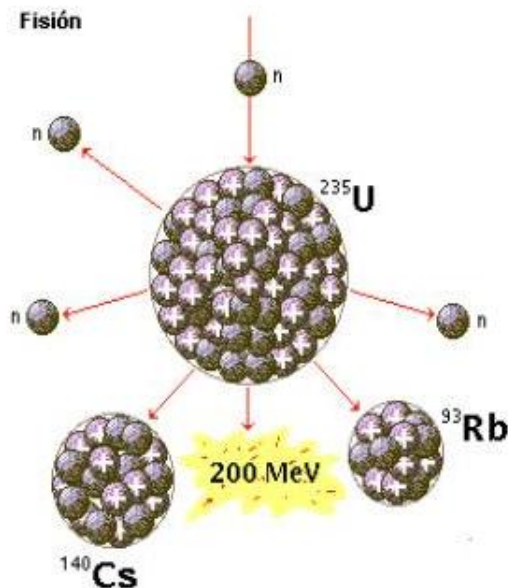


FIGURE 10-2. Uranium-235 fission and the series of radioactive transformations by beta emission of the fission products to stable end products when mass numbers 95 and 139 are produced.

► Servicios al reactor
(acero)

► Edificio de hormigón (contención)

Agua de salida
Agua de alimentación

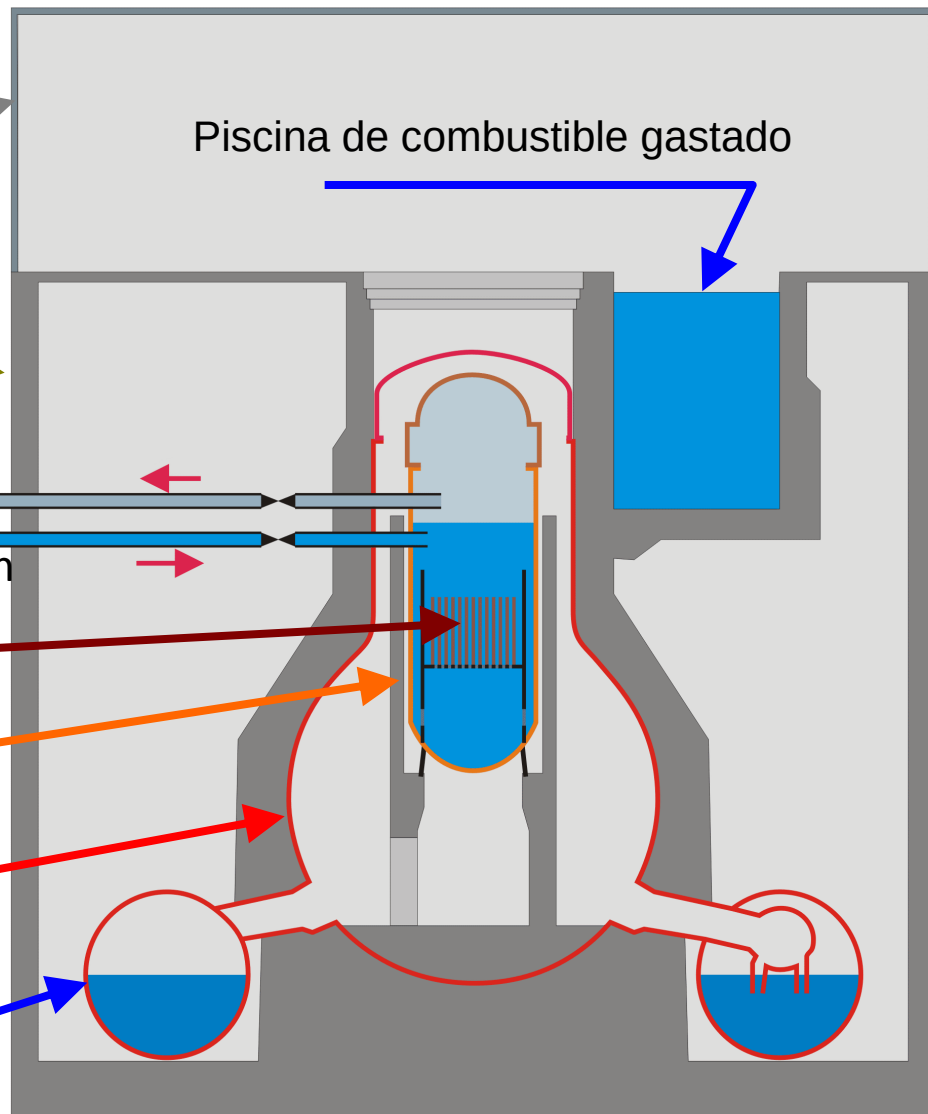
► Núcleo del reactor

► Vasija del reactor

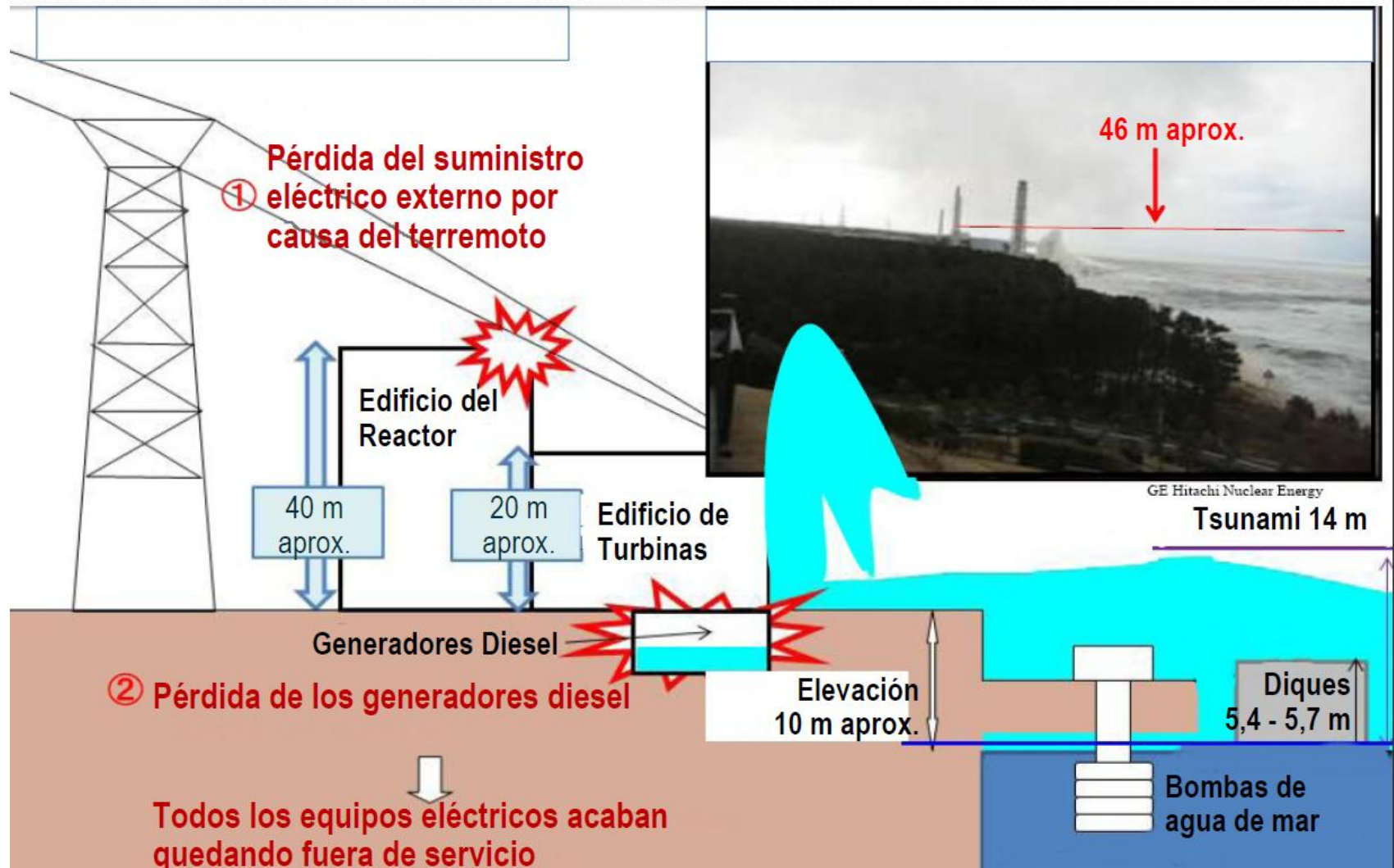
► Contención primaria

► Piscina de supresión

Piscina de combustible gastado

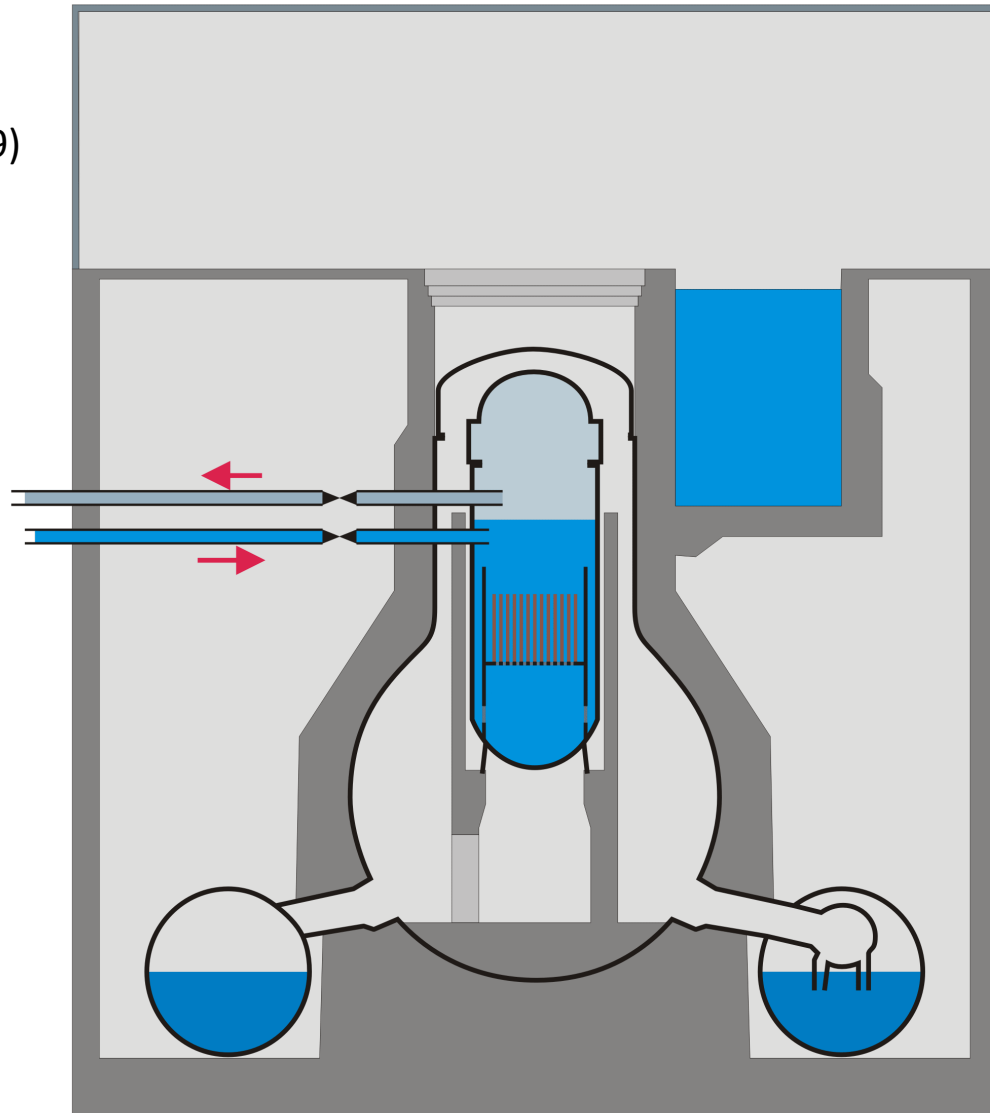


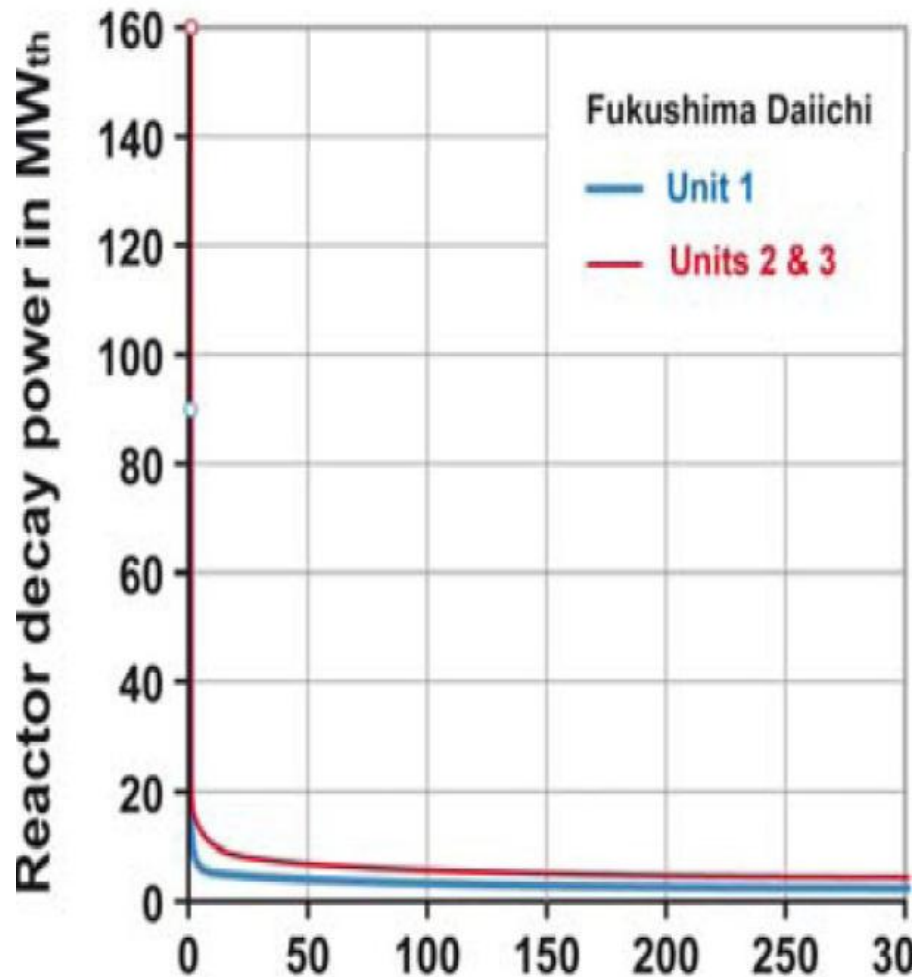
El tsunami: causa raíz del accidente



► 2011-03-11 14:46 – Terremoto (Mag 9)

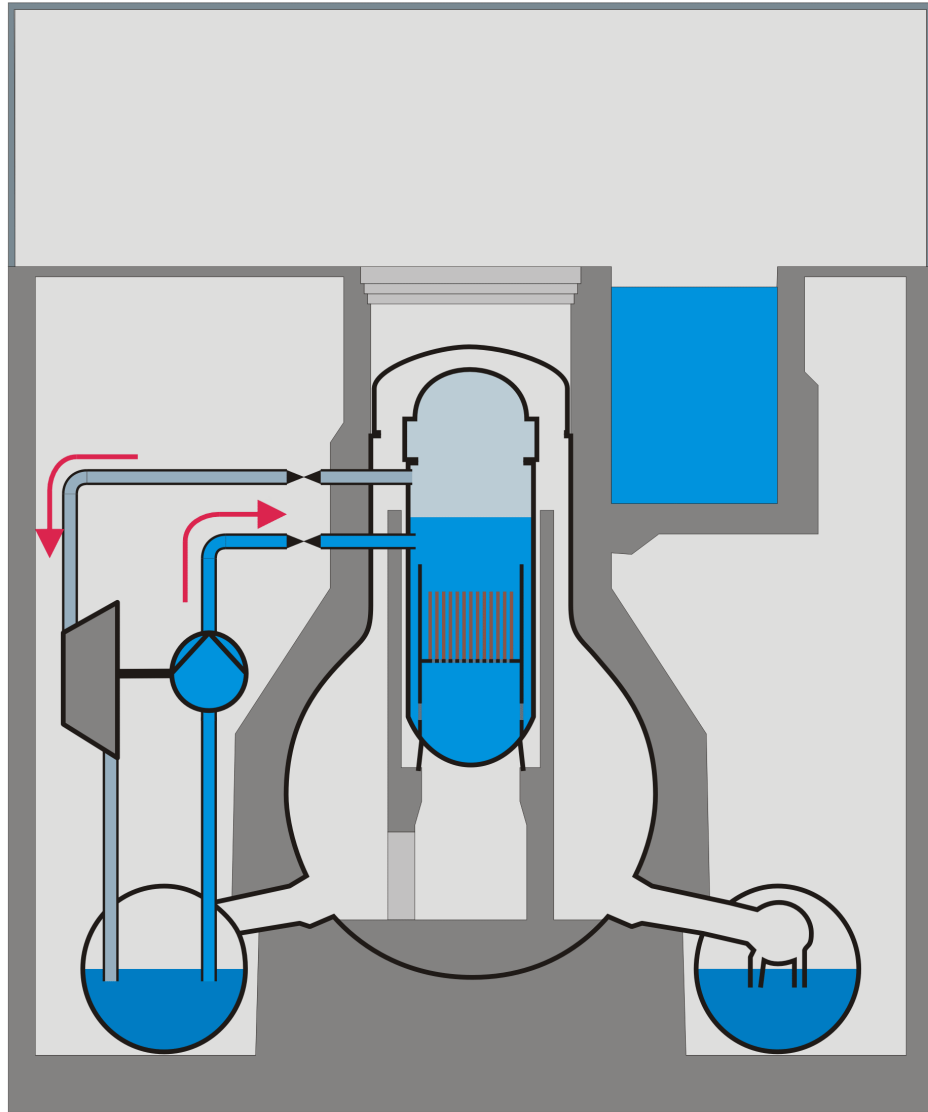
- ◆ La red eléctrica del norte del Japón falla
- ◆ **Los reactores resisten y para automáticamente (la reacción en cadena es interrumpida)**



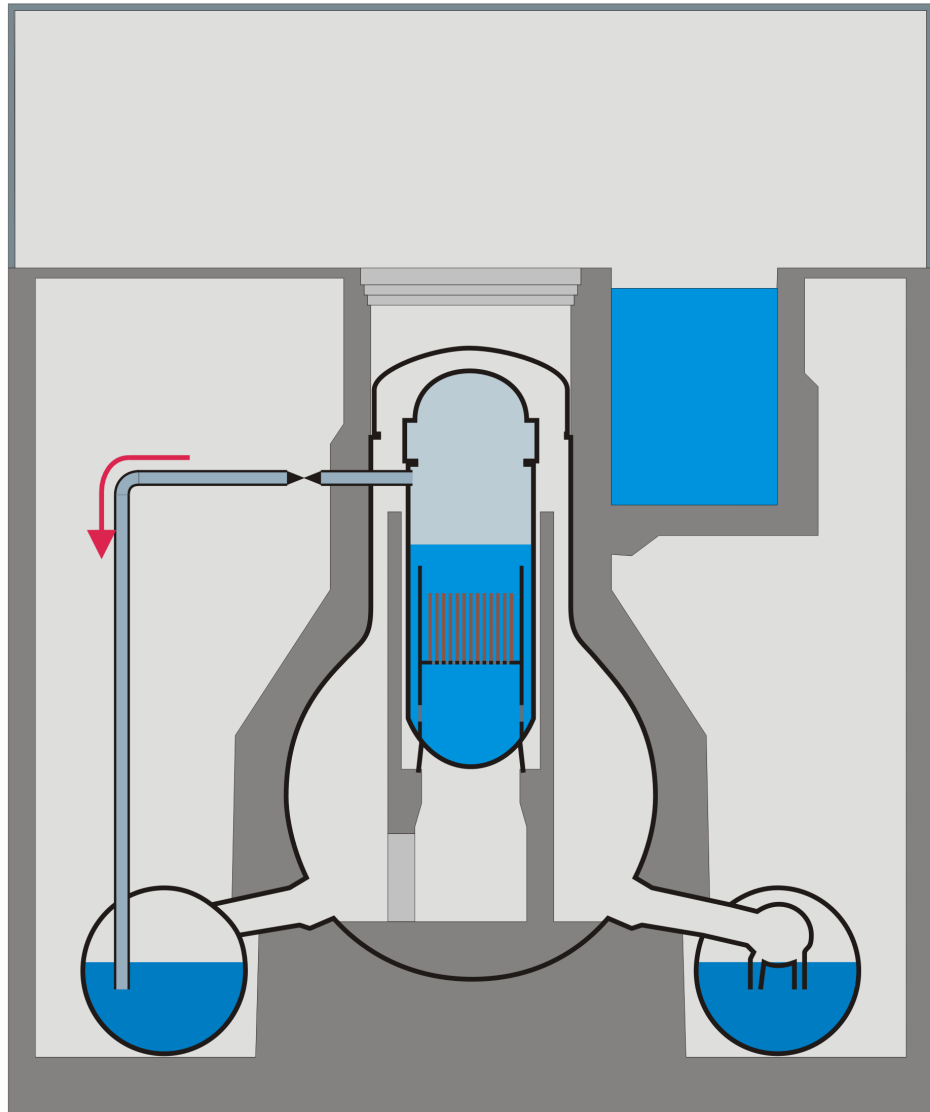


- ◆ Cuando se produce el terremoto los reactores se paran automáticamente. La potencia disminuye drásticamente al principio pero permanece el calor procedente de los productos de fisión. Persiste la generación de calor por los productos de fisión.
- ◆ El calor residual evoluciona respecto a la potencia antes de la parada:
 - Nada mas parar ~6%
 - Después de 1 día ~1%
 - Después de 5 días ~0.5%La figura adjunta muestra la evolución de la potencia en función de los días transcurridos tras la parada.
- ◆ Por ello el reactor debe permanecer refrigerado durante semanas.

- ▶ Entra en operación el sistema de enfriamiento de emergencia
- ▶ Imprescindible
 - Baterías operativas
 - Mantener la temperatura en el pozo seco por debajo de 100°C
- ▶ Las bombas no pueden trabajar indefinidamente, además se requiere una fuente fría externa con la que disipar el calor

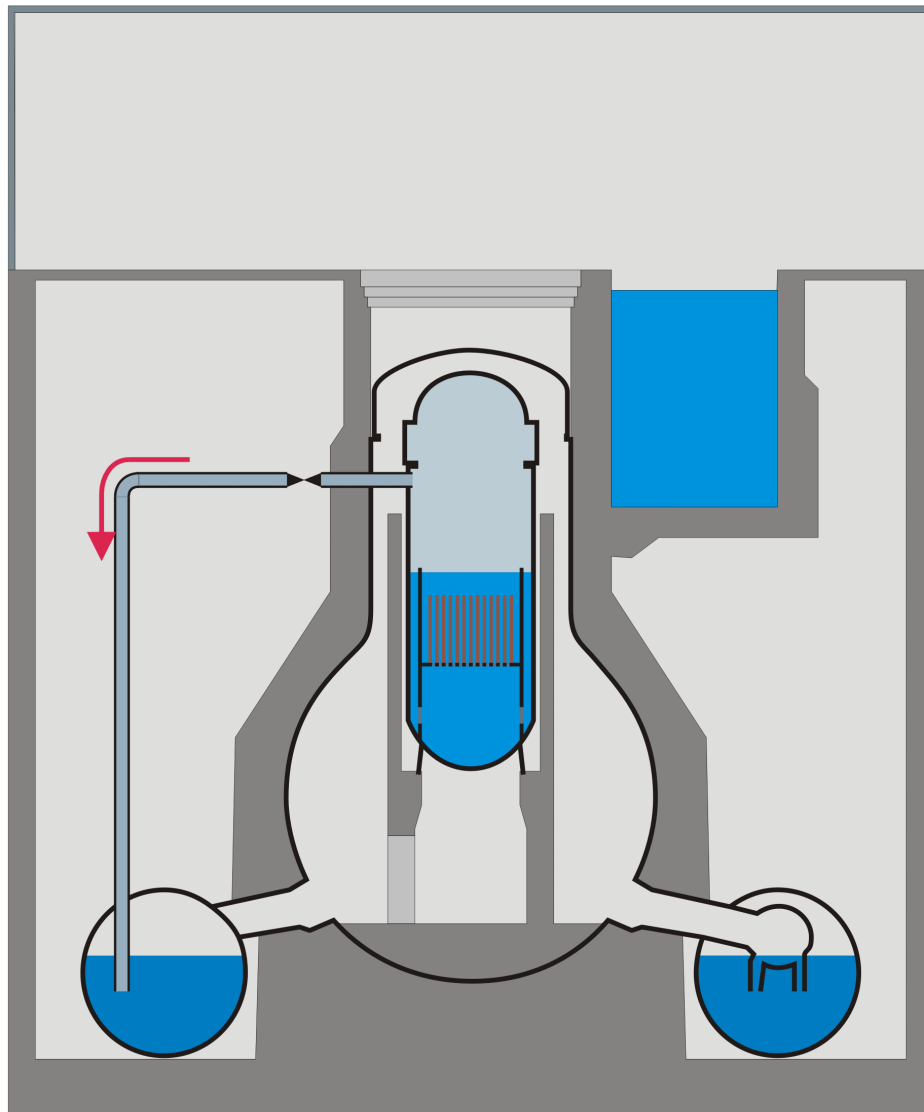


- ◆ La presión se incrementa en la vasija
- ◆ Las válvulas de alivio provocan una transferencia de agua-vapor hacia el pozo seco

