SERVICIO ANDALUZ DE SALUD
Consejería de Salud y Familias

Guía / Itinerario Formativo de Residentes de Radiofísica Hospitalaria

APROBADA EN COMISIÓN DE DOCENCIA DEL 20 DE OCTUBRE DE 2021

Hospital Universitario Juan Ramón Jiménez
Ronda Norte, S/N, 21005
Huelva.

INDICE DE CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN DE LA ESPECIALIDAD 1

2. PRESENTACIÓN DEL SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA 2

2.1. Organización jerárquica y funcional 2

2.2. Estructura física 2

2.3. Recursos Técnicos 3

2.3.1. Instrumentación Propia del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica 3

2.3.2. Equipamiento en Radioterapia 5

2.3.3. Equipamiento en Medicina Nuclear 5

2.3.4. Equipamiento en Radiodiagnóstico 6

2.4. Cartera de Servicios Asistenciales 6

2.4.1. Actividad Asistencial (2019-2020) 8

2.5. Actividades formativas e investigadoras (2018-2020) 10

2.5.1. Asistencia a cursos y congresos 10

2.5.2. Trabajos científicos 11

3. PRESENTACIÓN DEL SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA ... 12

3.1. Objetivo general de la formación 12

3.2. Estructura general de la formación 13

3.3. Programa de formación 13

3.3.1. Formación Teórica 13

3.3.1.1. Conocimientos básicos comunes a todas las áreas 13

3.3.1.2. Conocimientos específicos del área de Protección Radiológica 16

3.3.1.3. Conocimientos específicos del área de Terapia con Radiaciones 17

3.3.1.4. Conocimientos específicos del área de Diagnóstico por la Imagen 20

3.3.1.5. Conocimientos específicos en otros usos de las Radiaciones 23

3.3.2. Formación Práctica 23

3.3.2.1. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de conocimientos básicos 24

3.3.2.2. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de Protección Radiológica 25

3.3.2.3. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de Terapia con Radiaciones 25

3.3.2.4. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de Diagnóstico por la Imagen 29

3.3.2.5. Actividades requeridas para el aprendizaje en otros usos de las Radiaciones 30
3.3.3. Actividades complementarias 30
3.3.3.1. Organización y gestión hospitalaria 30
3.3.3.2. Docencia e investigación 31
3.3.3.3. Ética profesional 31

4. PLAN DE FORMACIÓN DEL RESIDENTE DE RADIOFÍSICA HOSPITALARIA 32
4.1. Competencias generales a adquirir durante la formación 32
4.2. Plan de rotaciones 32
4.3. Competencias específicas por rotación 33
4.4. Rotaciones Externas 35
4.5. Continuidad Asistencial 35
4.6. Sesiones Clínicas 36
4.7. Objetivos de Investigación 36
4.8. Plan Individualizado de Rotaciones 36
4.9. Evaluación 36
4.9.1. Del Ministerio 36
4.9.2. Propia del Hospital 36

5. BIBLIOGRAFÍA 37

1. PRESENTACIÓN DE LA ESPECIALIDAD

La especialidad sanitaria de Radiofísica Hospitalaria fue creada por Real Decreto 220/1997 de 14 de febrero. Este Real Decreto supuso el reconocimiento de una profesión que viene desarrollándose en España desde los años sesenta.

La Radiofísica Hospitalaria es en la actualidad una especialidad sanitaria bien desarrollada y ampliamente aceptada en el ámbito de las Ciencias de la Salud, que tiene su origen en el uso de las radiaciones en medicina.

La aplicación de las radiaciones en los exámenes y tratamiento médicos, unido a la complejidad de la tecnología utilizada, crean la necesidad al Sistema Sanitario de contar con especialistas que acrediten conocimientos superiores en Física de las Radiaciones a los que sobre esta materia tienen los profesionales tradicionalmente implicados en la asistencia sanitaria.

El especialista en Radiofísica Hospitalaria es el responsable de la dosimetría de los pacientes de Radioterapia, así como el responsable del aseguramiento de la calidad de equipos y fuentes de Radioterapia y equipo de Diagnóstico por Imagen (Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear). Además, es el responsable del control de dosis a pacientes sometidos a pruebas diagnósticas con radiaciones ionizantes y de la Protección Radiológica en general dentro del ámbito hospitalario.

En el Servicio de Radioterapia el Radiofísico realiza tareas muy ligadas al tratamiento de los pacientes. La elección de la técnica de tratamiento, así como la determinación de la distribución de la dosis impartida al paciente están bajo su responsabilidad, aumentando notablemente la calidad y el éxito del tratamiento. Estas determinaciones de dosis se basan en un conocimiento muy detallado de las características de la radiación que se utilizan, así como de los equipos productores de dicha radiación. Estos equipos además deben ser sometidos a verificaciones periódicas por parte del Radiofísico para garantizar su óptimo funcionamiento.

En Diagnóstico por Imagen se precisa de una verificación de una serie de parámetros físicos que afectan a la calidad de la imagen; como por ejemplo la energía del haz, intensidad, tamaño de foco o sensibilidad y resolución espacial de una gammacámara, exactitud del calibrador de dosis, etc, en Medicina Nuclear. La constancia de estos parámetros dentro de valores tolerables debe ser comprobada por el Radiofísico.

El Radiofísico es también el responsable de la Protección Radiológica en el hospital, tanto de público como de personal, y se ocupa de estimar y, en la medida de lo posible, reducir la dosis de radiación que se imparte a la población como consecuencias de pruebas diagnósticas. Esto implica el diseño de los blindajes estructurales de las salas donde se instalan equipos emisores de radiación, la gestión de residuos radiactivos y el control de su evacuación, la medida de dosis en diferentes lugares y bajo distintas circunstancias, el control de las dosis personales de los profesionales expuestos y la estimación mediante medidas sobre los propios pacientes, de la dosis asociada a los diferentes procedimientos diagnósticos.

2. PRESENTACIÓN DEL SERVICIO DE RADIOFÍSICA Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

2.1. Organización jerárquica y funcional

RESPONSABLE DE UNIDAD Y JEFE DE SERVICIO DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA:

D. Alberto Pérez Rozos

FACULTATIVOS:

D. Francisco Carrera Magariño

Dña. Silvia M.ª Gutiérrez Ramos

D. Joaquín Montes Fernández

D. José Luis del Campo Gómez

TUTOR DE RESIDENTES:

Dña. Silvia M.ª Gutiérrez Ramos

TECNICOS ESPECIALISTAS:

Dña. M.ª Dolores Burgos Requena

Dña. M.ª del Mar Jiménez Miranda

Dña. Carmen M.ª Serrano Chica

Dña. María Ruiz Vázquez

PERSONAL ADMINISTRATIVO:

Dña. Francisca Santana Tinoco

2.2. Estructura Física

El Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica está ubicada en la planta sótano del Hospital. Cuenta con un despacho para el responsable del servicio y una sala para el resto de los facultativos, así como un despacho para el personal administrativo.

También dispone de una sala dentro del Servicio de Radioterapia donde se encuentra los sistemas de planificación con los cuales se diseñan los tratamientos oncológicos y un laboratorio con instrumentación propia.

