

Cátedra Juan Manuel Kindelan del Consejo de Seguridad Nuclear: 14 años apoyando la formación en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica

César Queral¹, Francisco Javier Elorza¹ y Lucila Ramos²

¹Universidad Politécnica de Madrid, ²Consejo de Seguridad Nuclear

Segundo Simposio Internacional sobre Educación, Capacitación, Extensión y Gestión del Conocimiento en Tecnología Nuclear

Buenos Aires, Argentina
13 al 17 de noviembre de 2017



1. Introducción.

- La enseñanza en la Escuela de Minas y Energía de Madrid en temas relacionados con la ingeniería nuclear comenzó en 1957;
- Desde entonces se ha mantenido una línea docente y de investigación que se ha ido ampliando en las últimas décadas:
 - Análisis determinista y probabilista de seguridad (PWR Westinghouse convencional, AP1000, BWR y reactores rápidos de Sodio).
 - Metodológicas avanzadas de análisis de seguridad (IDPSA).
 - Termohidráulica de centrales nucleares e instalaciones experimentales.
 - Verificación de Procedimientos de emergencia (POEs) y Guías de Gestión de Accidente Severo en PWR y BWR.
 - Análisis de señales en sensores de centrales nucleares.
 - Gestión de residuos radiactivos.
 - Materiales: combustible irradiado.
- Uno de los puntos de apoyo para dicha ampliación fue la creación de la Cátedra **Juan Manuel Kindelán** en colaboración con el **Consejo de Seguridad Nuclear**, organismo regulador en el territorio español en materia de **Seguridad Nuclear y Protección Radiológica**
- Actualmente la UPM cuenta con un total de 85 Cátedras Universidad-Empresa, de las cuales 8 son relativas a temas de energía y de estas, 2 dedicadas al campo de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

1. Introducción.

Objetivos:

- Complementar la formación de los estudiantes de la Escuela de Minas y Energía de Madrid, con una preparación específica en materias relacionadas con la tecnología nuclear, la protección radiológica, las aplicaciones industriales de la radiación y la seguridad nuclear.
- Complementar la formación de postgrado en el área de ingeniería nuclear y la protección radiológica en temas de especial interés para el CSN y las empresas de ingeniería que trabajan en este sector.
- Dotar becas de doctorado y de proyecto fin de grado/master en temas de interés.
- Fomentar la colaboración con universidades y centros de investigación extranjeros, completando la formación de estudiantes y profesores.

2. Tipos de actividades previstas

- Concesión de becas para estudios de doctorado o proyectos fin de grado/máster en materias relacionadas con la seguridad nuclear, la protección radiológica, la ingeniería nuclear, las emergencias y la protección física, y en temas de especial interés para el CSN.
- Concesión de bolsas de viaje para estudiantes de doctorado para presentar los resultados de su trabajo de investigación en reuniones científicas, tanto a nivel nacional como en el extranjero. De igual manera también se prevén ayudas para asistir a cursos a nivel nacional como en el extranjero.
- Organización de cursos de formación básica y de especialización en materias relacionadas con la seguridad nuclear, la protección radiológica, la ingeniería nuclear y en temas de especial interés para el CSN.

Dichos cursos cuentan con la colaboración de personal técnico del CSN y de otras empresas e instituciones relacionadas con el sector nuclear.

La asistencia de estudiantes y profesores de universidad a dichos cursos es gratuita.

- Invitación a expertos para impartir complementos de formación a estudiantes y profesorado, personal del CSN y expertos, en los temas de interés de la Cátedra.
- Concesión de becas y ayudas para la formación del profesorado y estudiantes de doctorado en centros nacionales y extranjeros.
- Coordinación de proyectos I+D y fomento de la colaboración con universidades y centros de investigación extranjeros.

2. Actividades realizadas. Cursos de Grado

En sus **catorce años de funcionamiento**, la Cátedra Juan Manuel Kindelán ha organizado los siguientes cursos orientados a los alumnos de ingeniería o de graduado universitario de la Escuela:

- Ocho ediciones del Curso Análisis de seguridad de instalaciones nucleares (30 horas), con un promedio de 40 alumnos inscritos por edición.
- Ocho ediciones del curso Aplicaciones industriales de la radiación y protección radiológica (30 horas) con un promedio de 40 alumnos inscritos.
- Dos ediciones del curso Análisis de secuencias accidentales en centrales nucleares (30 horas) con un promedio de 25 alumnos inscritos.
- Tres ediciones del curso Operación y Seguridad en Centrales Avanzadas (30 horas) con 15-20 alumnos inscritos.

