



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

**CREACIÓN DE LA ESPECIALIZACIÓN EN CENTRALES NUCLEARES
EN EL ÁMBITO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

Buenos Aires, 23 de octubre de 2024

VISTO la decisión de jerarquizar la educación de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional, abarcando los diferentes niveles y aspirando al mayor reconocimiento nacional e internacional, y

CONSIDERANDO:

Que es decisión del Consejo Superior jerarquizar y consolidar la educación de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional abarcando los diferentes niveles de formación académica y muy especialmente áreas de vacancia.

Que la Especialización en Centrales Nucleares se propone realizar un aporte fundamental para el desarrollo profesional de todo ingeniero, dado que los conocimientos adquiridos en materia nuclear, al ser de alta complejidad, podrán ser aplicados tanto en la industria de la energía nuclear, como en cualquier industria de generación de energía.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad avaló el diseño curricular de la Especialización en Centrales Nucleares y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

ARTICULO 1°.- Derogar la Ordenanza de Consejo Superior N° 1925.

ARTICULO 2°.- Crear la carrera de Especialización en Centrales Nucleares como carrera de posgrado en la Universidad Tecnológica Nacional.

ARTICULO 3°.- Aprobar el diseño curricular de la Especialización en Centrales Nucleares en un todo de acuerdo con el Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, Ordenanza N° 1924, que se agrega como Anexo I de la presente Ordenanza.

ARTICULO 4°.- Dejar establecido que su implementación en la Universidad, a través de sus Facultades Regionales, debe ser expresamente autorizada por el Consejo Superior cuando se cumplan las condiciones y los requisitos estipulados en las normativas que rigen la educación de posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

ARTÍCULO 5°. - Regístrese, comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 2086

UTN
p.f.d.
l.p.
m.m.m.



ORDENANZA N° 2086

ANEXO I

ESPECIALIZACIÓN EN CENTRALES NUCLEARES

1. FUNDAMENTACIÓN

La República Argentina es un país nuclear con una demostrada experiencia en el rubro, cuenta con 48 años de operación exitosa de centrales nucleares y con más de 70 años de experiencia en investigación y desarrollo de tecnología nuclear en general.

La Argentina posee, además, la capacidad para diseñar, desarrollar y construir reactores nucleares de investigación y plantas de producción de radioisótopos, algunos de los cuales ya han sido instalados en el país y otros han sido vendidos e instalados en otros países.

A su vez, se encuentra en proceso de construcción una central nuclear modular de potencia diseñada íntegramente por la Argentina, denominada Reactor CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares). El inicio de construcción se dio en febrero del año 2014, convirtiendo a la Argentina en el primer país del mundo en comenzar la construcción de un reactor nuclear modular.

También en el año 2014, además de poner en marcha la Central Nuclear Atucha II, la Argentina ha demostrado la capacidad de enriquecer uranio, convirtiéndose en uno de los 11 países del mundo que cuentan con dicha tecnología.

Por otro lado, se encuentran avanzadas las negociaciones para iniciar la construcción de una nueva central nuclear de potencia en el Complejo Nuclear Atucha, con tecnología de última generación.

Se estima se generarán unos 12.000 puestos de trabajo directos e indirectos, considerando tanto los empleos en las centrales como en la industria satélite, la cual proveerá de insumos y servicios para la construcción y puesta en marcha de los proyectos



mencionados.

La continuidad del Plan Nuclear Argentino hace evidente la necesidad de profesionales de alto nivel. El dictado de la presente carrera persigue el objetivo de fortalecer la formación de los futuros ingenieros con el fin de satisfacer la gran demanda de trabajo que representará la construcción de nuevas Centrales Nucleares de Potencia, la Operación y Mantenimiento de Centrales Nucleares, la construcción y exportación de Reactores Nucleares de Investigación, la producción de radioisótopos, la finalización y puesta en marcha del Reactor Argentino CAREM. etc.

2. OBJETIVOS

Objetivo General: Proporcionar a los ingenieros y otros profesionales vinculados - directa o indirectamente - con el área Nuclear, los conocimientos referidos a gestión, puesta en marcha, producción, planificación y mantenimiento de Centrales Nucleares.

