

# **MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ENERGÍA NUCLEAR**

## **PRESENTACIÓN**

El Programa de Maestría en Ciencias con mención en Energía Nuclear existe en la Facultad de Ciencias desde el año 1979 (Resolución Rectoral No. 0187 de fecha 26 de febrero de 1979). La presente modificación tiene por finalidad actualizar este programa y adecuarlo a las normas establecidas tanto en el Reglamento de Estudios de Posgrado y de Especialización de la Universidad Nacional de Ingeniería (R.R. N° 410 de fecha 17.04.2006) como en el Reglamento de Admisión a los Estudios de Posgrado y de Especialización de la Universidad Nacional de Ingeniería (R.R. N° 756 de fecha 14.07.2006).

A la luz de los nuevos avances tecnológicos en el ámbito de las aplicaciones de las radiaciones ionizantes, se hace necesario formar profesionales a fin de que puedan planificar, dirigir, operar y supervisar el trabajo con radiaciones en el campo de la industria, minería, petróleo, agricultura e investigación básica y en temas afines. Adicionalmente, puedan encargarse de las funciones de seguridad radiológica en las instalaciones que hagan uso de estas radiaciones.

Es importante la formación de profesionales en este campo debido al incremento significativo del uso de las radiaciones y a la poca formación de profesionales que puedan explotar en su mayor dimensión estas aplicaciones y los temas que de ellas se derivan.

## **OBJETIVO**

El objetivo de la Maestría en Ciencias, mención en Energía Nuclear es el de formar profesionales altamente capacitados, de las especialidades de Ciencias e Ingenierías, con la finalidad de que puedan darle un uso adecuado a las radiaciones ionizantes y temas afines en los sectores productivos y de servicios del país.

La Maestría también está orientada a formar especialistas con sólida formación en los aspectos de seguridad radiológica.

## **PERFIL DEL GRADUADO**

El egresado en esta maestría será capaz de:

- Resolver problemas de caracterización de materiales usando técnicas basadas en la energía nuclear.
- Utilizar la instrumentación para la detección de la radiación ionizante y de neutrones.
- Monitorear y aplicar los principios básicos de la protección radiológica.
- Aplicar la radiación ionizante para la protección y/o modificación de materiales a fin de lograr nuevas variedades de utilidad tecnológica.

## **GRADO**

Maestro en Ciencias con mención en Energía Nuclear, que se obtiene después de aprobar los cursos y sustentar y aprobar la Tesis.

## DURACIÓN

Cuatro semestres académicos.

## PLAN DE ESTUDIOS

### PRIMER SEMESTRE

CÓDIGO	CURSOS	COND.	T.HRS.	CRÉD.
MEN601	Física Nuclear y Dosimetría de Radiaciones	Obligatorio	56	4
MEN602	Matemáticas Aplicadas	Obligatorio	42	3
MEN603	Fisicoquímica	Obligatorio	42	3

### SEGUNDO SEMESTRE

CÓDIGO	CURSOS	COND.	T.HRS.	CRÉD.
MEN604	Uso de los Radioisótopos y Protección Radiológica	Obligatorio	56	4
MEN605	Instrumentación Nuclear	Obligatorio	42	3
MEN606	Ciencia de los Materiales	Obligatorio	56	4

### TERCER SEMESTRE

CÓDIGO	CURSOS	COND.	T.HRS.	CRÉD.
MEN607	Seminario de Tesis I	Obligatorio	98	7
	Tópicos Selectos	Electivo	42	3
	Tópicos Selectos	Electivo	42	3
	Tópicos Selectos	Electivo	42	3

### CUARTO SEMESTRE

CÓDIGO	CURSOS	COND.	T.HRS.	CRÉD.
MEN608	Seminario de Tesis II	Obligatorio	112	8

## CURSOS ELECTIVOS

CÓDIGO	CURSOS	COND.	T.HRS.	CRÉD.
MEN701	Nanomateriales	Electivo	42	3
MEN702	Polímeros	Electivo	42	3
MEN703	Biología Molecular	Electivo	42	3
MEN704	Técnicas Analíticas	Electivo	42	3
MEN705	Protección Radiológica (Avanzado)	Electivo	42	3
MEN706	Radiotrazadores y Sistemas de Control Nucleónico	Electivo	42	3

## REQUISITOS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO

Se requiere la aprobación de treinta y seis (36) créditos en cursos obligatorios, incluyendo los seminarios de tesis, y nueve (09) créditos en cursos electivos.

## LUGAR

Las clases se dictarán en las instalaciones del Centro Nuclear de Huarangal, en la Universidad Nacional de Ingeniería y en el Centro Superior de Estudios Nucleares (CSEN) del IPEN.

Se hará uso de los laboratorios del Centro Nuclear de Huarangal y se harán visitas a instalaciones que usan radiaciones, cuando sea necesario.

## DOCENTES

Dr. Modesto Montoya Zavaleta  
Dr. Walter Estrada  
Dr. Juan Rodríguez  
Dr. José Solís  
Dr. Julio Santiago  
Dr. Agustín Zúñiga Gamarra  
Dr. Aurelio Arbildo López  
Dr. Heriberto Sanchez  
M. Sc. Jorge Condori  
M. Sc. Susana Gonzalez Villalobos  
M. Sc. José Osoro Rebaza  
M. Sc. Mario Mallaupoma  
M. Sc. Fidel Jara  
M.Sc. Eduardo Montoya  
M.Sc. Ever Cifuentes  
M.Sc. Alcides López

De apoyo:

Biol. Marco Espinoza Zevallos

Ing. Renán Ramírez Quijada

Ing. Eduardo Medina Gironzini

Ing. Régulo Visurraga

Ing. Carlos Gayoso

Ing. Oscar Baltuano

Ing. Paula Olivera

Ing. Carlos Sebastián

## CONTENIDO DE LOS CURSOS

### Cursos Obligatorios

#### MEN601 FÍSICA NUCLEAR Y DOSIMETRÍA DE RADIACIONES

**Objetivo:** En este curso se desarrollan los principios básicos de los fenómenos nucleares y la física de los neutrones, así como los efectos de la radiación en la materia orgánica.

