

El accidente de Fukushima: aspectos técnicos



POLITÉCNICA



INDUSTRIALES
ETSII | UPM

Eduardo Gallego Díaz

Dpto. Ingeniería Nuclear
Esc. Téc. Sup. Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid

18° SEFM | 13° SEPR

Sevilla 2011



**Calidad y
seguridad**

II CONGRESO CONJUNTO

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

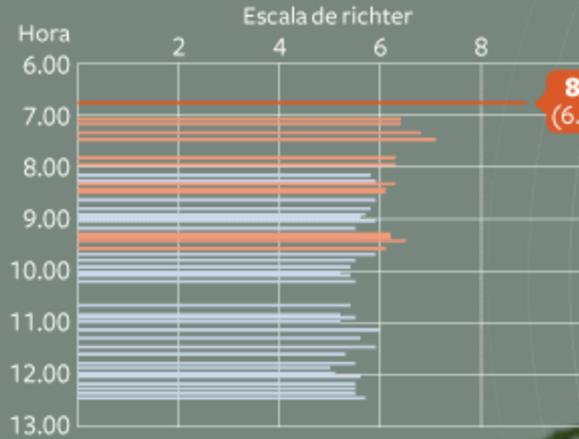


El accidente de Fukushima: aspectos técnicos

1. El gran terremoto y tsunami del 11 de marzo de 2011
2. Diseño de los reactores
3. Progresión del accidente
4. Deterioro de las piscinas de enfriamiento
5. Situación actual
6. Principales referencias

TERREMOTO EN JAPÓN

SISMOS REGISTRADOS DESPUÉS DEL TERREMOTO PRINCIPAL



Costa este de Honshu (Japón)
8,9 grados en la escala de Richter
6.46 (hora peninsular española)
Profundidad: 10 km

• Principales réplicas y hora



El gran terremoto y tsunami del 11 de marzo de 2011

RODRIGO SILVA - ANTONIO ALONSO 11-03-2011 / elpais.com

ALERTA POR MAREMOTO



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



KYODO NEWS



KYODO NEWS



Earthquakes:
M - 9.0 quake (March 11)
M - 7 class 5 times
M - 6 class 72 times
M - 5 class 423 times

■ TERREMOTOS MÁS IMPORTANTES POR MAGNITUD

Fecha	M	País	Víctimas (muertes)
1960	9,5	Chile	5.700 a 10.000
1964	9,2	Alaska	128
2004	9,1	Indonesia	229.866
2011	9,0	Japón	14.981 fallecidos. 9.853 desaparecidos. (10-05-2011) 136.000 evacuados
1952	9,0	Unión Soviética	¿?
2010	8,8	Chile	524
1880	8,8	Chile	25
1906	8,8	Ecuador	1.000
1833	8,8-9,2	Indias Orientales Neerlandesas(Indonesia)	
1700	8,7-9,2	Canadá y Estados Unidos	¿?
1965	8,7	Estados Unidos	
1755	8,7	Portugal	70.000 a 100.000

REACTORES NUCLEARES EN JAPÓN

- El epicentro del terremoto se ubicó cerca de las centrales nucleares de Onagawa y Fukushima y algo más lejos de Tokai.
- Todas las plantas se detuvieron de manera automática.

Onagawa (3 Units)



Tohoku Electric Power Co., Inc

All units (Units 1-3) were immediately shut down automatically, then safely went into cold shutdown.



Onagawa

Fukushima Dai-ichi

Fukushima Dai-ni

Tokai Dai-ni

Fukushima Dai-ni (4 Units)

All units (Units 1-4) were immediately shut down automatically, then safely went to cold shut down.



TEPCO

Tokai Dai-ni (1 Unit)

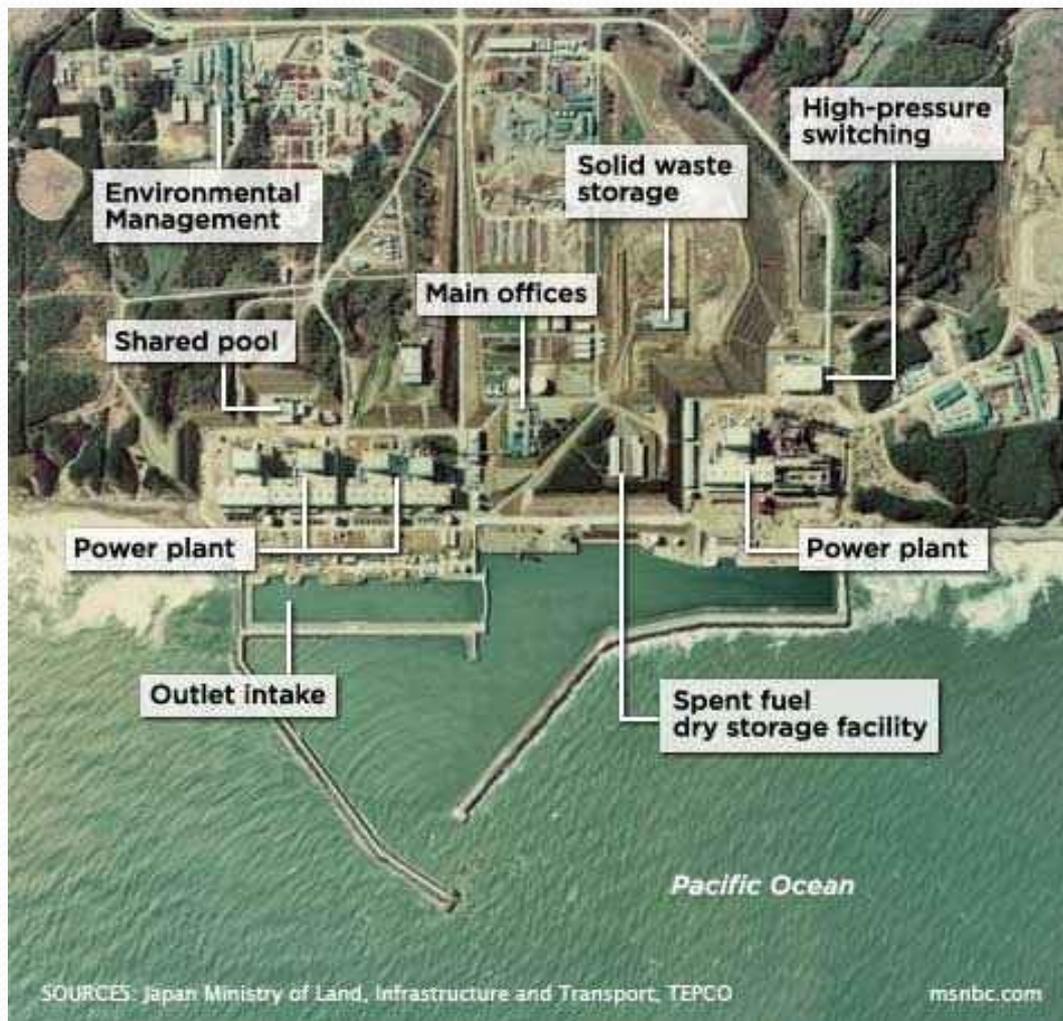
The unit was immediately shut down automatically, then safely went to cold shut down.



The Japan Atomic Power Company

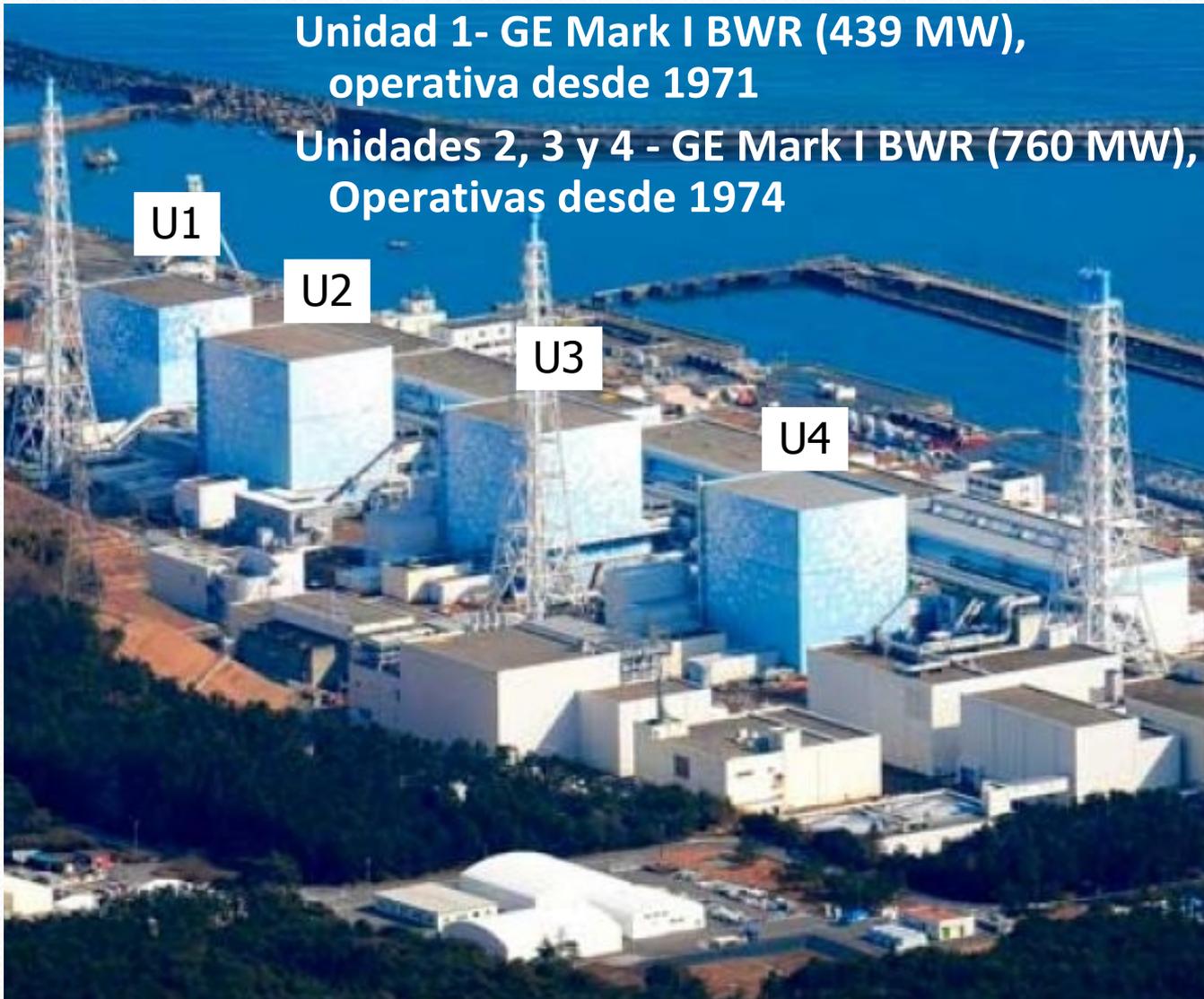
CENTRAL NUCLEAR DE FUKUSHIMA DAI-ICHI

Este emplazamiento tiene seis reactores nucleares BWR



CENTRAL NUCLEAR DE FUKUSHIMA DAI-ICHI.

Reactores afectados



Efectos del tsunami

<http://www.abc.net.au/news/events/japan-quake-2011/beforeafter.htm>

Yuriage in Natori (looking west)

© Google, Digital Globe, GeoEye



Efectos del tsunami

<http://www.abc.net.au/news/events/japan-quake-2011/beforeafter.htm>

Yuriage in Natori (looking west)

© Google, Digital Globe, GeoEye



Efectos del tsunami

<http://www.abc.net.au/news/events/japan-quake-2011/beforeafter.htm>

Fukushima nuclear plant

© Google, Digital Globe, GeoEye



Efectos del tsunami

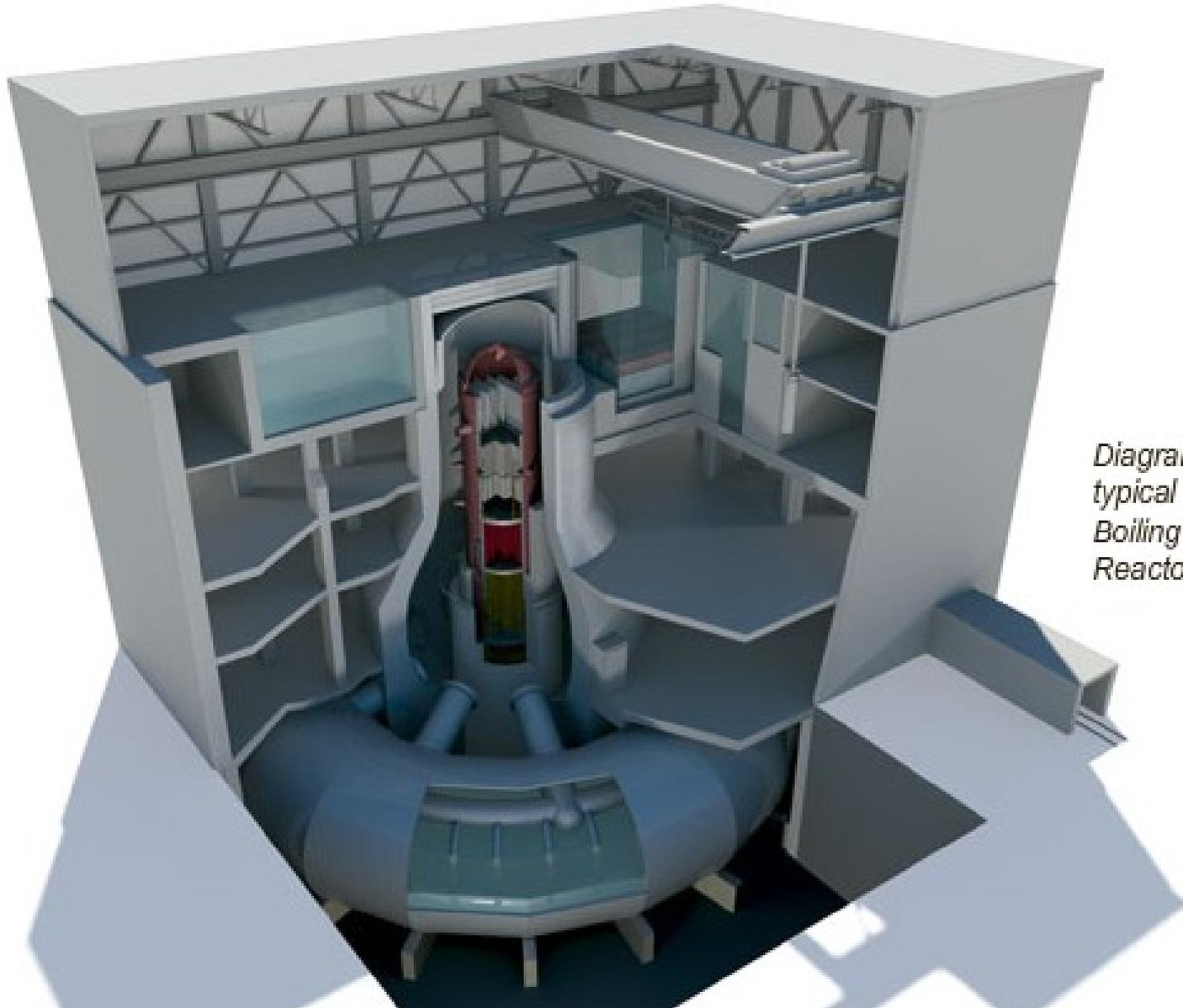
<http://www.abc.net.au/news/events/japan-quake-2011/beforeafter.htm>

Fukushima nuclear plant

© Google, Digital Globe, GeoEye



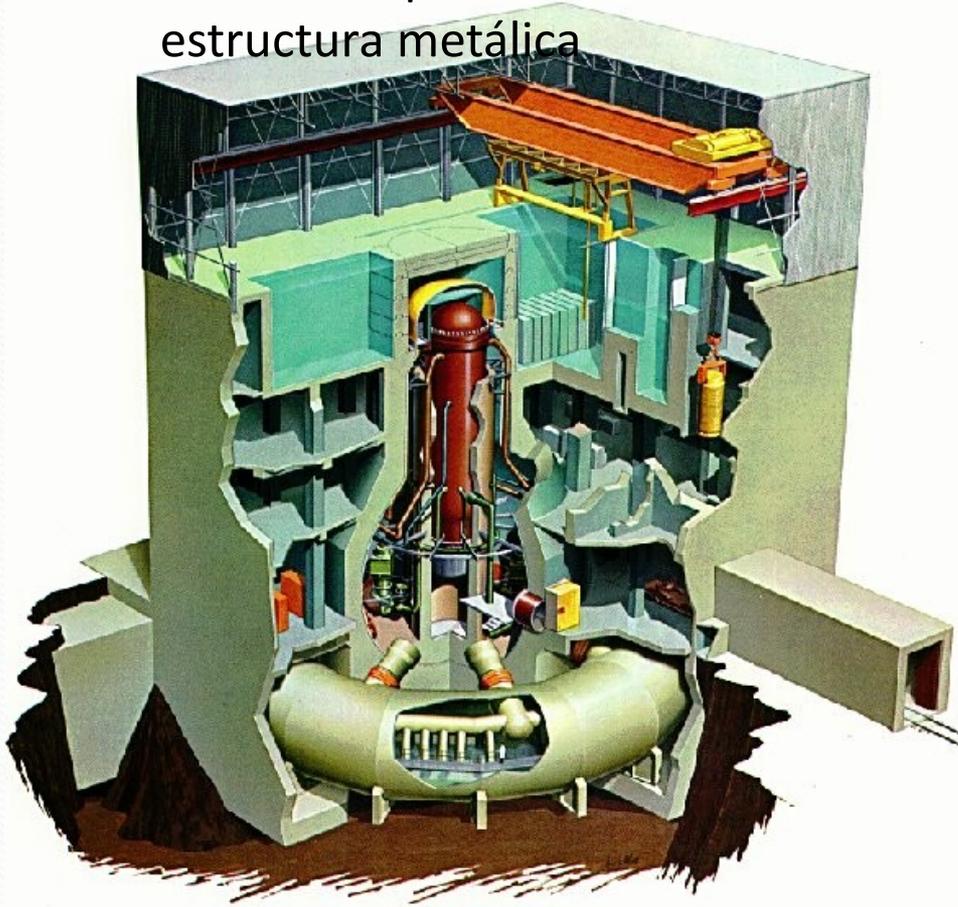
BWR/3 – BWR/4. Contención MARK I



*Diagram of a
typical Mark I
Boiling Water
Reactor*

BWR/3 – BWR/4. Contención MARK I

- Estructura del edificio
 - Edificio de hormigón
 - Planta de operación con estructura metálica