2.3. Recursos Técnicos

2.3.1. Instrumentación propia del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica

Área de Radioterapia

- Tres cámaras de ionización cilíndrica FC65.- 0,6cc. IBA
- Dos cámaras de ionización plano-paralela PCC40. IBA
- Dos cámaras de ionización cilíndricas CC13.- 0.13cc. IBA
- Cámara de ionización cilíndrica CC04.- 0.04cc. IBA
- Cámara de ionización cilíndrica Razor. - 0.01cc. IBA
- Tres detectores de estado sólido de fotones PFD 3G. IBA
- Tres detectores de estado sólido de electrones EFD 3G. IBA
- Dos detectores de estado sólido de referencia RFD 3G. IBA
- Detector de estado sólido Razor. IBA
- Electrómetro Dose1. IBA
- Cuba automatizada para dosimetría absoluta WP1D. IBA
- Dos cubas para dosimetría absoluta y relativa. -Blue Phantom y Blue Phantom 2 y electrónica asociada. IBA
- Reservorio de agua Acualift. IBA
- Maniquí de densidades electrónica CIRS.
- Maniquí IMRT abdomen-pelvis. IBA
- Placas de agua sólida. IBA
- Maniquí para pruebas geométricas ISOALING.
- Maniquí IMRT Phantom. IBA
- Matriz de cámaras de ionización StarTrack para control de calidad de aceleradores. IBA
- Dos matrices de cámaras de ionización MyQA Daily para verificación diaria de aceleradores. IBA
- Matriz de diodos Mapcheck 3 para verificación de IMRT. Sun Nuclear
- Maniquí calidad de imagen MVCT EMMA. Siemens
- Maniquí de calidad de imagen CBCT CATPHAN 503. The Phantom Laboratory
- Fuente de estabilidad de Sr90 CDC. IBA
- Fuente de estabilidad de Sr90 CDP. IBA
- Electrómetro y cámara pozo para braquiterapia. PTW
- Películas radiocrómicas Gafchromic EBT3.
- Escáner de transmisión Epson V750 PRO
- Termómetro
- Barómetro
- Nivel de burbuja

Área de Radiodiagnóstico

- Sistema multifunción Piranha y accesorios. RTI
- Multímetro Victoreen 4000M+. Fluke Biomedical
- Electrómetro RADCAL 2025AC. Radcal Corporation
- Cámara de ionización RADCAL 20X5-60SI. Radcal Corporation
- Cámara de ionización para radiación de fuga RADCAL 20X5-180SI. Radcal Corporation

- Cámara de ionización mamografía RADCAL 20X5-6MSI. Radcal Corporation
- Cámara de ionización para CT RADCAL 20X5-3CTSI. Radcal Corporation
- Cámara de ionización para vigilancia operacional 20X5-1800SI. Radcal Corporation
- Maniquí CTDI RADCAL 20CT. Radcal Corporation
- Medidor de PDA y cámara de transmisión Diamentor. PTW
- Medidor de focos radiográficos. RTI
- Maniquí de coincidencia, perpendicularidad y calidad de imagen ETR-1. RMI
- Maniquí de calidad de imagen Test de Leeds TOR18FG. Leeds Test Object
- Maniquí de calidad de imagen Test de Leeds CDR. Leeds Test Object
- Maniquí de calidad de imagen (radiología digital) CDRAD. Artinis
- Maniquí DSA. Nuclear Associates
- Maniquí de calidad de imagen CT CATPHAN 600. The Phantom Laboratory
- Maniquí de láminas de PMMA para mamografía. RMI
- Balanza electrónica. LAICA
- Densitómetro. X-rite
- Sensitómetro. Wellhofer
- Maniquí ONE SHOT PHANTOM PLUS para test de lector CR. Fujifilm
- Maniquí para test de monitores. Fujifilm

Área de Medicina Nuclear

- Fuente plana Co-57. LEA
- Fuente de Cs-137 para control de activímetros. AMERSHAM
- Maniquí de Adams. GELAB
- Maniquí de SPECT. GELAB
- Maniquí de linealidad. GELAB
- Maniquí de píxel. GELAB
- Maniquí de sensibilidad. GELAB

Área de Protección Radiológica

- Dos detectores fijos para vigilancia ambiental FAG FH55D.
- Detector fijo para vigilancia ambiental LUDLUM 272.
- Detector fijo para vigilancia ambiental Técnicas Radiofísicas MR-870 D.
- Dos detectores portátiles para vigilancia operacional FAG FH42F2.
- Detector portátil de contaminación superficial Berthold LB123.
- Detector portátil de contaminación superficial FAG CONTAMAT FHT-111M.
- Dos dosímetros electrónicos Siemens EPD para vigilancia operacional

Las particularidades características de nuestra Unidad en tanto a prestadora de servicio a otras unidades (clientes internos) hacen que su dimensionamiento se relaciones no solo con el equipamiento propio sino también con el correspondiente a dichos clientes. Por ello incluimos a continuación todo el equipamiento del Hospital y áreas sanitarias que utiliza radiaciones para el tratamiento y diagnóstico:

2.3.2. Equipamiento en Radioterapia

- Acelerador lineal Elekta Versa HD (Año 2020):

    - Fotones de 6 y 10 MV.
    - Fotones de 6 y 10 MV FFF (Flatenning Filter-Free).
    - Electrones de 4, 6, 8, 9, 10, 12 y 15 MeV.
    - Colimador multiláminas Agility con 160 láminas de 0.5 cm de espesor en el isocentro.
    - Panel plano a-Si iViewGT con capacidad para realizar registro 2D.
    - Sistema de kV XVI con capacidad para realizar registro 2D y 3D.
    - Mesa robotizada con seis grados de libertad.
    - Técnicas: 3DCRT, IMRT, VMAT, SBRT, SRS

- Acelerador lineal Elekta Infinity (Año 2021):

    - Fotones de 6 y 10 MV.
    - Fotones de 6 MV FFF (Flatenning Filter-Free).
    - Electrones de 4, 6, 8, 9, 10, 12 y 15 MeV.
    - Colimador multiláminas Agility con 160 láminas de 0.5 cm de espesor en el isocentro.
    - Panel plano a-Si iViewGT con capacidad para realizar registro 2D.
    - Sistema de kV XVI con capacidad para realizar registro 2D y 3D.
    - Técnicas: 3DCRT, IMRT, VMAT, SBRT, SRS

- Equipo de carga diferida de Braquiterapia de Alta Tasa (HDR) Elekta Microselectron.

    - Aplicadores ginecológicos
    - Aplicador Valencia para terapia superficial

- Sistemas de Planificación para dosimetría 3D:

    - PINNACLE Centralizado SAS (Radioterapia Externa)
    - Oncentra MasterPlan (HDR)

- Red de Verificación y Registro: Mosaiq Centralizado SAS

- CT Toshiba Aquilion LB para simulación virtual de tratamientos de braquiterapia y radioterapia externa.

