

**Cátedra CSN “Federico Goded”**  
**Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
Industriales**  
**Universidad Politécnica de Madrid**

**ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN 2017**

**Eduardo Gallego Díaz**  
Catedrático de Ingeniería Nuclear – ETS Ing. Industriales

**INDUSTRIALES**  
ETSII | UPM

- ❑ **OBJETIVOS DE LA CÁTEDRA CSN “FEDERICO GODED”**
- ❑ **ACTIVIDADES DESARROLLADAS en 2017.**
  - **BECAS**
    - **Doctorado / cofinanciación de contratos predoctorales**
    - **Trabajos Fin de Máster**
    - **Becas de Colaboración**
  - **BOLSAS DE VIAJE**
    - **Estancias en centros de investigación**
    - **Asistencia a congresos**
  - **CURSOS Y SEMINARIOS**
    - **Seminarios avanzados**
- ❑ **CONCLUSIONES**

Creada en enero de 2005, la [Cátedra de Seguridad Nuclear “Federico Goded”](#) , tiene los siguientes objetivos:

- Incentivar la **formación de técnicos altamente cualificados en seguridad nuclear y protección radiológica**, así como **ampliar conocimientos y especialización** de alumnos, investigadores y profesores de la Universidad, a través de sus propios planes de estudios, cursos de especialización y participación activa en proyectos de investigación afines.
- **Promover actividades de investigación**, que contribuyan a ampliar el conocimiento, a producir desarrollos innovadores y a la difusión de sus resultados, **enfocadas a necesidades reales** en el ámbito de la seguridad nuclear y la protección radiológica.
- El Convenio de 2017 fue firmado con fecha 6 de julio de 2017.

- 1) Generación de librerías optimizadas con cuantificación de incertidumbres para cálculos realistas (BEPU) de reactores nucleares de agua ligera.** Santiago Sanchez-Cervera (Co-financiada con el proyecto europeo NURESAFE. Terminada en julio de 2017)  
Dirección: Nuria García Herranz
  
- 2) A proposed BEPU methodology for DBA analysis in nuclear containments.** Rafael Bocanegra Melián.  
Dirección: Gonzalo Jimenez Varas
  
- 1) Estudio del potencial de nuevos detectores para dosimetría personal de neutrones.** Gonzalo F. García Fernández.  
Dirección: Eduardo Gallego Díaz

# **Generación de librerías optimizadas con cuantificación de incertidumbres para cálculos realistas (BEPU) de reactores nucleares de agua ligera**

**Doctorando: Santiago Sánchez-Cervera Huerta**



- Tesis encuadrada dentro de los proyectos internacionales de investigación NURESAFE y el *Benchmark for Uncertainty Analysis in Modelling (UAM) for Design, Operation and Safety Analysis of LWRs*



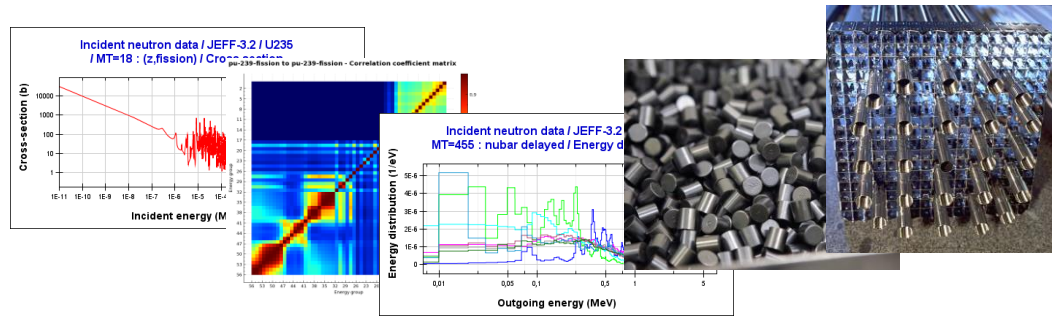
## ➤ **Objetivos:**

- ✓ Revisión del procedimiento de generación de secciones eficaces a escalas nodal y *pin-by-pin* para obtener librerías que permitan obtener resultados *best-estimate*
- ✓ Identificación de las fuentes de incertidumbre neutrónicas y propagación a las librerías de secciones eficaces
- ✓ Desarrollo de una metodología para la optimización de librerías tabuladas
- ✓ Aplicación de técnicas de propagación de incertidumbres (UQ) con el simulador de núcleo COBAYA

➤ Identificación de las fuentes de incertidumbre en cálculos neutrónicos:

- ✓ Conocimiento incierto de los datos nucleares
- ✓ Incertidumbres tecnológicas (proceso de fabricación)

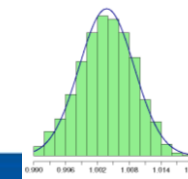
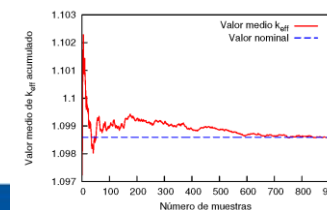
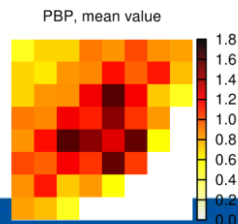
**Inc. Aleatoria**



- ✓ Incertidumbres asociadas con los métodos y modelos de cálculo → **Inc. Epistémica**