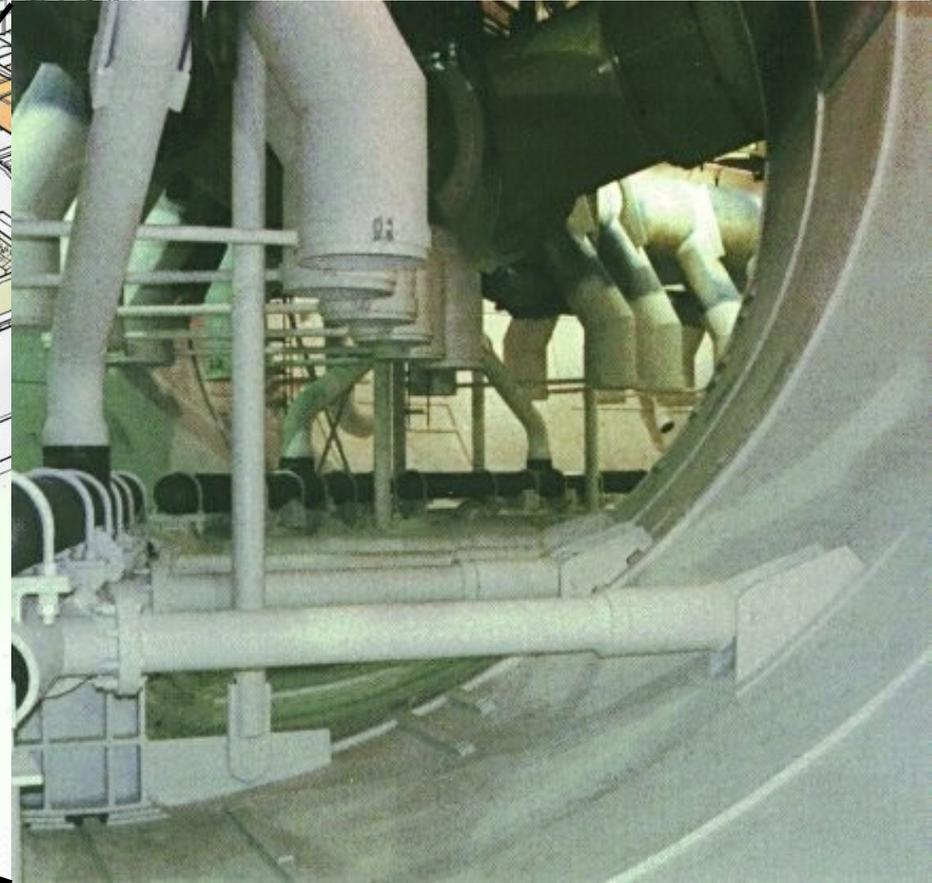
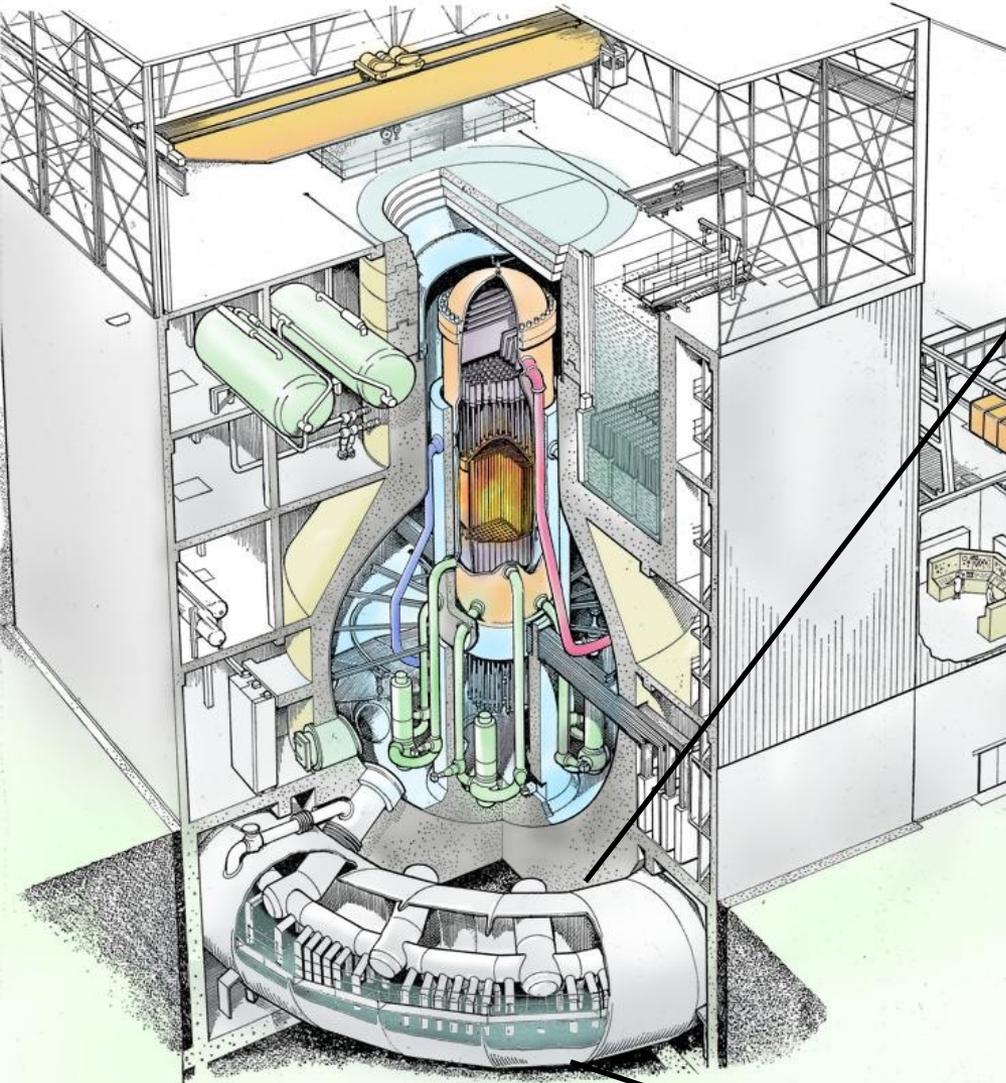


▶ Contención:

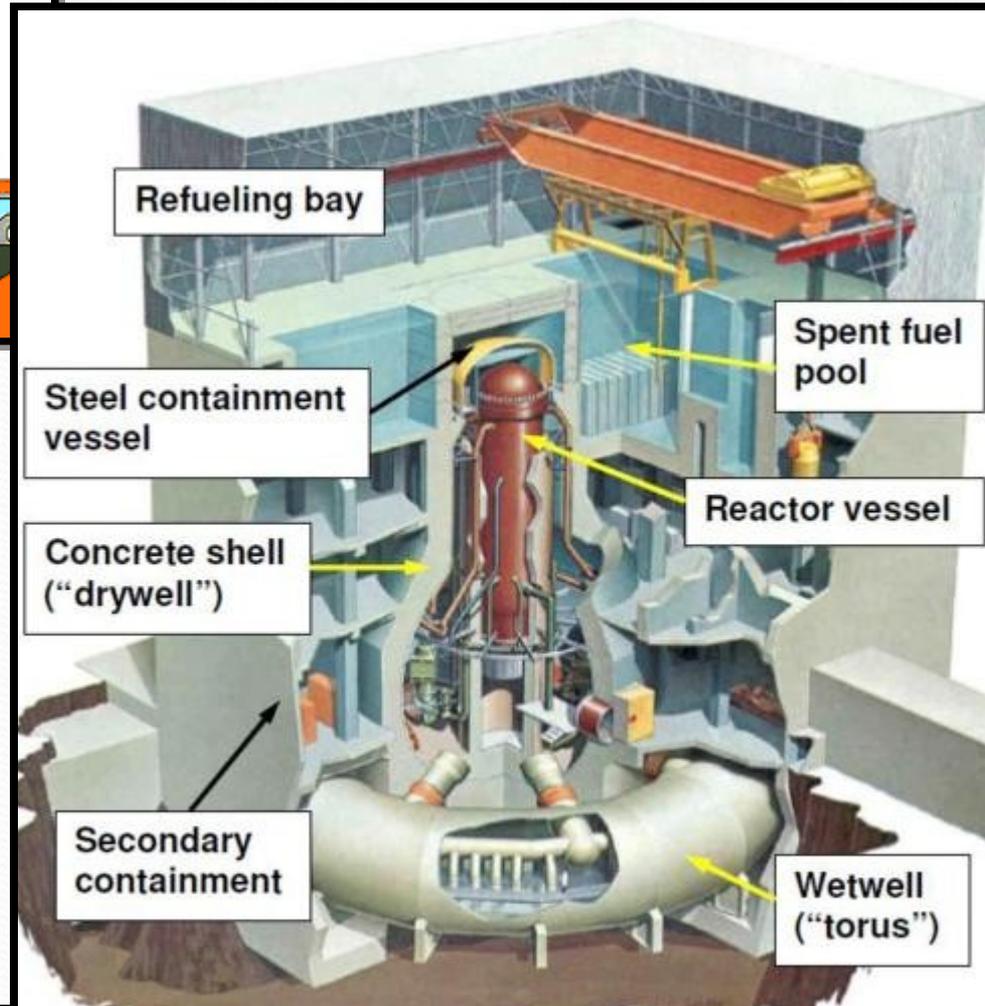
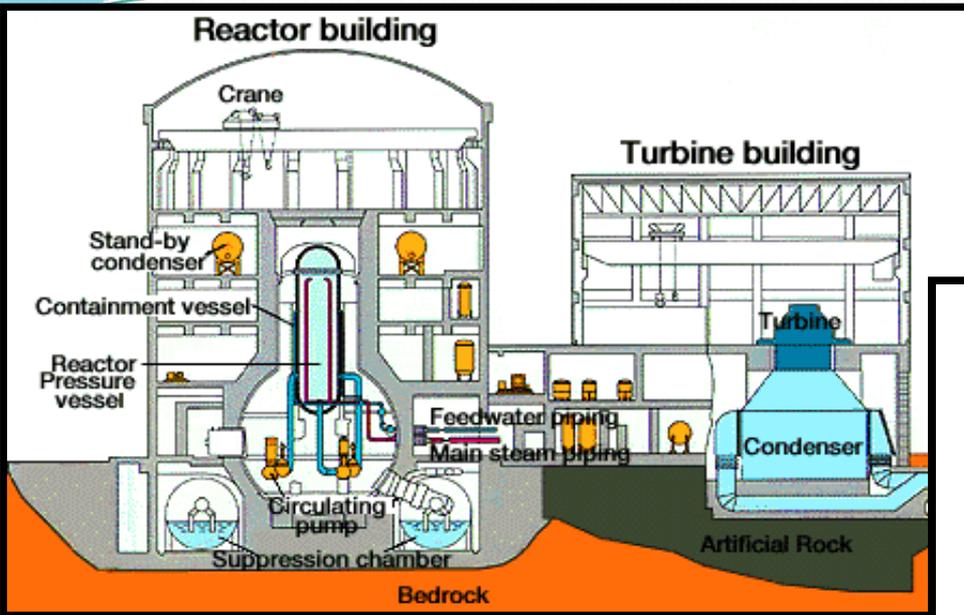
- ◆ Pozo seco en forma de bombilla
- ◆ Pozo húmedo o cámara de supresión de la presión en forma toroidal



BWR/3 – BWR/4. Contención MARK I



BWR/3 – BWR/4. Contención MARK I



BWR/3 – BWR/4. Contención MARK I

- ▶ Planta de operación o de servicio



Diseño del reactor

▶ Planta de operación
(estructura de acero)

▶ Edificio de hormigón
(contención secundaria)

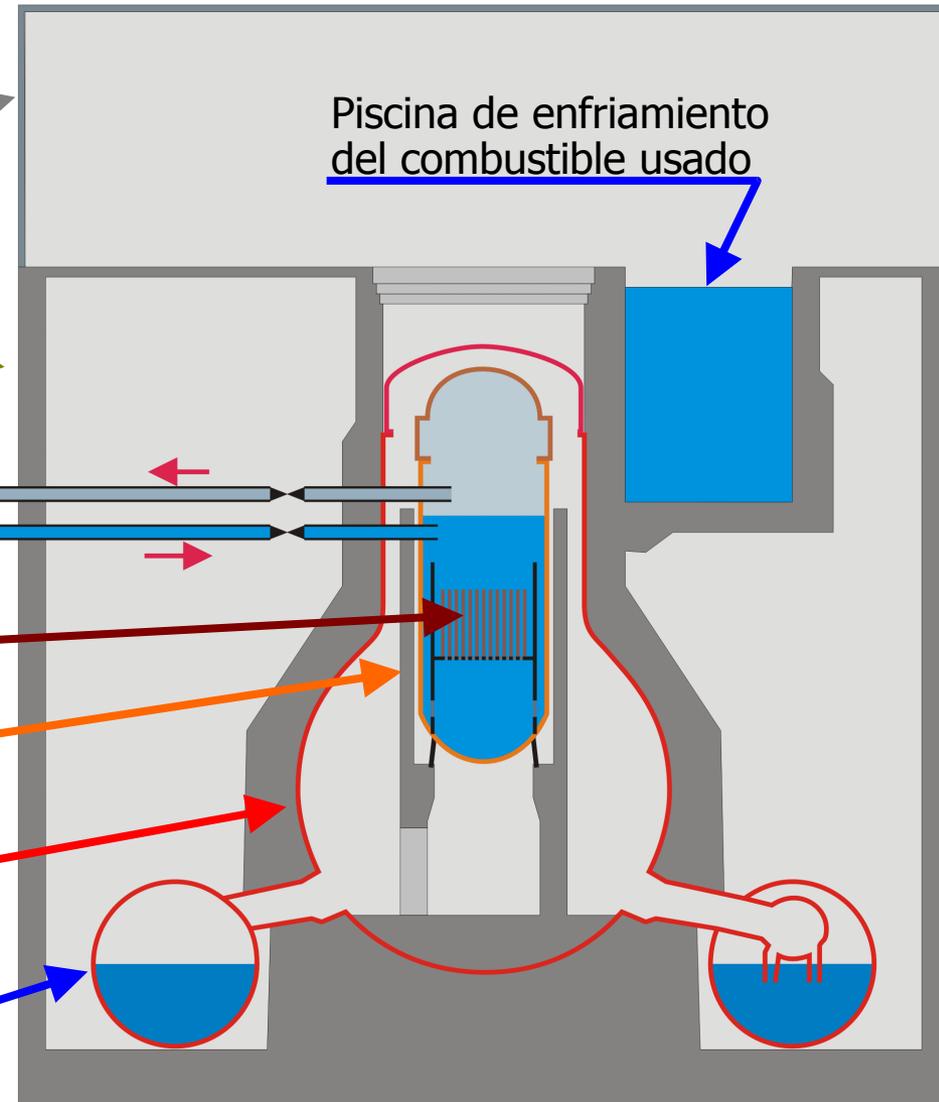
Línea de vapor principal
Línea de agua de alimentación

▶ Núcleo del reactor

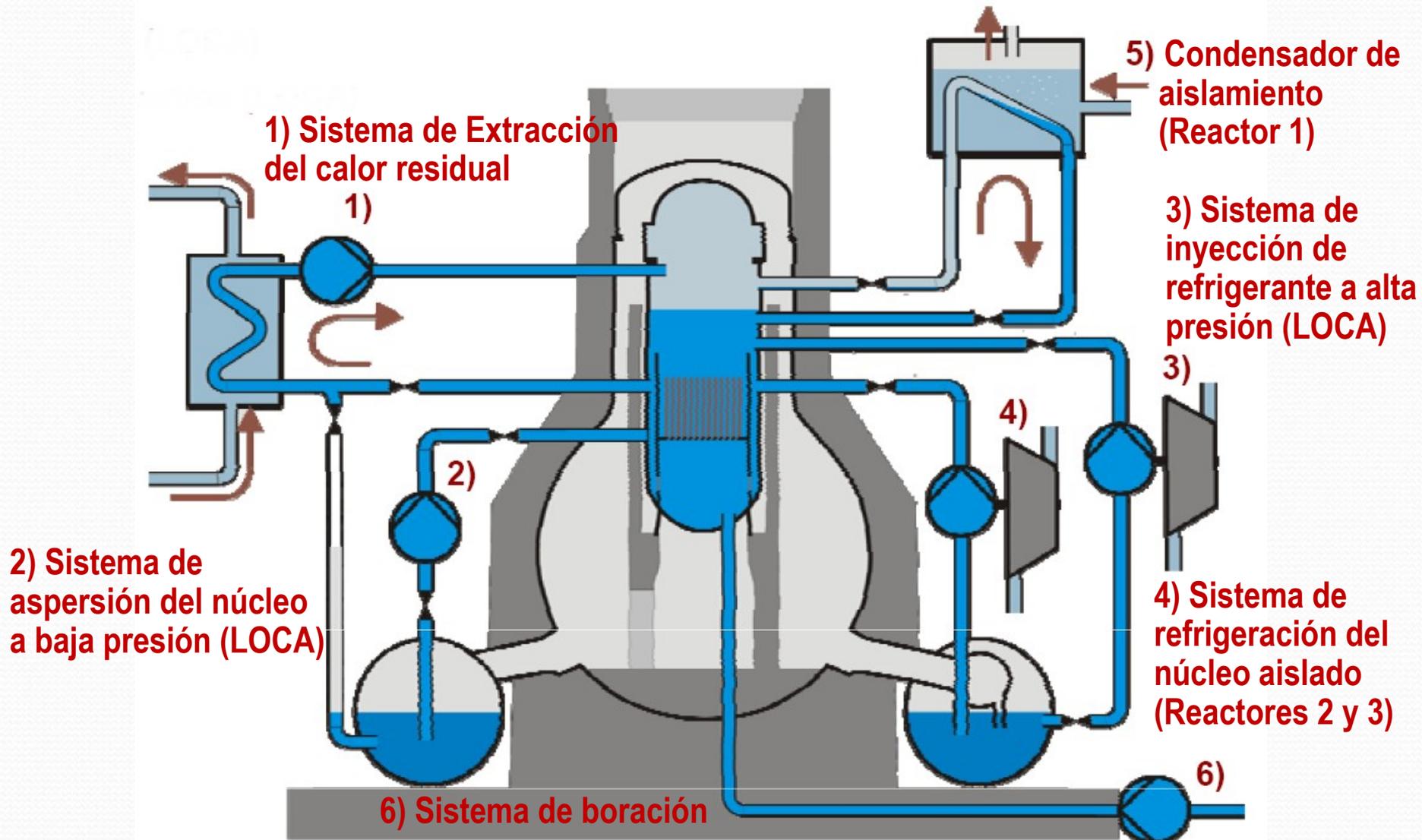
▶ Vasija de presión del Reactor

▶ Contención (Pozo seco)

▶ Contención (Pozo húmedo) /
Piscina de supresión o cámara
de condensación



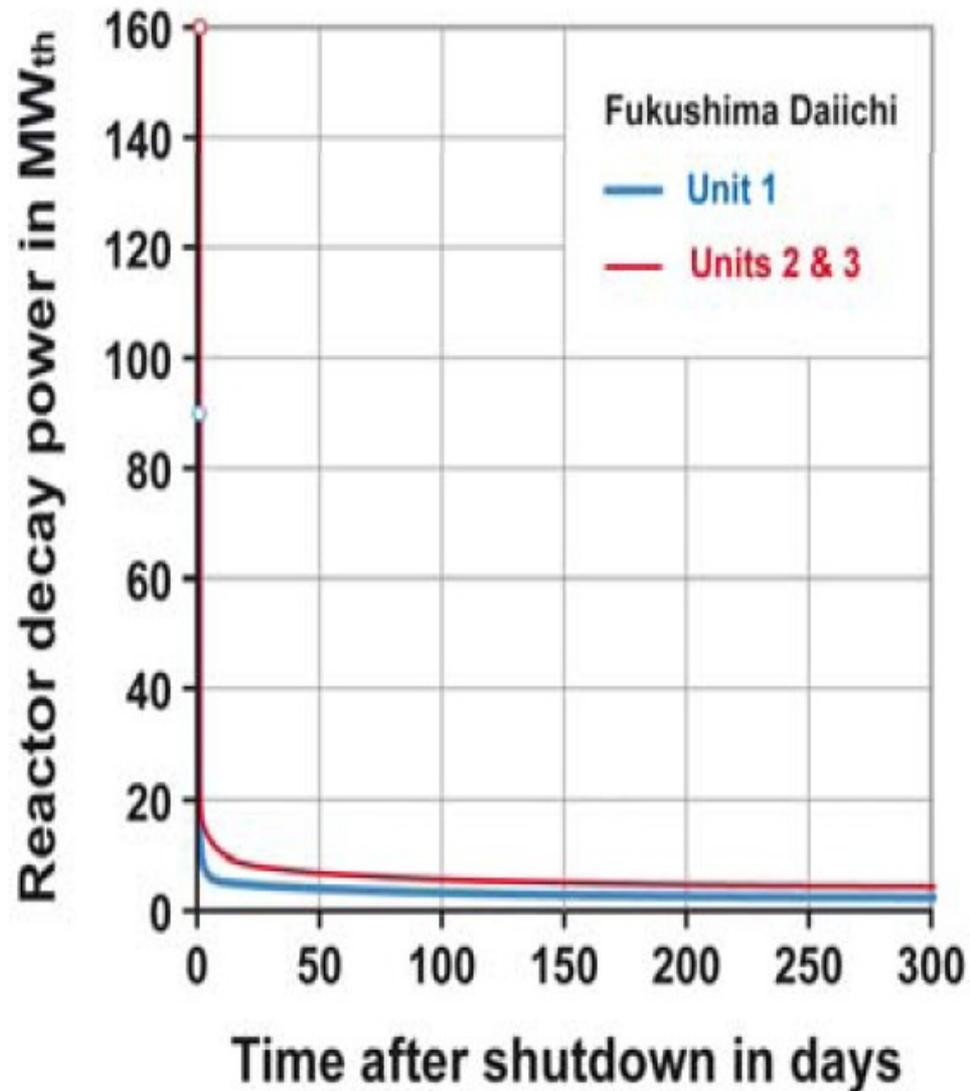
Sistemas de refrigeración a reactor parado en las centrales de Fukushima



