

ANX-PR/CL/001-01
GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

Separacion y transmutacion de residuos radioactivos

CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE

2016-17 - Segundo semestre

Datos Descriptivos

Nombre de la Asignatura	Separacion y transmutacion de residuos radioactivos
Titulación	05AL - Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear
Centro responsable de la titulación	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Semestre/s de impartición	Segundo semestre
Carácter	Optativa
Código UPM	53000841
Nombre en inglés	Partitioning and transmutating nuclear waste

Datos Generales

Créditos	3	Curso	1
Curso Académico	2016-17	Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano	Otros idiomas de impartición	

Requisitos Previos Obligatorios

Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

Conocimientos Previos

Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

Otros Conocimientos Previos Recomendados

Tecnología Nuclear

Centrales Nucleares

Tecnología de las Radiaciones

Seguridad Nuclear

Competencias

ABET A. - Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.

ABET D - Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.

ABET F. - Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.

ABET H. - Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto económico, social, medioambiental y global.

ABET J. - Conocimiento de los temas contemporáneos.

CE2 - Es capaz de realizar análisis matemático avanzado y simulación numérica de los diferentes procesos y sistemas de la física y de la ingeniería de los reactores de energía nuclear de fisión y/o fusión.

CE5 - Comprende el sistema de regulación de la seguridad, está comprometido con la seguridad y entiende la cultura de seguridad para las aplicaciones de la energía nuclear

CE7 - Es capaz de trabajar profesionalmente en las empresas del sector nuclear, diseñando, coordinando, dirigiendo, e integrando los conocimientos necesarios para participar en la puesta en marcha y apoyo a operación de las instalaciones nucleares.

CG1 - Tener conocimientos fundamentales de los aspectos científicos y tecnológicos de la energía nuclear

CG2 - Realizar investigación, desarrollo e innovación en procesos y métodos aplicables a los sistemas de fisión o fusión nuclear.

EUR. C3 - Un conocimiento adecuado de su rama de la ingeniería que incluya algún conocimiento a la vanguardia de su campo.

EUR. C4 - Conciencia del contexto multidisciplinar de la ingeniería.

EUR. I11 - La capacidad de realizar búsquedas bibliográficas, utilizar bases de datos y otras fuentes de información.

EUR. L5. - Conciencia de las implicaciones, técnicas o no técnicas aplicables y sus limitaciones.

EUR. T1 - Funcionar de forma efectiva tanto de forma individual como en equipo.

EUR. T3 - Demostrar conciencia sobre la responsabilidad de la aplicación práctica de la ingeniería, el impacto social y ambiental, y compromiso con la ética profesional, responsabilidad y normas de la aplicación práctica de la ingeniería.

EUR. T3 - Funcionar de forma efectiva tanto de forma individual como en equipo.

Resultados de Aprendizaje

RA5 - Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.

RA34 - Conocer las tecnologías para la gestión de residuos de baja, media y alta actividad específica, así como para el desmantelamiento de instalaciones.

RA21 - Evaluación de las magnitudes y naturaleza (clasificación) de los residuos radiactivos generados en las Plantas Nucleares

RA22 - Conocer la física de la separación y opciones de transmutación de residuos radiactivos y de las Tecnologías que se están desarrollando.

RA23 - Programas de Investigación y Desarrollo a escala nacional e internacional.

RA41 - Riesgos y salvaguardias en el ciclo nuclear

RA32 - Conocer con detalle la problemática de los residuos radiactivos y nucleares en general.

RA7 - Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

RA35 - Abordar las cuestiones éticas, sociales, legales e institucionales relacionadas con la gestión de residuos radiactivos.

RA12 - Adquirir conocimientos complementarios o que amplíen las materias tratadas en las demás asignaturas del Máster en temas avanzados de investigación, tecnológicos o socioeconómicos en relación a la Energía Nuclear (fisión y fusión)

RA40 - Seguridad en el abastecimiento energético

RA1 - Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

Profesorado

Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Perlado Martin, Jose Manuel (Coordinador/a)	InFusionNuclear	josemanuel.perlado@upm.es	
Carpintero Santamaria, M. Natividad	InFusionNuclear	natividad.csantamaria@upm.es	
Martinez-Val Peñalosa, Jose Maria	InFusionNuclear	josemaria.martinezval@upm.es	
Minguez Torres, Emilio	InFusionNuclear	emilio.minguez@upm.es	

Nota.- Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

Personal Investigador en Formación o Similar

Nombre	e-mail	Profesor Responsable
Gordillo Garcia, Nuria	nuria.gordillo@upm.es	Perlado Martin, Jose Manuel

Profesorado Externo

Nombre	e-mail	Centro de procedencia
Sordo, Fernando	fsordobalbin@gmail.com	ESS Bilbao

Descripción de la Asignatura

El reciclado y eliminación de actínidos mediante las técnicas de separación y transmutación (SyT) es considerada en todo el mundo, y en particular en países europeos, como una de las estrategias más prometedoras para reducir el inventario de los residuos radiactivos, lo que contribuiría a hacer de la energía nuclear una energía más sostenible. Las técnicas de separación y transmutación implican la utilización de métodos físicos y químicos para separar los radionúclidos más peligrosos del combustible gastado (separación) y su transformación nuclear en elementos menos peligrosos o elementos de vida más corta (transmutación). SyT dará lugar a sistemas que reduzcan eficazmente el volumen y la toxicidad a largo plazo de los residuos radiactivos de alta actividad, bien durante el reprocesado del combustible nuclear gastado o en el propio combustible gastado. Asimismo, se contribuirá al diseño de nuevos conceptos de reactores y/o ciclos de combustible para producir menos residuos durante la operación en las centrales nucleares. Se distinguen dos áreas de trabajo, una dedicada a separación y otra a transmutación. En el área de separación será necesario actualmente desarrollar estudios a nivel de planta piloto para los procesos de separación viables para estrategias de reciclado. Es necesaria la ampliación de los procesos de separación química por vía acuosa, que son compatibles tanto con la fabricación de combustible como con las futuras estrategias de reciclaje del mismo.

En el área de transmutación se deberá de describir las iniciativas del pasado (tanto críticos como Subcríticos ADS e Híbridos, y el diseño de nuevos reactores previstos en la iniciativa europea ESNII. El trabajo se centrará en el estudio de la neutrónica de estos reactores de forma que se pueda optimizar su diseño atendiendo a criterios de reducción de inventario y periodo durante el cuál los residuos radiactivos de alta actividad sean peligrosos sin afectar los criterios de seguridad de operación.

La reducción del riesgo radiológico reduce, a su vez, la cantidad de radionucleidos fisibles que pudieran plantear problemas de proliferación nuclear. En este sentido se aborda la problemática del tráfico ilícito de materiales radiactivos donde podrían entrar los derivados de SyT, su uso con fines maliciosos y la potencial proliferación nuclear a corto y medio plazo derivada de ellos. Este hecho forma parte de la implementación de las salvaguardias del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

La asignatura describe finalmente las medidas de seguridad que vienen aplicándose para el control de los materiales radiactivos. Una de estas medidas es el seguimiento de un código de conducta sobre la seguridad de las fuentes radiactivas y las medidas para reforzar la cooperación internacional en esta materia.

Temario

1. Parque de Centrales Nucleares en el Mundo.
2. Clasificación de los Residuos Radiactivos.
3. Alternativas generales de tratamiento de los Residuos Radiactivos dependiendo de su tipo.
4. Teoría básica de la transmutación de residuos radiactivos: irradiación con diferentes tipos de partículas y su eficiencia.
5. Métodos de Separación de los Residuos Radiactivos para el tratamiento del combustible.
6. Sistemas de Transmutación: alternativas actuales; sistemas de reactores críticos y subcríticos.
7. Tipos de Reactores Nucleares de Fisión: presente y futuro hacia Generación IV.
8. Sistemas de Transmutación Subcríticos guiados por Acelerador. Teoría básica; datos; experiencias más recientes; modelización y prospección de eficiencia.
9. Programas Nacionales e Internacionales de I+D de los ADS. Descripción de Sistemas.

10. Proliferación nuclear potencialmente derivada de la transmutación y separación de residuos radiactivos.
11. Tráfico ilícito de materiales radiactivos.
12. Código de conducta.
13. Cooperación internacional en la seguridad de las fuentes radiactivas

Cronograma

Horas totales: 58 horas

Horas presenciales: 58 horas (71.6%)

Peso total de actividades de evaluación continua:
100%

Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 2	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 3	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 4	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 5	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 6	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 7	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial

Semana 8	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 9				
Semana 10			Visita Laboratorio CIEMAT Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 11			Discusión de Asignatura y Elección de Temas a desarrollar Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 12			Discusión de Asignatura y Elección de Temas a desarrollar Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas	Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 13	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 14	Clase presencial Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			Asistencia a clase y preguntas en la misma Duración: 02:00 OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 15				presentacion Duración: 02:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 16				presentacion Duración: 02:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial

Semana 17				<p>presentacion Duración: 02:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p>
-----------	--	--	--	--

Nota.- El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

Nota 2.- Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	ABET F., EUR. T3
2	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	ABET J., EUR. C3
3	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	CE5, EUR. C4
4	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	ABET H., EUR. L5.
5	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	CE7
6	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	
7	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	
8	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	2%	7 / 10	
10	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	3%	7 / 10	
11	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	3%	7 / 10	
12	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	1%	7 / 10	
13	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	1%	7 / 10	
14	Asistencia a clase y preguntas en la misma	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	OT: Otras técnicas evaluativas	Sí	1%	7 / 10	CG1, ABET A., EUR. I11
15	presentacion	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	25%	5 / 10	CG1, CG2, CE2, ABET D
16	presentacion	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	25%	5 / 10	
17	presentacion	02:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	25%	5 / 10	CG1, CG2, CE2, EUR. T1, EUR. T3

Criterios de Evaluación

El criterio fundamental de evaluación es el cumplimiento en la PRUEBA PRESENCIAL que en las últimas 4 semanas se realiza con TODOS los ALUMNOS EN EL AULA de los trabajos presentados cumpliendo los objetivos de :nivel de conocimientos; capacidad de investigación y desarrollo del tema propuesto; autonomía; capacidad de transmisión de conocimientos.

La Asistencia a clase es valorada en un 50 %.

Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Informe 1	Bibliografía	The European Strategic Energy Technology (SET) Plan http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/set_plan_en.htm
Informe 2	Bibliografía	Sustainable Nuclear Energy Technology Platform - SNETP http://ec.europa.eu/research/energy/euratom/index_en.cfm?pg=fission&section=snetp
Informe 3	Bibliografía	R. Malmbeck et al. Advanced Fuel Cycle Options Energy Procedia, 2011, 7, 93?102. Potential Benefits and Impacts of Advanced Nuclear Fuel Cycles with Actinide Partitioning and Transmutation. NEA No. 6894; OECD, Nuclear Energy Agency (NEA): Paris, 2011.
Informe 4	Bibliografía	Spent Fuel Reprocessing Options, IAEA-TECDOC-1587, 2008.
Informe 5	Bibliografía	SNETP Strategic Research Agenda SRIA. http://www.snetp.eu/www/snetp/images/stories/Docs-SRA2012/sria2013_web.pdf
Informe 6	Bibliografía	Brown J., et al. Plutonium loading of prospective grouped actinide extraction (GANEX) solvent systems based on diglycolamide extractants. Solvent Extr. Ion Exch. 2012, 30(2), 127-141.
Informe 7	Bibliografía	L. Berthon, M.-C. Charbonnel. Radiolysis of Solvents Used in Nuclear Fuel Reprocessing (Ed.: B. A. Moyer), Solvent Extr. Ion Exch: A Series of Advances 2010, vol. 19, chapter 8, 429-513.
Informe 8	Bibliografía	T. Koyama, et al Recent development of pyrochemical processing and metal fuel cycle technology in CRIEPI. Actinide and Fission product partitioning and transmutation. OECD/NEA 2010.
Informe 9	Bibliografía	J. Janczyszyn et al. Evaluation of the status on nuclear data and models validation with the spallation targets neutron flux and spallation residues. Deliverable 5.20. IP-EUROTRANS EU project. Contract N° F16W-CT-2004-516520. March 2010.
Informe 10	Bibliografía	. Cl ment, et al. FINA ACTIVIT RE ORT E RO ART of Grant Agreement EUROPART EU Project. Contract Number: F16W-CT-2003-508 854. November 2007.
Informe 11	Bibliografía	V. Romanello et al. Analysis of existing studies and definition of reference scenario. Deliverable 1.1. ARCAS EU project. Grant Agreement N° FP7-249704. November (2011).
Informe 12	Bibliografía	Carpintero Santamaria, N. (2012) The incidence of illegal nuclear trafficking in proliferation and international security. Behavioral Sciences of Terrorism and Political Aggression. Volume 4. Issue 2. May 2012. 99-109
Informe 13	Bibliografía	Carpintero Santamaria, N. (2014). Factors Affecting Nuclear Security. In Conflict, Violence, Terrorism and Their Prevention. J. Martin Ramirez, C. Morrison and A. Kendall (eds). Cambridge Scholars Publishing. 150-163.
Informe 14	Bibliografía	Implications of Partitioning and Transmutation in Radioactive Waste Management. Technical Reports Series N° 435 IAEA
Informe 15	Bibliografía	Nuclear Security Culture. IAEA Nuclear Security Series N° 7. 2008
Informe 16	Bibliografía	Velarde, G., Perlado, J.M. and Carpintero-Santamaria, N. (2016). The Development of Asymmetric RN Threats Worldwide. CBRNe Portal. May 2016.
Informe 17	Bibliografía	Hybrid Reactors with magnetic confinement. Preliminary analysis and calculational model R. Caro, E. Mínguez, J. M. Perlado Ed. JEN, pag. 76, Madrid, 1981. (ISSN 0081-3397; 509)
Informe 18	Bibliografía	Transmutation of Minor Actinides by Means Subcritical Reactors. E. Mínguez, J. García, J.M. Martínez-Val, J.M. Perlado Feasibility and Motivation for Hybrid Concepts for Nuclear Energy Generation and Transmutation. IAEA-TC-903.3 ISBN 84-7834-342-3
Informe 19	Bibliografía	Neutron Damage of Some Refractory, Corrosion Resistant Candidate Materials., J.M. Perlado, C. Rubbia, J.A. Rubio, Feasibility and Motivation for Hybrid Concepts for Nuclear Energy Generation and Transmutation. IAEA-TC-903.3 ISBN 84-7834-342-3
Informe 20	Bibliografía	Coolant and Solid Breeder Significance in Fusion-Fission Blanket Performances J.M. Perlado Fusion Technology 10/3 (1986) 1303 - 1309

Descripción	Tipo	Observaciones
Informe 21	Bibliografía	Option for Spallation Neutron Sources J. M. Perlado, M. Píera, J. Sanz Journal of Fusion Energy 8 n ^o 3/4 (1990) 181-192
Informe 22	Bibliografía	EURAC: A Concept for a European Accelerator Neutron Source W. Kley*, G.R. Bishop*, A. Sinha**, J.M. Perlado ASTM Series on Effects of Radiation on Materials, 607-621 F.A. Garner, et al. Eds. 33 American Society for Testing and Materials, ASTM Pub. (1989).
Informe 23	Bibliografía	Eurac: A Liquid Target Neutron Spallation Source Using Cyclotron Technology, J.M. Perlado, et al. IntConf on Accelerator-Driven Transmutation Technologies and Applications Book Series: Aip Conf Proceedings Volume: 346 Pages: 325-331 1995
Informe 24	Bibliografía	Radiation Damage in Structural Material 37 J.M. Perlado, J. Sanz Energy Amplifier: Green Book, C. Rubbia et al. Presentado a la Unión Europea (1995).
Informe 25	Bibliografía	Plutonium elimination in transmutation reactors J. M. Martínez-Val, E. Minguez, J.M. Perlado, P.T. León Book Proceedings of International Conference in Emerging Nuclear Energy Systems (ICENES), Junio 2001, Petten, Holanda
Informe 26	Bibliografía	Neutron Driven Nuclear Transmutation By Adiabatic Resonance Crossing Andriamonje S, Rubbia C, Rubio JA, Perlado M, et al., Nuclear Fission and Fission-Product Spectroscopy Volume: 447 (1998) Pages: 26-34
Informe 27	Bibliografía	Transmutation of Tc-99 in a Low Lethargy medium as a function of the neutron energy Abanades A, Perlado M, Rubbia C, Rubio JA, et al., Nuclear Fission and Fission-Product Spectroscopy Volume: 447 (1998) Pages: 35-42
Informe 28	Bibliografía	Experimental Verification of Neutron Phenomenology in Lead and Transmutation by Adiabatic Resonance Crossing in Accelerator Driven Systems. Arnould H, Rubbia C, Rubio JA, Perlado M., et al. Physics Letters B, 458 (1999) 167-180.