Desde que se imparten dichos cursos se ha producido un aumento del orden del 30% en el número de alumnos de la ETSI Minas y Energía que cursan las materias relacionadas con la Ingeniería Nuclear.

2. Actividades realizadas. Cursos de Posgrado

En promedio se ha organizado un curso de posgrado cada año. Los cursos se imparten una única vez.

Los cursos organizados hasta la actualidad han sido **(promedio de 40 personas por curso)**:

2016 Combustible Nuclear.

2015 Materiales metálicos en la industria nuclear: Fundamentos.

2014/15 Metodologías de análisis de seguridad: Análisis determinista y probabilista.

2014 Termohidráulica de reactores nucleares y códigos de simulación.

2013 Factores humanos y organizativos en sistemas con altos requisitos de seguridad.

2012 Lecciones aprendidas del accidente de Fukushima Dai-ichi.

2012 Metodologías de análisis de seguridad con cálculo de incertidumbre.

2011 Aplicaciones del código TRACE (nivel básico e intermedio).

2009 Vigilancia, inspección y mantenimiento en centrales nucleares.

2008 Modificaciones de Especificaciones Técnicas de Funcionamiento mediante RIR.

2007 Operación y análisis de riesgo en parada.

2006 Códigos termohidráulicos. Manejo y aplicaciones del código TRACE

2005 Metodologías integradas para el análisis de seguridad.

Próximo curso: **Desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares y radiactivas (junio 2018)** . **Están ustedes invitados.**

2. Actividades realizadas. Becas

Cada año se conceden,

- Becas de doctorado: 2 o 3 becas que se renuevan anualmente.
- Becas de Proyecto Fin de Master o Grado: 2 o 3 becas para la realización del Proyecto.

En las Tesis Doctorales se han tratado diversos temas de interés para el CSN:

1. Análisis de estrategias FLEX de gestión de accidente severo mediante equipos portátiles.
2. Análisis de secuencias de riesgo en parada en PWR.
3. Análisis de secuencias accidentales en PWR: LOCA; ATWS; TLFW; SGTR; pérdida de CCWS; SBO.
4. Análisis de secuencias accidentales en BWR.
5. Verificación de Procedimientos de Operación de Emergencia y Guías de Gestión de Accidente Severo.
6. Cálculos de dosis en secuencias accidentales.
7. Sistemas de control en centrales nucleares.
8. Cálculos de choque térmico.
9. Análisis de secuencias accidentales en Reactores avanzados.
10. Fiabilidad Humana.
11. Modelos termohidráulicos de centrales PWR y BWR.

El análisis del conjunto de los egresados que han sido becarios muestran que más del 75% de los mismos están actualmente trabajando en el sector nuclear.

2. Actividades realizadas. Becas

Finalmente cabe destacar que la Cátedra también ha financiado,

- la asistencia a cursos de la red ENEN,
- la asistencia a cursos de la IAEA,
- la asistencia a cursos de la red SARNET,
- la asistencia a congresos internacionales,
- la asistencia a congresos nacionales,
- ayudas para estancias en centros de investigación en el extranjero,

tanto a alumnos de doctorado como a profesores en formación.

3. I+D en la ETSI Minas y Energía relacionado con el sector nuclear

La financiación de la Cátedra Kindelán, junto con otras financiaciones obtenidas, ha permitido obtener una infraestructura de grupo investigador:

- Se han publicado un amplio conjunto de artículos (**25 artículos en revistas internacionales**).
- Se ha participado en un amplio conjunto de congresos (ICAPP, ICONE, NUTHOS, NURETH, PSAM) y reuniones internacionales (NEA, IAEA) (**50 ponencias internacionales**).
- Los alumnos de Grado y Master también han podido presentar sus trabajos en las reuniones de la Sociedad Nuclear Española y en congresos europeos.
- Se ha aumentado la participación en proyectos nacionales y europeos.
- Se ha aumentado el número de investigadores en este campo.
- Se han aumentado las relaciones internacionales con otras Universidades e instituciones.
- Se ha apoyado a la formación del profesorado y personal investigador.

3. I+D: Tesis doctorales

Tesis terminadas con financiación de la Cátedra Kindelan,

- Isaac Gonzalez Sevillano. Análisis de los mecanismos de refrigeración en secuencias de baja potencia y parada en reactores nucleares de agua a presión.
- Gonzalo Jiménez Varas. Análisis Integrado de Seguridad de un accidente de SGTR en un reactor nuclear tipo PWR.
- Luisa Ibañez Hurtado. Aplicación de la metodología ISA al análisis de la secuencia de pérdida del sistema de agua de refrigeración de componentes en una central nuclear con reactor de agua a presión
- Juan Gonzalez Cadelo. Análisis de secuencias de Accidente de Pérdida de Refrigerante en centrales nucleares de agua a presión mediante la Metodología ISA.
- Francisco Javier Montero Mayorga. Applications of ISA methodology to safety evaluations of standard (PWR) and advanced (AP1000) Westinghouse reactors.
- Luis Mena Rosell. Verificación de Guías de Gestión de Accidente Severo. Secuencias de SBO en reactores PWR.

3. I+D: Tesis doctorales en realización

Asimismo actualmente se están desarrollando distintas tesis doctorales que han contado con financiación de la Cátedra Kindelan,

- María José Rebollo. Análisis de las secuencias de ATWS en reactores PWR-Westinghouse..
- Julio Rivas Lewicky. Análisis de secuencias accidentales con refrigeración asimétrica en reactores diseño Westinghouse convencionales y AP1000
- Julio Mula Pérez. Análisis de secuencias con perdida del sumidero de calor
- Eneko Mirena Zugazagoitia Hernando. Análisis de la degradación del combustible en reactores PWR.
- Carlos París Auñón. Modelos de APS estandarizado para plantas PWR Westinghouse
- Marta Ruiz Zapatero. Aplicación de la metodología ISA a verificación y mejora de SAMGs.

Por otra parte se prevé que se realicen nuevas tesis doctorales en los campos de:

- la verificación de GGAS y POEs ante distintas secuencias accidentales tanto en reactores convencionales como avanzados;
- análisis probabilista y determinista de seguridad;
- modelos de fiabilidad humana y
- termo-mecánica del combustible.

3. I+D: Retornos al CSN

La I+D desarrollada gracias a la Cátedra Kindelan ha permitido desarrollar personal en nuevos campos y obtener hallazgos que han sido comunicados al CSN:

- Inconsistencias en Procedimientos y APS en parada para secuencias de pérdida del RHRS.
- Problemática de la dilución de boro en secuencias en parada. Propuesta de mejora de procedimientos para disminuir la probabilidad de incidentes de dilución de boro.
- Verificación y propuestas de mejora de POE en secuencias de LOCA.
- Propuestas para minorar el riesgo de las secuencias de SGTR.
- Propuestas de mejora en GGAS.
- Nuevas tecnologías: Reactores avanzados AP1000.

Por otra parte también cabe destacar la beca fin de grado dedicada al apoyo a la Plataforma Tecnológica CEIDEN

4. Conclusiones

Se observa que el conjunto de actuaciones realizadas bajo la cobertura de la Cátedra Juan Manuel Kindelán ha permitido,

- Mejorar la formación científico técnica de alumnos de grado, master, doctorado y profesores de la Escuela de Minas y Energía.
- Incrementar del grupo investigador en Seguridad Nuclear y mejora de sus relaciones internacionales.
- Incrementar de los proyectos de I+D relacionados con el Sector Nuclear.
- Incrementar del número de publicaciones en revistas internacionales.
- Incrementar del número de personas formadas con un alto nivel de calificación que se han incorporado al sector nuclear.

En el último informe sobre España en el **Convention on Nuclear Safety 7th Review Meeting, 2017** se menciona que:

Area of Good Performance 2:

Establishment of University chairs sponsored by the regulatory body to promote **Education and Training** and **Research and Development** in nuclear safety and radiological protection matters and to foster and support the entry of young professionals in the nuclear safety field.



Muchas gracias por su atención