2.3.3. Equipamiento en Medicina Nuclear

- Gammacámara Spect/CT de doble cabezal Infinia. GE
- Gammacámara Spect /CT de doble cabezal Symbia. Siemens
- Gammacámara portátil Sentinella
- Dos Activímetros: Capintec CRC-15R y ATOMLAB 500
- Dos sondas intraoperatorias gamma: EURORAD y CLERAD
- Tomógrafo PET/CT (en proceso de adquisición)

2.3.4. Equipamiento en Radiodiagnóstico

Equipos distribuidos dentro del área Hospitalaria Juan Ramón Jiménez (Hospital Juan Ramón Jiménez, Hospital Vázquez Díaz y centro periférico Virgen de la Cinta) y las zonas de cobertura (A.G.S Norte de Huelva, D.A.P Condado-Campiña, D.A.P Huelva Costa y Hospital Infanta Elena)

- Equipos Generales de Rayos X: 29
- Sistema de exploración por tomografía computarizada: 6
- Mamógrafos: 5
- Telemandos: 4
- Equipos Radioquirúrgicos: 18
- Equipos Móviles de RX: 7
- Sistemas Radiográficos/Fluoroscópico para Angiografía/Intervencionismo: 3
- Equipos dental intraorales: 15
- Equipo dental panorámico: 3
- Densitómetro óseo: 1
- Sistema de lectura de CR: 18

2.4. Cartera de Servicios Asistenciales

Las misiones encomendadas al especialista en Radiofísica Hospitalaria en el seno de un hospital pueden resumirse en las siguientes:

- La planificación, aplicación e investigación de las técnicas y procedimientos de la Física utilizados en los exámenes y tratamientos médicos con radiaciones.
- La caracterización, aceptación, puesta en marcha y control de calidad de los equipos e instalaciones empleados en dichos exámenes y tratamientos.
- La protección radiológica de afectados: pacientes, profesionales, y público en general.
- La gestión más eficiente de los recursos disponibles teniendo siempre presente que el ciudadano constituye el eje de la Unidad.

De aquí se deriva la cartera de servicios que a continuación se describe:

- Referido a pacientes diagnosticados o tratados con isótopos radiactivos no encapsulados:

  - Estimación de dosis en órganos de interés.
  - Supervisión de tratamientos y alta radiológica de los pacientes.
  - Información a pacientes, familiares, personas próximas y voluntarios en protección radiológica.
  - Gestión de dosis de radiación en pacientes ingresados.
  - Gestión de residuos y efluentes biológicos contaminados con radionúclidos.

- Referido a pacientes sometidos a pruebas diagnósticas con rayos X o a intervenciones con su apoyo:

  - Estimación de dosis en órganos de interés para exploraciones tipo.

- Estimaciones de dosis individualizadas para pacientes normales o críticos desde el punto de vista de la protección radiológica.
- Asesoramiento para la justificación.
- Información a pacientes, familiares, personas próximas y voluntarios en protección radiológica.

- Referido a pacientes sometidos a tratamientos radioterápicos:

  - Planificación y dosimetría clínica con fotones y electrones de varias energías. Técnicas 3DCRT, IMRT, VMAT, SBRT, SRS. Dosimetría en vivo para control de tratamientos. Puesta en tratamiento. Verificaciones. Cálculos radiobiológicos.
  - Planificación y dosimetría clínica en braquiterapia de alta tasa
  - Informes dosimétricos.

- Referido a aparatos o fuentes productoras de radiación (aceleradores lineales, equipos productores de rayos X de todo tipo, isótopos radiactivos, residuos y efluentes radiactivo; nuestras actuaciones tienen significado radiológico, esto es: nos centramos en conocer y controlar el agente que aplicamos al paciente y su interacción con éste):

  - Especificaciones técnicas y selección de equipamiento, pruebas de aceptación, de referencia, de estado y periódicas de control de calidad.
  - Vigilancia de las condiciones de seguridad de su funcionamiento.
  - Operaciones de dosimetría o caracterización de haces y fuentes.
  - Registro e informes.

- Referido a equipos detectores de radiación (gammacámaras, sistema de imagen, equipos para dosimetría física de unidades de tratamiento con radiaciones ionizantes, monitores…):

  - Especificaciones técnicas y selección de equipamiento
  - Pruebas de aceptación, de referencia, de estado y periódicas de control de calidad
  - Registro e informes.

- Referidos a instalaciones radiactivas de rayos X:

  - Diseño, blindaje, procedimientos de P.R. y documentación para su legalización.
  - Vigilancia en construcción, comprobación de sistemas de seguridad y pruebas de aceptación.
  - Pruebas de referencia, de estado y control de calidad periódicas.
  - Vigilancia radiológica y del cumplimiento de los requisitos legales para su funcionamiento.
  - Control de adquisición de fuentes radiactivas y gestión de residuos y efluentes radiactivos.
  - Registro e informe.

- Referidos al trabajo con radiaciones ionizantes de los profesionales (tareas enmarcables en prevención de la salud de los profesionales sanitarios):

- Clasificación de puestos de trabajo, vigilancia de las condiciones de seguridad de estos y de las técnicas utilizadas. Clasificación y señalización de zonas.
- Clasificación de trabajadores, dosimetría personal e historiales dosimétricos.
- Elaboración de normas y procedimientos de protección radiológica.
- Gestión de licencias y acreditaciones.
- Registro e informe.

2.4.1 Actividad Asistencial (2019-2020)

- **2019**

- Pacientes planificados en radioterapia conformacional 3D: 562
- Pacientes IMRT (Step&Shoot): 162
- Pacientes Braquiterapia ginecológica: 32
- Pacientes Braquiterapia piel: 1
- Control de calidad Aceleradores (dos equipos):
- Oncor
  - 244 controles diarios
  - 7 mensuales
  - 2 semestrales/anuales
- Primus (fin de uso en febrero)
  - 32 controles diarios
  - 1 mensual
  - 2 semestrales/anuales
- Control de calidad del equipo de Braquiterapia
  - 64 controles periódicos
  - 2 cambios de fuente
- Control de calidad a los sistemas de verificación por imagen: portal y CONEBEAM
- Modificación de un búnker de Radioterapia para la instalación de un nuevo acelerador
- Control de calidad de equipos de medida
- Puesta en funcionamiento de la técnica IMRT
- Puesta en funcionamiento del sistema Mapcheck 3 para verificación de tratamientos IMRT
- Terapia metabólica I-123. Control de alta radiológica de pacientes: 56
- Controles periódicos activímetros: 8
- Controles diarios Gammacámaras: 236
- Controles periódicos Gammacámaras: 10
- Controles semestrales de Sondas Intraoperatoria: 4
- Controles periódicos Gammacámara portátil Sentinella: 1
- Verificación de detectores de contaminación superficial: 8
- Vigilancia semanal de la contaminación ambiental en MN: 46
- Vigilancia semanal de la contaminación superficial en MN: 46
- Verificación periódica de la contaminación en piel y ropas de trabajo en MN: 2
- Desclasificación de materiales residuales contaminados con Tc-99m: 109
- Retirada de Generadores: 46
- Puesta en marcha de 4 equipos de RX digitales
- Pruebas anuales de equipos de RX: 25
- Puesta en marcha de 1 equipo móvil de RX

- Pruebas anuales de equipos móvil de RX: 6
- Pruebas anuales de 18 equipos radioquirúrgicos
- Pruebas anuales de 4 telemandos
- Pruebas anuales de 6 TAC
- Pruebas anuales de 3 equipos dental panorámico
- Pruebas anuales de 15 equipos dental intraorales
- Puesta en marcha de 1 mamógrafo
- Pruebas anuales de 4 mamógrafos
- Pruebas anuales de 3 radiología intervencionista
- Pruebas anuales de 1 densitómetro óseo
- Estimación individualizada de dosis en radiodiagnóstico:3
- Verificaciones de dosis impartida en radiodiagnóstico: 22
- Verificación de instalaciones de Radiodiagnóstico (seguridades, señalizaciones, control de acceso, blindaje, memorias anuales, informes periódicos): 27
- Vigilancia dosimétrica mensual del trabajador profesionalmente expuesto: 402 personas
- Control y gestión de licencias del CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) por licencia: 10
- Elaboración y actualización de procedimientos y normas de PR por año en radioterapia, en medicina nuclear y en radiodiagnóstico.
- Formación, información, entrenamiento, en PR en radioterapia, en medicina nuclear y en radiodiagnóstico.
- Informes anuales Instalaciones Radiactivas CSN: 3

