



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO Física Médica Laboratorio

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ing. Biomédica
2020
01/07/2025



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	6
<i>Carga Horaria del alumno</i>	<i>6</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>6</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	7
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	8
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>8</i>
<i>Reglamento de uniforme</i>	<i>8</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>9</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>9</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>10</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA..	12
PRÁCTICAS.....	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	23

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Propósito del manual

El presente manual tiene como propósito guiar y fortalecer el aprendizaje experimental de los principios fundamentales de la física médica, permitiendo al estudiante de Ingeniería Biomédica comprender, aplicar y analizar los fenómenos físicos que intervienen en los procesos de diagnóstico y tratamiento médico mediante prácticas en laboratorio y simulaciones controladas. A través del trabajo práctico, el estudiante relacionará conceptos como radiación ionizante, interacción con la materia, imagenología, dosimetría y seguridad radiológica, con su aplicación en equipos y procedimientos biomédicos.

Justificación de su uso en el programa académico

La Física Médica es una disciplina esencial en la formación del Ingeniero Biomédico, ya que proporciona los fundamentos físicos que sustentan el funcionamiento de tecnologías clave en el sector salud, como la radiografía, la tomografía computarizada, la resonancia magnética, la medicina nuclear y la radioterapia. La comprensión práctica de estos principios es indispensable para el diseño, operación, evaluación y mantenimiento de equipos médicos que emplean radiaciones o campos electromagnéticos.

Este manual es una herramienta pedagógica que: Vincula la teoría con la experiencia directa, favorece el desarrollo de habilidades técnicas, éticas y analíticas, prepara al estudiante para colaborar con profesionales de la salud, contribuye al logro del perfil de egreso del programa, al integrar conocimientos de física, tecnología y medicina en escenarios reales o simulados que impactan la atención clínica y hospitalaria.

Competencias por desarrollar

- **Competencias blandas:** Durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio, el estudiante fortalecerá habilidades transversales esenciales para su formación profesional, como el trabajo en equipo y la colaboración interdisciplinaria, participando activamente en actividades experimentales y en el análisis colectivo de resultados. Se fomentará la comunicación efectiva, tanto oral como escrita, mediante la elaboración de reportes técnicos y la exposición clara de conclusiones. Asimismo, se promoverá el ejercicio de una actitud ética y responsable, especialmente en el manejo de equipos y procedimientos relacionados con la seguridad radiológica. El uso de tecnologías de la información y herramientas de simulación fortalecerá su capacidad de análisis, al igual que el pensamiento crítico y la resolución de problemas, lo cual será clave para enfrentar situaciones reales en el ámbito clínico y hospitalario.
- **Competencias disciplinares:** Las prácticas están diseñadas para que el estudiante comprenda y aplique los principios físicos fundamentales relacionados con la radiación, las interacciones con la materia y la generación de imágenes médicas, como los rayos X, la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la medicina nuclear. A través del trabajo experimental y el uso de simuladores, el estudiante aprenderá a medir, interpretar y calcular parámetros físicos relevantes, como dosis absorbida, coeficientes de atenuación, energía, intensidad, tiempo de exposición y señales electromagnéticas. Además, identificará las características operativas y técnicas de los equipos médicos, relacionando sus fundamentos físicos con su aplicación clínica. Se enfatiza también el conocimiento y la aplicación de principios de protección radiológica y control de calidad, indispensables en el uso seguro de radiaciones ionizantes en el ámbito de la salud.
- **Competencias profesionales:** A través del uso de este manual, el estudiante desarrollará competencias que le permitirán intervenir en escenarios reales o simulados del ámbito médico-hospitalario, aplicando los conocimientos adquiridos en física médica para colaborar en el diseño, operación, evaluación y mantenimiento de equipos y tecnologías biomédicas que utilizan radiación o campos electromagnéticos. Será capaz de participar en procesos de diagnóstico, control de calidad y tratamiento, integrando criterios técnicos, normativos y científicos para garantizar la seguridad y eficacia de los procedimientos. Asimismo, podrá elaborar y ejecutar protocolos de dosimetría y protección radiológica, con apego a la legislación vigente, contribuyendo a la seguridad del paciente, el personal médico y el entorno. Estas competencias se alinean con el perfil de egreso del ingeniero biomédico, preparándolo para desempeñarse profesionalmente en hospitales, clínicas, instituciones de investigación o empresas del sector salud, con un enfoque ético, técnico y multidisciplinario.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Termodinámica	
Clave	052CE064	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	052CE067	Plan de Estudios	2020

Área de Competencia	Competencia del curso
Especializante	Analizar el funcionamiento de los principales equipos empleados en física médica, mediante la aplicación de fundamentos teóricos y prácticos con el fin de optimizar la funcionalidad de estos, de acuerdo con los reglamentos y normas establecidos por los organismos correspondientes.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	3	0	2	5

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	01/07/2025
Responsables del diseño	Dr. Jorge Luis Iriqui Razcón, Dr. Pedro Amado Hernández Abril
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

[illegible]

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

1. Uso de bata obligatorio de acuerdo con los lineamientos establecidos en el reglamento de uniforme.
2. Por seguridad y orden:
 - a. No correr, fumar, vapear, ingerir bebidas ni alimentos.
 - b. No presentarse en estado inconveniente.
 - c. Está prohibido el ingreso de personas ajenas a la institución.
3. Uso de vestimenta adecuada:
 - a. Pantalón de algodón o mezclilla.
 - b. Zapato cerrado.
 - c. No portar accesorios.
 - d. Cabello recogido, en caso de ser necesario.
 - e. Uso de uniforme de acuerdo con el Programa Educativo.
4. El docente deberá asegurarse que los estudiantes utilicen adecuadamente el equipo de protección personal durante el desarrollo de la práctica.
5. En ausencia del docente, la práctica no podrá ser realizada.
6. Los estudiantes harán la solicitud de materiales y equipos dentro de los primeros veinte minutos de iniciar la práctica.
7. Los usuarios deberán evitar, en la medida de lo posible, estar solicitando materiales, equipos y reactivos a destiempo.
8. Se deberá cumplir y respetar la calendarización de prácticas fijada.
9. En caso de requerirse sesión extraordinaria, el docente solicitará al encargado del laboratorio el permiso de acuerdo con la disponibilidad en las instalaciones.
10. Es obligación de los usuarios limpiar su mesa de trabajo antes y después de la práctica.
11. No dejar en los botes de basura ni en las tarjas de lavado los desechos al finalizar la experimentación.
12. Los objetos punzo cortantes deberán ser desechados en el contenedor correspondiente.
13. Los útiles escolares y pertenencias personales deberán ser colocados en los estantes correspondientes.
14. El estudiante deberá resarcir los daños que por negligencia o intencionalmente ocasione a los bienes de la Universidad.
15. Al término de la práctica, el docente deberá cerciorarse que las llaves de gas y agua están debidamente cerradas.
16. El docente deberá disponer correctamente los residuos peligrosos generados.
17. Los usuarios deberán registrarse en las bitácoras correspondientes.

Reglamento de uniforme

1. Portar bata blanca en todo momento al interior del laboratorio. Esta debe ser de manga larga, sin llegar a cubrir el puño, larga hasta aproximadamente la rodilla, de botones o velcro y preferentemente, de algodón. La bata debe usarse cerrada y estar limpia.
2. El usuario debe de usar zapato cerrado y pantalón de algodón o mezclilla. No usar accesorios.
3. En caso de pertenecer a un Programa Educativo con uniforme propio, deberá portarlo debajo de la bata.

Uso adecuado del equipo y materiales

1. Todos los materiales, reactivos, equipos e insumos suministrados por el almacén pertenecen a la Universidad Estatal de Sonora, salvo que se indique lo contrario.
2. Ningún material, equipo, reactivo o insumo deberá ser sustraído del laboratorio o de su almacén sin previo consentimiento del auxiliar de laboratorio o encargado de este.
3. Los materiales, equipos, reactivos e insumos deberán ser solicitados por el docente con el formato correspondiente al auxiliar de laboratorio con al menos 24 horas de anticipación de la práctica (Anexo 1).
4. El estudiante deberá solicitar el material dentro de los primeros veinte minutos de empezar la práctica.
5. Los docentes deberán instruir a los alumnos sobre el uso correcto de los materiales, equipos y reactivos que manejarán durante la práctica, así como de los posibles riesgos por su uso.
6. Por su naturaleza, todas las sustancias químicas deben ser tratadas como peligrosas y, por lo tanto, deben ser manipuladas con estrictas medidas de seguridad y bajo la supervisión del docente, auxiliar de laboratorio o encargado de este.
7. Durante las prácticas, los docentes son los responsables de las sustancias químicas y velar por su correcto uso.
8. Los materiales y equipos pueden ser prestados a los estudiantes durante sus prácticas de laboratorio, bajo el entendido de que, en caso de dañarlos, deben de reponerlos.
9. Cualquier daño, incidente o accidente sobre los materiales y equipos del laboratorio, deberá ser reportado inmediatamente al auxiliar de laboratorio o encargado de este.
10. Los usuarios son responsables de regresar los materiales y equipos de laboratorio utilizados limpios y en perfectas condiciones

Manejo y disposición de residuos peligrosos

1. Desde la planeación de la práctica, el docente deberá tener en cuenta la generación de residuos peligrosos, colocando en el Formato de "Solicitud de materiales, equipos y reactivos" (Anexo 1) la cantidad de residuos que se esperan generar.
2. El docente explicará a los estudiantes el manejo correcto de los residuos peligrosos generados, así como de su correcta disposición en el contenedor correspondiente.
3. Los desechos punzocortantes deberán depositarse en el contenedor rojo debidamente identificado. Solo debe depositarse el extremo cortante, no las piezas plásticas, tapones o empaques.
4. Una vez finalizada la práctica, el docente deberá entregar los recipientes con residuos peligrosos debidamente etiquetados al encargado o auxiliar de laboratorio.
5. El encargado o auxiliar de laboratorio deberá anotar en la bitácora correspondiente a residuos peligrosos y llevarlos al almacén temporal de residuos peligrosos de la Universidad Estatal de Sonora para su debida disposición final; con el visto bueno del encargado de residuos peligrosos de la universidad.
6. Para más información, formatos de etiquetas, ejemplos de llenado de bitácora, revisar el Manual de Manejo de residuos peligrosos, que puede encontrar con el siguiente Código QR.



Procedimientos en caso de emergencia

1. Conocer la ubicación y uso de:
 - a. Extintores
 - b. Ducha de seguridad y lavajojos
 - c. Botiquín de primeros auxilios
 - d. Salidas de emergencia
2. Identificar la emergencia. De acuerdo con Protección Civil del Estado de Sonora, se le considera Emergencia a una situación de peligro o desastre que requiere atención inmediata y acciones urgentes para salvar vidas, proteger bienes, y evitar o reducir el sufrimiento y las pérdidas derivadas de un evento inesperado o un riesgo colectivo.
3. Mantener la calma en todo momento.
4. Dar aviso al docente y al encargado o auxiliar de laboratorio.
5. Evaluar la situación para tomar las medidas pertinentes.
6. Avisar a las autoridades universitarias.
7. En todo momento, salvaguardar la seguridad propia y las vidas humanas es primordial. Nunca actuar solo.

En Caso de Derrame Químico

Derrame pequeño (no corrosivo ni tóxico):

1. Usar guantes y material absorbente (papel, toallas especiales).
2. Limpiar el área con agua y jabón.
3. Desechar los residuos en contenedores adecuados.

Derrame grande o peligroso (ácidos, solventes, reactivos tóxicos):

1. Evacuar el área inmediatamente.
2. Informar al responsable.
3. No intentar limpiar sin equipo adecuado.
4. Aislar el área para evitar exposición de otros.

En Caso de Fuga de Gas

1. No encender ni apagar interruptores eléctricos.
2. Cerrar la válvula de gas si es seguro hacerlo.

3. Abrir puertas y ventanas para ventilar.
4. Evacuar el laboratorio y notificar al responsable.
5. Llamar a mantenimiento o protección civil.

En Caso de Incendio

1. Activar la alarma contra incendios
2. Utilizar el extintor solo si:
 - a. El fuego es pequeño
 - i. Se conoce su uso.
 - ii. Hay una salida libre cercana.
 - b. Si el fuego es grande:
 - i. Evacuar de inmediato.
3. Cerrar puertas al salir sin bloquear salidas.
4. No usar elevadores.
5. Llamar al 911 y reportar el incendio.
6. Reunirse en el punto de encuentro designado.

En Caso de Explosión

1. Protegerse detrás de una mesa o estructura firme.
2. Alejarse de vidrios y materiales sueltos.
3. Evacuar el laboratorio con precaución tras la explosión.
4. Reportar a autoridades escolares de inmediato.

En Caso de Contacto o Exposición a Sustancias Químicas

1. En piel o ropa:
 - a. Usar la ducha de emergencia durante al menos 15 minutos.
2. En ojos:
 - a. Enjuagar en el lavaojos durante al menos 15 minutos.
3. Inhalación de vapores:
 - a. Salir al aire libre de inmediato y respirar con normalidad.
4. Notificar siempre al responsable y acudir a revisión médica.

Primeros Auxilios

1. En caso de quemaduras, cortes o accidentes:
 - a. Informar inmediatamente al docente o técnico.
 - b. Aplicar primeros auxilios básicos.
 - c. Llamar a emergencias si es necesario.
2. Nunca administrar medicamentos sin autorización médica.

