

1948



1998

Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Contenidos Mínimos:

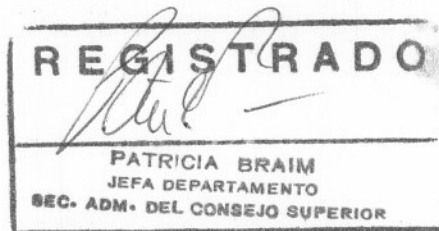
- Conducción del Calor.
Diferentes geometrías.
Regímenes estacionario y transitorio.
Generación interna de calor.
Conductividad variable con la temperatura - Integral de conductividad.
Programas de cálculo.
- Convección del Calor (en simple fase).
Regímenes laminar y turbulento.
Convección natural y forzada.
Números adimensionales - Coeficiente de transferencia del calor.
- Aplicaciones.
Transferencia de calor en barras y placas combustibles.
Transferencia de calor en intercambiadores de calor.
Evolución de temperaturas (refrigerante y combustible) a lo largo de un canal combustible.
- Radiación térmica:
Conceptos básicos y aplicaciones.

Alcalá

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

MÓDULO 5: MECÁNICA DE FLUIDOS EN SIMPLE FASE

Objetivos:

El módulo está centrado en el estudio del comportamiento termohidráulico del agua de un reactor. Aborda la relación con las fuentes frías en el funcionamiento como máquina térmica y balances de masa y energía.

Contenidos Mínimos:

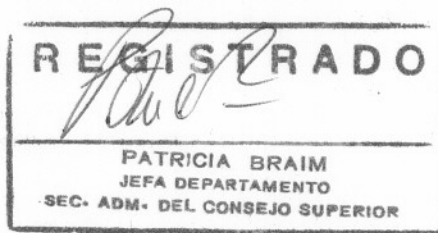
- Líquidos.
Características básicas de un escurrimiento.
Regímenes laminar y turbulento.
Perfil de velocidades.
Caída de presión por fricción.
Balances de masa y energía - Ecuación de Bernouilli.
Circuitos hidráulicos.
Distribución de presiones a lo largo de un circuito.
Bombas y válvulas.
- Aire húmedo.
Diagramas P-T y P-V de la doble fase agua-vapor.
Termodinámica de la mezcla aire - agua.
Presión de saturación. Temperaturas de rocío y de bulbo húmedo.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Humedad absoluta y relativa.

Correlaciones de intercambio de calor y masa (evaporación y condensación).

Balances de masa y energía.

Aplicaciones a torres de enfriamiento y superficies agua-aire (lagos, etc.).

MÓDULO 6: PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y MECÁNICA DE FLUIDOS EN DOBLE FASE

Objetivos:

Extender los conceptos del módulo anterior a sistemas con la fase líquida vapor en contacto. Uso de los códigos de cálculo asociados. Estudio de la ebullición en la refrigeración de un reactor. Estudio termohidráulico de los canales de combustibles.

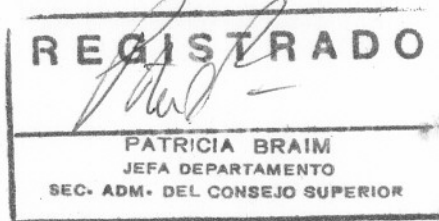
Contenidos Mínimos:

- Flujos bifásicos agua-vapor.
Características y parámetros principales.
Regímenes de escurrimiento.

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Fracción de vacío.

Pérdida de presión en doble fase.

Termodinámica de la doble fase.

Ecuaciones de balance de masa, energía y cantidad de movimiento.

Velocidad sónica y flujo crítico.

- Transferencia de calor en doble fase agua-vapor.

Ebullición en pileta.

Ebullición en flujos.

Curva de ebullición (Nukiyama).

Flujo calórico crítico (CHF) o crisis de ebullición (DNB y Dry Out).

Transferencia de calor por sobre el CHF.

Condensación.

Aplicaciones a combustibles nucleares y generadores de vapor.

Programas de cálculo para canales combustibles: NUCIRC (CNE) y

COBRA (CNA).

Inestabilidades hidráulicas en doble fase.

Fenómenos de separación de fases líquido-vapor.

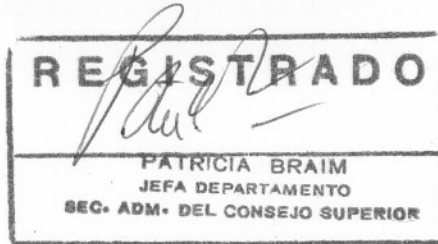
MÓDULO 7: APLICACIÓN A REACTORES Y CENTRALES NUCLEARES

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Objetivos:

El módulo está centrado en el estudio de la distribución del calor; contempla prácticas con códigos de cálculo y aborda el diseño, inestabilidades y accidentes relacionados con la termohidráulica del núcleo de un reactor.

Contenidos Mínimos:

- Diseño.
Generación de la potencia térmica - Calor de fisión.
Distribución del calor.
Factores de forma y concepto de canal caliente.
Coeficientes de incerteza.
Diseño termohidráulico del núcleo - Márgenes de seguridad.
Reactores de investigación (tipo piscina - MTR)
Diseño, accidentes, inestabilidades.
Reactores avanzados de centrales nucleares (con sistemas pasivos)
- Prácticas con Programas de Cálculo.
Análisis termohidráulicos en reactores Piscina (MTR) mediante el uso de los programas de cálculo TERMO, LOFA y LOCA.
Programas de cálculo para canales combustibles: NUCIRC (CNE) y COBRA (CNA)

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Seguridad y Análisis de Accidentes.
Filosofía de seguridad en centrales nucleares.
Descripción de accidentes.
Sistemas de procesos.
Sistemas de seguridad.
Análisis termohidráulico de accidentes.
Descripción de los programas de cálculo.
Transitorios operativos: normales y anormales.
Sistemas de control.
Accidentes severos.

▪ **Curso III: Instrumentación y Control de Reactores Nucleares**

El propósito general del Curso es desarrollar los conceptos asociados al diseño de la instrumentación y control en reactores, de acuerdo con las exigencias de seguridad y los sistemas modernos de control automático.

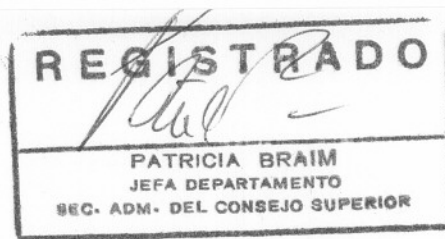
MÓDULO 8: CRITERIOS DE DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN NUCLEAR

Alad

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Objetivos:

El módulo aborda el estudio de los requisitos generales del control de un reactor nuclear, de las señales, de las fallas en el sistema de control y de las normas de seguridad en el control.

Contenidos Mínimos:

- Requerimientos de control. Requerimientos funcionales.
- Tiempos de respuesta. Precisión.
- Sistemas de información y de control.
- Relevancia respecto a la seguridad.
- Separación, independencia, redundancia, diversidad, fallas sin riesgos.
- Seguridad con disponibilidad: redundancia con coincidencia.
- Prueba en servicio. Tasa de fallas a la demanda.
- Verificaciones periódicas. Falsas salidas de servicio.
- Normas nacionales e internacionales aplicables.
- Canal de arranque. Canal de marcha. Canal de potencia.
- Medición de período. Circuitos de disparo.
- Sistema Campbelliano.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

MÓDULO 9: DETECTORES DE NEUTRONES Y MONITOREO DE
RADIACIONES

Objetivos:

El módulo está centrado en el estudio de los detectores y sistemas asociados empleados en el control del funcionamiento de un reactor nuclear y en el análisis de problemas de monitoreo y localización de fallas.

Contenidos Mínimos:

- Mediciones neutrónicas, dentro y fuera del núcleo.
- Gama de medición del flujo neutrónico.
- Cámaras de ionización borradas, compensadas y no compensadas.
- Contadores de fisión.
- Contadores proporcionales.
- Detectores autoenergizados.
- Campo y rango de utilización de cada tipo. Consideraciones sobre su ubicación.
- El caso del arranque inicial.
- Monitoreo de área, personal y de efluentes.
- Detectores de radiación empleados.
- Detección y localización de elementos combustibles fallados.

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

MÓDULO 10: INSTRUMENTACIÓN CONVENCIONAL

Objetivos:

El módulo aborda el estudio de sistemas convencionales de control de sistemas y su relación con los reactores y el análisis de sistemas PLC y su relación con las computadoras.

Contenidos Mínimos:

- Sensores y transmisores de temperatura, caudal, nivel, etc.
- Controladores, distintos tipos. Controladores PID.
- Actuadores, distintos tipos.
- Válvulas de control. Control secuencial. Controladores lógicos programables.
- Sistemas de enclavamiento, seguridad y alarmas.

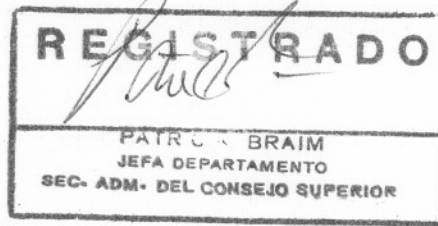
MÓDULO 11: CONTROL DE REACTORES

Objetivos:

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

El módulo está centrado en el estudio del uso de la computadora en el control del reactor nuclear y en el análisis de estabilidad y sistemas redundantes y distribuidos.

Contenidos Mínimos:

- Función transferencia de un reactor de potencia 0, con un único grupo de neutrones retardados.
Inclusión de los efectos de aumento de temperatura y del envenenamiento.
Control de un reactor. Control on-off.
Estabilidad del lazo. Piloto automático
- La computadora como parte del sistema de información.
Back up analógico.
- La computadora como parte del sistema de control.
Sistemas redundantes de computadoras.
Sistemas distribuidos.

• **Curso IV: Ciclo de Combustible de Reactores Nucleares**

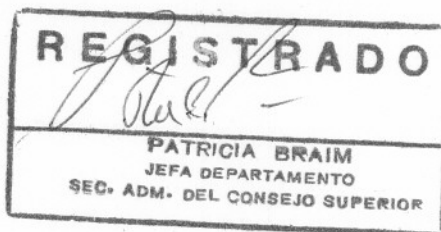
El funcionamiento continuo de un reactor nuclear exige una disposición espacial de materiales físis y no físis que permita el mantenimiento en el

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

tiempo de la fisión nuclear y la adecuada evacuación del calor producido. El combustible nuclear asegura esta continuidad durante su permanencia en el reactor y se constituye en la primera barrera que impide la dispersión de los productos de fisión. Al mismo tiempo su fabricación requiere el uso de materiales que se ajusten a las exigencias del diseño. Por ello el propósito general del Curso es el estudio los materiales requeridos para operar en un campo de alta dosis neutrónica, abarcando la fabricación, comportamiento y performance del combustible y los materiales estructurales.

MÓDULO 12: CICLO DEL COMBUSTIBLE

Objetivos:

El módulo está centrado en el estudio del combustible desde la extracción hasta la formación de residuos, incluyendo análisis de costos y la posibilidad de reprocesamiento.

Contenidos Mínimos:

- Ciclo de Combustible
 - Compuestos naturales del uranio. Distribución Ley.
 - Tratamiento del mineral. Concentración y digestión. Disolución y extracción. Purificación.

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Obtención del UO₂. Precipitación y calcinación. Diferentes tipos de compuestos. Obtención del óxido y del metal.
- Tipos de reactores y sus elementos combustibles. El ciclo del combustible. Ciclo del uranio, natural y enriquecido. Ciclo del torio. Fabricación de combustible con torio, frente y final del ciclo. Reprocesamiento. Fabricación con plutonio. Residuos. Costos Relativos.
- Enriquecimiento
 - Unidad de separación. Etapas. Cascada. Técnicas de separación. Eficiencia.

MÓDULO 13: MATERIALES NUCLEARES Y SU COMPORTAMIENTO BAJO IRRADIACIÓN

Objetivos:

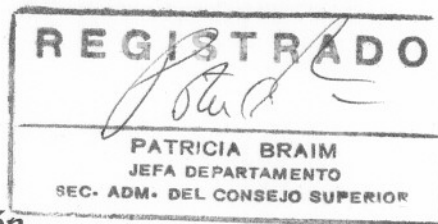
El propósito central del módulo es analizar con detalle los efectos de la radiación gamma y neutrónica sobre los materiales empleados en un reactor nuclear

Contenidos Mínimos:

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- El Material Combustible
 - Disipación de la energía de fisión en el material. Daño por radiación, defectos en el material.
 - Principales compuestos fisiles. Densidades. Diagramas de fase, propiedades estructurales.
 - Restricciones de comportamiento: internas y externas. Compatibilidad con la vaina y el refrigerante.
- Extracción de calor.
 - Disipación del calor producido. Integral de conductividad. Depresión debido a la absorción.

MÓDULO 14: CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y COMPONENTES

Objetivos:

El módulo aborda el estudio de la fabricación y características de los elementos de combustibles, incluyendo el control de calidad.

Contenidos Mínimos:

- El UO2

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Estructura. Polvos de UO₂. Características. Sinterizado. La fabricación de la pastilla combustible.

- El elemento combustible

Sus partes: estructura y barra combustible, funciones. Tipos de combustible. Combustibles de potencia y para reactores experimentales. Grado de enriquecimiento. La barra combustible.

Comportamiento de la barra. Códigos. Fenómenos durante la irradiación.

Cambios microestructurales en la pastilla. Función de la barra. Tipos de interacciones entre la vaina y la pastilla. Fallas. Accidentes.

Diseño del combustible. Interacción e interfase con neutrónica y termohidráulica. Relaciones disciplinarias en la validación de un diseño.

Relación con la fabricación. Aseguramiento de calidad.

• **Curso V: Seguridad Radiológica y Nuclear**

Es propósito del Curso integrar la formación e información requerida por operadores y diseñadores de reactores para entender, respetar y establecer las condiciones de seguridad radiológica, exigida por la Autoridad Regulatoria Nuclear y relacionar los aspectos pertenecientes a los efectos biológicos, de protección, de diseño, de emplazamiento, de operación y de emergencia, incluyendo el análisis probabilístico en los métodos de evaluación.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

MÓDULO 15: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Objetivos:

El módulo aborda los elementos requeridos por la Autoridad Regulatoria Nuclear y por las normas nacionales e internacionales para asegurar la protección radiológica durante operación normal y ante posibles incidentes por el manipuleo del combustible en carga-descarga y transporte, así como del residuo luego del quemado.

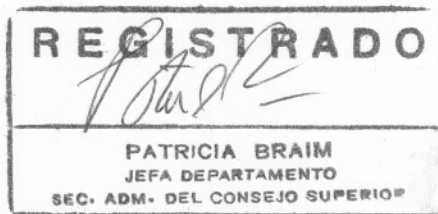
Contenidos Mínimos:

- Radiosimetría e Instrumentación.
Magnitudes dosimétricas. Dosis equivalente, efectiva, comprometida y colectiva. Magnitudes operacionales. Dosimetría personal. Contaminación interna. Detección y medición de la radiación. Tipos de detectores.
- Efectos biológicos de la radiación. Efectos determinísticos y estocásticos, somáticos y hereditarios.
- Fundamentos de la protección radiológica. Objetivos de la radioprotección. Sistema de limitación de dosis. Justificación. Optimización. Límites de dosis individuales para trabajadores y público.
- Protección radiológica ocupacional. Dosimetría personal externa e interna. Monitoreo de áreas. Campos de radiación en áreas de trabajo.

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

- Determinación de los niveles de contaminación superficial. Monitoreo de la concentración en aire.
- Protección radiológica del público. Contaminación debido a las descargas. Vías de exposición. Dispersión. Dosis por liberación radiactiva al medio ambiente. Estudios preocupacionales. Limitación de descargas.
- Intervención. Situaciones anormales. Incidentes operacionales, medidas correctivas y preventivas. Procedimientos y elementos para emergencias.
- Sistemas de protección. Factores que influyen en las dosis de irradiación externa. Blindajes, tiempo y distancia. Estimación de dosis recibidas en la práctica. Factores que influyen en las dosis por contaminación interna.
- Gestión de residuos radiactivos y transporte de materiales radiactivos. Clasificación y criterios generales de gestión. Tratamiento. Eliminación. Aspectos fundamentales del transporte de materiales radiactivos. Gestión de materiales físiles.

MÓDULO 16: SEGURIDAD NUCLEAR

Objetivos:

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

El módulo está centrado en el análisis de los aspectos de seguridad en la operación y diseño, incluyendo el análisis de árboles de eventos y fallas con cálculos Probabilísticos de Seguridad (APS).

Contenidos Mínimos:

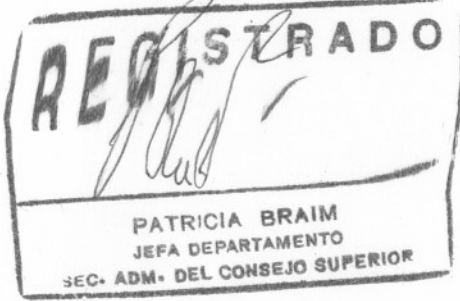
- Fundamentos de la seguridad. Criterios. Exposiciones potenciales.
- Enfoques determinísticos y probabilísticos. Principios de la defensa en profundidad.
- Seguridad de Reactores Nucleares Experimentales y de Potencia (Centrales Nucleares).
- Fuentes de exposiciones potenciales. Inventario radioactivo del núcleo. Inventarios radioactivos de otras fuentes.
- Aspectos de seguridad en el emplazamiento. Conceptos de emplazamiento. Efectos del emplazamiento sobre los reactores y de los reactores sobre emplazamiento.
- Aspectos de seguridad en el diseño. Funciones de seguridad. Clasificación. Sistemas de seguridad.
- Seguridad en la operación. Límites y condiciones de operación. Mantenimiento. Inspecciones y vigilancia en servicio.

Alud

1948



1998



Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Su presentación y evaluación se realizará en un todo de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de la Educación de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

Alud