#### Contenido:

1. Estructura atómica.  
Naturaleza atómica de la materia. Teorías. Naturaleza del átomo. Características. Número atómico y número de masa; nucleidos; isótopos; tabla de nucleidos. Materia; sustancia; átomo; molécula; peso atómico; masa atómica.
2. Propiedades nucleares  
Radio nuclear. Distribución de carga nuclear. Distribución de masa nuclear. Masa y abundancia nuclear. Energía de ligadura. Momento angular nuclear y paridad. Momento electromagnético nuclear. Estados nucleares excitados.  
La fuerza entre nucleones  
El deuterón. Dispersión nucleón-nucleón. Características de la fuerza nuclear. El modelo de la fuerza de intercambio
3. Modelos nucleares  
Modelo de capas. Potencial en el modelo de capas. Potencial espín-órbita. Nucleones de valencia. Emparejamiento de nucleones y modelos colectivos. Vibraciones nucleares. Rotaciones nucleares.
4. Radiactividad.  
Ley de decaimiento radiactivo. Teoría cuántica en radiactividad. Activación y decaimiento. Tipos de radiactividad: radiactividad alfa, beta y gamma, fisión espontánea, emisión de nucleones. Vidas medias parciales. Radiactividad natural. Datación nuclear. Unidades de radiactividad. Decaimiento alfa. Repulsión coulombiana. Emisión cuántica. Momento angular y paridad en decaimiento alfa. Espectrometría alfa. Decaimiento beta. Energía liberada en el decaimiento beta. Teoría de Fermi del decaimiento beta. Reglas de selección de momento angular y paridad. Física del neutrino. Emisión beta-nucleón retardado. No conservación de la paridad. Decaimiento gamma. Energética del decaimiento gamma. Radiación electromagnética clásica. Transición cuántica. Reglas de selección de momento angular. Mediciones de distribución angular y polarización. Conversión interna. Tiempos de vida de la emisión gamma. Espectrometría gamma. Fluorescencia de resonancia nuclear y efecto Mössbauer.
5. Física neutrónica  
Fuentes de neutrones. Absorción y moderación de neutrones. Secciones eficaces y reacciones neutrónicas. Captura neutrónica. Difracción de neutrones.
6. Fisión Nuclear  
Barreras de fisión. Dinámica de la fisión. Distribución de carga, masa y energía cinética. Estructura fina en la distribución de masas. Distribución de energía cinética. Efectos de la emisión de neutrones.
7. Unidades y Cantidades Dosimétricas.  
Frenamiento., fluencia; Kerma; dosis absorbida; relación de dosis absorbida; energía de transferencia lineal; dosis equivalente; dosis equivalente ambiental, dosis efectiva; factor de radiación en tejidos. Transferencia de energía de un haz de radiación al medio irradiado.

8. Interacción de la radiación con la materia.  
Conceptos generales; ionización; excitación; ionización específica; frenamiento; transferencia lineal de energía; interacción de la radiación directamente ionizante; interacción de ondas electromagnéticas: efectos fotoeléctricos; Compton y formación de pares; coeficientes de atenuación; hemiespesor y deciespesor; coeficiente másico de absorción; factor de "build-up". Interacción de los neutrones con la materia.
9. Cálculos y medidas dosimétricas  
Relación entre fluencia, kerma y dosis absorbida; cálculos del kerma y dosis absorbida; fuentes puntuales; fuentes planas y volumen de fuentes; absorción y dispersión en aire y en el cuerpo; atenuación de radiación primaria e incremento de radiación secundaria.  
Evaluación de dosis externa. Dosimetría de fuentes externas. Cálculos.  
Evaluación de dosis interna. Cálculos.
10. Principios de Detección de la Radiación y Medición. Emulsiones fotográficas, Detectores termoluminiscentes, Dosimetría InLight. Detectores de huella nuclear, Detectores de neutrones

### **Bibliografía**

1. H. Cember, "Introduction to health Physics", Pergamon Press, 1987
2. R. B. Firestone, C. M. Baglin. "Table of Isotopes" Wiley, 1998
3. Eisberg, R, "Fundamentos de Física Moderna" 1974
4. Kaplan, "Física Nuclear", 1970
5. Leite Lopes, J., "Fundamentos de Física Atómica", 1978
6. Burcham, W.E, "Física Nuclear", 1974
7. Selman, J., "The Fundamentals of X-ray and Radium Physics", 1980
8. Marion, J. ; Hornyak, W., "Principles of Physics", 1984
9. ATTIX, F.H. ; "Introduction to radiological physics and radiation dosimetry". 1986
10. ROHLOFF, F. ; HEINZELMANN, M. "Calculation of Dose Rates for Skin Contamination by Beta Radiation" Rad. Prot. Dos.V(14), 4.1986.
11. G.T. Knoll "Radiation detection and measurements", Willey, NY. 1989
12. IAEA, "Determination of absorbed dose in photon and electron beams". 1993
13. ICRU 51, "Quantities and units in radiation protection dosimetry". 1993
14. ICRU 60, "Fundamental quantities and units for ionizing radiation". 1998

## MEN602 MATEMÁTICAS APLICADAS

### Objetivo:

- a) Dar a conocer el uso de métodos computacionales y numéricos en la solución de problemas relacionados con materiales y biología.
- b) Discutir los fundamentos y las aplicaciones del método de dinámica molecular y Monte Carlo.
- c) Introducción al modelaje y simulación de materiales.