Evacuación General

1. Seguir las rutas de evacuación señaladas.
2. No correr ni empujar.
3. No regresar por objetos personales.
4. Reunirse en el punto de encuentro y esperar instrucciones.

Reporte de Emergencias

Todo incidente o accidente debe registrarse en el Formato de Reporte de Incidentes del Laboratorio, detallando lo ocurrido y las acciones tomadas.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC I Comprender los principios físicos, químicos y matemáticos que rigen el comportamiento de la materia y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes utilizadas en los equipos de física médica con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento de estos, dentro de los intervalos establecidos por los lineamientos.
--	---

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Identificación de instalaciones radiactivas	Reconocer los elementos estructurales, funcionales y normativos de una instalación radiactiva, con la finalidad de comprender su clasificación, diseño y requisitos de seguridad, a partir del análisis documental, visitas guiadas o simulaciones de entornos reales, en el contexto del manejo seguro de fuentes radiactivas en el ámbito hospitalario e industrial, fortaleciendo la observación, la responsabilidad profesional y la interpretación normativa.
Práctica No. 2	Determinación de vida media	Calcular la vida media de un radionúclido mediante mediciones experimentales, con el objetivo de comprender su comportamiento en procesos de desintegración radiactiva, empleando simuladores, software o materiales de baja actividad en condiciones seguras, en el contexto del uso médico de radiofármacos y la gestión de residuos radiactivos, fortaleciendo el pensamiento crítico, la interpretación gráfica y el trabajo colaborativo.
Práctica No. 3	Prueba de fuga	Aplicar el procedimiento de prueba de fuga de una fuente radiactiva sellada, con la finalidad de verificar su integridad física y prevenir la dispersión de material radiactivo, siguiendo protocolos establecidos por la normatividad nacional e internacional, en el contexto de la protección radiológica en instalaciones médicas e industriales, fortaleciendo la responsabilidad profesional y el cumplimiento normativo.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC II
	Aplicar los fundamentos teóricos con el objetivo de asimilar el funcionamiento básico de los equipos y técnicas utilizados en física médica, siguiendo las normas oficiales que rigen dichos procedimientos.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 4	Uso y manejo de un equipo portátil de rayos X	Operar de manera segura un equipo portátil de rayos X, con la finalidad de comprender sus principios de funcionamiento, parámetros de exposición y medidas de protección radiológica, siguiendo protocolos técnicos y normativos establecidos, en el contexto de su aplicación clínica en radiología móvil, urgencias o unidades de cuidados intensivos, fortaleciendo la responsabilidad profesional y el trabajo en equipo.
Práctica No. 5	Uso de la gammacámara y del tomógrafo PET y SPECT	Identificar el principio de funcionamiento y las aplicaciones clínicas de la gammacámara, el tomógrafo SPECT y el tomógrafo PET, con la finalidad de comprender su operación básica, detección de radiación y generación de imágenes funcionales, mediante el análisis de simulaciones, documentación técnica y estudios clínicos reales, en el contexto de la medicina nuclear diagnóstica y terapéutica, desarrollando habilidades de observación crítica y aplicación ética del conocimiento médico-tecnológico.
Práctica No. 6	Uso de equipos utilizados en radioterapia	Identificar el funcionamiento básico y los componentes principales de los equipos utilizados en radioterapia, con la finalidad de comprender su operación básica, aplicaciones clínicas y medidas de seguridad, mediante la observación de simuladores, análisis técnico y revisión de procedimientos clínicos, en el contexto del tratamiento oncológico con radiación ionizante, fortaleciendo el trabajo colaborativo y la interpretación técnica.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC III
	Emplear los principios de protección radiológica

	contenidos en las normas oficiales mexicanas y en reportes de los organismos correspondientes públicos y privados, con la finalidad de minimizar los riesgos para los pacientes y el personal ocupacionalmente expuesto.
--	---

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 7	Atenuación de la radiación gamma y beta	Analizar el fenómeno de atenuación de la radiación gamma y beta al atravesar distintos materiales, con el propósito de evaluar su capacidad de blindaje y aplicación en protección radiológica, mediante la medición de intensidad de radiación y la aplicación de modelos matemáticos de absorción, en el contexto del diseño seguro de instalaciones médicas y manejo de fuentes radiactivas, fomentando el pensamiento analítico y la toma de decisiones.
Práctica No. 8	Manejo de fuentes y desechos radiactivos	Implementar prácticas seguras de manejo, almacenamiento y disposición de fuentes y desechos radiactivos, con el objetivo de prevenir la exposición innecesaria y cumplir con las normativas nacionales e internacionales, mediante simulaciones, análisis de protocolos y revisión documental, en el contexto del uso biomédico de materiales radiactivos en diagnóstico y terapia, fortaleciendo la responsabilidad ética, el cumplimiento normativo y la cultura de seguridad en ambientes clínicos y de investigación.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Identificación de instalaciones radiactivas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Reconocer los elementos estructurales, funcionales y normativos de una instalación radiactiva, con la finalidad de comprender su clasificación, diseño y requisitos de seguridad, a partir del análisis documental, visitas guiadas o simulaciones de entornos reales, en el contexto del manejo seguro de fuentes radiactivas en el ámbito hospitalario e industrial, fortaleciendo la observación, la responsabilidad profesional y la interpretación normativa.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Las instalaciones radiactivas son aquellos sitios que albergan, manipulan o utilizan materiales radiactivos o equipos generadores de radiación ionizante. Estas pueden ser instalaciones de uso médico, industrial o de investigación, y se clasifican según su nivel de riesgo, tipo de fuente, y actividad. Existen tres categorías principales en México (según la CNSNS y la NOM-027-NUCL-1999): • Tipo I (mayor riesgo): como aceleradores lineales y reactores nucleares. • Tipo II (riesgo moderado): gammacámaras, fuentes de braquiterapia. • Tipo III (bajo riesgo): equipos de rayos X diagnósticos. Toda instalación radiactiva debe cumplir con criterios de blindaje, señalización, monitoreo, almacenamiento, control de acceso y protección radiológica, conforme a la normatividad nacional (NOMS) e internacional (OIEA).

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Manuales técnicos o fichas de instalaciones radiactivas (diagnóstico, terapia, industrial, investigación) • Plano o maqueta de sala radiológica (física o digital) • Acceso a simuladores virtuales de entornos radiológicos (p. ej., Radiation Safety Virtual Lab) • Normas aplicables (NOM-027-NUCL-1999, NOM-229-SSA1-2002, etc.) • Material audiovisual (videos de instalaciones reales) • Equipo de protección personal (para visitas reales: gafas, bata, dosímetro pasivo)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Inducción teórica: revisión guiada de los tipos de instalaciones radiactivas y su clasificación normativa. Análisis documental: estudio de planos, fichas técnicas o simuladores de una sala de rayos X o medicina nuclear. Identificación de elementos clave: señalización, áreas de acceso restringido, ubicación de blindajes, zona controlada y supervisada. (Opcional) Visita guiada a un hospital o laboratorio con licencia sanitaria (radiología, radioterapia, gammacámara, etc.).