Progresión del accidente

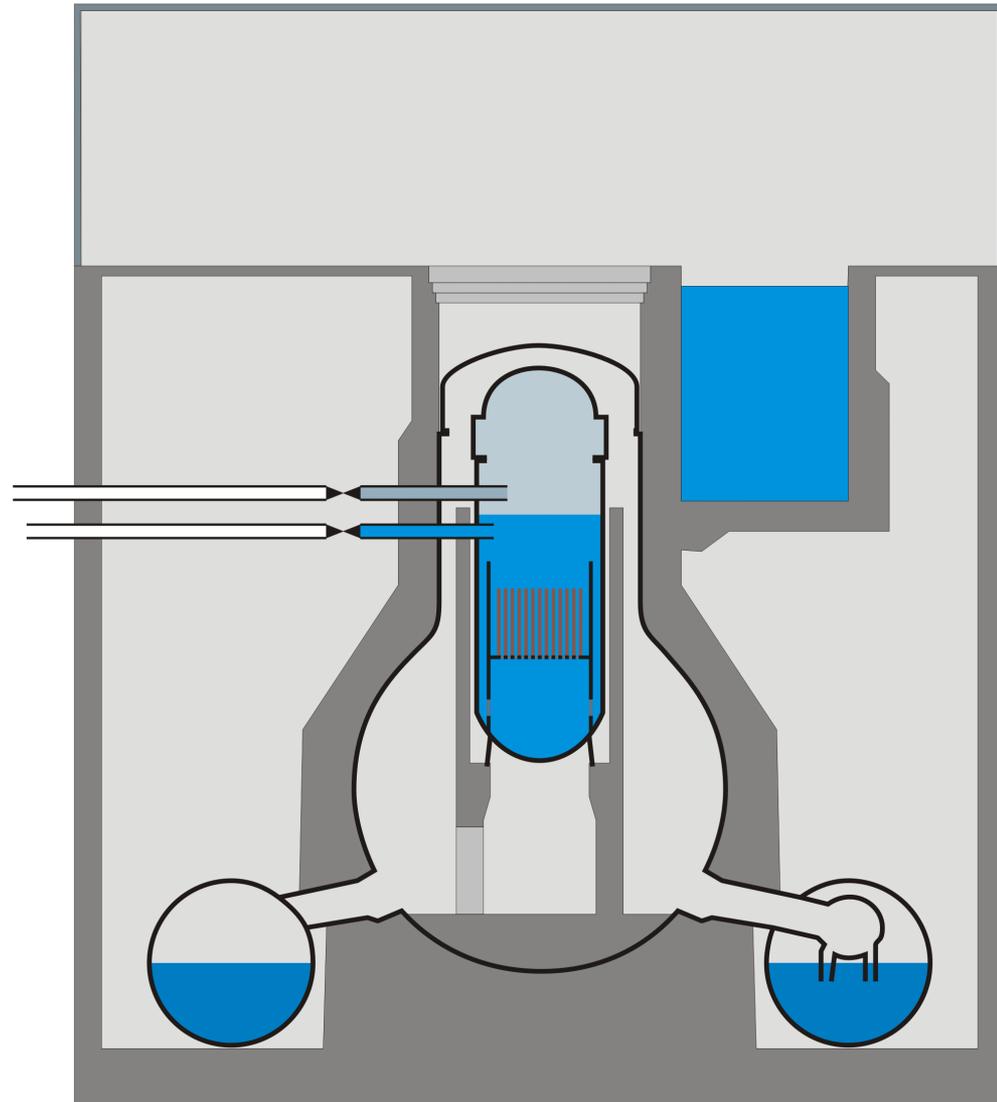
- ▶ 11.3.2011 14:46 - Terremoto
 - ◆ Magnitud 9
 - ◆ Red eléctrica del norte de Japón falla
 - ◆ Los reactores lo superan sin apenas daños

- ▶ Disparo del reactor (SCRAM)
 - ◆ La potencia por fisión de uranio se detiene
 - ◆ Generación de calor por desintegración de los productos de fisión acumulados:
 - Tras la parada ~6%
 - Tras 1 día ~1%
 - Después de 5 días ~0.5%



Progresión del accidente

- ▶ Aislamiento de la contención
- ▶ Arranque de los generadores diesel
 - ◆ Alimentación para los sistemas de refrigeración de emergencia del núcleo
- ▶ La central está en situación estable y segura



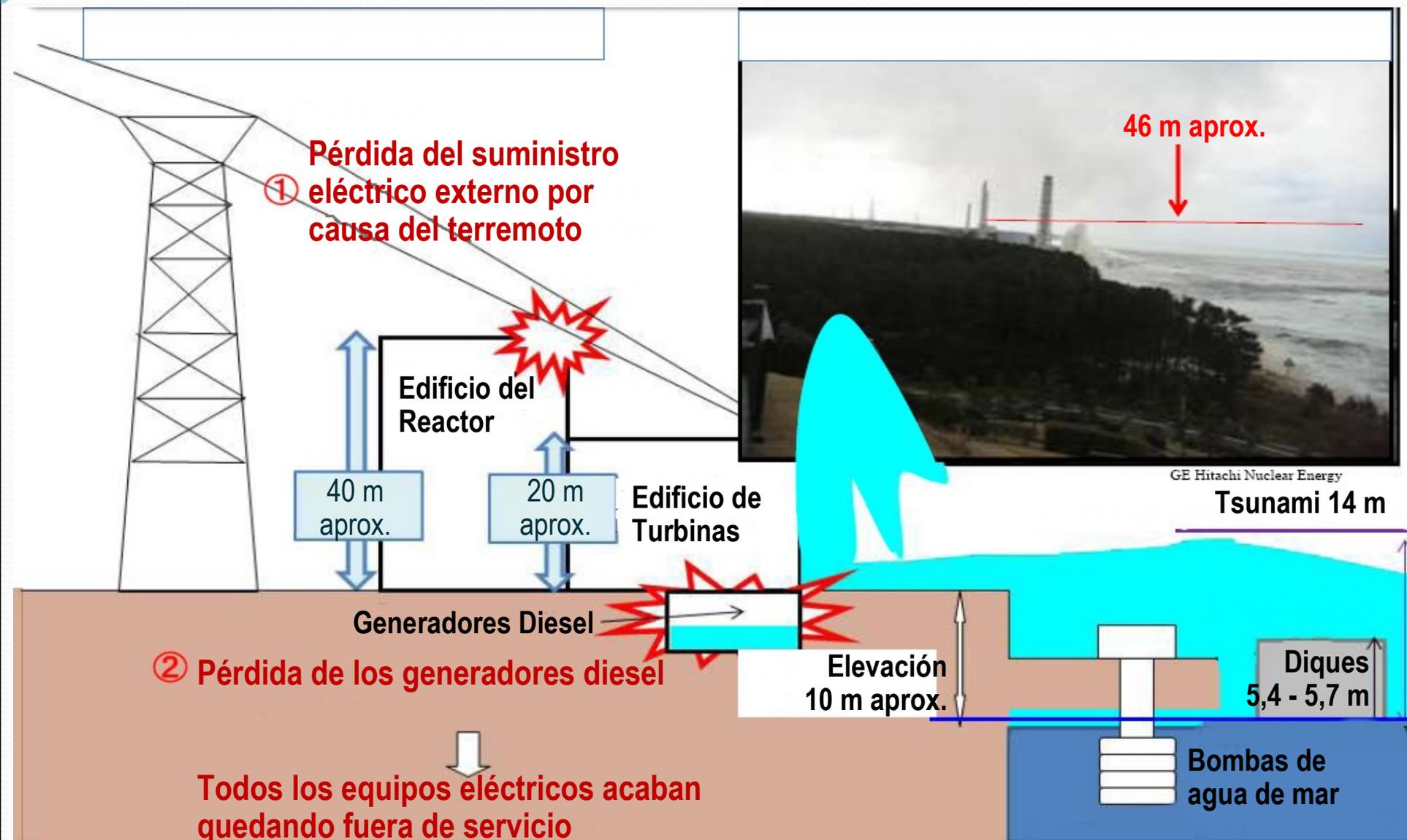
El tsunami: causa raíz del accidente



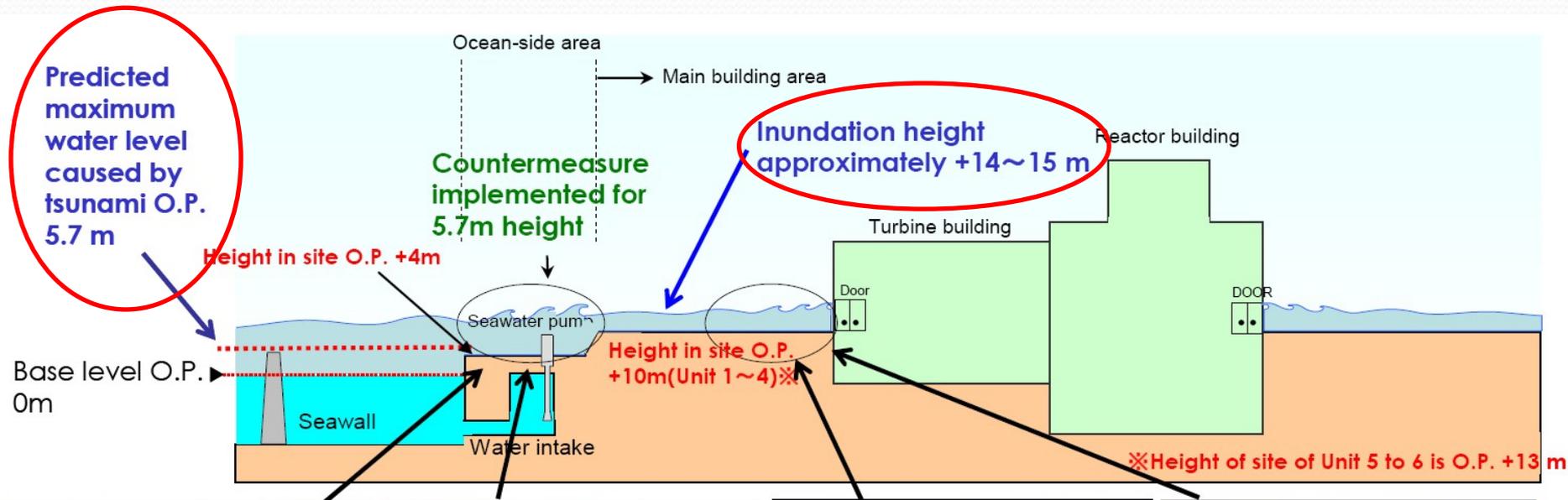
Inundación de 2 a 3 m junto al edificio del reactor 1



El tsunami: causa raíz del accidente



El tsunami: causa raíz del accidente

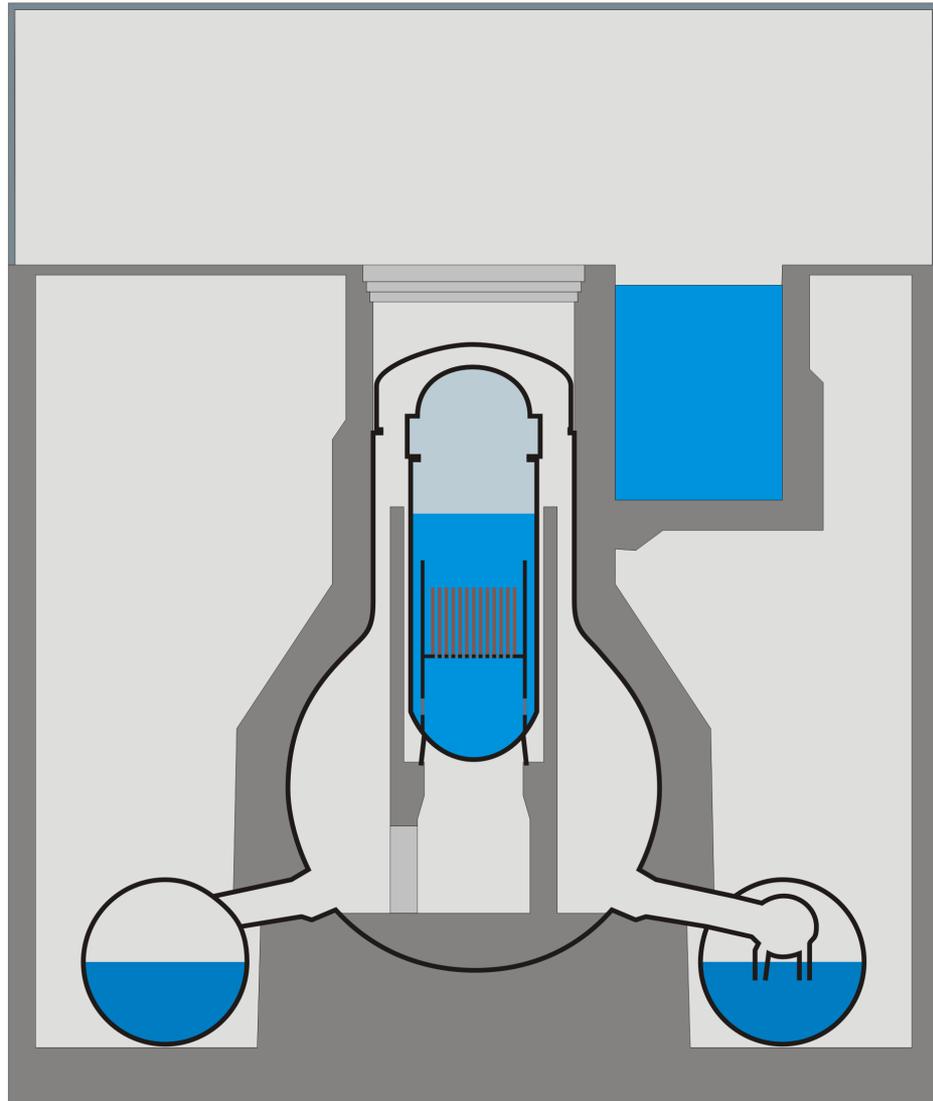


Status of the damages caused by the tsunami at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (conceptual diagram)

Progresión del accidente

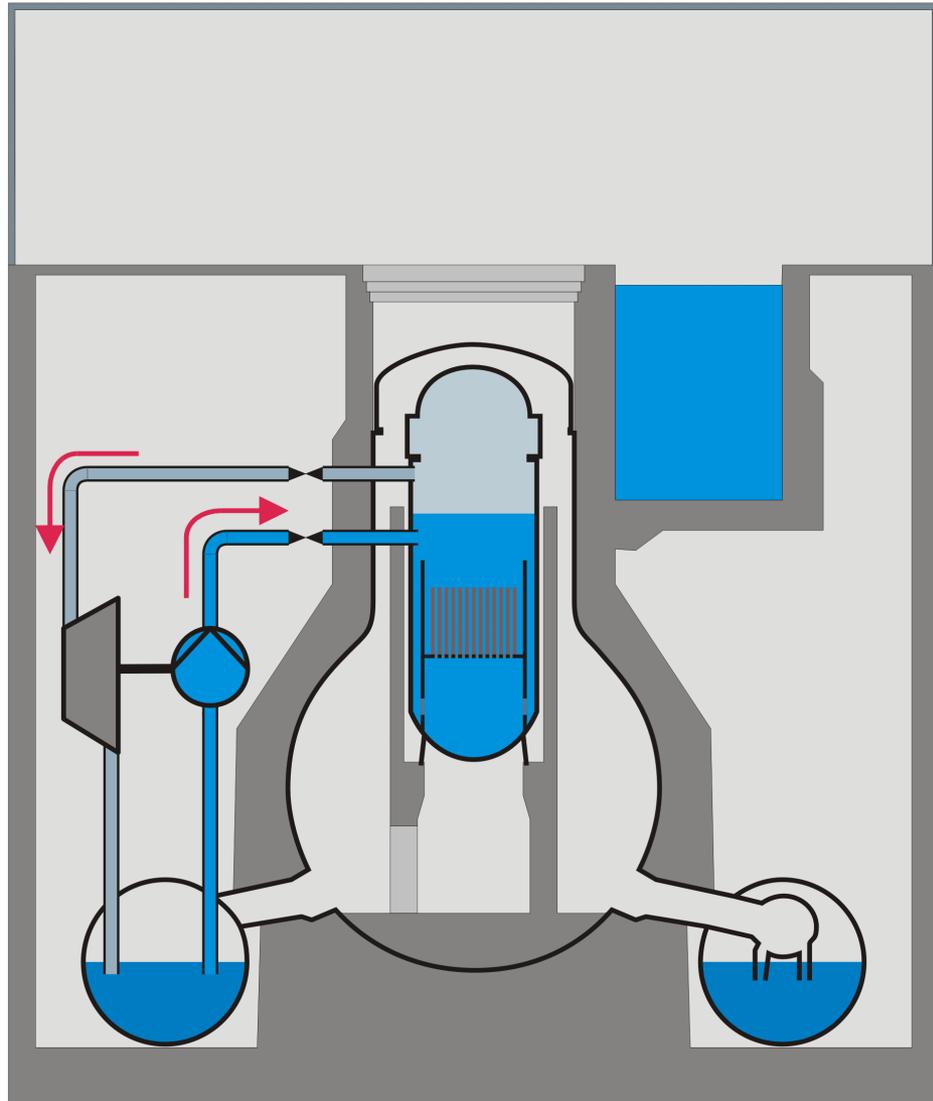
- ▶ 11.3. 15:41 El tsunami golpea la planta
 - ◆ Arrasa los tanques de combustible para los generadores diesel
 - ◆ Se inundan
 - Generadores diesel y/o
 - Edificio de agua de servicios esenciales para refrigerar los generadores

- ▶ “Station Blackout” (Apagón total)
 - ◆ Causa común por fallo del suministro eléctrico
 - ◆ Sólo quedan disponibles baterías
 - ◆ Fallan todos salvo uno de los sistemas de refrigeración de emergencia del núcleo



