



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona



Actividades de I+D en el marco de la Cátedra Argos en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica

Jornada I+D CSN

Madrid, 31 de Mayo de 2018

Lluís Batet

Universitat Politècnica de Catalunya

¿Quienes somos?

- ETS de Ingeniería Industrial de Barcelona.
 - **Formación en Ingeniería Industrial** (grado y máster).
 - **Máster en Ingeniería Nuclear (máster UPC-Endesa)**
 - **Con proyección internacional** (imbricado en EMINE)
 - **Con una elevada participación del sector**
 - **Máster Europeo en Ingeniería Biomédica, interuniversitario con Universidad de Barcelona.**
 - **Se ofrece la posibilidad de doble Máster: Ingenierías Industrial + Nuclear**
- **Departamento de Física / División de Ingeniería Nuclear**
- **Instituto de Técnicas Energéticas (INTE):**

Programa de Doctorado en
Ingeniería biomédica
(división dosimetría)

Programa de Doctorado en Ingeniería Nuclear
y de las Radiaciones Ionizantes

Cursos de capacitación de supervisores de IIRR
homologados por el CSN.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona



Cátedra Argos en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica

Jornada de I+D del CSN. 31 de Mayo de 2018



Líneas estratégicas de la Cátedra Argos

- Potenciamiento de las actividades formativas.
 - Becas para movilidad de estudiantes
 - Apoyo a los másteres relacionados con la cátedra
 - Apoyo al Programa de Doctorado en Ingeniería Nuclear y de las Radiaciones Ionizantes
- **Potenciamiento de la I+D:**
 - La investigación es clave en la **generación de conocimiento**, que es la base de la enseñanza universitaria.
 - **El apoyo de la Cátedra es de inestimable valor** para nuestros grupos de investigación.

Actividades financiadas por la Cátedra

Tipo de ayuda	Cantidad	
Becas TFM	2	
Becas TFG	0	
Cofinanciación de becas de doctorado	4	$1 + \frac{1}{2} + \frac{2}{5}$
Bolsas viaje a estudiantes doctorado	5	
Matrícula Máster Ingeniería Nuclear	2	
Premio CSN al mejor estudiante del MIN	1	
Ayuda a prácticas de máster	1	CSN

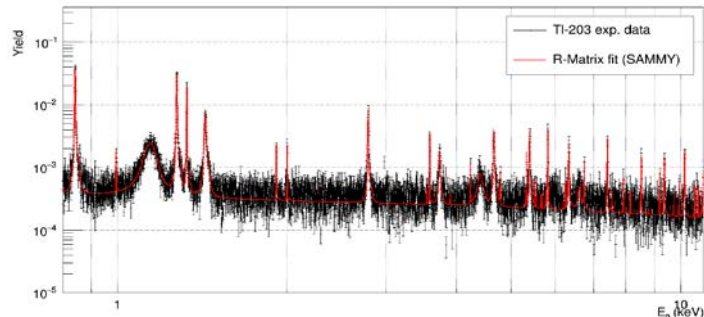
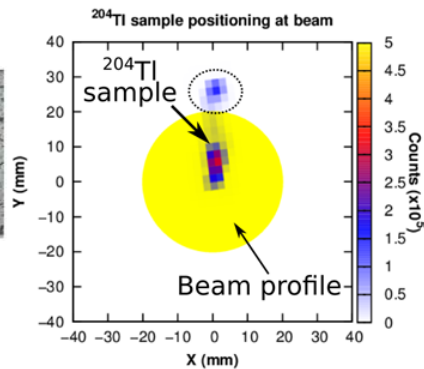
Detalles de la I+D 2017

- 2 TFM
 - **Development and validation of a simplified tritium migration simulation tool for its dynamic monitoring in ITER.** Autor: **José Manuel Sojo Gordillo**. Director: Lluís Batet. *TFM Ingeniería Nuclear*.
 - **Optimization of patient dose monitoring in fluoroscopically-guided interventional procedures.** Autor: **Álvaro Merino Cañete**. Directora: Maria Amor Duch. *TFM Ingeniería Nuclear*.
- 1 Práctica (+TFM) en el CSN
 - **Aportaciones al desarrollo y verificación de un modelo de accidente severo de un reactor PWR comercial.** Estudiante: **Gastón Pintos**. *Máster en Ingeniería Nuclear*
- Tesis doctorales:
 - Adrià Casanovas (12 meses en 2017)
 - Eduard Baeza (4 000 €)
 - Max Casamor (4 000 €)
 - Maria Dolores Rodríguez (6 meses en 2017)

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Adrià Casanovas. *Medidas de datos nucleares para tecnología de reactores de fisión de nueva generación y para modelos astrofísicos de nucleosíntesis estelar.*

Director: **Francisco Calviño**

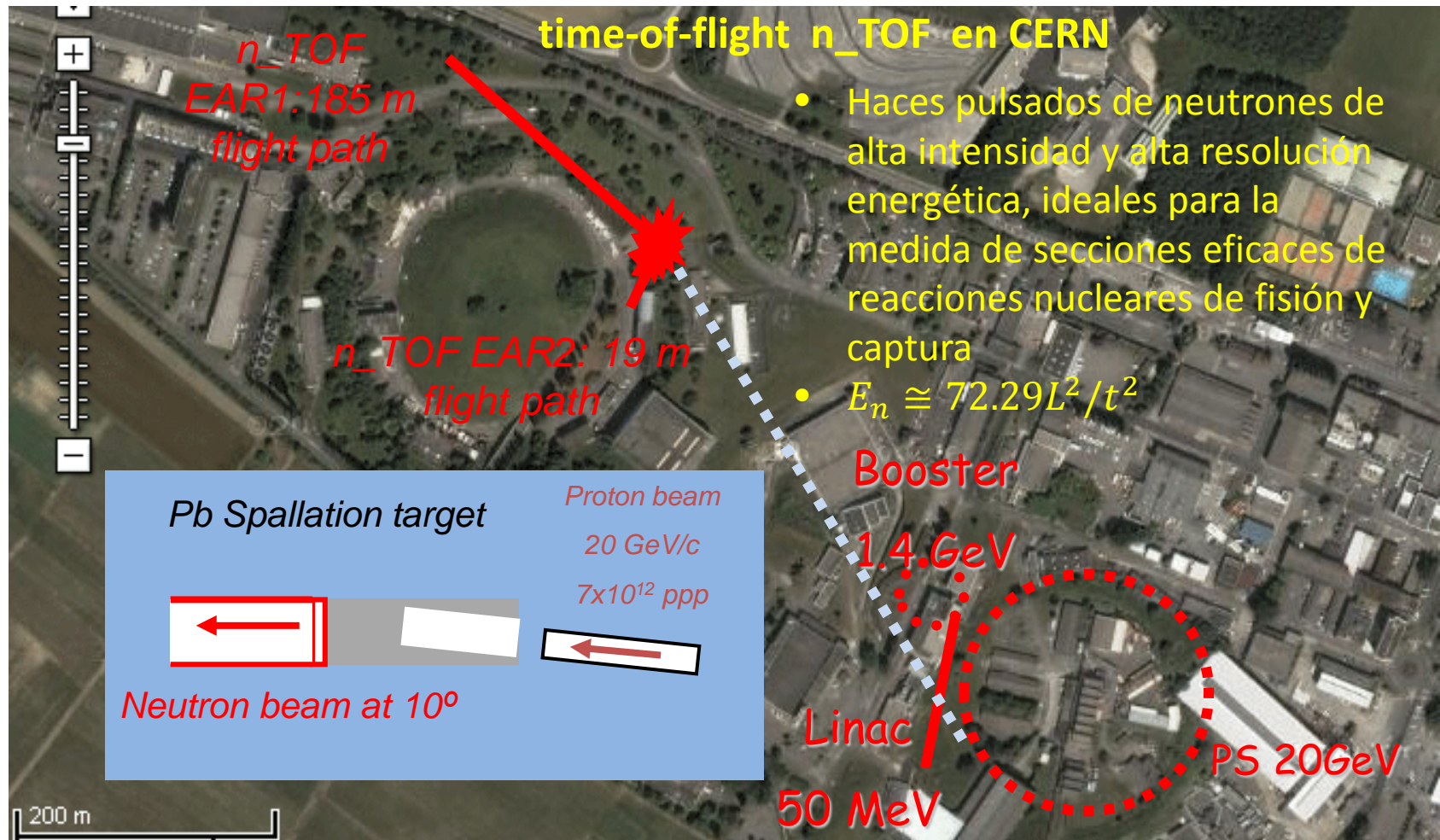


Financiación: MINECO (FPA2014-52823-C2-2-P) / **Cátedra Argos** / UPC

Objetivos:

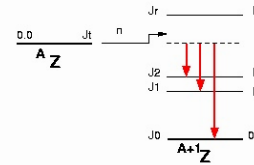
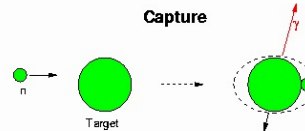
- Participación en diferentes campañas de medidas de secciones eficaces: $^{204}\text{Tl}(n,\gamma)$ y $^{242}\text{Pu}(n,\gamma)$ en 2015, y $^{244-246}\text{Cm}(n,\gamma)$ en 2017
- Análisis de la medida $^{204}\text{Tl}(n,\gamma)$
- Desarrollo de métodos de caracterización de muestras y fuentes radiactivas para experimentos de medidas de datos nucleares (**secciones eficaces**)
- Mejora de la técnica de análisis de los detectores de centelleo C_6D_6 para medidas de secciones eficaces de muestras gruesas y/o radiactivas

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos



Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

EAR2



Medida de secciones eficaces de captura:

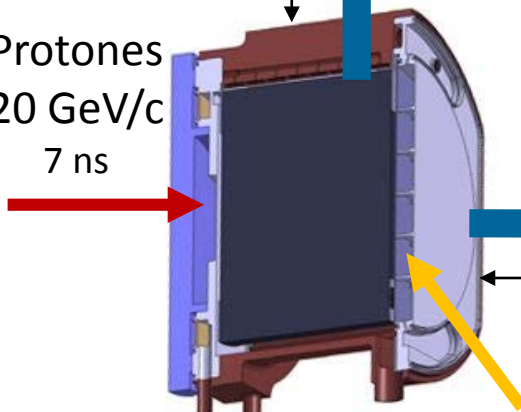
Las reacciones de captura se miden detectando los rayos- γ de desexcitación

Neutrones

- Total: 300 por protón
- Tasa de rep.: 0.8 Hz
- $\sim 6 \times 10^5$ neutrones por pulso en EAR1

Protones
20 GeV/c
7 ns

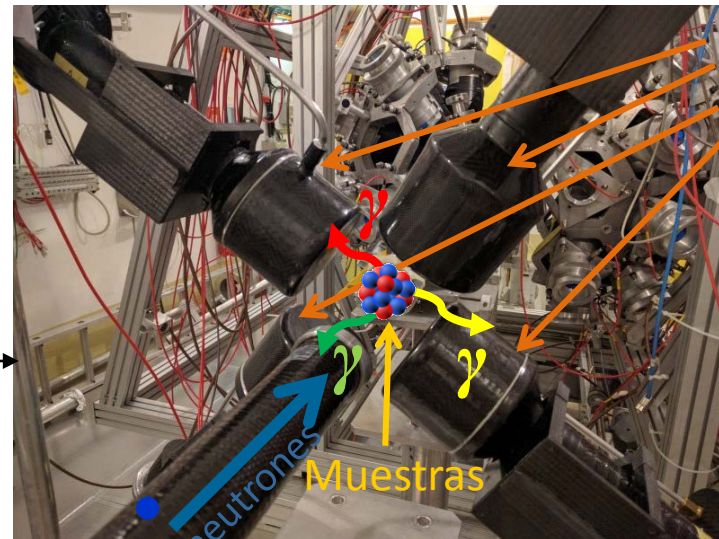
20 m



185 m

Blanco de espalación
(1 ton. de plomo)

4 cm moderador
agua borada



Detectores de centelleo líquidos de benceno deuterado (C_6D_6)

EAR1



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona



Cátedra Argos en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica

Jornada de I+D del CSN. 31 de Mayo de 2018



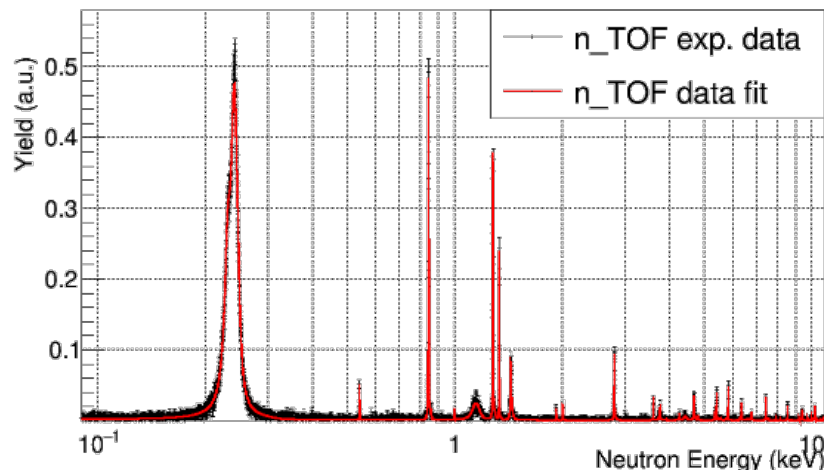
CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

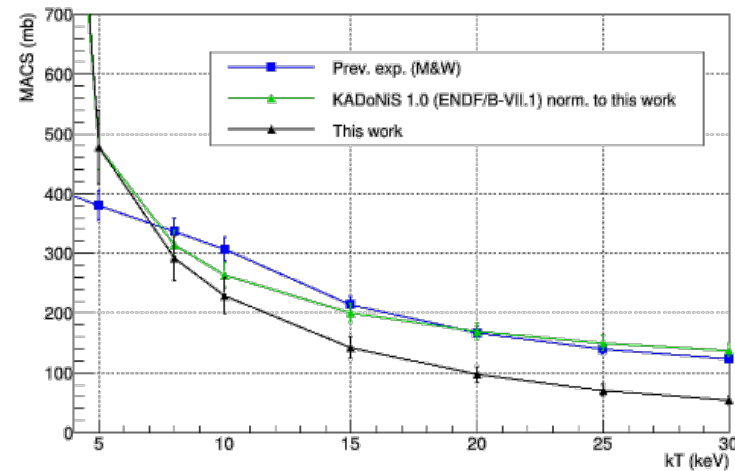
Actividades realizadas en 2017:

- Determinación de la sección eficaz estelar de captura (MACS) del ^{203}Tl : mediante análisis de resonancias del espectro de captura del ^{203}Tl hasta 26 keV utilizando el código SAMMY.
- Por primera vez se obtienen resultados experimentales por debajo de los 3,5 keV. El resultado es una **MACS a 5 keV un 20% inferior a la evaluada**, pero superior a la anterior medida (R. L. Macklin and R. R. Winters, *Stellar neutron capture in the thallium isotopes*, *Astrophys. J.* 208, 812, 1976).

