



# **Guía Itinerario Formativo**

## **Unidad Docente: Radiofísica Hospitalaria**

### **Año: 2024-2025**

**Autor/es: David Carlos Villa**

**Última revisión: Sara Jiménez Puertas y Javier Díez Chamarro.**

## 1. Introducción

El Servicio de Física y Protección Radiológica del Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza, forma parte del Sector Zaragoza II del Servicio Aragonés de Salud. Su principal **misión** es la de atender a las necesidades de los pacientes, así como de los aspectos de protección radiológica de los trabajadores y público, que precisen de la aplicación de conocimientos, técnicas o procedimientos que dependan de nuestra especialidad. Esta necesidad debe llevarse a cabo garantizando en todo momento la máxima calidad asistencial y la utilización eficiente de los recursos.

La **visión** de este servicio es, por un lado, contribuir con nuestro trabajo a alcanzar una atención sanitaria excelente, que sea un modelo de referencia en el que los ciudadanos y profesionales confíen y con el que estén muy satisfechos. Por otra parte, el servicio aspira a consolidarse como un servicio puntero de calidad, flexible, innovador, centro de conocimiento y de referencia docente.

Los principales **valores** de nuestro Servicio son:

- Orientación al ciudadano.
- Equidad, solidaridad y eficiencia.
- Respeto al paciente y al trato humano.
- Excelencia profesional.
- Implicación de los trabajadores.

En 2020 se estrenó la acreditación como unidad docente, manteniendo la ilusión de poder formar a profesionales de acuerdo con la presente guía de itinerario formativo.

## **2. Definición de la especialidad**

Dentro del magno campo de la Física Médica, la Radiofísica Hospitalaria (RFH) es la Especialidad Sanitaria que comprende la aplicación de los conceptos propios de la Física de radiaciones 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 radioterapia de los pacientes y en la protección radiológica de las personas afectadas.

## **3. Objetivos generales**

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.

#### 4. Objetivos específicos

El aprendizaje teórico y práctico abarcará las siguientes áreas:

<b>1. Formación básica común a todas las áreas</b>
1.1 Ampliación de Física de 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

<b>2. Área de Protección Radiológica</b>
2.1 Fundamentos en Protección Radiológica. Cálculo de blindajes. Normativa sanitaria en RadioProtección

<b>3. Área de Medicina Nuclear</b>
3.1 Fundamentos en Medicina Nuclear
3.2 Equipos
3.3 Garantía y Control de Calidad
3.4 Tratamientos con fuentes no encapsuladas

<b>4. Área de Radiodiagnóstico</b>
------------------------------------

4.1 Fundamentos en Radiodiagnóstico
4.2 Equipos
4.3 Dosimetría física
4.4 Garantía y control de calidad
4.5 Dosimetría a pacientes

<b>5. Área de Ultrasonidos y Resonancia Magnética</b>
5.1 Fundamentos en US y RM

<b>6. Otros usos de las radiaciones</b>
6.1 Fundamentos en otros usos de las radiaciones

<b>7. Área de Radioterapia</b>
7.1 Radioterapia externa
7.1.1 Equipos de tratamiento e Imagen
7.1.2 Dosimetría física
7.1.3 Adquisición de datos del paciente
7.1.4 Sistemas de planificación y cálculo de dosis. Dosimetría clínica.
7.1.5 Técnicas de Radioterapia Externa
7.1.6 Verificación de tratamientos
7.1.7 Garantía y Control de Calidad
7.2 Braquiterapia
7.2.1 Equipos de tratamiento específicos de Braquiterapia
7.2.2 Dosimetría física
7.2.3 Adquisición de datos de paciente en Braquiterapia
7.2.4 Sistemas de Planificación en Braquiterapia. Dosimetría clínica
7.2.5 Técnicas utilizadas en Braquiterapia
7.2.6 Verificación de tratamientos en Braquiterapia
7.2.7 Garantía y Control de Calidad

## 5. Características de la Unidad Docente

- Recursos físicos:

La unidad docente se halla ubicada en la planta 0 y -1 del Hospital General del HUMS. En la planta 0 cuenta con un despacho del Jefe de Servicio y un área para la gestión de dosímetros y en la planta -1 dos despachos para los Radiofísicos adjuntos, un área para residentes, un área para planificación y otra para atención al personal profesionalmente expuesto y despacho de técnicos dosimetristas. Además, dispone de un almacén de equipos de medida y un almacén para archivo de historiales dosimétricos personales, archivo de documentación de equipos y de material de oficina.

- Recursos humanos y organigrama:
  - Facultativos especialistas de área:
    - Dr. José Antonio Font Gómez (Jefe de Servicio)
    - Dra. Almudena Gandía Martínez
    - Dr. Sergio Alberto Lozares Cordero
    - Dra. Mónica Hernández Hernández
    - Dra. Sara Jiménez Puertas (Tutor de formación)
    - Dr. Javier Díez Chamarro (Tutor de formación)
    - Dr. David Carlos Villa Gazulla
  - Técnicos especialistas en Radioterapia:
    - Esther Betolín Ricart
    - Elena Yanguas Garrido
    - Diana Soler Soteras
    - Isabel Domínguez Pérez
    - Edgar García Serrano
  - Residentes:
    - R1: Tomás González González
    - R2: Marta Sánchez Casi
    - R3: Andrea González Rodríguez
- Recursos técnicos:
  - Simulador de tratamientos:
    - Equipo BRILLIANCE CT PHILIPS.
  - Unidades de Tratamiento:
    - 3 Acelerador Lineal de Electrones ELEKTA VERSA.
    - 2 equipos portátiles de Braquiterapia electrónica XOFT AXXENT.
    - 1 unidad de tratamiento de terapia superficial XSTRAHL.
  - Sistemas de Planificación:
    - Monaco v6.1.2 para tratamientos VMAT, IMRT, 3D, SBRT y SRS.
    - Brachyvision 9.0 para tratamientos de Braquiterapia electrónica ginecológica.

- Variseed para tratamientos de Braquiterapia de implantes permanentes de próstata.
- XiO Focal y PCRT para almacenamiento de tratamientos antiguos.
- Otros recursos informáticos:
  - Sistema de Registro y Verificación de tratamientos MOSAIQ 2.83.
  - MEPHISTO PTW:
    - Software para caracterización física de unidades de tratamiento.
    - Software de verificación de tratamientos de intensidad modulada.
    - Software de dosimetría física de comprobación diaria.
    - Software de dosimetría absoluta.
    - Software de dosimetría relativa.
  - Equipos informáticos conectados a la red del Hospital y al Sistema de Registro y Verificación MOSAIQ 2.83.
  - Software DOLQA para cálculo de dosis a pacientes en estudios de Radiodiagnóstico.
  - Ordenador portátil para cálculos de parámetros de Radiodiagnóstico.
  - Ordenador portátil para cálculos de Braquiterapia de implantes permanentes de próstata.
  - Equipos informáticos portátiles para control de calidad de aceleradores.
  - Ordenadores portátiles para cálculos en Radioterapia Intraoperatoria.
  - Equipos informáticos conectados a la red única del Servicio de Oncología Radioterápica ARIA.
- Detectores de radiación:
  - Cámaras de ionización tipo Farmer PTW para dosimetría física en haces de fotones.
  - Cámaras de ionización plano-paralelas PTW para dosimetría física en haces de electrones.
  - Cámaras de ionización tipo pozo HDR 1000 PLUS para dosimetría de semillas de I-125.
  - Cámara de ionización XRADIN A-20 para dosimetría de fuentes de braquiterapia electrónica.
  - Cámara de diamante MICROD PTW para dosimetría de campos pequeños.
  - Cámaras de ionización PTW Semiflex para dosimetría de haces de fotones.

- Cámaras de ionización PTW Pin Point para dosimetría de haces de fotones.
- Detectores de radiación ambiental PTW.
- Equipo PTW 729 con cámaras de ionización en geometría planar para medidas de dosis relativas.
- Equipo PTW 1500 con cámaras de ionización en geometría planar para medidas de dosis relativas.
- Equipo PTW SRS1000 con cámaras de ionización en geometría planar para medidas de dosis relativas.
- Equipo PTW OCTAVIUS con simetría cilíndrica para comparación de dosis calculadas y medidas en 3D.
- Detectores basados en cámaras de ionización en geometría planar para la medida diaria de haces de radiación.
- Equipo de dosimetría de haces de Radiodiagnóstico para control de calidad.
- Cámara lápiz para control de calidad de unidades CT de simulación.
- Películas Gafcrómicas EBT3 para dosimetría.
- Software Dosisoft EPIGRAY para verificación de planes de tratamiento.
  
- **Electrómetros:**
  - UNIDOS con su correspondiente cableado para cámaras de ionización.
  - Tandem con su correspondiente cableado para matrices de detectores.
  
- **Maniqués:**
  - Láminas de agua sólida de diferentes espesores para configurar maniqués que proporcionen profundidad a las medidas y simular radiación dispersa.
  - Maniquí CIRS con insertos de diferentes números CT para caracterizar unidades de simulación CT.
  - Maniquí CatPhan para caracterización de imágenes en estudios CT.
  - Maniquí Las Vegas para caracterización de imágenes planares.
  - Maniquí TOR para caracterización de resolución espacial de equipos.
  
- **Recursos docentes:**

A disposición del residente está una carpeta con toda la bibliografía en la red del servicio, la biblioteca, tanto del servicio como del Hospital, y toda la estructura de formación del mismo.



- Recursos de investigación:

Igualmente cuenta con toda la estructura de apoyo a la investigación del hospital, del Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud y del Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón.

- Organización funcional:

El servicio ha obtenido la recertificación ISO 9001 por lo que todo su funcionamiento se basa en procedimientos ISO y a disposición del residente para su conocimiento y rápida integración en la organización.

- Cartera de servicios:

- Dosimetría física de haces de radiación.
- Dosimetría clínica en terapia:
  - Radioterapia:
    - Externa:
      - Radiocirugía (SRS).
      - Radioterapia estereotáxica extracraneal (SBRT).
      - Radioterapia por intensidad modulada y arcoterapia (IMRT y VMAT).
      - Superficial de tumores malignos y benignos con ortovoltage.
    - Braquiterapia:
      - De implantes permanentes en próstata con semillas I-125 (LDR).
      - Cilindros vaginales con fuente electrónica de RX de alta tasa.
    - Radioterapia Intraoperatoria (IORT):
      - De glándula mamaria.
      - Otras localizaciones: sarcomas, etc.
    - Terapia con fuentes no encapsuladas.
- Dosimetría Clínica en Radiodiagnóstico y Radioterapia.
- Verificación de dosis en tratamiento y diagnóstico.

- Garantía de calidad de haces de radiación.
  - Gestión y control de fuentes y residuos radiactivos.
  - Verificación y control en tratamientos metabólicos.
  - Diseño de instalaciones radiactivas y radiológicas y estudio de seguridad.
  - Cálculo de blindajes.
  - Descontaminación.
  - Evaluación de equipamiento radiológico y de diagnóstico por imagen.
  - Definición y análisis de riesgo radiológico.
  - Dosimetría personal y de área.
  - Protección Radiológica Operacional.
- 
- Datos de actividad:

El Servicio cuenta con una actividad creciente en los últimos años que ha ido en paralelo con la dotación tecnológica. Durante el año 2020 se caracterizó una nueva unidad de tratamiento ELEKTA VERSA que amplió la cartera de servicios por tener capacidad de realizar tratamientos volumétricos de intensidad modulada.

Durante el año 2021 se modificó nuestra unidad de tratamiento ELEKTA SYNERGY, dotándola del mismo colimador multiláminas que la unidad VERSA, de manera que los tratamientos de los pacientes se pueden administrar en ambas unidades indistintamente (máquinas gemelas).

Durante el año 2022 y 2023, se instalan 2 unidades de unidades de tratamiento de radioterapia externa, procedentes en parte de fondos europeos mediante el plan INVEAT. Una de ellas, sustituye a la unidad de tratamiento ELEKTA SYNERGY, y la otra, se ha instalado en el búnker ya existente donde se encontraba la antigua unidad SIEMENS ONCOR.

Por tanto, a lo largo del 2023 se dispondrán de 3 unidades de tratamiento con un mismo comportamiento dosimétrico (máquinas trillizas).

- Se realiza diariamente planificación de tratamientos de Radioterapia externa (1500-1700 pacientes al año).
- Se realiza dosimetría de Radioterapia Intraoperatoria de Mama 3 veces por semana (80-120 pacientes al año).
- Se realiza dosimetría de Braquiterapia de implantes permanentes de próstata (10-15 pacientes al año).

- Se realiza Braquiterapia electrónica ginecológica 2 veces por semana (100-150 pacientes al año).
- Se realiza Radioterapia superficial diariamente (200-250 pacientes al año).
- Se realiza control de calidad diario, semanal y mensual de unidades de tratamiento de Radioterapia Externa.
- Se supervisan las pruebas realizadas por las empresas externas a equipos de Radiodiagnóstico y Radioterapia tras avería.
- Se calcula la dosis a pacientes y a mujeres gestantes en estudios diagnósticos (10 al año).
- Se realiza control de calidad en unidades de Medicina Nuclear con periodicidad mensual y semestral.
- Se realiza vigilancia y control de las zonas mediante dosimetría de área con periodicidad mensual.
- Se realiza dosimetría de trabajadores expuestos con periodicidad mensual.

## 6. Plan de rotaciones

El período de formación total en la actualidad tiene una duración de 3 años y en cada una de las áreas estará dividido de la forma siguiente:

- 18 meses en Radioterapia:
  - o 6 meses, desde mayo hasta noviembre, en Dosimetría Física, planificación 3D e inicios en IMRT y VMAT.
  - o 12 meses, hasta noviembre, en IMRT y VMAT. Se ha de intercalar en este período las siguientes rotaciones o formaciones:
    - 1 mes en rotación interna con los médicos de Radioterapia HUMS.  
Objetivo: Funcionamiento del Servicio de Radioterapia que proporciona pacientes al Servicio de Física del HUMS.

- Rotaciones de RT en función de la preferencia del residente:  
Ejemplo, protonterapia, control respiratorio 4D, radioembolización hepática con Y90, etc.
- Braquiterapia en el Servet: Radioterapia Intraoperatoria de mama y vaginales (RIOs, cilindros) y BQT con semillas en próstata.
- 1 mes en Braquiterapia: Se ha de rotar externamente (preferiblemente Diciembre). Pedir con antelación.
- Últimos 17 meses:
  - Medicina Nuclear, gammacámaras y PET. Se puede complementar con rotación de una semana con Medicina Nuclear en H.U.Miguel Servet y con Radiofarmacia del H.U.Clínico de Zaragoza.
  - Radiodiagnóstico, con rotaciones programadas:
    - En el Hospital Clínico de Zaragoza: 1 mes: Servicio de Física del Hospital Clínico Universitario "Lozano Blesa" de Zaragoza. Objetivo: Realizar el control de calidad en las diferentes unidades de Radiodiagnóstico: Equipos convencionales, mamógrafos, telemandos, ortopantomógrafos, arcos de quirófano y unidades CT. Además, se tomará contacto con el control de calidad de monitores de uso diagnóstico.
    - Se puede complementar esta formación adicionalmente en otra rotación externa a elección del residente.
    - Rotación interna de 1 semana con el Servicio de médicos de Radiodiagnóstico.
  - Protección Radiológica y cambio de dosímetros.

- En este período se harán las rotaciones externas según la preferencia del residente y de la posibilidad según carga de trabajo relativas a estas áreas de formación.

Durante todo el período formativo se contemplarán aspectos de las áreas de formación común y de otros usos de las radiaciones.

Se podrán realizar otras rotaciones en centros asociados con unidades docentes, no previstas en el presente itinerario, siempre y cuando sean justificadas y con duración acorde a las necesidades del Servicio.

Además, se reparten las tareas durante la residencia de la siguiente manera:

- R1: Cálculo UM y registro de pacientes en pieles XSTRAHL. Medidas de verificación Octavius y QAdiario.
- R2: Axxent (cilindros y RIOs), BQT próstata, y controles Medicina Nuclear cuando comienza su rotación (segundo semestre).
- R1 y R2: QA XSTRAHL.
- R3: Primer semestre: Controles Medicina Nuclear. Último semestre: Cambio dosímetros mensual. Siempre: Apoyo a R1 y R2 en su ausencia.

Adjuntos referentes en cada rotación, aunque todos contribuyen como docentes:

- Dosimetría Física: David Villa y Javier Díez.
- Dosimetría Clínica:
  - Planificación 3D: José Antonio Font.
  - Resto: Sara Jiménez, David Villa y Javier Díez.
- Medicina Nuclear: Almudena Gandía y Sara Jiménez.
- Radiodiagnóstico: Sergio Lozares y Almudena Gandía.
- Protección Radiológica: José Antonio Font y Almudena Gandía.
- Braquiterapia y Axxent: Sergio Lozares y David Villa.

- XSTRAHL: José Antonio Font.

Reparto de sesiones bibliográficas mínimas en residentes:

- R1: Sept, Dic, Marzo.
- R2: .Nov, Feb. Mayo.
- R3: Oct, Ene, Abril.

Es importante resaltar el siguiente puntos:

- Siempre ha de haber un residente, se han de poner de acuerdo en las vacaciones.

## 7. Plan de atención continuada

El tercer mes del período de formación el residente comenzará sus guardias realizando un máximo de 75 horas mensuales en el Servicio de Física y Protección Radiológica del HUMS, para perfeccionar técnicas de planificación y completar su formación, así como dar soporte a los técnicos dosimetristas.

Las guardias se realizarán en turno de tardes para poder disponer de los Sistemas de Planificación de Tratamientos que, debido a la presión asistencial, se encuentran a disposición de los Facultativos Especialistas en turno de mañanas.

Las guardias estarán bajo la tutela de un Radiofísico adjunto que deslizará su jornada laboral para adecuarla a la guardia del residente.

## 8. Protocolo de supervisión del residente

De menor a mayor supervisión:

- **Nivel de supervisión 1:** Intervención autónoma. Es el nivel deseado al finalizar cada área del período formativo.

- **Nivel de supervisión 2:** Intervención realizada por residente bajo supervisión de Facultativo Especialista. Es el nivel deseado en mitad de período formativo en cada una de las áreas.
- **Nivel de supervisión 3:** Intervención realizada por Facultativo Especialista observadas por el residente. Etapa de mayor observación al residente y ayuda activa.

### 9. Organización de actividades docentes específicas:

- **Plan de Formación de Competencias Comunes (Remitir al programa oficial):**  
Según programa oficial de la Comunidad Autónoma.
- **Sesiones clínicas generales del Servicio:**  
Asistencia obligatoria de los residentes a las sesiones del Servicio, tanto clínicas como bibliográficas o monográficas de que se trate en cada momento.
- **Sesiones bibliográficas:**  
El residente deberá hacer al menos una sesión bibliográfica por cada una de las áreas que conforman el período formativo (mínimo de 3 sesiones).
- **Sesiones monográficas:**  
Deberán realizarse sesiones monográficas sobre los aspectos que se hayan adquirido y profundizado durante las rotaciones, especialmente durante las rotaciones externas.
- **Sesiones inter-servicios:**  
El carácter no clínico de nuestro Servicio no exige realizar este tipo de sesiones, aunque se cree conveniente realizar alguna durante la residencia sobre aspectos relacionados con la Oncología Radioterápica y con la Medicina Nuclear.
- **Sesiones hospitalarias:**  
Deberá acudir a las sesiones hospitalarias que se programen relacionadas con la especialidad.
- **Cursos específicos programados:**  
La asistencia al "**Curso de Física Médica**" que organiza la Universidad Internacional de Andalucía con apoyo de la Sociedad Española de Física Médica (SEFM), con una duración de 3 semanas (12 créditos ECTS), completa la formación de créditos obligatorios que se deben realizar durante la residencia.
- **Reuniones y congresos:**

Deberá asistir al menos a un Congreso Nacional de la especialidad y a aquellos cursos que se consideren de interés que organice la Sociedad Española de Física Médica (SEFM) o instituciones similares.

## 10. Organización de actividades de investigación

- **Incorporación a líneas de investigación (Describir las líneas de investigación del Servicio):**

El Servicio, a través del Grupo de Investigación del IIS "Innovación tecnológica en cáncer" desarrolla actividades de investigación en radioterapia intra-operatoria de Mama.

- **Planificación de trabajos de investigación:**

En colaboración con el tutor de investigación asignado a la Unidad Docente y los docentes investigadores.

## 11. Información logística para el Residente:

- **Plan de acogida: horario, derechos y deberes, aulas, despachos, taquillas, dormitorio, comedor, cafetería...:**

Existe un manual de acogida del centro y uno del servicio para todo el personal que se incorpora a la Unidad.

- **Libro del Residente (Breve descripción):**

En él se recogerán aquellas actividades que el residente deberá realizar para adquirir las habilidades previstas y cumplir con los objetivos establecidos en cada rotación.

## 12. Organización de la tutoría y supervisión del aprendizaje

Cuando el residente llega a la Unidad se asigna tutor y se entrega Plan individual de Formación, que incluirá el calendario de entrevistas programadas para ir evaluando las distintas rotaciones y cualquier eventualidad que vaya surgiendo. Además, por supuesto, en cualquier otro momento se puede concertar un encuentro tutor-residente para solventar alguna incidencia/duda que surja y resolverla sobre la marcha.



### **13. Instrumentos de evaluación del proceso de aprendizaje**

- **Formativa:** Entrevistas estructuradas trimestrales con el tutor (F\_04\_CD) y Libro del Residente:  
Entrevistas estructuradas trimestrales con el tutor (F\_04\_CD) y Libro del Residente.
- **Sumativa:** Fichas 1 y 2 (F\_01\_CD y F\_02\_CD), Libro del Residente, informe anual de evaluación (F\_05\_CD) e informe del Jefe de la Unidad:  
Fichas 1 y 2 (F\_01\_CD y F\_02\_CD), Libro del Residente, informe anual de evaluación (F\_05\_CD) e informe del Jefe de la Unidad.

### **14. Material docente**

Se encuentran a disposición del residente todos los recursos documentales, parte en soporte papel y electrónico en su totalidad, del servicio y del centro.