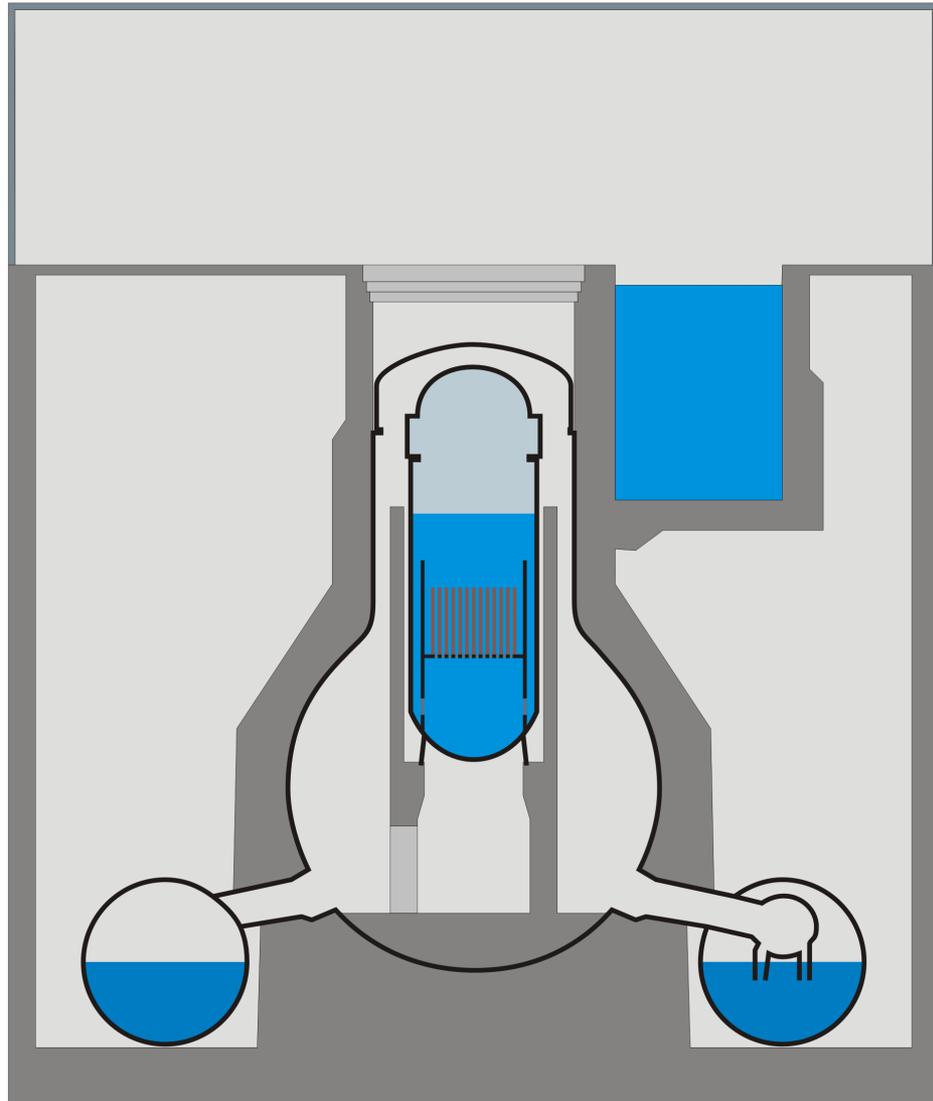
Progresión del accidente

- ▶ El sistema de refrigeración del núcleo aislado (o el condensador de aislamiento) sigue disponible
 - ◆ Utiliza una turbobomba movida por vapor de la propia vasija del reactor
 - ◆ El vapor se descarga para condensarlo en el pozo húmedo
 - ◆ La turbobomba impulsa agua aspirada del pozo húmedo para inyectarla en el reactor
 - ◆ Necesitan:
 - Baterías
 - Temperatura inferior a 100 °C en el pozo húmedo
- ▶ Al no haber extracción de calor del edificio, este sistema no puede mantenerse operativo indefinidamente



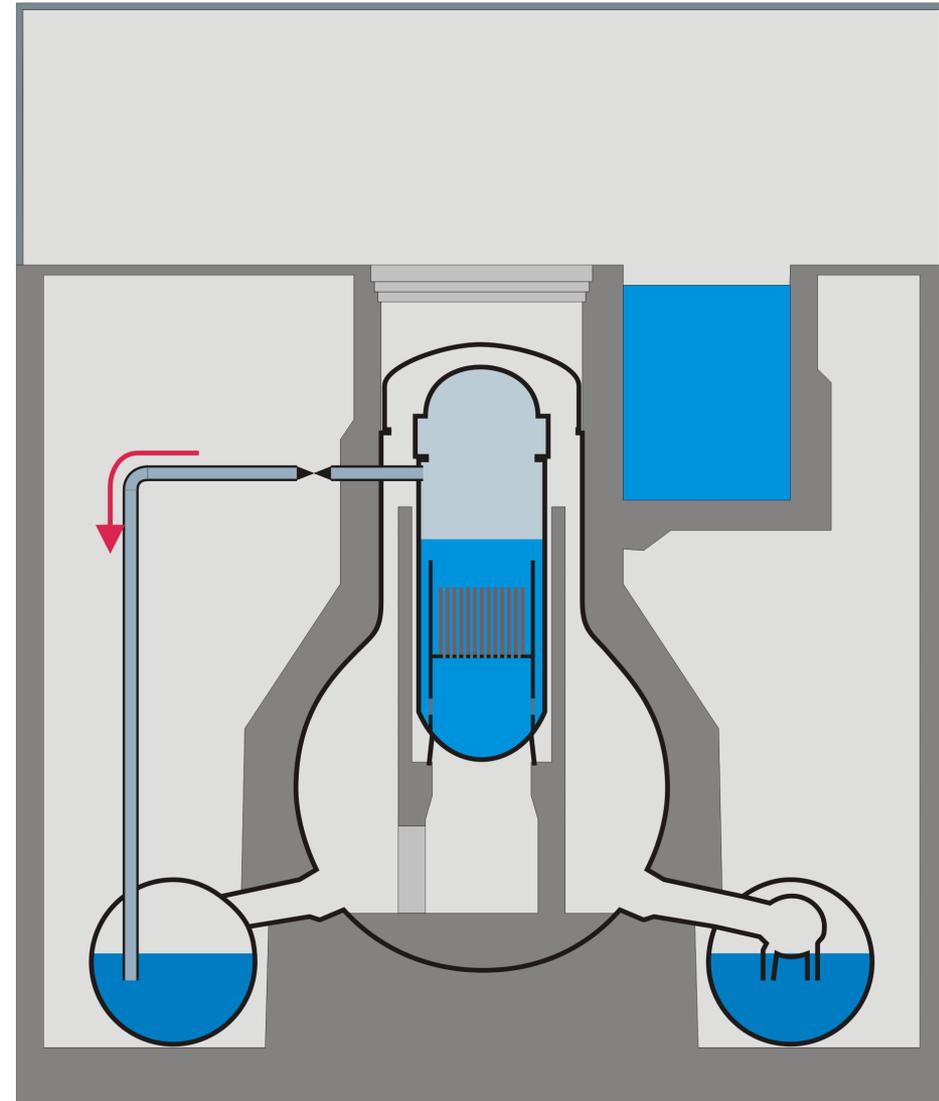
Progresión del accidente

- ▶ Las bombas del sistema de refrigeración del reactor aislado se detienen:
 - ◆ 11.3. 16:36 en la Unidad 1 (Baterías agotadas)
 - ◆ 14.3. 13:25 en la Unidad 2 (Fallo de la bomba)
 - ◆ 13.3. 2:44 en la Unidad 3 (Baterías agotadas)
- ▶ El calor residual de desintegración sigue produciendo vapor en la vasija del reactor
 - ◆ La presión crece



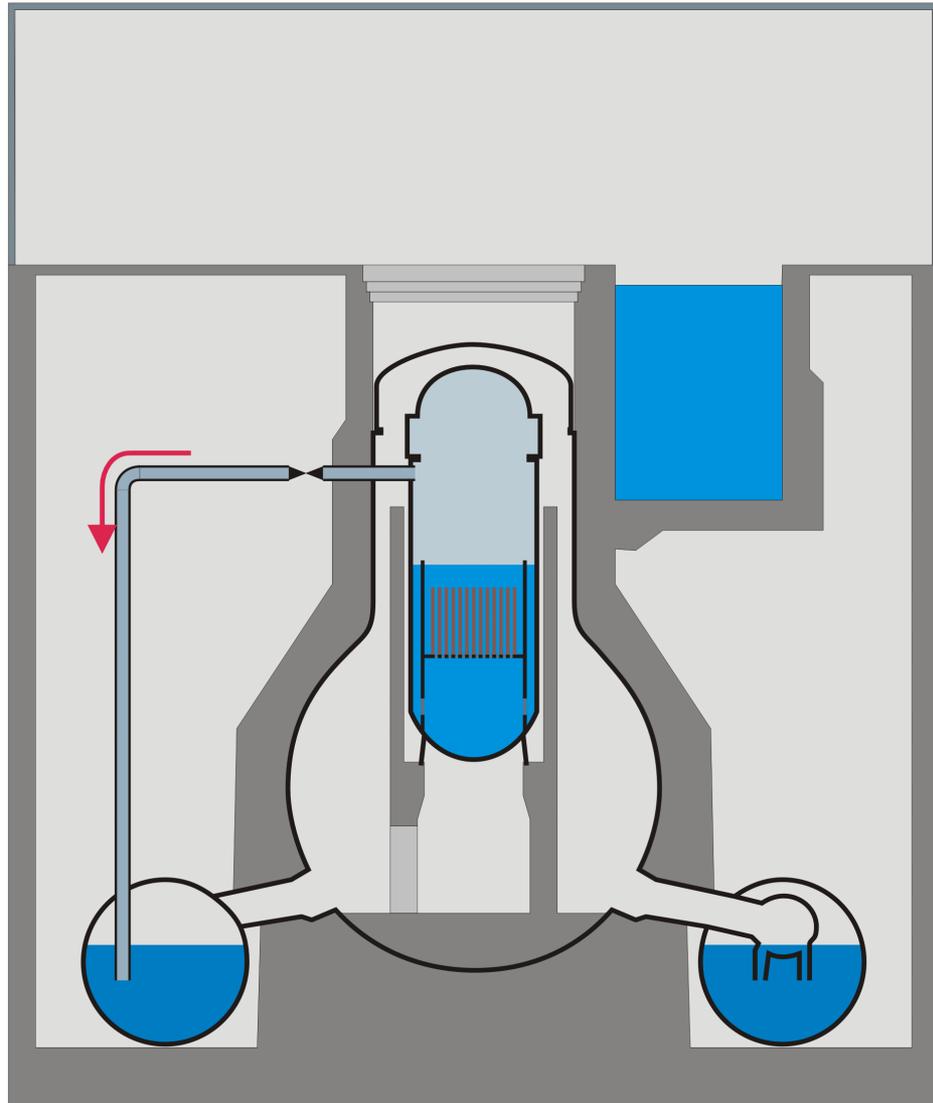
Progresión del accidente

- ▶ Las bombas del sistema de refrigeración del reactor aislado se detienen:
 - ◆ 11.3. 16:36 en la Unidad 1 (Baterías agotadas)
 - ◆ 14.3. 13:25 en la Unidad 2 (Fallo de la bomba)
 - ◆ 13.3. 2:44 en la Unidad 3 (Baterías agotadas)
- ▶ El calor residual de desintegración sigue produciendo vapor en la vasija del reactor
 - ◆ La presión crece
- ▶ Abren las válvulas de alivio
 - ◆ Descargan vapor a la piscina de supresión
- ▶ Desciende el nivel de agua líquida en la vasija del reactor



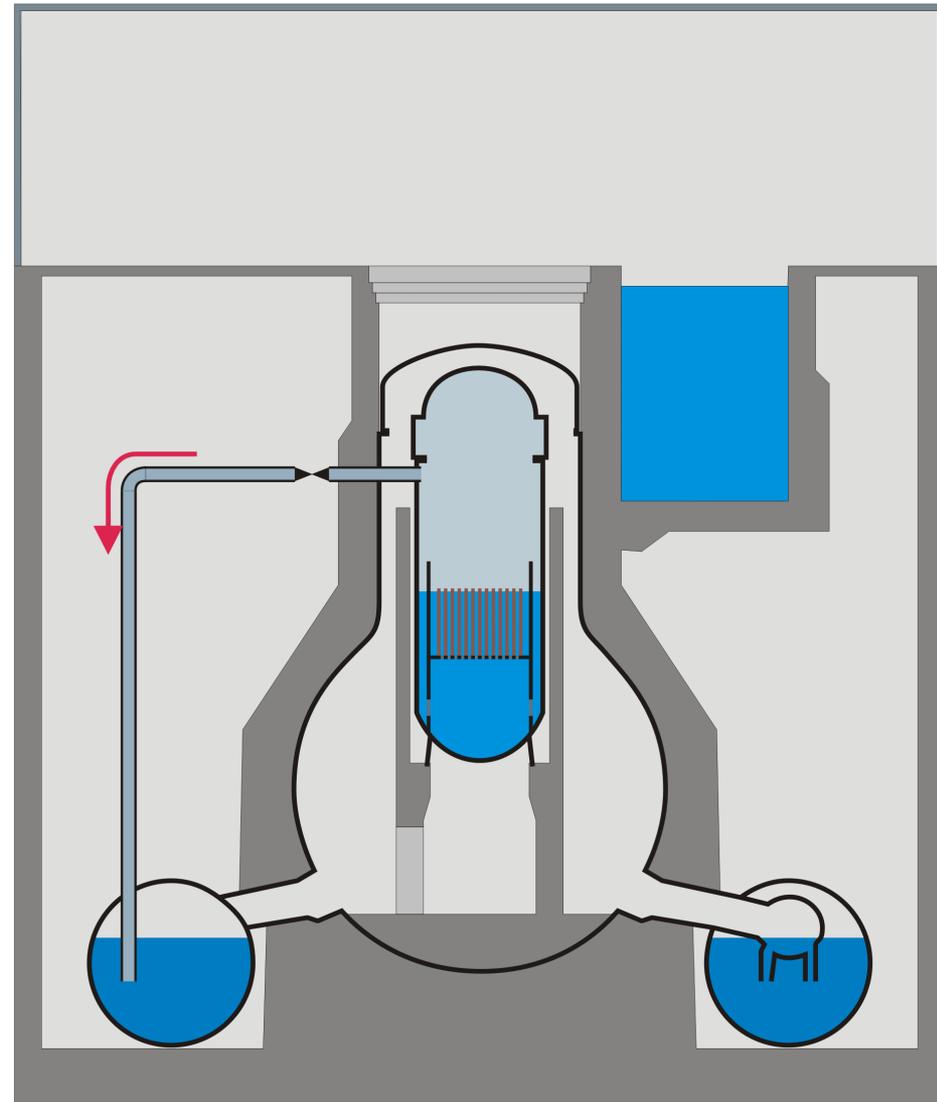
Progresión del accidente

- ▶ Las bombas del sistema de refrigeración del reactor aislado se detienen:
 - ◆ 11.3. 16:36 en la Unidad 1 (Baterías agotadas)
 - ◆ 14.3. 13:25 en la Unidad 2 (Fallo de la bomba)
 - ◆ 13.3. 2:44 en la Unidad 3 (Baterías agotadas)
- ▶ El calor residual de desintegración sigue produciendo vapor en la vasija del reactor
 - ◆ La presión crece
- ▶ Abren las válvulas de alivio
 - ◆ Descargan vapor a la piscina de supresión
- ▶ Desciende el nivel de agua líquida en la vasija del reactor



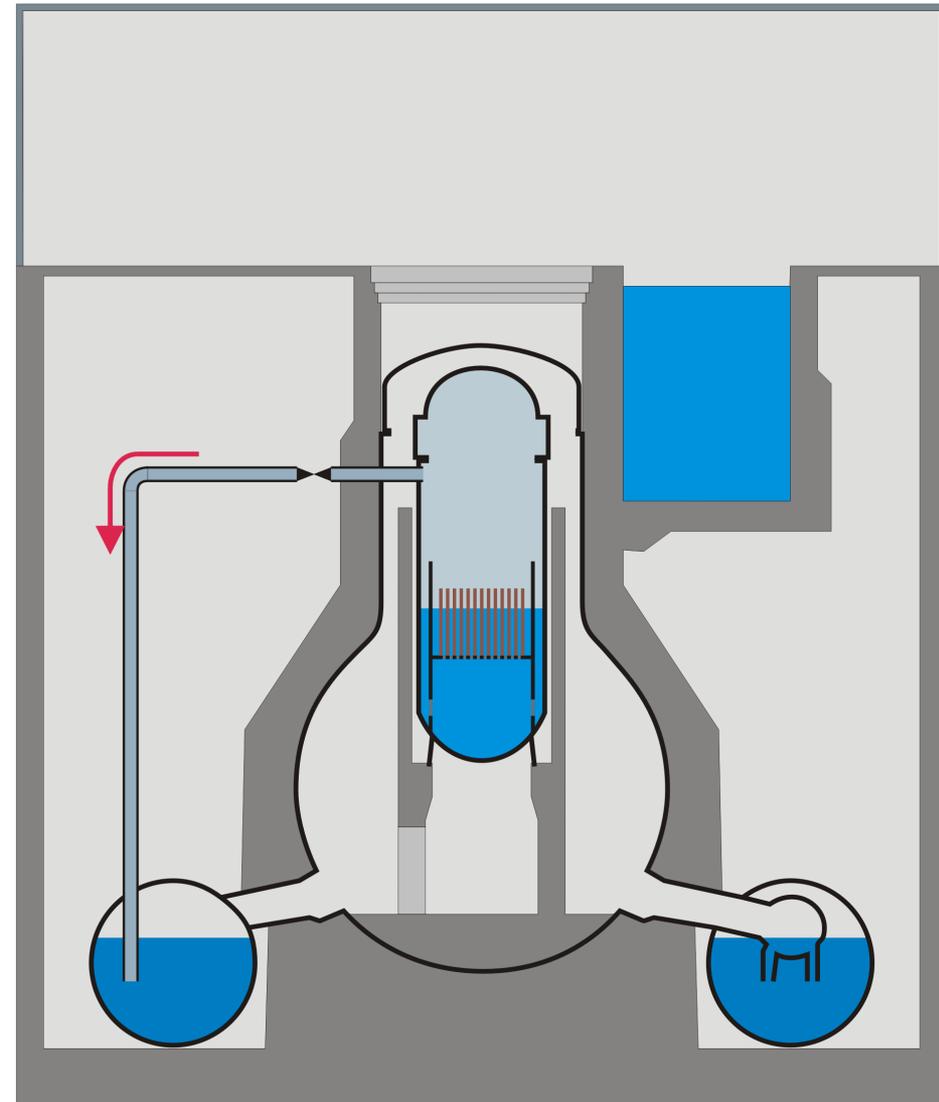
Progresión del accidente

- ▶ Las bombas del sistema de refrigeración del reactor aislado se detienen:
 - ◆ 11.3. 16:36 en la Unidad 1 (Baterías agotadas)
 - ◆ 14.3. 13:25 en la Unidad 2 (Fallo de la bomba)
 - ◆ 13.3. 2:44 en la Unidad 3 (Baterías agotadas)
- ▶ El calor residual de desintegración sigue produciendo vapor en la vasija del reactor
 - ◆ La presión crece
- ▶ Abren las válvulas de alivio
 - ◆ Descargan vapor a la piscina de supresión
- ▶ Desciende el nivel de agua líquida en la vasija del reactor



Progresión del accidente

- ▶ Las bombas del sistema de refrigeración del reactor aislado se detienen:
 - ◆ 11.3. 16:36 en la Unidad 1 (Baterías agotadas)
 - ◆ 14.3. 13:25 en la Unidad 2 (Fallo de la bomba)
 - ◆ 13.3. 2:44 en la Unidad 3 (Baterías agotadas)
- ▶ El calor residual de desintegración sigue produciendo vapor en la vasija del reactor
 - ◆ La presión crece
- ▶ Abren las válvulas de alivio
 - ◆ Descargan vapor a la piscina de supresión
- ▶ Desciende el nivel de agua líquida en la vasija del reactor