Objetivos Específicos:

- Formar profesionales capacitados para analizar problemas complejos que se plantean en la disciplina, crear y desarrollar proyectos, diseñar estrategias operativas y prepararse para la toma de decisiones que permitan no solamente la excelencia en la operación y mantenimiento de las instalaciones nucleares, sino también la mejora continua de las mismas.
- Desarrollar el marco de análisis de la teoría y práctica que se requieren para el conocimiento del sistema y el medio ambiente en los cuales interviene toda organización de operación y mantenimiento de instalaciones nucleares.
- Posibilitar a los graduados la actualización académica y profesional de los conocimientos y enfoques teórico-metodológicos en una disciplina que está en constante evolución y revisión en todo el mundo.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Desarrollar en los profesionales el concepto de la importancia de las personas como factor estratégico para el éxito de las organizaciones modernas.

3. PERFIL DEL/A GRADUADO/A

El/la Especialista en Centrales Nucleares estará capacitado/a para actuar en funciones ejecutivas relacionadas con tareas en el área de operaciones, mantenimiento, ingeniería, radioprotección y producción, en cualquier instalación nuclear.

- Desarrollo profesional y competitivo para el ejercicio de funciones y tareas relevantes en el Área Nuclear en ámbitos nacionales e internacionales.
- Preparación de alto nivel académico y actualización en nuevas prácticas profesionales con el fin acceder a las mejores oportunidades de actividades en empresas e instituciones locales y del exterior.
- Capacitación en competencias imprescindibles, relacionadas con los requerimientos exigidos para estar al día con los nuevos adelantos en el Área.
- Obtención de aptitudes, experiencias formativas y saberes profesionales integrados a los nuevos entornos en que se desenvuelve el cambiante ambiente de la temática planteada.
- Comprensión, conciencia y adopción de los valores relativos a la ética y a la responsabilidad individual y social, con el objeto de visualizar el contexto desde una perspectiva económica, humanista, social y compleja, en un área tan estratégica como la Nuclear.

4. TÍTULO

La carrera se denomina *“Especialización en Centrales Nucleares”* y el título académico que otorga es el de *“Especialista en Centrales Nucleares”*.



5. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO

Los requerimientos para la aprobación de cursos, condiciones de graduación, organización académica y duración de la carrera, son los establecidos por el Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad.

5.1. *Condiciones de ingreso*

Podrán ingresar a la Especialización en Centrales Nucleares aquellos profesionales que posean título superior de grado de ingeniero, licenciado o equivalente, otorgado por Universidad reconocida.

En todos los casos se realizará una evaluación de los candidatos al ingresar al programa para determinar el grado de correspondencia entre su formación, trayectoria y los requisitos de la carrera. La evaluación se realizará a través del análisis de antecedentes, entrevistas, y eventualmente, de otros elementos de juicio solicitados por la dirección de la carrera y comité académico. En caso de ser necesario se realizará un coloquio a cargo de los mismos. También podrán recomendarse cursos de nivelación para los aspirantes que requieran profundizar o actualizar sus conocimientos en áreas específicas.

5.2. *Metodología de enseñanza y modalidad de evaluación*

Se deberán cumplimentar los contenidos mínimos y las cargas horarias mínimas establecidas para los cursos que integran el plan de estudios. Se podrán incorporar otras actividades de formación, incluso con modalidad no presencial. El desarrollo de las actividades comprende la participación activa de los cursantes, el trabajo en equipo con énfasis en el planteamiento y la resolución de problemas, la elaboración de ensayos y/o trabajos monográficos.

Los docentes responsables del dictado de los cursos podrán solicitar la presencia de otros



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

docentes, con similares antecedentes académicos y profesionales, en carácter de invitados para el desarrollo de temáticas teóricas, la comunicación de investigaciones y la presentación de planteos metodológicos y técnicos vinculados con los contenidos particulares a tratar.

Las horas reloj que corresponden a cada espacio curricular son teórico-prácticas, tal como lo establece la normativa vigente. Las actividades prácticas deben consignarse en los programas analíticos de cada curso y pueden adoptar la modalidad de talleres, trabajos de campo, simulaciones, pasantías, entre otros. Se podrán incorporar otras actividades de formación, no comprendidas en el plan de estudio. El desarrollo de las actividades comprende la participación activa de los cursantes, el trabajo en equipo con énfasis en la resolución de problemas o la elaboración de ensayos y/o trabajos monográficos.