Sección eficaz vs. Energía del neutrón



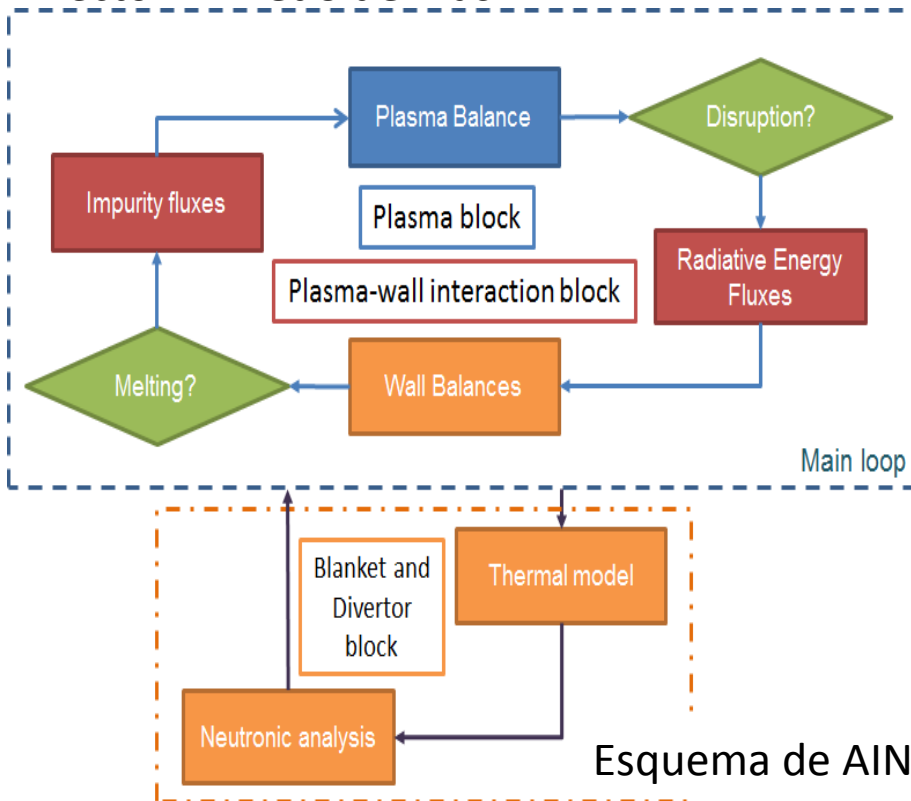
Sección eficaz estelar vs. Energía (kT)



Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Eduard Baeza Pérez. *Development of the new AINA code and its application to the Safety Analysis of the European DEMO designs.*

Director: **Alfredo de Blas**



Esquema de AINA 4

Financiación: EUROFUSION (H2020) / Cátedra Argos / UPC

Objetivo:

- Desarrollo de estudios de seguridad para los cuatro diseño europeos de DEMO (HCPB, DCLL, HCLL y WCLL) utilizando AINA

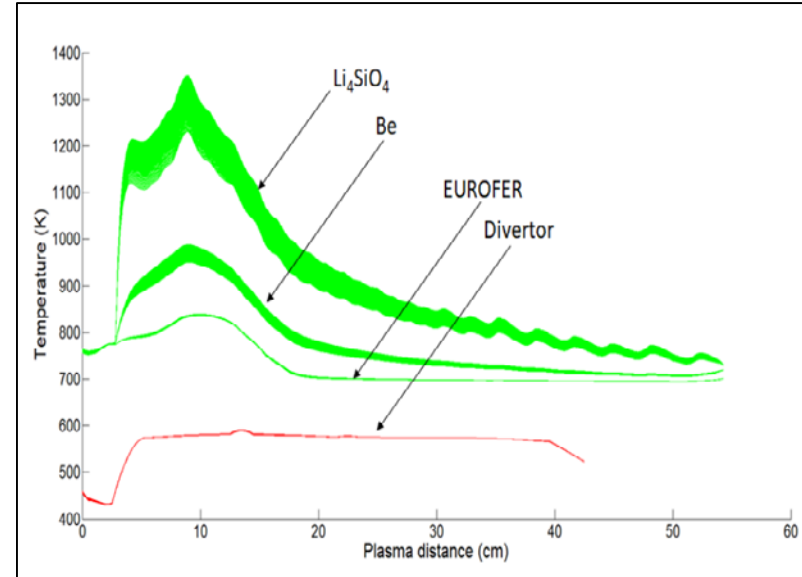
Los **estudios de seguridad** para reactores de fusión nuclear de tipo Tokamak han concluido que los riesgos más relevantes son aquellos que se desprenden de incidencias en los componentes internos de la vasija.

AINA se ha desarrollado con el objetivo de evaluar **la evolución del plasma** y **los esfuerzos padecidos** por dichos componentes en **diferentes diseños de reactor**.