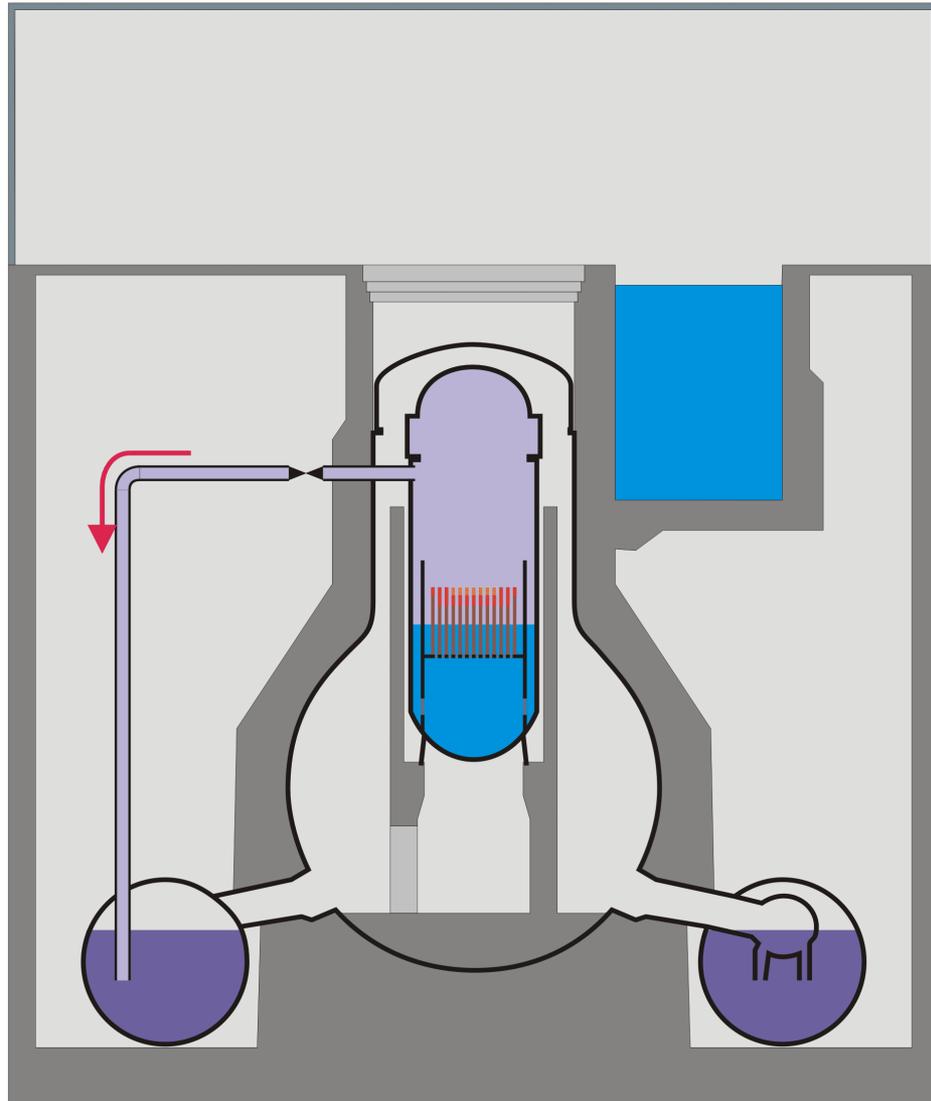
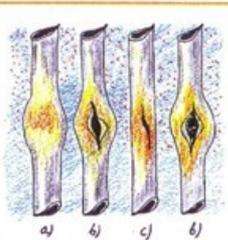


Progresión del accidente

- ▶ El nivel de líquido medido, y así referenciado, es el nivel sin burbujas. El nivel al cual llega el líquido queda más arriba, mezclado con burbujas de vapor
- ▶ ~50% del núcleo descubierto
 - ◆ La temperatura de las vainas del combustible crece, aunque sin producirse aún daños significativos
- ▶ ~2/3 del núcleo descubierto
 - ◆ La temperatura de las vainas sube por encima de los $\sim 900^{\circ}\text{C}$

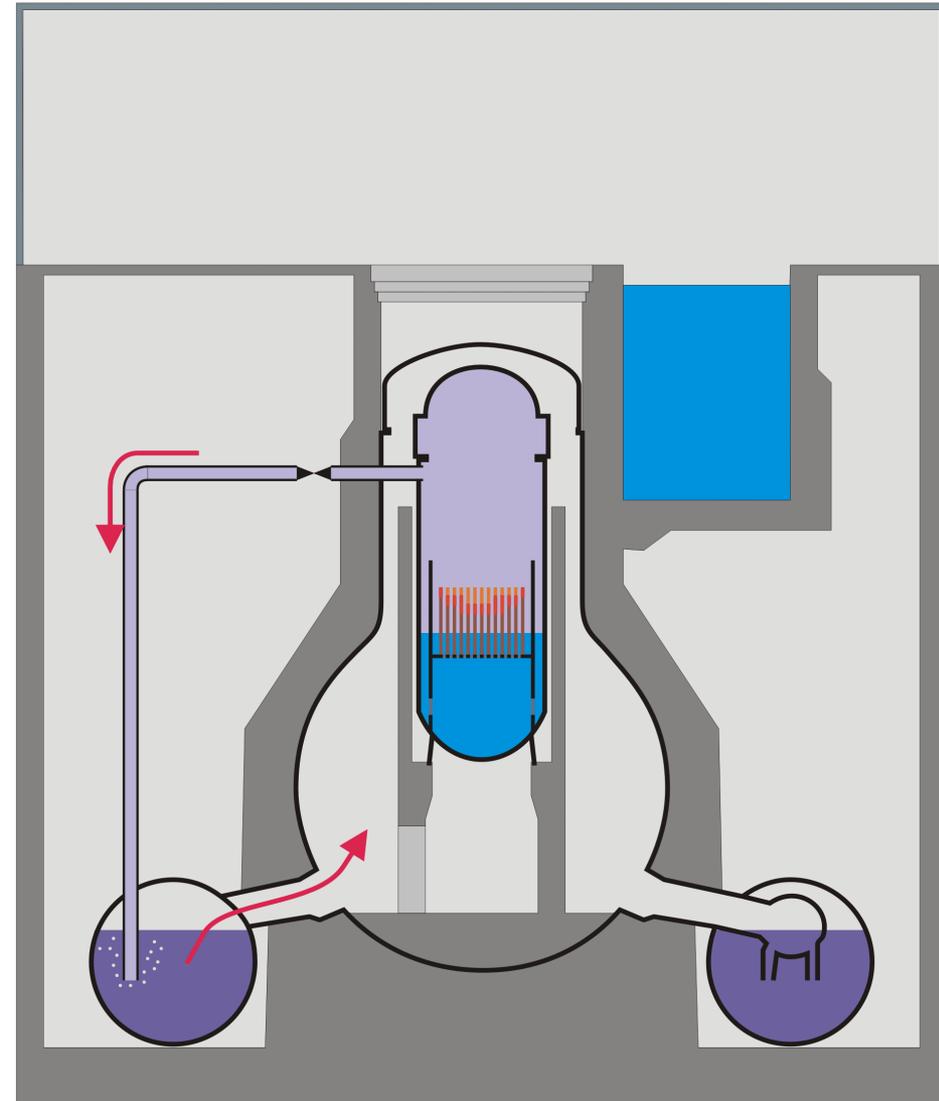
Hinchamiento / Rotura de las vainas

Liberación de los productos de fisión acumulados en forma gaseosa en el hueco de las va



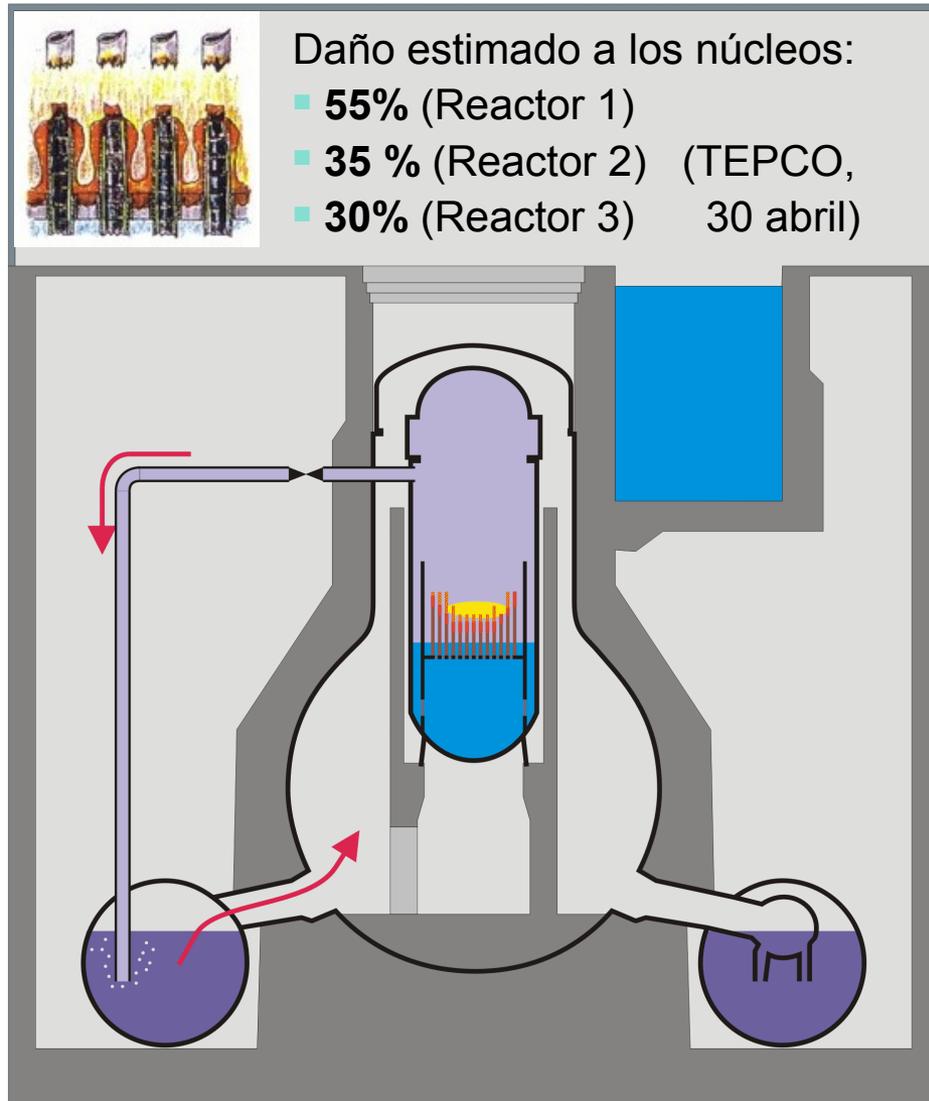
Progresión del accidente

- ▶ ~3/4 del núcleo descubierto
 - ◆ Las vainas superan los ~1200°C
 - ◆ El circonio de las vainas comienza a oxidarse violentamente con el vapor caliente
 - ◆ $\text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZrO}_2 + 2\text{H}_2$
 - ◆ La reacción metal-agua es exotérmica y produce más calentamiento para el núcleo
 - ◆ Se genera hidrógeno
 - Unidad 1: 300-600 kg
 - Unidades 2/3: 300-1000kg
 - ◆ El hidrógeno sale impulsado a través del pozo húmedo y de los rompedores de vacío hacia el pozo seco



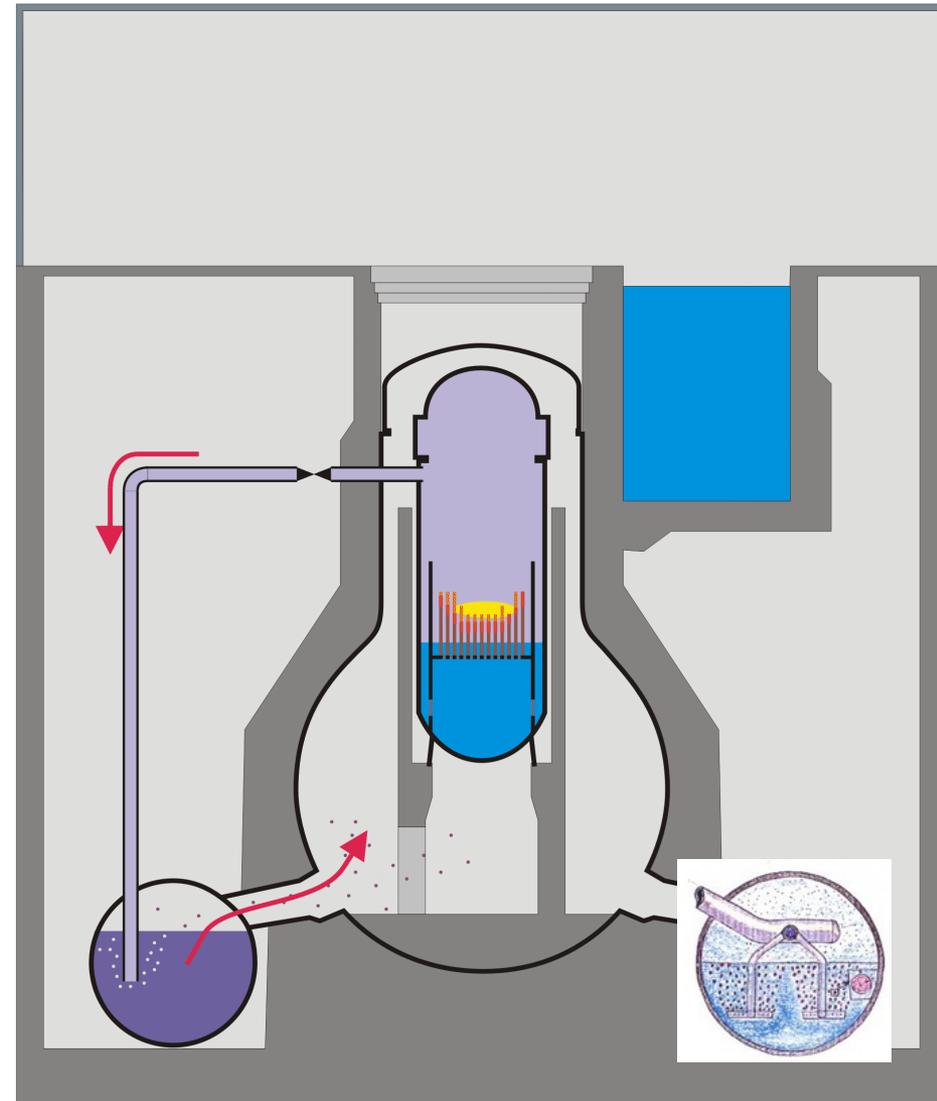
Posible progresión del accidente

- ▶ A $\sim 1800^{\circ}\text{C}$ [Unidades 1,2,3]
 - ◆ Fusión de las vainas
 - ◆ Fusión de las estructuras de acero
- ▶ A $\sim 2500^{\circ}\text{C}$ [Unidades 1,2]
 - ◆ Rotura de las barras de combustible
 - ◆ Capa de material resolidificado y escombros dentro del núcleo
- ▶ A $\sim 2700^{\circ}\text{C}$ [Unidad 1]
 - ◆ Fusión de los eutécticos Uranio-Circonio
- ▶ La recuperación del suministro de agua detiene la progresión del accidente en las tres unidades
 - ◆ Unidad 1: 12.3. 20:20 (**27h sin agua**)
 - ◆ Unidad 2: 14.3. 20:33 (**7h sin agua**)
 - ◆ Unidad 3: 13.3. 9:38 (**7h sin agua**)



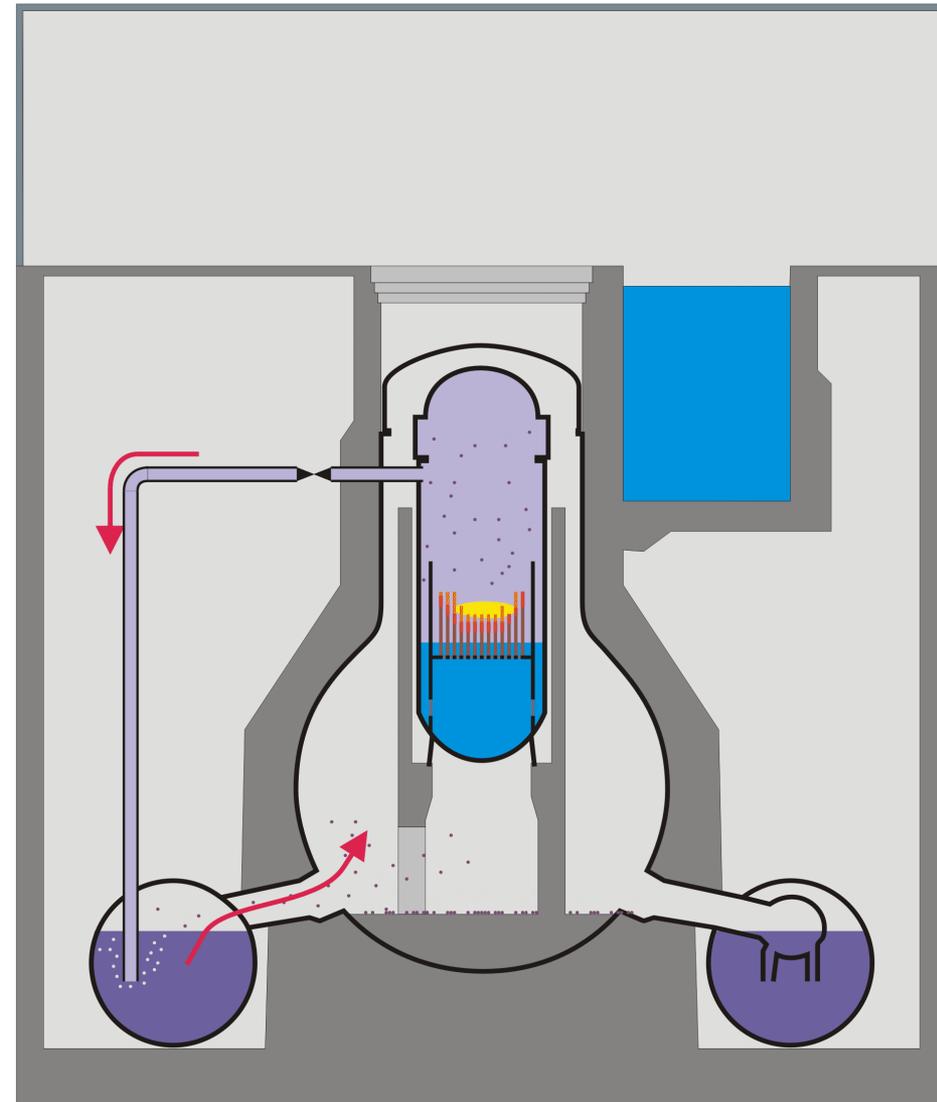
Progresión del accidente

- ▶ Liberación de productos de fisión durante la fusión del combustible
 - ◆ Gases y volátiles: Xenon, Cesio, Yodo,...
 - ◆ El Uranio/Plutonio permanecen en el combustible
 - ◆ Los productos de fisión pueden condensarse en aerosoles aerotransportados, formado partículas
- ▶ Descarga en la piscina de supresión a través de las válvulas de alivio
 - ◆ El borbotado retiene una fracción de los aerosoles en el agua
- ▶ Los gases nobles y los aerosoles entran en el pozo seco
 - ◆ Se pueden producir depósitos de aerosoles en las superficies, lo que produce cierta descontaminación



