ASIGNATURA DE MÁSTER:

DISEÑO DE SISTEMAS TRANSMUTADORES DE RESIDUOS RADIACTIVOS ASISTIDOS POR ACELERADOR

Curso 2011/2012

(Código:28801458)

1.PRESENTACIÓN

La línea de investigación en la que aquí se encuadra el Trabajo fin de máster es la de *Diseño de sistemas transmutadores de residuos radiactivos asistidos por acelerador,* y en concreto se refiere a la investigación sobre el análisis de diseños conceptuales en lo que respecta a predecir su capacidad de transmutación, inventario isotópico y parámetros relevantes del ciclo de combustible. El desarrollo por parte de nuestro equipo de herramientas computacionales de las más avanzadas en el campo hace que las investigaciones que se realicen se puedan encuadrar dentro de los Proyectos internacionales más importantes, y en concreto dentro del Programa Europeo EUROTRANS, dentro del cual nuestro equipo coordina varias actividades. La relevancia de la investigación sobre la gestión de residuos radiactivos en general, se pone de manifiesto en el actual séptimo programa marco de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom), del que vamos a reproducir y resumir algunos extractos que definen el interés europeo por el tema, y que es compartido a nivel mundial. A este respecto se aconseja consultar:
http://cordis.europa.eu/fp7/euratom-fission/home_en.html
http://www.ionizantes.ciemat.es/especiales/VII_programa_marco-ionizantes/fision.htm

El séptimo programa marco (7PM) de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) de acciones de investigación y formación en materia nuclear (2007-2011) se articula en dos programas específicos: i) el primero abarca las denominadas acciones «indirectas», y comprende a su vez el subprograma sobre la investigación de la energía de fusión, y el subprograma sobre la fisión nuclear y la protección contra las radiaciones (radioprotección); ii) y el segundo, abarca la realización de la denominadas acciones «directas» en el campo nuclear por parte del Centro Común de Investigación (CCI).

La dotación de los programas específicos se reparte del modo siguiente: 1.947 millones de euros en la investigación sobre la energía de fusión, 287 millones de euros para las actividades sobre fisión nuclear y radioprotección, y se ha destinado un importe de 517 millones de euros para las actividades nucleares del CCI. Éste figura, además, como socio en muchos de los consorcios que ponen en práctica acciones indirectas en el ámbito de la fisión.

Con relación al programa de FISIÓN NUCLEAR Y PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES, el objetivo es establecer una base científica y técnica sólida a fin de acelerar la evolución técnica en lo que se refiere a una gestión más segura de los residuos nucleares de larga duración, mejorando, en particular, la seguridad, la eficiencia en el consumo de recursos y la relación coste/eficacia, de la energía nuclear, y asegurando un sistema sólido y socialmente aceptable de protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos de las radiaciones ionizantes.

La justificación del programa se puede fundamentar en base a las consideraciones expuestas en el 7PM según se expone a continuación.

La energía nuclear genera actualmente un tercio de toda la electricidad consumida en la UE y, como fuente más significativa de electricidad de base que, durante el funcionamiento de la central nucleoeléctrica, no emite CO_2, constituye un importante elemento en el debate sobre los medios de combatir el cambio climático y reducir la dependencia de Europa respecto a la

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

energía importada. El sector nuclear europeo en su conjunto se caracteriza por su tecnología de vanguardia y aporta empleo muy cualificado a varios centenares de miles de personas. Una tecnología nuclear más avanzada podría ofrecer perspectivas de mejoras notables del rendimiento y el aprovechamiento de los recursos, y, al mismo tiempo, garantizar niveles de seguridad cada vez más altos y producir menos residuos que los diseños actuales.

Sin embargo, subsisten preocupaciones importantes que afectan a la continuación del uso de esta fuente de energía en la UE. Todavía se requiere un esfuerzo que asegure un mantenimiento del impecable historial de seguridad de la Comunidad y la mejora de la protección contra las radiaciones continúa siendo un campo prioritario. Los problemas clave son la seguridad operacional de los reactores y la gestión de los residuos de larga duración, cuestiones ambas que se están tratando mediante una labor continua a nivel técnico, aunque se requiere también incorporar a esta tarea aportaciones políticas y sociales. En todos los usos de las radiaciones, tanto en la industria como en la medicina, el principio rector general es la protección de las personas y el medio ambiente. Todos los campos temáticos que se tratan en este capítulo tienen como preocupación fundamental asegurar altos niveles de seguridad. De la misma manera, existen unas necesidades claramente identificables en toda la ciencia y la ingeniería nucleares en cuanto a disponibilidad de infraestructuras y conocimientos. Además, los distintos campos técnicos están relacionados por temas transversales clave, como el ciclo del combustible nuclear, la química de los actínidos, el análisis de riesgos, la evaluación de la seguridad e, incluso, los problemas sociales y de legislación.

Se necesitará también investigación para explorar nuevas oportunidades tecnológicas y científicas, y responder de manera flexible a las nuevas necesidades políticas que surjan en el curso del programa marco.

Las Actividades asociadas al Programa se dividen en cuatro grupos:

1. Gestión de residuos radiactivos
2. Sistemas de reactores
3. Protección contra las radiaciones
4. Infraestructuras

Y con relación a los contenidos del primer grupo, actividades de Gestión de residuos radiactivos, se dice lo siguiente:

i) Actividades de investigación y desarrollo orientadas a la aplicación práctica sobre todos los aspectos clave restantes del almacenamiento geológico profundo del combustible gastado y los residuos radiactivos de larga duración y, en su caso, demostración de las tecnologías y la seguridad, así como investigación para apoyar la elaboración de una estrategia común europea sobre los principales problemas de la gestión y el almacenamiento de residuos.

ii) Investigación sobre la separación y la transmutación y/o otros conceptos destinados a reducir la cantidad de los residuos que deben evacuarse o el riesgo que suponen.

Por otra parte y con relación a las ACTIVIDADES NUCLEARES DEL CENTRO COMÚN DE INVESTIGACIÓN (CCI), se dice que las actividades nucleares del CCI tienen por objeto satisfacer las necesidades de I+D apoyando tanto a la Comisión como a los Estados miembros. El objetivo de este programa es desarrollar y reunir conocimientos y contribuir al debate sobre la producción de electricidad mediante la energía nuclear, su seguridad y fiabilidad, su sostenibilidad y control, y sus amenazas y retos, incluida la evaluación de los sistemas innovadores y futuros.

Sus actividades se estructuran en tres grupos:

1. Gestión de residuos nucleares e impacto medioambiental.
2. Seguridad operacional nuclear.
3. Seguridad física nuclear y sistemas de salvaguardias.

Y respecto a las actividades del primer grupo, Gestión de residuos nucleares e impacto medioambiental, se dice que el objetivo es comprender los procesos del combustible nuclear desde la producción de energía a la eliminación de residuos y desarrollar soluciones efectivas para la gestión de residuos nucleares de alta actividad dentro de las dos opciones principales: eliminación directa o *separación y transmutación*. Asimismo, se llevarán a cabo actividades para reforzar los conocimientos y mejorar el tratamiento o el acondicionamiento de residuos de larga duración y la investigación básica sobre actínidos.

El interés concedido a la transmutación como tema prioritario dentro del 7PM de la UE, es igualmente compartido en los programas nacionales e internacionales en los que participan las naciones más avanzadas en el campo de la tecnología nuclear.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

La importancia del trabajo de fin de máster se ve reflejado en el número de créditos ECTS del mismo, 15, y en las horas de dedicación que debe emplear el estudiante, unas 375 horas de trabajo. Y como se quiere remarcar, la finalización de este trabajo debe ser fruto de su madurez en las materias técnicas del master así como en las competencias adquiridas.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

Los sistemas transmutadores asistidos por acelerador constituyen una de las alternativas que se contemplan dentro del campo de investigación sobre la separación y la transmutación, encaminada a demostrar como con ella se puede reducir la cantidad de los residuos que deben evacuarse de forma significativa.

España está muy comprometida en esta línea de investigación sobre gestión de residuos. Prueba de ello es la gran participación que tiene dentro del Proyecto europeo más importante, denominado Integrated Project (IP) EUROTRANS: EURopean Research Programme for the TRANSmutation of High Level Nuclear Waste in an Accelerator Driven System. Una tarea fundamental para el desarrollo de estos nuevos sistemas nucleares es el desarrollo, validación y aplicación de herramientas computacionales y bases de datos adecuadas para las labores de diseño. Dentro de esta línea, el equipo de la UNED es dentro de EUROTRANS coordinador de distintas actividades y responsable de la ejecución de tareas englobadas en este campo de investigación. Es en este contexto donde se encuadrarán los posibles trabajos a realizar por el estudiante si elige esta línea de investigación. Los contenidos de los posibles trabajos se mencionarán en las secciones siguientes.

La relación del trabajo de investigación con las otras asignaturas del máster se indica en la sección siguiente, referida a conocimientos previos.

3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para poder realizar el Trabajo fin de máster en la línea de investigación sobre *Diseño de sistemas transmutadores de residuos radiactivos asistidos por acelerador*, el estudiante ha de seleccionar las asignaturas a cursar de acuerdo a las siguientes directrices:

A) MODULO I (4 asignaturas).
OBLIGATORIAS: Las 4 asignaturas del Módulo

B) MODULO II del Itinerario en Ingeniería Energética (3 asignaturas).
OBLIGATORIAS: Las 3 asignaturas del Módulo

C) MODULO III del Itinerario en Ingeniería Energética (10 asignaturas)
OPTATIVAS: Tres de las 10 asignaturas del Módulo

Para la inicialización del Trabajo no es condición necesaria que haya tenido que aprobar previamente ninguna de las asignaturas del Master, pero si que es necesario en la práctica que domine muchos de los conceptos impartidos en algunas de las asignaturas asignadas a la línea de investigación, y fundamentalmente de las asignatura del MODULO II del Itinerario en Ingeniería Energética denominadas *Tecnologías para la gestión de residuos radiactivos* y *Seguridad e impacto medioambiental de instalaciones de fusión nuclear.*

Además es necesario tener conocimientos suficientes para lectura en ingles técnico. Y seria recomendable, el conocimiento de algún lenguaje de programación en un nivel medio. Los lenguajes de programación con los que se puede trabajar son C, C++ y Fortran, bajo entornos UNIX y PC.

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo final es que el estudiante:

i) seleccione el diseño conceptual de sistema transmutador de residuos radiactivos asistido por acelerador que crea interesante estudiar,

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

ii) calcule el inventario isotópico, capacidad de transmutación y funciones respuesta/parámetros relevantes del ciclo de combustible para el concepto de transmutador seleccionado

iii) evalúe las incertidumbres en las predicciones de las magnitudes consideradas por efecto de las incertidumbres existentes en las secciones eficaces de activación,

iv) determinar la lista de de secciones eficaces más criticas y evaluar cuantitativamente el grado de mejora exigible a las mismas.

Objetivos de conocimiento

- Conozca los tipos de sistemas transmutadores de residuos radiactivos asistidos por acelerador.
- Conozca la problemática asociada a la predicción de inventario isotópico, y parámetros relevantes del ciclo de combustible en el diseño de sistemas transmutadores de residuos radiactivos asistidos por acelerador.

Objetivos de habilidades y destrezas

- Seleccione el tipo de sistema transmutador a estudiar en función de criterios objetivos: posible relevancia de secciones eficaces no suficientemente bien conocidas, nueva aportación que esto suponga, y disponibilidad de los recursos que pudieran necesitarse.
- Comprender cómo se integran los diferentes elementos (programas/códigos de simulación y bases de datos) computacionales constituyentes del sistema de cálculo a utilizar en la predicción de inventario isotópico y funciones respuesta, y evaluación del efecto de las incertidumbres existentes en las secciones eficaces de activación.
- Capacidad de utilizar códigos de transporte para caracterizar el flujo neutrónico presente en el combustible irradiado de un sistema transmutador.
- Capacidad de utilizar códigos de activación para caracterizar el inventario isotópico y parámetros del ciclo de combustible, así como para estimar la incertidumbre en las predicciones debido al efecto de las incertidumbres existentes en las secciones eficaces de activación.

Objetivos de actitudes

- Proponer una metodología de resolución (modelización de la situación real) apropiada para predecir las magnitudes de interés y evaluar las incertidumbres en las mismas debidas a la las incertidumbres existentes en las secciones eficaces.
- Proponer el sistema computacional adecuado para predecir el inventario isotópico, capacidad de transmutación y demás funciones asociadas al ciclo de combustible.
- Identificar las posibles limitaciones que presenten los códigos y bases de datos que integrarían el sistema computacional propuesto para abordar el problema.
- Calcular el inventario isotópico, capacidad de transmutación y demás funciones asociadas al ciclo de combustible.
- Evaluar los resultados en término de la necesidad de mejorar el conocimiento sobre las secciones eficaces de partida.
- Proponer la lista de secciones eficaces más críticas y justificar el grado de mejora exigible a las mismas.
- Establecer el rango de validez de las soluciones aportadas en función de las limitaciones del sistema computacional utilizado.
- Establecer, si fuera preciso, las necesidades de desarrollo teórico y/o experimental para realizar el análisis del comportamiento núcleo subcrítico del sistema transmutador relativo a las funciones respuesta consideradas.