- Elaboración de un reporte esquemático: describir el tipo de instalación, su función, clasificación y medidas de seguridad observadas.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Clasificación correcta del tipo de instalación radiactiva observada.
2. Identificación de los componentes principales: sala, control, blindaje, almacenamiento, acceso, señalización.
3. Relación de los elementos de seguridad con las normas aplicables.
4. Reporte gráfico o escrito con esquemas, fotos (si procede) y referencias normativas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué elementos estructurales permiten identificar una instalación radiactiva tipo I, II o III?
2. ¿Qué características de seguridad observaste en el diseño de la sala o simulador?
3. ¿Qué normas regulan su operación y qué sanciones pueden derivarse de su incumplimiento?
4. ¿Qué relación existe entre la actividad de la fuente y el nivel de protección requerido?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitirá conocer las características físicas, normativas y operativas de las instalaciones que manipulan fuentes de radiación. Identificar correctamente una instalación radiactiva es clave para garantizar la seguridad de los pacientes, del personal técnico y del entorno. En el ámbito de la Ingeniería Biomédica, esta competencia es fundamental para participar en la evaluación, adecuación o diseño de espacios hospitalarios donde se utilizan tecnologías médicas con radiaciones ionizantes, con apego a la legislación nacional e internacional vigente.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Elabora una tabla comparativa entre los tipos I, II y III de instalaciones radiactivas con ejemplos clínicos y sus requisitos normativos.
2. Investiga las funciones de la CNSNS y su papel en el otorgamiento de licencias sanitarias.
3. Diseña un esquema básico de una sala de rayos X que cumpla con los requisitos de señalización, blindaje y accesos.
4. Analiza un caso de accidente radiológico y qué fallas en la instalación contribuyeron a ello.
5. Redacta un resumen de la NOM-229-SSA1-2002 explicando sus puntos clave.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 50% Reporte de practica 50%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Determinación de vida media
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Calcular la vida media de un radionúclido mediante mediciones experimentales, con el objetivo de comprender su comportamiento en procesos de desintegración radiactiva, empleando simuladores, software o materiales de baja actividad en condiciones seguras, en el contexto del uso médico de radiofármacos y la gestión de residuos radiactivos, fortaleciendo el pensamiento crítico, la interpretación gráfica y el trabajo colaborativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La vida media $t_{1/2}$ es el tiempo requerido para que la mitad de los núcleos de una muestra radiactiva se desintegren. Se trata de una propiedad característica de cada radionúclido y está relacionada con su tasa de desintegración a través de la ley: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ donde: N(t): número de núcleos restantes en el tiempo t N₀: número inicial de núcleos λ: constante de desintegración $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ En medicina nuclear, conocer la vida media permite calcular la actividad adecuada de un radiofármaco, optimizar el tiempo de administración al paciente y gestionar la protección radiológica. También es fundamental para el manejo seguro de residuos radiactivos y para estimar la duración de la exposición en tratamientos terapéuticos.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Cronómetro o temporizador digital • Simulador virtual de desintegración radiactiva (como PhET: Radioactive Dating Game) • (Opcional) Fuente de baja actividad (Ba-137m, Na-22 o similar) • Contador Geiger-Müller o detector de centelleo (si se realiza de forma experimental) • Hoja de cálculo para análisis (Excel, LibreOffice o Google Sheets) • Guantes, gafas y dosímetro pasivo (si se emplea fuente real) • Registro impreso de tabla de tiempos vs. conteos

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
Simulación (modo seguro): 1. Accede a un simulador de desintegración radiactiva. 2. Selecciona un radionúclido y configura el número inicial de núcleos. 3. Registra los conteos en intervalos regulares (cada 10-15 segundos, hasta que se reduzca a menos del 10 % de la muestra original). 4. Repite el procedimiento con un segundo radionúclido para comparar.

Modo experimental (si se cuenta con fuente real):

1. Coloca la fuente de baja actividad frente al detector a una distancia fija.
2. Registra los conteos por intervalos regulares durante al menos 10 periodos de semivida.
3. Repite para verificar reproducibilidad.

Análisis:

1. Graficar $\ln(N)$ contra t y determinar la pendiente.
2. Calcular λ luego $t_{1/2}$ a partir de la pendiente.
3. Comparar con el valor teórico conocido.

RESULTADOS ESPERADOS

- Tabla con valores de tiempo vs. conteos.
- Gráfica semi-logarítmica $\ln(N)$ vs t .
- Cálculo de la constante de desintegración λ .
- Estimación de la vida media y comparación con el valor reportado en literatura.
- Identificación de errores experimentales (ruido de fondo, variación de distancias, etc.).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué forma tuvo la gráfica de $\ln N$ vs. tiempo? ¿Fue lineal?
2. ¿Cuál fue el valor calculado de la vida media? ¿Cómo se compara con el valor teórico?
3. ¿Qué factores experimentales pueden alterar la medición de los conteos?
4. ¿Por qué es importante conocer la vida media de un radionúclido en medicina nuclear o terapia?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitirá entender el proceso de desintegración radiactiva y aplicar métodos experimentales para **estimar la vida media de un radionúclido**, un parámetro esencial en el uso médico y la gestión segura de materiales radiactivos. En la Ingeniería Biomédica, estas competencias son fundamentales para seleccionar radiofármacos adecuados, programar tratamientos con radiación, calcular tiempos de exposición y diseñar estrategias de protección radiológica tanto para pacientes como para el personal de salud.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Calcula cuánta actividad permanece después de tres vidas medias para un radionúclido de uso médico.
2. Investiga tres radionúclidos usados en diagnóstico o tratamiento y sus respectivas vidas medias.
3. Compara la vida media de radionúclidos de diagnóstico (por ejemplo, Tc-99m) con los de terapia (por ejemplo, I-131).
4. Analiza las implicaciones clínicas de usar un radionúclido con vida media corta vs. larga.
5. Diseña una tabla de descarte para residuos radiactivos basada en su vida media.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 40% Reporte de practica 40% Limpieza del área de laboratorio 20%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Prueba de fuga
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar el procedimiento de prueba de fuga de una fuente radiactiva sellada, con la finalidad de verificar su integridad física y prevenir la dispersión de material radiactivo, siguiendo protocolos establecidos por la normatividad nacional e internacional, en el contexto de la protección radiológica en instalaciones médicas e industriales, fortaleciendo la responsabilidad profesional y el cumplimiento normativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Las fuentes radiactivas selladas son dispositivos diseñados para contener material radiactivo en su interior, evitando la liberación de radionúclidos al medio ambiente. No obstante, con el uso o el envejecimiento, pueden sufrir deterioro o daño estructural que permita la fuga del material. La prueba de fuga es un procedimiento obligatorio, regulado por la CNSNS y por normas como la NOM-027-NUCL-1999 y la NOM-229-SSA1-2002, que busca verificar si una fuente sellada permanece estanca. Consiste generalmente en aplicar una muestra (hisopo o papel filtro) sobre la superficie de la fuente o su contenedor, seguida de una medición de radiactividad en el papel con un contador de radiación. Una fuente se considera libre de fuga si la actividad detectada en la prueba es inferior a un umbral establecido (usualmente 185 Bq o 5 nCi). Este control es crítico para garantizar la seguridad del personal, pacientes y ambiente.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Fuente radiactiva sellada (de demostración o inactiva con simulador) • Contador Geiger-Müller, detector de centelleo o contador proporcional (dependiendo del tipo de fuente) • Papel filtro, hisopos o toallas de celulosa sin tratar • Pinzas de plástico o acero inoxidable • Guantes desechables • Bolsas de recolección para residuos radiactivos (reales o simuladas) • Bitácora de registro • Manual de procedimientos y normativa aplicable (NOM-027-NUCL-1999, NOM-229-SSA1-2002)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Revisión del equipo de detección: verificar calibración y nivel de fondo del contador. 2. Colocación de guantes y preparación de materiales en una zona limpia y ventilada. 3. Frotar suavemente la superficie externa de la cápsula o blindaje de la fuente sellada con un hisopo o papel filtro, sin dañar el recubrimiento. 4. Colocar el hisopo en una cápsula plomada o bolsa de resguardo. 5. Medir la actividad del hisopo con el detector, anotando los conteos por minuto (cpm). 6. Comparar con el nivel de fondo y con el umbral regulatorio (185 Bq).

7. Clasificar la fuente como "con fuga" o "sin fuga" y registrar el resultado.
8. (Opcional) Repetir la prueba en otras fuentes o superficies potencialmente contaminadas.

RESULTADOS ESPERADOS

Registro de los conteos del detector para cada hisopo analizado.

Determinación de si la fuente presenta o no fuga, según los criterios establecidos.

Reporte de condiciones de seguridad durante la manipulación.

Aplicación adecuada del protocolo técnico y normativo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Los conteos detectados superaron el nivel de fondo? ¿Fueron significativos?
2. ¿Cuál fue la diferencia entre una fuente simulada con fuga y una fuente sin fuga?
3. ¿Qué procedimientos se deben seguir en caso de detectar una fuga real?
4. ¿Qué consecuencias tendría la manipulación de una fuente con fuga en un entorno clínico?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La prueba de fuga es una medida crítica de protección radiológica, que permite asegurar que las fuentes radiactivas selladas no representan un riesgo de contaminación para el personal o los pacientes. Esta práctica fortalece la comprensión del protocolo de inspección, los umbrales de seguridad y la aplicación de normas oficiales. Para el Ingeniero Biomédico, esta competencia es esencial en tareas de verificación, control de calidad y mantenimiento de equipos médicos que contienen fuentes radiactivas, como las utilizadas en braquiterapia, gammacámaras o radioterapia.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Investiga qué equipos médicos utilizan fuentes selladas y qué radionúclidos contienen.
2. Elabora un resumen de la NOM-027-NUCL-1999 respecto a pruebas de fuga.
3. Simula una situación de detección de fuga y redacta un informe técnico para reportarla.
4. Diseña una bitácora para el registro periódico de pruebas de fuga en un hospital.
5. Explica por qué no es suficiente con revisar solo el nivel de radiación ambiente para descartar una fuga.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 50% Reporte de practica 50%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Uso y manejo de un equipo portátil de rayos X
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Operar de manera segura un equipo portátil de rayos X, con la finalidad de comprender sus principios de funcionamiento, parámetros de exposición y medidas de protección radiológica, siguiendo protocolos técnicos y normativos establecidos, en el contexto de su aplicación clínica en radiología móvil, urgencias o unidades de cuidados intensivos, fortaleciendo la responsabilidad profesional y el trabajo en equipo.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los equipos portátiles de rayos X permiten realizar estudios radiográficos en áreas donde no es posible trasladar al paciente, como en quirófanos, unidades de terapia intensiva o en campo durante emergencias. Funcionan mediante la aceleración de electrones hacia un blanco metálico (tubo de rayos X), generando radiación electromagnética ionizante. Sus parámetros fundamentales incluyen: • kVp (kilovoltaje): energía del haz, afecta el contraste de imagen. • mA y tiempo (mAs): cantidad total de radiación, influye en la dosis y la densidad óptica. • Distancia fuente-receptor: afecta la intensidad del haz según la ley del inverso del cuadrado. El uso de estos equipos implica riesgos de exposición tanto para el paciente como para el operador, por lo que deben aplicarse medidas estrictas de protección radiológica, como el uso de blindajes móviles, distancia, tiempo mínimo de exposición, colimación y señalización.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Equipo portátil de rayos X (funcional o de demostración) • Fantoma radiológica (equivalente a tejido humano) • Placa digital (DR) o chasis con fósforo (CR) • Colimador o marcador de campo • Blindaje móvil (barrera plomada, delantal, gonadales) • Dosímetro de área o personal • Cronómetro • Manual del fabricante del equipo • Bitácora de parámetros técnicos

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Revisión del equipo: confirmar que el equipo esté debidamente calibrado y en condiciones de uso. 2. Verificación del entorno: asegurarse de que no haya personas innecesarias y que se cuente con señalización. 3. Colocación del fantoma y receptor de imagen, alineando la zona de interés con el tubo de rayos X. 4. Ajuste de parámetros técnicos: seleccionar kVp, mAs y distancia de trabajo recomendada por protocolo. 5. Colimación del haz para reducir la irradiación innecesaria.

6. Activación del disparo desde una distancia segura o con control remoto, utilizando cronómetro para medir el tiempo efectivo.
7. Revisión de la imagen obtenida, evaluación de calidad, nitidez y contraste.
8. Medición de dosis en el área (si se dispone de dosímetro).
9. Registro completo de parámetros y condiciones de exposición