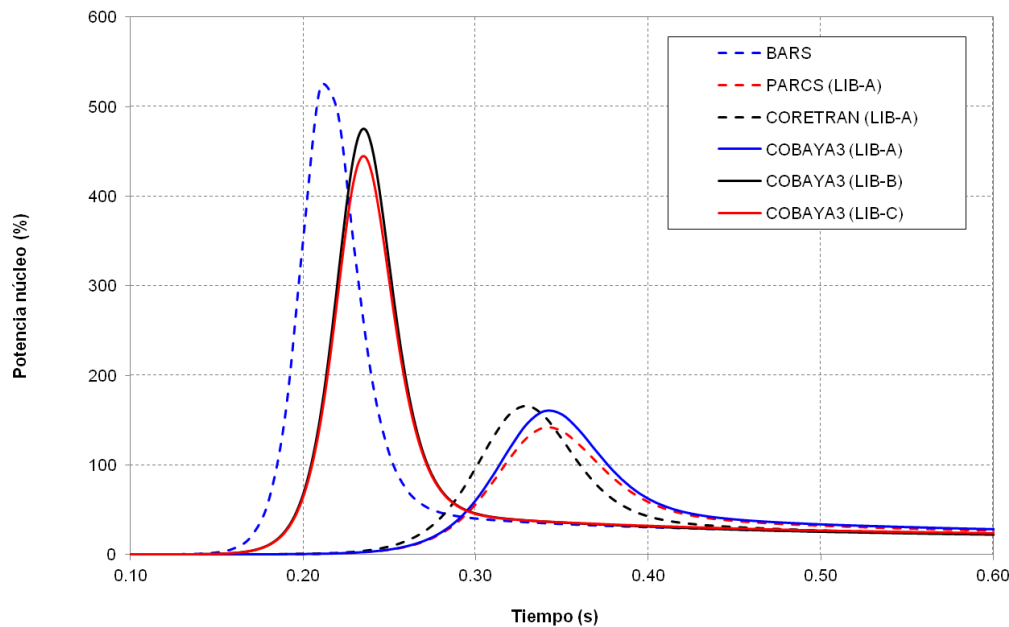
➤ Propagación de incertidumbres en cálculos de núcleo completo:

- ✓ Permite obtener incertidumbres en resultados finales como k-eff o distribuciones de potencia

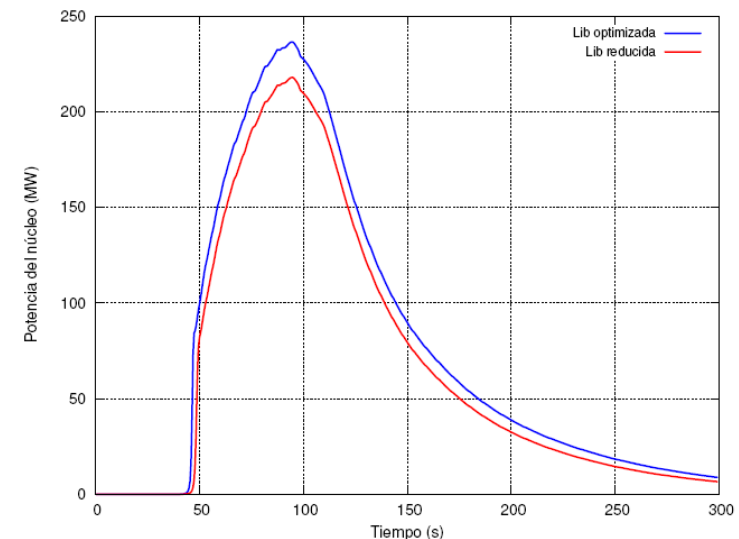




- Los procedimientos de generación de librerías de secciones son tan importantes para el análisis y diseño de reactores como el desarrollo de códigos de difusión precisos
- Las librerías de secciones eficaces pueden tener un impacto muy elevado en el análisis de transitorios



**Análisis de una expulsión de barra de control**



**Análisis de un MSLB**



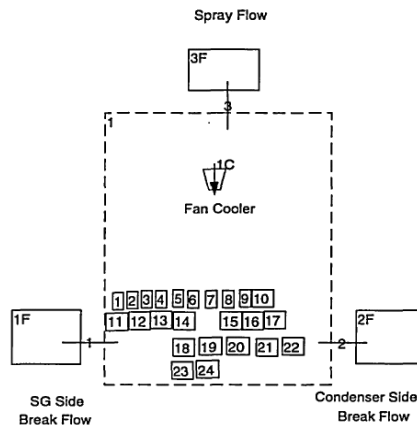
## Publicaciones (artículos):

- S. Sánchez-Cervera, N. García-Herranz, J.J. Herrero, and O. Cabellos. **Optimization of multidimensional cross-section tables for few-group core calculations.** Annals of Nuclear Energy, 69:226 – 237, 2014.
- S. Sánchez-Cervera, N. García-Herranz, J.J. Herrero, and D. Cuervo. **Effects of cross sections tables generation and optimization on rod ejection transient analyses.** Annals of Nuclear Energy, 73:387 – 391, 2014.
- I. Spasov, S. Mitkov, N. Kolev, S. Sánchez-Cervera, N. García-Herranz, A. Sabater, D. Cuervo, J. Jimenez, V. Sanchez, and L. Vyskocil. **Best-estimate simulation of a VVER MSLB core transient using NURESIM platform codes.** Nuclear Engineering and Design, 321: 26-37, 2017.
- N. García-Herranz, D. Cuervo, A. Sabater, G. Rucabado, S. Sánchez-Cervera, and E. Castro. **Multiscale neutronics/thermal-hydraulics coupling with COBAYA4 code for pin-by-pin PWR transient analysis.** Nuclear Engineering and Design, 321: 38-47, 2017.
- E. Castro, S. Sánchez-Cervera, N. García-Herranz, D. Cuervo. **Impact of the homogenization level, nodal or pin-by-pin, on the uncertainty quantification with core simulators,** Progress in Nuclear Energy 104 (2018) 218-228.