- **2020**

  - Pacientes planificados en radioterapia conformacional 3D: 172
  - Pacientes IMRT (Step&Shoot) y VMAT: 516
  - Pacientes Braquiterapia ginecológica: 31
  - Pacientes Braquiterapia piel: 3
  - Control de calidad Aceleradores (dos equipos):
  - Siemens Oncor (desmantelado en agosto 2020)
  - 131 controles diarios
  - 6 mensuales
  - 1 semestral
- Elekta Versa HD (puesta en funcionamiento en julio 2020)
  - 98 controles diarios
  - 4 mensuales
  - 1 semestral
- Control de calidad del equipo de Braquiterapia
  - 96 controles periódicos
  - 2 cambios de fuente
- Control de calidad a los sistemas de verificación por imagen: imagen portal y CONEBEAM
- Control de calidad de planificadores Pinnacle (radioterapia externa) y Oncentra (braquiterapia)
- Control de calidad de equipos de medida.
- Puesta en funcionamiento del acelerador Elekta Versa HD
- Puesta en funcionamiento de la técnica VMAT
- Puesta en funcionamiento de la cuba para dosimetría física y relativa; Blue Phantom 2 (IBA)
- Terapia metabólica I-123. Control de alta radiológica de pacientes: 34
- Controles periódicos activímetros: 8
- Controles diarios Gammacámaras: 240

- Controles periódicos Gammacámaras: 10
- Controles semestrales de Sondas Intraoperatoria: 4
- Controles periódicos Gammacámara portátil Sentinella: 1
- Verificación de detectores de contaminación superficial: 8
- Vigilancia semanal de la contaminación ambiental en MN: 48
- Vigilancia semanal de la contaminación superficial en MN: 48
- Verificación periódica de la contaminación en piel y ropas de trabajo en MN: 2
- Desclasificación de materiales residuales contaminados con Tc-99m: 343
- Retirada de Generadores: 60
- Pruebas anuales de equipos de RX: 29
- Puesta en marcha de 1 equipo móvil de RX
- Pruebas anuales de equipos móvil de RX: 6
- Puesta en marcha de 1 equipo radioquirúrgico
- Pruebas anuales de 17 equipos radioquirúrgicos
- Pruebas anuales de 4 telemandos
- Pruebas anuales de 6 TAC
- Pruebas anuales de 3 equipos dental panorámico.
- Pruebas anuales de 15 equipos dental intraorales.
- Pruebas anuales de 5 mamógrafos.
- Pruebas anuales de 3 radiología intervencionista
- Pruebas anuales de 1 densitómetro óseo
- Pruebas anuales de 18 sistemas de lectura CR
- Estimación individualizada de dosis en radiodiagnóstico:4
- Verificaciones de dosis impartida en radiodiagnóstico: 20
- Verificación de instalaciones (seguridades, señalizaciones, control de acceso, blindaje, memorias anuales, informes periódicos): 32
- Vigilancia dosimétrica mensual del trabajador profesionalmente expuesto: 415
- Control y gestión de licencias del CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) por licencia: 9
- Elaboración y actualización de procedimientos y normas de PR por año en radioterapia, en medicina nuclear y en radiodiagnóstico.
- Formación, información, entrenamiento, en PR en radioterapia, en medicina nuclear y en radiodiagnóstico.
- Informes anuales Instalaciones Radiactivas CSN: 3

2.5. Actividades formativas e investigadora (2018-2020)

2.5.1. Asistencia a cursos y congresos

- II Workshop español de “Protonterapia”. SEOR. Sevilla. 15-16 Marzo 2018
- Jornada de “Seguridad del Paciente en el Uso de Radiaciones Ionizantes”. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y la Consejería de Sanidad de Castilla La Mancha. Toledo. 19 Abril 2018
- Jornada de “Registro y Gestión de dosis a pacientes en procedimientos radiológicos”. SARH. Antequera. 22 Noviembre 2018

- Curso “Dosimetría en campos pequeños. Verificación de planes de tratamiento y control de calidad en IMRT/VMAT”. SEFM. Pamplona. 5-6 Abril 2019
- XI Congreso Nacional SEEIC. Sevilla. 12-14 Junio 2019.
- Workshop de “Gestión de Dosis”. Escuela Andaluza de Salud Pública. Granada. 10 Mayo 2019
- VI Congreso Conjunto SEFM-SEPR. Burgos. 11-14 Junio 2019
- I Jornada de Seguridad del Paciente. Hospital Juan Ramón Jiménez. Huelva. 19 Septiembre 2019
- Jornada de “Radioterapia Estereotáctica Extracraneal (SBRT)”. SARH. Antequera.22 Noviembre 2019
- II Curso online de “Actualización en Braquiterapia”. SEFM. 1 Octubre - 17 Noviembre 2019
- Trilogía de la Dosimetría en Campos pequeños. SEFM. 2020

2.5.2. Trabajos científicos

- **Artículos publicados en revistas científicas**

- The role of Stereotactic body radiotherapy in reirradiation of Head and Neck cancer recurrence. A. Roman, C. Jódar, A. Pérez-Rozos, A. Otero, Y. Lupiañez, JA Medina, J Gomez-Millan . Critical Reviews in Oncology/Hematology 122 (2018) 194-201. Doi: 10.1016/j.critrevonc.2017.12.007
- “Efficacy and safety of a simplied SBRT regimen for central and peripheral lung tumours”. Alberto Perez y otros. Clinical and Translational Oncology. Mayo 2019.

- **Comunicaciones en congresos nacionales**

- “*Tomoterapia helicoidal*: Una alternativa de presente y futuro”. Alberto Pérez y otros. XXI Congreso Sociedad Andaluza de Cancerología. Sevilla. Noviembre 2018. Comunicación Oral.
- “Experiencia de puesta en marcha y mantenimiento de un sistema de planificación centralizado de tratamientos de radioterapia”. Alberto Pérez y otros. XI Congreso nacional SEEIC. Junio 2019. Comunicación y premio
- “Estudio de la respuesta de la cámara PTW SourceCheck 4Pi para fuentes de baja energía mediante simulación Monte Carlo”. Joaquín Montes Fernández y otros. VI Congreso Conjunto SEFM-SEPR. Burgos. Junio 2019. Premio mejor comunicación oral novel.
- “Dependencia de la respuesta de las cámaras de tipo pozo para cambios en la temperatura en el caso de fuentes de braquiterapia de baja energía”. Joaquín Montes Fernández y otros. VI Congreso Conjunto SEFM-SEPR. Burgos. Junio 2019.
- “Toxicity evaluation with hypofractionated 3D radiotherapy in lung cancer”. Silvia Gutiérrez y otros. XX Congreso nacional SEOR. Junio 2019

- “Actualización de niveles de referencia para diagnóstico en cardiología intervencionista”. Francisco Carrera y otros. VI Congreso Conjunto SEFM-SEPR. Burgos. Junio 2019. Comunicación Oral.

- **Comunicaciones en congresos internacionales**

- “Tolerability of radical lung hypofractionated radiotherapy in elderly patients Alberto Pérez y otros. 37th ESTRO Meeting. Barcelona. Abril 2018.