5.3. *Financiamiento*

La carrera deberá autofinanciarse, y la Facultad Regional que la implemente será responsable de la inscripción, la recepción de solicitudes, el cobro de aranceles y fijación del monto de los mismos, así como del apoyo técnico-administrativo para el dictado.

6. ESTRUCTURA CURRICULAR

6.1. *Organización Curricular*

La Especialización en Centrales Nucleares supone el cursado de diez (10) seminarios y un Seminario Integrador. La carga horaria total es de 470 horas.



6.2. Plan de Estudios

Espacios curriculares	Horas Teóricas	Horas Prácticas	Horas Totales
Conceptos básicos de Mecánica de Fluidos-Termodinámica-Electrotecnia y Química orientados a Centrales Nucleares	40	10	50
Física Nuclear	35	15	50
Física de Reactores	50	20	70
Seguridad Radiológica (Radio protección)	50	20	70
Seguridad Nuclear	28	7	35
Tipos de Centrales Nucleares	45	5	50
Sistemas de Planta de una Central PHWR de Recipiente de Presión	20	10	30
Sistemas de Planta de una Central PHWR de Tubo de Presión	20	10	30
Garantía de Calidad – Procedimientos de Planta	20	5	25
Relaciones Humanas (orientadas al workmanagement) -Programa de Experiencia Operativa-	25	5	30
Seminario Integrador	20	10	30
Total	353	117	470

6.3. Objetivos y contenidos mínimos

- CONCEPTOS BÁSICOS DE: MECÁNICA DE FLUIDOS-TERMODINÁMICA-ELECTROTECNIA Y QUÍMICA ORIENTADOS A REACTORES NUCLEARES

Objetivos

- Conocer los conceptos relativos a la generación de energía nuclear y al funcionamiento de Reactores Nucleares de Potencia.
- Incorporar los fundamentos de la Mecánica de Fluidos en sus principales aspectos.
- Revisar los principios fundamentales de la Termodinámica y la Transferencia de calor.
- Abordar los conocimientos principales de la: Instrumentación, Electrotecnia y Química de los Reactores Nucleares



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Contenidos Mínimos

- 1.- Mecánica de los Fluidos: Principios y ecuaciones generales. Regímenes de Flujo. Máquinas Hidráulicas. Válvulas
- 2.- Transferencia de Calor y Termodinámica: Sistemas Termodinámicos. Principios de la Termodinámica. Ciclos Termodinámicos y de Máquinas Térmicas.
- 3.- Instrumentación: Sistemas de protección. Lazos de control. Control automático. Multiplicidad.
- 4.- Electrotecnia: Transformadores. Generadores. Interruptores. Protecciones.
- 5.- Química: Agua liviana, agua pesada diferencias, parámetros a controlar. Química de los sistemas primarios de Reactores Nucleares (agua pesada). Química de sistemas secundarios de Reactores Nucleares (agua liviana).

- *FÍSICA NUCLEAR*

Objetivos

- Revisar la estructura del átomo y sus números.
- Abordar el fenómeno de la radioactividad.
- Conocer la interacción de la radiación con la materia.
- Describir los diferentes equipos para la detección de las radiaciones.

Contenidos mínimos

Elementos de física nuclear. Radioactividad. Propiedades e interacción de las radiaciones con la materia. Interacción de neutrones con la materia. Detección y medición de las radiaciones nucleares.



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

○ *FÍSICA DE REACTORES*

Objetivos

- Profundizar en el conocimiento de la estructura del núcleo.
- Introducir los conceptos de la fisión nuclear.
- Conocer los distintos estadios que se producen como consecuencia de la reacción en cadena.
- Describir y Comprender los múltiples efectos que se producen en el Reactor Nuclear.
- Interpretar el funcionamiento estático y dinámico de un reactor de potencia

Contenidos mínimos

Estructura nuclear. Reacciones con neutrones. Fisión. Producción de neutrones. Secciones eficaces y flujo de neutrones. La reacción en cadena. El reactor en estado estacionario. Sistemas homogéneos y heterogéneos. Fugas de neutrones, tamaño crítico, reflector. Distribución de flujo neutrónico y sus efectos sobre la potencia de salida. Reactividad y sus efectos sobre la potencia del reactor. Cambios en la potencia del reactor con el tiempo. Efectos de la fuente de neutrones. Efecto en la reactividad debido a cambios de temperatura. Venenos y sus efectos sobre la operación del reactor. Quemado de combustible.

○ *SEGURIDAD RADIOLÓGICA (RADIO PROTECCIÓN)*

Objetivos

- Abordar conceptos relativos a los aspectos generales de la protección radiológica.
- Entender los conceptos de cálculo de dosis equivalente en la radiación externa, contaminación interna, riesgos de la radiación, protección ocupacional y protección del público.



- Conocer los riesgos ocupacionales y ambientales asociados a la radiación.
- Comprender los efectos de las radiaciones ionizantes y cuáles son las medidas que se deben tomar para protegerse de las mismas.

Contenidos mínimos

Introducción y Dosimetría: Conceptos generales. Cálculo de dosis equivalente en la irradiación externa. Cálculo de dosis en la contaminación interna (para radionucleidos emisores beta puro y radionucleidos emisores beta gamma).

Riesgo debido a la radiación: Efectos de la radiación ionizante a nivel celular. Efectos estocásticos somáticos en el hombre. Efectos estocásticos hereditarios. Efectos sobre la embriogénesis. Objetivos de la protección radiológica. Limitación de la dosis individual.

Protección Ocupacional: Organización, responsabilidades, clasificación de las condiciones de trabajo. Sistema de protección para la radiación externa. Blindajes. Sistemas de protección para la contaminación. Sistemas de vigilancia para el control de la contaminación ambiental y metodología de trabajo para minimizar las dosis comprometidas (ejemplos de contaminante para un reactor de tipo de agua pesada tritio y carbono 14). Transporte de material radioactivo.

Protección del público: Criterios generales para la limitación de la descarga de efluentes radioactivos al ambiente. Limitación de la dosis en el grupo crítico, optimización. Identificación de las vías y grupos críticos. Fijación de límites autorizados de descarga. Vías de irradiación, dispersión de radionucleidos en la atmósfera y en cursos de agua.

Descargas atmosféricas de materiales radioactivos: Dispersión. Influencia de las condiciones meteorológicas. Irradiación externa, inhalación, contaminación de la superficie terrestre como puente de irradiación y de contaminación. Descarga de materiales radioactivos en curso de agua. Dispersión, concentración, vías de irradiación al público. Monitoraje ambiental.



○ **SEGURIDAD NUCLEAR**

Objetivos

- Introducir los fundamentos de la seguridad nuclear.
- Definir los criterios de probabilidad de accidente.
- Describir tipos de radionucleídos producidos.
- Incorporar el concepto de confiabilidad de los sistemas de protección de una Central Nuclear.
- Conocer los criterios con los que se diseña una central nuclear referentes a la probabilidad de accidentes, y los requisitos que se establecen en el diseño de los sistemas de seguridad, para la prevención de los mismos.

Contenidos mínimos

Conceptos generales de seguridad nuclear: Probabilidades y magnitud de accidentes.

Criterios de aceptabilidad. Niveles de referencia para emergencias. Generación de radionucleídos en la operación de una Central Nuclear.

Confiabilidad de los sistemas de protección y aspectos legales: Requerimientos. Aplicación de los criterios probabilísticos de seguridad. Pruebas repetitivas de la instalación. Análisis elemental de los accidentes potenciales de una Central Nuclear. Aspectos legales y procedimientos de licenciamiento de Centrales Nucleares. Permisos de construcción y de operación. Licenciamiento del personal de operación y autorización específica.

○ **TIPOS DE CENTRALES NUCLEARES**

Objetivos

- Identificar los distintos tipos de centrales de acuerdo a sus características.



- Describir las distintas plantas nucleares para la generación de energía eléctrica, entendiendo las particularidades que las diferencian a cada una.

Contenidos mínimos

- Centrales de agua Liviana y Urano Enriquecido: Tipo agua a presión (PWR). Tipo agua hirviente (BWR).
- Centrales de Agua Pesada y Urano Natural (PHWR): Tipo Recipiente de Presión Tipo Tubos de Presión (CANDU).
- Centrales con reactores moderados con grafito y refrigerado con gas (ej. Magnox)
- Centrales con reactor reproductor rápido, refrigerado con metal líquido.
- Introducción al concepto de los tipos de reactores de última generación.

○ *SISTEMAS DE PLANTA DE UNA CENTRAL PHWR DE RECIPIENTE DE PRESIÓN*

Objetivos

Describir los distintos sistemas de la Central Nuclear tipo PHWR y entender que función desempeña cada uno.

Contenidos mínimos

Descripción básica de la Central tipo PHWR: Descripción del Reactor. Sistema primario de transporte de calor y sus componentes principales. Sistema del Moderador. Sistema de regulación de volumen. Sistemas de purificación. Sistemas de refrigeración intermedia nuclear. Sistema de refrigeración del núcleo en parada. Sistemas de paradas normal, (barras de control) y sistema de respaldo y emergencia (Inyección rápida de boro). Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo. Sistema de recambio de elementos combustibles. Sistema de ventilación de recintos. Sistema secundario. Ciclo Térmico. Sistema de refrigeración terciario (fuente fría del ciclo térmico). Sistema de Control del Reactor.



○ **SISTEMAS DE PLANTA DE UNA CENTRAL PHWR DE TUBO DE PRESIÓN**

Objetivos

Describir los distintos sistemas de una Central PHWR de tubos de presión, y entender que función desempeña cada uno.

Contenidos mínimos

Descripción básica de la Central PHWR de tubos de presión: Descripción del Reactor.

Sistema primario de transporte de calor y sus componentes principales. Sistema del Moderador. Sistema de control de presión e inventario. Sistema de refrigeración del núcleo en Parada. Sistemas de parada N°1 y N°2. Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo y sistema de contención. Concepto del manejo de recambio de elementos combustibles. Tratamiento de desechos líquidos. Sistema secundario. Ciclo Térmico. Sistema de agua de circulación y de servicio terciario (fuente fría). Sistema de control del Reactor. Sistemas de protección del Reactor.

○ **GARANTÍA DE CALIDAD – PROCEDIMIENTOS DE PLANTA**

Objetivos

- Definir los conceptos de Garantía de Calidad y calidad.
- Diferenciar niveles de calidad. Introducir al programa de garantía de calidad.
- Describir los elementos del programa Interpretar los procedimientos de planta orientados al Work Management y conocer los alcances de cada uno.

Contenidos mínimos

Garantía de Calidad: Concepto de Garantía de Calidad. Definiciones de calidad. Diferencia entre los cuatro niveles de calidad. Programa de garantía de calidad. Documentación. Elementos del programa.

Procedimientos de Planta (orientados al Work-Management): Desactivaciones de



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

componentes. Aviso de Anomalía. Orden de Trabajo. OPO (Orden Para Operar). P.T. (Plan de Trabajo). P.T.R. (Permiso de Trabajo con Radiación). P.S.I. (Permiso de Seguridad)

- *RELACIONES HUMANAS (ORIENTADAS AL WORKMANAGEMENT) –PROGRAMA DE EXPERIENCIA OPERATIVA –*

Objetivos

- Conocer el programa de mejora, Interpretar las técnicas de prevención de errores, procurar el trabajo en equipo y la comunicación.
- Lograr la resolución de conflictos.
- Desarrollar herramientas para reforzar el liderazgo
- Conocer las distintas experiencias de planta y accidentes internacionales, con el objeto de acumular conocimiento para evitar futuros eventos.

Contenidos mínimos

Relaciones Humanas (orientadas al Work-Management): Programa de mejora del Desempeño Humano. Técnicas de prevención de errores. Trabajo en equipo. Comunicación. Liderazgo. Resolución de conflictos.

Programa de Experiencia Operativa - Procedimientos de Experiencia Operativa de NASA y de planta. 1- SOER y SER. (Significant Operating Experience Report and Significant Event Report). 2- Eventos de daño al combustible en reactores entre 1945 y 2003. 3- Accidente de Three Miles Island. 4- Accidente de Chernobyl. 5- Evento de Fukushima. 6- Cultura de Seguridad.

- *SEMINARIO INTEGRADOR*

Objetivos

Capacitar sobre la elaboración y presentación del trabajo final de la carrera, el cual deberá



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

contener aspectos los temas más significativos de los seminarios desarrollados.

Contenidos mínimos

Con asesoramiento personalizado se llevarán a cabo tareas de orientación y facilitación a los estudiantes orientados a llevar a cabo los procedimientos académicos y reglamentarios de modo de poder estructurar su proyecto de trabajo final para luego elaborar la misma en forma exitosa. Se invitará al estudiante a consultar trabajos aprobados con el fin de complementar su proceso de aprendizaje.