- Título de la Tesis: ***A proposed BEPU methodology for DBA analysis in nuclear containments***
- Autor: **Rafael Bocanegra Melián**
- Dirección: **Gonzalo Jiménez Varas**
  
- **Objetivo:** Desarrollo de una metodología de análisis de contención realista, con identificación de incertidumbres y errores - BEPU-CSA (*Best Estimate Plus Uncertainty and errors for Containment Safety Analysis*).

## Análisis clásico de accidente base de diseño en contención

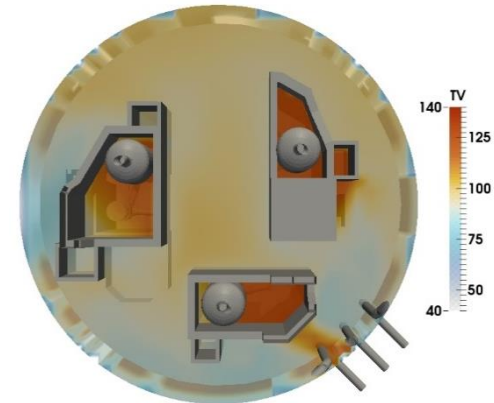
- Hipótesis conservadoras
- No cuantifica incertidumbres
- Aproximación “*Lumped Parameters*”: resultados P y T<sup>a</sup> promediados en todo el volumen



2004 . Westinghouse. WCAP-16219-NP

## Propuesta de nueva metodología BEPU con análisis 3D en un PWR-W genérico

- Hipótesis *best-estimate*
- Cuantifica incertidumbres
- Modelos 3D: información de P y T<sup>a</sup> por habitaciones

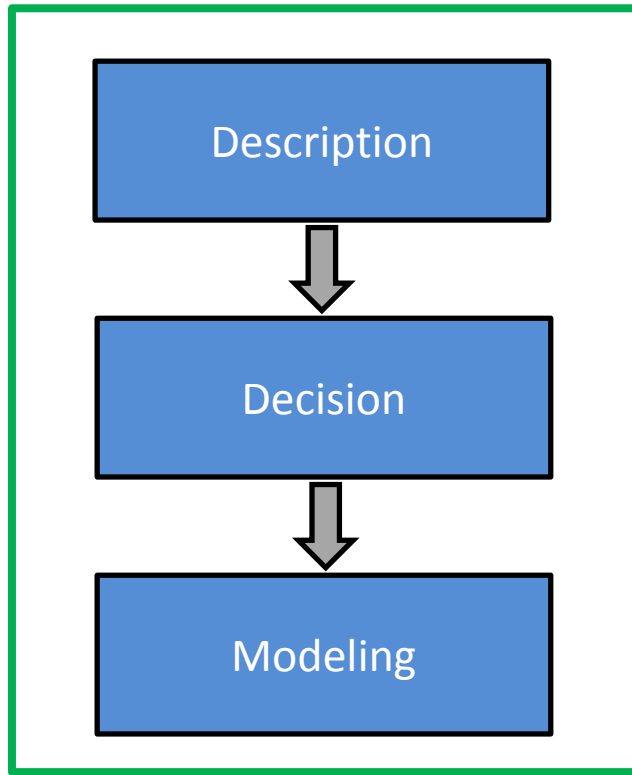


2017 . G. Jiménez et al. Analysis of the equipment and instrumentation qualification criteria using 3D containment models  
*Nuclear Engineering and Design* 323, 28-38