- “Risk adapted schemes for lung SBRT in central or close to chest-wall tumours”**.** Alberto Pérez y otros. 37th ESTRO Meeting. Barcelona. Abril 2018.“A Method for Setup Margin Calculation Including Translational and Rotational Uncertainties in External Radiotherapy”. Alberto Pérez y otros. 60th AAPM Meeting. Nashville. Estados Unidos. Julio 2018.

- “Analysis and Comparison of Commissioning Measurements for Conventional and Flattening Filter Free Photon Beams on Two Linear Accelerators”. Alberto Pérez y otros. 60th AAPM Meeting. Nashville. Estados Unidos. Julio 2018.

- “Prognostic factors for clinical outcome in advanced non-small-cell lung cancer (NSCLC)”**.** Alberto Pérez y otros. 37th ESTRO Meeting. Barcelona. Abril 2018.

3. PROGRAMA DE FORMACIÓN DE LA ESPECIALIDAD DE RADIOFISICA HOSPITALARIA (3 AÑOS)

3.1. Objetivo general de la formación

El objetivo de la formación del especialista en Radiofísica Hospitalaria 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 más adelante y que 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, sesiones científicas, etc., dentro de la propia Unidad Docente y en el exterior.

El programa práctico se realizará bajo la supervisión de especialistas en Radiofísica y abarcará todos los aspectos de la práctica diaria de esta especialidad, incluidas las actividades en atención continuada.

El residente en Radiofísica Hospitalaria, 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.

3.2. Estructura general de la formación

La formación de los residentes de Radiofísica Hospitalaria tiene que ser una formación global que abarque los conocimientos teóricos de los temas propios de la especialidad, 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.

El aprendizaje teórico y práctico abarcará las siguientes áreas:

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

Se recomienda que la distribución del tiempo se haga de la forma siguiente:

- Radioterapia: 18 meses
- Radiodiagnóstico, Resonancia Magnética y Ultrasonidos: 9 meses
- Medicina Nuclear, Protección Radiológica y otros usos de las radiaciones: 9 meses

En cuanto a la cronología, la cada Unidad Docente decidirá, en función de sus características y organización, el modo y secuencia de la formación en las distintas áreas.

3.3. Programa de formación

3.3.1. Formación Teórica

3.3.1.1. Conocimientos básicos comunes a todas las áreas

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

- **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
- Radioactividad

- Interacción de la radiación con la materia (fotones y partículas)
- Efectos físicos de la radiación

- **Metrología y Dosimetría de las radiaciones. Técnicas e instrumentación**

Objetivo específico:

- 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. Incertidumbre y tolerancias.
- Sistema 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

- **Fundamentos de Anatomía y Fisiología humanas y Oncología**

Objetivo específico:

- 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.

- **Fundamentos de Radiobiología**

Objetivo específico:

- 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
- Respuesta 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 nieles 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.

- **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.
- Fusion de imágenes.
- Sustración de imágenes.
- Sistema de almacenamiento y gestión de imágenes médicas.

- **Estadística**

Objetivo específico:

- 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.

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.

- **Fundamento sobre garantía y control de calidad**

Objetivo específico:

- Conocer los fundamentos de la teoría de la calidad y sus aplicaciones a los programas 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.
- Programa de garantía de calidad.
- Control de calidad.

3.3.1.2. Conocimientos específicos del área de Protección Radiológica

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.

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.
- Planes de emergencia.
- Manipulación de 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.

3.3.1.3. Conocimientos específicos del área de Terapia con Radiaciones

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**

Equipos de tratamiento e imagen:
- Unidades de Rayos X de kilovoltaje.
- Aceleradores lineales de electrones
- Sistema de imagen TC para localización y simulación.
- Sistema de imagen en las unidades de tratamiento para localización y posicionamiento.

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 y Simetría.
- Factores de campo. Contribución de la radiación dispersa del cabezal y del maniquí.
- Parámetros de caracterización de haces de fotones y electrones.
- Distribución de dosis 3D.
- Efectos de los modificadores del haz (cuñas físicas y virtuales, compensadores).
- Método de adquisición y transferencia de datos para los sistemas de planificación.

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.

Sistemas de planificación y cálculo de dosis. Dosimetría clínica:
- Especificaciones de dosis y volúmenes. Recomendaciones internacionales (*ICRU50, ICRU62, ICRU83, …*).
- Parámetros y funciones que intervienen en el cálculo de la dosis.
- Cálculo manual de Unidades de Monitor.
- Sistemas de planificación computarizados.
- Algoritmos de cálculo.
- Herramientas de planificación 3D: BEV, DRR, HDV
- Optimización y evaluación de la planificación.
- Verificación de cálculos dosimétricos.
- Transmisión de imágenes y datos.
- Registro y archivo. Recomendaciones internacionales.

Técnicas de radioterapia externa:
- Técnicas convencionales,
- Campos regulares e irregulares.
- Modificadores del haz: cuñas, bolus, compensadores.
- Colimación del haz: multiláminas.
- Efecto de la oblicuidad, contigüidad y superposición de campos.
- Efecto de la heterogeneidad.
- Conceptos de normalización y ponderación de los haces.
- Técnicas avanzadas:
- 3D conformada.
- No coplanares.
- Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT).
- Arcoterapia Volumétrica Modulada (VMAT)
- Técnicas especiales:
- Irradiación total corporal con fotones y electrones.
- Radiocirugía y radioterapia estereotáxica extracraneal (SBRT).
- Radioterapia intraoperatoria.
- tratamiento con haces de partículas pesadas.

Verificación de tratamientos:
- Verificación inicial del posicionamiento del paciente y de la planificación del tratamiento en la unidad de tratamiento.
- Comprobación con imágenes portales y/o CBCT.
- Precisión geométrica, reproducibilidad y métodos de verificación.
- Verificación de tratamientos con técnicas avanzadas (IMRT, VMAT, …).
- Dosimetría *in vivo*.
- Sistema 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.

- **Braquiterapia**

Equipos:

- Tipos de radionúclidos.
- Fuentes radiactivas encapsuladas: características, selección y diseño de fuentes.
- Aplicadores.
- Sistemas de carga diferida (LDR, HDR, PDR).
- Equipos de calibración de fuentes.
- Sistema de imagen para braquiterapia.

Especificaciones 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.

Técnicas de tratamiento:

- Selección de fuentes.
- Preparación de fuentes.
- Procedimiento de trabajo.
- Aplicaciones de carga directa.
- Aplicaciones de carga diferida (manual y automática).
- Implantes permanentes y temporales.
- Aplicación 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 estereotáxicos.

Planificación de tratamientos y cálculo de dosis:

- Formalismos generales: TG43
- 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.
- Algoritmo de cálculo.
- Optimización y evaluación de la planificación.
- Especificación de dosis y volúmenes de acuerdo con protocolos internacionales (*ICRU38, ICRU89, …*).
- Sistemas de cálculo de dosis clásicos: sistema de París, de Manchester …

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.
- Unidad de tratamiento.
- Sistemas de planificación y cálculo.
- Accesorios utilizados para la reconstrucción espacial del implante.
- Sistema 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.

- **Tratamientos con fuentes no encapsuladas**

- Procedimientos de terapia.
- Elección del radionúclido y el radiofármaco. Propiedades físicas, cinéticas y distribución.
- Consideraciones radiobiológicas.
- Técnicas dosimétricas
- Procedimientos generales en el manejo de esta clase de fuentes.

3.3.1.4. Conocimientos específicos del área de Diagnóstico por la Imagen

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:

- **Radiodiagnóstico**

Fundamentos:

- Producción de rayos X. Espectro energético. Parámetros que lo modifican.
- Formación de la imagen de rayos X. Contraste. Artefactos.
- Colimación. Radiación dispersa. Rejilla.
- Geometría de la imagen radiográfica. Amplificación. Distorsión.

Equipos:

- Tubo y generadores de rayos X. Propiedades.
- Cadena de imagen:
- Placa radiográfica. Características de la película radiográfica. Pantalla de refuerzo. Procesadoras. Negatoscopios.
- Intensificadores de imagen.
- Sistemas receptores de imagen digital: CR, flat panel, etc.
- Características de los equipos de radiodiagnóstico:
- Radiográficos.
- Tomógrafos computarizados (TC).
- Mamógrafos.
- Equipos dentales.
- Telemandos.
- Arcos de quirófano.
- Equipos vasculares y de hemodinámica.

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: cámara 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.

Garantía y control de calidad:

- Selección de equipos.
- Definición de especificaciones.
- Comparación de características.
- Pruebas de aceptación, del establecimiento del estado de referencial 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. Control de calidad de la instrumentación de medida: calibración e intercomparación.

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 a pacientes. Métodos y programas de cálculo.
- Dosimetría en procedimientos de alta dosis. Dosis de interés.

- **Medicina Nuclear**

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. Error de contaje.

Equipos:

- Activímetros
- Gammacámaras: planares, sistema SPECT y PET.
- Contadores gamma.
- Contadores beta.
- Sonda intraoperatoria.
- Programa de análisis de imagen y funciones
- Cámaras de multi-imagen.
- Procesadoras, etc.

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.
- 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.

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.

- **Fundamentos de Ultrasonidos**

- Naturaleza de los ultrasonidos. 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.

- **Fundamentos de 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.

3.3.1.5. Conocimientos específicos en otros usos de las Radiaciones

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**

- Fuentes de radiación utilizadas.
- Programas de garantía y control de calidad del equipamiento.
- Bases físicas de las nuevas técnicas asociadas a estas aplicaciones.

- **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 equipo. Aplicaciones terapéuticas. Riesgos y seguridad. Garantía de Calidad.

3.3.2. Formación Práctica

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.

3.3.2.1. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de conocimientos básicos

- **Metrología y Dosimetría de las radiaciones. Técnicas e instrumentación**

  - 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.

- **Principios de Radiobiología clínica**

  - 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.

- **Imagen**

  - 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.

- **Estadística**

  - 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.

- **Garantía y control de calidad**

  - Identificar y analizar los distintos programas de calidad de la institución, generales y específicos.

- Observar y participar en la elaboración de programas de garantía de calidad de acuerdo con recomendaciones nacionales e internacionales.

3.3.2.2. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de Protección Radiológica

- 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 informal al personal sanitario, pacientes y público en materia de protección radiológica.

3.3.2.3. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de Terapia con Radiaciones

- **Radioterapia Externa**

Equipos de tratamiento e imagen:

- 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, US, RM, SPECT, que se utilizan en terapia.
- Verificar la transferencia de imágenes y otros datos mediante la red de los sistemas de planificación a los aceleradores y entre aceleradores, y realizar un apropiado control de calidad del sistema de transferencia.

Dosimetría física de haces de tratamiento convencionales:

- Aplicar protocolos de dosimetría incluyendo el de uso general a nivel nacional.
- Practicar con el material de media utilizado para calibraciones: cámara 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 (cámara, diodos, películas, TLD, …) de:
- Dosis absoluta de fotones y electrones según el protocolo empleado en el hospital.
- Dosis relativas de fotones y electrones:
- Calidad del haz

- 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 radioterapia externa.
- Realizar las medidas adicionales necesarias para configurar una unidad de tratamiento en el planificador.

Adquisición de datos de pacientes:

- Especificar y justificar los criterios para selecciones sistemas de imagen en Radioterapia (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 tratamientos. Dosimetría clínica:

- 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.
- 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 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 Unidades de 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 viendo efectos de oblicuidad u heterogeneidades.
- Realizar panificaciones usando imágenes de localización para un conjunto representativo de localizaciones tumorales, usando apropiados modificadores del haz como cuñas, multiláminas, bolus…
- Realizar planificaciones con haces contiguos o superpuestos.
- Realizar planificaciones de, al menos, las siguientes localizaciones: holocráneo, SNC, ORL, mama (con o sin áreas ganglionares), pulmón, abdomen, próstata, vejiga, recto, ginecológicas, etc.
- Realizar planificaciones de IMRT en aquellas localizaciones o situaciones que requieran de esta técnica.
- Valorar y optimizar las planificaciones con las herramientas disponibles en el sistema (histograma dosis-volumen, NTCP, optimización inversa, …).
- Realizar los informes dosimétricos correspondiente a estas planificaciones.

- Verificar los cálculos individuales de pacientes en planes de tratamiento, usando un programa independiente de cálculo de Unidades de Monitor teniendo en cuenta los diferentes factores.
- Verificar los tratamientos de IMRT sobre un maniquí usando el equipamiento adecuado para ello (cámara de ionización, películas radiocrómicas, array bidimensionale, …). Verificación de dosis absoluta, distribución de dosis, criterio gamma.

Puesta en práctica de la planificación:
- Transferir los parámetros de la planificación al sistema de registro y verificación (Red de tratamiento).
- Verificar la correcta transferencia de estos parámetros a la Red de tratamiento

Verificación de tratamientos:
- Verificar la correcta transferencia de los parámetros de la planificación de la red al acelerador.
- Observar y analizar la aplicación del tratamiento en la unidad.
- Evaluar discrepancias entre imágenes portales y/o CBCT y las imágenes de verificación del planificador (DRR y/o TAC).

Garantía y control de calidad:
- 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.
- Sistema de planificación.
- Elaborar los informes correspondientes.
- Discutir el papel del control de calidad en el funcionamiento.
- Discutir como el control de calidad reduce el riesgo de un accidente en Radioterapia.
- Conocer, evaluar y discutir accidentes producidos.

- **Braquiterapia**

Equipos:
- 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
- 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 las fuentes:
- Determinar la tasa de kerma en aire de las fuentes en uso en el hospital, usando el equipamiento disponible.

Técnicas de tratamiento:

- 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.

Planificación del tratamiento y cálculo de dosis:

- 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 empleadas en el hospital. Contrastar con las recomendaciones internacionales.

Garantía y control de calidad:

- Analizar y comentar el programa de Garantía de Calidad en Braquiterapia de la Institución.
- Realizar el control periódico del equipamiento de Braquiterapia:
- Instrumentación y equipos de medida
- Fuentes y aplicadores.
- Equipos de carga diferida automáticos.
- Sistema de planificación y cálculo.
- Sistema de imagen.
- Realizar los informes correspondientes.

- **Tratamientos con fuentes no encapsuladas**

- 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.

3.3.2.4. Actividades requeridas para el aprendizaje en el área de Diagnóstico por la Imagen

- **Radiodiagnóstico**

Equipos:

- 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, digitales, telemandos, mamógrafos, dentales, arcos quirúrgicos, vasculares, TC, …
- Analizar y comentar criterios de selección de equipos y sistemas de medida.

Dosimetría física:

- Manejar los distintos tipos de detectores que se emplean en la dosimetría para radiodiagnóstico: cámaras de ionización, diodos, dosímetros termoluminiscentes, 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:

- 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 convencionales, digitales, telemandos, mamógrafos, dentales, arcos de quirófano, vasculares, TC, …
- Investigar y comentar posibles mejoras en las técnicas de imagen.
- Elaborar los informes correspondientes sobre el estado de los equipos.

Dosimetría de pacientes:

- 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.

- **Medicina Nuclear**

Equipos:

- 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 empleado 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:

- 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 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:

- Manejar los procedimientos destinados a la estimación de la dosis en órganos de pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos en aquellos casos en que se precise empleando los formalismos y modelos más conocidos (ICRP, MIRD).

3.3.2.5. Actividades requeridas para el aprendizaje en otros usos de las Radiaciones

- **Radiaciones ionizantes en los laboratorios y centros de investigación**

- Identificar los distintos procedimientos de uso de las radiaciones.
- Realizar el control de calidad del equipamiento asociado a la medida de radiación.

3.3.3. Actividades Complementarias

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

3.3.3.1. Organización y gestión hospitalaria

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 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.

3.3.3.2. Docencia e investigación

Objetivos generales:

- Conocer los métodos para presentar 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 finalización.

3.3.3.3. Ética profesional

Objetivos generales:

- 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.

3.4 Evaluación del proceso docente

El proceso docente debe conducir al logro de los objetivos descritos en el programa. Su evaluación se basará en el análisis de información siguiente:

- Actividad descrita en el *Libro de Residente.*
- Informe periódico del tutor (trimestral).
- Evaluaciones periódicas (semestrales).
- Teóricas.
- Prácticas.
- Informe del Jefe de Servicio (anual).
- Informes de actividades del Residente (anual).
- Entrevistas personales.

4. PLAN DE FORMACIÓN DEL RESIDENTE DE RADIOFÍSICA HOSPITALARIA

4.1. Competencias generales a adquirir durante la formación

El residente al final de su periodo de formación habrá adquirido las competencias propias del Especialista en Radiofísica Hospitalaria que son:

- Actitud, aprendizaje y mejora continua.
- Orientación al ciudadano: respeto por sus derechos.
- Orientación a resultados.
- Trabajo en equipo.
- Oferta de servicios y conocimiento organizativo.
- Medicina basada en la evidencia.
- Metodología de Calidad.
- Educación para la salud, consejo sanitario y medidas de prevención.
- Adecuada utilización de los recursos disponibles.
- Capacidad para la toma de decisiones clínicas, diagnósticas y/o terapéuticas.
- Comunicación y/o entrevista clínica.
- Capacidad docente.
- Aplicación de técnicas de investigación.
- Visión continuada e integral de los procesos
- Continuidad asistencial.
- Capacidad para desarrollar medidas de ámbito familiar.
- Soporte vital.

4.2. Plan de rotaciones

La distribución general de rotaciones de los residentes es la siguiente:

Primer año:

- Conocimiento de la Especialidad y del Servicio en el Hospital, Organización Interna e Instrumentación propia. (1 mes)
- Rotación Área Radioterapia Externa. Dosimetría Física (6 meses)
- Rotación Área Medicina Nuclear. (4 meses)
- Rotación Servicio Médico Medicina Nuclear. (1 mes)

Segundo año:

- Rotación Área Radiodiagnóstico. (6 meses)
- Braquiterapia (3 meses).
- Rotación Área Radioterapia Externa. Dosimetría clínica: técnicas convencionales 3DCRT (3 meses)

Tercer año:

- Rotación Área Radioterapia Externa. Dosimetría clínica: técnicas avanzadas; IMRT, VMAT,… (4 meses)
- Rotación Servicio de Oncología Radioterápica. (1 mes)
- Rotaciones externas (máx 3 meses)
- Protección Radiologíca (3 meses)

4.3. Competencias específicas por rotación

El Residente al final de la rotación por Conocimiento de la Especialidad y del Servicio en el Hospital, Organización Interna e Instrumentación propia será capaz:

- Conocer la organización interna del Servicio y de este en el conjunto del Hospital.
- Conocer todo el equipamiento del Servicio.
- Conocer cuál es el papel del Radiofísico respecto de la instrumentación.
- Elegir y manejar los diferentes detectores de radiación.

El Residente al final de la rotación por Dosimetría Física será capaz de:

- Realizar las medidas para la caracterización de los haces de radiación de los aceleradores lineales. Medir la dosis absorbida en el punto de referencia y las distribuciones de dosis relativa a ese punto.
- Identificar y valorar la influencia de cada uno de los parámetros de eso haces sobre la dosis de los pacientes.
- Realizar los controles de calidad periódicos de los equipos de Radioterapia Externa.
- Conocer los interlocks (bloqueo de error) de los aceleradores, corregirlos cuando sea posible y evaluar si el equipo está en condiciones para su uso clínico. Cuando no es así como que medidas hay que tomar para corregirlo.
- Conocer legislación sobre criterios de calidad aplicable a Radioterapia Externa.
- Conocer los contenidos de los programas perceptivos de garantía de calidad.
- Elaborar documentos (procedimientos normalizados de trabajo, informes, etc).

El Residente al final de la rotación por Medicina Nuclear será capaz de:

- Realizar los controles de calidad periódicos de los equipos de medicina nuclear.
- Evaluar la calidad de imagen de los equipos con criterios cuantitativos.
- Evaluar la dosis a pacientes.
- Conocer legislación sobre criterios de calidad aplicable a Medicina Nuclear
- Conocer los contenidos de los programas perceptivos de garantía de calidad.
- Elaborar documentos (procedimientos normalizados de trabajo, informes, etc).

El Residente al final de la rotación por el Servicio Médico de Medicina Nuclear será capaz de:

- Conocer la cartera del servicio.
- Conocer cómo se desarrolla el flujo de pacientes en el servicio.
- Conocer las funciones del Radiofísico dentro del servicio.

El Residente al final de la rotación por el área de Radiodiagnóstico será capaz de:

- Realizar las medidas experimentales necesarias para caracterizar los haces de radiación de uso diagnóstico.
- Identificar y valorar la influencia de cada uno de los parámetros de esos haces sobre las dosis de los pacientes y sobre las características de las imágenes médicas.
- Realizar los controles de calidad periódicos de los equipos de radiodiagnósticos.
- Evaluar la calidad de imagen de los equipos de diagnóstico con criterios cuantitativo.
- Conocer legislación sobre criterios de calidad aplicable a Radiodiagnóstico.
- Conocer los contenidos de los programas perceptivos de garantía de calidad.
- Elaborar documentos (procedimientos normalizados de trabajo, informes, etc).

El Residente al final de la rotación por Braquiterapia será capaz de:

- Diseñar los tratamientos de pacientes de braquiterapia. Adquisición de os datos del paciente, elección de la técnica de tratamiento.
- Calcular los tratamientos de pacientes de braquiterapia.
- Verificar el sistema de planificación.
- Verificar los tratamientos mediante medidas en maniquíes y dosimetría in vivo sobre los pacientes.
- Elaborar documentos (procedimientos normalizados de trabajo, informes, etc).

El Residente al final de la rotación por Dosimetría Clínica será capaz de:

- Diseñar los tratamientos de pacientes con radioterapia externa con haces de fotones y/o de electrones. Adquisición de los datos del paciente, elección de la técnica de tratamiento.
- Calcular los tratamientos de pacientes con radioterapia externa con haces de fotones y/o de electrones, a partir de los diferentes algoritmos de cálculo del sistema de planificación.
- Verificar el sistema de planificación.
- Verificar los tratamientos de IMRT y VMAT mediante medidas en maniquíes y dosimetría in vivo sobre los pacientes.
- Realizar compensaciones radiobiológicas en los tratamientos.
- Manejar la red de software de los tratamientos.
- Elaborar documentos (procedimientos normalizados de trabajo, informes, etc).

El Residente al final de la rotación por el Servicio Médico de Radioterapia será capaz de:

- Conocer la cartera del servicio.
- Conocer cómo se desarrolla el flujo de pacientes en el servicio.
- Conocer las funciones del Radiofísico dentro del servicio.

El residente al final de la rotación por Protección Radiológica será capaz de:

- Calcular los blindajes necesarios para los diferentes equipos emisores de radiación.
- Medir la dosis de radiación de los trabajadores del Hospital.
- Determinar las normas de protección radiológica de pacientes sometidos a tratamiento o diagnostico con fuentes radiactivas.
- Gestionar los residuos radiactivos tanto sólidos como líquidos.
- Conocer la normativa nacional e internacional en protección radiológica.

- Elaborar documentos (procedimientos normalizados de trabajo, informes, etc).

4.4. Rotaciones Externas

Esta rotación tiene de duración máxima 3 meses. No es obligatoria, aunque si recomendable. La duración es variable dependiendo del centro de acogida, y las necesidades del servicio y de formación del residente.

El objetivo principal es la profundización de conocimientos, o el adiestramiento en alguna de las técnicas o procedimientos que no se realizan aún en este hospital y son de interés máximo en la especialidad. El centro de acogida puede variar de un año a otro, dependiendo de la elección del residente, de la disponibilidad del centro, y de las necesidades de formación específicas. En principio serán centros nacionales con unidades docente, pero no se descarta la posibilidad de alguna estancia internacional si fuese de interés.

Las técnicas no disponibles en estos momentos en nuestro Hospital son: VMAT, Radiocirugía y SBRT. Con la renovación del equipamiento de radioterapia externa, está previsto que estas técnicas se implementen en un futuro próximo, por lo que es de alto interés para el Residente rotar por una institución donde ya posean experiencia en este tipo de técnicas. Esto favorecerá en su participación e implicación en la implementación de estas técnicas en nuestro Hospital.

4.5. Continuidad Asistencial

Se realizarán dos o tres tardes a la semana, en horario de 15h a 20h, en el propio Servicio de Radiofísica o dando soporte en aquellos servicios que son clientes internos nuestros.

Durante estas continuidades se realizarán actividades asistenciales programadas (dosimetría clínica en tratamientos con radioterapia externa, braquiterapia, terapia metabólica, controles de calidad, dosimetría física y protección radiológica) que serán supervisadas por un facultativo. Siempre existirá un Radiofísico Adjunto con continuidad asistencial para la resolución de problemas o supervisión de la actividad del residente en la misma.

4.6. Sesiones Clínicas

Consisten en la presentación y discusión de temas relacionados con su desarrollo. Pueden ser bibliográficas, de procedimientos, de desarrollo de líneas de trabajo, etc.

Todo ello permite, por una parte, la formación de los residentes, junto a la adquisición de experiencia en la exposición en público de los temas. Por otra parte, fomenta la actualización de conocimientos y la puesta al día en todos los aspectos de la profesión en los facultativos de plantilla.

El residente ha de realizar como mínimo una sesión clínica al finalizar su rotación por cada área. El tema a tratar será de libre elección por parte del residente y deberá estar relacionado con dicha área. En todo momento será supervisado por el Radiofísico Adjunto responsable, el cual también podrá ayudar al residente a elegir el tema.

Asimismo, durante la rotación de los residentes de Radiofísica en otros Servicios del Hospital asistirán a las sesiones de los mismos.

4.7. Objetivos de Investigación

Durante el periodo de residencia, el residente realizará un mínimo de tres comunicaciones y/o publicaciones en los Congresos y/o revistas de nuestro ámbito.

4.8. Plan individualizado de Rotaciones

Es necesario adaptar el plan general de rotaciones del residente a un plan individualizado de rotaciones donde se especifiquen las rotaciones de cada residente y los meses exactos en los que las va a llevar a cabo. Este plan se debe elaborar anualmente con la incorporación de los residentes. Se entregará a cada residente y se remitirá una copia a Docencia con periodicidad anual.

En el plan individualizado debe aparecer también el nombre del tutor, los objetivos de investigación, las actividades formativas los días de tutorías, etc

4.9. Evaluación

4.9.1. Del Ministerio

Se rellenarán los documentos oficiales por el FEA responsable del residente en cada rotatorio y los validará el tutor con su firma. Es misión del tutor garantizar esta evaluación, hacerla con el responsable del rotatorio y remitirla a la Comisión de docencia al finalizar la rotación.

4.9.2. Propia del Hospital

Se realizará una entrevista con el tutor, tras cada rotación, donde se valorará los conocimientos adquiridos durante la rotación.
Se valorará, además:

- Número de sesiones clínicas presentadas.
- La asistencia a cursos de formación relacionados con la formación.
- Participación en cursos como docente.
- Ponencias y comunicaciones a Congresos.
- Publicaciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

Existe una extensa bibliografía de nuestra especialidad a disposición de los residentes, dentro de ellas destacamos:

- **Libros**

- The Physics of Radiation Therapy. F. M. Khan
- Physics in Nuclear Medicine. J. A. Sorensen, M. E. Phelps
- The Physics of Radiology. H. E. Johns, J. R. Cunningham
- Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water. TRS_398. IAEA 2001.
- Control de calidad en aceleradores de electrones para uso médico. SEFM, 2009.
- Control de calidad en sistemas de planificación de terapia con radiaciones ionizantes. SEFM, 2005.
- Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. SEFM-SEPR, 2011.
- Control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear. SEFM-SEMNIM-SEPR, 2015.
- Control de Calidad de Radioterapia Guiada por la Imagen (IGRT). SEFM, 2013
- ICRU (1993) Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. Report 50, International Commission on Radiation Units and Measurements.
- ICRU (1999) Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. Report 62, International Commission on Radiation Units and Measurements.
- ICRU (2010) Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy. Report 83, International Commission on Radiation Units and Measurements.

- **Legislación**

- REAL DECRETO 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra radiaciones ionizantes.
- REAL DECRETO 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.
- REAL DECRETO 1841/1997, de 5 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en medicina nuclear.
- REAL DECRETO 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia.
- REAL DECRETO 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico.
- REAL DECRETO 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.
- REAL DECRETO 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.
- REAL DECRETO 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

- **Revistas**

- Physics in Medicine and Biology
- Medical Physics
- Radiotherapy and Oncology
- International Journal of Radiation Oncology
- British Journal of Radiology
- Radiology
- Health Physics
- International Journal of Nuclear Medicine
- Journal Applied of Clinical Medical Physics
- Physica Medica
- Revista Española de Física Médica
- Revista de Radioprotección

- **Webs**

- www.sefm.es - Sociedad Española de Física Médica
- www.sepr.es - Sociedad Española de Protección Radiológica
- www.csn.es - Consejo de Seguridad Nuclear
- www.aapm.org - Sociedad Americana de Física Médica
- www.icrp.org - Comisión Internacional de Protección Radiológica
- www.icru.org - Comisión Internacional de Unidades y Medidas de la Radiación
- www.iaea.org - Agencia Internacional de la Energía Atómica
- www.estro.org - European Society for Therapeutic Radiology and Oncology