GUÍA FORMATIVA

Radiofísica Hospitalaria

FECHA DE ACTUALIZACIÓN:

2024

TUTOR DE RESIDENTES

Dr. Benigno Barbés

Clínica
Universidad
de Navarra

Contenido

EL SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LA CLÍNICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA 3
PROGRAMA DE LA ESPECIALIDAD 3
DENOMINACIÓN OFICIAL 3
ITINERARIO FORMATIVO 3
INTRODUCCIÓN 3
DEFINICIÓN DE LA ESPECIALIDAD Y SU CAMPO DE ACCIÓN 4
OBJETIVO GENERAL DE LA FORMACIÓN 4
ESTRUCTURA DE LA FORMACIÓN 5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS PARA CADA ÁREA DE CONOCIMIENTO DE LA ESPECIALIDAD 5
ROTACIONES Y CRONOGRAMA 32
Genérica 32
Específica 33
Responsables de referencia en las rotaciones 35
Rotaciones externas 35
ASISTENCIA A CURSOS 37
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA 38
ORGANIZACIÓN DE ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DE LA UNIDAD DOCENTE 39
INFORMACIÓN LOGÍSTICA DE INTERÉS 39
ORIENTACIONES FORMACIÓN TRANSVERSAL 39
SUPERVISIÓN DE LA DOCENCIA Y ENTREVISTAS FORMATIVAS 40
SUPERVISIÓN Y RESPONSABILIDAD PROGRESIVA 40
CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA 41
BIBLIOGRAFÍA 41

EL SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LA CLÍNICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA

En el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica intentamos aportar una ayuda decisiva para la calidad y seguridad de la asistencia médica y la investigación biomédica.

Para ello, aplicamos los conceptos, leyes, modelos, agentes y métodos propios de la física de las radiaciones a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades.

- En el marco de la asistencia médica especializada, algunas de nuestras tareas son:
- El control de calidad de equipos de diagnóstico y terapia con radiaciones ionizantes.
- El diseño, planificación y cálculo de los tratamientos con radiaciones ionizantes.
- La protección radiológica de pacientes y trabajadores.
- El análisis de la imagen médica.
- La formación de los profesionales clínicos.
- Desarrollo de nuevas tecnologías para mejora de tratamientos.

Consulta más información sobre las Unidades y Profesionales del Departamento

PROGRAMA DE LA ESPECIALIDAD

El programa oficial de la especialidad de Radiofísica Hospitalaria aprobado por el Ministerio de Sanidad en 1996

DENOMINACIÓN OFICIAL

Denominación:	Radiofísica Hospitalaria
Duración:	3 años
Requisitos:	Grado en Física o en otras disciplinas científicas y tecnológicas oficialmente reconocidas

ITINERARIO FORMATIVO

INTRODUCCIÓN

Desde la publicación en 1996 de la primera versión del programa de formación en Radiofísica Hospitalaria, se ha producido una evolución significativa de esta especialidad. A la vez que se hace necesaria la inclusión de nuevos contenidos en la formación, los desarrollos técnicos obligan a una revisión de los que se han impartido desde un principio para adaptarlos a las novedades de la práctica de la profesión.

El presente programa de formación pretende dar respuesta a esta evolución. El texto fija los conocimientos teóricos y las actividades prácticas que el residente debe realizar con el fin de que adquiera las habilidades necesarias para el ejercicio de la Radiofísica Hospitalaria.

DEFINICIÓN DE LA ESPECIALIDAD Y SU CAMPO DE ACCIÓN

La Física Médica (FM), en el más amplio sentido, es la ciencia que se ocupa de las aplicaciones de la Física a la Medicina. Es difícil concebir cualquier función fisiológica que no esté relacionada con la Física, ni parámetro clínico que no requiera la Física para su medida.

Dentro del amplísimo campo de la FM, la Radiofísica Hospitalaria (RFH) es la Especialidad Sanitaria que comprende la aplicación de los conceptos, leyes, modelos, agentes y métodos propios de la Física de radiaciones ionizantes a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, desempeñando una importante función en la asistencia médica, en la investigación biomédica y en la optimización de algunas actividades sanitarias.

El campo de acción de la RFH se enmarca en la asistencia médica especializada, e impone que los especialistas tengan competencia en la dosimetría de las radiaciones, el control de calidad de equipos e instalaciones empleados en diagnóstico y terapia con radiaciones, en el diseño, planificación y cálculo de todos los tratamientos de los pacientes y en la protección radiológica de las personas afectadas.

La especialidad de RFH que se describe en este programa incluye, aparte de otros aspectos, los de la formación del Experto en Física Médica que se cita en la directiva 97/43/EURATOM.

OBJETIVO GENERAL DE LA FORMACIÓN

El objetivo de la formación del especialista en RFH es garantizar que, en su periodo de residencia, adquiera conocimientos y habilidades que le garanticen su competencia en todas las áreas de la especialidad. Es, por tanto, una formación global que abarca los conocimientos teóricos y la formación práctica.

El programa teórico se ajustará al temario que se incluye a continuación y comprende todas las áreas de competencia de la especialidad. Los conocimientos necesarios se adquirirán mediante el uso de una bibliografía básica, la asistencia a cursos especialmente recomendados por Sociedades Científicas tanto nacionales como internacionales, una acción tutorial y la asistencia a congresos, seminarios, talleres, sesiones científicas, etc., dentro de la propia Unidad Docente y en el exterior. La asistencia a los cursos recomendados por Sociedades Científicas, deberá sumar, al finalizar el periodo de residencia, un mínimo de 12 créditos ECTS.

El programa práctico se realizará en Unidades Docentes bajo la supervisión de especialistas en Radiofísica y abarcará todos los aspectos de la práctica diaria de esta especialidad.

El residente en RFH, al terminar su periodo de formación, conocerá las bases físicas de las aplicaciones terapéuticas, diagnósticas y de investigación de las radiaciones en el ámbito sanitario, así como los principios de funcionamiento de los equipos utilizados para ello y habrá adquirido la experiencia suficiente para desarrollar sus funciones de forma autónoma.

ESTRUCTURA DE LA FORMACIÓN

La formación de los residentes de RFH tiene que ser una formación global que abarque los conocimientos teóricos de los temas propios de la especialidad, las habilidades prácticas que se adquieren por su incorporación a las actividades diarias del Servicio donde realizan su aprendizaje, y el conocimiento de temas y actividades complementarias que son herramientas científicas o profesionales que les deben servir para el desarrollo de su trabajo.

Como tales conocimientos y actividades complementarias se consideran la Estadística e Informática médicas que se incluyen en los conocimientos básicos comunes a todas las áreas de la especialidad, la Ética Profesional, la Organización Hospitalaria y Gestión de Servicios o Unidades, y la Docencia e Investigación, a lo que se dedica un apartado específico en este programa. El desarrollo de estas actividades se hará paralelo al de las áreas fundamentales de la especialidad e incluido en ellas.

El aprendizaje teórico y práctico abarcará las siguientes áreas:

- Protección radiológica
- Terapia con radiaciones
- Diagnóstico por imagen
- Otros usos de las radiaciones

OBJETIVOS ESPECÍFICOS PARA CADA ÁREA DE CONOCIMIENTO DE LA ESPECIALIDAD

Los objetivos específicos están asociados a las distintas áreas del conocimiento:

1	**Área de conocimiento común a todas las áreas de la especialidad**
1.1	Ampliación de física de las radiaciones
1.2	Metrología y Dosimetría de las radiaciones. Técnicas e instrumentación

1.3	Fundamentos de Anatomía y Fisiología humanas y Oncología
1.4	Fundamentos de Radiobiología
1.5	Fundamentos de la imagen médica
1.6	Estadística
1.7	Fundamentos sobre garantía y control de calidad

2	**Área de Protección Radiológica**

3	**Área de diagnóstico por la imagen**
3.1	Área de Medicina Nuclear y Laboratorios
3.2	Área de Radiodiagnóstico
3.3	Área de Ultrasonidos y Resonancia Magnética

4	**Área de otros usos de las radiaciones**
4.1	Radiaciones ionizantes en laboratorios y centros de investigación
4.2	Radiaciones no ionizantes en fisioterapia y rehabilitación

5	**Área de Oncología Radioterápica**
5.1	Radioterapia externa
5.2	Braquiterapia

6	**Actividades complementarias**
6.1	Organización y gestión hospitalarias
6.2	Docencia e investigación
6.3	Ética profesional

Los objetivos de formación teórica y de formación práctica se detallan a continuación para cada área.

1. Formación básica común a todas las áreas

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Objetivo general:- Adquirir la base científica de aplicación general que posibilitará el desarrollo del trabajo del radiofísico y que le proporcionará herramientas específicas para la solución de los problemas de su especialidad	*Objetivos generales*: - Adquirir aptitud y responsabilidad crecientes bajo la tutela y dirección del personal de plantilla del Servicio en cada una de las áreas de trabajo - Rotar por todas las áreas de la Especialidad y realizar por sí mismo las actividades establecidas en este programa para ser capaz de asumir funciones de forma autónoma

1.1 Ampliación de Física de radiaciones	
Objetivo específico: – Dominar el conocimiento de la estructura de la materia, de las radiaciones y de las interacciones entre ambas *Contenidos*: – Estructura de la materia – Radiaciones ionizantes y no-ionizantes – Radiactividad – Interacción de la radiación con la materia (fotones y partículas) – Efectos físicos de la radiación	

<table>
<tr><th colspan="2">1.2 Metrología y Dosimetría de las radiaciones. Técnicas e instrumentación</th></tr>
<tr><td>

Objetivos específicos:

- Conocer los fundamentos de la metrología y la teoría de la medida en general, y los de la dosimetría de las radiaciones en particular
- Adquirir los conocimientos necesarios para saber elegir correctamente el instrumento necesario en cada caso e interpretar de forma adecuada los resultados

Contenidos:

– Fundamentos de Metrología
– Teoría de la medida. Incertidumbres y tolerancias
– Sistemas de medida. Técnicas e instrumentos
– Concepto de dosis y kerma
– Teoría de la cavidad de Bragg-Gray
– Magnitudes dosimétricas y sus relaciones
– Bases físicas de los diferentes sistemas de medida de la radiación: calorimetría, dosimetría química, detectores de gas, cámaras de ionización, detectores de centelleo, dosímetros de termoluminiscencia, semiconductores, dosimetría fotográfica, dosímetros portales, dosimetría por geles ....
– Sistemas de dosimetría utilizados en la práctica hospitalaria

</td><td>

- Usar diferentes sistemas de medida para comprender el alcance, limitaciones, cuidados en la utilización y problemas que puedan surgir en su manejo.
- Comparar y justificar el uso de diferentes sistemas de detección de radiaciones
- Analizar y justificar el uso de distintos dosímetros en situaciones clínicas diversas
– Evaluar las incertidumbres y tolerancias en las medidas de dosis
– Diseñar procedimientos para calibración o comparación de detectores que satisfagan unas condiciones previas sobre la incertidumbre del resultado

</td></tr>
</table>

1.3 Fundamentos de Anatomía y Fisiología humanas y Oncología	
Objetivos específicos: - Conocer la terminología médica relacionada con la especialidad e identificar las estructuras anatómicas en las modalidades de imagen que se utilicen - Conocer la justificación de los diferentes procedimientos terapéuticos con radiaciones *Contenidos:* – Bases de Anatomía – Bases de Fisiología. Órganos y sistemas – Identificación de estructuras anatómicas en la imagen clínica – Bases de Oncología: Epidemiología, Etiología, ... – Biología del proceso tumoral – Clasificación de tumores – Modalidades de tratamiento del cáncer	

1.4 Fundamentos de Radiobiología	
Objetivos específicos: – Conocer los mecanismos de acción de las radiaciones sobre los distintos tejidos y órganos y su respuesta – Conocer el efecto diferenciado de las radiaciones sobre los tumores y los tejidos sanos – Conocer los fundamentos del riesgo de las radiaciones sobre los seres vivos *Contenidos:* – Introducción a la Biología molecular y celular – Repuesta de los tejidos a la radiación a nivel molecular y celular. Efectos deterministas y estocásticos. – Daño celular y curvas de supervivencia celular – Respuesta macroscópica del tejido a la radiación – Respuesta de tumores y tejido normal a la radiación a niveles terapéuticos. Dependencia con el fraccionamiento, la tasa y el volumen – Modelos radiobiológicos – Dosis de tolerancia y probabilidad de control tumoral. Efectos dosis-volumen. Modelos TCP (*Tumor Control Probability*) y NTCP (*Normal Tissue Control Probability*) – Aplicaciones en la práctica clínica – Bases biológicas del riesgo radiológico. Carcinogénesis, riesgos genéticos y somáticos para los individuos expuestos y para la población – Efectos de la radiación en el embrión y el feto	– Analizar los distintos modelos radiobiológicos (LQ, TCP, NTCP, …) – Averiguar cuáles son los modelos disponibles en los sistemas de planificación de la institución – Averiguar cuáles son los modelos que se usan en situaciones clínicas habituales – Investigar los parámetros clínicos usados en los modelos disponibles – Calcular ejemplos prácticos (al menos con el modelo lineal cuadrático) de situaciones que se presentan en la práctica clínica habitual

1.5 Fundamentos de la imagen médica	
Objetivo específico: – Conocer los fundamentos de la formación, manejo y transmisión de la imagen médica *Contenidos:* – Física de la formación de imágenes – Principios básicos de las diferentes modalidades de imagen clínica – Tratamiento de imágenes: filtros, algoritmos de reconstrucción, … – Evaluación de la calidad de imagen: función de transferencia, ruido, resolución y contraste – Sistemas de transmisión de imágenes. Protocolos DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), … – Procesado de imágenes médicas – Fusión de imágenes – Sustracción de imágenes – Sistemas de almacenamiento y gestión de imágenes médicas	– Analizar y comparar imágenes anatómicas obtenidas con los distintos sistemas disponibles en el hospital: RX, US, TC, RM, SPECT, PET, … – Analizar los métodos disponibles para valorar la calidad de imagen en cada una de las distintas modalidades disponibles en el hospital – Identificar artefactos de imagen en cada una de las modalidades y analizar las posibles causas – Investigar los agentes de contraste para cada modalidad de imagen. – Identificar los sistemas de transferencia de imágenes disponibles en el hospital

1.6 Estadística	
Objetivos específicos: – Saber evaluar las incertidumbres y tolerancias asociadas a los procesos de medida y a la aplicación de los tratamientos – Conocer los fundamentos del tratamiento estadístico de datos y su aplicación a los controles de calidad	– Considerar los datos obtenidos en las medidas y en los controles de calidad como una muestra de una distribución. Interpretar estadísticamente los resultados. Analizar tendencias temporales y correlaciones entre variables – Estimar las incertidumbres asociadas en cada proceso de medida, mediante la teoría de propagación de incertidumbres y según el procedimiento empleado – Optimizar procedimientos de medida mediante el análisis de las incertidumbres implicadas
Contenidos: – Estadística descriptiva – Distribuciones de probabilidad. Parámetros fundamentales – Teoría del muestreo. Estimación estadística – Teoría estadística de las decisiones – Aplicación al cálculo de incertidumbres – Teoría de la correlación – Diseño de estudios clínicos	

1.7 Fundamentos sobre garantía y control de calidad	
Objetivos específicos: – Conocer los fundamentos de la teoría de la calidad y sus aplicaciones a los programas de garantía de calidad de las distintas unidades asistenciales – Conocer los estándares nacionales e internacionales de calidad en el ámbito de la especialidad. – Conocer los fundamentos de la teoría del control estadístico de la calidad *Contenidos:* – Definición de calidad, garantía de calidad, control de calidad, estándares de calidad – Gestión de calidad – Normas nacionales e internacionales de calidad – Programas de garantía de calidad – Control de calidad	– Identificar y analizar los distintos programas de garantía de calidad de la institución, generales y específicos – Observar y participar en la elaboración de programas de garantía de calidad de acuerdo con las recomendaciones nacionales e internacionales.

2. Área de Protección Radiológica

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Objetivos generales: – Conocer los principios básicos de la Protección Radiológica – Conocer las normas legales y recomendaciones locales, nacionales e internacionales en materia de Protección y Seguridad Radiológicas – Conocer los procedimientos operativos de cada una de las áreas de trabajo *Contenidos:* – Bases científicas de la Protección Radiológica – Magnitudes y unidades en Protección Radiológica – Detección de la radiación en Protección Radiológica – Justificación y optimización: principio ALARA (*As Low As Reasonably Available*) – Principios básicos de la limitación de dosis – Evaluación del riesgo radiológico – Vigilancia de la radiación: Clasificación de áreas y de personal. – Administración y organización de la Protección Radiológica – Organizaciones y normas nacionales e internacionales – Legislación nacional e internacional – Diseño de instalaciones. Cálculo de blindajes – Gestión de la seguridad radiológica – Planes de emergencia – Manipulación del material radiactivo. Transporte – Estudio y valoración de contaminaciones – Gestión de residuos – Control de calidad del equipamiento de medida de la radiación ambiental y contaminación radiactiva – Procedimientos operativos de cada una de las áreas de trabajo según el tipo de fuentes y equipos empleados	– Diseñar instalaciones y calcular blindajes – Realizar controles de irradiación y contaminación – Observar y participar en el proceso de gestión de residuos radiactivos – Observar y participar en el sistema local de control dosimétrico del personal. Analizar diferentes sistemas de dosimetría personal y de área – Elaborar procedimientos de gestión de los dosímetros personales – Valorar la aplicación , dentro de la institución, de las leyes y recomendaciones vigentes – Observar y participar en la elaboración de documentaciones preceptivas – Observar y participar en la elaboración de programas de protección radiológica – Participar en la realización de control de calidad de equipos de medida – Participar en la elaboración o discusión de los planes de emergencia para cualquier instalación radiactiva – Participar en los simulacros de emergencia – Observar y participar en la elaboración o actualización del Manual de PR del hospital – Observar cómo se debe informar al personal sanitario, pacientes y público en materia de protección radiológica

3. Área de diagnóstico por la imagen

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Objetivos generales: – Conocer los fundamentos de la formación de la imagen diagnóstica – Conocer el equipamiento empleado – Conocer los fundamentos de los distintos procedimientos y técnicas diagnósticas *Contenidos* – Área de Medicina Nuclear – Área de Radiodiagnóstico – Área de Ultrasonidos – Área de Resonancia Magnética	

3.1 Área de Medicina Nuclear y Laboratorios

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Fundamentos	
– Radioisótopos empleados. Características de los radionucleidos – Obtención de los radionucleidos – Radiofármacos. – Captación de los radiofármacos por el organismo. Período biológico efectivo – Estudios morfológicos y funcionales – Exploraciones gammagráficas más frecuentes y radiofármacos usados – Principios físicos de la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) – Principios físicos de la Tomografía por emisión de positrones (PET) – Estadística. Errores de contaje	
Equipos	
– Activímetros – Gammacámaras : planares, Sistemas SPECT y PET, – Contadores gamma, – Contadores beta, – Sondas intraoperatorias – Programas de análisis de imagen y funciones – Cámaras de multi-imagen – Procesadoras, etc.	– Observar y valorar el mantenimiento preventivo de los equipos e identificar sus componentes con el Ingeniero del Sistema durante las intervenciones de mantenimiento preventivo – Manejar los equipos de diagnóstico y la instrumentación auxiliar empleados en Medicina Nuclear: activímetros, gammacámaras planares, SPECT y PET, programas de procesado y tratamiento de imágenes y datos … – Analizar y comentar criterios de selección de equipos y sistemas de medida
Garantía y control de calidad	
– Selección de equipos – Definición de especificaciones – Comparación de características	– Manejar el material empleado para las medidas de control de calidad de la instrumentación: para activímetros (fuentes de estabilidad y dispositivos para pruebas geométricas), para

– Pruebas de aceptación, del establecimiento del estado de referencia inicial y de constancia del equipamiento – Control de calidad de la instrumentación de medida – Garantía de calidad del equipamiento y de la imagen. Control de calidad periódico – Normas y recomendaciones de calidad en MN nacionales e internacionales	gammacámaras planares, SPECT y PET (maniquíes de resolución temporal y espacial, de uniformidad planar y tomográfica, fuentes para estabilidad …) – Diseñar maniquíes sencillos que se adapten a las necesidades particulares para la realización de los controles – Realizar las pruebas de control de calidad de los diferentes tipos de equipos (activímetros, gammacámaras planares, SPECT, PET, sondas intraoperatorias …) de acuerdo con protocolos nacionales e internacionales. – Elaborar los informes correspondientes sobre el estado de los equipos – Investigar y comentar posibles mejoras en las técnicas de imagen
Dosimetría de pacientes	
– Dosimetría interna. Métodos de cálculo. Modelos estándar de distribución de radiofármacos – Dosimetría clínica y dosis típicas en los procedimientos estándar de diagnóstico. Actividades de referencia	– Manejar los procedimientos destinados a la estimación de la dosis en órganos de pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos en aquéllos casos en que se precise, empleando los formalismos y modelos más conocidos (ICRP, MIRD)
Tratamientos con fuentes no encapsuladas	
– Procedimientos de terapia – Elección del radionúclido y el radiofármaco. Propiedades físicas, cinética y distribución – Consideraciones radiobiológicas – Técnicas dosimétricas – Procedimientos generales en el manejo de esta clase de fuentes	– Discutir las características de las fuentes y las razones para su elección en una situación clínica práctica – Observar el proceso clínico de administrar este tipo de radionúclidos a pacientes y el subsecuente control de estos – Manejar el material empleado en la toma de datos para la medida de dosis en órganos: activímetros, cámaras de ionización, gammacámaras,… – Calibrar la instrumentación empleada para la toma de datos mediante maniquíes apropiados en cada caso – Emplear los formalismos existentes para la adquisición de datos y el cálculo de dosis en órganos (MIRD)

	– Elaborar procedimientos de protección radiológica y garantía de calidad para la realización de estos tratamientos

3.2 Área de Radiodiagnóstico

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Fundamentos	
– Producción de rayos X. Espectro energético. Parámetros que lo modifican. – Formación de la imagen de rayos X. Contraste. Artefactos – Colimación. Radiación dispersa. Rejillas – Geometría de la imagen radiográfica. Amplificación. Distorsión.	
Equipos	

– Tubos y generadores de rayos X. Propiedades.
– Cadena de imagen:
– Placa radiográfica. Características de la película radiográfica. Pantallas de refuerzo. Procesadoras. Negatoscopios
  – Intensificadores de imagen
  – Sistemas receptores de imagen digital: CR, *flat panel*, etc.
– Características de los equipos de radiodiagnóstico:
  – Radiográficos
  – Tomógrafos convencionales
  – Mamógrafos
  – Equipos dentales
  – Telemandos
  – Arcos de quirófano
  – Equipos vasculares y de hemodinámica
  – Tomógrafos computarizados (TC)
	– Observar y valorar el mantenimiento preventivo de los equipos e identificar sus componentes con el Ingeniero del Sistema durante las intervenciones de mantenimiento preventivo
	– Manejar los distintos tipos de equipos y sistemas receptores de imagen: convencionales, telemandos, mamógrafos, dentales, arcos de quirófano, vasculares, TC, …
	– Analizar y comentar criterios de selección de equipos y sistemas de medida

Introducción a los principales procedimientos	
– Estudios simples. Proyecciones más frecuentes – Estudios complejos. Urografías. Estudios digestivos – Estudios de mamografía – Radiografía dental – Procedimientos intervencionistas: vasculares y de hemodinámica – Estudios de TC	
Dosimetría física	
– Dosimetría del haz de radiación en radiodiagnóstico – Rendimiento – Sistemas de medida: cámaras de ionización, detectores de semiconductor, dosímetros de termoluminiscencia, películas radiográficas – Caracterización del haz – Filtración total – Calidad del haz – Equipos para la medida de la tensión, la corriente y el tiempo. Analizadores compactos	– Manejar los distintos tipos de detectores que se emplean en la dosimetría para radiodiagnóstico: cámaras de ionización, diodos, dosímetros de termoluminiscencia, películas radiográficas. – Realizar comprobaciones de constancia de detectores mediante su intercomparación – Traspasar factores de calibración de los detectores de referencia a otros
Garantía y control de calidad	
- Selección de equipos - Definición de especificaciones - Comparación de características - Pruebas de aceptación, del establecimiento del estado de referencia inicial y de constancia del equipamiento. Parámetros geométricos, dosimétricos y de calidad de imagen - Diseño y realización de programas de garantía de calidad en radiodiagnóstico. Normas y recomendaciones de calidad nacionales e internacionales	– Manejar la instrumentación necesaria para la realización de los controles de calidad de los equipos para radiodiagnóstico: multímetros, maniquíes de control de calidad de la geometría del haz, maniquíes de control de calidad de imagen – Diseñar maniquíes sencillos que se adapten a las necesidades particulares para la realización de los controles – Realizar las pruebas de control de calidad de los diferentes tipos de equipos y sistemas receptores de imagen, de acuerdo con protocolos nacionales e internacionales. Deberán incluir equipos

- Control de calidad de la instrumentación de medida: calibración e intercomparación	convencionales, telemandos, mamógrafos, dentales, arcos de quirófano, vasculares, TAC, … – Investigar y comentar posibles mejoras en las técnicas de imagen – Elaborar los informes correspondientes sobre el estado de los equipos
Dosimetría de pacientes	
- Indicadores de dosis. Dosis en la superficie de entrada. Producto dosis-área. Producto dosis-longitud. Niveles de referencia - Estimación de dosis en órganos de pacientes. Métodos y programas de cálculo. - Dosimetría en procedimientos de alta dosis. Dosis de interés.	– Medir niveles de referencia en las distintas salas con el indicador de dosis adecuado para cada caso (DES, Dosis-Área, Dosis-Longitud, …) como parámetro de control de calidad del procedimiento global. Analizar los resultados estadísticamente para la toma de decisiones – Estimar dosis en órganos empleando los métodos y programas adecuados (EffDose, CTDose, ImpaCT) – Medir de forma individualizada la dosis de interés en cada caso en pacientes sometidos a procedimientos de alta dosis

3.3 Área de Ultrasonidos y Resonancia Magnética

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Ultrasonidos	
- Naturaleza de los US. Propagación - Transductores - Aplicaciones clínicas en diagnóstico y en terapia - Formación y tratamiento de imágenes - Descripción general de los equipos. Garantía y control de calidad – Efectos biológicos y seguridad	
Resonancia Magnética	
- Campo magnético e imanes. Propiedades magnéticas de la materia	

- Conducta de un núcleo bajo un campo magnético. Excitación. Relajación - Obtención de imágenes. Artefactos. - Aplicaciones clínicas - Espectroscopía - Efectos biológicos y seguridad - Componentes de un equipo de RM - Garantía y control de calidad	

4. Área de otros usos de las radiaciones

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Objetivos generales: – Conocer las técnicas y los procedimientos que emplean radiaciones ionizantes en los laboratorios y centros de investigación asociados a los hospitales – Conocer los fundamentos de las técnicas de terapia que emplean radiaciones no ionizantes – Conocer el equipamiento y la instrumentación empleada	
Contenidos – Radiaciones ionizantes en los laboratorios y centros de investigación – Radiaciones no ionizantes en fisioterapia y rehabilitación	
4.1 Radiaciones ionizantes en los laboratorios y centros de investigación	
- Fuentes de radiación utilizadas - Equipamiento asociado con su uso y medida - Programas de garantía y control de calidad del equipamiento	- Identificar los distintos procedimientos de uso de las radiaciones - Realizar el control de calidad del equipamiento asociado a la medida de radiación

- Bases físicas de las nuevas técnicas asociadas a estas aplicaciones	
4.2 Radiaciones no ionizantes en fisioterapia y rehabilitación	
- Fundamentos sobre las radiaciones utilizadas (onda corta, microondas, …). Tipos de equipos. Aplicaciones terapéuticas. Riesgos y seguridad. Garantía de Calidad - Fundamentos de los equipos de rayos láser. Tipos de equipos. Aplicaciones terapéuticas. Riesgos y seguridad. Garantía de calidad	

5. Área de Oncología Radioterápica

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Objetivos generales: – Conocer los fundamentos científicos de las aplicaciones terapéuticas de las radiaciones producidas por equipos generadores de RX, aceleradores de partículas y fuentes radiactivas encapsuladas y no encapsuladas – Conocer el equipamiento asociado *Contenidos:* – Radioterapia externa Braquiterapia	

5.1 Radioterapia externa

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Equipos de tratamiento e imagen	
– Unidades de Rayos X de kilovoltaje – Unidades de Cobalto – Aceleradores lineales de electrones – Sistemas de imagen en unidades de tratamiento – Simuladores: convencionales, de TC, virtuales – Sistemas de imagen para localización	– Identificar los distintos componentes de los equipos de tratamiento e imagen con el ingeniero durante las intervenciones preventivas – Manejar los equipos de tratamiento e imagen – Participar en la selección de técnicas para la obtención de imágenes mediante TC, angiografías, US, RM, SPECT, etc., que se utilizan en terapia – Verificar la transferencia de imágenes y otros datos mediante la red desde los sistemas de planificación a los aceleradores y entre aceleradores, y realizar un apropiado control de calidad del sistema de transferencia.
Dosimetría física	

– Caracterización y estudio de haces de radiación
– Definición de condiciones de referencia y terminología
– Determinación de la dosis en haces de fotones y electrones según los diferentes protocolos existentes
– Especificación de la dosis de referencia en la práctica clínica
– Dosimetría relativa:
  – Variación de la dosis a lo largo del eje del haz: Rendimiento en profundidad
  – Variación de la dosis perpendicularmente al eje del haz: Perfiles. Penumbra, planitud, simetría
  – Factores de campo. Contribución de la radiación dispersa del cabezal y del maniquí
  – Parámetros de caracterización de haces de fotones y electrones
  – Distribuciones de dosis 3D
	– Aplicar protocolos de dosimetría incluyendo el de uso general a nivel nacional
	– Practicar con el material de medida utilizado para calibraciones: cámaras de ionización, diodos, …
	– Realizar pruebas de constancia y de estabilidad de las cámaras de ionización
	– Realizar medidas de intercomparación de cámaras para la determinación del factor de calibración según el protocolo empleado en la institución. Obtener los parámetros de corrección
	– Realizar medidas con diferentes equipamientos (cámaras, diodos, películas, TLD,...) de:
	  – Dosis absolutas de fotones y electrones según el protocolo empleado en el hospital
	  – Dosis relativas de fotones y electrones :
	  – Calidad del haz

– Efecto de los modificadores del haz (cuñas físicas y virtuales, compensadores...) – Métodos de adquisición y transferencia de datos para los sistemas de planificación. Requerimientos de cada sistema	– Variación de la dosis a lo largo del eje y perpendicularmente al eje para haces abiertos y con modificadores – Factores de campo – Factores de transmisión – Realizar medidas de los parámetros geométricos – Realizar medidas de coincidencia del haz radiante y el haz luminoso – Realizar el informe del estado de referencia de una unidad de tratamiento de teleterapia – Realizar las medidas adicionales necesarias para configurar una unidad de tratamiento en el planificador
Adquisición de datos del paciente	
– Técnicas de simulación – Posicionamiento del paciente – Sistemas de inmovilización – Adquisición de imágenes (sistemas radiográficos, TC, RM, …) – Contornos. Sistemas de adquisición. – Control de calidad del proceso de obtención de imágenes – Localización de volúmenes y órganos críticos – Fusión de imágenes para localización tumoral	– Especificar y justificar los criterios para seleccionar sistemas de imagen en Radioterapia (simulador, TC, RM …) – Participar en el uso de los sistemas de imagen utilizados para localización y diseño del tratamiento en la práctica clínica – Preparar o verificar contornos y otros datos de pacientes para la planificación de tratamientos – Comprender el proceso de definición de volúmenes anatómicos: CTV, PTV, … – Evaluar incertidumbres en los datos de los pacientes
Sistemas de planificación y cálculo de dosis. Dosimetría clínica	
– Especificación de dosis y volúmenes. Recomendaciones internacionales (ICRU50, ICRU62, …) – Parámetros y funciones que intervienen en el cálculo de la dosis – Principios de la planificación manual y con ordenador – Cálculo de Unidades Monitor – Sistemas de planificación computarizados – Algoritmos de cálculo (1D, 2D, 3D) – Herramientas en la planificación 3D: BEV, DRR, HDV	– Introducir los datos necesarios para la configuración de una unidad de tratamiento – Verificar la coincidencia de los datos del planificador con los medidos – Verificar el proceso de transferencia de imágenes a sistemas de planificación de tratamientos – Analizar los algoritmos utilizados localmente para el cálculo de dosis en fotones y electrones

– Optimización y evaluación de la planificación – Verificación de cálculos dosimétricos – Transmisión de imágenes y datos – Registro y archivo. Recomendaciones internacionales	– Analizar y valorar las propiedades y las limitaciones de los algoritmos implementados en los sistemas de planificación locales a partir de la información disponible (manuales, reuniones de grupos de usuarios, …) – Analizar y valorar los métodos utilizados para tener en cuenta heterogeneidades y defecto de tejido en irradiación con fotones – Verificar los algoritmos de planificación utilizando maniquíes adecuados, planificando una irradiación determinada y realizando medidas de dosis en las condiciones planificadas – Realizar cálculos manuales de tiempos de tratamiento o Unidades Monitor para haces de fotones y electrones con distintas energías, para una amplia variedad de situaciones clínicas – Manejar el sistema de planificación con todas las herramientas disponibles – Realizar planificaciones con ordenador (2D y 3D) viendo efectos de oblicuidad e inhomogeneidad – Realizar planificaciones con ordenador (2D y 3D) usando imágenes de localización para un conjunto representativo de localizaciones tumorales, usando apropiados modificadores del haz como cuñas, bloques, multiláminas, compensadores o bolus. – Realizar planificaciones con ordenador (2D y 3D) con haces contiguos o superpuestos – Realizar planificaciones 3D de, al menos, las siguientes localizaciones: cráneo, SNC, ORL, mama (con y sin áreas ganglionares), pulmón, abdomen, próstata, vejiga, recto, ginecológicas, etc. – Realizar planificaciones de radiocirugía y de radioterapia estereotáxica fraccionada – Valorar y optimizar las planificaciones con las herramientas disponibles en el sistema (histogramas dosis-volumen, visualización 3D, NTCP, …) – Realizar un tratamiento de irradiación corporal total y superficial – Realizar los informes dosimétricos correspondientes a estas planificaciones

	– Verificar los cálculos individuales de pacientes en planes de tratamiento, usando un programa independiente de cálculo de Unidades Monitor teniendo en cuenta los diferentes factores – Estudiar sistemas de planificación IMRT
Técnicas de radioterapia externa	**Puesta en práctica de la planificación**

– Técnicas convencionales:
  – Campos regulares e irregulares
  – Modificadores del haz: Cuñas, bolus, compensadores
  – Colimación del haz: bloques, multiláminas
  – Efectos de la oblicuidad, contigüidad y superposición de campos
  – Efectos de la heterogeneidad
  – Conceptos de normalización y ponderación de los haces
  – Campos fijos y terapia de movimiento
– Técnicas avanzadas:
  – 3D conformada
  – No coplanares
  – Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT)
– Técnicas especiales:
  – Campos extensos: irradiaciones totales corporales con fotones y electrones
  – Haces estrechos: radiocirugía y radioterapia estereotáxica fraccionada
  – Radioterapia intraoperatoria
  – Tratamientos con haces de partículas pesadas
	– Introducir los parámetros físicos de la planificación en la ficha de tratamiento
	– Transferir los parámetros de la planificación al acelerador
	– Transferir los datos necesarios para la realización de los moldes y verificar los resultados

Verificación de tratamientos	
– Verificación inicial del posicionamiento del paciente y de la planificación del tratamiento en el simulador o en la unidad de tratamiento – Comprobación con imágenes portales – Precisión geométrica, reproducibilidad y métodos de verificación	– Observar y analizar las verificaciones de las planificaciones en el simulador o en la unidad de tratamiento antes del tratamiento – Observar y analizar la aplicación del tratamiento en la unidad – Evaluar discrepancias entre imágenes portales y las imágenes de verificación hechas en el simulador o DRR

– Dosimetría *in vivo* – Sistemas de registro y verificación	
Garantía y control de calidad	

– Selección de equipos
  – Definición de especificaciones técnicas
  – Comprobación de características
  – Pruebas de aceptación, de referencia y de constancia del equipamiento
– Control de calidad:
  – Instrumentación y equipos de medida
  – Unidades de tratamiento
  – Sistemas de planificación
  – Simuladores
  – Dosimetría clínica
– Revisiones periódicas de cálculos y parámetros de tratamiento
– Revisiones de las fichas individuales de tratamiento
– Diseño y realización de programas de garantía de calidad en los aspectos asociados al equipamiento y la dosimetría
– Normas y recomendaciones de calidad nacionales e internacionales en radioterapia externa
	– Analizar y comentar el programa de Garantía de Calidad en Radioterapia del hospital en los aspectos relativos al equipamiento de Radioterapia externa
	– Participar en la aceptación de unidades de tratamiento o cualquier otro equipamiento, cuando sea posible.
	– Realizar el control de calidad periódico del equipamiento:
	  – Instrumentación y equipos de medida
	  – Unidades de tratamiento
	  – Sistemas de planificación
	– Elaborar los informes correspondientes
	– Discutir el papel del control de calidad en el funcionamiento
	– Discutir cómo el control de calidad reduce el riesgo de un accidente en Radioterapia
	– Conocer, evaluar y discutir accidentes producidos

5.2 Braquiterapia

FORMACIÓN TEÓRICA	ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE
Equipos	
– Tipos de radionúclidos – Fuentes radiactivas encapsuladas: características selección y diseño de fuentes – Aplicadores – Sistemas de carga diferida (LDR, HDR, PDR)	– Justificar la elección de fuentes en Braquiterapia y las razones para su uso en una situación clínica particular – Manejar las fuentes radiactivas y sus accesorios – Asistir a la preparación de las fuentes para uso clínico

– Equipos de calibración de fuentes – Sistemas de imagen para braquiterapia	– Observar y valorar el mantenimiento preventivo de los distintos equipos de carga diferida automática – Identificar los distintos componentes de los equipos de carga diferida automática con el Ingeniero del Sistema durante las intervenciones de mantenimiento preventivo – Manejar los equipos de carga diferida
Especificación de fuentes	
– Caracterización de la emisión de las fuentes. Actividad. Tasa de kerma en aire de referencia – Definición del rendimiento de las fuentes. Protocolos nacionales e internacionales – Métodos de dosimetría	– Determinar la tasa de kerma en aire de las fuentes en uso en el hospital, usando el equipamiento disponible
Técnicas de tratamiento	

– Selección de fuentes
– Preparación de fuentes
– Procedimientos de trabajo
– Aplicaciones de carga directa
– Aplicaciones de carga diferida (manual y automática)
– Implantes permanentes y temporales
– Aplicaciones estándar: implantes de baja tasa de dosis. Sistemas de implantación y de cálculo de dosis clásicos: sistema de París, de Manchester …
– Extensión a otros tipos de implantes: HDR, PDR
– Técnicas especiales:
  – Intracoronaria
  – Implantes permanentes de semillas
  – Implantes oftálmicos
  – Implantes esterotáxicos
	– Observar y participar en el proceso clínico completo (localización en el simulador, planificación del tratamiento y aplicación del tratamiento) de todas las modalidades disponibles en el hospital (carga directa y carga diferida manual y automática)

Planificación de tratamientos y cálculo de dosis	
– Formalismos generales – Estructura general de los sistemas de planificación de BT. Datos necesarios para la configuración de los sistemas de planificación – Sistemas de toma de datos. Localización de fuentes. – Algoritmos de reconstrucción – Algoritmos de cálculo – Optimización y evaluación de la planificación. – Especificación de dosis y volúmenes de acuerdo con protocolos internacionales. Sistemas de cálculo de dosis clásicos: sistema de París, de Manchester …	– Investigar los tipos de algoritmos usados localmente para el cálculo de dosis. Comprobar el algoritmo y ver limitaciones – Calcular tiempos de tratamiento usando métodos manuales – Realizar distribuciones de dosis de braquiterapia usando sistemas computarizados – Investigar los métodos de especificación de dosis en las aplicaciones instersticiales e intracavitarias empleados en el hospital. Contrastar con las recomendaciones internacionales
Garantía y control de calidad	

– Selección de equipos:
  – Definición de especificaciones
  – Comprobación de características
  – Pruebas de aceptación, de referencia y de constancia.
– Control de calidad:
  – Instrumentos y equipos de medida
  – Fuentes y aplicadores
  – Unidades de tratamiento
  – Sistemas de planificación y cálculo
  – Accesorios utilizados para la reconstrucción espacial del implante
  – Sistemas de imagen
  – Dosimetría clínica
– Diseño y realización de programas de garantía de calidad en los aspectos asociados al equipamiento y la dosimetría.
– Normas y recomendaciones de calidad nacionales e internacionales en Braquiterapia
	– **Analizar y comentar el programa de Garantía de Calidad en Radioterapia de la Institución, en los aspectos relativos al equipamiento de Braquiterapia.**
	– Realizar el control de calidad periódico del equipamiento de Braquiterapia:
	  – Instrumentación y equipos de medida
	  – Fuentes y aplicadores
	  – Equipos de carga diferida automáticos
	  – Sistemas de planificación y cálculo
	  – Sistemas de imagen
	– Realizar los informes correspondientes

6. Área de Actividades Complementarias

Además de las actividades específicas de la RFH, el Residente participa durante su formación en las siguientes actividades complementarias en

- Organización y gestión hospitalarias
- Docencia e investigación
- Ética profesional

6.1 Organización y gestión hospitalarias

Objetivos generales:

- Aprender a desenvolverse en el ámbito hospitalario
- Asimilar el lenguaje de la Medicina
- Acostumbrarse a la relación con los pacientes
- Entender el hospital como un centro de trabajo multidisciplinar, donde el paciente, objetivo de toda la actividad asistencial, se vea favorecido por el trabajo en equipo y el buen entendimiento entre todos
- Estar capacitado para organizar y gestionar un grupo de trabajo, sección o servicio de Radiofísica

Contenidos:

- El Sistema de Salud
- Regulaciones nacionales y directivas europeas
- Guías y recomendaciones de organizaciones nacionales e internacionales.
- Consideraciones éticas en la práctica médica
- Principios de gestión aplicados en departamentos hospitalarios y proyectos
- Recursos humanos
- Principios de gestión de personal
- Organización de los Servicios o Unidades
- Asesoramiento en la compra de material

6.2 Docencia e investigación

Objetivos generales:

- Conocer los métodos para presentar correctamente los resultados de su trabajo
- Adquirir la capacidad de comunicación suficiente para desempeñar sus labores docentes

Actividades:

- Participar en la elaboración de trabajos para presentar en congresos
- Participar en el desarrollo de trabajos de investigación relacionados con los contenidos del programa de formación
- Participar en la impartición de cursos de formación a otros profesionales
- Participar en la preparación e impartición de seminarios, sesiones científicas y demás actividades docentes dentro y fuera del servicio
- Elaborar algún proyecto de investigación, lo que incluirá:
- Definir necesidades, intereses y programas.
- Establecer prioridades
- Establecer cronogramas, marcando los puntos de continuidad y de finalización

6.3 Ética profesional

Objetivo general:

- Familiarizarse con los códigos de conducta profesional
- Aprender a discernir entre situaciones que se les puedan presentar y resolverlas de acuerdo a la ética profesional

Actividades:

- Conocer el código deontológico de la especialidad
- Discutir casos prácticos en los que se puedan tomar opciones distintas

ROTACIONES Y CRONOGRAMA

Será responsabilidad de las Comisiones de Docencia de cada Centro el cumplimiento de los programas formativos y de los objetivos delimitados y cuantificados de la Especialidad de Radiofísica Hospitalaria de formación con sus rotaciones consiguientes:

Genérica

El aprendizaje de los conocimientos básicos comunes a todas las áreas en su aplicación a la Radiofísica Hospitalaria se realizará fundamentalmente durante el primer año. Los temas de conocimiento son:

	Área de conocimiento común a todas las áreas de la especialidad
1.1	Ampliación de física de las radiaciones
1.2	Metrología y Dosimetría de las radiaciones. Técnicas e instrumentación
1.3	Fundamentos de Anatomía y Fisiología humanas y Oncología
1.4	Fundamentos de Radiobiología
1.5	Fundamentos de la imagen médica
1.6	Estadística
1.7	Fundamentos sobre garantía y control de calidad

El aprendizaje de las actividades complementarias en su aplicación a la Radiofísica Hospitalaria se realizará de forma continuada durante los tres años de formación del residente. Los temas de conocimiento son:

	Actividades complementarias
6.1	Organización y gestión hospitalarias
6.2	Docencia e investigación
6.3	Ética profesional

Específica

El objetivo fundamental en esta formación será que el Residente vaya aprendiendo a asumir correctamente y de forma progresiva las diversas responsabilidades profesionales que comprende la especialidad, en cada una de las áreas.

La Radiofísica Hospitalaria ha presenciado importantes avances tecnológicos y terapéuticos en los últimos años. En especial, el ámbito de la radioterapia de nuestro Servicio, se han incorporado un acelerador portátil, que permite realizar tratamientos en quirófano, y un equipo de protonterapia, que precisa de una mayor especialización y dedicación del especialista en radiofísica tanto en el control de calidad del equipo como en la realización de los planes dosimétricos. Además, actualmente se está instalando un equipo de radioterapia guiada por resonancia magnética (MRgRT).

En este sentido, consideramos de especial relevancia la formación de especialistas en Radiofísica Hospitalaria en técnicas novedosas, tales como la Protonterapia, MRgRT y radioterapia intraoperatoria, que se prevé resulten transversales a corto plazo en el ámbito clínico. Por ello, la formación del residente en un centro que cuenta no sólo con esta tecnología sino una experiencia previa, proporcionaría a los residentes un conocimiento más profundo del alcanzable a través de una simple una rotación externa. Por otro lado, en el área de Medicina Nuclear se ha producido un aumento y una diversificación de los tratamientos radiometabólicos, más allá de la utilización del I-131, con la introducción de isótopos como el Y-90, Lu-177 y el Ra-223, precisando estos dos últimos de una dosimetría más elaborada, tanto en tumor como en órganos a riesgo. Todas estas novedades asistenciales, conllevan también su correspondiente actividad diferencial y novedosa en la protección radiológica asociada que realizamos desde el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica (vigilancia dosimétrica, sistemas de seguridad, formación…).

Se considera 1 residentes por año, que realiza su formación principalmente en la sede de Pamplona.

Las rotaciones por áreas de los dos residentes se indican en las siguientes tablas:

P: Formación en la Sede de Pamplona

M: Formación en la Sede de Madrid

	Año	1er				2º				3er				Nº
	Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	Meses
2	Área de Protección Radiológica	P	P	P	M	P	P							18
3.1	Área de Medicina Nuclear y Laboratorios	P	P	P	M	P	P							18
3.2	Área de Radiodiagnóstico	P	P	P	M	P	P							18
3.3	Área de Ultrasonidos y Resonancia Magnética						P							1
4.1	Radiaciones ionizantes en laboratorios y centros de investigación					P								1
4.2	Radiaciones no ionizantes en fisioterapia y rehabilitación					P								1
5.1	Radioterapia externa							P	P	P	P	P	M	18
5.2	Braquiterapia							P	P	P	P	P	M	18

El residente de Radiofísica también realizará rotaciones de 1 semana de duración en la Unidades docentes Médicas de la Clínica Universidad de Navarra en las que desarrolla su actividad:

- Unidad docente de Medicina Nuclear
- Unidad decente de Radiología
- Unidad docente de Oncología Radioterápica

Que se realizarán a mitad del periodo formativo de su área (aproximadamente a los meses 6, 7 y 24 de su formación).

Responsables de referencia en las rotaciones

Para las distintas áreas formativas de la especialidad de Radiofísica Hospitalaria hay un responsable de referencia, en cada una de las dos sedes de la Clínica.

	Área de conocimiento
1	Área de conocimiento común a todas las áreas de la especialidad
2	Área de Protección Radiológica
3	Área de diagnóstico por la imagen
4	Área de otros usos de las radiaciones
5	Área de Oncología Radioterápica
6	Actividades complementarias

Los responsables de las rotaciones en al Unidades docentes de Medicina Nuclear, Radiología y Oncología Radioterápica son los correspondientes tutores de residentes.

Rotaciones externas

En la actualidad, el residente recibe una formación completa en la Clínica en el área 3.2 de "Radiodiagnóstico", cubriéndose todos los aspectos formativos. Sin embargo, se se ofrece una rotación externa en un centro a su elección. En este sentido, se recomienda el Complejo Hospitalario de Navarra debido a que es un centro de referencia nacional en esta área y a que, al estar en la misma ciudad de Pamplona, no supone una dificultad logística. Con esta rotación, el residente tendrá la posibilidad de aprender los métodos de trabajo de otra unidad docente y de emplear equipos de medida distintos a los de nuestro centro. En particular, la rotación tendría este esquema básico, pero adaptable:

Centro	A elección del residente-tutor
Duración	De 1-4 semanas
Periodo	Etapa de radiodiagnóstico
Objetivos a alcanzar	Complementar la formación en: El CC sobre equipos de diagnóstico de otras casas comerciales La medida de niveles de referencia como parámetro de control de calidad global al control de calidad Realizar CC con otro equipamiento

Asimismo, en el área de 3.2 de “Medicina Nuclear y laboratorios” el residente también recibe una formación completa en la Clínica al disponer de todos los equipos de esta rama, así como dosimetría de tratamientos metabólicos con diversos radionúclidos. Con el fin de conocer metodologías distintas a las que empleamos en la Clínica, se ofrece al residente la realización de una rotación en un centro a su elección, habiendo experiencia previa en el Hospital Universitario de Cruces, en la que hubo el siguiente programa formativo:

Centro	Hospital Universitario de Cruces
Duración	2 semanas
Periodo	Etapa Medicina Nuclear
Objetivos a alcanzar	Formación en: Dosimetría interna en Medicina Nuclear Métodos de cuantificación en gammacámara y SPECT para tratamientos de Lu-177 y Ra-223 Conocer distintos modelos de equipamientos en MN

Finalmente, el residente podrá realizar también una serie de rotaciones breves en el área 5.1 de “Radioterapia”, con el fin de completar su formación en técnicas no convencionales, no están disponibles en la Clínica Universidad de Navarra. Como ejemplos se indican rotaciones realizadas por anteriores residentes:

Centro	Hospital Universitario Puerta de Hierro
Duración	2 semanas
Periodo	Etapa Radioterapia
Objetivos a alcanzar	Formación en: Sistema de tratamiento guiado por imagen TomoTherapy Control de calidad del sistema TomoTherapy Planificación de tratamientos de tomoterapia

Centro	Hospital Universitario Doctor Negrín
Duración	2 semanas
Periodo	Etapa Radioterapia
Objetivos a alcanzar	Formación en: Conocer el sistema de tratamiento de radioterapia externa Cyberknife Control de calidad del sistema Cyberknife Planificación de tratamientos con sistema Cyberknife

Centro	Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

Duración	2 semanas
Periodo	Etapa Radioterapia
Objetivos a alcanzar	Formación en: Realización de control de calidad en equipos de ultrasonidos de Radiología y Braquiterapia Conocimiento de otros software de planificación en radioterapia (Eclipse) y otros aceleradores (Varian)

Centro	Rotación MRI Linac (Amsterdam UMC)
Duración	2 semanas
Periodo	Etapa Radioterapia
Objetivos a alcanzar	Formación en: Uso de la tecnología MRI en radioterapia externa Control de calidad del equipo integrado MR-acelerador clínico Planificación y re-planificación de tratamientos en Linac-MRI

La experiencia previa en estas rotaciones, ha permitido una mayor disposición a la hora de abrir puentes a rotaciones en el Servicio de Radiofísica, atendiendo el interés o motivación particular de cada residente en las distintas áreas formativas.

ASISTENCIA A CURSOS

La asistencia a los cursos recomendados por Sociedades Científicas, deberá sumar, al finalizar el periodo de residencia, un mínimo de 12 créditos ECTS.

La Sociedad Española de Física Médica (SEFM) organiza anualmente el curso “Fundamentos de Física Médica”. Este Curso pretende ofrecer una formación básica que cubra gran parte de los conocimientos teóricos que figuran en el programa de la especialidad de Radiofísica Hospitalaria y ser un soporte a las Unidades Docentes para el desarrollo de los conocimientos teóricos que los residentes deben adquirir. La distribución de temas es al siguiente:

Módulo	Nº Horas	Tema
1	21	Medida de la radiación
2	18	Bases físicas, equipos y Control de Calidad en Radiodiagnóstico
3	14	Bases físicas, equipos y control de calidad en Radioterapia Externa I
4	18	Bases físicas, equipos y control de calidad en Radioterapia Externa II
5	16	Bases físicas, equipos y control de calidad en Braquiterapia
6	10	Bases físicas, equipos y control de calidad en Medicina Nuclear
7	14	Protección Radiológica Hospitalaria
8	18	Oncología básica para Radiofísicos y principios de Radiobiología
9	20	Radiaciones NO Ionizantes (RM y US): Bases físicas, equipos y control de calidad

Se recomienda que residente de Radiofísica realice:

- durante el primer año los Módulos 1, 2, 6, 7 y 9.
- durante el primer año los Módulos 3, 4 y 5.

Otros cursos de interés organizadas por la SEFM son:

- Control de calidad en radiología digital
- Radioterapia guiada por la imagen
- Simulación Montecarlo en Física Médica con PENELOPE y MCNP

Por otro lado, la Clínica Universidad de Navarra organiza, entre otros, los siguientes cursos de formación de especial interés:

- Formación Básica para residentes (34 horas), que se realiza al incorporarse a la Clínica
- Bioestadística Básica (30 horas)
- Bioestadística Avanzada (20 horas)
- Inglés para facultativos (100 horas), de distintos niveles

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

En el marco de lo los objetivos específicos del “Área de docencia e investigación” correspondientes a las “Actividades complementarias” expuestos en el apartado 6:

Durante su período de formación, de residente en Radiofísica Hospitalaria, debe recibir formación general en metodología de investigación básica y clínica y los aspectos teóricos y prácticos de la investigación, participando activamente en las líneas de investigación en las que participan los miembros de la Unidad Docente en los que esté adscrito, así como adquirir conocimientos en aspectos básicos de estadística, evaluación económica e investigación en el sistema de salud.

Debería desarrollar una línea de investigación en un área concreta de los procedimientos que pudieran llevarse a cabo en su servicio, por disponer de recursos necesarios para la misma.

Debería entender la importancia decisiva, en muchos casos, de solicitar Becas de Investigación que sirvieran de soporte técnico y económico al desarrollo de su línea de investigación.

Como resultado del desarrollo de la línea de investigación emprendida, el Residente en Radiofísica Hospitalaria debería presentar los resultados de la misma en Congresos nacionales e internacionales para compulsar el valor de su trabajo, y finalmente debería concretarse en un proyecto de tesis doctoral.

La docencia es un elemento primordial en la formación del Residente, quien participará activamente en el aspecto docente tanto de la Universidad como de la Clínica Universidad de Navarra, ya que es ayudante de clases prácticas en diversas asignaturas de diferentes licenciaturas y diplomaturas de las Facultades de Ciencias, así como en Cursos de formación que se desarrollen en la Unidad de Docente de Radiofísica.

Se considera muy recomendable que durante toda la etapa de residente asista y participe, si procede, en las sesiones propias de la unidad Docente y del Servicio o Departamento en que esté desarrollando su actividad (como Medicina Nuclear, Radiología y Oncología Radioterápica)

ORGANIZACIÓN DE ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DE LA UNIDAD DOCENTE

La docencia es en elemento primordial en la formación del residente, quien participará en el aspecto docente tanto de la Universidad como de la Clínica, ya que pude participar como ayudante en las diversas asignaturas de la Facultad, así como de las actividades docentes que desarrollen los radiofísicos de la Unidad Docente de Radiofísica Hospitalaria, actividad que les será certificada.

Se considera muy recomendable que durante toda la etapa de residente asista y participe si procede en las sesiones clínicas generales de la Clínica (de carácter mensual), las propias de la Unidad Docente y las de otras unidades docentes de las áreas en los que el Residente de Radiofísica realiza su actividad.

La Unidad Docente de Radiofísica tiene estructurada la siguiente docencia:

- "Curso de formación continuada en Física e Instrumentación de Medicina Nuclear", que en la segunda edición correspondiente al curso 2010-2011 tiene 22 sesiones (entre los meses septiembre a mayo) y está acreditado por la Comisión de Formación Continuada de Navarra del Sistema de Acreditación de la Formación Continuada de las profesiones sanitarias en el Sistema Nacional de Salud con 4,25 créditos, dirigido entre otros profesionales a los Radiofísicos.
- Sesiones bibliográficas, una mensual
- Sesiones clínicas, dos mensuales

Son particularmente de interés las sesiones semanales organizadas por las Unidades docentes de las áreas en las que el Residente de Radiofísica realiza su actividad, a las que debe asistir:

- Medicina Nuclear
- Oncología radioterápica
- Radiología

En cuanto a la participación del residente de Radiofísica como docente dentro de la actividad de la propia unidad, este deberá presentar anualmente al menos:

- 2 sesiones clínicas
- 2 sesiones bibliográficas

y participar en las sesiones multidisciplinares relacionadas con el área de rotación.

INFORMACIÓN LOGÍSTICA DE INTERÉS

En la acogida del residente se seguirá el "proceso de acogida de los residentes" descrito en el "Plan de gestión de la calidad docente".

El residente realizará la atención continuada (guardias) de Radiofísica Hospitalaria que se establezca, como parte importante de su formación.

ORIENTACIONES FORMACIÓN TRANSVERSAL

De manera obligatoria deben realizarse aquellas actividades formativas contenidas en el plan transversal común elaborado por la Comisión de Docencia de la Clínica.

SUPERVISIÓN DE LA DOCENCIA Y ENTREVISTAS FORMATIVAS

La supervisión de la docencia del residente y en consecuencia de su proceso de formación como especialista tiene distintas facetas temporales: desde la supervisión de cada una de las actividades que realiza hasta la supervisión periódica de los distintos tramos de su formación.

El tutor de residentes se encargará de realizar supervisiones periódicas del cumplimiento de los objetivos docentes del capítulo 6, por medio de las **entrevistas formativas,** como se expondrá a continuación.

Algunos de los objetivos docentes del capítulo 6, aun siendo responsabilidad última del tutor, se plantearán dentro del ámbito de las **rotaciones internas**. Un responsable de la rotación se encargará de evaluar el cumplimiento de los objetivos e informar de ello al tutor.

Supervisión de las actividades: rotaciones internas

Algunos de los objetivos docentes del residente de Radiofísica Hospitalaria se encargarán a otro especialista, distinto del tutor de residentes. Para ello, se elaborará una rotación interna con sus objetivos, que se gestionará a través de la herramienta *Docentis*. El supervisor de la rotación se encargará de la evaluación de los objetivos propuestos (empleando la misma herramienta informática), de modo que el tutor -y en última instancia la comisión de docencia- tendrá informes sobre la consecución de los objetivos.

Supervisiones periódicas: la entrevista formativa

Un instrumento para evaluar la formación y supervisar la docencia es la entrevista entre el tutor y el residente.

Las entrevistas entre el tutor y residente serán periódicas, de carácter estructurado y pactado, que favorezcan la autoevaluación y el autoaprendizaje del especialista en formación. Estas entrevistas, en un número no inferior a cuatro por cada año formativo, se realizarán en momentos adecuados, normalmente en la mitad de un área o bloque formativo, para valorar los avances y déficits y posibilitar la incorporación al proceso de medidas de mejora. Las entrevistas se registrarán en la herramienta *Docentis*, por parte del residente, y serán firmadas por el tutor, quedando a disposición de Comisión de Docencia.

Aparte de examinar la consecución de los objetivos docentes, en las entrevistas formativas se tratará de los objetivos de investigación, el seguimiento del *portfolio* de actividades clínicas y de control de calidad, futuras rotaciones, etc. Todo ello quedará registrado en *Docentis*.

SUPERVISIÓN Y RESPONSABILIDAD PROGRESIVA

Se establecen 3 niveles de responsabilidad, de acuerdo con lo estipulado por la Comisión de Docencia de la Clínica Universidad de Navarra:

Nivel de supervisión 1 o bajo: son actividades realizadas directamente sin necesidad de tutorización directa. Ejecuta y después informa. Para alcanzar este nivel el residente deberá haber adquirido un nivel de competencia que le permita realizar actividades de manera independiente. En general, debería coincidir con el primer año de residencia.

Nivel de supervisión 2 o intermedio: son actividades realizadas directamente bajo supervisión del tutor o personal sanitario del Centro/Servicio. El residente tiene un extenso conocimiento, pero no alcanza la suficiente experiencia para llevar a cabo un tratamiento completo de forma independiente (experiencia y conocimientos). En general, debería coincidir con el segundo año de residencia.

Nivel de supervisión 3 o alto: son actividades realizadas por personal sanitario del Centro/Servicio y observadas/asistidas en su ejecución por el especialista en formación. El residente ha visto o ha asistido a determinadas situaciones, pero sólo tiene un conocimiento teórico (conocimientos). En general, debería coincidir con el tercer año de residencia.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA

Se seguirán los criterios establecidos en el documento “Evaluación del residente en Radiofísica Hospitalaria”.

Siguiendo el Real Decreto 183/2008 del 21 de febrero, se establece que el seguimiento y calificación del proceso de adquisición de competencias profesionales durante el período de residencia se llevará a cabo mediante las evaluaciones:

- Formativa
- Anual
- Final.

Los instrumentos de la evaluación formativa serán:

- Entrevistas periódicas
- Instrumentos de valoración objetiva del progreso competencial
- Herramienta *Docentis*

BIBLIOGRAFÍA

- The essential physics of medical imaging” J.T.Bushberg. J.A.Seibert. E.M. Leidholdt, JR. J.M.Boone
- “Medical Imaging Signals and Systems”, J.L. Prince. J.M.Links
- “Physics in Nuclear Medicine”. S.R. Cherry. J.A. Sorenson, M.E. Phelps
- "The Physics of Radiation Therapy" F. M. Khan
- "Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students" E. Podgorsak
- "Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry" F. H. Attix
- "Handbook of Radiotheraphy Physics: Theory and Practice" P. Mayles, A. Nahum and J. C. Rosewald
- "Basic Clinical Radiobiology", M. Joiner and A. Van der Kogel