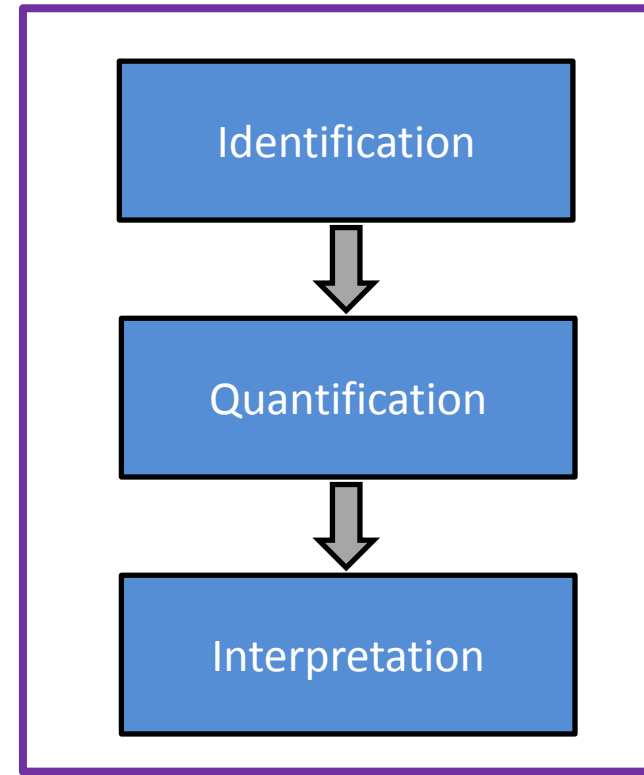
TESIS DOCTORAL

## Metodología BEPU-CSA

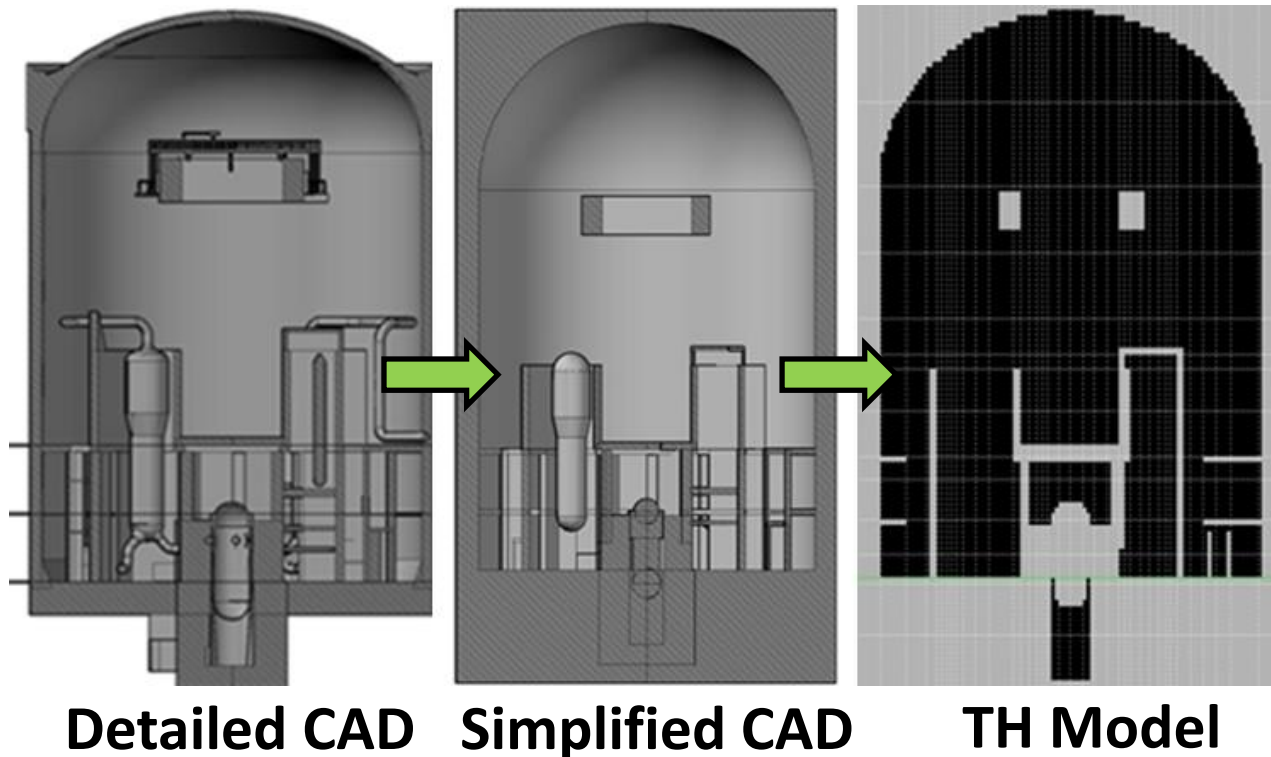
### Best Estimate Modeling



### Accuracy Assessment

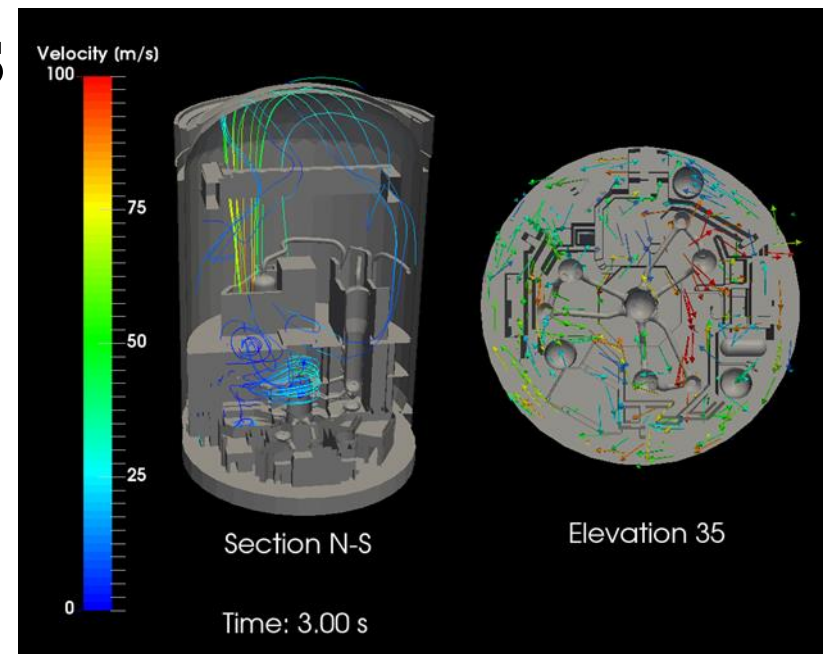
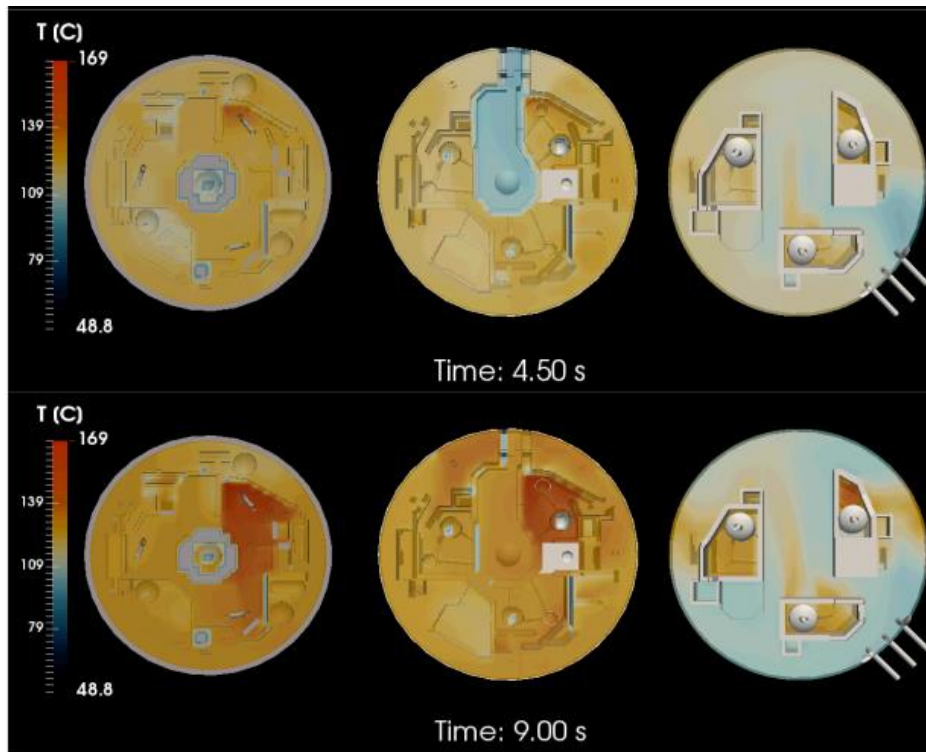


## Metodología de modelado de contención 3D en un PWR-W genérico



2016 . *Rafael Bocanegra et al.* Development of a PWR-W GOTHIC 3D model for containment accident analysis  
*Annals of Nuclear Energy* 87, 547-560

## Resultados de presión y temperatura por habitación y patrones de flujo en un PWR-W genérico



2017 . G. Jiménez et al. Analysis of the equipment and instrumentation qualification criteria using 3D containment models  
*Nuclear Engineering and Design 323, 28-38*



## Publicaciones (Artículos):

- R. Bocanegra, G. Jiménez y M.K. Fernández-Cosials. “***Development of a PWR-W GOTHIC 3D model for containment accident analysis***”. Annals of Nuclear Energy 87, 547-560 (2016)
- G. Jiménez, M.K. Fernández-Cosials, R. Bocanegra y C. Qeral. “***Analysis of the equipment and instrumentation qualification criteria using 3D containment models***”. Nuclear Engineering and Design 323, 28-38 (2017)
- M.K. Fernández-Cosials, G. Jiménez, R. Bocanegra y C. Qeral. “***Study of hydrogen risk in a PWR-W containment during SBO scenario; Tau parameter definition and application on venting strategy analysis***”. Nuclear Engineering and Design 325, 164-177 (2017)

## Ponencias internacionales:

- 2014 “***Best-Estimate Thermal-hydraulic Analysis of a Design Basis Accident in a PWR-W and AP1000 containment building with a 3D detailed model***”. ICONE-22. Prague, Czech Republic
- 2015 “***Best-estimate LOCA simulation in a PWR-W containment building with a detailed 3D GOTHIC model***”. ENYGF-2015. Paris, France.
- 2016 “***Enhanced MELCOR models for standard PWR-Westinghouse design***”. NUTHOS-11. Gyeongju, Korea.
- 2018 “***BEPU Methodology for Containment Safety Analysis***”. BEPU-2018. Lucca, Italy

## Ponencias nacionales:

- 2013 “***Análisis termo-hidráulico de un accidente en contención de un reactor PWR-W con el código GOTHIC mediante un modelo 3D detallado***”. 39 Reunión Anual de la SNE. Reus.
- 2017 “***BEPU Methodology for Containment Accident Analysis***”. 43 Reunión Annual de la SNE. Málaga.



Tesis Doctoral: ***Estudio del potencial de nuevos detectores para dosimetría personal de neutrones.***

Autor: **Gonzalo F. García Fernández**

Director: **Eduardo Gallego Díaz**

Periodo de beca: **Septiembre a diciembre 2017**

### **Objetivos:**

1. Estudio de **nuevos detectores para dosimetría de neutrones** que puedan ser empleados como **monitores pasivos** en instalaciones radiactivas donde existan fuentes intensas generadoras de neutrones, tales como salas de radioterapia convencional o en las nuevas instalaciones de radioterapia con protones.
2. Desarrollo de metodologías prácticas para el análisis de la **eficacia de los blindajes de las instalaciones** frente a neutrones, de cara a garantizar la adecuada protección de los trabajadores sanitarios y miembros del público en general que accedan o trabajen en el entorno de la instalación:
  - **Cálculos detallados por Monte Carlo y verificación experimental** de sistemas de dosimetría y espectrometría neutrónica adecuados para los amplios rangos de energía de los neutrones producidos.

Tesis Doctoral: ***Estudio del potencial de nuevos detectores para dosimetría personal de neutrones.***

Autor: **Gonzalo F. García Fernández**

### **Publicaciones:**

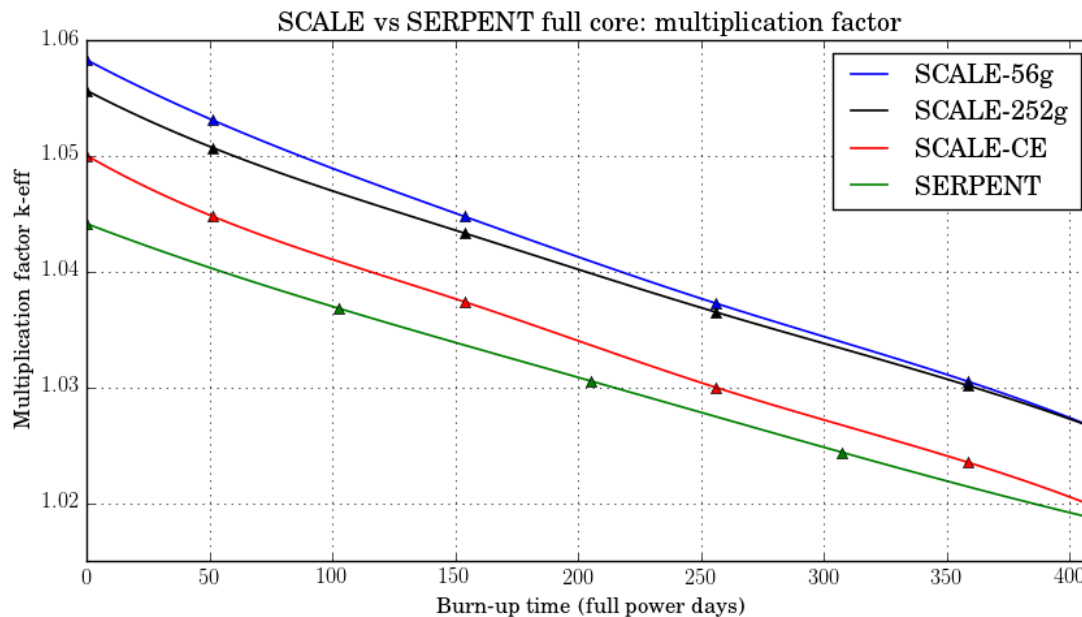
L.E. Cevallos Robalino, G.F. García Fernández, E. Gallego, K.A. Guzmán-García, H.R.Vega-Carrillo. **Study by Monte Carlo methods of an explosives detection system made up with a D-D neutron generator and NaI(Tl) gamma detectors.** *Applied Radiation and Isotopes* (In press). <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2018.02.018>

Concedido un proyecto de **Doctorado Industrial de la Comunidad de Madrid: *Aportaciones al blindaje y la dosimetría de neutrones en instalaciones de hadronterapia con protones.*** Ref. IND2017/AMB-7797. Financiación para desarrollar la tesis doctoral durante **2018, 2019 y 2020.**

## ■ Assessment of SCALE capabilities for full core Monte Carlo burnup calculations of Sodium Fast Reactors.

TFM. Antonio Jiménez Carrascosa.

Directora: Nuria García Herranz (UPM)

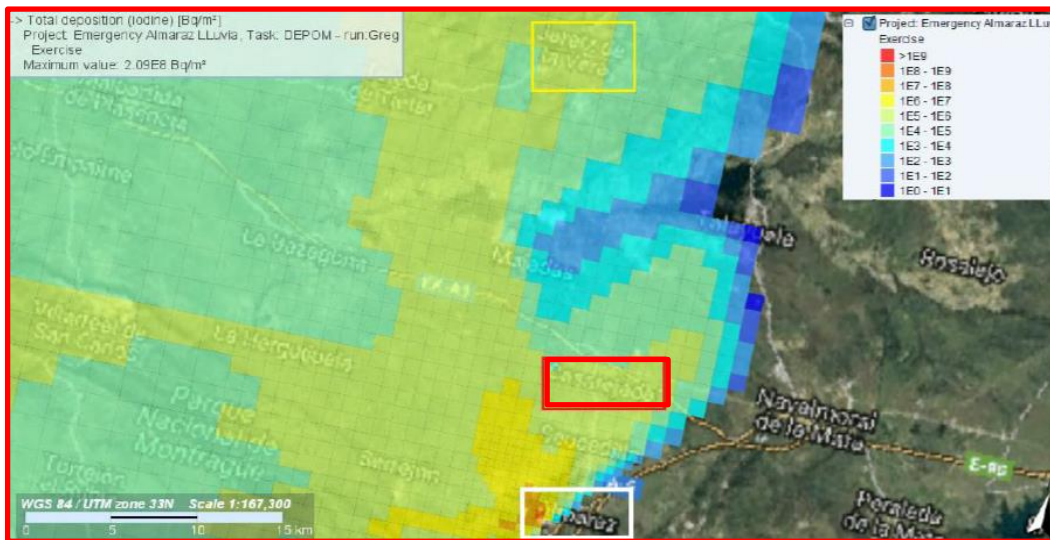


Evolución del factor de multiplicación en núcleo completo a lo largo del ciclo de quemado para cuatro tipos diferentes de cálculo: SCALE-MG (56 y 252g), SCALE-CE y SERPENT

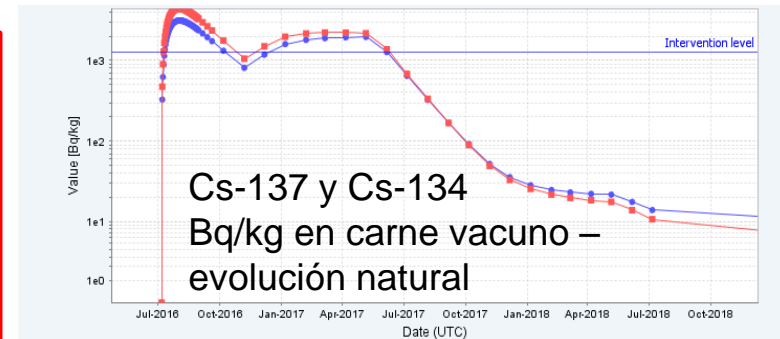
- Estudio y aplicación del módulo AgriCP del sistema JRODOS para la gestión de emergencias nucleares y radiológicas sobre la cadena de productos agrícolas y ganaderos.

TFM. José Tomás Elvira Muñoz.

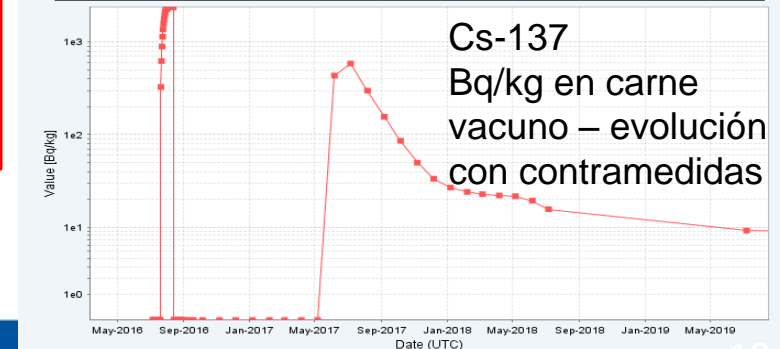
Directores: Eduardo Gallego Díaz (UPM), Cristina Trueba Alonso y Milagros Montero Prieto, Depto. Medio Ambiente (CIEMAT)



Depósito total de I-131 (Bq/m<sup>2</sup>) y zonas elegidas para el estudio



Foodstuff activities: Maps: Beef (cow), raw products, Cs-134, potential, time d... (cell #1441) -- Value 1  
Foodstuff activities: Maps: Beef (cow), raw products, Cs-137, potential, time d... (cell #1441) -- Value 2



- **Estudio experimental de la interacción de gases (H y He) en materiales de recubrimiento de interés para aplicaciones nucleares**  
TFM (finalización). **Juan Manuel García Franco.**  
Director: Antonio Rivera de Mena (UPM)
- Puesta a punto de métodos para la caracterización experimental de diferentes materiales mediante ensayos de permeación.
  - Recrecimiento de espesores mediante *RF Magnetron **Sputtering***: influencia de la temperatura y otros factores
  - Estudio mediante imágenes tanto de **microscopía óptica** como de **multiplicador secundario de electrones (SEM)**, defectos y delaminación de los recubrimientos
  - Equipos de **medida de permeabilidad** a diferentes temperaturas, sometiéndolas a un determinado flujo de gas, obteniendo el PRF (permeation reduction factor) debido a la adición de los recubrimientos
  - **Ensayos de desorción**



Simulador Gráfico Interactivo de la  
Central Nuclear José Cabrera.  
Aula José Cabrera – Gas Natural Fenosa.

### 3 Becas en 2017:

Directora: Carolina Ahnert Iglesias

1. **Estudio de malfunciones asociadas al sistema eléctrico** (Marta Penche Alonso)
2. **Simulación de la rotura de tubos del condensador en BOL, MOL y EOL** (Marta Berrios Torres)
3. **Simulación del accidente de pérdida de refrigerante y aplicación del POE.** (Ana Ruiz Medina)



## **1. Participación en la 2017 Frédéric Jolliot/Otto Hahn Summer School (Karlsruhe, Alemania)**

Periodo: **22 de agosto al 2 de septiembre de 2017**

Alumnos: **Rafael Bocanegra Melián y Emilio Castro González**

Ambos estudiantes de doctorado asistieron a esta escuela de verano gracias a la financiación de la Cátedra. Cada bolsa de viaje cubrió los gastos de inscripción en el Curso y los gastos de viaje.

## **2. Viaje alumnos Máster, visita a C.N. Garoña (Burgos) y ENSA (Cantabria).**

Periodo: **28 y 29 de junio de 2017**

Alumno: **9 alumnos del Máster en Ciencia y Tecnología Nuclear**



### 3. *Estancia de investigación en el Institute for Environmental Radioactivity (IER) de Fukushima.*

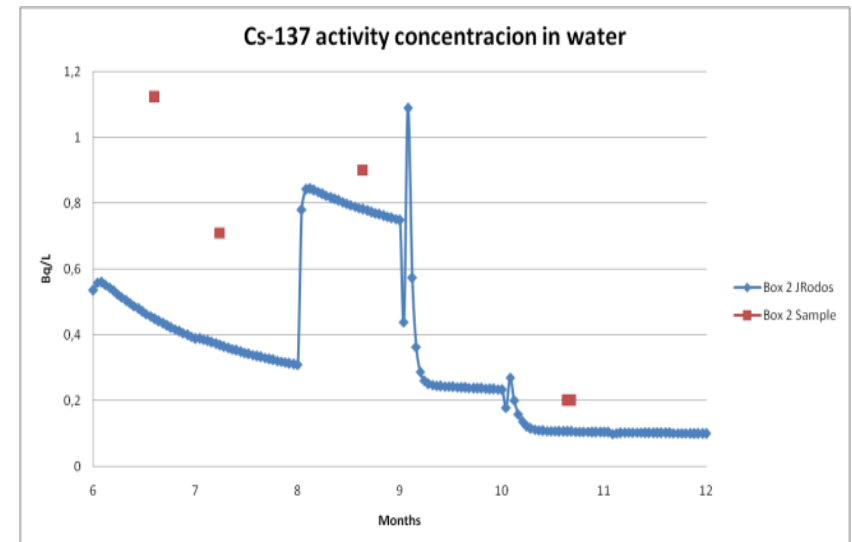
Trabajo: *Adaptación y validación de modelos MOIRA de lagos y ríos implementados en el sistema JRodos en el entorno de Fukushima.*

Periodo: *4 de julio al 14 de septiembre 2017*

Alumno: *Alejandro García Ramos*

El trabajo realizado ha estado centrado en el empleo de los modelos de MOIRA para el análisis de la situación de una serie de pequeños embalses situados en las proximidades de la central de Fukushima, así como del río Niida.

Escasez de datos empíricos salvo excepciones.



**1. Congreso REI 2017 (International Conference on Radiation Effects in Insulators).  
Versalles (Francia), 3 al 7 de julio de 2017.**

Alumno: **Pablo Díaz Núñez**

Ponencia oral: ***In situ monitoring the optical properties of silica and modeling of its surface density kinetics irradiated with swift heavy ions.***

Póster: ***Synthesis of silver nanoparticles by femtosecond pulsed laser ablation: fabrication of embedded nanoparticle multilayers and colloidal solutions.***

Alumno: **Alejandro Prada Valverde**

Ponencia oral: ***Understanding the ion-induced elongation of silver nanoparticles embedded in silica.***

**2. Congreso: 43ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española.  
Málaga, 4-6 octubre 2017**

Alumna: **Samanta Estévez Albuja**

Póster: ***Steam condensation simulation in a scaled IRWST-ADS simulator with GOTHIC 8.1.***

Alumno: **Rafael Bocanegra Melián**

Ponencia oral: ***BEPU Methodology for Containment Accident Analysis.***

***“Radiactividad, radiaciones y protección radiológica. Aplicaciones con Mathematica”***

**José Guillermo Sánchez León.** Profesor asociado de la Universidad de Salamanca.

2 y 4 de noviembre de 2017

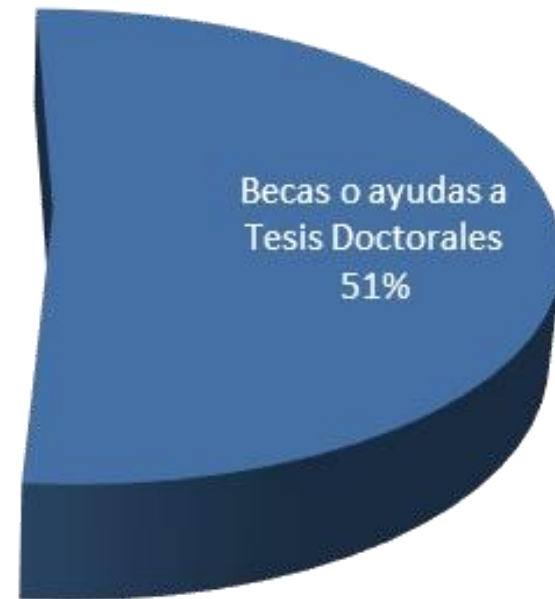
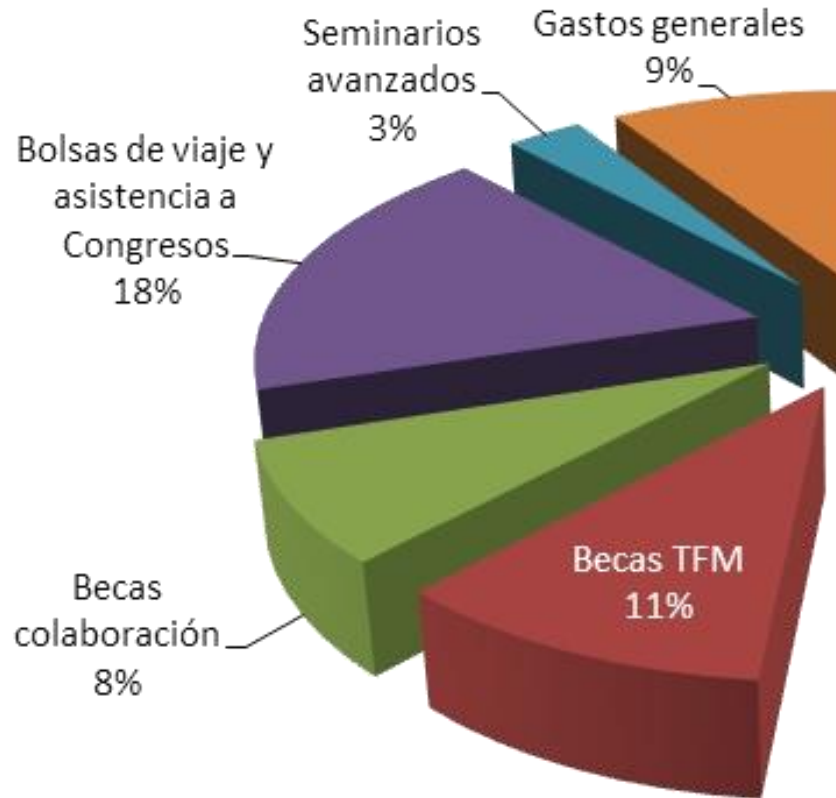
***“Technology and applications of new deuterium-deuterium (D-D) neutron generator”***

**Dra. Kaouther Bergaoui,** National Center of Nuclear Sciences and Technologies, Túnez.

11 y 13 de diciembre de 2017

En 2017, atendiendo a sus objetivos, la Cátedra de Seguridad Nuclear “Federico Goded” ha desarrollado las siguientes actividades:

- > Se han dotado 3 **Becas doctorales** (un completa y dos parciales), con una Tesis terminada y otra que ha logrado financiación como Doctorado Industrial de la CAM.
- > Se otorgado 3 **becas de Fin de Máster**.
- > Se han otorgado 3 **Becas de Colaboración** para mejorar las capacidades y potenciar el uso del SGI como herramienta esencial para la formación en análisis de transitorios y accidentes.
- > Se han adjudicado 3 **bolsas de viaje** para estancias breves, se ha cofinanciado un **viaje de estudios** para los alumnos del Máster en Ciencia y Tecnología Nuclear, y 4 **asistencias a congresos** de estudiantes de doctorado.
- > Se han organizado 2 **seminarios** sobre temas avanzados.
- > El conjunto de temas cubre un espectro amplio de cuestiones relacionadas con la Seguridad Nuclear y la Protección Radiológica.



**Subvención total: 70.000 €**  
**Gastos totales: 59.295 €**

**Cátedra CSN “Federico Goded”**  
**Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales**  
**Universidad Politécnica de Madrid**

**MUCHAS GRACIAS**  
**POR SU ATENCIÓN**