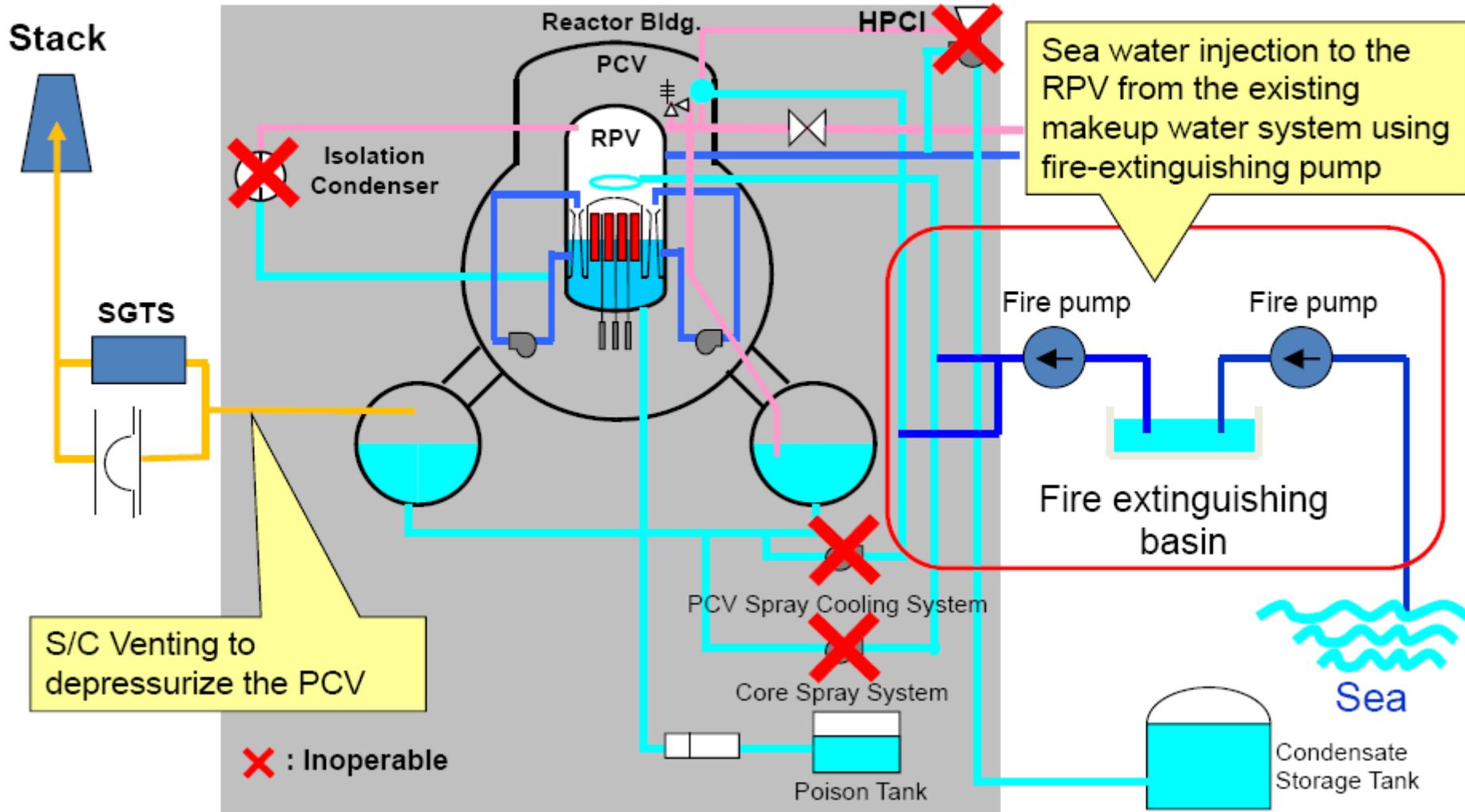
Progresión del accidente

- ▶ Contención
 - ◆ Última barrera frente al escape de los productos de fisión a la atmósfera.
 - ◆ Pared de espesor $\sim 3\text{cm}$
 - ◆ Presión de diseño 4-5bar
- ▶ La presión llegó hasta 8 bar (unidades 1 y 2)
 - ◆ Normalmente, inertizada con nitrógeno como gas de relleno
 - ◆ Hidrógeno procedente de la oxidación del núcleo
 - ◆ La piscina de supresión alcanzó ebullición (como una olla a presión)
- ▶ Despresurización de la contención
 - ◆ Unidad 1: 12.3. 4:00
 - ◆ Unidad 2: 13.3 00:00
 - ◆ Unidad 3: 13.3. 8:41



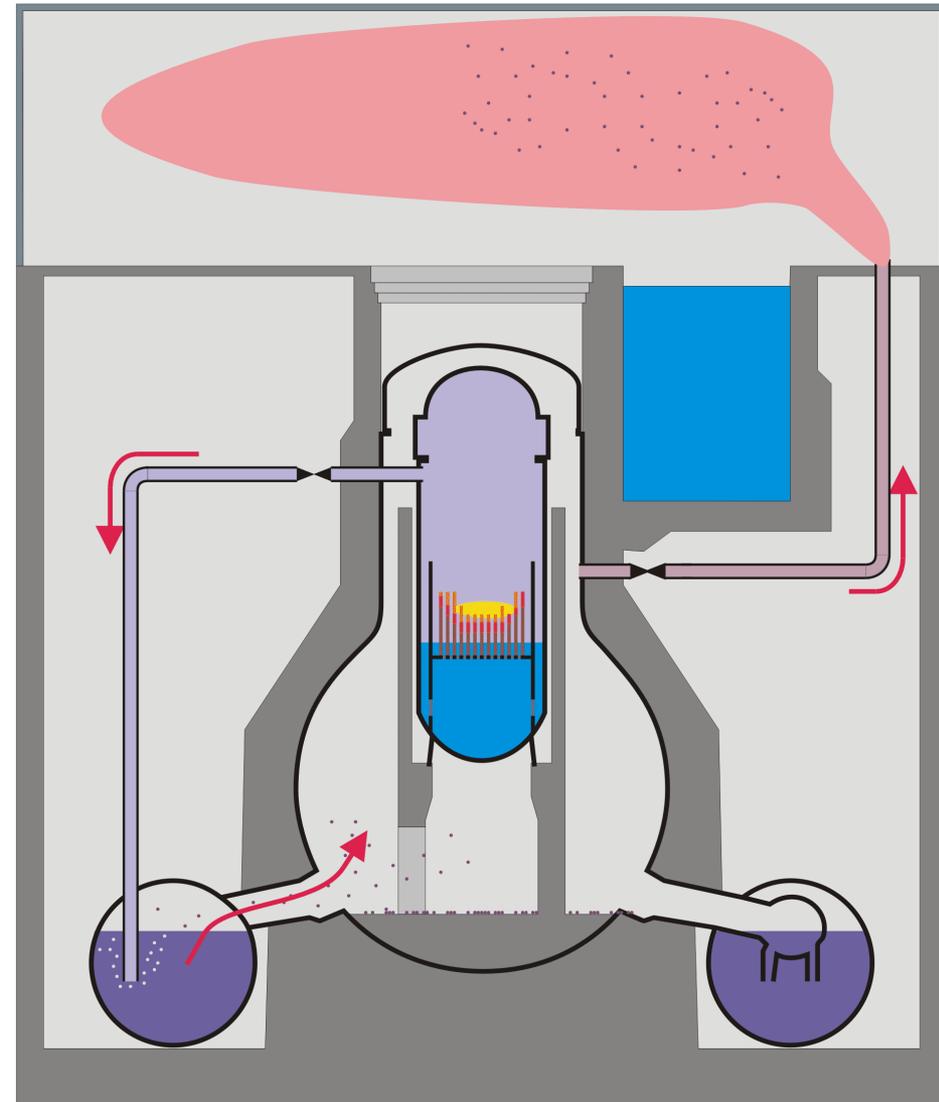
Progresión del accidente

- Se inyecta agua de mar empleando motobombas de lucha contra incendios
- Se ventea la piscina de supresión para despresurizar la contención



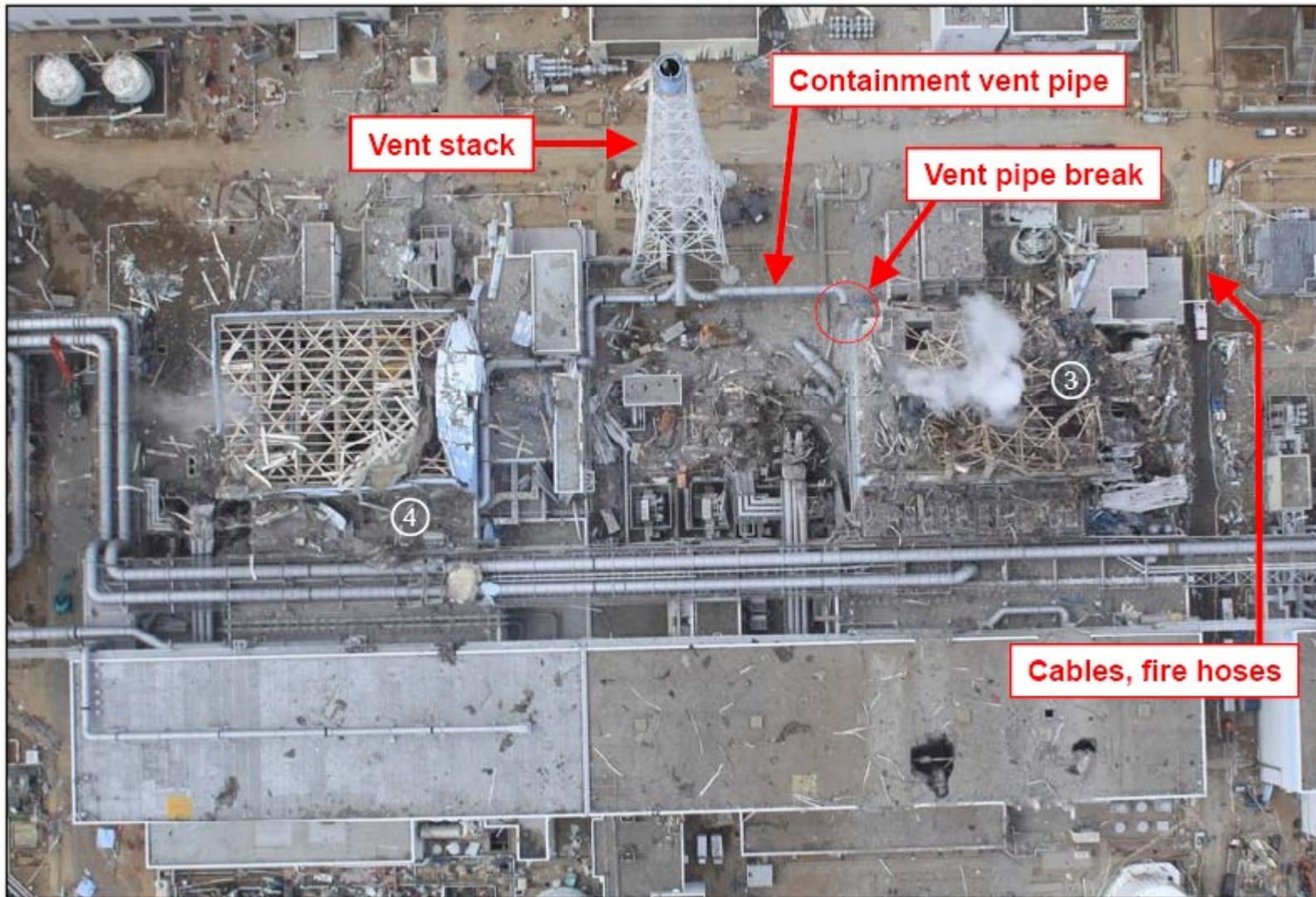
Progresión del accidente

- ▶ Aspectos positivos y negativos de la despresurización de la contención
 - ◆ Extraer energía del edificio del reactor (no había otra manera)
 - ◆ Reducir la presión a ~ 4 bar
 - ◆ Libera pequeñas cantidades de productos de fisión en aerosoles (yodo, cesio $\sim 0.1\%$)
 - ◆ Libera todos los gases nobles
 - ◆ Libera el hidrógeno
 - ◆ El H_2 es inflamable
- ▶ El gas se liberó a la planta de operación
 - ◆ Parece que en Fukushima no hay venteo directo al exterior, o que la válvula es motorizada, o que el conducto de venteo no soporta esa presión tan elevada (¿?)



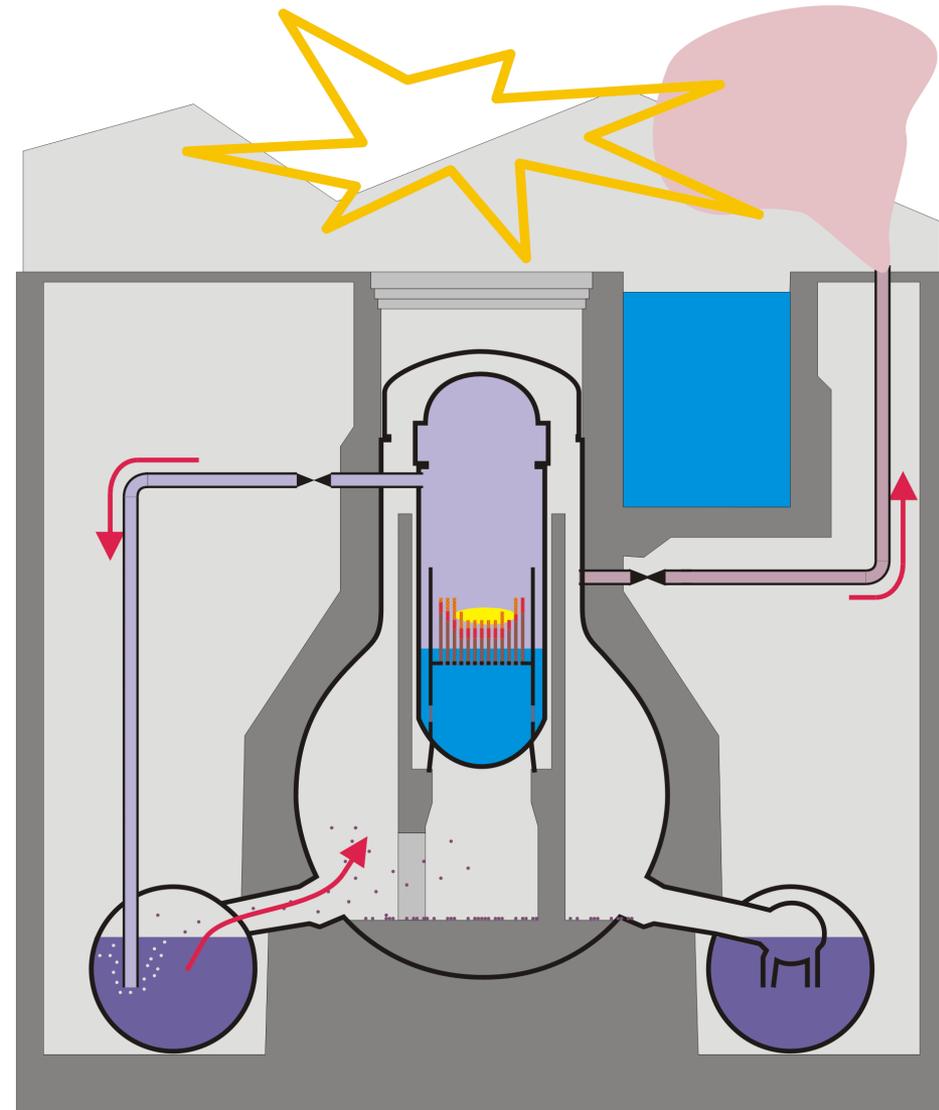
Progresión del accidente

- ▶ ¿O se rompieron los conductos de venteo con el terremoto?



Progresión del accidente

- ▶ Unidades 1 y 3
 - ◆ El H_2 se inflamó (detonación) en la planta de operación
 - ◆ Provocó la destrucción de la estructura del edificio
 - ◆ La contención de hormigón armado pareció resistir sin daños
 - ◆ Daños muy aparentes, aunque no muy severos desde el punto de vista de la seguridad del reactor



Explosión en el Grupo 1. 12 de marzo 15:36

Explosión en el Grupo 3. 14 de marzo 11:01



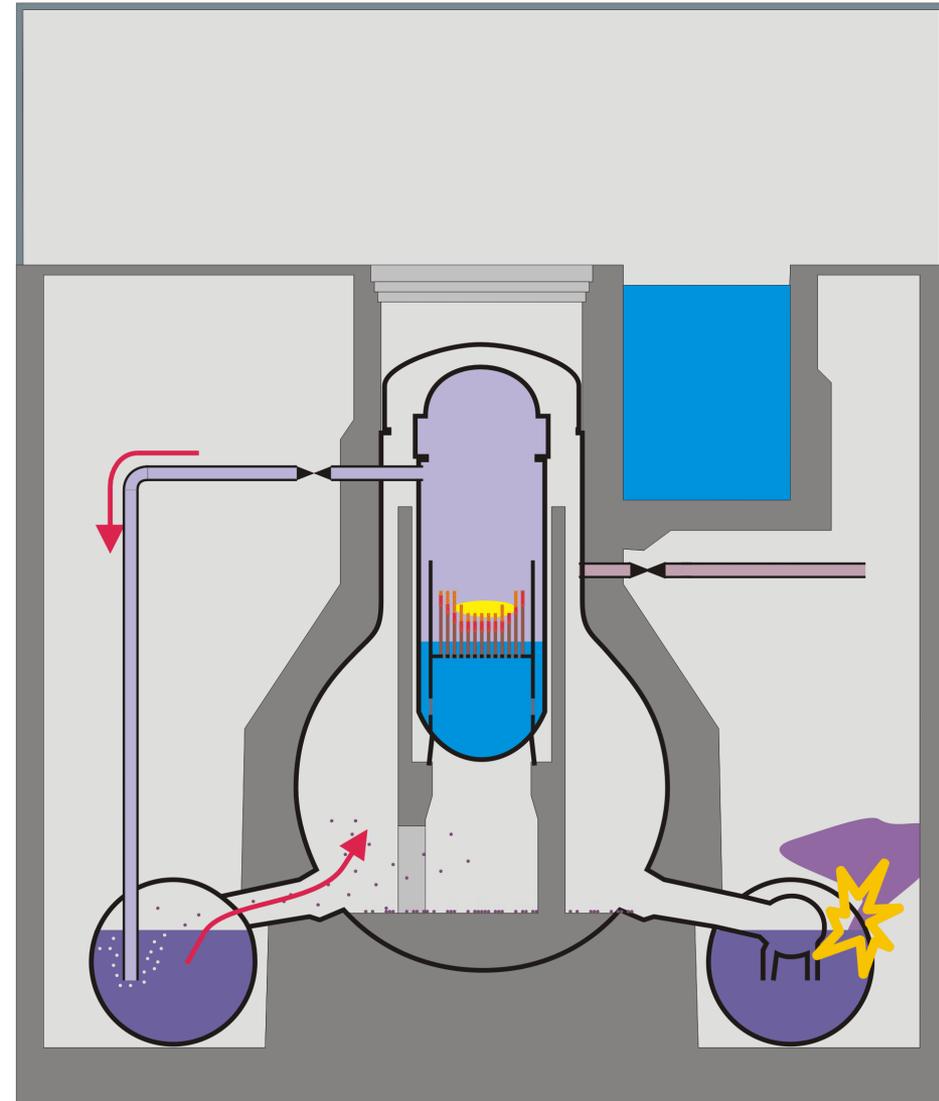
Unit 1

Unit 3

Explosión en el Grupo 2. 15 de marzo 6:10

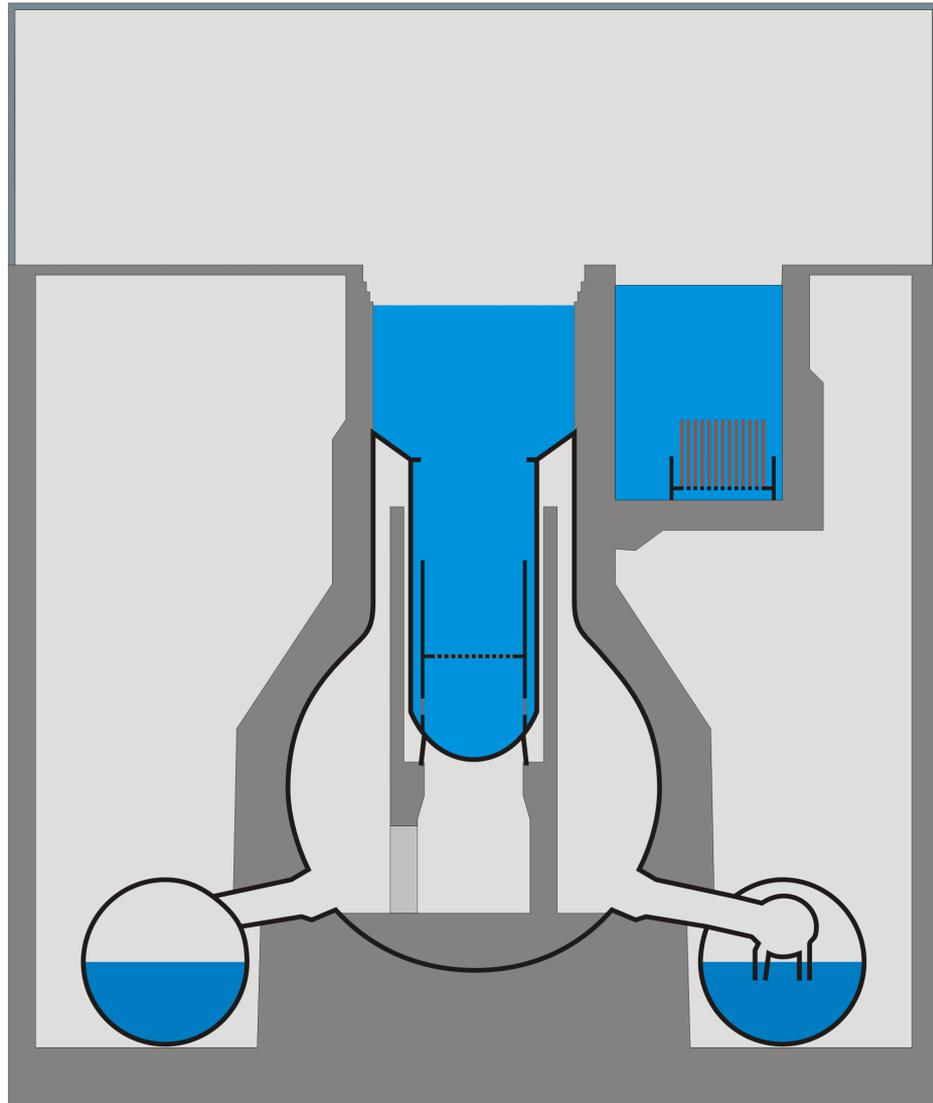
- ▶ Unidad 2
 - ◆ Combustión de hidrógeno dentro del edificio del reactor
 - ◆ Daño probable en la piscina de supresión (agua fuertemente contaminada)
 - ◆ Liberación incontrolada de gases desde la contención
 - ◆ Gran liberación de productos de fisión
 - ◆ Evacuación temporal de la planta
 - ◆ Tasas de dosis tan elevadas en el entorno que impiden seguir trabajando en la recuperación

- ▶ No hay una explicación clara de porqué se comportó de forma diferente



Progresión del accidente. Piscinas

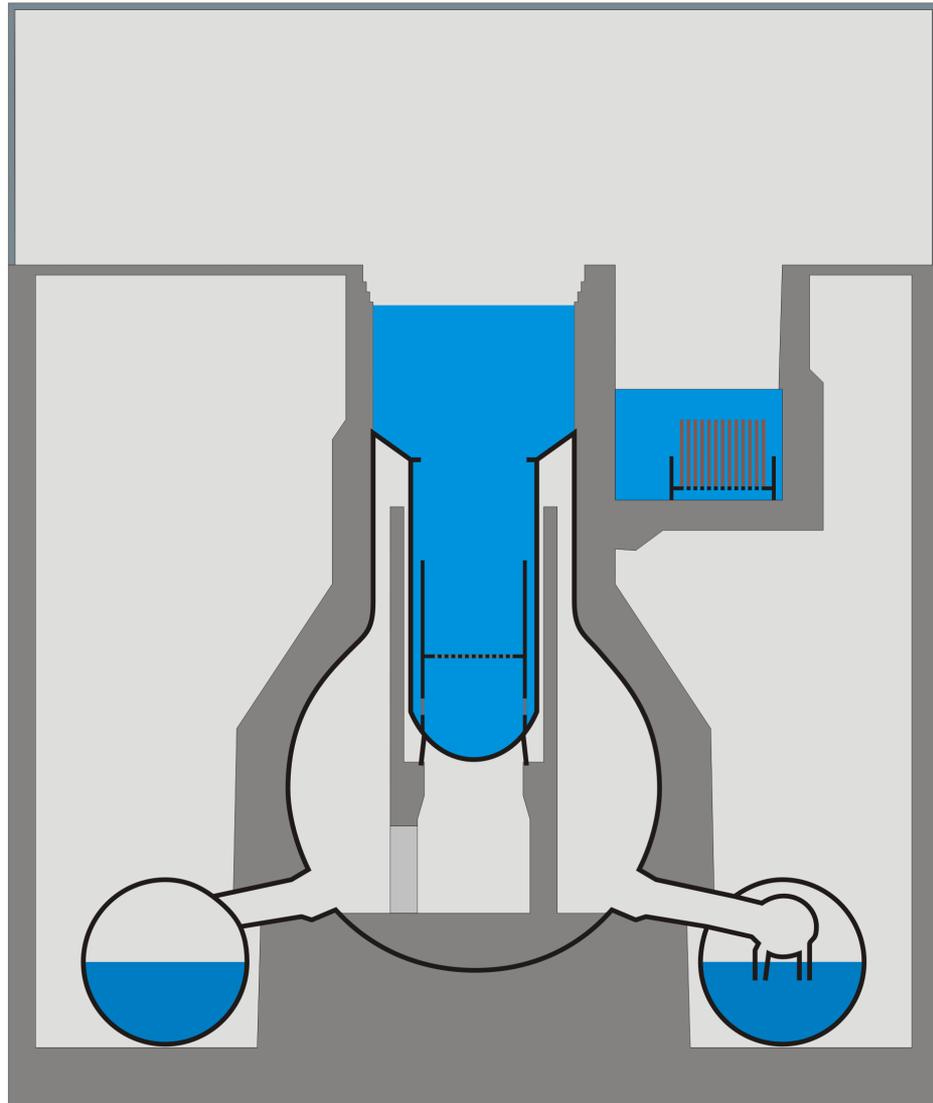
- ▶ La piscina de enfriamiento se encuentra en la planta de operación del edificio del reactor
 - ◆ Por mantenimiento del reactor 4 todo el núcleo en la piscina (1331 elementos combustibles)
 - ◆ Secado de las piscinas (AREVA):
 - Unidad 4: en 10 días
 - Unidad 1-3, 5, 6 en algunas semanas
 - ◆ ¿Fugas de las piscinas por causa del terremoto?
- ▶ Consecuencias
 - ◆ Deterioro o tal vez fusión del núcleo "al aire libre"
 - ◆ Generación de hidrógeno
 - ◆ Oxidación intensa ("fuego")
 - ◆ Prácticamente sin retención de productos de fisión
 - ◆ Escape potencialmente grande



Progresión del accidente. Piscinas

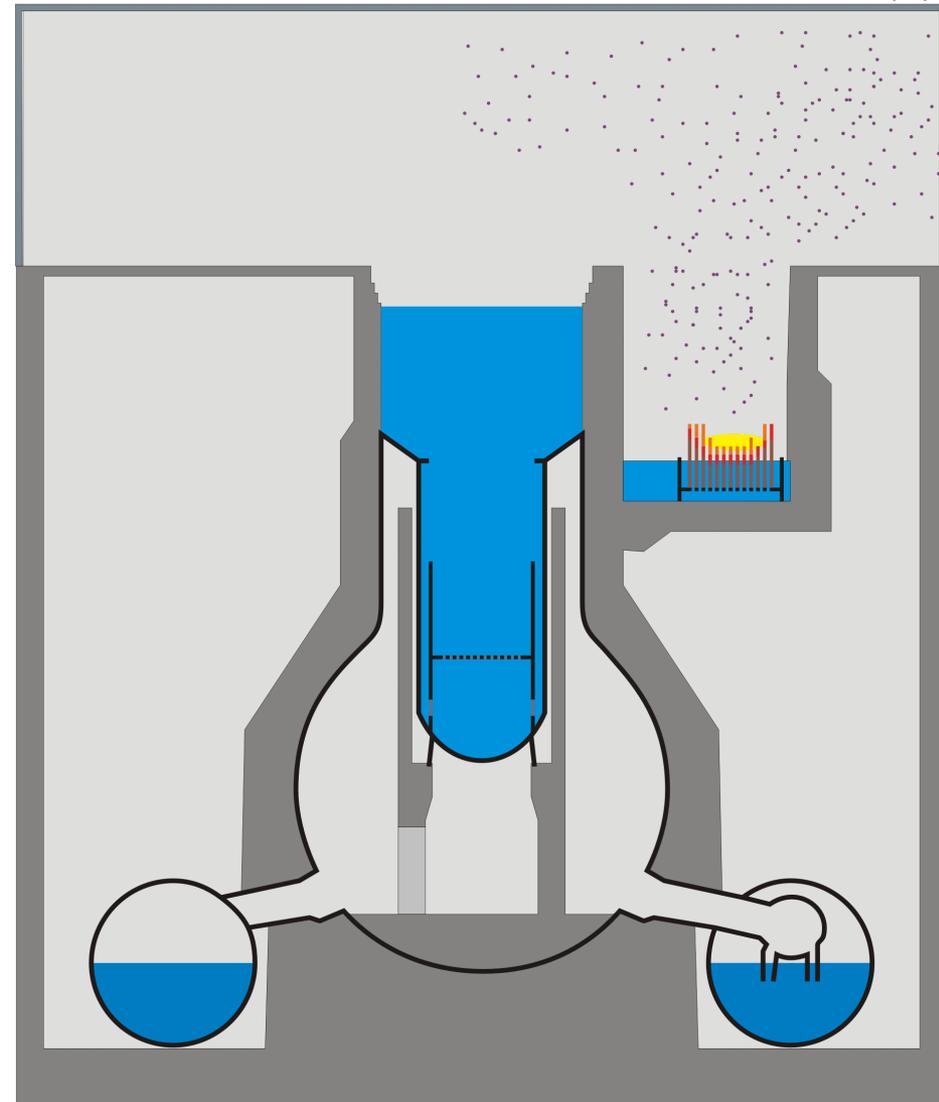
- ▶ La piscina de enfriamiento se encuentra en la planta de operación del edificio del reactor
 - ◆ Por mantenimiento del reactor 4 todo el núcleo en la piscina (1331 elementos combustibles)
 - ◆ Secado de las piscinas (AREVA):
 - Unidad 4: en 10 días
 - Unidad 1-3, 5, 6 en algunas semanas
 - ◆ ¿Fugas de las piscinas por causa del terremoto?

- ▶ Consecuencias
 - ◆ Deterioro o tal vez fusión del núcleo "al aire libre"
 - ◆ Generación de hidrógeno
 - ◆ Oxidación intensa ("fuego")
 - ◆ Prácticamente sin retención de productos de fisión
 - ◆ Escape potencialmente grande

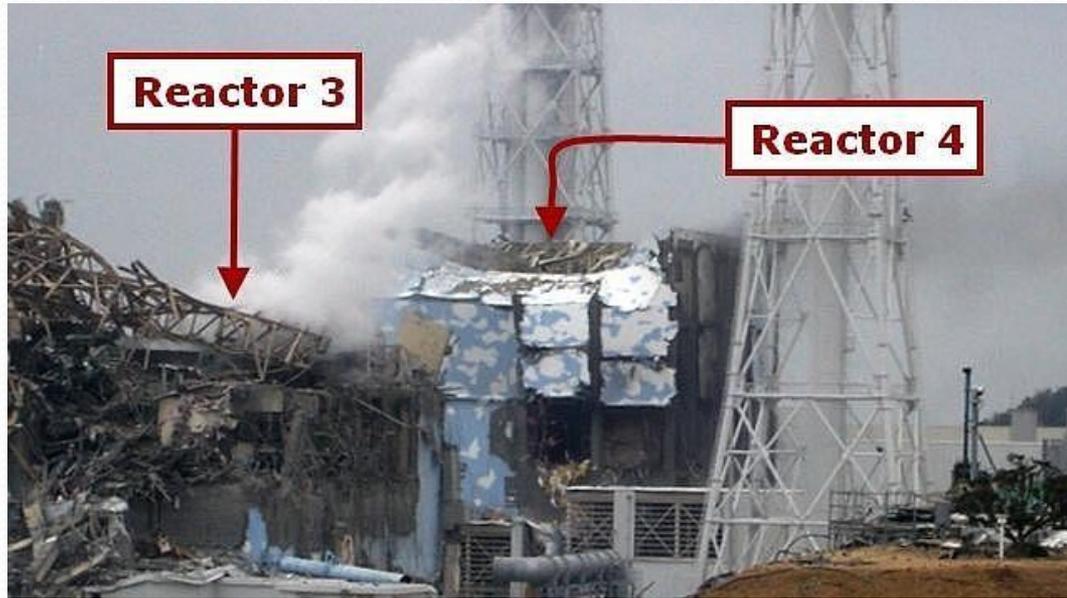


Progresión del accidente. Piscinas

- ▶ La piscina de enfriamiento se encuentra en la planta de operación del edificio del reactor
 - ◆ Por mantenimiento del reactor 4 todo el núcleo en la piscina (1331 elementos combustibles)
 - ◆ Secado de las piscinas (AREVA):
 - Unidad 4: en 10 días
 - Unidad 1-3, 5, 6 en algunas semanas
 - ◆ ¿Fugas de las piscinas por causa del terremoto?
- ▶ Consecuencias
 - ◆ Deterioro o tal vez fusión del núcleo "al aire libre"
 - ◆ Generación de hidrógeno
 - ◆ Oxidación intensa ("fuego")
 - ◆ Prácticamente sin retención de productos de fisión
 - ◆ Escape potencialmente grande



Piscina de la Unidad 4



- ▶ Estructura dañada por el terremoto. Necesita refuerzo sísmico antes de llenarla totalmente
- ▶ Se produjeron dos grandes fuegos por combustión de H_2 el 15 y el 16 de marzo.
- Se intentó refrigerar mediante lanzamiento de agua desde helicópteros y luego con cañones de agua de bomberos, motobombas y bombas de hormigón de gran alcance
- Las temperaturas han estado oscilando entre 80 y 90 °C

Fukushima.

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.

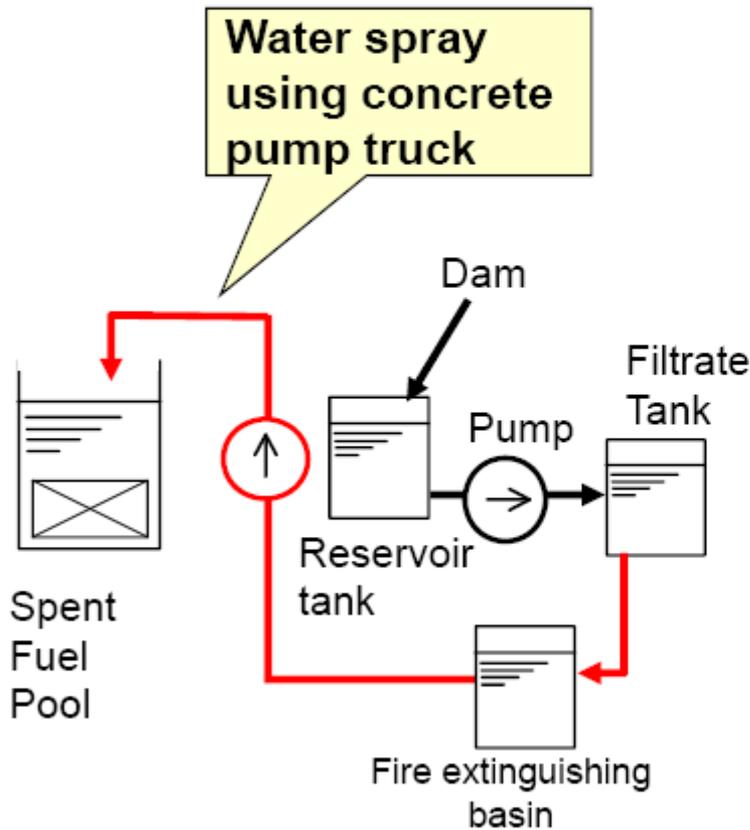
- ▶ Refrigeración en “circuito abierto” liberando vapor a la atmósfera.

- ▶ Podría continuar habiendo pequeñas liberaciones de productos de fisión.

Medidas para refrigerar las piscinas

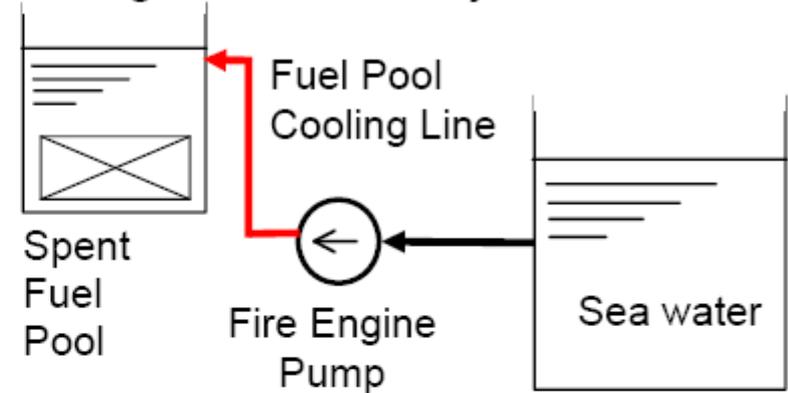
Unit 1

Fresh water injection

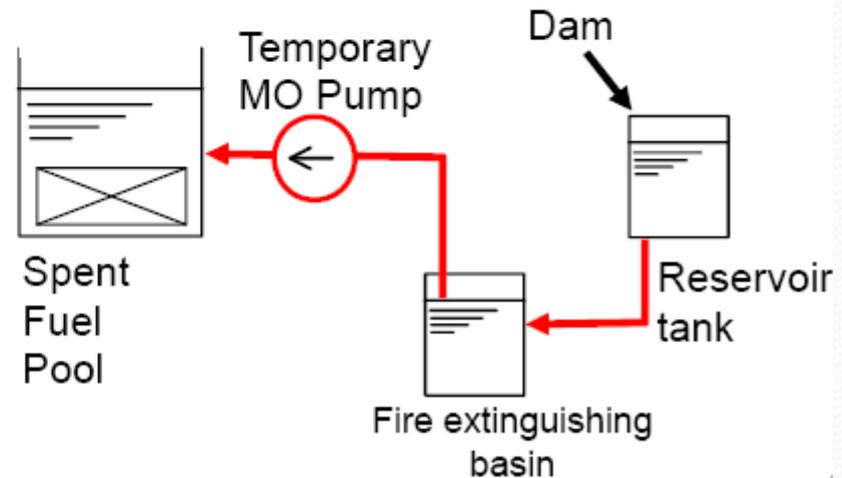


Unit 2

【1st Stage】 Sea water injection



【2nd Stage】 Fresh water injection

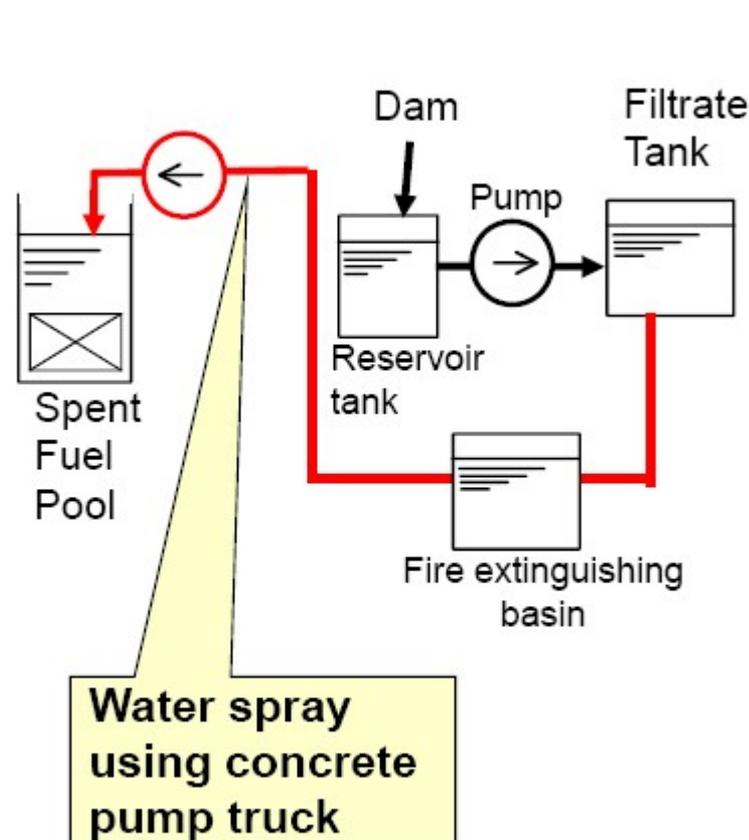
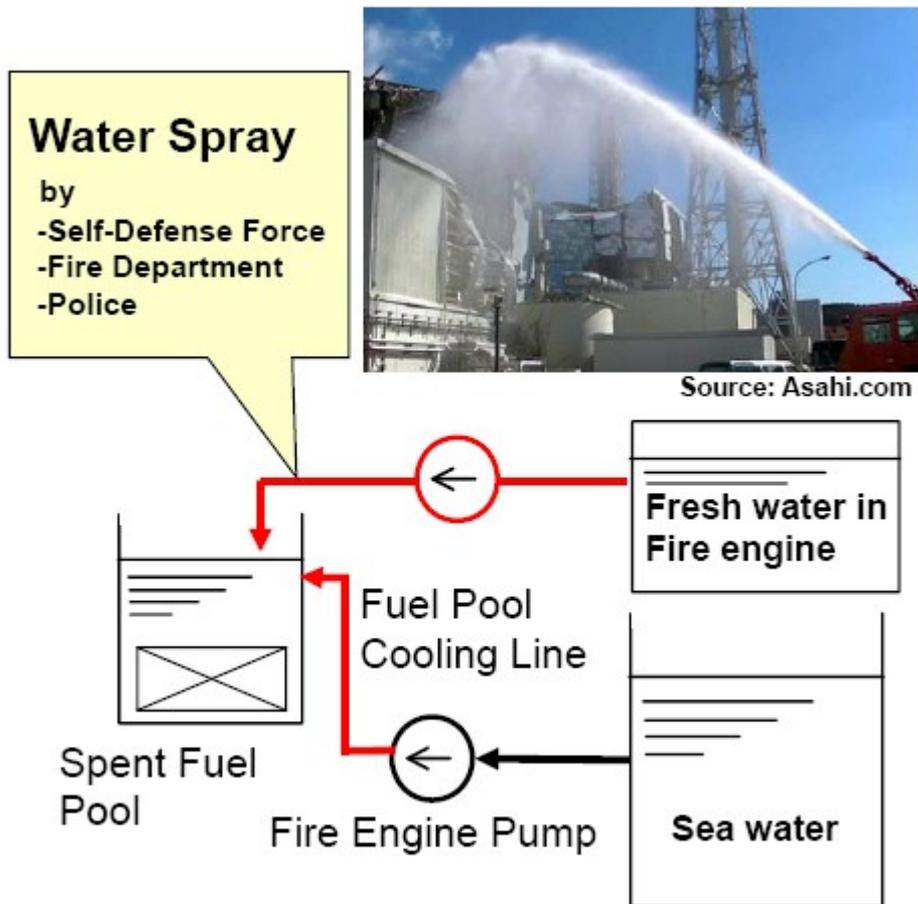


Medidas para refrigerar las piscinas

Unit 3

【1st Stage】 Sea water injection

【2nd Stage】 Fresh water injection

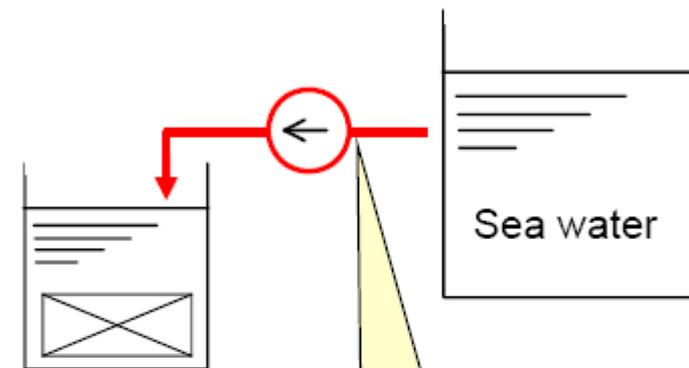


* Sea water discharge by helicopters of the Self Defense Force

Medidas para refrigerar las piscinas

Unit 4

【1st Stage】 Sea water injection

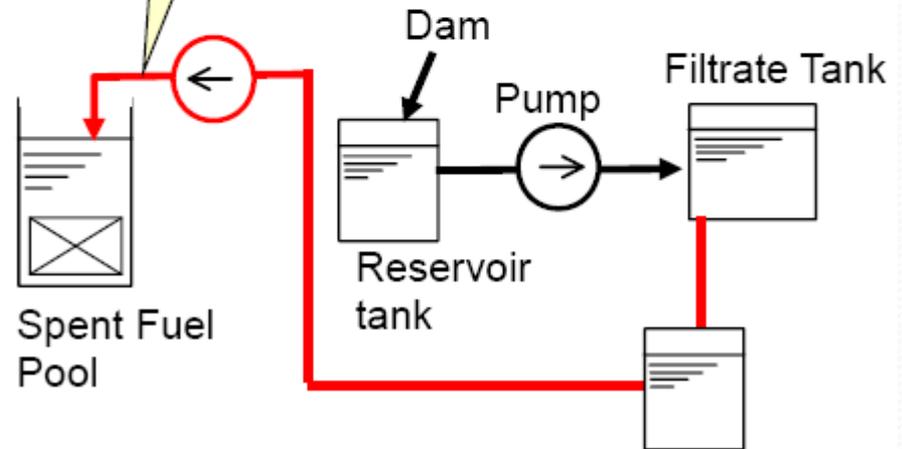


Spent Fuel Pool

Water Spray from the ground by Self Defense Force and Fire Department

【2nd Stage】 Fresh water injection

Water spray using concrete pump truck

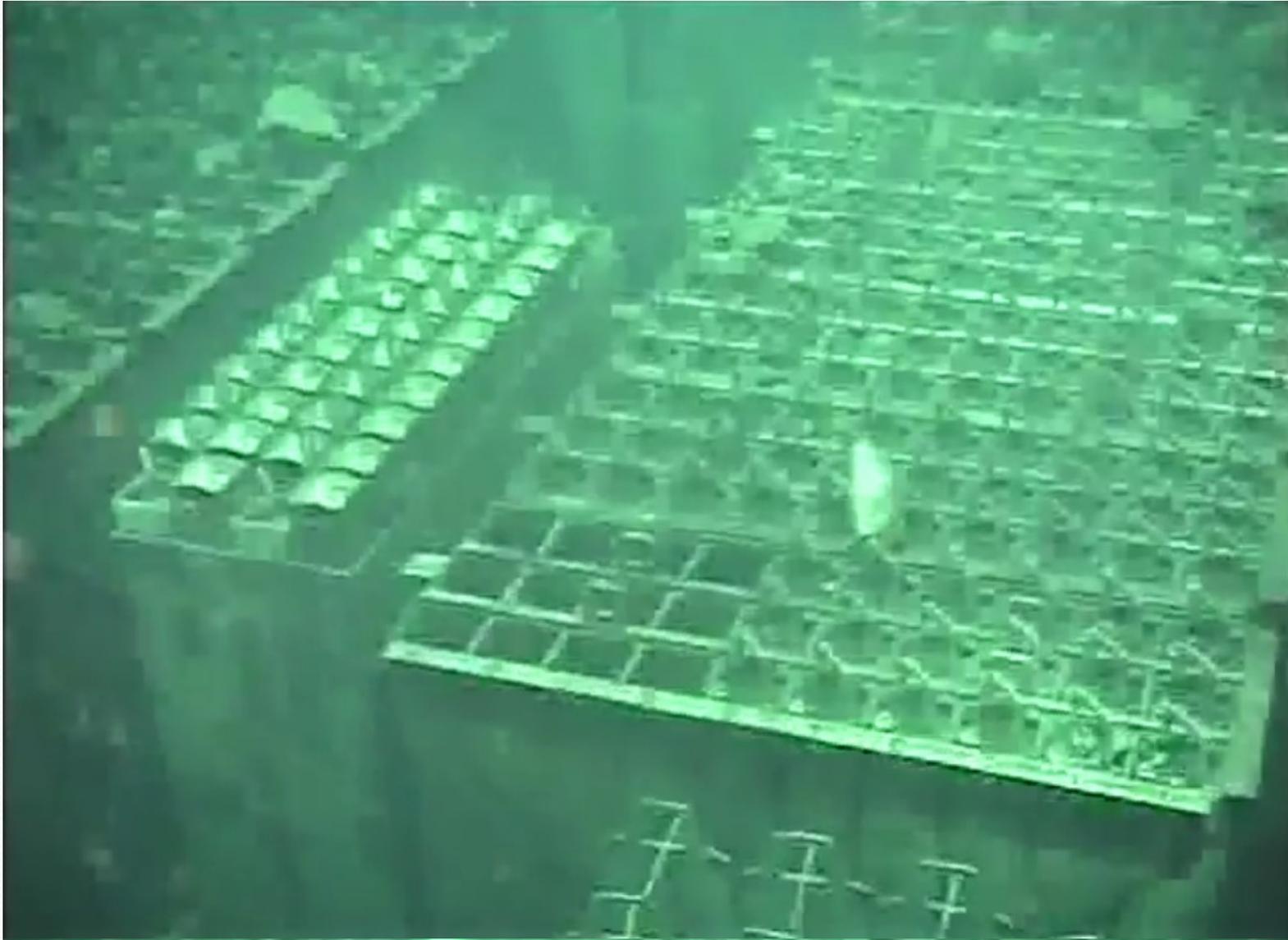


Spent Fuel Pool

Dam
Reservoir tank
Pump
Filtrate Tank

Fire extinguishing basin

Exploración de las piscinas (unidad 4)



Exploración de las piscinas (unidad 3)

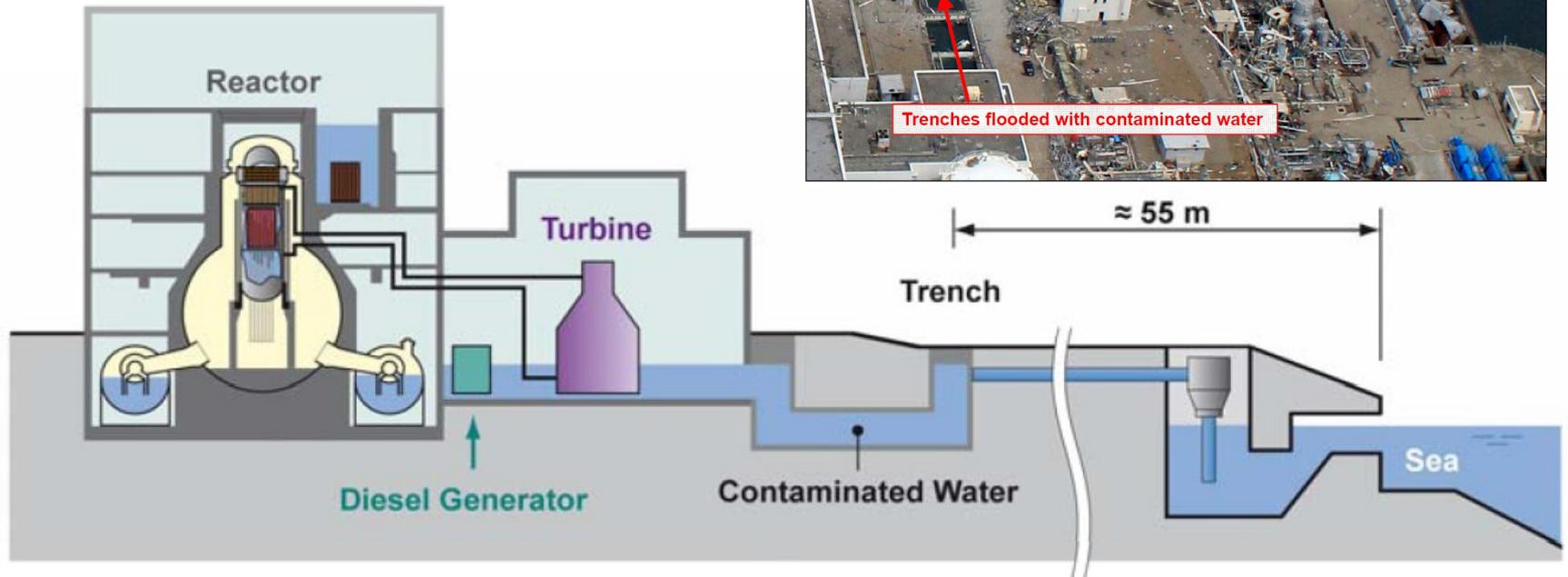
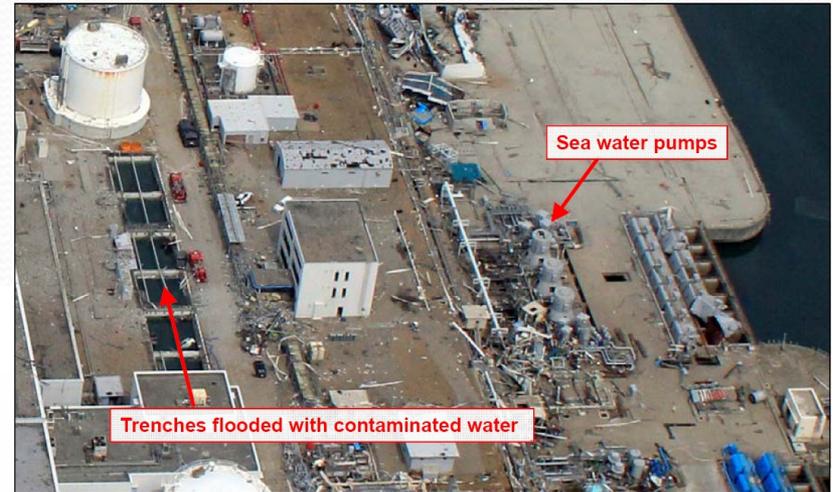


Fukushima.

Pasos dados para mejorar el control

- ▶ Restablecimiento de suministro eléctrico externo redundante
- ▶ 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.

Fugas de agua contaminada



La continua inyección de agua en el reactor, y su descarga a la piscina de supresión, (con mayor gravedad en la unidad 2 cuya contención está dañada) han inundado el edificio de turbinas, que se comunica con unos túneles o trincheras que acaban conectando con el mar → **Fugas de gran importancia los primeros días de abril**

Fugas de agua contaminada



Nueva fuga de agua desde la Unidad 3, el miércoles 11 de mayo (37 kBq/cm³ de cesio)

La contaminación de agua con mayor gravedad (la piscina de supresión está dañada) han inundado el edificio de turbinas con unos túneles o trincheras que acaban conectando con el mar. Fugas de gran importancia los primeros días de abril

Fukushima. Plan de estabilización y control de la central

- Presentado el 18 de abril. Duración estimada entre 6 y 9 meses. Dos fases.
- El objetivo de este programa es devolver a los reactores y piscinas de combustible gastado a una condición de refrigeración estable y mitigar las emisiones de material radiactivo.
- Contempla 63 medidas que serán realizadas en dos fases temporales.
 - Primera fase: duración aproximada 3 meses → hacer disminuir las dosis.
 - Segunda fase: duración estimada entre 3 y 6 meses → pretende controlar definitivamente los reactores y la emisión radiactiva al exterior.
- En la primera fase, **reactores 1 y 3** → objetivo refrigerar de forma estable. Sumergir totalmente los elementos combustibles. Reutilizar el agua tras descontaminarla. Emplear intercambiadores de calor para la extracción del calor.
- En el **reactor 2**, primero hay que sellar la zona dañada de la contención a través de la que se siguen produciendo fugas de radiactividad.
- En la segunda fase, el plan de TEPCO contempla llegar a reducir la temperatura del combustible de los reactores por debajo de los 100 °C (lo que se entiende como "**parada fría**"), logrando su estabilización.

Fukushima. Plan de estabilización y control de la central

Roadmap for Immediate Actions (Issues / Targets / Major Countermeasures)

Reference 1

	Current Status	STEP1	STEP2	Mid-term Issues
I. Cooling	(1) Reactors	<p>Injecting fresh water</p> <p>Nitrogen gas injection</p> <p>(Unit1・3) Flooding up to top of active fuel</p> <p>Examination and implementation of heat exchange function</p> <p>(Unit 2) Sealing the damaged location</p>	<p>Stable cooling</p> <p>Flooding up to top of active fuel</p> <p>Cold shutdown condition</p>	<p>Prevention of breakage of structural materials , etc.</p>
	(2) Spent Fuel Pools	<p>Injecting fresh water</p> <p>Enhance reliability of water injection</p> <p>Restore coolant circulation system</p> <p>(Unit 4) Install supporting structure</p>	<p>Stable cooling</p> <p>Remote control of water injection</p> <p>Examination and implementation of heat exchange function</p> <p>More stable cooling</p>	<p>Removal of fuels</p>
II. Mitigation	(3) Accumulated Water	<p>Transferring water with high radiation level</p> <p>Storing water with low radiation level</p> <p>Installation of storage / processing facilities</p> <p>Installation of storage facilities / decontamination processing</p>	<p>Secure storage place</p> <p>Expansion of storage / processing facilities</p> <p>Decontamination / Desalt processing (reuse), etc</p> <p>Decrease contaminated water</p>	<p>Installation of full-fledged water treatment facilities</p>
	(4) Atmosphere / Soil	<p>Dispersion of inhibitor</p> <p>Removal of debris</p>	<p>Installing reactor building cover</p>	<p>Installation of reactor building cover (container with concrete)</p> <p>Solidification of contaminated soil, etc</p>
III. Monitoring/ Decontamination	(5) Measurement, Reduction and Announcement	<p>Monitoring of radiation dose in and out of the power station</p> <p>Expand/enhance monitoring and inform of results fast and accurately</p>	<p>Sufficiently reduce radiation dose in evacuation order / planned evacuation / emergency evacuation preparation areas</p>	<p>Continue monitoring and informing environmental safety areas</p>

Fukushima. Actuaciones recientes

rimero con robots, y después operarios, han entrado en el edificio del **reactor 1**

l jueves 5 de mayo un equipo de doce trabajadores provistos de botellas de oxígeno y trajes anti contaminación pudo acceder al interior del edificio del reactor por vez primera desde el accidente. El equipo instaló un sistema de depuración de la atmósfera interior mediante ocho conductos para depurar el aire a través de filtros. La operación se completó en una hora y media.

na vez transcurridos tres días y constatado un nivel aceptable de contaminación en el interior, el domingo 8 de mayo se procedió a abrir la esclusa de acceso al recinto de contención a fin de comprobar el estado de da
sensores de



El accidente no ha terminado...

NHK WORLD English - Windows Internet Explorer

http://www3.nhk.or.jp/daily/english/12_23.html

Google

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Favoritos OTT - UPM Inicio Fuentes (J) Leer correo Imprimir Página Seguridad Herramientas Ayuda Skype Plug-In Research Messenger

HOTELES SOL MELIA... [JAIF] Japan Atomic I... NISA - Nuclear and In... NHK WORLD Eng... Internacional en EL P...

SEARCH

Corporate Info

Sitemap

Contact Us

FAQ

NEWS FLASH | TEPCO says water may be leaking from a hole in the No.1 reactor at the Fukushima Daiichi nuclear plant, causing a sharp drop in the water level. The

Home > Daily News (Japan Broadcasting Corporation)

updated at 12:38 UTC, May. 12

Top Stories

World

Politics & Business

Society & Others



Video Quality Low (256K) High (512K)

Water likely leaking from No.1 reactor

Tokyo Electric Power Company says water may be leaking from breaches in the No.1 reactor at the Fukushima Daiichi nuclear plant, causing a sharp drop in the water level inside the reactor.

Tokyo Electric sent workers inside the building to adjust the water gauge of the reactor.

The utility had suspected the gauge wasn't working properly because the water level hasn't been rising despite pumping in 150 tons of water daily to cool the reactor.

On Thursday morning, it was found that the water level was more than one meter below the bottom of the fuel rods, suggesting a large volume of water is leaking into the containment vessel.

The utility company also believes that the water is leaking from the containment

Fukushima. Principales referencias

Para obtener información más puntual y actualizada, la SEPR sugiere consultar los medios de comunicación, y en particular con los siguientes organismos e instituciones:

- ▶ Organismo Internacional de la Energía Atómica: www.iaea.org
- ▶ Consejo de Seguridad Nuclear: www.csn.es
- ▶ Organización Mundial de la Salud: www.who.int
- ▶ Organismo regulador japonés: www.nisa.meti.go.jp/english
- ▶ Ministerio de Ciencia japonés: <http://www.mext.go.jp/english/>
- ▶ Foro de la industria atómica japonesa: <http://www.jaif.or.jp/english>
- ▶ TEPCO (Operadora de los reactores afectados): www.tepco.co.jp
- ▶ Televisión pública japonesa: www.nhk.or.jp/english
- ▶ WANO (Asociación Mundial de Operadores Nucleares): www.wano.info
- ▶ NEI (Instituto Energía Nuclear): www.nei.org
- ▶ Foro Nuclear: www.foronuclear.org

Muchas gracias por su atención