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Actividades realizadas en 2017:

- **Desarrollo, ensamblaje** y presentación de todos los modelos que conforman **AINA**.
- Simulación y **chequeo** del estado estacionario DEMO1 estimado por AINA.
- **Estudio de seguridad** para el diseño **HCPB** de DEMO donde se simularon los siguientes escenarios:
 - Disrupciones o afectaciones de la estructura de la pared debidas a **LOPC**:
 - Fallos en el sistema de alimentación de potencia externa.
 - Fallos en el sistema de alimentación de combustible.
 - Variaciones imprevistas del tiempo de confinamiento.
 - Entrada indeseada de impurezas en el plasma.
 - **LOCAs** tanto en la BB como en el Divertor.
- **Modificación del modelo de Blanket** para adaptarlo al diseño **DCLL** de DEMO.



Evolución de la temperatura tras un LOCA del 30% en los sistemas de refrigeración.

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Max Casamor *Análisis Best Estimate de Sub-canal con incertidumbres para transitorios termohidráulicos.*

Directores: **Francesc Reventós, Jordi Freixa**

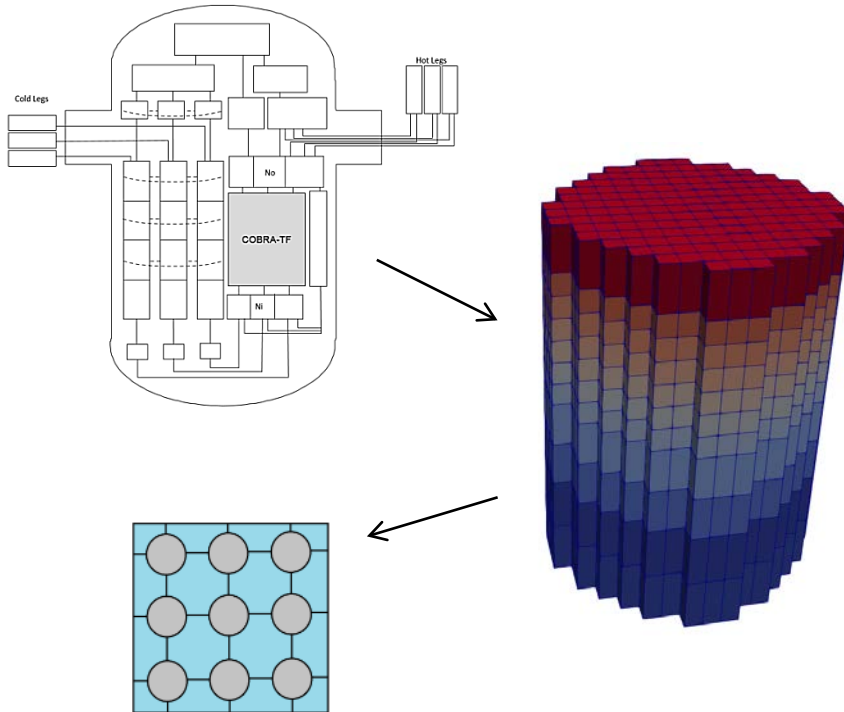
Financiación: CSN (STN/4455/2015/640)
/ UPC

Objetivos:

Obtención de un código de sistema/sub-canal acoplado utilizando RELAP5-MOD3.3 y COBRA-TF (CTF).

Realización de cálculos de transitorios inducidos por el sistema relacionados con el flujo calorífico crítico a nivel de sub-canal.

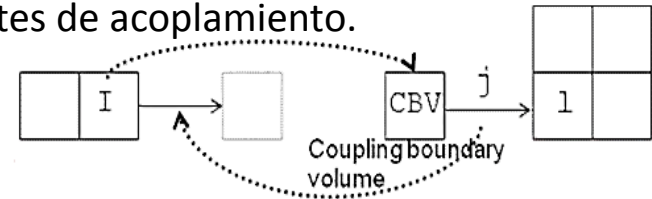
Estudio BEPU de parámetros criterio de aceptación de DBA a nivel de sub-canal para los casos de pérdida de caudal forzado y apertura de válvula de alivio del presionador.



Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Actividades realizadas en 2017:

- Finalización de la estancia en North Carolina State University (NCSU).
- Desarrollo de un modelo simple de acoplamiento para testing.
- Desarrollo de un modelo de núcleo completo de CN Ascó para CTF para realizar comparación de resultados off-line.
- Desarrollo de un programa de gestión de la ejecución de los códigos en paralelo, con selección de los volúmenes a acoplar entre ambos códigos, selección de time-step y gestión de errores.
- Realización de los tres primeros pasos del esquema de acoplamiento semi-implícito.
- Modificación de RELAP5 para el cálculo de los coeficientes de acoplamiento.



Acoplamiento

- Se sigue el esquema semi-implícito de W.L. Weaver.
- Se debe mantener el balance de masa y energía, así como la variación de presión
- Se resuelve mediante el cálculo de coeficientes que relacionan la variación de presión con el caudal y, con ellos, se modifican las matrices de cálculo de presiones de ambos códigos.

RELAP5 (MASTER)

CTF (SLAVE)

Old time volume
parameters

[illegible]

Calculate convected quantities by upwind differencing

[illegible]

Calculate a-h

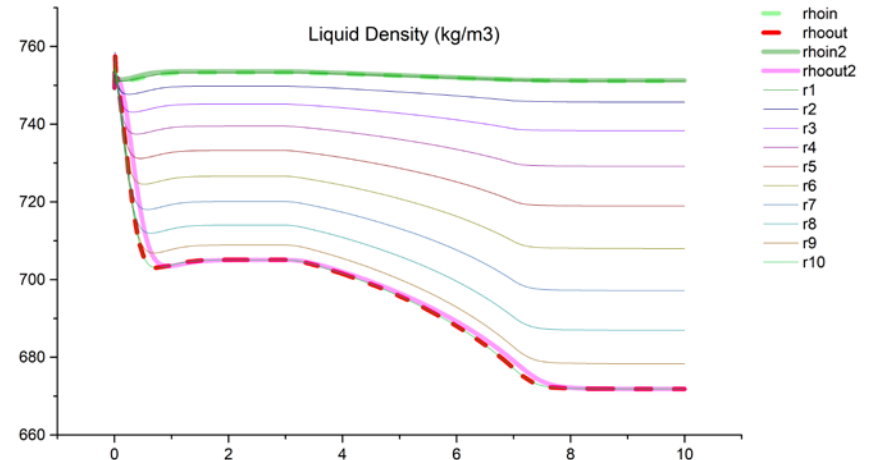
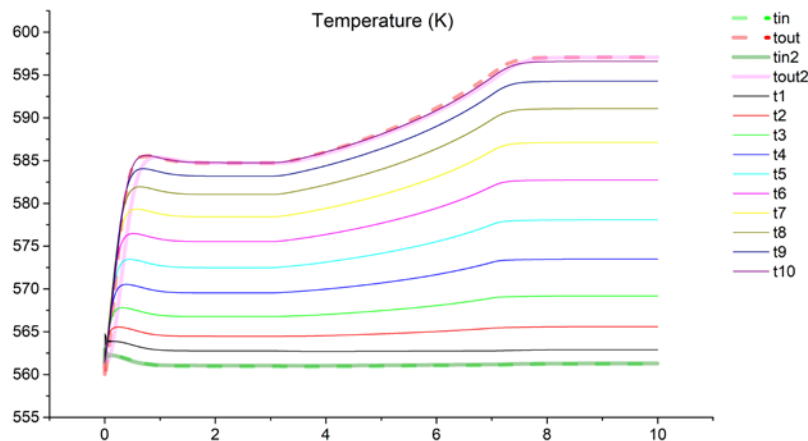
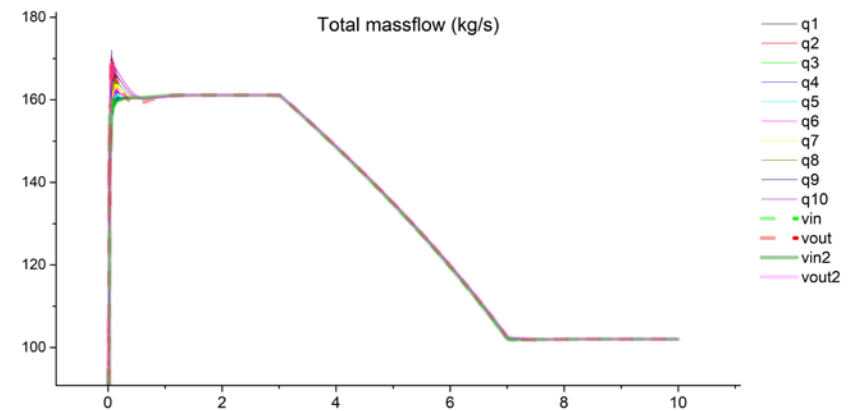
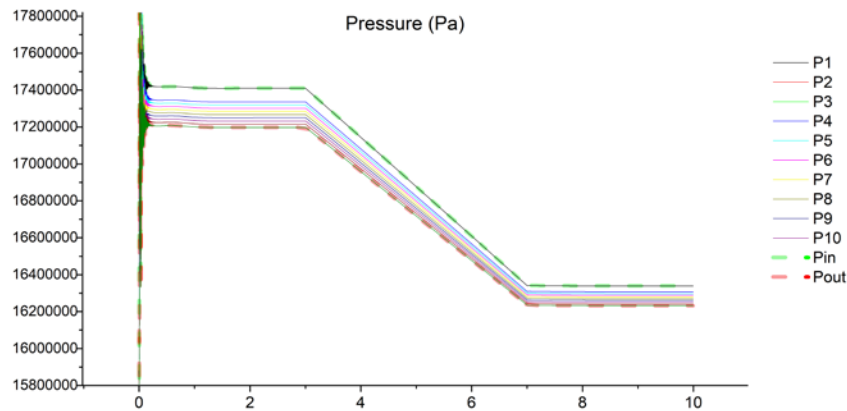
[illegible]

Calculate dP
Calculate flow rates

[illegible]

Calculate dP

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

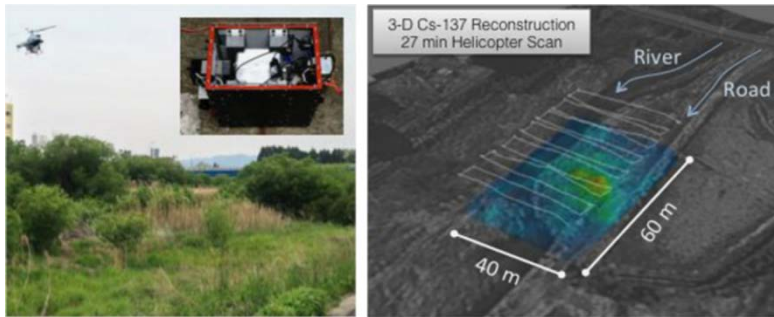


Resultados preliminares del acoplamiento entre CTF y RELAP5, en un transitorio de disminución de caudal en el RCS.

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

M^a Dolores Rodríguez. *Desarrollo de una cámara Compton para la obtención de imágenes de la contaminación radiológica ambiental mediante helicópteros no tripulados.*

Director: **Arturo Vargas**



K. Vetter/Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 805 (2016)

Necesidad de realizar medidas con equipos de teledetección no tripulados en zonas de riesgo



Financiación: Cátedra Argos / UPC

Objetivos:

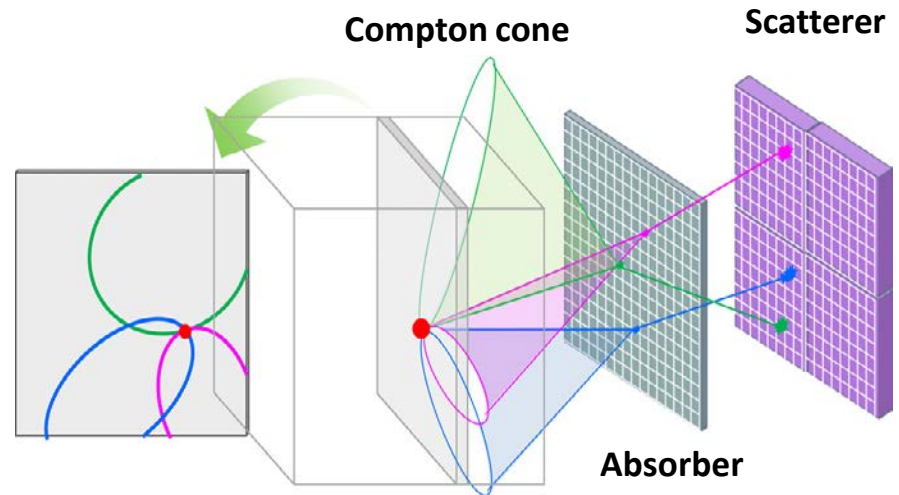
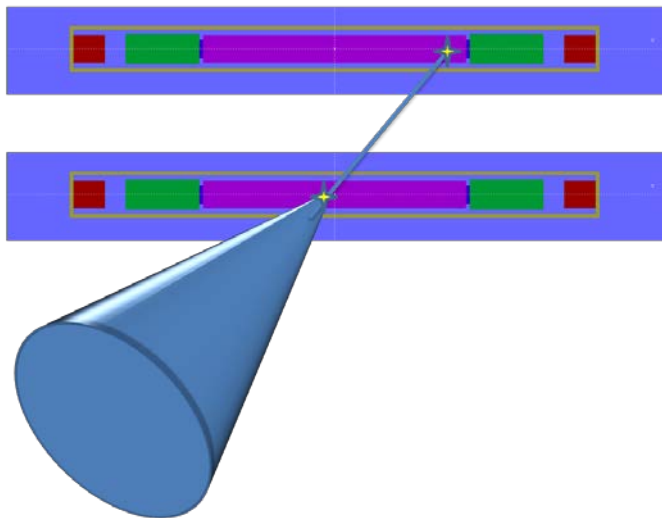
- Diseño de una cámara Compton formada por barras de centelleo con el fin de realizar mapas radiológicos del medio ambiente
- Se utiliza el código MC PENELOPE/penEasy
- Se desarrolla un algoritmo para la reconstrucción de la imagen
- Construcción y validación de un prototipo de la cámara Compton

Evitar el riesgo de exposición del personal de intervención tras un accidente nuclear/radiactivo

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Fundamentos de la Reconstrucción de la Imagen

- La fuente se encuentra en el interior del cono definido por el ángulo de dispersión Compton
- La reconstrucción de la imagen se obtiene mediante la superposición de estos conos Compton (Simple back-projection method)



Phys. Med. Biol. **58** (2013) 2823–2840

Opción más económica: Cámara Compton formada por **barras** de centelleo

A cada uno de los extremos de los cristales se han acoplado dos SiPMs.

- Económico
- Robusto
- Presenta una electrónica simple

Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Determinación de la posición de la interacción

A.M.L. MacLeod, P.J. Boyle, et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 767 (2014)



Position Resolution

σ_x

$$x = \frac{1}{2\alpha} \ln \frac{S_2}{S_1}$$

$-L/2$

x

$+L/2$

PMT

S1

PMT

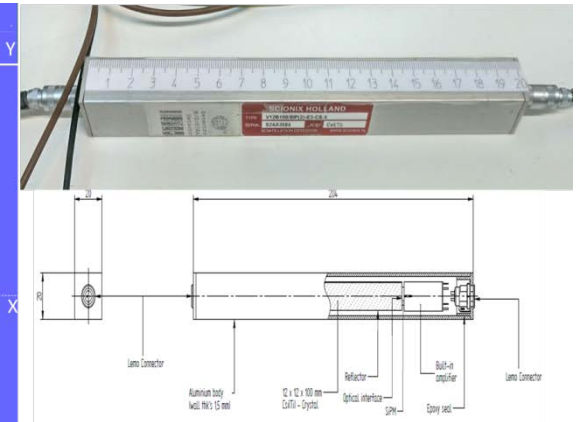
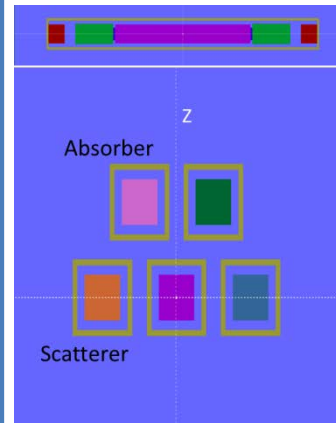
S2

collimated source

El cristal es tratado superficialmente para aumentar el coeficiente de atenuación de la luz (α)

Diseño de la cámara Compton en el INTE

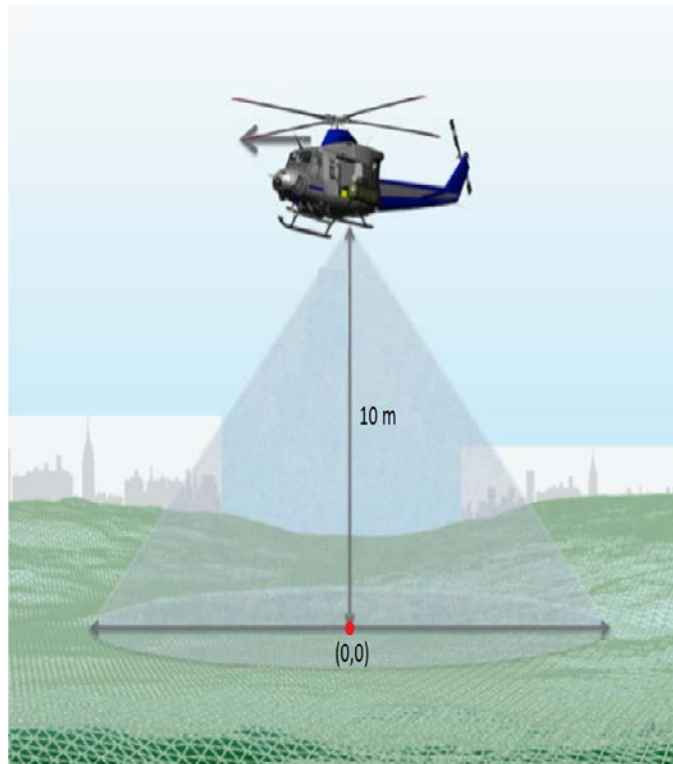
Ejemplo de una simulación con PENELOPE/penEasy



5 detectores de CsI(Tl) separados 0.5 cm con dos SiPMs acoplados a los extremos

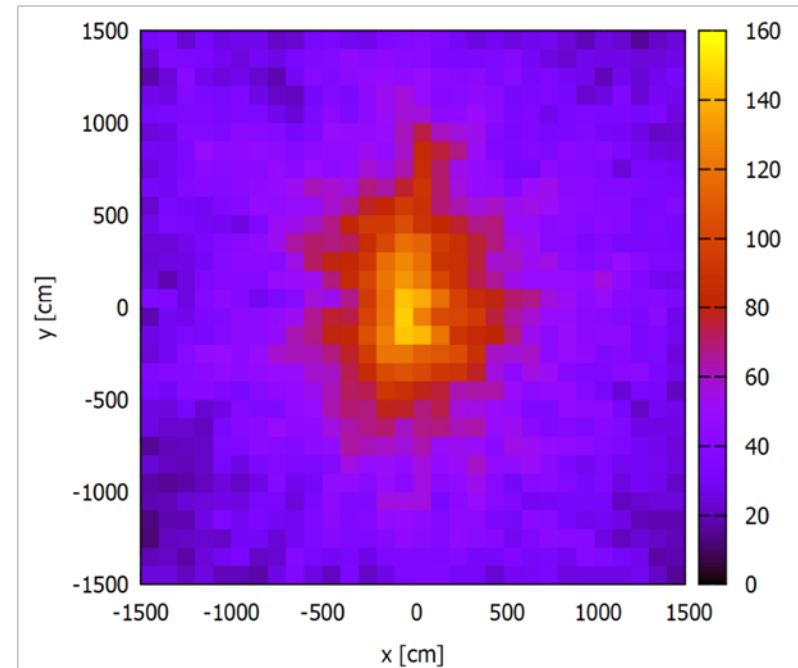
Tesis doctorales cofinanciadas por la Cátedra Argos

Diseño de la cámara Compton en el INTE Ejemplo de una simulación con PENELOPE/penEasy



E.A.Milleretal/Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 784 (2015)

Tiempo = 10 min



- Fuente puntual de Cs (emite gamma de 662 keV de forma isótropa).
- Imagen reconstruida mediante superposición de conos