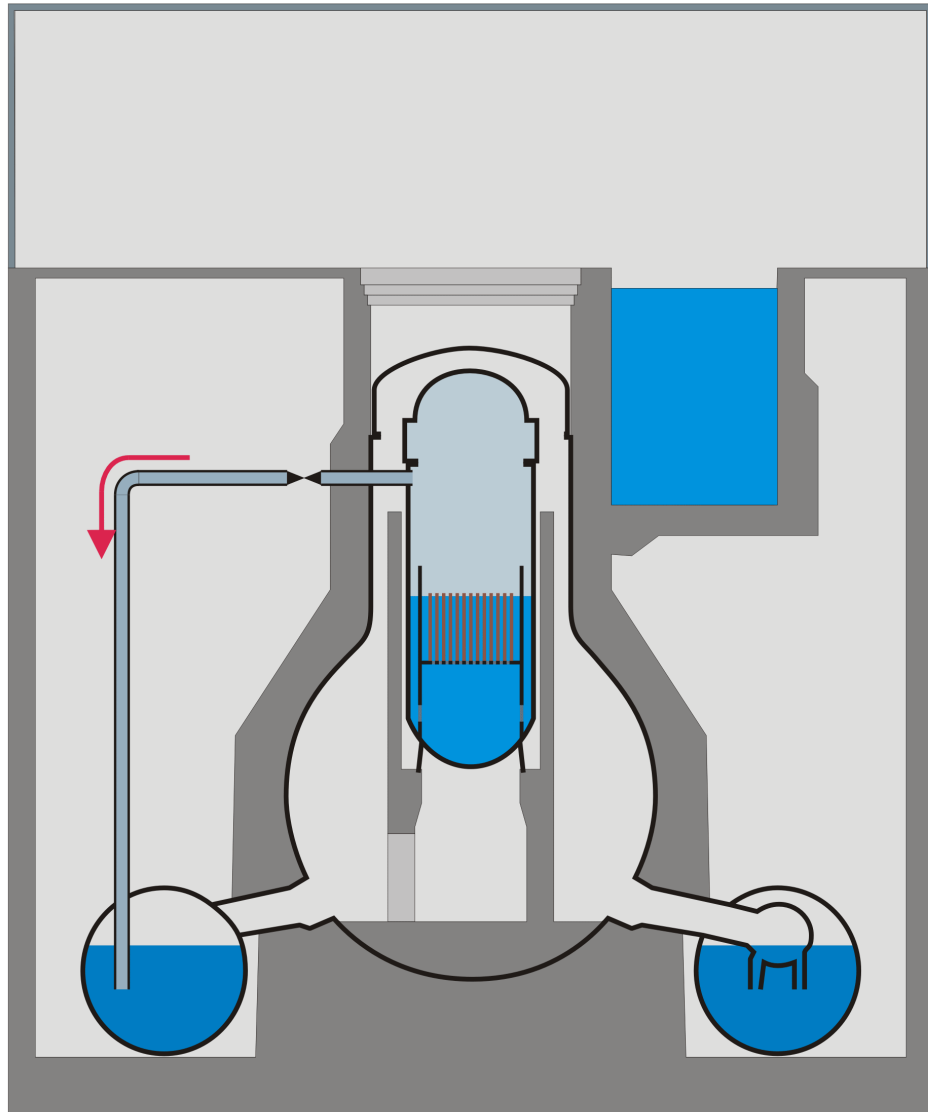


► Las baterías se agotan y falla el sistema de enfriamiento de emergencia

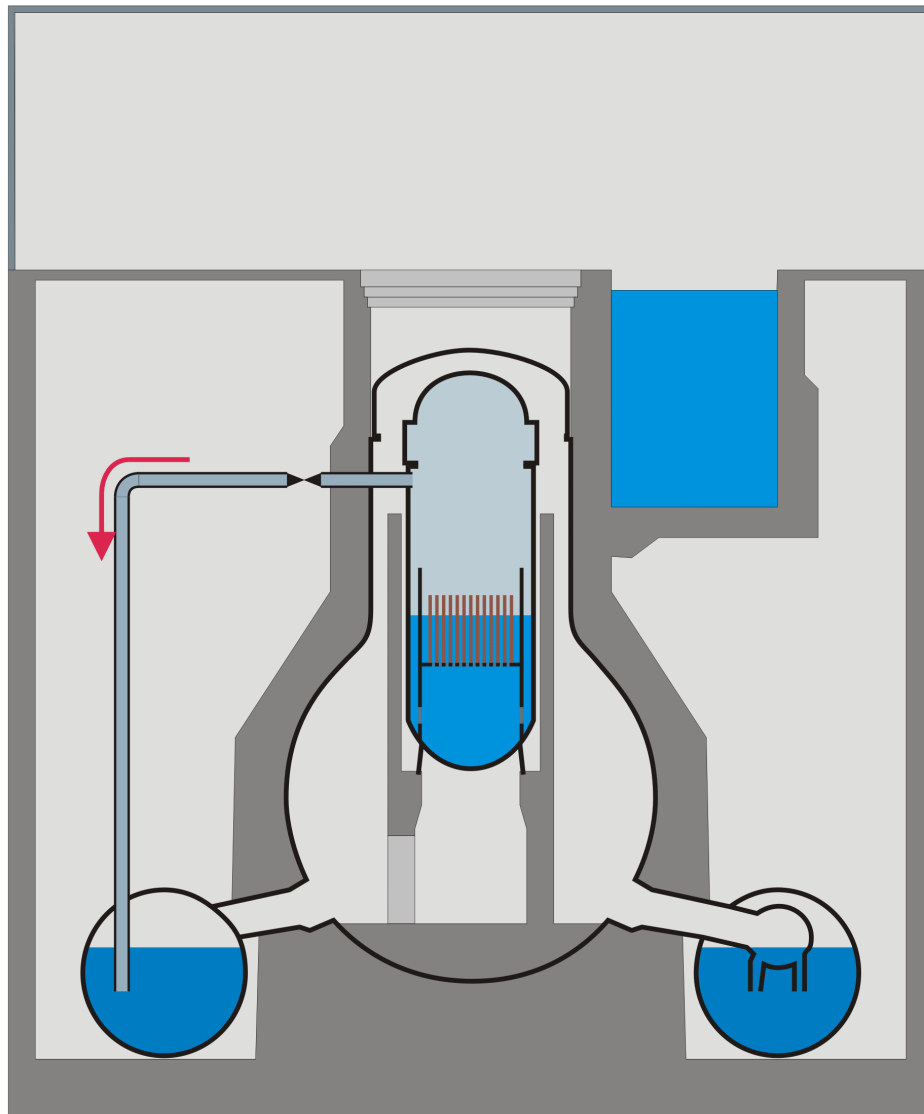
- ◆ 11.3. 16:36 Unidad 1
14.3. 13:25 Unidad 2
(Las bombas fallan)
- ◆ 13.3. 2:44 Unidad 3
(Las baterías se agotan)



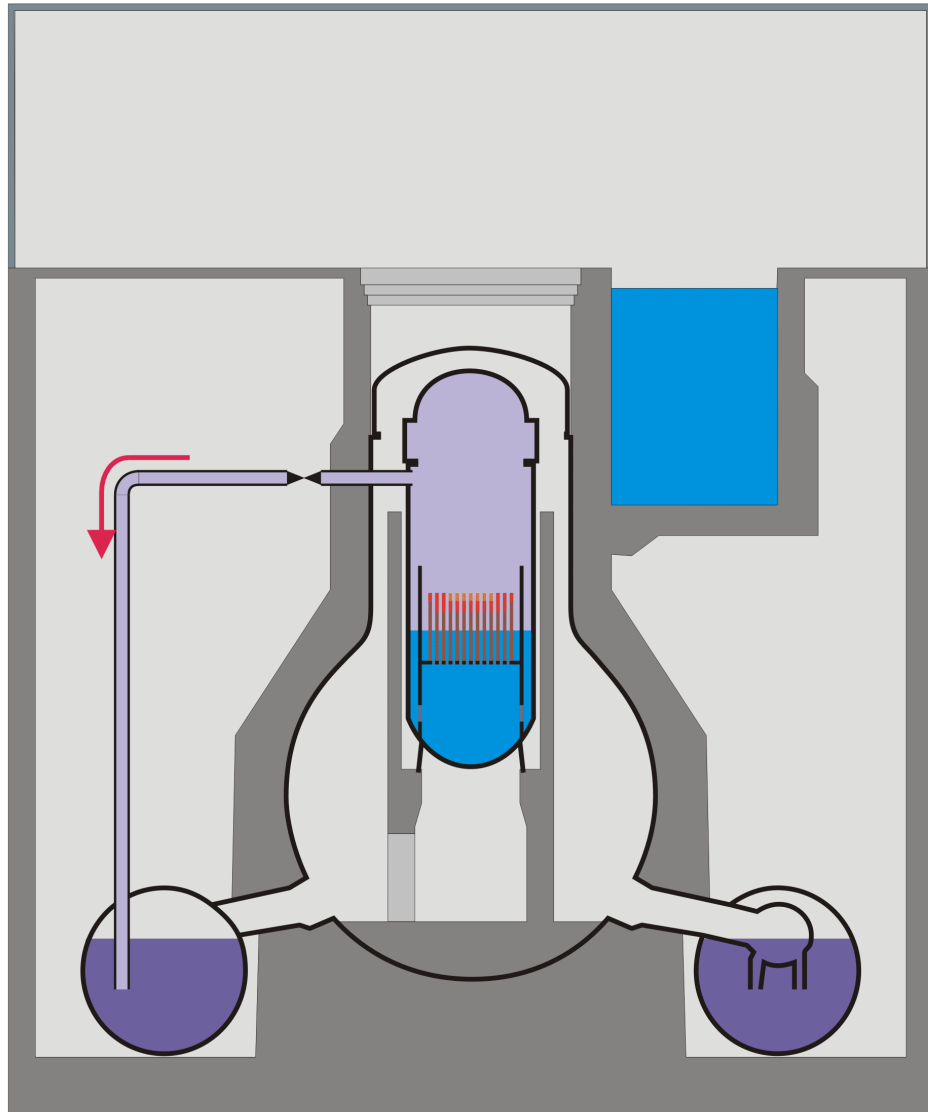
- ▶ El calor residual continua produciendo calor y por tanto vapor
- ▶ Se abren las válvulas de alivio y se descarga vapor en el pozo seco
- ▶ Empieza a descender el nivel de agua en la vasija del reactor



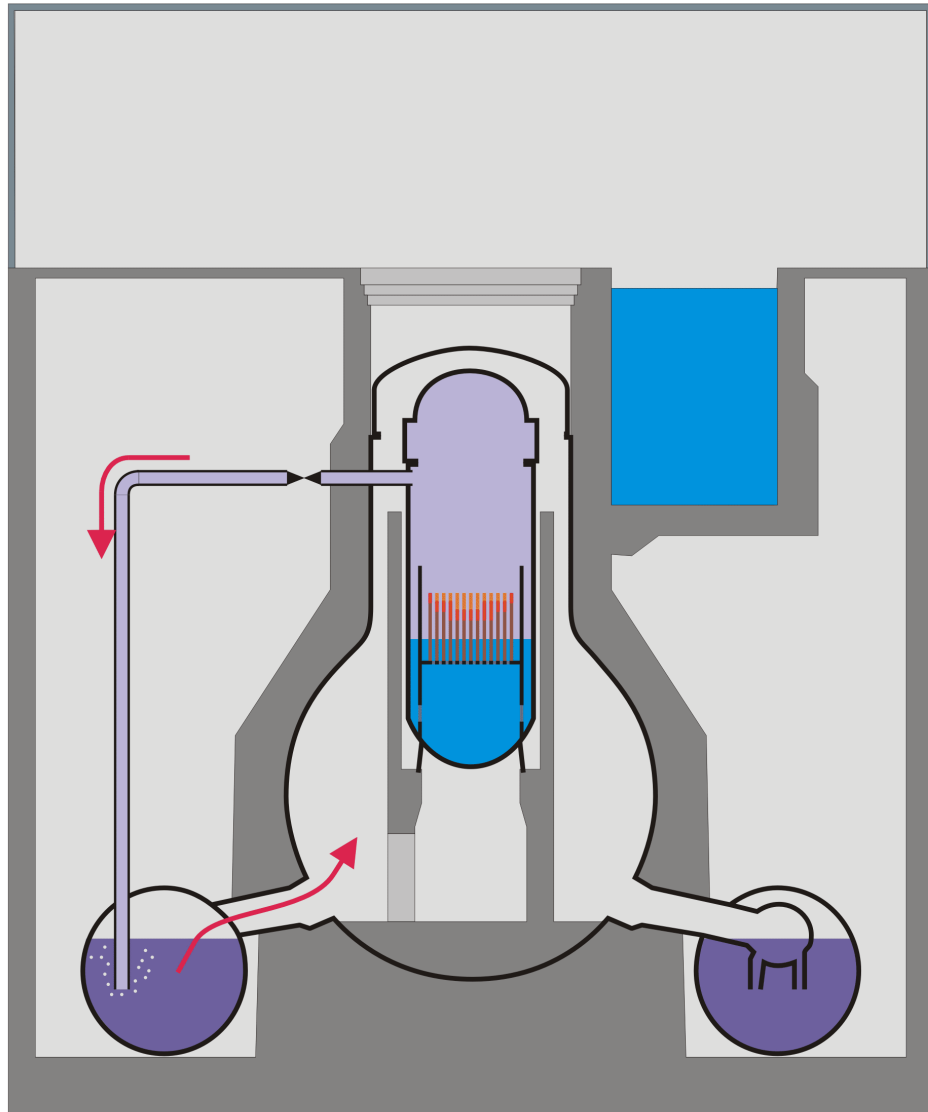
La falta de refrigeración va provocando una disminución progresiva del nivel de agua en la vasija



- ▶ El proceso continua y el nivel continua bajando
- ▶ En alguna unidad del nivel deja al $\sim 50\%$ del núcleo expuesto pero las barras aun no experimentan una degradación significativa.
- ▶ Cuando $\sim 2/3$ del núcleo queda expuesto las barras empiezan a romperse

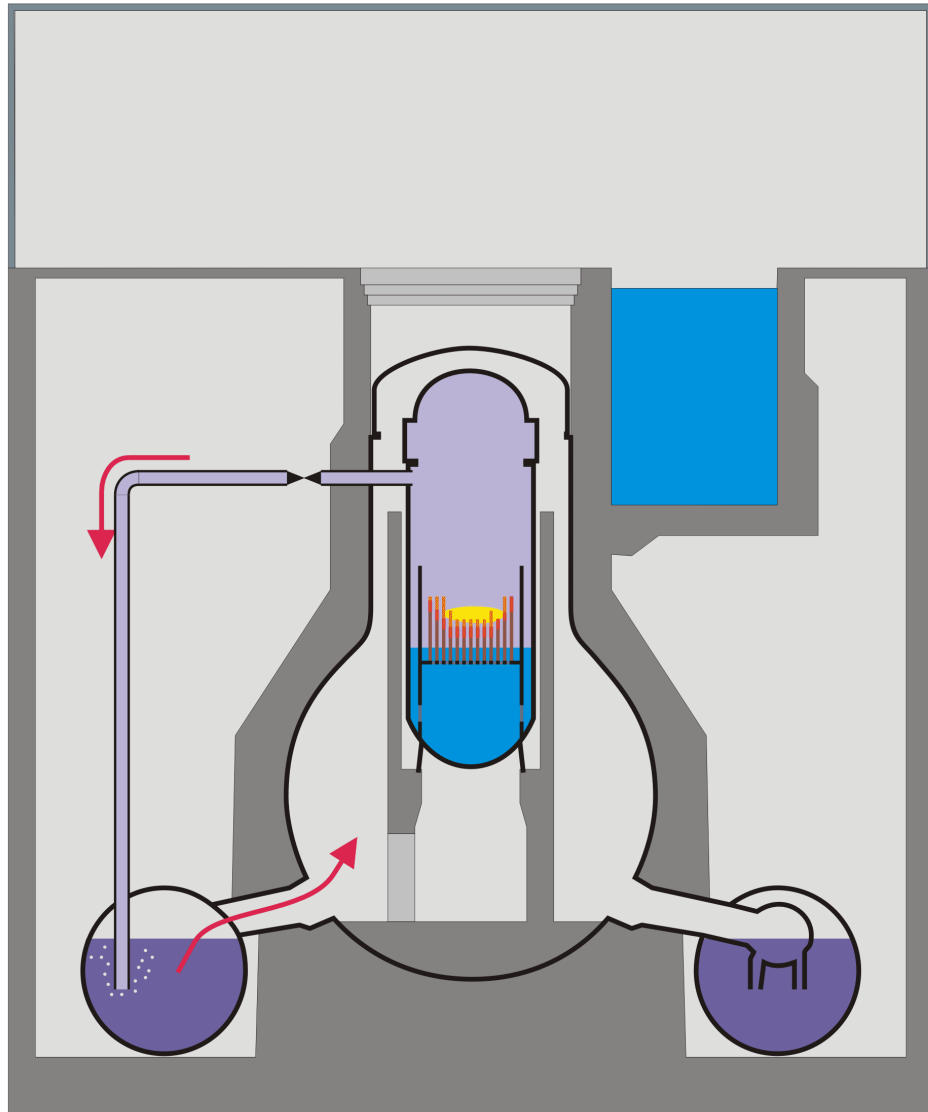


- ▶ Cuando una parte importante del núcleo deja de estar inmerso en agua se sobrepasan 1200°C
 - ◆ El circonio de los tubos empieza a oxidarse rápidamente en una atmósfera de vapor
 - Unid. 1: 300-600 kg
 - Unid. 2/3: 300-1000 kg
 - ◆ $\text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZrO}_2 + 2\text{H}_2$
 - ◆ Se empieza a generar hidrógeno
 - Unid. 1: 300-600 kg
 - Unid. 2/3: 300-1000 kg
 - ◆ El hidrógeno empieza a recircular a través del pozo seco

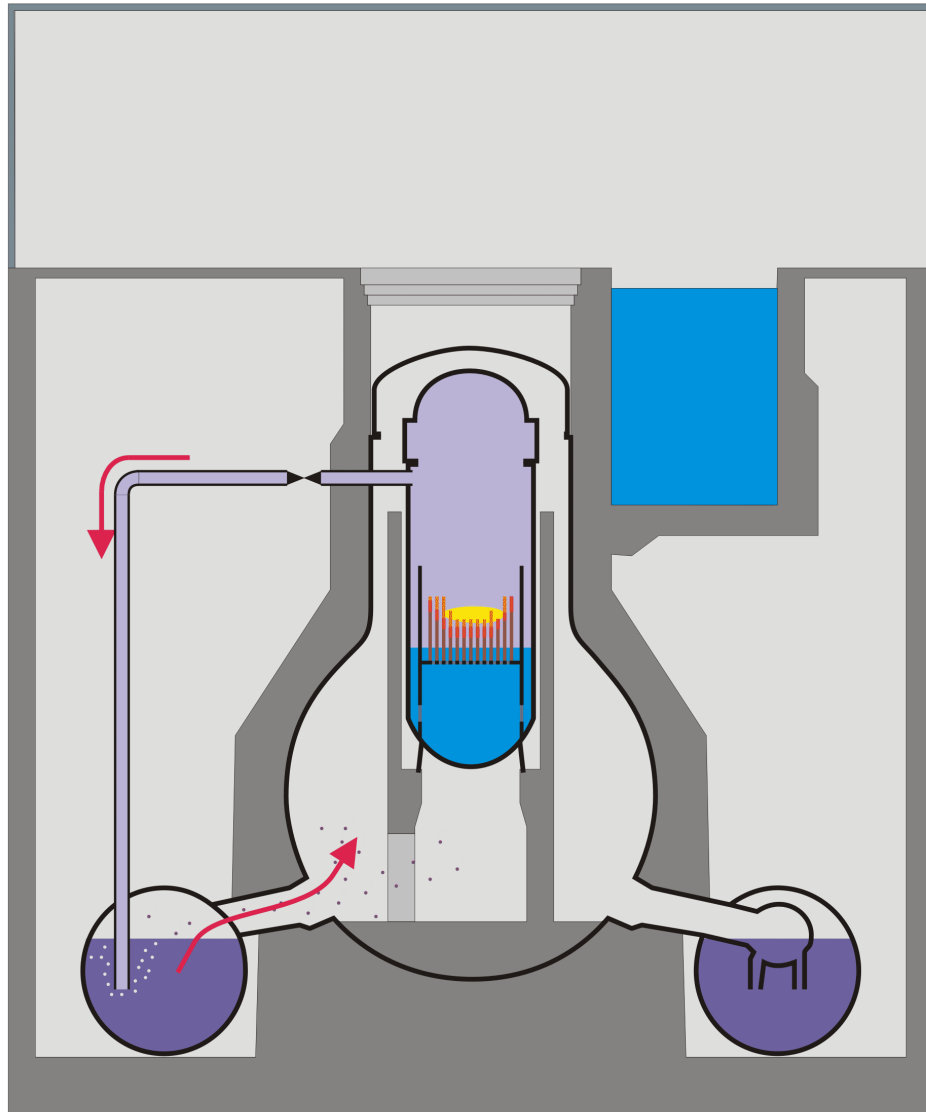


- ▶ ~2500°C (7 h. s.a) [Unid 1,2]
 - ◆ Parte de las barras se rompen
 - ◆ Los restos se acumulan en la base de la vasija.

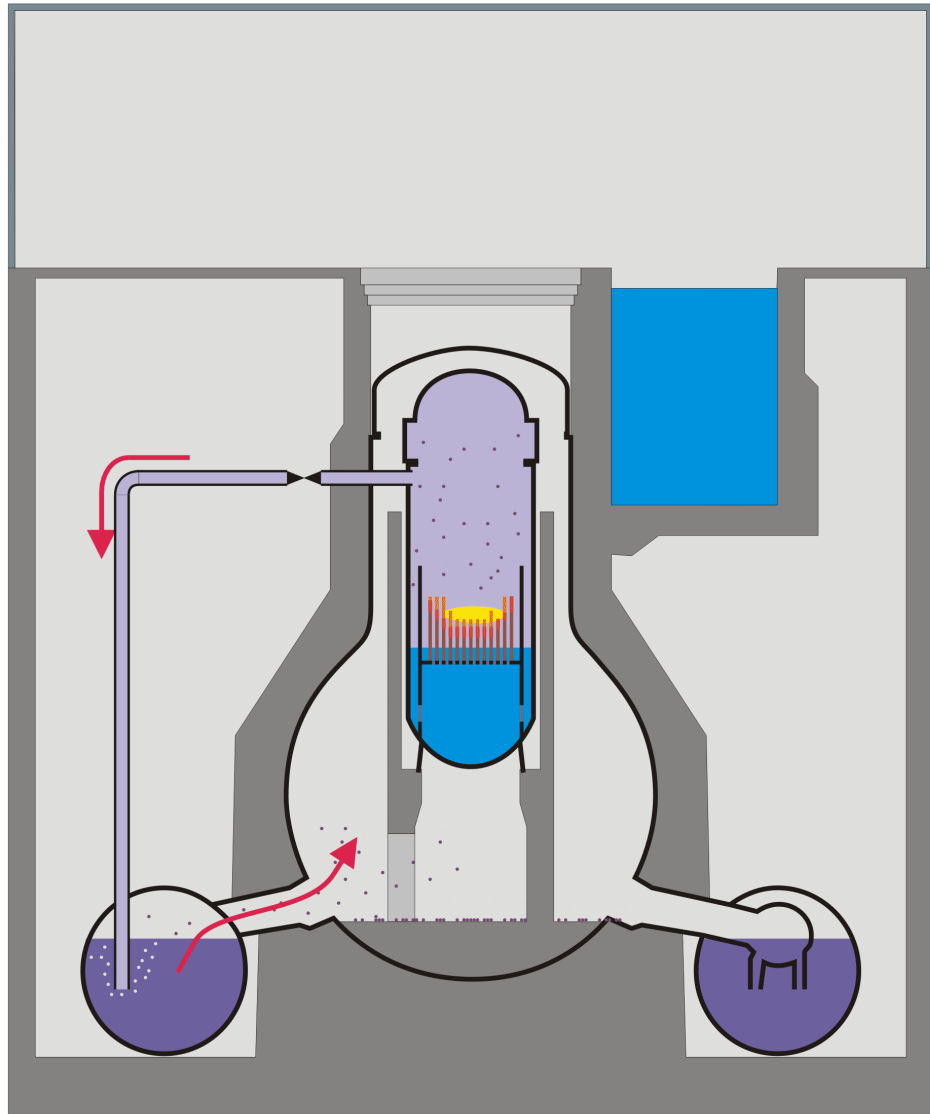
- ▶ ~2700°C (27 h s.a) [Unid 1]
 - ◆ Se produce una fusión (eutectica) Uranium-Zirconium.



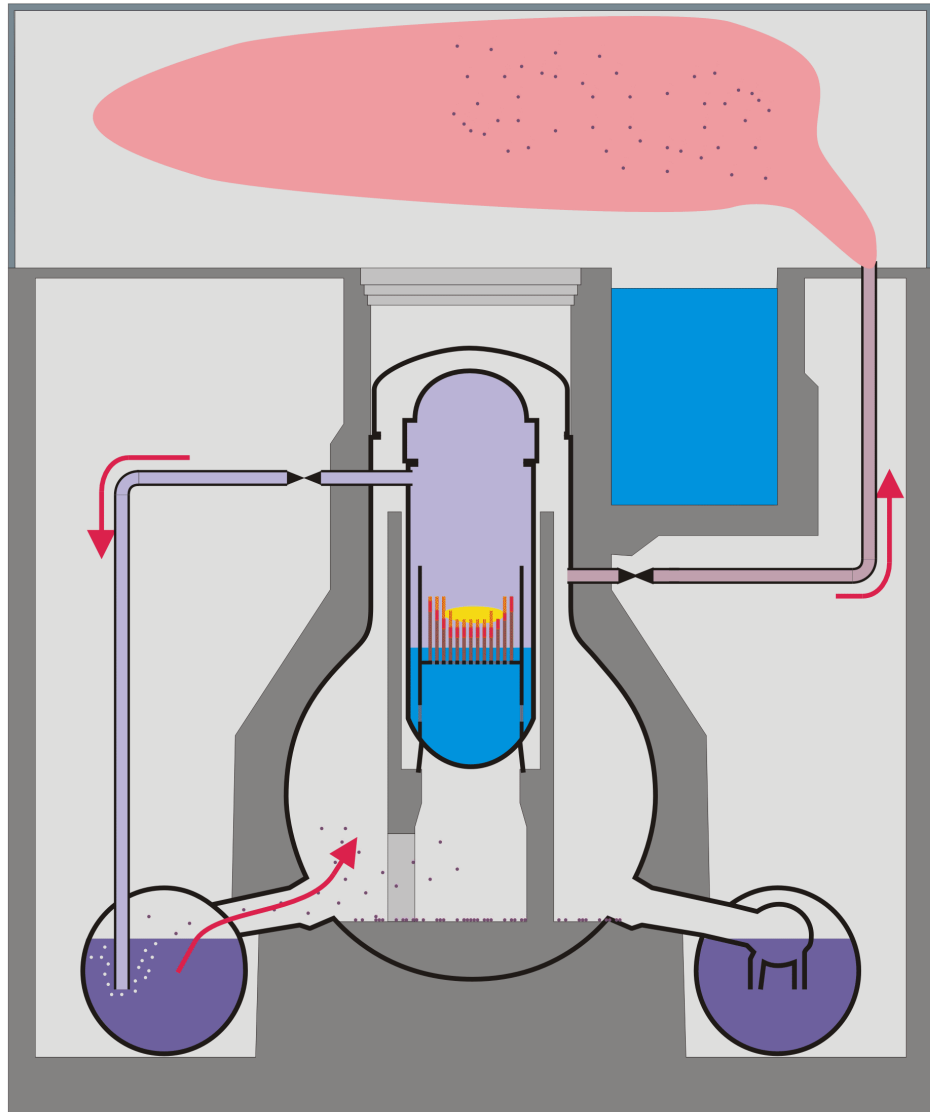
- ▶ Se libera dentro de la vasija productos de fisión: Xenon, Cesio, Iodo,...
- ◆ Uranio/Plutonio permanece confinado en la vasija.
- ◆ Otros productos de fisión forman aerosoles
- ▶ Xenón y los aerosoles se retienen en el pozo seco



- ▶ Al no ser refrigerado el reactor se produce un calentamiento que va fundiendo las barras combustibles.
- ▶ Parte de las barras pierden su integridad. Las pastillas se depositan en el fondo de la vasija y puede provocarse la emisión de pequeñas cantidades de trasuránidos



- ▶ Se produce un venteo para aliviar la presión. Contrapartidas:
 - ◆ Se liberan pequeñas cantidades de aerosoles (Iodo, Cesio~0.1%)
 - ◆ Se emiten todos los gases nobles
 - ◆ El hidrogeno se acumula en el piso superior y acaba inflamándose.
- ◆ La falta de refrigeración continua provocando la fusión de las barras



El hidrogeno se acumula en el piso superior. Esta estructura queda fuera de la contención de reactor (en alguna de las unidades es una simple chapa metálica). Eso explica que cuando explota quede destruida y sin embargo el edificio de contención que esta debajo conserve en gran medida la integridad.





Before Explosion



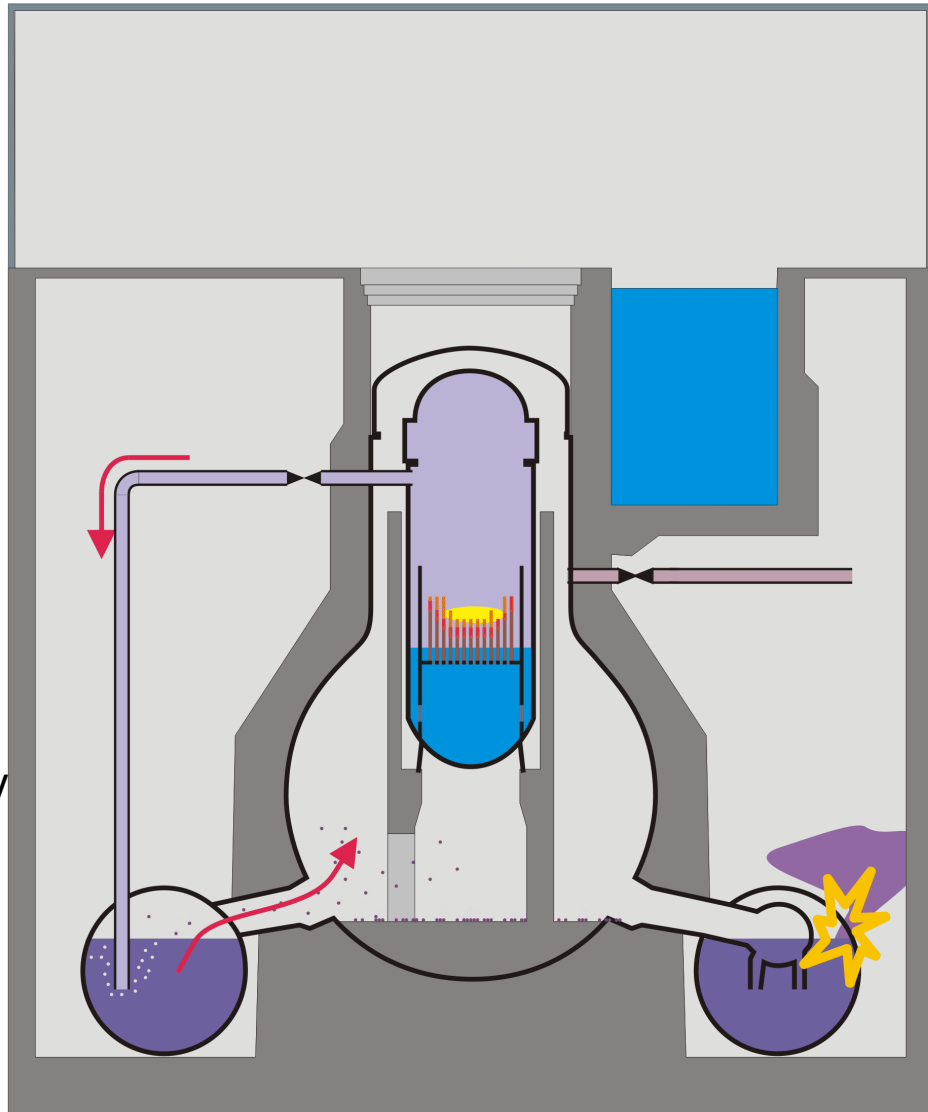
After Explosion



La contención primaria
resiste



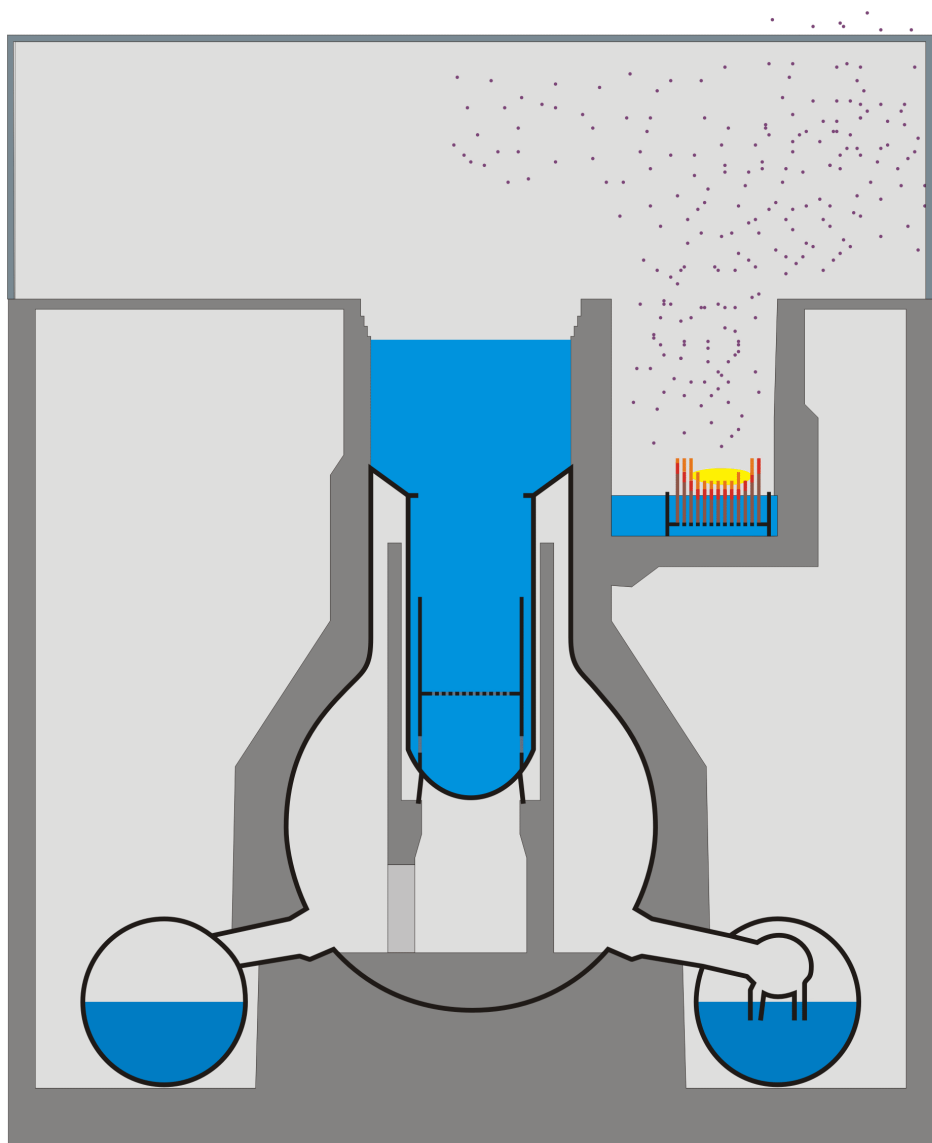
- ◆ Se sabe que en distinto grado los tres núcleos están parcialmente fundidos. Incluso se han producido fisuras aunque las medidas realizadas fuera de la central muestran que los productos no volátiles (U/Pu y otros actínidos) han permanecido casi en su totalidad confinados en los edificios de los reactores).
- ◆ Las emisiones producidas proceden de los llamados productos volátiles: Iodo, Cesio y cantidades mucho menores de otros tipos de isótopos.



Un caso aparte es la unidad 4. Este reactor estaba parado pero mantenía el combustible almacenado en una piscina. Esta piscina debía ser refrigerada (tenia combustible que hacia poco se había sacado del reactor).

- ▶ Tal vez de produjo una fuga de agua desde la piscina pues de otra forma no se explica la explosión
- ▶ Otras posibilidad es que el hidrogeno llegase al edificio del reactor 4 desde los otros reactores, pero esto es improbable

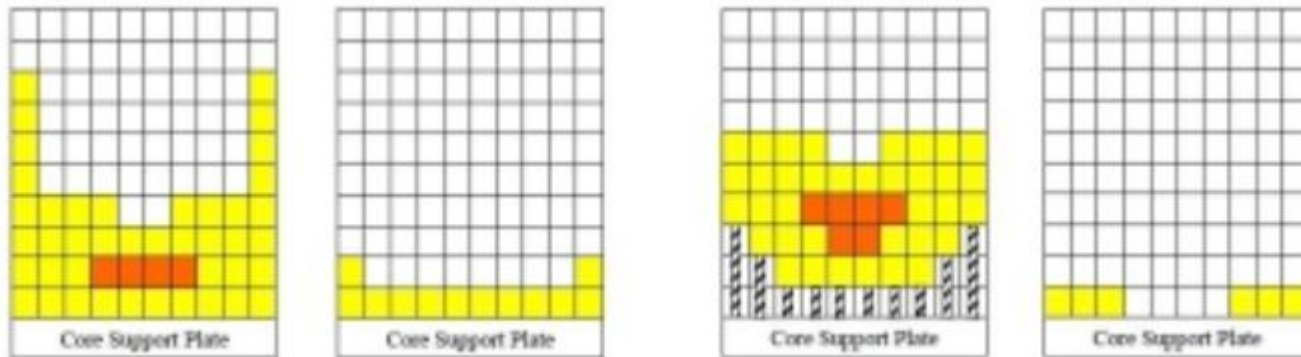
Por cualquier razón la piscina se fue calentando y libero algo de hidrogeno que produjo el mismo proceso que en los reactores.



Situación actual de los reactores

- ▶ Se está inyectando agua dulce en las vasijas mediante bombas eléctricas (doble línea de suministro) con respaldo de generadores diesel. Todo ello provisional.
 - ◆ En la **unidad 1** el nivel de agua cubre algo más de la mitad del combustible. Se mantiene estable la temperatura y presión de la vasija. La presión de la contención creció ligeramente tras la inyección de gas nitrógeno realizada para evitar explosiones de hidrógeno. Se ha aumentado el caudal de agua inyectada para refrigerar mejor y reducir presión y temperatura. Se espera inundar toda la contención.
 - ◆ En la **unidad 2** sus parámetros se mantienen estables, con agua cubriendo más de la mitad de altura del combustible, presión reducida en la vasija del reactor y temperatura moderada en esta. La contención está ya despresurizada.
 - ◆ La **unidad 3** es la que tiene menor nivel de agua en el combustible dentro de la vasija del reactor, sus parámetros han sido aceptables, hasta que ha empezado a calentarse más en la primera semana de mayo. Se ha aumentado el caudal inyectado. La contención está completamente despresurizada.
- ▶ Refrigeración en "circuito abierto" liberando vapor a la atmósfera.
- ▶ Podría continuar habiendo pequeñas liberaciones de productos de fisión.

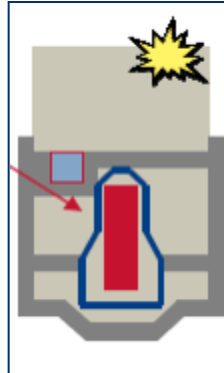
Situación de los núcleos de los reactores



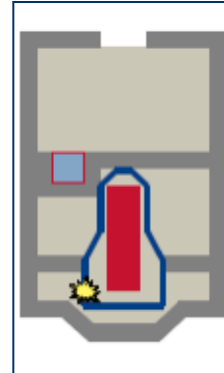
Modelización de la situación de los núcleos, el color rojizo indica el grado de fusión. La parte fundida se deposita en la base de las vasijas. AL parecer en el reactor 1 se ha producido una pequeña fractura en el fondo de la vasija, en este caso parte del material va a la base del edificio de contención que tiene varios metros de espesor, complicando las futuras acciones para descontaminar el reactor.

FUKUSHIMA DAIICHI

Unidades 1 y 3



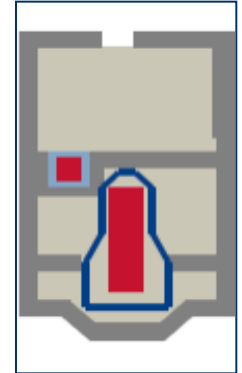
Unidad 2



Unidad 4



Unidades 5 y 6



Referencia: JAIF, 18 Mayo 2011

	Unidades 1 y 3	Unidad 2	Unidad 4	Unidades 5 y 6
Núcleo e integridad combustible	Dañado	Dañado	Sin combustible en reactor	No dañado
Integridad vasija	1. Daño y fugas	Sin datos	Sin daños	No dañada
Integridad contención primaria	1. Daño y fugas	Probablemente dañada	No dañada	No dañada
Integridad contención secundaria	Severamente dañada	Parcialmente abierta	Severamente dañada	Apertura para venteo H ₂
Refrigeración vasija	Con agua fresca	Con agua fresca	No necesaria	No necesaria
Integridad piscina combustible	1: Sin datos 3: Probablemente dañada	Sin datos	Probablemente dañada	Sin daños
Refrigeración piscinas	1: Spray agua fresca 3: Spray agua fresca	Inyección agua fresca	Spray agua fresca	Recuperada refrigeración normal
Alimentación eléctrica externa	Recuperada por líneas alternativas. Iluminación en Salas de Control y turbinas			
INES (Escala sucesos nucleares)	5	5	3	--

Emisiones radiológicas

Los gases (Xe-Kr) se emitieron en el primer momento, tras la parada del reactor estos gases dejan de producirse y se desintegran rápidamente no produciendo contaminación (se desintegran convirtiéndose en elementos estables-no radiactivos). Puntualmente producen tasa de dosis elevadas, que se produjeron en las primeras horas principalmente en el mar

Sólo son volátiles algunos PF: Iodo-131, Cs-124 y Cs-137 (0.2%). Tras dos meses, el Iodo-131 se ha reducido al 1% de la cantidad inicial.

La presencia de otros isótopos (Na, Pu, etc) se ha detectado en cantidades insignificantes. Aunque las noticias informan de que las cantidades medidas exceden miles de veces la que hay de forma natural eso en si mismo no implica que tengan una gran peligrosidad. Por ejemplo: Cuando se calcula las cantidades que habría que consumir de esos productos para experimentar dosis (riesgo) altas resulta que habría que están comiendo estos productos de manera continuada por años

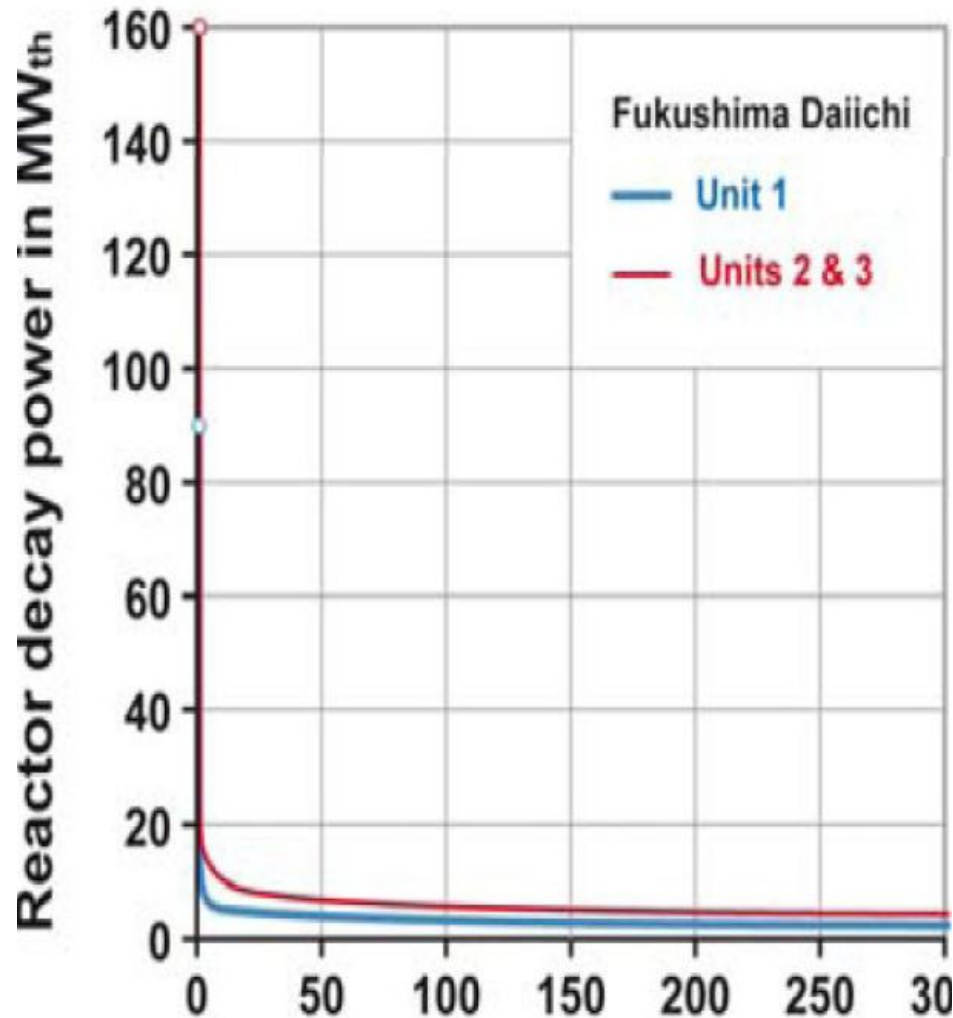
Consecuencias radiológicas

- Valoración de riesgos radiológicos: Se miden en miliSievert (mSv). Se admite como límite para la población 1 mSv/año (descontar natural y medicas).
- Una persona normal se estima que recibe al año 2.5 mSv aunque oscila sustancialmente de unas personas a otras y de unos lugares a otros (1.5-40 mSv).
- Un fumador habitual (Po-210) puede recibir 10 mSv o más.
- Una mamografía son 3 mSv

Las dosis a las que han sido expuesta los miembros del público , es inferior a la que se da en muchos lugares de forma natural.

	Fukushima	Chernobil
Total I-131+ Cs 137+ otros (Bq)	5×10^{17}	5×10^{18}
Personas con dosis por encima de 100 mSv	21 (todos menos de 250 mSv)	Más de 100 000

Aunque por las cantidades emitidas por Fukushima han sido muy importantes, y previsiblemente estas emisiones continuaran unos meses, la rápida actuación de las autoridades japonés ha reducido drásticamente la exposición de la población. Se evacuó inmediatamente área y se repartieron capsulas de iodo que reducen la asimilación de iodo radiactivo por el organismo. De hecho en más de 100000 personas medidas solo unas decenas presentaron contaminación superficial que pudo ser fácilmente eliminada.



Las perspectiva:

La potencia de los reactores va disminuyendo de forma natural progresivamente pero se requiere refrigeración.

Los trabajos de recuperación llevarán meses hasta que el área quede limpia. Incluso desde el punto de vista técnico es preferible mantener aislados los reactores y esperar algún tiempo antes de acometer actividades de descontaminación de estos y la recuperación del combustible gastado.

Las pérdidas económicas son inmensas, la central quedará inutilizada

Fukushima.

Pasos para mejorar el control

- ▶ Restablecimiento de suministro eléctrico externo
- ▶ Algunos incendios de posible origen eléctrico
- ▶ Iluminación de las salas de control
- ▶ “Sorpresas” al encontrar inundaciones con alta contaminación radiactiva en los edificios de turbinas y túneles exteriores de cables
 - ◆ En la **unidad 2** tasas de dosis del orden de 1000 mSv/h en la superficie del agua.
 - ◆ El túnel exterior a la unidad 2, presentaba una grieta que permitió la descarga directa al mar de agua extremadamente contaminada durante varios días.
- ▶ Vaciado al mar de los tanques del sistema de tratamiento de residuos líquidos (10.000 m³) y los túneles de las unidades 5 y 6 (1.500 m³) para ganar capacidad de almacenamiento
- ▶ Drenaje de los túneles exteriores
- ▶ Drenaje de los edificios a los condensadores, previo vaciado de estos a los tanques de agua de reposición.
- ▶ Retirada de escombros con maquinaria pesada operada remotamente.
- ▶ Intentos de recuperar equipos de refrigeración de la propia central.
- ▶ Tareas pendientes de muy larga duración (¿meses?) hasta conseguir una situación estable y mantenible a largo plazo

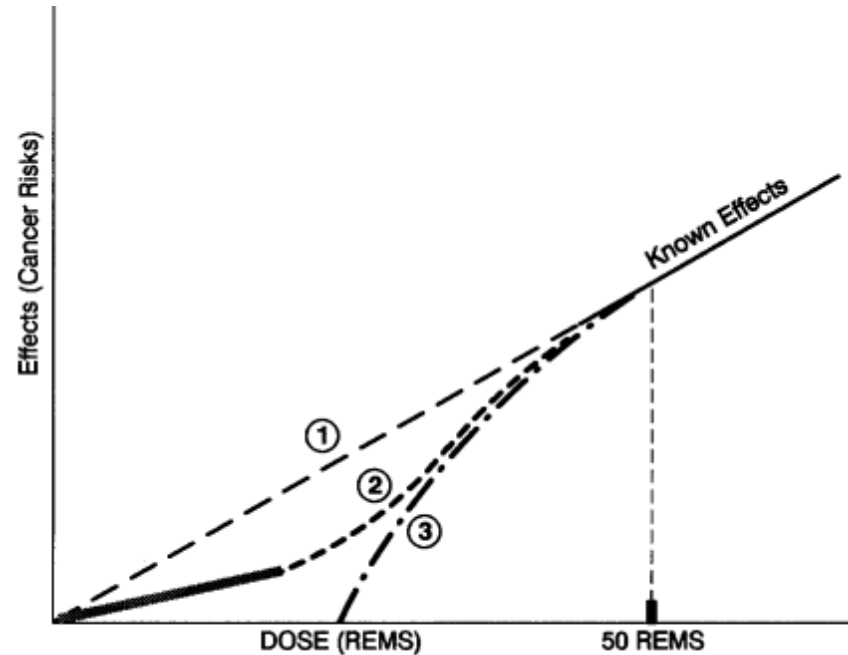
El mito radiactivo y sus consecuencias

“Persistent myths and misperceptions about the threat of radiation have resulted in “paralyzing fatalism” among residents of affected areas.” (Informe sobre Chernobil de la Organización Mundial de la Salud)

“Los efectos sobre la salud de lo que está pasando en Japón le afecta mucho más a la salud psicológica que a la salud física” (Dr Rafael Herranz, experto español en el tratamiento de personal irradiado. Hospital Gregorio Marañón. A TVE, 2011-03-17).

La toma de decisiones precipitadas basadas en mitos puede tener consecuencias nefastas: La eliminación del DDT de la India produjo el incremento sustancial de la malaria con cientos de miles de enfermos lo que llevó a la OMS a volver recomendar su uso, y la malaria casi desapareció de la India

Paracelso: .
"Todo es
veneno, nada
es sin
veneno. Sólo
la **dosis** hace
el veneno".



Importante: El gran error que hay sobre la percepción que el público tiene sobre las radiaciones se basa en pensar que por pequeña que sean las dosis a largo plazo producirán cánceres y malformaciones. Esto está lejos de ser cierto: no se ha demostrado para dosis inferiores a 250 mSv produzcan efectos. De existir serán muy inferiores a los predichos por la hipótesis lineal que consiste en suponer que si 5000 mSv recibidos por una persona producen un cáncer (que es cierto), entonces si 5000 personas reciben cada una de ellas 1 mSv una de ellas padecerá un cáncer. Esto supondría la existencia de miles de cánceres anuales producidos por la radiación pues todos de forma natural recibimos alrededor de 3 mSv al año. Deberían producirse el triple de cánceres radiogénicos en lugares donde se reciben 10 mSv/año (ej Kerala, India) pero esto no se ha observado. Ese criterio se aplica como medida de prevención (principio de precaución). El mal uso de este criterio lleva a conclusiones erróneas, sino míticas.

El legado mítico de Chernobil

Según la “Organización mundial de la salud (OMS, WHO en ingles)” el impacto del accidente de Chernobil fue considerablemente menor del que los medios de comunicació suelen difundir

El estudio “Chernobyl’s Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts” de más de 600 páginas firmado por cientos de científicos de las siguientes organizaciones: IAEA, WHO, UNDP, FAO, UNEP, UN-OCHA, UNSCEAR así como los gobiernos de Bielarusia, Federación Rusa y Ucrania concluyen:

<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr38/en/index.html>

“This was a very serious accident with major health consequences, especially for thousands of workers exposed in the early days who received very high radiation doses, and for the thousands more stricken with thyroid cancer. **By and large, however, we have not found profound negative health impacts to the rest of the population in surrounding areas, nor have we found widespread contamination that would continue to pose a substantial threat to human health**, within a few exceptional, restricted areas.”

“...fewer than 50 deaths had been directly attributed to radiation from the disaster, almost all being highly exposed rescue workers, many who died within months of the accident but others who died as late as 2004”.

“**About 4000 cases of thyroid cancer, mainly in children and adolescents at the time of the accident**, have resulted from the accident’s contamination and at least nine children died of thyroid cancer; **however the survival rate among such cancer victims**, judging from experience in Belarus, **has been almost 99%.**”

“...an estimated 2200 radiation-caused deaths can be expected during their lifetime”.

“Most emergency workers and people living in contaminated areas received relatively low whole body radiation doses, comparable to natural background levels. **As a consequence, no evidence or likelihood of decreased fertility among the affected population has been found, nor has there been any evidence of increases in congenital malformations that can be attributed to radiation exposure.**”

“**Poverty, “lifestyle” diseases now rampant in the former Soviet Union and mental health problems pose a far greater threat to local communities than does radiation exposure.**”

Persistent myths and misperceptions about the threat of radiation have resulted in “paralyzing fatalism” among residents of affected areas.

El gran terremoto y tsunami del 11 de marzo de 2011: réplicas y víctimas

ANTONIO ALONSO 12-04-2011



Yuriage in Natori (looking west)

Antes del tsunami

© Google, Digital Globe, GeoEye



Las consecuencia humanas de la catástrofe son enormes. Miles de personas que vivían en la costa perecían por el tsunami. Los medios públicos lo han convertido en un hecho anecdótico frente al accidente de Fukushima

Yuriage in Natori (looking west) Tras ser arrasada por el tsunami

© Google, Digital Globe, GeoEye



Presas destruidas, refinerías incendiados, con centenares de muertos ignorados ¿Quién se cuestiona las presas o las centrales de gas o fuel?

Huge refinery fire after quake hits



An oil refinery near Japan's capital Tokyo goes up in flames after the country was hit by the biggest quake since records began.



Mientras el mundo se ha focalizado en Fukushima se olvida el problema humano: 30000 muertos y cientos de miles de personas fuera de sus hogares.





Gracias por su
atención, y espero
sus preguntas