RESULTADOS ESPERADOS

- Imagen radiográfica nítida y de contraste adecuado, con exposición dentro de los parámetros esperados.
- Verificación del campo irradiado respecto a la colimación.
- Determinación de dosis (si se mide) y su relación con los parámetros seleccionados.
- Evaluación de condiciones de seguridad durante el procedimiento.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué relación existe entre el kVp y la calidad de la imagen?
2. ¿Cómo afecta la variación en el tiempo de exposición (mAs) a la nitidez y densidad de la imagen?
3. ¿Qué riesgos se identificaron durante el procedimiento? ¿Fueron correctamente mitigados?
4. ¿Cómo se puede mejorar la protección radiológica del paciente y del operador?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitirá al estudiante aplicar los conocimientos físicos y técnicos para el manejo seguro de un equipo portátil de rayos X, observando el impacto de los parámetros de exposición en la calidad de imagen y en la dosis administrada. En la práctica profesional del Ingeniero Biomédico, esta competencia es crucial para participar en la evaluación, mantenimiento, capacitación y supervisión del uso de equipos móviles, promoviendo la seguridad del paciente, del personal de salud y el cumplimiento normativo en radiodiagnóstico.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Elabora una tabla que relacione distintos valores de kVp y mAs con sus efectos en imagen y dosis.
2. Investiga qué blindajes móviles están aprobados por la norma NOM-229-SSA1-2002 y en qué condiciones se utilizan.
3. Analiza las ventajas y desventajas del uso de radiología portátil en situaciones de emergencia médica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 50% Reporte de practica 50%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Uso de la gammacámara y del tomógrafo PET y SPECT
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar el principio de funcionamiento y las aplicaciones clínicas de la gammacámara, el tomógrafo SPECT y el tomógrafo PET, con la finalidad de comprender su operación básica, detección de radiación y generación de imágenes funcionales, mediante el análisis de simulaciones, documentación técnica y estudios clínicos reales, en el contexto de la medicina nuclear diagnóstica y terapéutica, desarrollando habilidades de observación crítica y aplicación ética del conocimiento médico-tecnológico.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La medicina nuclear emplea radionúclidos administrados al cuerpo para estudiar funciones fisiológicas o localizar anomalías. Estos emisores radiactivos son detectados mediante dispositivos especializados como: Gammacámara: registra la radiación gamma emitida por radiofármacos (como Tc-99m) distribuidos en el cuerpo. Utiliza un colimador, cristal centelleador, fotomultiplicadores y sistema de reconstrucción planar o tomográfica (SPECT). SPECT (Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Único): genera imágenes tridimensionales al rotar la gammacámara y aplicar algoritmos de reconstrucción. Permite estudios dinámicos y de distribución funcional (miocardio, tiroides, hueso). PET (Tomografía por Emisión de Positrones): detecta coincidencias de pares de fotones gamma emitidos en sentido opuesto por radionúclidos emisores de positrones (como F-18). Tiene mayor resolución que SPECT y se usa en oncología, neurología y cardiología. Estas tecnologías requieren de protocolos de seguridad, calibración del equipo, conocimiento de la farmacocinética de los radiofármacos y destreza en el manejo de imágenes médicas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Simulador virtual o software educativo de gammacámara, SPECT y PET (p. ej., SimuNuclear, VERT, InVivo Imaging simulators) • Imágenes clínicas DICOM para análisis (estudios de tiroides, corazón, cerebro, tumores) • Manuales técnicos de operación básica de gammacámara y tomógrafos • Hoja de registro de parámetros técnicos (colimador, tipo de radionúclido, matriz, tiempo de adquisición) • Bitácora para interpretación de imágenes

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Introducción al funcionamiento básico de la gammacámara, SPECT y PET mediante presentaciones, esquemas o simuladores. 2. Exploración del software para simular la adquisición de imágenes con diferentes radiofármacos y condiciones clínicas. 3. Análisis de imágenes clínicas reales o simuladas: distribución del trazador, resolución, zonas

de captación elevada o reducida.

4. Interpretación funcional de los estudios: aplicación diagnóstica, indicaciones clínicas y criterios de calidad.
5. Identificación de parámetros técnicos clave en cada modalidad (colimador, resolución, sensibilidad, tipo de reconstrucción).
6. (Opcional) Observación o video de operación real en un hospital o centro de medicina nuclear.

RESULTADOS ESPERADOS

- Identificación de componentes principales de la gammacámara, SPECT y PET.
- Reconocimiento de imágenes normales y patológicas según la captación del radiofármaco.
- Relación entre parámetros técnicos y calidad de imagen.
- Comprensión de los usos clínicos más comunes de estas tecnologías.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué diferencias funcionales y técnicas existen entre SPECT y PET?
2. ¿Cómo influye el tipo de radionúclido en la calidad y propósito de la imagen?
3. ¿Qué ventajas tiene una imagen funcional respecto a una imagen anatómica convencional?
4. ¿Qué medidas de protección radiológica son indispensables en medicina nuclear?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitirá al estudiante reconocer el funcionamiento, estructura y aplicaciones clínicas de tecnologías de imagen nuclear como la gammacámara, el tomógrafo SPECT y el tomógrafo PET. Estas herramientas permiten visualizar la función de órganos y tejidos en tiempo real, facilitando diagnósticos tempranos y tratamientos dirigidos. En la Ingeniería Biomédica, estas competencias son fundamentales para apoyar en el mantenimiento, evaluación y gestión tecnológica de equipos de medicina nuclear, así como para colaborar en equipos multidisciplinarios que utilizan imágenes funcionales para el diagnóstico médico.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Elabora una tabla comparativa entre la gammacámara, el SPECT y el PET en cuanto a tipo de radiación, resolución, uso clínico y costo.
2. Investiga tres radiofármacos empleados en cada modalidad y su órgano blanco.
3. Analiza una imagen DICOM obtenida por SPECT o PET, interpretando la distribución funcional.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 40% Reporte de practica 40% Limpieza del área de laboratorio 20%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Uso de equipos utilizados en radioterapia
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificar el funcionamiento básico y los componentes principales de los equipos utilizados en radioterapia, con la finalidad de comprender su operación básica, aplicaciones clínicas y medidas de seguridad, mediante la observación de simuladores, análisis técnico y revisión de procedimientos clínicos, en el contexto del tratamiento oncológico con radiación ionizante, fortaleciendo el trabajo colaborativo y la interpretación técnica.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La radioterapia es una modalidad terapéutica que utiliza radiación ionizante para destruir células tumorales o evitar su proliferación. Puede emplearse con intención curativa, paliativa o adyuvante. Los principales equipos utilizados incluyen: Acelerador lineal médico (LINAC): produce haces de electrones o rayos X de alta energía mediante aceleración lineal. Braquiterapia: técnica que coloca fuentes radiactivas cerca o dentro del tumor (puede ser de alta o baja tasa de dosis). Sistemas de planificación dosimétrica: software especializado que simula la distribución de dosis en el cuerpo del paciente. Sistemas de imagen guiada (IGRT): permiten ubicar al paciente con precisión antes y durante el tratamiento. El uso de estos equipos requiere estrictas medidas de control de calidad, calibración, verificación de dosis y protección radiológica, debido al alto nivel de energía involucrado. La colaboración entre físicos médicos, ingenieros biomédicos, oncólogos y tecnólogos es esencial para garantizar la seguridad y eficacia del tratamiento.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Simulador virtual de acelerador lineal (p. ej., VERT™, Rayosim, Elekta Virtual Clinic) • Imágenes de planificaciones reales (DICOM RT) • Manuales técnicos del LINAC, braquiterapia HDR y sistema de planificación • Videos o demostraciones de procedimientos clínicos reales • Esquemas anatómicos y de distribución de dosis • Bitácora para registro de observaciones

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Revisión teórica guiada sobre los componentes y funcionamiento del acelerador lineal y equipos complementarios. 2. Simulación del tratamiento en software educativo: selección de haz, configuración del campo, delimitación de volúmenes blanco y órganos a riesgo.

3. Análisis de imágenes dosimétricas para identificar zonas de alta, media y baja dosis.
4. Interpretación de planificaciones clínicas básicas, comparando técnicas como 3DCRT, IMRT o VMAT.
5. (Opcional) Observación de video de la operación de un LINAC o visita a un centro de radioterapia.
6. Elaboración de informe técnico con componentes observados, aplicaciones clínicas y medidas de seguridad identificadas.

RESULTADOS ESPERADOS

- Identificación de los componentes clave de un acelerador lineal y sistemas asociados.
- Reconocimiento de estructuras clínicas en planificaciones radioterapéuticas.
- Análisis básico de la distribución de dosis en un plan de tratamiento.
- Comprensión del rol del ingeniero biomédico en el entorno de radioterapia.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué componentes conforman el sistema de generación y colimación del haz en un LINAC?
2. ¿Cómo se determina la dosis adecuada para un tratamiento radioterapéutico?
3. ¿Qué medidas se implementan para proteger al paciente y al personal durante la irradiación?
4. ¿Cuál es el papel del ingeniero biomédico en la gestión y control de estos equipos?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitió al estudiante conocer el funcionamiento y la importancia clínica de los principales equipos utilizados en radioterapia, como el acelerador lineal y los sistemas de planificación dosimétrica. La Ingeniería Biomédica desempeña un papel clave en la instalación, mantenimiento, verificación y mejora de tecnologías de radiación terapéutica, asegurando su uso seguro y eficaz en el tratamiento de enfermedades oncológicas. La comprensión técnica, junto con un alto compromiso ético, es esencial en un entorno clínico tan delicado como lo es la radioterapia.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Elabora un diagrama de bloques que represente el flujo de operación de un tratamiento radioterapéutico desde la planificación hasta la entrega de dosis.
2. Investiga las diferencias técnicas y clínicas entre IMRT, VMAT y braquiterapia HDR.
3. Analiza un caso clínico de tratamiento radioterapéutico e identifica cómo se definieron las regiones objetivo y las restricciones.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 50% Reporte de practica 50%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Atenuación de la radiación gamma y beta
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar el fenómeno de atenuación de la radiación gamma y beta al atravesar distintos materiales, con el propósito de evaluar su capacidad de blindaje y aplicación en protección radiológica, mediante la medición de intensidad de radiación y la aplicación de modelos matemáticos de absorción, en el contexto del diseño seguro de instalaciones médicas y manejo de fuentes radiactivas, fomentando el pensamiento analítico y la toma de decisiones.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La atenuación de la radiación se refiere a la reducción de la intensidad del haz al atravesar un material, debido a procesos de absorción y dispersión. Este fenómeno es crucial en el diseño de barreras, blindajes y en la protección personal ante fuentes ionizantes. Para radiación gamma (fotones de alta energía), la atenuación sigue una ley exponencial: $I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$ donde: I: intensidad transmitida I_0 : intensidad inicial μ: coeficiente de atenuación lineal (cm^{-1}) x: espesor del material (cm) Para radiación beta (electrones), la atenuación no es puramente exponencial. La pérdida de energía depende del número atómico del material y del poder de frenado, y existe una distancia máxima de penetración antes de ser detenida. El análisis de atenuación es clave para seleccionar materiales apropiados para barreras físicas, diseñar salas de radiodiagnóstico y proteger al personal y pacientes en procedimientos clínicos que involucren radiación ionizante.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Fuente de radiación gamma (Ba-133, Cs-137) y beta (Sr-90 o equivalente de demostración) • Contador Geiger-Müller o dosímetro portátil calibrado • Láminas de distintos materiales (plomo, aluminio, plástico, cartón, acrílico) • Soporte para alineación de fuente, material y detector • Regla o calibrador (para espesor de las láminas) • Cronómetro • Guantes y gafas de seguridad • Bitácora de registro

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
• Medir la intensidad inicial I inicial de la radiación gamma sin material interpuesto. • Colocar materiales de distinto espesor entre la fuente y el detector.

- Registrar los conteos por minuto (cpm) para cada espesor.
- Repetir el procedimiento con la fuente beta (si se dispone), usando materiales de baja densidad (aluminio, acrílico).
- Construir gráficas $\ln I$ vs x para radiación gamma y estimar el coeficiente de atenuación μ .
- Para radiación beta, determinar el espesor mínimo necesario para detener completamente el haz (poder de frenado efectivo).
- Comparar la eficacia relativa de cada material.

RESULTADOS ESPERADOS

- Disminución exponencial de la intensidad gamma con el aumento del espesor.
- Disminución brusca o completa de la radiación beta al superar el espesor límite.
- Cálculo del coeficiente de atenuación lineal μ para diferentes materiales.
- Comparación cualitativa entre la penetración de radiación beta y gamma.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Qué material fue más efectivo para atenuar la radiación gamma? ¿Y la beta?
- Qué factores influyen en el coeficiente de atenuación de un material?
- ¿Cómo se comporta la curva de atenuación en función del tipo de radiación?
- ¿Qué implicaciones tienen estos resultados en el diseño de blindajes hospitalarios?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitirá al estudiante comprobar cómo diferentes materiales y espesores atenúan la radiación gamma y beta, fortaleciendo su comprensión del diseño de barreras físicas. Estos conocimientos son fundamentales para el Ingeniero Biomédico, quien debe participar en la evaluación y validación de estructuras y equipos de protección radiológica, así como en la gestión del riesgo en áreas que usan fuentes radiactivas para diagnóstico o tratamiento.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Calcula el espesor equivalente de plomo necesario para reducir a la mitad la intensidad de una fuente gamma.
2. Investiga qué materiales se utilizan como blindaje en equipos de medicina nuclear y por qué.
3. Compara el coeficiente de atenuación lineal de dos materiales y discute su utilidad práctica.
4. Diseña un blindaje de emergencia para una fuente beta en un entorno clínico.
5. Consulta la NOM-229-SSA1-2002 y resume los requisitos de blindaje para una sala de rayos X.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 50% Reporte de practica 50%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Manejo de fuentes y desechos radiactivos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Implementar prácticas seguras de manejo, almacenamiento y disposición de fuentes y desechos radiactivos, con el objetivo de prevenir la exposición innecesaria y cumplir con las normativas nacionales e internacionales, mediante simulaciones, análisis de protocolos y revisión documental, en el contexto del uso biomédico de materiales radiactivos en diagnóstico y terapia, fortaleciendo la responsabilidad ética, el cumplimiento normativo y la cultura de seguridad en ambientes clínicos y de investigación.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El manejo de fuentes radiactivas implica su control desde la adquisición hasta su disposición final, para evitar riesgos por exposición o contaminación. Esto incluye: Clasificación de fuentes: selladas o no selladas; abiertas o cerradas. Clasificación de desechos radiactivos: sólidos, líquidos o gaseosos; de vida corta o larga; de baja, media o alta actividad. Normatividad: NOM-035-NUCL-2013 (manejo de desechos radiactivos), NOM-027-NUCL-1999 (instalaciones radiactivas), NOM-229-SSA1-2002 (uso médico de radiaciones). Las fuentes usadas en medicina nuclear, radioterapia y calibración requieren un control estricto en su almacenamiento, transporte, etiquetado y disposición, con registros continuos, barreras físicas y protocolos de emergencia. La disposición final puede incluir el almacenamiento temporal (hasta su desintegración), encapsulado o retorno al proveedor.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Simulador o maquetas de fuentes radiactivas (selladas/no selladas) • Contenedores de desechos radiactivos (bidones, bolsas, cápsulas plomadas, etiquetado) • Manuales de seguridad radiológica y protocolos de manejo • Hoja de seguimiento de fuentes radiactivas (inventario) • Tablas de vida media de radionúclidos • Dosímetro portátil o simulado • Equipo de protección personal (guantes, gafas, bata) • Normas NOM-035-NUCL-2013, NOM-027-NUCL-1999 y NOM-229-SSA1-2002 (impresas o digitales)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Revisión del marco normativo sobre el manejo y disposición de desechos radiactivos. 2. Clasificación de simuladores de fuentes según tipo, actividad y estado físico. 3. Simulación de un procedimiento de recepción, almacenamiento y registro de una fuente radiactiva. 4. Etiquetado y organización de contenedores de desechos, identificando el tipo de material y su

vida media.

5. Simulación del procedimiento de declaración y almacenamiento temporal hasta decaimiento.
6. Análisis de protocolos en caso de derrame o pérdida de material radiactivo.
7. Redacción de un informe técnico con las acciones realizadas y recomendaciones de seguridad.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Registro ordenado y completo del inventario de fuentes.
2. Etiquetado correcto de desechos según tipo y nivel de riesgo.
3. Aplicación de criterios de vida media para la segregación y almacenamiento.
4. Elaboración de recomendaciones de seguridad y cumplimiento normativo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué diferencias hay entre el manejo de fuentes selladas y no selladas?
2. ¿Qué criterios se usan para clasificar un residuo radiactivo como de baja o alta actividad?
3. ¿Cómo debe actuar el personal en caso de una pérdida o fuga de material radiactivo?
4. ¿Qué implicaciones tiene el incumplimiento de la normatividad en instalaciones médicas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Esta práctica permitira al estudiante comprender la importancia del control riguroso en el manejo de fuentes y desechos radiactivos, desde su adquisición hasta su disposición final. En la Ingeniería Biomédica, esta competencia es esencial para garantizar la seguridad ocupacional, la protección del medio ambiente y el cumplimiento normativo en centros médicos y de investigación. El profesional debe actuar con responsabilidad ética y técnica frente al riesgo radiológico.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Investiga qué tipos de desechos genera un servicio de medicina nuclear y cómo se almacenan.
2. Elabora un diagrama de flujo del ciclo de vida de una fuente radiactiva en un hospital.
3. Compara la legislación mexicana con la de la IAEA respecto a la clasificación de residuos.
4. Diseña un formato de control de almacenamiento de fuentes selladas.
5. Propón un protocolo de actuación ante un incidente con pérdida de material radiactivo en una clínica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Trabajo en laboratorio 50% Reporte de practica 50%
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	<u>Rúbrica de reporte de práctica de laboratorio</u>
Formatos de reporte de prácticas	Link

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS). (1999). NOM-027-NUCL-1999. Requisitos técnicos y administrativos para la clasificación y licenciamiento de instalaciones radiactivas.
2. Secretaría de Salud. (2002). NOM-229-SSA1-2002. Requisitos técnicos para la instalación y operación de equipos de radiodiagnóstico médico.
3. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2014). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards.
4. González, A. J. (2017). Introducción a la protección radiológica. OIEA.
5. Oyarzún, M. J. (2015). Física médica para ingenieros. Editorial Médica Panamericana
6. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018). Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students.
7. Knoll, G. F. (2010). Radiation Detection and Measurement (4th ed.). John Wiley & Sons.
8. PhET Interactive Simulations. (2024). Radioactive Dating Game. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu/>
9. Cherry, S. R., Sorenson, J. A., & Phelps, M. E. (2012). Physics in Nuclear Medicine (4th ed.). Elsevier.
10. Bushong, S. C. (2020). Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection (11th ed.). Elsevier.
11. Seeram, E. (2015). Digital Radiography: Physical Principles and Quality Control. Springer.
12. IAEA.(2018). Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students. International Atomic Energy Agency.
13. Delbeke, D., & Sandler, M. P. (2011). Clinical PET and PET/CT: Principles and Applications (2nd ed.). Springer.
14. Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (SNMMI). (2023). Imaging Guidelines and Resources. <https://www.snmmi.org>
15. Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt Jr., E. M., & Boone, J. M. (2012). *The Essential Physics of Medical Imaging* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
16. Khan, F. M., & Gibbons, J. P. (2014). *Khan's The Physics of Radiation Therapy* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
17. Secretaría de Salud. (2002). NOM-229-SSA1-2002. *Requisitos técnicos para equipos de radioterapia*.
18. McDermott, P. N., & Orton, C. G. (2010). *The Physics and Technology of Radiation Therapy*. Medical Physics Publishing.
19. ESTRO. (2020). *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. European Society for Radiotherapy & Oncology.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

ANEXOS

Anexo 1

	FORMATO SOLICITUD DE MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	FORMATO: SOLICITUD_MATERIALES	
		FECHA DE ELABORACIÓN: 08/08/2016	
		FECHA ÚLTIMA REVISIÓN: 30/04/2025	
		PÁGINA:	

Para ser llenado por el Auxiliar del Laboratorio.	
FECHA DE RECEPCIÓN	
¿ES CLARA LA SOLICITUD?	
OBSERVACIONES:	

FECHA DE SOLICITUD:			
FECHA, HORA Y LABORATORIO:			
NOMBRE DE LA MATERIA:			
PROGRAMA ACADÉMICO:			
NÚMERO DE EQUIPOS POR GRUPO:			
CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS:		mL	g

ALUMNOS	
CANTIDAD X EQUIPO	MATERIALES Y EQUIPOS

DOCENTE	
CANTIDAD	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Docente: Recuerde registrar el uso de los equipos y materiales por equipo, con la finalidad de determinar el servicio de los mismos.	NOMBRE Y FIRMA DEL DOCENTE:
---	------------------------------------



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu