



**CEIDEN**

PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE ENERGÍA NUCLEAR DE FISIÓN



[www.csn.es](http://www.csn.es)

**Jornada: LA I+D NUCLEAR TRAS FUKUSHIMA**  
**Nuevas líneas de I+D como consecuencia de las**  
**pruebas de resistencia europeas**  
**Rosario Velasco - Consejera del CSN**



**E.T.S. INGENIEROS INDUSTRIALES de MADRID – 15.10.12**

- 1. PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS:  
PROCESO, ALCANCE, METODOLOGÍA Y  
RESULTADOS**
- 2. PROGRAMA DE ACTUACIÓN FRENTE A  
ACCIDENTES CON PÉRDIDA DE GRANDES  
ÁREAS DE LA INSTALACIÓN**
- 3. POTENCIALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN  
ASOCIADAS A ESTOS PROCESOS**
- 4. RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES**

## **COLABORADORES**

**José Manuel Conde (CSN), Jefe de la Unidad de Investigación y  
Gestión del Conocimiento**

**José Ramón Alonso (CSN), Coordinador de Centrales Nucleares**

**Diego Encinas (CSN), Asesor Técnico**

## **“REVISIÓN COMPLEMENTARIA Y DETALLADA DE LA SEGURIDAD DE LAS CENTRALES NUCLEARES TENIENDO EN CUENTA LOS SUCESOS OCURRIDOS EN FUKUSHIMA”**

El objetivo principal es incrementar las capacidades de las CC.NN. para afrontar accidentes de esta naturaleza, más que aumentar el conocimiento

# PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS: PROCESO

- ❑ Inmediatamente después del accidente de Fukushima, la UE emprendió un plan ambicioso para reanalizar la seguridad de sus CC.NN. frente a los fenómenos evidenciados en el accidente → **pruebas de resistencia** o **stress tests**
  
- ❑ De junio a diciembre de 2011, cada país realizó el ejercicio a nivel nacional
  - 1) auto-análisis**, realizado por cada operador
  - 2) evaluación por el organismo regulador**
  
- ❑ En el primer trimestre de 2012 se llevó a cabo, por parte de los reguladores de los distintos países, un proceso de revisión cruzada inter pares de los informes nacionales, complementado con un programa de visitas a una central nuclear por país → **“peer reviews”** → abril 2012: se publican los informes de resultados
  
- ❑ El pasado 4 de octubre, el Comisario de Energía (G.Oettinger) presentó el informe final sobre los stress tests, junto con las acciones posteriores previstas

# PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS: ALCANCE

□ Se definieron tres grandes áreas de revisión, con el propósito de que recogieran todos los aspectos importantes evidenciados en el accidente de Fukushima

1. **Fenómenos naturales extremos**, más allá de las bases de diseño → seismos, inundaciones y otros
2. **Pérdida de funciones de seguridad** vitales → alimentación eléctrica de corriente alterna ("station black-out" prolongado) y/o sumidero último de calor (UHS)
3. **Gestión de accidentes** → orientado tanto al reactor como a las piscinas de combustible irradiado

□ Los aspectos de seguridad física quedan fuera del alcance; se abordan como una actividad paralela

➤ Punto clave en todo el proceso → **transparencia** total

Para cada aspecto sujeto a análisis, las tareas a desarrollar fueron:

1. Verificar la **adecuación** de las actuales **bases de diseño** y **bases de licencia**
2. **Valorar los márgenes de seguridad** existentes
3. **Identificar** posibles **situaciones límite** (“cliff edges”)
4. **Analizar** los **recursos** humanos y materiales **disponibles**
5. **Proponer mejoras**, de acuerdo con los resultados del análisis

# PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS: RESULTADOS (1/2)

Las conclusiones generales del proceso y próximas actuaciones previstas son:

1. **ENSREG** continuará **liderando** el proceso, con el soporte técnico de **WENRA**
2. Antes de fin de año cada país debe emitir un **plan de acción nacional**, considerando las conclusiones de cada regulador sobre los resultados de los stress tests y la aplicación de las recomendaciones de ENSREG, así como de la Convención Extraordinaria en Seguridad Nuclear (agosto 2012)
3. Principales **recomendaciones de ENSREG**:
  - desarrollar una guía europea sobre evaluaciones de riesgos naturales
  - incluir en las Revisiones Periódicas de la Seguridad, RPS, la reevaluación de los riesgos naturales
  - priorizar acciones para proteger la contención
  - priorizar medidas para prevenir y mitigar accidentes en caso de sucesos naturales extremos

-----

# PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS: RESULTADOS (2/2)

Las conclusiones generales del proceso y próximas actuaciones previstas son:

-----

4. En marzo de 2013 se presentarán los planes de acción nacionales y su grado de implantación en un workshop
5. Para lo relativo a la **Seguridad Física** se ha consituido un **grupo ad hoc**
6. Se prevé diseñar un **plan de acción** en relación con el **impacto de aviones**

# PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS: RESULTADOS EN ESPAÑA (1/2)

Las conclusiones generales del proceso en España son:

- 1. Los operadores han analizado** proactivamente los aspectos requeridos **y han propuesto** un número significativo de **mejoras** relevantes
  - 2. El CSN ha considerado estos análisis aceptables,** en general
  - 3. El CSN ha emitido requerimientos específicos** (Instrucciones Técnicas Complementarias, ITCs) para requerir la implantación de las mejoras propuestas
  - Estos requerimientos incluyen también la realización de **algunos nuevos análisis** y la implantación de **algunas mejoras adicionales**
-

## PRUEBAS DE RESISTENCIA EUROPEAS: RESULTADOS EN ESPAÑA (2/2)

Las conclusiones generales del proceso en España son:

-----

5. Los plazos de implantación de las mejoras van de 2012 (corto plazo), a 2016 (largo plazo) → son muy exigentes
6. Los equipos de reguladores europeos que han visitado CC.NN. españolas **(peer reviews) no han encontrado carencias o discrepancias relevantes**, si bien han realizado algunas recomendaciones y sugerencias
7. **Tanto los operadores como el regulador están fuertemente comprometidos con el proceso y actúan en estrecha colaboración**

# ACCIDENTES CON PÉRDIDA DE GRANDES ÁREAS DE LA INSTALACIÓN (1/2)

- ❑ En **Estados Unidos, a raíz de los atentados del 11-S** la NRC inició un proceso de requerimiento de medidas complementarias a las CC.NN. para hacer frente a escenarios con pérdida de grandes áreas de la instalación. El proceso de implantación de estas medidas en Estados Unidos finalizó en 2008
- ❑ En el **CSN** se realizó un seguimiento de este proceso, con la intención de **implantar en España un programa similar**. Estaba previsto para 2012. El accidente de Fukushima y las actuaciones de respuesta aconsejaron acelerar este proceso para acompasar las actuaciones derivadas de ambos sucesos → es necesario coordinar adecuadamente las acciones resultantes de ambos procesos
- ❑ El CSN emitió en julio 2011 requerimientos (**ITCs**) a las CC.NN. basados en la respuesta a estos escenarios con daño extenso

## ACCIDENTES CON PÉRDIDA DE GRANDES ÁREAS DE LA INSTALACIÓN (2/2)

❑ Las **acciones** requeridas son **de carácter** esencialmente **mitigador**, y comprenden básicamente los siguientes aspectos:

1. Protección contra **incendios de grandes dimensiones y larga duración**
2. **Mitigación de daño al combustible** → en el núcleo y en los almacenamientos (húmedo o seco) de combustible irradiado
3. **Control de las emisiones** de radiactividad → limitación de dosis al público y a los trabajadores

❑ Una vez recibidas las respuestas de los operadores, en 2012 el CSN ha emitido un **segundo paquete de ITCs** para requerir acciones adicionales y para precisar aspectos de mayor detalle en relación con los requisitos de 2011

# LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADAS

- ❑ Tanto los **stress tests** como las actuaciones frente a sucesos con **pérdida de grandes áreas** son procesos de respuesta frente a **nuevas problemáticas** que implican desafíos a la seguridad de las CC.NN.
- ❑ Se trata de extraer las enseñanzas de sucesos extremos para reanalizar y mejorar el nivel de seguridad de las CC.NN. frente a este tipo de sucesos
- ❑ Estos procesos **no pretenden** directamente **identificar lagunas en el conocimiento o necesidades de investigar** en áreas concretas
- ❑ Sin embargo, los **análisis** llevados a cabo en el ámbito de estos ejercicios **y** los propios **resultados** de los procesos llevan a la identificación de aspectos que **sugieren** emprender o profundizar en **líneas de investigación** específicas

## **I. ASPECTOS ASOCIADOS A LOS SUCESOS INICIADORES**

- 1. Investigación en el campo de las metodologías de caracterización sísmica de emplazamientos**
- 2. Investigación sobre resistencia de equipos a sismos superiores a la base de diseño**
- 3. Investigación en la caracterización y análisis de riesgos asociados a determinados fenómenos naturales extremos.  
Análisis de efectos combinados**
- 4. Investigación sobre los efectos del impacto de aviones sobre la instalación**

## **II. ASPECTOS ASOCIADOS AL ANÁLISIS DEL ACCIDENTE**

- 1. Investigación sobre acumulación de hidrógeno en edificios y compartimentos, análisis de los riesgos asociados y de la resistencia de las estructuras**
- 2. Investigación sobre situaciones accidentales con posibles daños al combustible en las piscinas de almacenamiento de combustible irradiado:**
  - **análisis de secuencias y evaluación de consecuencias**
  - **análisis de refrigeración por circulación natural de aire**
  - **análisis de efectividad de medidas mitigadoras (p.e., rociado de la piscina)**
  - **análisis de necesidad y diseño de nueva instrumentación**
  - **análisis de viabilidad y efectividad del uso de equipos portátiles**

## **III. ASPECTOS ASOCIADOS A LAS ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN (1/2)**

### **1. Investigación sobre la viabilidad, efectividad y condiciones y características de diseño y operación de las estrategias utilizables para la mitigación de accidentes severos:**

- **estrategias alternativas de inyección al reactor o a la contención**  
(teniendo en consideración de la calidad química del agua)
  - **estrategias de inundación de la contención, para**
    - refrigerar el corium (antes de rotura de la vasija)
    - evitar / limitar la interacción corium – hormigón (tras la rotura de la vasija)
    - evitar explosiones de hidrógeno (tras la rotura de la vasija)
  - **estrategias alternativas de despresurización del reactor**
  - **venteo filtrado de contención**
-

### **III. ASPECTOS ASOCIADOS A LAS ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN (2/2)**

#### **1. Investigación sobre la viabilidad, efectividad y condiciones y características de diseño y operación de las estrategias utilizables para la mitigación de accidentes severos:**

-----

- **recombinadores de hidrógeno catalíticos pasivos (PARs)**
- **medios de filtrado y agentes fijadores de partículas radiactivas**
- **rociado externo de fugas de la contención y otros edificios**
- **estrategias para la gestión** (almacenamiento, trasvase, descontaminación, ...) **de grandes cantidades de agua contaminada**
- **equipos portátiles, sistemas “plug & play”,...**
- **...**

## **IV. ASPECTOS ASOCIADOS A LAS CONDICIONES DEL ACCIDENTE**

- 1. Investigación sobre la supervivencia de equipos** (especialmente, instrumentación y eléctricos) **y elementos estructurales o de cierre** (penetraciones, compuertas,...) **críticos en las condiciones ambientales derivadas de un accidente severo**
- 2. Investigación y desarrollo de tecnologías y equipos capaces de soportar las condiciones ambientales derivadas de un accidente severo**
- 3. Desarrollo de medios para acceder a zonas con altos niveles de radiación y/o contaminación, con condiciones ambientales adversas y/o gravemente dañadas por efecto de un accidente severo** (desarrollos en robótica)

## **V. ASPECTOS ASOCIADOS A PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

- 1. Investigación sobre mejoras en la habitabilidad de la sala de control y del centro de emergencias para soportar las condiciones radiológicas derivadas de un accidente severo**
- 2. Investigación sobre supervivencia de monitores de radiación en las condiciones adversas derivadas de un accidente severo y desarrollo de equipos capaces de soportar dichas condiciones**
- 3. Desarrollo y/o mejora de métodos y herramientas para el análisis de consecuencias radiológicas en caso de accidente con daño extenso**

## **VI. ASPECTOS TRANSVERSALES: FORMACIÓN, ORGANIZACIÓN Y FFHH**

- 1. Desarrollo de simuladores** de entrenamiento de personal con capacidad **para accidentes severos**
- 2. Investigación sobre la respuesta del personal de operación** (y en general de todo el personal involucrado en la respuesta al accidente) **ante las condiciones extremas** (desde el punto de vista de factores humanos) **derivadas de un accidente severo o de un accidente con daño extenso**
- 3. Investigación sobre mejoras en el diseño de la organización de respuesta en emergencias para hacer frente a un accidente severo o con daño extenso**

## RESUMEN

### CONSIDERACIONES FINALES

- ❑ Se ha realizado una revisión general del **proceso y resultados de las pruebas de resistencia europeas**, junto con el plan de actuación en relación con los escenarios con **pérdida de grandes áreas de la instalación** (situaciones accidentales con daño extenso a la instalación) que se está desarrollando en España
- ❑ Son dos **procesos vivos** que aún no se han completado
- ❑ El objetivo era **identificar**, a partir de estos procesos, potenciales **líneas** o áreas específicas de **I+D** que sea necesario o conveniente abordar a raíz de las enseñanzas obtenidas

## CONSIDERACIONES FINALES

- ❑ Se han **identificado** diversos **temas de I+D**, agrupados en las siguientes áreas temáticas:
  - ✓ **sucesos iniciadores**
  - ✓ **análisis del accidente**
  - ✓ **estrategias de mitigación**
  - ✓ **condiciones del accidente**
  - ✓ **protección radiológica**
  - ✓ **formación y entrenamiento**
  - ✓ **aspectos organizacionales y de factores humanos**
  
- ❑ Muchos de estos temas han sido identificados también en el ámbito de otros programas internacionales de actuación post-Fukushima

## RESUMEN

### CONSIDERACIONES FINALES

- ❑ Varios de estos temas ya eran objeto de programas y proyectos de I+D, en el terreno de los accidentes severos o en otros campos, antes del accidente de Fukushima. Otros temas están actualmente en desarrollo y en algunos otros aún no se ha iniciado una actividad significativa a escala internacional
- ❑ La lista de temas identificados se ha contrastado con el plan de I+D del CSN, obteniendo conclusiones similares a las del punto anterior. **Estas enseñanzas se tendrán en cuenta a la hora de definir y priorizar el esfuerzo en I+D del CSN**



**CEIDEN**

PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE ENERGÍA NUCLEAR DE FISIÓN



[www.csn.es](http://www.csn.es)

**GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN**

**Jornada "LA I+D NUCLEAR TRAS FUKUSHIMA"**