5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Los contenidos de las distintas actividades a realizar se estructuraran como se expone seguidamente:

Bloque 1. Definición y motivación de la actividad de investigación objeto del trabajo

- Conocimiento detallado de la problemática asociada a la predicción de inventario isotópico, y parámetros relevantes del ciclo de combustible en el diseño de sistemas transmutadores de residuos radiactivos asistidos por acelerador.
- Motivación del trabajo: justificación de la relevancia de la actividad que se va a desarrollar en el marco del

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

conjunto de tareas que deben comprender los análisis de diseño del núcleo subcrítico de un sistema transmutador asistido por acelerador.

Bloque 2. Definición de la metodología de resolución del problema y selección del sistema computacional para llevarla a la práctica.

- Modelización del escenario real para el que se quiere calcular el inventario isotópico y las funciones respuesta/magnitudes asociadas al ciclo de combustible.
- Propuesta del sistema computacional (programas/códigos de simulación y bases de datos) a utilizar para calcular inventario y funciones respuesta asociadas al modelo definido como representativo del escenario real a tratar y estimar las incertidumbres en los resultados por efecto de las incertidumbres existentes en las secciones eficaces de activación.
- Identificar las posibles limitaciones que presenten los códigos y bases de datos que integren el sistema computacional propuesto para abordar el problema.

Bloque 3. Predicción de inventario isotópico, capacidad de transmutación y funciones respuesta/parámetros relevantes del ciclo de combustible. Estimación de incertidumbres en las predicciones por efecto de las incertidumbres existentes en las secciones eficaces de activación ye identificación cuantitativa de secciones eficaces críticas.

- Utilización de códigos e transporte para determinación de flujos neutrónicos existentes en el núcleo subcrítico del sistema transmutador.
- Utilización de códigos de activación para determinación de inventarios isotópico, capacidad de transmutación y funciones respuesta/parámetros relevantes del ciclo de combustible.
- Evaluación de incertidumbres en la predicción de inventarios radiactivo y funciones respuesta asociadas debido al efecto de las incertidumbres existentes en las secciones eficaces de activación.
- Determinar la lista de de secciones eficaces más criticas y evaluar cuantitativamente el grado de mejora exigible a las mismas.
- Establecer el rango de validez de las soluciones aportadas en función de las limitaciones del sistema computacional utilizado.
- Analizar la necesidad de desarrollo teórico y/o experimental adicional para dar una solución aceptable al problema del análisis del comportamiento núcleo subcrítico del sistema transmutador relativo a los aspectos abordados del mismo: propuesta de trabajo teórico y/o experimental futuro.

6.EQUIPO DOCENTE

- FRANCISCO M. OGANDO SERRANO
- JAVIER SANZ GOZALO
- PATRICK SAUVAN -
- RAFAEL JUAREZ MAÑAS
- JUAN PABLO CATALAN PEREZ
- MAURICIO GARCIA CAMACHO

7.METODOLOGÍA

El plan diseñado para la realización satisfactoria de este trabajo de máster incluye básicamente dos etapas que serán evaluadas independientemente.

- Etapa de aprendizaje.
  - Asimilación del problema a resolver y pasos a seguir para ello.
  - Aprendizaje básico de uso de las herramientas computacionales que se utilizarán.
- Etapa de ejecución.
  - Cálculo de flujos neutrónicos.
  - Cálculo de inventario isotópico, capacidad de transmutación y demás parámetros relevantes del ciclo

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

de combustible.

- Análisis de incertidumbres en la preedición de resultados: Determinar la lista de de secciones eficaces más criticas y evaluar cuantitativamente el grado de mejora exigible a las mismas.

La primera fase del trabajo se iniciará con el repaso de los conceptos relativos a la descripción funcional básica de componentes de sistemas transmutadores de residuos radiactivos asistidos por acelerador y con los conceptos básicos referidos a la evaluación de inventario isotópico, capacidad de transmutación y demás parámetros relevantes del ciclo de combustible. Buena parte de estos conceptos se tratan en la signatura del máster *Tecnologías para la gestión de residuos radiactivos.* En esta primera fase también se incluirá la lectura de documentos relacionados con dicho tipo de instalaciones y su importancia en el campo de la gestión de residuos. Seguidamente se ha de seleccionar y definir en detalle el problema que se pretende tratar. Para ello tendrá que estudiar cuales son los principales tipos de sistemas transmutadores, y seleccionar el concepto sobre el que se realizara el trabajo en función de criterios objetivos: importancia del sistema, posible relevancia de secciones eficaces no suficientemente bien conocidas en la respuesta del mismo, nueva aportación que esto suponga, y disponibilidad de los recursos que pudieran necesitarse.

El estudio de esta primera etapa se realizará mediante documentación proporcionada por el equipo docente, y será un periodo de fuerte interacción con el mismo. Para ello se utilizarán las herramientas de docencia a distancia proporcionadas por la UNED.
La otra parte fundamental de esta primera etapa contempla el aprendizaje de uso de dos programas informáticos muy utilizados en investigación: uno de de transporte de partículas (MCNPX) y otro de cálculos de activación/inventario isotópico (ACAB). El estudiante tendrá que hacer uso de ellos para abordar cualquier de los problemas que plantee como objeto del trabajo, al margen de que también se puedan utilizar otras herramientas que en su momentos e consideren oportunas.

El tiempo estimado de desarrollo de esta etapa es de 100 horas de trabajo colaborativo/en estrecha relación con el profesor, tras lo cual se realizaría, también con medios telemáticos, una prueba mediante la cual se evaluaría la capacidad del estudiante de proceder a la resolución del problema planteado, y pasar por tanto al desarrollo de la segunda etapa.
La segunda fase del trabajo incluirá dos tareas. En la primera se han de realizar los cálculos pertinentes para determinar el inventario isotópico, capacidad de transmutación y demás parámetros relevantes del ciclo de combustible, para el tipo de sistema transmutador elegido. En la segunda se llevará a cabo el análisis de incertidumbres en la predicción de resultados, a partir del cual se ha de determinar la lista de de secciones eficaces más criticas y se ha de evaluar cuantitativamente el grado de mejora exigible a las mismas. Estas tareas tendrán que realizarse utilizando computadores del departamento de Ingeniería Energética, si bien el acceso podrá ser remoto a mayor conveniencia del estudiante.
La estimación de horas de trabajo en esta fase es la siguiente: cálculos de transporte y determinación de flujos neutrónicos (50h), cálculos de activación/inventario isotópico, capacidad de transmutación y demás parámetros relevantes del ciclo de combustible (80h), análisis de incertidumbres en la predicción de resultados, determinación de la lista de secciones eficaces más criticas y evaluación del grado de mejora exigible a las mismas (70h) y elaboración del trabajo final de análisis (75h). Con ello se completan las 375h (15 ECTS) asignadas a la tarea.

Indicar que desde un principio se animará al estudiante a que conozca los recursos bibliográficos disponibles en Biblioteca de la UNED, debiéndose entender estos en su doble vertiente: documentación propiamente dicha a la que se puede acceder y procedimientos para llevar a cabo una gestión eficiente en el proceso de obtención de dicha documentación.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

Bibliografía Basíca:

- J.Sanz (Coordinator of the Report). Deliverable D5.1 of EUROpean Research Programme for the TRANSmutation of High Level Nuclear Waste in an Accelerator Driven System (EUROTRANS).
  Título: *Report on Description of Selected Methodologies for Analyzing Nuclear Data Uncertainty Impact on Fuel Cycle and Repository Parameters.*
  Mayo, 2006.
- J.Sanz (Coordinator of the Report). Deliverable D5.10 of EUROpean Research Programme for the TRANSmutation of High Level Nuclear Waste in an Accelerator Driven System (EUROTRANS).
  Título: *Description of selected methodologies for propagation of cross-section uncertainties to fuel cycle and repository parameters: Application to the prediction of actinide inventory*,
  Febrero, 2007

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

- Manuales de usuario simplificados y adaptados para manejo de los programas a utilizar en los análisis de capacidad de transmutación, inventario isotópico y parámetros del ciclo de combustibles de sistemas transmutadores: i) para códigos de transporte de neutrones (MCNPX) y ii) para cálculos de activación (ACAB).

9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

Bibliografía complementaria :

- J. Sanz, A. Calvo, O. Cabellos, E. González, M. Embid y F. Álvarez.
  Título: Aplicabilidad de distintos sistemas computacionales (ORIGEN y ACAB) a la predicción del inventario isotópico en conjuntos subcríticos-transmutadores: Análisis de las incertidumbres de las secciones eficaces y metodología ACAB para tratar su efecto en el cálculo de inventario.
  Informe UNED, Instituto de Fusión Nuclear, CIEMAT,
  Diciembre 2004

- J. Sanz,
  Título: Seguridad e impacto medioambiental de instalaciones de fusión nuclear. Metodología de análisis y aplicaciones,
  Universidad Nacional de Educación a Distancia, Departamento de Ingeniería Energética, Ingeniería Nuclear, UNED/DIE-IN 4.0,
  Noviembre 2002. Rev. Oct. 2007

10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

La realización de este trabajo requiere el uso de herramientas computacionales que no están al alcance del público en general. Su uso se gestionará dentro del marco de la plataforma virtual de la UNED, si bien se hará uso de algunos computadores del departamento de Ingeniería Energética. Por parte del estudiante, se espera la disponibilidad de un computador para trabajo con conexión a internet. En el caso de tener que instalar aplicaciones específicas de comunicación por red, se darán al estudiante instrucciones adecuadas, así como direcciones de acceso a software libre disponible.

11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. Asimismo la prueba de evaluación correspondiente a la terminación de la fase de aprendizaje se hará utilizando esta plataforma. También se pueden realizar consultas a los profesores de la asignatura personalmente o por teléfono en el siguiente horario:

D. Javier Sanz
Martes, de 16 a 20 h.
Dpto. de Ingeniería Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 2.18
Tel.: 91 398 64 63
Correo electrónico: jsanz@ind.uned.es

D. Francisco Ogando
Jueves de 16,00 a 20,00 h.
Dpto. de Ingeniería Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 0.15
Tel.: 91 398 82 23
Correo electrónico: fogando@ind.uned.es

D. Patrick Sauvan
Martes de 16,00 a 20,00 h.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06

Dpto. de Ingeniería Energética, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 0.16
Tel.: 91 398 87 31
Correo electrónico: psauvan@ind.uned.es

Además de estos medios de tutorización a distancia, se realizarán videoconferencias cuando sea provechoso para estudiantes. El periodo de mayor interacción entre profesor y estudiante se prevé durante la primera etapa del trabajo, mientras en la segunda fase se espera que el alumno trabaje de modo más independiente para llevar a cabo la resolución del problema identificado en la primera fase, en la que se le dotó de la teoría necesaria y de la capacitación para hacer uso de las herramientas computacionales apropiadas.

12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La evaluación del progreso del estudiante se realizará mediante los siguientes elementos:

1. Una prueba de evaluación a la finalización de la Etapa Aprendizaje,
2. Trabajo de investigación realizado y convenientemente recogido en el correspondiente informe final. Podrá ser escrito en español o inglés
3. Defensa oral del trabajo de investigación. La defensa del Trabajo de Fin de Máster será realizada por el estudiante en sesión pública, mediante la exposición de su contenido o de las líneas principales del mismo. La defensa oral se podrá realizar de forma presencial o por videoconferencia. En todo caso, se habrá de adaptar a la regulación vigente en la UNED relativa a defensa de los Trabajos de Fin de Máster.

La calificación final de la asignatura dependerá de las calificaciones obtenidas en los elementos de evaluación, y su ponderación a la nota final es la siguiente:

1. Prueba de evaluación al final de la Etapa de Aprendizaje (20%)
2. Informe final del trabajo de investigación realizado (50%)
3. Defensa oral del trabajo de investigación realizado (30%)

De todas formas, estos criterios podrían verse ligeramente modificados para adaptarse a la regulación que en su momento esté vigente en la UNED relativa a calificación de los Trabajos de Fin de Máster.
Aparte de los criterios objetivos a los que debe responder todo informe escrito y exposición oral relativos a un trabajo de investigación en áreas científico-tecnológicas, se tendrá también en cuenta el grado de eficiencia del estudiante en la obtención de documentación relativa al tema y a su aplicación para el trabajo en cuestión.
Señalar que el Trabajo de Fin de Máster deber ser evaluado una vez que se tenga constancia de que el estudiante ha superado las evaluaciones previstas en las restantes materias del Plan de Estudios y dispone, por tanto, de todos los créditos necesarios para la obtención del título de Máster, salvo los correspondientes al propio Trabajo.
En cualquier caso las directrices generales relativas a la definición, realización, defensa, calificación y tramitación administrativa de los Trabajos de Fin de Máster que se establezcan en éste, así como en los demás Planes de Estudio de los Títulos Oficiales de Máster impartidos en la UNED, estarán reflejadas en la normativa vigente en la UNED al respecto.

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
166CEDE8FA33C77D9D146ED3DFC34A06