### Contenido

1. Introducción a SciLab.
2. Solución numérica de ecuaciones no lineales.
3. Álgebra lineal :

Operaciones con matrices.

Solución de sistema de ecuaciones.

Problema de valores propios y funciones propias

4. Análisis de datos :  
Técnicas de ajuste de curvas, interpolación y extrapolación
5. Integración numérica mediante cuadraturas .
6. Solución numérica de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias :

Problemas con valor inicial

Algoritmos numéricos

Problemas de estabilidad y convergencia

7. Introducción al método de dinámica molecular :  
Potenciales de interacción para metales, cerámicos y compuestos orgánicos  
Metodología de simulación con Dinámica Molecular  
Simulación de metales (solidificación, formación de vacancias, difusión)  
Modelaje y simulación de nanopartículas

8. Método Monte Carlo y sus aplicaciones :  
Generación de NA y variables con función de distribución dada.  
Integración numérica con el método MC y análisis de errores.  
Modelos del caminante aleatorio aplicados a problemas de difusión y polímeros  
Problema de transporte de neutrones.  
Crecimiento fuera de equilibrio. Agregación limitada por difusión.  
Modelo de Ising y el algoritmo de Metrópolis aplicado al estudio de transiciones de fases en aleaciones.  
Fractales, dimensión fractal, procesos fractales de crecimiento, fractales y caos

### Bibliografía

- 1.S.Nakamura, Métodos numéricos y visualización gráfica
- 2.H.Gould and J. Tobochnick, Introduction to computer simulations methods
- 3.Allen and Tildesley, Computer simulation of liquids
- 4.D. Frenkel, B. Smit. Understanding Molecular Simulations
- 5.A. Caro, C.Sepúlveda. Fundamentos de Scilab y aplicaciones
- 6.Manual de Scilab. <http://www.scilab.org>

## MEN603 FISICOQUÍMICA

### Objetivo:

En este curso se dará una visión panorámica de los compuestos orgánicos e inorgánicos más importantes y de sus propiedades termodinámicas, químicas y físicas. Se dará igualmente las bases para su caracterización por técnicas espectroscópicas.

### Contenido:

1. Conceptos de Termodinámica: primera y segunda Ley
2. Potenciales termodinámicos: entalpía, función de Gibbs, función de Helmholtz
3. Cambios de fase: primer y segundo orden, ecuación de Clausius Clapeyron, ecuación de Erhenfest, potencial químico.
4. Estabilidad de las fases y transformaciones de fases en materiales.
5. Compuestos orgánicos e inorgánicos: propiedades químicas y físicas
6. Espectroscopias: infrarroja, Raman, UV-Visible, resonancia magnética nuclear, resonancia de espín del electrón.
7. Catálisis homogénea y heterogénea
8. Macromoléculas

### Bibliografía

1. Físicoquímica. P. W. Atkins,
2. Química Analítica. Skoog, Leary
3. Química Orgánica. Mc Murry
4. Química Inorgánica. P.W. Atkins



## MEN604 USO DE LOS RADIOISÓTOPOS Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Objetivo:** Desarrollo de los conceptos básicos en la elaboración y utilización de los radioisótopos, y los efectos de la radiación en los seres vivos.

### Contenido:

1. Producción de radioisótopos. Reacciones nucleares. La sección eficaz. El reactor nuclear. Aceleradores de partículas cargadas. Trazadores y moléculas marcadas. Métodos de producción de radioisótopos a escala industrial. Producción de algunos radioisótopos mas importantes.
2. Empleo de los radioisótopos en distintos campos. Los radiofármacos: producción y aplicaciones generales. Criterios para el análisis de su pureza. Métodos de control de pureza. Radiofarmacología: nociones.
3. Radioisótopos e imágenes. Uso de los radioisótopos en diagnóstico y terapia. Radiofármacos de uso médico. Medicina Nuclear y Radioinmunoanálisis.
4. Uso de los radioisótopos en la industria y en la agricultura. Irradiación de productos médicos y alimentos. Otros usos: arqueología, tratamiento de aguas residuales, control ambiental, etc.
5. Efectos biológicos de las radiaciones. Conceptos generales: célula, genética elemental, biología humana. Efectos en las células; características; radiosensibilidad; teorías que explican el daño. Radiobiología básica. Efectos en los tejidos; variación de la respuesta con la dosis y la intensidad de la dosis. Efectos en el hombre; definición de riesgo y comparación de radiación con los otros riesgos de la vida; efectos somáticos y genéticos; probabilidad de incidencia con distintos efectos (cáncer, leucemia, etc.).
6. Introducción a la protección radiológica. Magnitudes y unidades utilizadas.
7. El sistema de protección radiológica para prácticas propuestas y continuas. Justificación de la práctica. Optimización de la protección con ejemplos. Límites de dosis individuales. Restricciones de dosis para trabajadores y miembros del público. Control de la exposición ocupacional. El control de las exposiciones médicas. El control de la exposición del público. Exposiciones potenciales. Sistema de protección para la intervención. Fundamentos de la protección radiológica en intervenciones.
8. Protección radiológica ocupacional. Organización y gestión. Métodos de protección. Características de seguridad del diseño de la instalación y del equipo. Controles administrativos y de procedimiento. Capacitación. Vigilancia radiológica. Exposición a fuentes naturales de radiación. Cultura de seguridad. Estudio del caso particular de una práctica.
9. Aspectos operacionales de la protección radiológica. Técnicas de protección contra la irradiación externa e interna. Responsabilidades. Condiciones de trabajo. Clasificación de áreas de trabajo. Equipo de protección personal. Registros. Circunstancias especiales.
10. Aspectos tecnológicos de la protección radiológica. Cálculo de blindajes. Diseño. Plan de emergencia. Almacenamiento de equipos y fuentes.
11. Gestión de desechos radiactivos. Definiciones. Criterios. Origen de los desechos. Fases de la gestión de desechos. Exenciones. Tratamiento de fuentes en desuso.
12. Transporte de material radiactivo. Conceptos generales. Tipos de bultos. Disposiciones administrativas.

Requisitos complementarios.

13. Situaciones anormales y actuación en emergencias. Reconstrucción de accidentes; evaluación dosimétrica; informes. Principales accidentes ocurridos. Lecciones aprendidas.
14. Aspectos prácticos: Empleo de los conceptos de distancia y tiempo. Utilización de blindajes. Uso y calibración de monitores portátiles. Radiación dispersa. Verificación de fugas de material radiactivo – contaminación. Procedimientos operativos (zonificación, señalización, etc.). Verificación de condiciones de seguridad del equipo. Mantenimiento de equipos, accesorios e instrumental; inspección periódica. Procedimientos de emergencia (sobreexposiciones, mal funcionamiento de equipos y accesorios, daño de fuentes, pérdida y robo de fuentes, recuperación de fuentes, etc.). Almacenamiento de equipos. Confección de registros del movimiento de fuentes y equipos.
15. Protección radiológica en las diversas aplicaciones (médicas, industriales e investigación). Aspectos generales. Aspectos regulatorios de la protección radiológica.

#### **Bibliografía:**

1. S. Glasstone. Ingeniería de reactores. (1981)
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Industrial application of radioisotopes and radiation technology". Proceedings Series, IAEA, Vienna (1975)
3. Agustín Tanarro "Radiaciones ionizantes", JEN (1986)  
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Publicaciones relacionadas con los temas específicos del curso, período 1998-2001.
4. Benedict, M. ; Pigford, T. ; Levi, H.. "Nuclear Chemical Engineering" . 1981  
SEPR "ICRP-60 Recomendaciones 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica". Madrid (1995).
5. Ortega, X. "Radiaciones Ionizantes. Utilización y riesgos". Barcelona (1996).
6. ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. "Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación". Colección Seguridad No.115, OIEA, Viena (1997).
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure governing Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources". IAEA-TECDOC-1067, Vienna (1999).
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Recommendation for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching". Safety Series No. 102, IAEA, Vienna (1990).
9. INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources" . IAEA TECDOC 1113, Vienna (1999).
10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radiactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching". Safety Series No.91, IAEA, Vienna (1989).
11. ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA. Manual Practico de Seguridad Radiológica. Manuales sobre Gammagrafía Industrial, Medidores Nucleónicos, Irradiadores, OIEA, Viena (1994).

## MEN605 INSTRUMENTACION NUCLEAR

### Objetivo:

Introducir los conceptos de instrumentación de modo general, resaltando la instrumentación nuclear y su electrónica asociada.

Desarrollar los conceptos de la teoría de control

Desarrollar los conceptos de control por computadora.

### Contenido:

1. Sensores. Transductores. Actuadores. (4horas)
2. Amplificadores operacionales (8 horas)  
Circuitos ideal de los Amplificadores Operacionales  
Polarizacion, desviaciones y deriva  
Amplificadores diferencial, de instrumentacion y puente  
Filtros activos
3. Introduccion a la instrumentacion nuclear. (4horas)  
La instrumentación nuclear como sistema.  
Las radiaciones – características y modos de interacciones con la materia.  
Introduccion a a algunos tipos de detectores.  
Introducción a los circuitos de tratamiento.
4. Detectores de radiaciones (6horas)  
Cámaras de ionización en modo corriente y modo pulso .  
Contadores proporcionales.  
Contadores Geiger-Muller  
Detectores de Centelleo  
Detectores de Semiconductor
5. Electrometros (2horas)
6. Instrumentos para conteo de pulsos e instrumentos para espectrometria. (4hora)
7. Cables y conectores coaxiales. Normas NIM (2horas)
8. Conversores A/D y D/A (2horas )
9. Fundamentos de adquisición de datos (2horas )
10. Introducción a los Sistemas de Control Continuo y Discreto. Definiciones Básicas. Modelamiento Matemático. Ecuaciones Diferenciales. Ecuaciones de Salida (4horas )
11. Sistemas de Lazo Abierto y de Lazo Cerrado. Realimentación. Efectos de la Realimentación. Sensibilidad, Ancho de Banda, Estabilidad. Respuesta Transitoria y Estacionaria (4horas )
12. Comunicación Digital. Introducción. Modelo de referencia OSI. Redes locales industriales. Topología de redes LAN. Nivel Fisico de la red. Enlaces estandar (4horas )
13. Introducción al tratamiento de imágenes usando el matlab. (6horas)  
Introducción  
Fundamentos  
Transformaciones de intensidad y filtrado espacial  
Procesamiento en el dominio de la frecuencia

### Bibliografía

- BALCELLS J. y ROMERAL J.L. Autómatas programables, Alfaomega 1998
- COUGHLIN R. y DRISCOLL F. Circuitos integrados lineales y amplificadores operacionales, PrenticeHall, 1987
- KEITHLEY. Low Level Measurements, 5th edition
- SINDERMAN J. Instrumentación Nuclear, CSEN, Perú
- TANARRO A. Instrumentación Nuclear, JEN, España, 1970
- KNOLL G., Radiation Detection and Measurement, 1989
- TIETZE U. SCHENK CH. Circuitos electronicos avanzados –Marcombo 1983
- GOMARIZ S. Teoria de Control – Diseño Electronico- Alfaomega 1999
- GONZALES R., WOODS R. y EDDINS S. Digital Image Processing using Matlab – Pearson Education

## MEN606 CIENCIA DE LOS MATERIALES

**Objetivo:** Estudiar las propiedades básicas de los materiales, correlacionando las características moleculares y microestructurales con las características y propiedades macroscópicas.

### Contenido:

1. Introducción
2. Estructura Atómica y Tipos de enlace.
3. Estructura Cristalina de sólidos
4. Imperfecciones en sólidos
5. Difusión
6. Propiedades Mecánicas de Metales
7. Dislocación, endurecimiento y fallas de los sistemas mecánicos
8. Transformaciones de fase en metales, aleaciones y procesamiento
9. Estructuras, propiedades aplicaciones y procesamiento de cerámicos
10. Estructuras poliméricas y composites: aplicaciones y procesamiento
11. Corrosión y degradación
12. Propiedades eléctricas y térmicas de materiales
13. Propiedades ópticas y magnéticas de materiales
14. Nanomateriales

### Bibliografía

1. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. William D. Callister, Jr..Reverté. 1995
2. Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros. 4ª Ed. JF Shackelford. Prentice-Hall, Madrid, 1998.
3. Ingeniería de los Materiales. V.B. Jhon. Addison-Wesley Iberoamericana. 1994.
4. Naturaleza y propiedades de los materiales para ingeniería. Zbigniew D. Jastrzebski,. Interamericana. 1979.
5. Ciencia e Ingeniería de Materiales. D. Askeland. International Thomson Editores.

## CURSOS ELECTIVOS

### MEN701 NANOMATERIALES

#### Objetivos:

- a) Discutir los diferentes métodos de obtención y síntesis de nanomateriales y nanoestructuras;
- b) Conocer los principios y métodos de caracterización de los nanomateriales;
- c) Evaluar los efectos del nanoestructurado sobre las propiedades de los materiales.

#### Contenido:

1. Técnicas de obtención de los nanomateriales
2. Nanopartículas, nanohilos, nanotubos
3. Microscopía de fuerza atómica
4. Microscopía de barrido de tunelamiento
5. Dispersión de rayos -X y neutrones a bajo ángulo
6. Microscopía Electrónica de Transmisión
7. Modelamiento y simulación atómica de las nanoestructuras
8. Estructura electrónica de los nanomateriales.
9. Materiales compuestos nanoestructurados
10. Absorción en materiales nanoporosos
11. Catálisis en materiales nanoporosos
12. Propiedades ópticas de los nanomateriales
13. Propiedades mecánicas de los nanomateriales

#### Bibliografía

1. Nanostructured Materials, ed. Jackie Ying. Academic Press (2001).

## MEN702 POLÍMEROS

**Objetivo:** Desarrollar los conceptos básicos necesarios para predecir las propiedades de los materiales poliméricos en función de la estructura de los monómeros y del método de polimerización.

### Contenido:

1. Conceptos generales
2. Tipos de Polímeros: Lineales y ramificados. Sintéticos, naturales, biológicos, inorgánicos.
3. Métodos de polimerización: por radicales libres, con la ayuda de metales de transición, por apertura de ciclos. Uso de macromonómeros. Termodinámica y cinética de polimerización
4. Propiedades químicas y físicas: Interacciones entre cadenas. Grado de polimerización, distribución de la masa molar, cristalinidad. Tg, Tm. Polímeros en solución (reología). Propiedades térmicas, mecánicas. Propiedades conductoras.
5. Caracterización de polímeros: Determinación de la estructura por técnicas espectroscópicas (RMN, IR, Raman) y microscopía. Determinación del peso molecular.
6. Procesamiento de polímeros: Fibras poliméricas. Reforzamiento por introducción de cargas inorgánicas o vegetales. Comportamiento de polímeros fundidos. Recubrimiento de superficies.
7. Procesamiento por radiación de polímeros: Efecto de la radiación gamma en polímeros sintéticos y naturales.
8. Degradación y estabilización de polímeros: Degradación térmica, fotoquímica y química. Influencia en las propiedades de los polímeros. Estabilizadores UV y térmicos.
9. Aplicaciones avanzadas de polímeros: Polímeros en electrónica y fotónica.

### Bibliografía:

1. Polymer Science and Technology, 2/E, Prentice Hall, 2003
2. Seymour, Carraher; Polymer Chemistry, 6th Edition, CRC, 2003
3. Areyza J., Polímeros, ED. Síntesis, 2002
4. L. Garrido, L. Ibarra y C. Marco, Ciencia y Tecnología de Materiales Poliméricos, ICTP-CSIC, 2004

## MEN703 BIOLOGIA MOLECULAR

**Objetivo:** Que el alumno adquiera los conocimientos básicos de la biología molecular para una mejor comprensión de los procesos vitales que ocurren en los seres vivos en general y en especial del ser humano.

### Contenido:

1. Conceptos generales de Biología celular  
Célula unidad estructural y funcional. Organización y tamaño celular. Caso especial: virus y priones. Células procariotas y células eucariotas. Un viaje fascinante: de la membrana al núcleo celular. Pared celular, citoesqueleto, corpúsculos polares, matriz celular. Organelas subcelulares: mitocondrias las centrales de energía. Modificaciones post traduccionales: los retículos y el complejo de Golgi. Digestión celular: lisosomas, plastidios, vacuolas. Núcleo celular: el gobierno central, cromatina y cromosomas.
2. Herencia y Genética  
Un poco de historia: Mendel y las arvejas, Darwin y los pinzones de las Galápagos, Morgan y las mosquitas del vinagre, otros modelos de herencia. El principio transformador. El DNA como material genético. Modelo Watson-Crick. Mutación. División celular: mitosis, meiosis. El desciframiento del código genético. Replicación génica: errores y mecanismos de reparación.
3. Conceptos generales de Biología Molecular  
Del DNA a las proteínas. El RNA, síntesis y procesamiento (transcripción). Lectura del código genético (traducción) e interpretación en proteínas. El DNA como material genético. Sistemas de restricción y modificación bacterianos, endonucleasas de restricción. Bases de la replicación del DNA. Elementos extra cromosómicos: plásmidos, cósmidos, transposones. Regulación génica: modelo del operón lactosa. Elementos reguladores: promotores, enhancers
4. Técnicas moleculares  
Electroforesis de ácidos nucleicos y proteínas. Secuenciamiento del DNA y proteínas. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Clonación. Hibridación de ácidos nucleicos. Vectores de expresión procariotas y purificación de proteínas recombinantes. Bibliotecas de cDNA.
5. Aplicaciones de la Biología Molecular  
Medicina e industria farmacéutica: pruebas de diagnóstico de enfermedades, prueba de la paternidad, drogas sintéticas, vacunas recombinantes, anticuerpos monoclonales, investigación traslacional. Agricultura y ganadería: genotipificación y mejoramiento genético de variedades domésticas. Transgénicos: organismos modificados genéticamente (OGM). Dudas y especulaciones acerca de la biología molecular. Legislación sobre patentes y bioética

### *Bibliografía*

1. Lehninger . 2005. Principios de Bioquímica. Ed. Omega. 4ta Ed.
2. Lodish. 2004. Biología celular y molecular

## MEN704 TÉCNICAS ANALÍTICAS

**Objetivo:** que el alumno adquiera los conocimientos básicos (principios y métodos) de cuantificación de elementos atómicos en los materiales; es de naturaleza teórica -práctica y esta dirigido a los alumnos de la maestría de Energía Nuclear con orientación a materiales.

### Contenido:

1. Fluorescencia por rayos X (FRX)  
Producción de Rayos X. Espectros de Rayos X. Absorción de Rayos X: Efecto Compton.- Eficiencia de la fluorescencia: Efecto Auger. Intensidad de líneas características. Instrumentación en fluorescencia de Rayos X. Preparación de la muestra en fluorescencia de Rayos X. Fundamentos del análisis cualitativo por fluorescencia de Rayos X. Evaluación de espectros, Análisis cuantitativo. Métodos de calculo. Limites de detección, Cálculos de Incertidumbres. Practica de laboratorio.
2. Análisis por activación neutrónica instrumental (AAN)  
Fundamentos teóricos. Reactores Análisis y otras fuentes de neutrones. Preparación de muestras y patrones. Mediciones. Separaciones químicas. Espectrometría gamma. Análisis cuantitativo. Métodos de calculo, Límites de detección, Calculo de incertidumbres. Limitaciones. Practica de laboratorio.
3. Emisión Atómica (ICP)  
Fundamentos teóricos, instrumentación, Preparación y Tratamiento de muestras, Interferencias, fuentes de error y soluciones. Practica de laboratorio.
4. *Absorción Atómica:*  
Fundamentos teóricos, Componentes de un equipo de absorción atómica, Alcances de la técnica en diferentes aplicaciones, Métodos de preparación de muestras, Tratamiento de datos y emisión de resultados, Ventajas, Limitaciones. Practica de laboratorio.

### Bibliografía

1. Ehmann, W. And Vance, Diane "Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis", John Wiley and Sons Inc., 1991.
2. Heinrich, K. "Nuclear and Radiochemistry Fundamentals and Applications", VCH Publishers, 1997.
3. Skoog, D.A., Holler, F.J. y Nieman, T.A. "Principios de Análisis Instrumental", 5a. Edición. McGraw-Hill, 2001.
4. Skoog, D.A., y Leary, J.J. "Análisis Instrumental", 4a. Edición. McGraw-Hill, 1994.
5. Willard, H.H.; Merritt, L.L., y Dean, J.A. "Métodos Instrumentales de Análisis", 7ª. edición. Grupo Editorial Iberoamérica, 1991.
6. Van Grieken, R.E. and Markowicz, A. A. "Handbook of X-Ray Spectrometry" M. Dekker, Inc. (1993)



## MEN705 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (AVANZADO)

**Objetivo:** Dar los elementos básicos de la protección radiológica

**Contenido:**

1. El papel de las organizaciones internacionales de protección radiológica: ICRP, CIUMR, OIEA, UNSCEAR, OIT, OMS, OPS, FAO y AEN/OCDE.
2. Infraestructura Reguladora. Necesidad de un programa regulador. Legislación. Elementos esenciales y conceptos. Autoridad reguladora. Funciones y responsabilidades. Independencia efectiva, recursos y estructura organizativa.
3. Elementos Básicos de un Programa Regulador. Financiamiento. Reglamento de seguridad y protección radiológica. Alcance. Conceptos de exclusión, exención y dispensa.
4. Requerimientos técnicos y de gestión. Estructura de los reglamentos. Modelos. Notificación sobre la posesión y uso de las fuentes de radiación. Responsabilidades y procedimientos. Caracterización de las fuentes de radiación.
5. Autorización sobre la posesión y uso de fuentes de radiación. Categorización de las fuentes de radiación. Criterios para la inscripción en registro y concesión de licencia. Evaluación reguladora. Contenido de la licencia. Duración
6. Inspección. El inspector: poderes, responsabilidades, y relación con la persona jurídica. Comportamiento del inspector. Objetivos de la inspección. Prioridades y frecuencia de las inspecciones. Preparación, conducción e informe de la inspección. Contenido del informe. Indicadores de desempeño.
7. Coerción. Política coercitiva. Procedimientos. Respuesta a las emergencias. Funciones de la autoridad reguladora en el plan nacional de respuesta a las emergencias. Procedimientos. Personal de la autoridad reguladora. Investigación y seguimiento. Bases para llevar a cabo una investigación. Papel de la autoridad reguladora. Causas y lecciones aprendidas. Documentación, difusión de la información y seguimiento
8. Personal y entrenamiento. Identificación del tipo de entrenamiento y habilidades requeridas. Uso de consultores y comités asesores. Desarrollo y uso del plan de personal. Difusión de la información. Procedimientos para la colección de información nacional e internacional. Difusión de información a involucrados.
9. Servicios técnicos. Papel de la acreditación. Coordinación y cooperación. Acuerdos a nivel nacional e internacional. Gestión y Evaluación de la Efectividad de un Programa Regulador Nacional para el Control de las Fuentes de Radiación. Sistema de gestión. Documentación. Criterios de desempeño del programa y de cada elemento del programa regulador. Niveles de evaluación del programa. Recursos necesarios para el programa regulador en base al inventario nacional de fuentes.
10. Normas específicas sobre seguridad y protección radiológica en el uso de radiaciones ionizantes en medicina, industria e investigación (medicina nuclear, radiografía industrial, radioterapia, irradiadores industriales, radiodiagnóstico médico, ...). Requerimientos generales. Programa de Protección Radiológica.

Requisitos administrativos. Funciones y responsabilidades del personal de una instalación radiactiva. Experto Calificado. Reglas locales. Educación y entrenamiento.  
Requisitos de seguridad. Requisitos de diseño de la fuente y equipos. Requisitos de diseño de instalaciones. Almacenamiento de fuentes y equipos. Requisitos operacionales con equipos y en instalaciones.

11. Exposición ocupacional. Clasificación de áreas. Dosimetría personal. Vigilancia radiológica de las áreas de trabajo. Dispositivos de protección radiológica. Investigación y seguimiento. Exposición del público. Desechos radiactivos. Exposición potencial. Evaluación de la seguridad. Garantía de calidad. Seguridad de las fuentes de radiación. Mantenimiento. Emergencias.

### **Bibliografía:**

1. Normas técnicas nacionales del IPEN, 1995 - 2003
2. TECDOC del Organismo Internacional de Energía Atómica sobre normas de seguridad radiológica para diversas prácticas, 2001 – 2003
3. ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. “Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación”. Colección Seguridad No.115, OIEA, Viena (1997).
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure governing Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources”. IAEA-TECDOC-1067, Vienna (1999).
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Recommendation for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching”. Safety Series No. 102, IAEA, Vienna (1990).
6. INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Safety assessment plans for authorization and inspection of radiation sources” . IAEA TECDOC 1113, Vienna (1999).
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radiactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching”. Safety Series No.91, IAEA, Vienna (1989).

## MEN706 RADIOTRAZADORES Y SISTEMAS DE CONTROL NUCLEÓNICO

**Objetivos:** Aplicaciones de los radiotrazadores para el control de parámetros en los sistemas físicos y sus aplicaciones en la industria.

### **Contenido:**

1. Generalidades, importancia en la industria y medioambiente. Perspectivas futuras. Importancia de los isótopos y las radiaciones en la solución de problemas ambientales. Criterios de seguridad.
2. Principios de técnicas de trazadores. Concepto de trazador, tipos de trazadores, selección de las técnicas de trazadores. Técnicas de inyección, detección de muestreo, equipamiento y adquisición de datos, evaluación. Riesgos asociados fundamentos sobre la preparación, fraccionamiento y manipuleo de trazadores.
3. Aplicaciones de las técnicas de trazadores. Aplicaciones en flujo de fluidos, determinación de velocidades, flujos volumétricos y másicos, determinación de distribuciones de tiempos de residencia, eficiencias de mezclado, localización de fugas en tuberías y equipamientos, estudios de dispersión de contaminantes vertidos al medio ambiente, evaluación y optimización de operaciones industriales minero-metalúrgicas, petroleras, químicas, etc. Evaluaciones hidrogeológicas en minería e importancia ambiental. Evaluación de parámetros hidrodinámicas. Casos de relaves y gases de chimenea vertidos al medio ambiente y evaluaciones de su impacto ambiental utilizando tecnología nuclear.
4. Principios de los sistemas de Control Nucleónico. Fuentes selladas de radiación, tipos de fuentes, configuraciones, manipulación y mantenimiento.
5. Aplicaciones de las Fuentes de Radiación. Sistemas de Control Nucleónico en la Industria Minero-Metalúrgica. Medidores de nivel, densidad, espesor, concentración de partículas, sedimentos depositados o en suspensión, humedad, etc. Analizadores nucleónicos en línea. Evaluaciones ambientales. Aspectos de seguridad radiológica en el uso de trazadores y medidores nucleónicos.
6. Casos de Estudio:  
En la Industria Minera: estudios de tiempos de residencia en hornos, estudios de mezcla en sistemas de homogenización, etc. Evaluación de plantas de lixiviación, mediciones de eficiencia de molinos en la industria minera, cuantificación de fugas y evaluación de tiempos de residencia en molinos centrífugos en la minería del oro. Evaluaciones ambientales. Caracterización de flujos en de flotación y columnas de lixiviación. Evaluaciones ambientales. Determinaciones de niveles en: tanque esféricos de Gas Licuado de Petróleo, Reactores de Presión múltiples paredes y en recipientes diversos de la industria química y metalúrgica, recubrimiento de productos laminadas, etc. Impacto ambiental. Analizadores de contenido de cenizas en carbón. Estudios de transporte de sedimentos utilizando fuentes selladas.  
En la Industria Petrolera y Petroquímica: Evaluación de columnas de destilación utilizando perfilajes gamma y neutrónicos, optimización de las labores de recuperación secundaria en la producción de petróleo y mejora del fracturamiento hidráulico en la estimulación de la producción petrolera.
7. Aplicaciones ambientales de la irradiación. Tratamiento de gases de combustión. Vulcanización por irradiación. Determinación de zonas de infiltración en diques y efecto en el medio ambiente, aplicaciones ambientales de procesamiento de polímeros. Criterios de contaminación del aire urbano. Contaminación de litorales.

## *Bibliografía*

1. Valkovic, V. "Tracer Element Analysis". (1975)
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Isotope Tracer Studies of Chemical Residues in Food and the Agricultural Environment. (1974)
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Consultants Meeting on Isotopes of Noble Gases as Tracers in Environmental Studies. Vienna. (1989).
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Isotopes of Noble Gases as Tracers in Environmental Studies (1992)
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Technical Reports Series No. 316. Guidebook on Radioisotope Tracers in Industry (1990).
6. Cameron, J.F.; Clayton, C.G. "Instrumentos Nucleónicos". (1975)

## TEMARIO DE ADMISIÓN

### Biología

### 10 Preguntas alternativas

1. Biología de la célula: Organización celular. Funcionamiento de las partes de la célula. Organización del material genético. Reproducción celular (mitosis y meiosis). Ciclo celular.
2. Los cromosomas humanos: Características del cariotipo humano. Técnicas de estudio. Aplicaciones de estos conocimientos.
3. Biología del ADN: El Modelo de Watson y Crick. Estructura del ADN. Biosíntesis (Duplicación). Transcripción. Traducción. Mutación del ADN y sus causas. Las enzimas de restricción y la reparación del ADN.
4. Genética molecular: Qué son los genes y cómo funcionan. Purificación y secuenciamiento del ADN. Elaboración de mapas de genes.

### Química

### 10 Preguntas alternativas

1. Tipos de enlace. Orbitales atómicos. Hibridación y forma de las moléculas. Características del enlace covalente y del enlace iónico. Polaridad. Fuerzas intermoleculares.
2. Ácidos y bases. Cálculo de pH. Soluciones reguladoras. Aplicaciones. Solubilidad. Producto de solubilidad. Factores que modifican la solubilidad.
3. Velocidad de reacción. Ecuaciones cinéticas. Orden de reacción. Mecanismo de reacción y molecularidad. Factores de los que depende la velocidad de una reacción. Utilización de catalizadores. Equilibrio químico. Constante de equilibrio:  $K_c$  y  $K_p$ . Grado de disociación. Factores que modifican el estado de equilibrio: principio de Le Chatelier. Equilibrios heterogéneos sólido-líquido.
4. Formación de complejos de coordinación. Estabilidad. Efecto quelato.
5. Procesos de oxidación - reducción. Potenciales redox. Pilas. Electrólisis. Celdas electrolíticas. Concepto de corrosión.
6. Química del carbono. Enlaces y estructura de los compuestos orgánicos. Grupos funcionales. Reactividad de los compuestos orgánicos. Efectos electrónicos. Tipos de reacciones orgánicas. Mecanismos de las reacciones orgánicas.

### Física

### 5 Preguntas a desarrollar

1. Fundamentos de la Mecánica Cuántica Clásica. Radiación térmica y el Postulado de Planck. Propiedades corpusculares de la radiación electromagnética: efecto fotoeléctrico, efecto Compton y creación y aniquilación de pares. Propiedades ondulatorias de las partículas y el Postulado de Broglie: Onda de materia, principio de incertidumbre.
2. Modelo Atómico de Bohr. Modelo de Thomson y el Modelo de Rutherford. Espectros atómicos: Líneas espectrales, fórmula de Balmer, constante de Rydberg. Postulados y Modelo de Bohr. Estados de energía atómicos: Experimento Frank-Hertz.
3. Teoría de Schrödinger de la Mecánica Cuántica. Interpretación de las funciones de onda. Valores de expectación. La ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Propiedades requeridas para las funciones propias. Cuantización de la energía.
4. Soluciones de las ecuaciones de Schrödinger independientes del tiempo. El Potencial cero. El potencial escalón. Barrera de potencial: penetración de barreras por partículas. Potencial de pozo cuadrado. Potencial de pozo cuadrado infinito. El potencial del oscilador armónico simple.

## **Matemática Básica**

## **5 Preguntas a desarrollar**

1. Funciones analíticas complejas. Números complejos. Funciones analíticas complejas. Series de Taylor
2. Álgebra de vectores. Sistemas de ecuaciones lineales. Cálculo diferencial vectorial. Cálculo integral vectorial.
3. Matrices. Cálculo de autovalores
4. Ecuaciones diferenciales ordinarias. Ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden.