



En el marco del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL)

Proyecto RLA6082: “Strengthening Regional Capabilities in the Provision of Quality Services in Radiotherapy (ARCAL CLXVIII)”

Guías de Formación Académica y Entrenamiento Clínico para Físicos Médicos en América Latina

Avalado por la

Asociación Latinoamericana de Física Médica

ALFIM



DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Esta no es una publicación oficial del OIEA. Las opiniones expresadas no reflejan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica o sus Estados Miembros. El presente documento no debe citarse textualmente ni utilizarse como referencia.

El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte del OIEA sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o el trazado de sus fronteras. La mención de nombres de determinadas empresas o productos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.

GUÍAS DE FORMACIÓN ACADÉMICA Y
ENTRENAMIENTO CLÍNICO PARA FÍSICOS MÉDICOS EN
AMÉRICA LATINA

DESARROLLADO EN EL MARCO DEL ACUERDO
REGIONAL DE COOPERACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE
LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA NUCLEARES EN
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

(ARCAL)

PROYECTO RLA6082: “STRENGTHENING REGIONAL
CAPABILITIES IN THE PROVISION OF QUALITY SERVICES
IN RADIOTHERAPY

(ARCAL CLXVIII)”

AVALADO POR LA
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FÍSICA MÉDICA

(ALFIM)

PREFACIO

La concepción de este documento comenzó en el curso de un taller que el OIEA organizó en el marco de la 24a conferencia internacional de física médica (ICMP) desarrollada en Santiago de Chile en 2019. El taller se desarrolló como seguimiento a una encuesta elaborada por el OIEA y circulada en la región entre enero y marzo de 2019. El enfoque de la encuesta estuvo centrado en identificar la disponibilidad de programas de entrenamiento clínico estructurados para físicos médicos en la región. Los resultados se presentaron durante la ICMP 2019 y destacaron la falta de programas de entrenamiento clínico en la mayoría de los países, y la falta de armonización de los programas existentes a nivel regional. Durante las discusiones en el marco de este taller, se identificó la necesidad de desarrollar guías específicas para ayudar en el establecimiento de programas de entrenamiento clínico.

En 2020, se planeó una reunión de consulta para desarrollar un borrador de guías regionales. Considerando la situación global de pandemia covid-19, esto se convirtió en asignaciones basadas en el hogar en mayo 2020, junto a reuniones virtuales. Estas guías aquí incluidas se basan en el borrador desarrollado a lo largo de este proceso, con las subsecuentes múltiples revisiones y comentarios recibidos durante las distintas consultas con contrapartes del proyecto de Cooperación Técnica del OIEA RLA6082, “Strengthening Regional Capabilities in the Provision of Quality Services in Radiotherapy (ARCAL CLXVIII)”, revisores externos y los oficiales técnicos del OIEA.

El objetivo principal de estas guías es ofrecer un instrumento para mejorar y armonizar la educación de los físicos médicos en la región de América Latina, teniendo en cuenta las diferencias locales y describiendo estándares accesibles a la mayoría de los países en la región, con un enfoque en la factibilidad, sostenibilidad y colaboración entre Centros en el mismo país y entre países de la región.

La seguridad, calidad y eficiencia de las prácticas médicas con radiaciones ionizantes dependen de los físicos médicos clínicamente calificados (FMCCs) que desempeñan su trabajo en el entorno clínico. Las competencias necesarias para que el físico médico trabaje independientemente en una o más especialidades de la física médica, se adquieren a través de la capacitación clínica. Este documento presenta las recomendaciones para formación académica y entrenamiento clínico de físicos médicos en tres especialidades de la física médica (radioterapia, radiología diagnóstica e intervencionista y medicina nuclear) en la región de América Latina, proporcionando sugerencias sobre las actividades a realizar durante el entrenamiento clínico, y las competencias que el físico médico en entrenamiento clínico debe alcanzar.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha publicado diversas guías en la colección *Training Course Series* (TCS) para la educación académica y entrenamiento clínico de los físicos médicos [1-4]. El reporte de la Colección de Salud Humana o *Human Health Series* (HHS) No. 25 [5] identifican las responsabilidades de un físico médico en el medio clínico, así como la importancia de un nivel recomendado de educación y de entrenamiento clínico para garantizar seguridad y calidad en la atención de los pacientes en su tratamiento o diagnóstico con radiaciones ionizantes.

El OIEA también apoya el desarrollo de enfoques regionales inspirados y basados en estas guías, como es el caso de los documentos publicados en el marco de la

African Regional Cooperative Agreement (AFRA) [6]. Los documentos AFRA adaptan los documentos OIEA sobre educación de los físicos médicos en versión adecuada y aplicable para la región. Esas recomendaciones y enfoques son la base de estas guías, las cuales han tenido en cuenta la realidad latinoamericana tanto en el ámbito académico, cuanto en el área de aplicación de las radiaciones a la medicina.

La falta de reconocimiento del físico médico clínico y su desempeño especializado es un desafío internacional. Es por ello que el OIEA ha publicado en 2021 un documento dedicado a la certificación de los FMCCs [7]. Después de alcanzar el nivel de FMCC es importante que este profesional de la salud [8] altamente especializado sea reconocido en cuanto tal, y como todos los otros profesionales de la salud, pueda acceder a capacitación continua.

Estas guías fueron desarrolladas en el marco del proyecto de Cooperación Técnica del OIEA RLA6082, “Strengthening Regional Capabilities in the Provision of Quality Services in Radiotherapy (ARCAL CLXVIII)” y avaladas por la Asociación Latinoamericana de Física Médica (ALFIM).

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ESTRUCTURA DEL PROGRAMA ACADÉMICO A NIVEL DE POSGRADO: PRE-REQUISITO PARA UN ENTRENAMIENTO CLÍNICO	2
2.1.	MÓDULOS FUNDAMENTALES.....	4
2.1.1.	<i>Física de Radiaciones</i>	<i>5</i>
2.1.2.	<i>Fundamentos de Dosimetría.....</i>	<i>6</i>
2.1.3.	<i>Anatomía y Fisiología.....</i>	<i>7</i>
2.1.4.	<i>Radiobiología.....</i>	<i>7</i>
2.1.5.	<i>Física en Radioterapia.....</i>	<i>8</i>
2.1.6.	<i>Física en Radiología Diagnóstica e Intervencionista.....</i>	<i>8</i>
2.1.7.	<i>Física en Medicina Nuclear.....</i>	<i>10</i>
2.1.8.	<i>Protección y Seguridad Radiológica</i>	<i>11</i>
2.1.9.	<i>Monografía/Trabajo Final.....</i>	<i>11</i>
2.2.	MÓDULOS RECOMENDADOS	12
2.2.1.	<i>Técnicas de Medición, Estadística y Metodología de Investigación</i>	<i>12</i>
2.2.2.	<i>Bioética Profesional.....</i>	<i>12</i>
2.2.3.	<i>Diseño de Instalaciones</i>	<i>12</i>
2.2.4.	<i>Evaluación de Tecnologías Sanitarias, Especificaciones, Pruebas de Aceptación y Comisionamiento de Equipos.....</i>	<i>13</i>
2.2.5.	<i>Incertidumbres en Medicina de Radiación</i>	<i>13</i>
2.2.6.	<i>Terapias Dirigidas y Teranósticos.....</i>	<i>13</i>
2.2.7.	<i>Técnicas Especiales</i>	<i>13</i>
2.2.8.	<i>Terapia con Partículas</i>	<i>14</i>
2.2.9.	<i>Microdosimetría.....</i>	<i>14</i>
2.2.10.	<i>Principios de Gestión.....</i>	<i>14</i>
2.3.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	14
3.	ENTRENAMIENTO CLÍNICO.....	14
3.1.	ASPECTOS DE SUPERVISIÓN	15
3.2.	ACUERDO DE APRENDIZAJE DEL FÍSICO MÉDICO EN ENTRENAMIENTO CLÍNICO.....	17
3.3.	INFRAESTRUCTURAS E INSTALACIONES	17
3.3.1.	<i>Radioterapia</i>	<i>18</i>
3.3.2.	<i>Radiología Diagnóstica e Intervencionista</i>	<i>18</i>
3.3.3.	<i>Medicina Nuclear.....</i>	<i>19</i>
3.4.	ENTRENAMIENTO CLÍNICO Y SUPERVISION	19
3.5.	GESTIÓN Y GARANTÍA DE LA CALIDAD EN CENTROS DE ENTRENAMIENTO CLÍNICO.....	20
3.5.1.	<i>Equipamiento Necesario para Control de la Calidad</i>	<i>20</i>
3.5.2.	<i>En Radioterapia</i>	<i>21</i>
3.5.3.	<i>En Radiología Diagnóstica e Intervencionista</i>	<i>21</i>
3.5.4.	<i>En Medicina Nuclear</i>	<i>21</i>
3.6.	COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO.....	21
3.7.	COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO EN FISICA MEDICA EN RADIOTERAPIA	22

3.8.	COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO EN FISICA MEDICA EN RADIOLOGÍA DIAGNÓSTICA E INTERVENCIONISTA.....	34
3.9.	COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO EN FISICA MEDICA EN MEDICINA NUCLEAR	44
4.	CONCLUSIONES.....	54
	REFERENCIAS	55
	ABREVIATURAS.....	56
	COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN	57

1. INTRODUCCIÓN

El nivel deseable de formación y entrenamiento para que un físico médico actúe en el entorno clínico requiere esfuerzos organizados que involucren tanto un componente académico como un entrenamiento clínico en el hospital, necesario para adquirir competencias indispensables para un desempeño independiente y seguro.

Sin embargo, frecuentemente los programas ofrecidos son en su mayoría únicamente académicos, dejando de lado el entrenamiento clínico.

El objetivo principal de este documento es apoyar el desarrollo sostenible de programas académicos y, sobre todo, aquellos de entrenamiento clínico para la realidad de América Latina, impulsando la armonización con las buenas prácticas internacionales y favoreciendo la conexión de programas académicos con programas clínicos.

Como resultado, se espera que al final el estudiante cumpla los requisitos para ser físico médico clínicamente calificado (FMCC), en acuerdo con el documento OIEA HHS 25 [5], esté preparado para actuar en una de las disciplinas de la física médica (radioterapia, radiología diagnóstica e intervencionista, medicina nuclear) y, además, sea reconocido por la autoridad nacional competente como FMCC [7].

La finalización de un programa de posgrado académico en física médica con contenidos sólidos y completos en física de radiaciones, dosimetría, radiobiología, radioprotección e imagenología, entre otros contenidos, es indispensable para ingresar a un programa de entrenamiento clínico estructurado en un hospital como el que se propone en este documento.

El objetivo de un programa de entrenamiento clínico supervisado en el hospital es proporcionar al físico médico la oportunidad de desarrollar las competencias necesarias para desempeñarse de forma independiente en la disciplina de especialización elegida.

En el documento HHS No. 25 [5] el OIEA identifica las funciones y responsabilidades de los físicos médicos en cada disciplina, plantea los requisitos mínimos de formación académica y entrenamiento clínico, y describe las etapas requeridas para alcanzar el nivel de FMCC. De acuerdo con esas recomendaciones, la primera etapa es una carrera universitaria de grado en ciencias físicas (o título académico equivalente), seguido por un programa académico de posgrado en física médica, y posteriormente se completa con una capacitación práctica estructurada y bajo supervisión especializada en el ámbito clínico.

En relación con el entrenamiento clínico el HHS No. 25 [5] establece que "...el periodo de capacitación clínica puede incluir cursos académicos en física médica, pero estos no deberían durar menos de 2 años".

A los fines de estrechar la brecha existente en la actualidad en el número de FMCCs necesarios y la realidad de la región, y hasta que se pueda sustentablemente cumplir con las recomendaciones del documento HHS No. 25, en estas guías se recomienda un programa de entrenamiento clínico de 1 año a tiempo completo equivalente para cada disciplina de la física médica (radioterapia, radiología y medicina nuclear), considerando como requisito de ingreso el haber completado la educación académica

a nivel de posgrado por ejemplo a nivel de maestría (según la terminología empleada en muchos países en América Latina) en física médica. La decisión de desarrollar programas de entrenamiento clínico de un año se basa en la constatación de la falta de programas clínicos estructurados en la región y en la necesidad de acelerar el proceso de capacitación clínica en América Latina.

En la actualidad, la región tiene muchos centros que ofrecen procedimientos médicos tanto en imágenes como en terapia utilizando radiación ionizante. Los mismos están bien organizados y cuentan con físicos médicos de amplia experiencia, por lo tanto, podrían en corto tiempo empezar a dispensar entrenamiento clínico bajo la guía de este personal calificado. Además, considerando que el entrenamiento clínico de los físicos médicos es basado en competencias, en casos en los cuales un solo centro no pueda ofrecer capacitación en todas las competencias, es también posible complementarlas con acuerdos formales con otros centros, creando entonces programas de entrenamiento clínico en colaboración.

Una evaluación formal e independiente del físico médico en entrenamiento clínico (FMEC) es altamente deseable, al menos al final del programa de entrenamiento clínico, para confirmar la finalización exitosa del mismo y su paso a FMCC.

El contenido del entrenamiento clínico propuesto en estas guías corresponde al nivel mínimo y deseable, considerando una interpolación entre el nivel tecnológico generalizado actual en la región, la falta de programas de entrenamiento clínicos estructurados y la necesidad de llevar sus establecimientos de manera sostenible. Este no precluye la posibilidad de establecer esquemas de mayor duración, en contextos donde sea posible y viable. Además, los programas de entrenamiento clínico presentados en este documento no pretenden ser comprehensivos de todas las técnicas de imagenología o tratamientos con radiaciones existentes, porque esto significaría decretar una obsolescencia rápida de las guías y, por otra parte, los desarrollos de la práctica en física médica vinculados a la tecnología son típicamente abordados a través de sistemas de desarrollo profesional continuo (DPC).

Por último, en apoyo de su sostenibilidad, es importante que los programas de entrenamiento clínico tengan reconocimiento por las autoridades competentes. Con referencia al documento OIEA TCS 71 [7], se destaca que el FMCC es un profesional de la salud, y consecuentemente, un sistema de certificación y de su renovación es crucial para asegurar el adecuado reconocimiento de la profesión, a la par de los otros profesionales de la salud.

2. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA ACADÉMICO A NIVEL DE POSGRADO: PRE-REQUISITO PARA UN ENTRENAMIENTO CLÍNICO

Existe un claro entendimiento que para que un físico médico sea aceptado en un programa de entrenamiento clínico, en cualquiera de las disciplinas de la física médica, debe haber culminado un programa académico de posgrado en física médica porque los conocimientos de nivel de posgrado son propedéuticos y necesarios para el entrenamiento clínico.

En concordancia con las recomendaciones del OIEA [1], cuando sea posible, el personal docente de los programas académicos de posgrado (e.g., maestría, según la terminología en uso en algunos países) en física médica debería contar con al menos un profesor que tenga un título de doctorado en física médica, que esté activo en investigación. En los casos en que esto no es alcanzable en el momento del

establecimiento del programa, se espera que sea preparado un plan para incluir tal profesional en un plazo de tiempo definido. En el ínterin, un investigador establecido con un doctorado en una especialidad relacionada relevante (e.g., física aplicada) se podría considerar. La falta de una facultad con una calificación de doctorado y actividades de investigación científica sustancial puede limitar la capacidad de la institución para ofrecer un fuerte componente de investigación y fomentar investigación en física médica (e.g., tesis/informe final).

Típicamente, las universidades tienen requisitos específicos para programas de posgrado, si desarrollan un fuerte programa de investigación relacionado con la especialidad. El programa de posgrado en física médica incluye típicamente el desarrollo de un trabajo de investigación científica.

El grupo de profesores que imparten la maestría en física médica se espera que esté compuesto por personal académico con formación en física médica, pero también es importante de involucrar a físicos médicos que trabajan en el ambiente clínico. Las instituciones de educación deberán mantener acuerdos formales de cooperación con las instituciones de salud (por ejemplo, memorando de entendimiento), para facilitar la participación de los físicos médicos clínicos como profesores y establecer conexión con los hospitales para futura inclusión de los estudiantes en programas de entrenamiento clínico, después de la finalización de los estudios académicos de posgrado. Además, en el marco de esta colaboración, cuando sea posible, se podrán organizar actividades educativas prácticas por ejemplo basadas en procedimientos propios de los físicos médicos hospitalarios.

El componente académico de la formación de los físicos médicos, a nivel de posgrado, incluirá las disciplinas de aplicación en clínica, es decir: física de la radiación, fundamentos de la dosimetría física y clínica para radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear; además incluirá también protección radiológica y radiobiología tal y como se aplica en el entorno clínico. La duración del programa de formación académica está determinada por el sistema educativo de cada país, y es en general definida en horas de dedicación de tiempo completo.

Como ya se ha establecido, el requisito para admisión a un programa de formación académica a nivel de maestría en física médica es un diploma de grado universitario (carreras universitarias) en física, ingeniería o equivalente. Para la evaluación de equivalencia, será necesario examinar el expediente académico, en particular con respecto al nivel de matemática y física [1].

Los programas académicos de posgrado en física médica incluyen típicamente los contenidos detallados a continuación, divididos en módulos fundamentales (que no pueden faltar en el programa) y módulos recomendados.

Ejemplos de dedicación de los diferentes módulos son proporcionados en las tablas siguientes. La Tabla 1 describe ejemplos de dedicación para módulos fundamentales, la Tabla 2 para módulos recomendados.

TABLA 1. MÓDULOS FUNDAMENTALES: EJEMPLOS DE DEDICACIÓN SUGERIDA DENTRO DEL PROGRAMA

Módulos fundamentales	Ejemplo de Distribución
Física de las radiaciones	10%
Fundamentos de dosimetría	10%
Anatomía y fisiología	5%
Radiobiología	7.5%
Física en radioterapia	15%
Física en radiología diagnóstica e intervencionista	15%
Física en medicina nuclear	15%
Protección y seguridad radiológica	10%
Sesiones prácticas	7.5%
Monografía/trabajo final	5%

TABLA 2. EJEMPLOS DE MÓDULOS RECOMENDADOS: DEDICACIÓN SUGERIDA DENTRO DEL PROGRAMA

Módulos recomendados	Ejemplos de Distribución
Diseño de instalaciones	2.5%
Especificaciones, aceptación y puesta en servicio de equipos	2.5%
Técnicas de medición, estadística y metodología de investigación	2.5%
Bioética profesional	2.5%

2.1. MÓDULOS FUNDAMENTALES

El contenido del programa académico de posgrado se ha dividido en módulos con dos niveles: fundamental y recomendado. Esta recomendación permitirá, a nivel local, el desarrollo de un programa académico propio, que se adapte a los requerimientos de cada país respecto al perfil de los estudiantes que ingresan, los recursos docentes propios y el título académico obtenido al final del programa.

A continuación, se enumeran las asignaturas que se consideran esenciales para que los estudiantes estén preparados adecuadamente para ingresar a la fase de capacitación clínica.

1. Física de radiaciones
2. Fundamentos de dosimetría
3. Anatomía y fisiología

4. Radiobiología
5. Física en radioterapia
6. Física en radiología diagnóstica e intervencionista
7. Física en medicina nuclear
8. Protección y seguridad radiológica
9. Sesiones prácticas
10. Monografía/trabajo final

De ser posible, el programa académico debería incluir ejercicios prácticos en tópicos relacionados a radioterapia, radiología diagnóstica e intervencionista y medicina nuclear, con el objetivo de exponer a los estudiantes a la física aplicada en estos ámbitos.

2.1.1. Física de Radiaciones

Objetivo:

El propósito de este módulo es presentar de manera integral los principios básicos de la física de la radiación ionizante con el fin de aplicarlos a la física médica y las relaciones entre ellas. Se describe la interacción de los fotones y partículas cargadas con la materia, así como, las propiedades esenciales de los núcleos atómicos

Contenido teórico:

- Introducción de conceptos de física moderna
- Estructura nuclear y atómica
- Radiactividad
 - o Mecanismo de decaimiento radiactivo o ley de decaimiento radiactivo: vida media, actividad, equilibrio secular.
- Interacciones nucleares básicas
- Interacción de la radiación (partículas con o sin carga) con la materia
 - o Interacción de fotones: efecto fotoeléctrico, efecto Compton, producción de pares, dispersión de Rayleigh y Thomson, fotonuclear, atenuación exponencial, coeficiente de atenuación lineal, coeficiente de absorción másico, camino libre medio
 - o Haz ancho
 - o Factor de build up
 - o Haz divergente - Ley del inverso del cuadrado
 - o Secciones eficaces de interacción y la importancia relativa de los mecanismos de interacción
 - o Interacción de partículas cargadas con la materia: dispersión elástica; dispersión inelástica (procesos de radiación y colisión); dispersión múltiple; concepto de poder de frenado; dependencia del poder de frenado con la energía, medio y masa de la partícula; poder de frenado de colisión y de radiación;

Razón de poder de frenado

- o Rangos de aproximación de desaceleración continua (de sus siglas en inglés, CSDA)
- o Valor W
- o Ley de interacción (atenuación)
- Caracterización de la calidad de la radiación
 - o Espectro, energía media, energía efectiva
 - o Especificación de la calidad del haz para rayos-X de baja y alta energía
 - o Especificación de la calidad para haces de electrones de alta energía
 - o Razón de poderes de frenado

2.1.2. Fundamentos de Dosimetría

El propósito de este módulo es abordar las bases físicas de la dosimetría, introducir diferentes teorías y describir los principios de operación de varios tipos de dosímetros. Son abordadas magnitudes estándares y sus unidades, de modo que los formalismos dosimétricos del campo de radiación de referencia sean discutidos. Las aplicaciones del equilibrio de partículas cargadas y/o la teoría de la cavidad deben ser estudiadas en detalle.

Contenido teórico:

- Magnitudes estocásticas y no estocásticas
 - ✓ Magnitudes y unidades del campo de radiación
 - ✓ Fluencia, fluencia de energía, tasa de fluencia planar y tasa de fluencia de energía
 - ✓ Exposición, kerma, CEMA
 - ✓ Dosis absorbida
 - ✓ Coeficientes de interacción de partículas con y sin carga
 - ✓ Distribución de energía
 - ✓ Energía transferida e impartida
 - ✓ Relación entre varias magnitudes
 - ✓ Equilibrio de partículas cargadas (de sus siglas en inglés, CPE)
 - ✓ Concepto de equilibrio electrónico
 - ✓ Efecto de la energía y tamaño de campo: efecto del tipo de haz, pérdida de equilibrio lateral, campos pequeños, kerma, dosis absorbida
- Teoría de la cavidad y CPE
 - ✓ Teoría de Bragg-Gray
 - ✓ Teoría de Spencer-Attix
 - ✓ Teoría de Burlin
 - ✓ CPE total
 - ✓ CPE transitorio
 - ✓ Transición en el comportamiento del detector de Bragg-Gray hacia una cavidad grande
- Teorema de Fano
 - ✓ Conceptos
- Detectores y dosímetros
 - ✓ Conceptos de respuesta y coeficiente de calibración
 - ✓ Estabilidad, dosis y rango de tasa de dosis, sensibilidad, reproducibilidad, dependencia de energía, dependencia direccional, fuga, influencia de las magnitudes del ambiente (temperatura, presión y humedad), efecto de polaridad, curva de saturación, recombinación general e inicial (dos métodos)
 - ✓ Dosimetría absoluta, de referencia y relativa
 - ✓ Descripción de diferentes tipos de dosímetros, materiales, funcionamiento, usos y aplicaciones; ventajas y desventajas. (Ej. Detectores gaseosos, calorimétricos, de estado sólido, termo y optico-luminiscentes, etc.)
- Red internacional de metrología de radiación.
 - ✓ Definición de
 - Patrón primario
 - Patrón secundario
 - El rol de BIPM
 - Laboratorios Primarios de Calibración Dosimétrica (LPCD)
 - Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica (LSCD)
 - Calibración interna a nivel del usuario

- Maniqués
- Introducción a la dosimetría numérica (Código Monte Carlo)
 - ✓ Principios básicos
 - ✓ Aplicaciones y limitaciones
- Evaluación de incertidumbres
 - ✓ Exactitud y precisión
 - ✓ Incertidumbre Tipo A
 - ✓ Incertidumbre Tipo B
 - ✓ Ley de propagación de incertidumbres

2.1.3. Anatomía y Fisiología

Objetivo:

Identificar los órganos principales y vecinos, entender su funcionamiento y constitución, comprender la anatomía a través de imágenes diagnósticas.

Contenido teórico:

- Nomenclatura anatómica
- Origen de los nombres anatómicos
- Prefijos y sufijos: Posición anatómica, órganos vecinos y terminología del plano corporal
- Imágenes anatómicas en medicina nuclear, radiología y con radiación no ionizante
- Densidad de los diferentes tejidos y el concepto de la curva de Hounsfield
- Estructura corporal, fisiología básica
 - ✓ Sistema nervioso central, respiratorio, digestivo, urinario, reproductivo, circulatorio, linfático, endocrino.
- Órganos en serie y en paralelo; limitaciones de dosis

2.1.4. Radiobiología

Objetivo:

Discutir los efectos de radiación en el tejido y las diferentes respuestas en función del tipo de célula, dosis, fraccionamiento, daños a los tejidos normales, los modelos que buscan explicación y los “restricciones de dosis” para diferentes tipos de tejidos.

Contenido teórico:

- La importancia de la radiobiología para la radioterapia, radiología y medicina nuclear
- Ciclo celular y muerte celular
- Efecto de la radiación a nivel celular
- Tipo de daño por radiación (tejido, órgano y cuerpo entero)
- Curva de supervivencia celular y curva de dosis-respuesta
- Efectos agudos y tardíos de la radiación (determinísticos, estocásticos y teratogénicos); efectos sobre el embrión en desarrollo
- Fraccionamiento de la dosis
 - ✓ Convencional
 - ✓ Hipofraccionamiento
- Modelo lineal-cuadrático (L-Q), razón α/β , fraccionamiento, 2 Gy por fracción de dosis total equivalente (EQD2Gy)
- Efecto de la tasa de dosis

- Probabilidad de control tumoral (de sus siglas en inglés, TCP), Probabilidad de complicaciones a tejido normal (de sus siglas en inglés, NTCP), Dosis uniforme equivalente (de sus siglas en inglés, EUD)
- Volúmenes y tolerancia de dosis, análisis cuantitativo de los efectos normales de los tejidos en la clínica (QUANTEC)
- El concepto de dosis biológica equivalente (de sus siglas en inglés, BED)
- Relación terapéutica normal y tumoral, radio-sensibilizadores, protectores
- Tumores secundarios radioinducidos
- Tratamientos individualizados
- Tumores radiogénicos

2.1.5. Física en Radioterapia

Objetivo:

El estudiante se introduce en los fundamentos físicos y los aspectos técnicos de todos los pasos del proceso y los elementos esenciales de la gestión de la calidad en radioterapia. Se muestran los principios y los modos de funcionamiento de los diferentes equipos utilizados. Definición y uso de las cantidades para describir los haces de radiación y las fuentes radiactivas utilizadas en la radioterapia. El estudiante debe comprender los elementos esenciales de la dosimetría y la planificación del tratamiento de los pacientes.

Contenido teórico:

- Equipos para radioterapia externa- principio de funcionamiento
- Equipos de RX para RT superficial (Ortovoltaje)
- Unidades de ^{60}Co
- Aceleradores lineales (LINACS) (fotones y electrones) y otros aceleradores de partículas
- Sistemas de dosimetría absoluta y relativa
- Dispositivos para dosimetría *in-vivo*
- Sistemas de imagenología en radioterapia: principios de funcionamiento y aplicación (e.g., pre-tratamiento y durante tratamiento)
- Principios de sistemas de información y redes en radioterapia; estándar DICOM
- Radioterapia externa con haces de fotones
- Radioterapia externa con haces de electrones
- Braquiterapia
- Técnicas de tratamiento, cálculo de dosis y formalismos de cálculo
- Sistemas de planificación de tratamiento: componentes y algoritmos de cálculo
- Calibración de haces y códigos de práctica (e.g., IAEA códigos de práctica en dosimetría etc.)
- Administración de tratamiento: principios generales
- Principios de garantía de la calidad en radioterapia (e.g., protocolos IAEA y AAPM)

2.1.6. Física en Radiología Diagnóstica e Intervencionista

Objetivo:

Se introduce al estudiante en los principios físicos y los aspectos técnicos de todas las modalidades utilizadas en la radiología de diagnóstico e intervención. Se describe el principio y los modos de funcionamiento de los diferentes equipos, desde la

producción de rayos X hasta la formación de una imagen médica, así como las modalidades no ionizantes utilizadas en la radiología de diagnóstico.

Contenido teórico:

- Producción de rayos X
 - ✓ Principio de producción de rayos X
 - ✓ Espectro de rayos X
- Tubos de rayos X (estacionarios, rotatorios y sus componentes)
 - ✓ Colimación y filtración
 - ✓ Principio de enfoque de línea y efecto talón
- Generador de rayos X
 - ✓ Circuitos y caída de carga
 - ✓ Coraza
- Imágenes planas (Radiografía-Fluoroscopia)
 - ✓ Formación de las imágenes analógicas y digitales
 - ✓ Rejilla anti-dispersión
 - ✓ Detectores de imágenes de rayos X (convencionales y digitales)
 - ✓ Equipos de fluoroscopia
- Imágenes de mama/mamografía
 - ✓ Características de los tubos de rayos x para mamografía
 - ✓ Factores que influyen en la formación de la imagen
 - ✓ Receptores (pantalla-película, radiología computada y radiología digital)
 - ✓ Visualización de las mamografías, Tomosíntesis
- CT
 - ✓ Componentes y generaciones
 - ✓ principio de la reconstrucción de la imagen
 - ✓ CT helicoidal y multidetector
 - ✓ Colimación, número CT
 - ✓ Manipulación de las imágenes y post-procesamiento
 - ✓ Calidad de imagen (ruido, resolución y contraste)
 - ✓ Artefactos
- Física básica y aplicaciones de la resonancia magnética
 - ✓ Principio de la resonancia magnética nuclear (RMN)
 - ✓ Generación de señales magnéticas de resonancia
 - ✓ Decadencia de inducción libre, relajación T1, relajación T2
 - ✓ Secuencias de pulsos (ponderación T1, T2)
 - ✓ Gradiente (selección de corte, codificación de frecuencia y codificación de fase)
 - ✓ Componente del dispositivo de resonancia magnética
 - ✓ Calidad de la imagen (ruido, resolución y contraste)
 - ✓ Artefactos
 - ✓ Seguridad y bio efectos
- Física básica y aplicaciones de las imágenes por ultrasonido (US)
 - ✓ Principios de la generación e interacción de los US (transductor y conjuntos de transductores, reflexión, transmisión y refracción)
 - ✓ Propiedades del haz (campo cercano, campo lejano)
 - ✓ Principio de generación de imágenes (modo A, modo B, modo TP)
 - ✓ Doppler US (continuo, pulso)
 - ✓ Calidad de la imagen (ruido, resolución (axial, lateral y elevación) y contraste)
 - ✓ Artefactos
 - ✓ Seguridad y bioefectos
- Modalidades de imágenes adicionales (dentales, DEXA, móviles)

- ✓ Principios de radiografía dental/panorámica y tomografía computada de haz cónico dental (CBCT)
- ✓ Principio de absorción de rayos X de energía dual
- ✓ Radiografía móvil
- Imágenes digitales
 - ✓ Procesamiento y análisis de imágenes
 - ✓ Filtros
 - ✓ El núcleo y la convolución
 - ✓ Análisis de Fourier
 - ✓ Fusión
 - ✓ Segmentación
 - ✓ Detección y diagnóstico asistidos por ordenador
- Compresión de imágenes, post procesamiento y análisis
- Evaluación de la calidad de la imagen y contraste, resolución, ruido o artefactos
 - Redes en radiología (DICOM, PACS)

2.1.7. Física en Medicina Nuclear

Objetivo:

Presentar al alumno los principios físicos y aspectos técnicos de todas las modalidades y equipos en medicina nuclear (MN), y los elementos esenciales para gestión de la calidad. Este módulo aborda formación teórica de la producción y uso de radionúclidos para diagnóstico y tratamiento, formación de imágenes, control de calidad y dosimetría interna.

Contenido teórico:

- Producción de radionúclidos y radiofarmacia
 - ✓ Generadores
 - ✓ Ciclotrones
 - ✓ Reactores
 - ✓ Radiofarmacia
- Instrumentación
 - ✓ Calibradores de dosis (activímetros)
 - ✓ Detectores de centelleo
 - ✓ Contadores proporcionales
 - ✓ Contadores de pozo
 - ✓ Detectores Geiger Müller
- Dispositivos de imágenes
 - ✓ Cámara gamma
 - ✓ SPECT
 - ✓ PET
 - ✓ Sistemas híbridos (e.g., SPECT/CT, PET/CT, PET/IMR, IMR/CT...)
- Reconstrucción, procesamiento y análisis de imágenes
- Principios de control de la calidad en medicina nuclear
- Aplicaciones diagnósticas de la medicina nuclear y cuantificación de imágenes (imagen planar, tomográfica y funcional)
- Cuantificación de imágenes SPECT y PET/CT
- Mediciones de radiactividad y dosimetría interna
- Análisis de señales
- Terapia con radionúclidos
- Principios de sistemas de información y redes; estándar DICOM

2.1.8. Protección y Seguridad Radiológica

Objetivo:

Introducir las bases que definen los conceptos básicos y principios fundamentales de la radioprotección, discutir las aplicaciones de los detectores, los procedimientos operacionales, los accidentes y como hacer un plan de protección radiológica de forma de atender a las recomendaciones del estándar básico de seguridad del OIEA y la reglamentación nacional.

Contenido teórico:

- Introducción, perspectiva histórica y fuentes de radiación
- Marco básico de aplicación de la protección radiológica en medicina; principios fundamentales.
- Magnitudes y unidades usadas en protección radiológica
- Exposición ocupacional, exposición del público y límites de dosis
- Magnitudes operacionales e instrumentación en protección radiológica
 - ✓ Detección y medición de radiaciones en radioprotección (Geiger-Müller, contadores proporcionales, centelladores, TLD, cámaras de ionización, detectores de neutrones).
 - ✓ Aplicaciones y limitaciones
- BSS- bases científicas; requerimientos para la exposición médica, principios de justificación, optimización y protección del público, staff y paciente
- Principios asociados al cálculo de blindaje
- Procedimientos de emergencia
- Transporte de material radiactivo y evaluación de riesgos en la gestión de residuos y comunicación de riesgos
- Gestión de la calidad
- Código de conducta
- Plan de protección radiológica, una demanda del órgano licenciador
- Reglamentación internacional y nacional:
 - ✓ Trámite de permisos para cada disciplina
 - ✓ Implementación de radiofármacos
 - ✓ Manejo de fuentes en desuso
 - ✓ Gestión de residuos

2.1.9. Monografía/Trabajo Final

El programa de formación académica, en cumplimiento con los requerimientos de cada universidad, debe incluir una tesina o escrito propio de carácter monográfico o de investigación aplicada en física médica, cuyo objetivo es demostrar que el estudiante cuenta con una formación adecuada en el tema específico de estudio y posee las capacidades para organizar los conocimientos y expresarlos en forma correcta y coherente. La capacidad para realizar investigación debe adquirirse como parte del programa de posgrado. Se espera que el proyecto brinde al estudiante la oportunidad de demostrar su capacidad para realizar una revisión de la literatura, aplicar métodos científicos, presentar una descripción de los métodos y una discusión de los resultados. Se sugiere brindar una oportunidad para la presentación oral y escrita del proyecto.

2.2. MÓDULOS RECOMENDADOS

Los módulos recomendados pueden variar en base a los programas académicos, teniendo en cuenta la disponibilidad de profesores con adecuada experiencia y conocimientos, y las necesidades e intereses formativos de los estudiantes. En general, el compromiso por hora de los módulos recomendados será más ligero que lo de los módulos de base. En los párrafos siguientes se describen los objetivos principales de algunos tópicos que se pueden considerar, aunque este listado no pretende ser exhaustivo. Además, los contenidos y referencias bibliográficas pueden variar en base a los programas.

Ejemplos de asignaturas que se pueden considerar como recomendables incluyen:

- (a) Técnicas de Medición, Estadística y Metodología de Investigación
- (b) Bioética profesional
- (c) Diseño de instalaciones
- (d) Evaluación de tecnologías sanitarias, especificaciones, pruebas de aceptación y comisionamiento de equipos
- (e) Incertidumbres en Medicina de Radiación
- (f) Terapias Dirigidas y Teranósticos
- (g) Técnicas especiales
- (h) Terapia con partículas
- (i) Microdosimetría
- (j) Principios de gestión

2.2.1. Técnicas de Medición, Estadística y Metodología de Investigación

Objetivo:

1. Resumir, organizar y analizar información estadística útil, mediante la enseñanza de contenidos de estadística descriptiva, para la investigación y la aplicación clínica.
2. Aplicar el método científico a la solución de problemas de investigación, mediante el estudio de los elementos de las distintas etapas del proceso de investigación científica.

2.2.2. Bioética Profesional

Objetivo:

Los físicos médicos deben adquirir y comprender los estándares éticos en el área de la medicina y la salud, comportarse de manera conforme a las líneas éticas de un profesional de la salud. Las profesiones vinculadas a la medicina han reconocido desde hace tiempo la importancia fundamental del comportamiento ético basado en principios como un aspecto elemental de sus respectivas profesiones.

2.2.3. Diseño de Instalaciones

Objetivo:

Aplicar los principios de radio protección en la planificación y realización de diseños de instalaciones de medicina con uso de radiación ionizante. Incorporar evaluaciones con respecto al flujo de los pacientes y público, y comprender el papel del físico

médico en la revisión de diseños de tal tipología.

2.2.4. Evaluación de Tecnologías Sanitarias, Especificaciones, Pruebas de Aceptación y Comisionamiento de Equipos

Objetivo:

En el curso de su trabajo en la clínica, los FMCCs pueden contribuir sustantivamente a la identificación de necesidades en cambios de tecnologías, su adecuación y – una vez elegidas – la descripción de las necesidades técnicas de los equipos, teniendo en cuenta sus compatibilidades con el entorno clínico ya existente. Además, el FMCC será responsable de la aceptación y comisionamiento de los nuevos equipos. El curso cubrirá los aspectos teóricos de estos puntos y planteará ejemplos prácticos, con enfoque en las diferentes fases de los procesos.

2.2.5. Incertidumbres en Medicina de Radiación

Objetivo:

La incertidumbre es una parte importante de la expresión científica de cualquier resultado de medición. La precisión de las mediciones de dosis es particularmente importante cuando se miden las exposiciones de los pacientes a la radiación médica. El objetivo de este curso será explicar la importancia de la trazabilidad de las mediciones a los estándares internacionales y las incertidumbres relacionadas con cada paso en la cadena de mediciones. Se proporcionarán ejemplos prácticos para vincular la teoría a las aplicaciones clínicas que se esperan de un FMCC.

2.2.6. Terapias Dirigidas y Teranósticos

Objetivo:

El curso describirá el estado del arte de las terapias dirigidas en el tratamiento del cáncer, así como una visión general de las nuevas fronteras que acercan sinergias de diagnóstico y aplicaciones terapéuticas. El papel del FMCC en términos de analizar la consistencia científica de nuevas terapias, su idoneidad y aplicabilidad a un entorno clínico, destacando la diferencia entre la investigación y las aplicaciones clínicas.

2.2.7. Técnicas Especiales

Objetivo:

El curso describirá el estado del arte de las terapias con técnicas especiales (e.g. reciente desarrollo de tecnologías para tratamientos o combinación con técnicas de imagenología incorporadas al tratamiento), sus aplicaciones en casos clínicos enfocándose en el papel del FMCC, las actividades características conectadas a estas técnicas y las competencias que se deben desarrollar en el manejo de los aspectos relacionados a los controles de calidad, la planificación y los equipos de dosimetría involucrados.

2.2.8. Terapia con Partículas

Objetivo:

El curso describirá el estado del arte de las terapias con partículas, sus aplicaciones en casos clínicos enfocándose en el papel del FMCC, las actividades características conectadas a estas técnicas y las competencias que se deben desarrollar en el manejo de los aspectos relacionados a los controles de calidad, la planificación y los equipos de dosimetría involucrados.

2.2.9. Microdosimetría

Objetivo:

El curso proporcionará los conceptos básicos de la deposición de radiación en la materia a niveles microscópicos para comprender mejor cómo la radiación ionizante conduce al daño físico y químico del ADN. Se discutirá el uso de mediciones y simulaciones específicas como Monte Carlo y modelos biológicos.

2.2.10. Principios de Gestión

Objetivo:

El curso proporcionará los conceptos básicos de gestión con enfoque en el uso de los principios en física médica, en el manejo de la calidad, como en la gestión de los procesos relacionados. Diferentes teorías serán presentadas, incluyendo ejemplos de aplicación en un entorno clínico.

2.3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

El programa académico deberá incluir un listado de textos de referencia adecuado y actualizado para cada uno de los tópicos. Este listado típicamente incluirá los manuales para cada una disciplina de la física medica desarrollados por el OIEA [9-11] y los documentos de referencia de la AAPM.

3. ENTRENAMIENTO CLÍNICO

El objetivo de un programa de entrenamiento clínico estructurado para físicos médicos es formar profesionales con competencias que les permitan trabajar en el ámbito de instalaciones de salud sin supervisión, de forma segura, con alto grado de competencia y en adherencia a buenas prácticas reconocidas en la profesión.

Para iniciar el entrenamiento clínico en algunas de las especialidades de la física médica, el postulante debe haber concluido satisfactoriamente su formación académica a nivel de posgrado (e.g., maestría en física médica) [1].

Las Normas Básicas Internacionales de Seguridad [12] establecen también, que los titulares registrados y los titulares de licencias deben velar porque la aceptación y pruebas de puesta en servicio de todo equipamiento médico radiológico sean llevadas

a cabo por un físico médico calificado, profesional que también participará de los procedimientos radiológicos de diagnóstico o terapia a fin de garantizar la calidad de los mismos y la reducción de los riesgos radiológicos conexos.

Para cumplir con estos requisitos, es necesario que el físico médico haya seguido un programa de aprendizaje estructurado en un ambiente propicio para formar un FMCC, de acuerdo con la denominación establecida por el documento HHS No. 25 OIEA [5]. Un ambiente propicio supone una estructura educativa, administrativa, técnica y de personal, en el cual se garantice al FMEC, con una formación académica previa adecuada, un entrenamiento clínico que lo capacite para su desempeño independiente y seguro en alguna de las áreas: radioterapia, radiología diagnóstica e intervencionista o medicina nuclear.

Por consiguiente, las guías para el entrenamiento clínico presentadas aquí están estructuradas para desarrollar y registrar las competencias de física médica necesarias para lograr un estándar en la región. Entrenamiento específico en técnicas y tecnologías especiales se podrá proporcionar separadamente, por ejemplo, en el marco de desarrollo profesional continuo (DPC).

Se destaca que los programas de entrenamiento clínico, según las situaciones locales, pueden ser desarrollados en un único centro hospitalario o en un consorcio de centros hospitalarios que ofrezcan la posibilidad de completar las competencias parte del syllabus del entrenamiento clínico en el marco de una colaboración establecida formalmente.

3.1. ASPECTOS DE SUPERVISIÓN

El OIEA, en los documentos centrados en la capacitación clínica para físicos médicos en sus distintas especialidades, radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear, publicadas como Colección Cursos de Capacitación TCS No. 37 [2], 47 [3] y 50 [4] respectivamente, presenta recomendaciones sobre la necesidad de un supervisor con experiencia y competencia clínica especializada para el programa, manteniendo un criterio unificado en todas las disciplinas.

De acuerdo con esas recomendaciones el “supervisor clínico” (de aquí en adelante supervisor de entrenamiento clínico) es un físico médico especialista en una de las disciplinas, que cuenta con la experiencia y calificación pertinentes y trabaja en el mismo servicio en el cual cursa el FMEC. El supervisor es normalmente un FMCC experimentado, sin embargo, el alcance y la duración de esta experiencia puede variar dependiendo de la situación local y la disponibilidad de FMCCs.

El supervisor debe organizar el entrenamiento de los FMEC bajo su responsabilidad, involucrando a todos los miembros del servicio, de manera que el entrenado se inserte en el equipo de trabajo. Normalmente el personal de apoyo en una estructura clínica de entrenamiento asume un rol de instructor, tutor, jefe de entrenamiento, coordinador u otro según la organización del servicio.

Un rol importante del personal de apoyo, de acuerdo con los TCS, es el denominado tutor. El supervisor no necesariamente debe cumplir el rol de tutor FMEC, incluso se sugiere que no lo sea, pero es común que cumpla ambos roles. Los profesionales en entrenamiento, como todo adulto, suelen estar sometidos a presiones sociales y económicas y es posible que el tutor y/o supervisor tenga que tratar un asunto personal, debiendo estar dispuesto a asumir esta función, y si el estudiante lo acepta,

el supervisor únicamente podrá ofrecer asesoramiento dentro de sus propias limitaciones y nivel de capacitación. En el caso de que el asesoramiento esté fuera del nivel de capacitación, del ámbito de competencia o de los límites éticos y de confidencialidad/privacidad/evaluación de la función de supervisor clínico/tutor, éste deberá solicitar asesoramiento de un profesional calificado de la institución.

Otro factor importante para tener en cuenta es la proporción máxima de físicos médicos en entrenamiento clínico con respecto al personal de apoyo y de supervisión. Sin embargo, en caso de que los recursos sean limitados, esta proporción podría superarse bajo la responsabilidad del supervisor. En este contexto el personal de apoyo es fundamental para una correcta gestión de entrenamiento clínico, todavía destacando que el responsable del entrenamiento clínico del residente es por último el supervisor principal asignado al residente. El papel del supervisor principal incluye de hecho la responsabilidad de garantizar que el residente haya adquirido las competencias y que, al final de la residencia, sea capaz de trabajar de manera independiente en la especialidad elegida de la física médica.

El manual para supervisores clínicos de la colección de cursos de capacitación [24] está compuesto por diversos capítulos fundamentales entre los que destacan: la designación, las funciones y responsabilidades, las características y los modelos a seguir de un supervisor clínico.

Respecto a las condiciones que debe reunir un supervisor durante el desempeño de sus funciones es de actuar [2-4]:

- Como un gestor facilitando las herramientas de aprendizaje a los físicos médicos en entrenamiento
- Como un instructor realizando demostraciones de las tareas de rutina
- Como un observador verificando cómo los físicos médicos en entrenamiento realizan el procedimiento enseñado de forma adecuada.
- Como un tutor comprendiendo la situación social y económica del físico médico en entrenamiento
- Como un facilitador de circunstancias de observación para los distintos procedimientos clínicos
- Como asesor en el ámbito de la competencia clínica, explicando las misiones y funciones del físico médico en entrenamiento y los motivos que justifican el nivel en que se encuentra su etapa de aprendizaje

Por último, el supervisor o supervisores clínicos se encargan de asegurar que el FMEC esté capacitado en todos los aspectos del programa de capacitación clínica en la disciplina seleccionada para su formación. Esto puede requerir que el FMEC realice una rotación en otras instituciones (a nivel nacional o regional) para recibir capacitación en las modalidades, técnicas y tecnologías faltantes en la institución de formación inscripta. En estos casos el supervisor o supervisores deben reunirse periódicamente con el FMEC para examinar los progresos realizados y proporcionarle información adecuada de apoyo y corrección, corroborar el nivel de competencia y los logros que en esa materia se hayan alcanzado. Las aptitudes de capacitación clínica del alumno, los informes que entregados y el desempeño deben ser supervisados, revisados, evaluados y documentados en la bitácora de entrenamiento clínico de compromiso con las normas exigidas por el programa acreditado.

3.2. ACUERDO DE APRENDIZAJE DEL FÍSICO MÉDICO EN ENTRENAMIENTO CLINICO

Siguiendo los lineamientos ya planteados por el OIEA en la Colección Cursos de Capacitación No.37 [2], 47 [3] y 50 [4], se destaca para todas las especialidades la necesidad de establecer un acuerdo de aprendizaje entre el FMEC y la institución avalada legalmente para brindar el programa de formación que permita demostrar la competencia clínica necesaria en el ejercicio de la física médica en el medio clínico.

El acuerdo de aprendizaje consiste en la documentación formal que incluya al menos los siguientes aspectos:

- Identificación las necesidades de aprendizaje y estrategias para su implementación
- Calendario de todas las actividades de capacitación
- Objetivos generales y específicos de las actividades de capacitación
- Recursos disponibles para la capacitación
- Plazos para completar el programa de capacitación
- Criterios para la evaluación y fechas de las evaluaciones
- Vías de comunicación entre el FMEC y su supervisor y/o tutor
- Participación en cursos externos, asistencia a talleres, conferencias, congresos, etc.
- Posibles rotaciones clínicas en otros servicios o instituciones
- Código de conducta en el ámbito hospitalario al realizar sus actividades de Capacitación
- Metodología para la solución de problemas durante la ejecución de su entrenamiento
- Mecanismos para la revisión del acuerdo de aprendizaje de ser necesario

Este acuerdo de aprendizaje debe firmarse de mutuo consentimiento entre las partes interesadas al inicio del programa. Tanto los intereses del FMEC, así como los del servicio donde se desarrolla el entrenamiento, deben quedar plasmados en el documento.

3.3. INFRAESTRUCTURAS E INSTALACIONES

Un programa de entrenamiento clínico supervisado debe desarrollarse en un hospital licenciado para operar por la autoridad nacional competente.

Paralelamente, el programa de entrenamiento se debe llevar a cabo bajo la supervisión de, al menos, un FMCC con experiencia. Durante el proceso el FMEC debe interactuar con otros físicos médicos clínicos, y todos los diferentes profesionales parte del servicio en el cual el FMEC haga su rotación, integrándose y aprendiendo del trabajo interdisciplinario, fundamental para una atención de calidad a los pacientes. Es recomendable que el FMEC tenga la oportunidad de interactuar con personal médico y de física médica de otros servicios o departamentos. Igualmente, se sugiere que, cuando fuere posible, los FMEC roten al menos 2 semanas en los servicios de las otras especialidades de física médica.

3.3.1. Radioterapia

Una institución que ofrezca un programa completo de entrenamiento clínico en física médica para radioterapia debe, de preferencia, contar con la infraestructura técnica listada abajo. Sin embargo, en caso de que el programa de entrenamiento clínico supervisado se desarrolle en colaboración con otros hospitales, es también posible que el equipamiento necesario listado a continuación se encuentre compartido entre las diferentes instituciones participantes en el programa de entrenamiento clínico:

- Unidades de tratamiento para radioterapia externa:
 - ✓ Máquinas de alta energía: unidad de cobalto, acelerador lineal de partículas (LINAC, de sus siglas en inglés) con haces de fotones y electrones
- Opcionalmente Rx superficial y ortovoltaje. Si no fuera el caso, se sugiere que el supervisor busque una cooperación con servicios que sí los tengan, para que el FMEC adquiera las competencias relevantes
- Equipos simuladores de tratamiento
 - ✓ Simulador convencional
 - ✓ Tomógrafo computado (TC) dedicado a simulación de radioterapia, o acceso a un TC de radiología utilizado en simulación para radioterapia
- Unidad de tratamiento para braquiterapia de alta tasa de dosis
- Sistemas de imagenología para la adquisición de imágenes necesarias en la planeación de tratamiento en braquiterapia
- Dispositivos de inmovilización y posicionamiento
- Sala de moldeo para la elaboración de protecciones o insertos para haces de electrones, y de dispositivos especiales de inmovilización o protección
- Equipos de dosimetría y control de la calidad para las unidades listadas arriba.
- Sistema de planeación de tratamiento (de sus siglas en inglés, TPS) para radioterapia externa
- Sistema de planeación de tratamiento para braquiterapia, en la instalación en la cual se realice esta práctica
- Sistemas de gerenciamiento hospitalario (HIS), oncológico (OIS) y/o Registro y Verificación (RVS).

En función de las necesidades específicas de cada país, el programa de capacitación propuesto podría enriquecerse para incluir modalidades y servicios adicionales considerados de relevancia nacional.

3.3.2. Radiología Diagnóstica e Intervencionista

Una institución que ofrezca un programa completo de entrenamiento clínico en física médica para radiología diagnóstica e intervencionista (DIR) debe, de preferencia, contar con la infraestructura técnica listada abajo. Sin embargo, en caso de que el programa de entrenamiento clínico supervisado se desarrolle en colaboración con otros hospitales, es también posible que el equipamiento necesario listado a continuación se encuentre compartido entre las diferentes instituciones participantes en el programa de entrenamiento clínico.

Equipos disponibles:

- Unidades generales de rayos X
- Unidades de rayos X con fluoroscopia

- Unidades de mamografía
- Unidad de TC
- US
- Equipos de dosimetría y control de la calidad para las unidades listadas arriba.

Adicionalmente, acceso a los siguientes equipos sería de utilidad a fin de ofrecer al residente una visión más completa de las actividades del físico médico en DIR:

- Unidades de rayos X para procedimientos intervencionistas
- MRI
- Unidades de densitometría ósea (DXA, absorciometría de rayos X de energía dual)
- Unidades de odontología: general, panorámico, CBCT, etc.
- Tomosíntesis

En función de las necesidades específicas de cada país, el programa de capacitación propuesto podría enriquecerse para incluir modalidades y servicios adicionales considerados de relevancia nacional.

3.3.3. Medicina Nuclear

Una institución que ofrezca un programa completo de entrenamiento clínico en física médica para medicina nuclear debe, de preferencia, contar con la infraestructura técnica listada abajo. Sin embargo, en caso de que el programa de entrenamiento clínico supervisado se desarrolle en colaboración con otros hospitales, es también posible que el equipamiento necesario listado a continuación se encuentre compartido entre las diferentes instituciones participantes en el programa de entrenamiento clínico.

Listado de equipos:

- Calibradores de dosis, sondas y contadores de pozo
- Cámara gamma / SPECT o SPECT/CT
- Maniqués y fuentes de calibración
- Medidores y/o sistemas de medición calibrados y sondas o medidores de contaminación
- RNT e.g., ¹³¹I
- Equipos de dosimetría y control de la calidad para las unidades listadas arriba.

Adicionalmente, en función de las necesidades específicas de cada país, el programa de capacitación propuesto podría enriquecerse para incluir modalidades y servicios adicionales, tales como:

- PET/RMN.
- PET/CT
- Theranostics

3.4. ENTRENAMIENTO CLÍNICO Y SUPERVISION

La disponibilidad de equipamiento en el marco de un programa de entrenamiento clínico en física médica representa un componente esencial; sin embargo, igual importancia revisten:

- la disponibilidad de recurso humano y FMCCs

- la exposición a actividades y procedimientos para adquirir competencias

En cuanto al recurso humano, la institución debe contar con un grupo de FMCCs, en cantidad adecuada para cubrir la carga de trabajo propia de la instalación y la atención de los FMEC. Se destaca que, aunque múltiples actores participen en el entrenamiento del FMEC, típicamente debe existir un supervisor principal el cual es el responsable del entrenamiento clínico del residente. El supervisor principal posee la responsabilidad de garantizar que el residente haya adquirido las competencias y que, al final de la residencia, pueda trabajar de manera independiente en la especialidad de la física médica elegida.

El FMEC necesita, como parte del entrenamiento clínico, una exposición a procedimientos clínicos en número redundante, que le permita progresar en el aprendizaje y practicar gestos profesionales de manera repetida como parte de su entrenamiento.

Consecuentemente, es importante que el entrenamiento clínico sea realizado teniendo en cuenta de la carga de trabajo necesaria para ofrecer exposición adecuada del residente a las tareas clínicas. Por ejemplo, un centro que ofrezca braquiterapia en número exiguo (por ejemplo, menor de 5 casos por semana in HDR), no podrá proporcionar al residente esta competencia, por lo tanto, se requerirá su alianza con otro centro que realice muchos procedimientos en braquiterapia para paliar a esta falta.

3.5. GESTIÓN Y GARANTÍA DE LA CALIDAD EN CENTROS DE ENTRENAMIENTO CLÍNICO

Se espera que un servicio de radioterapia, radiología o medicina nuclear que ofrezca entrenamientos clínicos en física médica, tenga un programa de garantía de la calidad funcional, establecido y claramente documentado, por ejemplo, de acuerdo con los lineamientos del OIEA. La funcionalidad de ese programa debe tener como base la definición clara de responsabilidades y registros y la existencia en el servicio de un equipamiento mínimo para el control de la calidad.

La gestión estratégica de la calidad en los servicios de salud es un pilar fundamental de toda organización, siendo primordial su aplicación en un servicio de física médica. Este concepto es válido para todas las especialidades de la física médica como ser radioterapia y radiología diagnóstica e intervencionista y medicina nuclear.

Para la confección de un programa de gestión y garantía de la calidad propio de la institución, se sugiere como base bibliográfica los documentos del OIEA [17] y las recomendaciones correspondientes de las colecciones *Human Health Series* OIEA 1 [6], 6 [7], 19 [8], *Human Health Reports* No. 14 [15]. El programa de garantía de la calidad puede ser exclusivo de cada servicio o estar integrado con los demás servicios (radioterapia, radiología y medicina nuclear) conformando un manual integral de calidad de física médica o integrar el manual de la institución. Los detalles del establecimiento de un manual de calidad están fuera del objetivo de esta publicación.

3.5.1. Equipamiento Necesario para Control de la Calidad

En seguida se lista la tipología de equipamiento mínimo necesario con el cual deberían contar los servicios de radioterapia, radiología y medicina nuclear que forman parte del programa de entrenamiento clínico, para ofrecer el cumplimiento de

las competencias durante el entrenamiento clínico en cualquiera de las especialidades desarrolladas en este documento. Los listados serán genéricos para garantizar una duración de estas guías en el tiempo. Adicionalmente, pueden encontrarse algunos detalles también en las guías OIEA sobre el entrenamiento clínico [2-4]

3.5.2. En Radioterapia

Se sugiere que la institución en la cual el FMEC realiza su entrenamiento tenga acceso a:

- Sistema dosimétrico (cámara de ionización y electrómetro) calibrado para ser usado de referencia
- Cámara(s) calibradas para dosimetría relativa y absoluta para todas las modalidades de haces y sistema de colección de mediciones correspondiente (e.g., electrómetros)
- Maniqués necesarios para verificar la dosimetría (e.g. cuba de agua), características geométricas y mecánicas
- Equipamiento para monitoreo de la dosis ambiental

3.5.3. En Radiología Diagnóstica e Intervencionista

Se sugiere que la institución en la cual el FMEC realiza su entrenamiento tenga acceso a:

- Dispositivos y cámaras calibradas para medición de los parámetros de imagenología (e.g., kilovoltaje, mAs, tiempo de exposición)
- Dispositivo para la evaluación de las características mecánicas del equipamiento de imagenología (e.g., colimador, alineación del rayo central) y de la visualización (e.g., alto y bajo contraste)
- Instrumentos de verificación y calibración de la luminancia de los dispositivos de visualización (e.g., monitores)
- Maniqués para medir características del haz (e.g., láminas de aluminio o cobre) y para simular el paciente o su anatomía (e.g., láminas de PMMA)
- Equipamiento para monitoreo de la dosis ambiental

3.5.4. En Medicina Nuclear

Maniqués y herramientas que deberían estar accesibles en la institución para que el FMEC aprenda a realizar las pruebas de rendimiento del equipamiento de medicina nuclear:

- Fuentes radioactivas de pruebas
- Maniqués para controles de calidad con respecto a características mecánicas y de imágenes para todos los equipos disponibles (i.e. SPECT etc.)
- Instrumentos para medir contaminación y dispositivos para eliminarla
- Equipamiento para monitoreo de la dosis ambiental

3.6. COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO

La Tabla 3 abajo resume y compara las competencias que deben adquirir los FMECs en cada una de las tres especialidades de física médica descritas en estas guías. Más detalles relativos a las actividades necesarias para adquirir las diferentes competencias se describirán con más profundidad en las tablas dedicadas a cada

especialidad en los párrafos siguientes. Se destaca cómo la adquisición de competencias varía en función de los individuos y de la estructura e intensidad de la formación clínica, cuya duración dependerá, por tanto, de todos estos elementos. El programa de entrenamiento clínico sugerido en esta guía tiene la duración de 1 año. El objetivo de la formación clínica es asegurar que el residente haya adquirido adecuadamente todas las competencias y que sea capaz de realizar de forma independiente las actividades relacionadas con las competencias enumeradas. En general, la siguiente tabla comparativa demuestra cómo cada especialidad es similar a las demás en su composición de competencias, al tiempo que se mantienen las competencias específicas que pertenecen al tema.

TABLA 3. COMPETENCIAS PARA CADA ESPECIALIDAD DE FISICA MEDICA

Radioterapia	Radiología Diagnóstica e Intervencionista	Medicina Nuclear
Organización y ambiente en un servicio de radioterapia	Organización y ambiente en un servicio de radiología	Organización y ambiente en un servicio de medicina nuclear
Protección y seguridad radiológica	Protección y seguridad radiológicas	Protección y seguridad radiológica
Dosimetría en radioterapia externa	Instrumentación, calibración y dosimetría	Instrumentación y controles de calidad del equipamiento
Equipos de imagenología	-----	Dosimetría interna
Braquiterapia	Optimización	Optimización
Gestión de la calidad	Gestión de la calidad	Gestión de la calidad
Especificaciones y adquisición de equipos	Especificaciones y adquisición de equipos	Especificaciones y adquisición de equipos
Conectividad	Conectividad	Conectividad
Ética profesional	Ética profesional	Ética profesional

3.7. COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO EN FISICA MEDICA EN RADIOTERAPIA

En las Tablas de 4 a 12 se detallan los submódulos que componen las competencias en el área de física médica en radioterapia, incluyendo ejemplos de actividades y competencias que el FMEC debe adquirir en cada uno de ellos. Como se explica en el prólogo e introducción de este documento, se trata de un entrenamiento estándar para que un físico médico se pueda considerar clínicamente calificado para trabajar de manera independiente en un servicio de física médica en radioterapia. Competencias adicionales, por ejemplo, vinculadas a tecnologías y procedimientos

específicos, se podrán adquirir en el marco de un programa de desarrollo profesional continuo (DPC), considerando que la profesión está en permanente evolución debido a los desarrollos tecnológicos en medicina. Debe inculcarse a los practicantes del entrenamiento clínico (FMEC) una cultura de aprendizaje permanente para que vislumbren la necesidad de un DPC como trabajador de la salud calificado, a fin de mantener y actualizar los conocimientos, las aptitudes y las competencias.

El programa de entrenamiento clínico sugerido tiene la duración de 1 año, y como requisito de acceso, el FMEC debe haber completado el programa académico de posgrado en física médica [5].

Esta guía aplica algunas recomendaciones de los documentos TCS 37 del OIEA [2], HHS No. 25 [12] y “*Academic and clinical training programmes and portfolios for the regional training in medical physics*” de AFRA [6], y supone la aplicación en el entrenamiento de las recomendaciones del OIEA en sus documentos sobre dosimetría y garantía de la calidad en radioterapia. Para detalles complementarios se sugiere revisar los documentos del OIEA. Además, cuando corresponda, se proporciona también la referencia a los estándares de seguridad del OIEA [12].

TABLA 4. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ORGANIZACIÓN Y AMBIENTE EN UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA

MÓDULO	Organización y ambiente en un servicio de radioterapia	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Manejo del flujo de pacientes	Comprensión del flujograma desde la admisión del paciente hasta la finalización de su tratamiento en el servicio de radioterapia Revisión de la cultura organizacional del departamento y programas de garantía de la calidad	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Identificar factores que afecten la atención del paciente - Mejorar aspectos sobre la atención del paciente
Protocolos	Observación de los protocolos clínicos establecidos para las diferentes modalidades terapéuticas y de imagenología en RT Revisión de los protocolos existentes para oportunidades de mejora	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Comprender, aplicar y mejorar los protocolos clínicos del departamento
Roles de los diversos profesionales	Identificación de las responsabilidades y roles de los diversos profesionales que trabajan en el servicio Participación en sesiones multidisciplinarias	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Comprender el rol de cada uno de los profesionales del departamento - Interactuar adecuadamente con todos los profesionales
Comunicación con otros profesionales	Desarrollo del lenguaje: participación en las rondas clínicas; reuniones del servicio para discusión de casos; sesiones de revisión de tratamientos; reuniones del comité de garantía de la calidad; reuniones de revisión de protocolos	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Usar el lenguaje propio de la radioterapia - Comportarse de acuerdo al papel del físico médico en esta especialidad

TABLA 5. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE PROTECCION Y SEGURIDAD RADIOLÓGICA EN RADIOTERAPIA

MÓDULO	Protección y seguridad radiológica	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Marco regulatorio nacional e internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las políticas en materia de seguridad y protección radiológica establecidas en el programa de GC del departamento y su comparación con la legislación nacional, las BSS y las del ICRP • Estudio de todos los documentos locales sobre protección radiológica • Interpretación del contexto de la PR del servicio en relación con: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Organización local de las medidas de protección radiológica ✓ Responsabilidades ✓ Proceso de autorización o licenciamiento ✓ Número e identidad del personal ocupacionalmente expuesto ✓ Número y tipo de unidades de tratamiento y/o fuentes radiactivas ✓ Número de pacientes y la carga de trabajo para el equipamiento ✓ Complejidad de los equipos y las técnicas implementadas • Evaluación de la aplicación a nivel local de las leyes, los reglamentos y las recomendaciones vigentes 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Conocer los requisitos básicos para la gestión de la protección radiológica y capacidad para aplicarlos e interpretar nuevas directrices – Elaborar informe analítico de la revisión
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre la selección, la calibración y los principios de funcionamiento de los detectores para radioprotección • Realización del relevamiento dosimétrico/radiológico del Servicio utilizando un equipamiento apropiado • Comprensión de los diversos enclavamientos (<i>e.g. interlocks, timers</i>) requeridos en infraestructura y equipos para la operación segura de un equipo de radioterapia, incluido el equipo para braquiterapia 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Llevar a cabo procedimientos de seguridad y protección radiológicas de conformidad con los requisitos locales

	<p>de carga diferida</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recopilación y supervisión de instrucciones de funcionamiento del Servicio pertinente para los equipos y las instalaciones 	
<p>Diseño de instalaciones y cálculos de blindaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicio de análisis de las instalaciones existentes, rutas de acceso de trabajadores, pacientes y público, flujo de trabajo y posibilidades de expansión • Conocimiento de los materiales de blindaje adecuados (para la puerta/ entrada, paredes, techo, suelo) • Cálculos del grosor que deben tener las estructuras de blindaje • Comprensión de las señales y los rótulos de alerta por radiación • Conocimiento del equipo de seguridad auxiliar y complementario (sistema de alarma y monitorización radiológicas, mecanismos de enclavamiento de accesos y equipos, circuito cerrado de cámaras de vigilancia, etc.) • Conocimiento y manejo de los niveles de dosis de radiación para las diferentes áreas del servicio (zonas controladas, supervisadas y libres) 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Elaborar un informe con estimación de carga de trabajo en la instalación, factores de uso y de ocupación, y posibles necesidades de mejora radiológica – Diseñar y calcular el blindaje de los recintos de irradiación en las instalaciones del servicio y asesorar tanto para construcciones nuevas como para reformas – Llevar a cabo estudios radiológicos y actividades de monitorización
<p>Exposición médica, ocupacional y del público en radioterapia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento y manejo de la aplicación específica de los principios de protección radiológica a la exposición médica, ocupacional y del público: responsabilidades, justificación, optimización, principio ALARA • Conocimientos sobre los métodos que permiten reducir al mínimo la dosis en zonas de riesgo (e.g., feto, gónadas, cristalino, médula espinal, marcapasos, etc.) • Comprobación del cumplimiento de calibraciones de equipos en radioterapia externa y en braquiterapia según el protocolo adoptado por el servicio • Registro de la información pertinente facilitada a los 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Proporcionar asesoramiento para la protección radiológica en relación con la exposición médica, ocupacional y del público – Mantener actualizados los registros dosimétricos del personal ocupacionalmente expuesto – Relevar periódicamente la exposición radiológica en las zonas controladas, supervisadas y adyacentes a los recintos de irradiación – Elaborar informes y asesorar acerca de mejoras y optimización de la protección radiológica del personal y del público

	<p>trabajadores acerca de las obligaciones y responsabilidades que deben asumir para su propia protección y la protección de los demás, incluyendo administración y mantenimiento de datos de dosímetros personales y evaluación de la exposición</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realización de relevamientos dosimétricos (estudios radiológicos) periódicos de todas las áreas del servicio 	
Procedimientos especiales	Cálculos de dosis fetal	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Presentar el estudio de casos
	Marcapasos, prótesis en los pacientes	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Presentar las recomendaciones internacionales
Emergencias	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de planes de emergencia radiológica: contemplando las responsabilidades, para cada tipo de fuente sellada, para cualquier otra emergencia radiológica previsible que pudiera surgir en el Servicio, considerando la disponibilidad de equipos y herramientas • Planificación y práctica de medidas de contingencia, por ejemplo, en caso de funcionamiento defectuoso de un equipo, pérdida de una fuente o derrame • Elaboración del inventario de todas las fuentes del Servicio y comparación con el sistema de mantenimiento y registro del Servicio 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Investigar los factores de riesgo asociados a las radiaciones – Analizar planes de emergencia radiológica del Servicio, considerando la disponibilidad de equipos y herramientas – Realizar una evaluación de los riesgos de un procedimiento determinado – Estar familiarizado con los procedimientos de respuesta en el caso de que uno o más pacientes reciban una dosis innecesaria – Gestionar fuentes en desuso y desechos (conocer etiquetado, transporte, los requisitos normativos locales y las recomendaciones internacionales sobre normas de calidad y seguridad para las fuentes de radiación) – Asesorar sobre el cumplimiento de los requisitos legales, incluida la solicitud de licencias, las medidas de seguridad y protección, el uso adecuado del equipo de protección y las herramientas de manipulación de fuentes radiactivas – Aplicar el procedimiento de devolución de una fuente en desuso – Realizar pruebas de fuga en fuentes radiactivas

TABLA 6. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE DOSIMETRIA EN RADIOTERAPIA EXTERNA

MÓDULO	Dosimetría en radioterapia externa	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Instrumentación: Calibración y Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de Coeficientes de calibración • Comprensión de Certificados de Calibración dosimétrica • Calibración cruzada del sistema de dosimetría • Controles de calidad: verificaciones rutinarias 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar el sistema de dosimetría de referencia y de campo - Realizar calibraciones cruzadas en el haz del usuario - Aplicar las guías pertinentes
Aceptación y comisionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación y comisionamiento de los equipos de tratamiento y de los sistemas de planificación • Validación de los requisitos técnicos de los equipos del servicio 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio - Registrar los resultados según los protocolos del servicio - Identificar los datos de referencia de cada equipo y registrar los “valores de base” (<i>Baseline Values</i>)
	<ul style="list-style-type: none"> • Calibración de referencia y calidad del haz 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar guías y metodologías pertinentes - Identificar los datos de referencia
Controles de calidad periódicos	<ul style="list-style-type: none"> • Dosimetría relativa y absoluta, según las características de los diferentes equipos, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Factores de campo ✓ Porcentaje de dosis en profundidad (PDD) ✓ Factores de retrodispersión ✓ Factores de aplicadores e insertos 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los dispositivos e instrumentos adecuados para las calibraciones y controles de calidad de los equipos de simulación - Implementar un programa de control de calidad para equipos de radioterapia - Conducir los controles periódicos apropiados para cada tipología de equipo y su periodicidad - Documentar y registrar los resultados adecuadamente, según los protocolos del servicio

TABLA 7. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE EQUIPOS DE IMAGENOLOGIA EN RADIOTERAPIA

MÓDULO	Equipos de imagenología	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Sistemas de simulación (e.g., Arco en C, Simulador convencional, CT, CT-Simulador)	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación y comisionamiento 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio – Registrar los resultados según los protocolos del servicio – Identificar los datos de referencia de cada equipo y registrar los “valores de base” (<i>Baseline Values</i>)
Controles periódicos	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la calidad periódicos: aspectos de seguridad, mecánicos y dosimétricos • Elección de protocolos de adquisición • Evaluación de las consecuencias de las imágenes de simulación en la planificación del tratamiento (e.g., inmovilizadores, posición del paciente, medios de contraste, fiduciales, presencia de artefactos, etc.) • Elaboración de la curva de Hounsfield (parámetros de adquisición y especificidades de pacientes) 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Implementar un programa de control de calidad para equipos de imagenología – Conducir los controles periódicos apropiados para cada tipología de equipo y su periodicidad – Documentar y registrar los resultados adecuadamente, según los protocolos del servicio – Identificar los dispositivos e instrumentos adecuados para las calibraciones y controles de calidad de los equipos de simulación. – Supervisar a los tecnólogos durante el manejo de casos especiales – Evaluar el impacto del uso de dispositivos especiales de inmovilización en la planificación del tratamiento – Identificar situaciones que requieren un manejo especial y analizarlas con tecnólogos, médicos y físicos médicos – Comprender y aplicar los procedimientos para fusión y registración de imágenes
OnBoard Imaging- Sistema de imágenes incorporado (e.g., EPID)	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación y comisionamiento 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio – Registrar los resultados según los protocolos del servicio – Identificar datos de referencia de cada equipo y registrar los “valores de base” (<i>Baseline Values</i>)

<p>Controles periódicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la calidad periódicos: aspectos de seguridad, mecánicos y dosimétricos • Calidad de la imagen, artefactos (escala, resolución, uniformidad...) • Evaluación del impacto del uso de estas imágenes en la dosis al paciente y asesoramiento a los radio-oncólogos • Optimización de las dosis entregadas en las técnicas elegidas • Evaluación de las incertidumbres relacionadas con la técnica elegida y su impacto sobre los márgenes de planificación 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementar un programa de control de calidad para equipos de imagenología - Conducir los controles periódicos apropiados para cada tipología de equipo y su periodicidad - Documentar y registrar los resultados adecuadamente, según los protocolos del servicio - Identificar los dispositivos e instrumentos adecuados para realizar las calibraciones y controles de calidad de estos equipos - Aplicar los cambios correspondientes en la planificación del tratamiento como consecuencia de las modificaciones debidas a la evaluación de incertidumbres
<p>Planificación del tratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de los tratamientos para diferentes casos de pacientes y áreas anatómicas a irradiar • Planificación de casos de especiales (e.g., pediátricos o irradiación de cuerpo entero) • Planificación adecuada a los sistemas de posicionamiento y su verificación, en particular con respecto a los márgenes de volúmenes de tratamiento (e.g., sistema de imagenología <i>on board</i>, sistemas de <i>tracking on board</i>) • Fusión y registración de imágenes 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar ejercicios prácticos de planeación de casos, explicarlos de forma exhaustiva y clara - Utilizar las herramientas de fusión y registración de imágenes en caso de estar disponibles
	<p>Aplicación de métodos de evaluación de tratamiento, usando protocolo del servicio y comparación con protocolos internacionales</p>	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtener la optimización del tratamiento - Presentar los planes de tratamiento al médico con claridad y lenguaje apropiado, para lograr su aprobación
	<p>Exportación del plan al sistema de tratamiento</p>	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocer el protocolo establecido en el servicio y aplicar los controles allí estipulados
<p>Entrega del tratamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación y asesoramiento en la entrega del tratamiento para diferentes casos de pacientes y áreas anatómicas a irradiar • Actualización del plan del tratamiento en caso de discrepancias identificadas por los RTT y ROs 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acompañar la entrega del tratamiento asesorando según la necesidad - Explicar todo el proceso e identificar aspectos críticos - Completar la parte de física

	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoramiento en casos de tratamientos especiales (e.g., <i>total body irradiation</i>, tratamientos pediátricos) • Registro de la finalización del tratamiento 	médica del registro de tratamiento, analizarlo y almacenarlo según protocolos
--	--	---

TABLA 8. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE BRAQUITERAPIA

MÓDULO	Braquiterapia	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Instrumentación: Calibración y Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de Coeficientes de calibración • Comprensión de Certificados de Calibración dosimétrica • Controles de calidad: verificaciones periódicas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar el sistema de dosimetría; constancia de las lecturas de la cámara pozo. - Aplicar las guías pertinentes
Sistema de carga diferida de Alta Tasa de Dosis	Calibración de las fuentes: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificación de la precisión en la posición de la fuente ✓ Mediciones de la Tasa de referencia de Kerma en aire ✓ Precisión del temporizador ✓ Actualización de los datos del planificador según los datos medidos de la fuente ✓ Validación de los datos cargados en el planificador 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar el protocolo de calibración de fuentes adoptado por el servicio - Registrar los datos según los procedimientos del servicio - Producir informes exhaustivos sobre el proceso
	Planificador de tratamientos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aceptación ✓ Comisionamiento 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio - Registrar los resultados según los protocolos del servicio - Identificar los datos de referencia de cada equipo y registrar los “valores de base” (<i>Baseline Values</i>)
Aceptación, comisionamiento y controles periódicos	Aplicadores <ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificación de la integridad ✓ Caracterización de aplicadores en el planificador (e.g., biblioteca y/o reconstrucción) 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Elegir adecuadamente la metodología de verificación según el estado de los aplicadores (Inspección visual, imágenes con <i>dummies</i>, etc.) - Preparar procedimientos para planificar tratamientos considerando los aplicadores adecuados

	Controles de calidad periódicos	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar el protocolo, presentar informes exhaustivos, analizarlos a la luz de protocolos internacionales
Imagenología para planeación de tratamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión y asesoramiento sobre las técnicas de imagenología utilizadas en el servicio para guiar las inserciones • Aplicación de técnicas de imagenología existentes adecuadas al tratamiento y a los aplicadores • Transferencia de datos al sistema de planificación • Fusión y registración de imágenes 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Conocer el proceso de adquisición y análisis de las imágenes adquiridas - Ingresar, de acuerdo con protocolos en el servicio, las imágenes al sistema de planeación de tratamiento - Utilizar las herramientas de fusión y registración de imágenes en caso de estar disponibles
Administración/ entrega del tratamiento	Aplicación a casos ginecológicos intracavitarios	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Realizar ejercicios prácticos y teóricos de planeación de casos, explicarlos de forma exhaustiva y clara
	Aplicación de métodos de evaluación de tratamiento, usando protocolo del servicio y comparación con protocolos internacionales	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la optimización del tratamiento - Presentar los planes de tratamiento al médico con claridad y lenguaje apropiado, para lograr su aprobación
	Exportación de información al sistema de carga diferida y recuperación del plan de tratamiento	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Conocer el protocolo establecido en el servicio y aplicar los controles allí estipulados
	Aplicación de protocolos de seguridad en la administración del tratamiento	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar protocolos de seguridad del paciente y realizar las verificaciones previas y post tratamiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Acompañamiento de la administración del Tratamiento • Registro de la finalización del tratamiento y control de radioprotección del paciente antes de su egreso 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Explicar todo el proceso e identificar aspectos críticos - Completar y analizar el registro final y almacenarlo según protocolo

TABLA 9. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE GESTION DE LA CALIDAD

MÓDULO	Gestión de la calidad	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Estructura del sistema de gestión de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Profundización de términos (por ejemplo, calidad, auditoría etc.) • Estudio de la estructura del manual de calidad del servicio 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Diseñar un manual de calidad para una selección de elementos representativos
Documentación de los procedimientos de control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de los procedimientos de control de calidad en uso en el servicio • Revisión del cumplimiento de las periodicidades y tolerancias establecidas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Desarrollar y actualizar registros de controles de calidad según la estructura diseñada en los procedimientos del servicio
Aplicación de mejoras	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de <i>end to end tests</i> para todas las modalidades, tecnologías y técnicas • Revisión de procedimientos para la realización de auditorías internas y de la participación en auditorías externas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Realizar un informe analítico y proponer procedimientos o formatos para llevar a cabo las mejoras recomendadas – Comprender el papel de las pruebas “<i>End to End</i>” y la elección de los dispositivos adecuados para su realización – Aplicar las pruebas <i>end to end</i> en acuerdo a las técnicas y protocolos del servicio – Presentar análisis de procedimientos de auditorías internas existentes en la instalación. Si se realizaron auditorías externas (tipo QUATRO, p.ej.), realizar análisis de resultados

TABLA 10. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ESPECIFICACIONES Y ADQUISICION DE EQUIPOS

MÓDULO	Especificaciones y adquisición de equipos	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Evaluación de las necesidades del servicio	Análisis de: carga de trabajo, número y tipología de pacientes, funcionalidad, compatibilidad y emplazamiento	Capaz de: – Elaborar un informe analítico
Evaluación tecnológica	Estudios comparativos de mercado sobre las características técnicas de los equipos y evaluación de las características requeridas en el servicio, incluyendo el servicio de mantenimiento; estudio de especificaciones para la licitación	Capaz de: – Elaborar un documento con las especificaciones para licitación

TABLA 11. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE CONECTIVIDAD EN RADIOTERAPIA

MÓDULO	Conectividad	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Tecnología de la Información	Estudio de las normas relativas a las comunicaciones electrónicas (por ejemplo: FTP, DICOM, HL7, etc.)	Capaz de: – Describir los flujos de información entre los distintos componentes del servicio
	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de los distintos tipos de bases de datos y sus aplicaciones en el ámbito clínico (por ejemplo, HIS, PACS, RIS, OIS, RVS, MIMS, sistema de gestión de incidencia (IMS)), incluidos los diversos niveles existentes en cuanto a los derechos de usuario • Comprensión de la importancia y forma de protección de los datos personales 	Capaz de: – Reconocer los datos almacenados en la historia clínica. – Configurar los parámetros necesarios para la exportación de los estudios y/o tratamientos al almacenamiento correspondiente
	Conocimiento de los soportes de almacenamiento y su utilización	Capaz de: – Identificar los soportes necesarios para el almacenamiento seguro y recuperable de la información

TABLA 12. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ETICA PROFESIONAL

MÓDULO	Ética profesional	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Ética médica	Estudio del Acuerdo de Helsinki sobre investigación clínica	Capaz de: – Conocer la reglamentación internacional y nacional sobre la ética en la investigación
	<ul style="list-style-type: none"> • Principios éticos, incluyendo: beneficencia y no maleficencia, autonomía (respeto), justicia (imparcialidad), prudencia (precaución), honestidad (transparencia), rendición de cuentas, inclusión • Física médica como profesión de salud independiente 	Capaz de: – Aplicar principios éticos – Comprender el rol y responsabilidades del físico médico clínicamente calificado (FMCC) – Identificar y plantear dilemas éticos y proponer soluciones relevantes
Código de conducta	Conocimiento de los códigos de conducta existentes para profesionales de la salud (a nivel nacional e institucional)	Capaz de: – Familiarizarse con los códigos
DPC	Actividad de capacitación continua	Capaz de: – Actualizar conocimientos mediante la participación en investigaciones, eventos científicos o actividades educativas relevantes para la especialidad del trabajo

3.8. COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO EN FISICA MEDICA EN RADIOLOGÍA DIAGNÓSTICA E INTERVENCIONISTA

En las Tablas de 13 a 20 se detallan los submódulos que componen las competencias en el área de física médica en radiología diagnóstica e intervencionista, incluyendo ejemplos de actividades y competencias que el FMEC debe adquirir en cada uno de ellos. Como ya fue explicado en el prólogo e introducción de este documento, se trata de un entrenamiento estándar para que un físico médico pueda considerarse clínicamente calificado para trabajar de manera independiente en un servicio de física médica en radiología diagnóstica e intervencionista. Competencias adicionales, por ejemplo, vinculadas a tecnologías y procedimientos específicos, podrán ser adquiridas en el marco de un programa de DPC, considerando que la profesión está en permanente evolución debido a los desarrollos tecnológicos en medicina. Debe inculcarse a los practicantes del entrenamiento clínico (FMEC) una cultura de aprendizaje permanente para que vislumbren la necesidad de un DPC como trabajador de la salud calificado, a fin de mantener y actualizar los conocimientos, las aptitudes y las competencias.

El programa de entrenamiento clínico sugerido en esta guía tiene la duración de 1 año, y como requisito de acceso, el FMEC debe haber completado el programa

académico de posgrado en física médica [5].

Esta guía aplica algunas recomendaciones de los documentos TCS 47 del OIEA, Entrenamiento Clínico de Físicos Médicos Especialistas en Radiodiagnóstico [10], y “*Academic and clinical training programmes and portfolios for the regional training in medical physics*” de AFRA [6]. Para detalles complementarios se sugiere revisar los documentos del OIEA. Además, cuando corresponda, se proporciona también la referencia a los estándares de seguridad del OIEA [12].

TABLA 13. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ORGANIZACIÓN Y AMBIENTE EN UN SERVICIO DE RADIOLOGIA

MÓDULO	Organización y ambiente en un servicio de radiología	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Manejo del flujo de pacientes	Comprensión del flujograma desde la admisión del paciente hasta su salida del servicio de radiología	Capaz de: – Identificar factores que afecten la atención del paciente – Mejorar aspectos sobre la atención del paciente
	Revisión de la cultura organizacional del departamento y programas de garantía de la calidad	
Protocolos	Observación de los protocolos clínicos establecidos para las diferentes modalidades diagnósticas	Capaz de: – Comprender, aplicar y mejorar los protocolos clínicos del departamento
	Revisión de los protocolos existentes para oportunidades de mejora	
Roles de los diversos profesionales	Identificación de las responsabilidades y roles de los diversos profesionales que trabajan en el servicio	Capaz de: – Comprender el rol de cada uno de los profesionales del departamento – Interactuar adecuadamente con todos los profesionales
	Participación en sesiones multidisciplinarias	
Comunicación con otros profesionales	Desarrollo del lenguaje: participación en las rondas clínicas; reuniones del servicio para discusión de casos; sesiones de revisión de imágenes; reuniones del comité de garantía de la calidad; reuniones de revisión de protocolos	Capaz de: – Usar el lenguaje propio de la radiología – Comportarse de acuerdo al papel del físico médico en esta especialidad

TABLA 14. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE PROTECCION Y SEGURIDAD RADIOLOGICA

MÓDULO	Protección y seguridad radiológica	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Marco regulatorio nacional e internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las políticas en materia de seguridad y protección radiológica establecidas en el programa de GC del departamento y su comparación con la legislación nacional, las BSS y las del ICRP • Estudio de todos los documentos locales sobre protección radiológica • Interpretación del contexto de la PR del servicio en relación con: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Organización local de las medidas de protección radiológica ✓ Responsabilidades ✓ Proceso de autorización o licenciamiento ✓ Número e identidad del personal ocupacionalmente expuesto ✓ Número y tipo de unidades de diagnóstico ✓ Número de pacientes y la carga de trabajo para el equipamiento ✓ Complejidad de los equipos y las técnicas implementadas • Evaluar la aplicación a nivel local de las leyes, los reglamentos y las recomendaciones vigentes 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Conocer los requisitos básicos para la gestión de la protección radiológica y capacidad para aplicarlos e interpretar nuevas directrices – Elaborar informe analítico de la revisión
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre la selección, la calibración y los principios de funcionamiento de los detectores para radio protección • Realización del relevamiento dosimétrico/radiológico del Servicio utilizando un equipamiento apropiado • Comprensión de los diversos enclavamientos (<i>e.g., interlocks, timers</i>) requeridos en la infraestructura y equipos para la operación segura de un equipo de radiodiagnóstico • Recopilación y supervisión de 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Llevar a cabo procedimientos de seguridad y protección radiológicas de conformidad con los requisitos locales

	instrucciones de funcionamiento del Servicio pertinentes para cada equipo y las instalaciones	
Diseño de instalaciones y cálculos de blindaje	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicio de análisis de las instalaciones existentes, rutas de acceso de trabajadores, pacientes y público, flujo de trabajo y posibilidades de expansión • Conocimiento de los materiales de blindaje adecuados • Cálculos del grosor que deben tener las estructuras de blindaje • Comprensión de las señales y los rótulos de alerta por radiación • Conocimiento del equipo de seguridad auxiliar y complementario (sistema de alarma y monitorización radiológicas; mecanismos de enclavamiento de accesos y equipos, circuito cerrado de cámaras de vigilancia, etc.) • Conocimiento y manejo de los niveles de dosis de radiación para las diferentes para las áreas del servicio (zonas controladas, supervisadas y libres) 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Elaborar un informe con estimación de carga de trabajo en la instalación, factores de uso y de ocupación, y posibles necesidades de mejora radiológica – Diseñar y calcular el blindaje de los recintos de irradiación en las instalaciones del servicio y asesorar tanto para construcciones nuevas como para reformas – Llevar a cabo estudios radiológicos y actividades de monitorización
Exposición médica, ocupacional y del público en radiodiagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento y manejo de la aplicación específica de los principios de protección radiológica a la exposición médica, ocupacional y del público: responsabilidades; justificación; optimización, principio ALARA • Conocimientos sobre los métodos que permiten reducir al mínimo la dosis en zonas de riesgo (e.g., feto, gónadas, cristalino, médula espinal, marcapasos, etc.) • Comprobación del cumplimiento de calibraciones de equipos de radiodiagnóstico según los protocolos adoptados por el servicio • Registro de la información pertinente facilitada a los trabajadores acerca de las obligaciones y responsabilidades que deben asumir para su propia protección y la protección de los demás, incluyendo administración y 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Proporcionar asesoramiento para la protección radiológica en relación con la exposición médica, ocupacional y del público – Mantener actualizados los registros dosimétricos del personal ocupacionalmente expuesto – Relevar periódicamente la exposición radiológica en las zonas controladas, supervisadas y adyacentes a los recintos de irradiación – Elaborar informes y asesorar acerca de mejoras y optimización de la protección radiológica del personal y del público

	<p>mantenimiento de datos de dosímetros personales y evaluación de la exposición</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realización de relevamientos dosimétricos (estudios radiológicos) periódicos de todas las áreas del servicio 	
Procedimientos especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Radiología pediátrica • Cálculos de dosis fetal 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Presentar el estudio de casos – Presentar las recomendaciones internacionales
Exposiciones imprevistas y accidentales en el radiodiagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de factores que puedan influir en una exposición imprevista o accidental, tales como: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitación del personal ✓ Manejo propio del equipo radiológico ✓ Acceso y uso de equipos de protección • Revisión de estimaciones de dosis para pacientes, feto, personal y miembros del público • Revisión de procedimiento local para la notificación y comunicación de las exposiciones imprevistas o accidentales 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Identificar los factores iniciadores de las exposiciones imprevistas o accidentales – Elaborar procedimientos y planes de contingencia para hacer frente a este tipo de incidentes – Realizar la reconstrucción de las dosis de exposición de las personas involucradas en las exposiciones imprevistas o accidentales – Preparar informes sobre exposiciones imprevistas o accidentales – Realizar las notificaciones correspondientes con los procedimientos locales y reglamentarios – Preparar recomendaciones para minimizar la incidencia de exposiciones imprevistas o accidentales en las diferentes modalidades diagnósticas

TABLA 15. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE INSTRUMENTACIÓN, CALIBRACIÓN Y DOSIMETRÍA

MÓDULO	Instrumentación, calibración y dosimetría	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Instrumentación: Calibración y Control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de Coeficientes de calibración • Comprensión de Certificados de Calibración dosimétrica • Sensitómetro y densitómetro • Medidores de luminancia e iluminancia • Controles de calidad: verificaciones rutinarias 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Verificar la instrumentación para dosimetría – Mantener registros de trazabilidad y frecuencia de la calibración de instrumentos para dosimetría, incluida la documentación de verificaciones cruzadas y calibraciones de campo. – Controlar la funcionalidad de los medidores de luminancia
Dosimetría específica de las modalidades de radiodiagnóstico, incluidos los maniqués	Dosimetría para equipos de radiología diagnósticas que utilizan radiación ionizante	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Medir las cantidades dosimétricas y registrarlas – Manejar: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Magnitudes básicas (fluencia, kerma, dosis absorbidas, etc.), específicas (producto kerma-area -KAP-, DAP, CTDI, etc.) ✓ Tipos de detectores y maniqués ✓ Metodologías de cálculo de dosis para las modalidades diagnósticas del servicio de radiología
Equipos de Radiodiagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación y comisionamiento de equipos que utilizan radiación ionizante y no ionizante • Validación de los requisitos técnicos del equipo • Definición de los valores de base de los equipos de radiodiagnóstico según sus tipologías, midiendo, los elementos de referencia, para instrumentación de radiodiagnóstico 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio – Realizar las mediciones correspondientes – Registrar los resultados según los protocolos del servicio – Identificar los datos de referencia de cada equipo y registrar los “valores de base” (<i>Baseline Values</i>)

	<ul style="list-style-type: none"> • Controles periódicos de equipos de radiodiagnóstico según su tipología, incluyendo toda la cadena, desde el generador hasta los receptores y visualizadores, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> ✓ La rutina de CC debe incluir todos los elementos de la cadena de imagenología: inspección visual, parámetros geométricos, parámetros del tubo y generador de rayos X, receptor de imagen, AEC, indicadores de rendimiento básicos (calidad de imagen y dosis de rad). ✓ Visualización y verificación de imágenes 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Identificar los dispositivos e instrumentos adecuados para las calibraciones y controles de calidad de los equipos de radiodiagnóstico – Conducir los controles periódicos apropiados para cada tipología de equipo y su periodicidad – Documentar y registrar los resultados adecuadamente, según los protocolos del servicio – Implementar un programa de control de calidad para equipos de radiodiagnóstico – Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio
<p>Controles de calidad de los sistemas de detección y visualización de imágenes</p>	<p>Performance de los detectores (e.g. fotoestimulables (CR) junto a su lector de imágenes, detectores directos)</p>	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio – Registrar los resultados de los controles según los protocolos del servicio – Identificar datos de referencia de cada equipo y registra los “valores de base” (<i>Baseline Values</i>) – Identificar artefactos e implementa las acciones de mejora
	<p>Revisión de posibles artefactos en las imágenes del servicio de radiología</p>	
	<p>Evaluación de monitores de imágenes, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Respuesta del monitor ✓ Luminancia e iluminancia ✓ Uso de patrones digitales 	

TABLA 16. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE OPTIMIZACION

MÓDULO	Optimización	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Optimización de imágenes diagnósticas/dosis	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la calidad de la imagen • Evaluación de la dosis del paciente • Revisión de los factores que afectan la calidad de las imágenes y sus dosis asociadas para los diferentes equipos que utilizan radiación ionizante, por ejemplo, protocolos radiográficos, sensibilidad de los detectores • Recopilación de datos sobre la optimización de la práctica (por ejemplo, DMS) • Optimización basada en indicaciones clínicas • Proceso para DRL en el contexto de la optimización de la práctica • Procedimientos especiales como pacientes pediátricos • Revisión de los factores que afectan la calidad de las imágenes para los diferentes equipos que no utilizan radiación ionizante 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Mejorar las imágenes de acuerdo a las características del equipo – Evaluar la dosis de los estudios realizados – Diseñar protocolos específicos para optimizar los estudios diagnósticos, tomando en cuenta criterios de referencia nacionales e internacionales – Asesorar acerca la resolución de la compensación entre la dosis al paciente y la información diagnóstica de los procedimientos – Mantener los registros de los procedimientos de optimización – Asesorar acerca de optimización basada en indicaciones clínicas y en procedimientos especiales, como pacientes pediátricos – Asesorar en calidad de la imagen y su optimización en procedimientos que no utilizan radiación ionizante

TABLA 17. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE GESTION DE LA CALIDAD

MÓDULO	Gestión de la calidad	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Estructura del sistema de gestión de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Profundización de términos (por ejemplo, calidad, auditoría etc.) • Estudio de la estructura del manual de calidad del servicio 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Diseñar un manual de calidad para una selección de elementos representativos
Documentación de los procedimientos de control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de los procedimientos de control de calidad en uso en el servicio • Revisión del cumplimiento de las periodicidades y tolerancias establecidas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Desarrollar y actualizar registros de controles de calidad según la estructura diseñada en los procedimientos del servicio
Aplicación de mejoras	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de <i>end to end tests</i> para todas las modalidades, tecnologías y técnicas • Revisión de procedimientos para la realización de auditorías internas y de la participación en auditorías externas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Realizar un informe analítico y proponer procedimientos o formatos para llevar a cabo las mejoras recomendadas – Comprender el papel de las pruebas “<i>End to End</i>” y la elección de los dispositivos adecuados para su realización – Aplicar las pruebas <i>end to end</i> en acuerdo a las técnicas y protocolos del servicio – Presentar análisis de procedimientos de auditorías internas existentes en la instalación. Si se realizaron auditorías externas (tipo QUAADRIL, p.ej.), realizar análisis de resultados

TABLA 18. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ESPECIFICACIONES Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS

MÓDULO	Especificaciones y adquisición de equipos	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Evaluación de las necesidades del servicio	Análisis de: carga de trabajo, número y tipología de pacientes, funcionalidad, compatibilidad y emplazamiento	Capaz de: – Elaborar un informe analítico
Evaluación tecnológica	Estudios comparativos de mercado sobre las características técnicas de los equipos y evaluación de las características requeridas en el servicio, incluyendo el servicio de mantenimiento; estudio de especificaciones para la licitación	Capaz de: – Elaborar un documento con las especificaciones para licitación

TABLA 19. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE CONECTIVIDAD

MÓDULO	Conectividad	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Tecnología de la Información	Estudio de las normas relativas a las comunicaciones electrónicas (por ejemplo: FTP, DICOM, HL7, etc.)	Capaz de: – Describir los flujos de información entre los distintos componentes del servicio
	Conocimiento de los distintos tipos de bases de datos y sus aplicaciones en el ámbito clínico (por ejemplo, HIS, PACS, RIS, OIS, RVS, MIMS, sistema de gestión de incidencia (IMS)), incluidos los diversos niveles existentes en cuanto a los derechos de usuario	Capaz de: – Reconocer los datos almacenados en la historia clínica – Configurar los parámetros necesarios para la exportación de los estudios y/o tratamientos al almacenamiento correspondiente
	Comprensión de la importancia y forma de protección de los datos personales Conocimiento de los soportes de almacenamiento y su utilización	Capaz de: – Identificar los soportes necesarios para el almacenamiento seguro y recuperable de la información

TABLA 20. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ETICA PROFESIONAL

MÓDULO	Ética profesional	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Ética médica	Estudio del Acuerdo de Helsinki sobre investigación clínica	Capaz de: – Conocer la reglamentación internacional y nacional sobre la ética en la investigación
	<ul style="list-style-type: none"> • Principios éticos, incluyendo: beneficencia, no maleficencia, autonomía (respeto), justicia (imparcialidad), prudencia (precaución), honestidad (transparencia), rendición de cuentas, inclusión • Física médica como profesión de salud independiente 	Capaz de: – Aplicar principios éticos – Comprender el rol y responsabilidades del físico médico clínicamente calificado (FMCC) – Identificar y plantear dilemas éticos y proponer soluciones relevantes
Código de conducta	Conocer los códigos de conducta existentes para profesionales de la salud (a nivel nacional e institucional)	Capaz de: – Familiarizarse con los códigos
DPC	Actividad de capacitación continua	Capaz de: – Actualizar conocimientos mediante la participación en investigaciones, eventos científicos o actividades educativas relevantes para la especialidad del trabajo

3.9. COMPETENCIAS PARA ENTRENAMIENTO CLÍNICO EN FISICA MEDICA EN MEDICINA NUCLEAR

En las Tablas de 21 a 29 se detallan los submódulos que componen las competencias en el área de física médica en medicina nuclear, incluyendo ejemplos de actividades y competencias que el FMEC debe adquirir en cada uno de ellos. Como ya fue explicado en el prólogo e introducción de este documento, se trata de un entrenamiento estándar para que un físico médico pueda considerarse clínicamente calificado para trabajar de manera independiente en un servicio de física médica en medicina nuclear. Competencias adicionales, por ejemplo, vinculadas a tecnologías y procedimientos específicos, podrán ser adquiridas en el marco de un programa de DPC, considerando que la profesión está en permanente evolución debido a los desarrollos tecnológicos en medicina. Debe inculcarse a los practicantes del entrenamiento clínico (FMEC) una cultura de aprendizaje permanente para que vislumbren la necesidad de un DPC como trabajador de la salud calificado, a fin de mantener y actualizar los conocimientos, las aptitudes y las competencias.

El programa de entrenamiento clínico sugerido en esta guía tiene la duración de 1 año, y como requisito de acceso, el FMEC debe haber completado el programa académico de posgrado en física médica [5].

Para la confección de cada módulo de entrenamiento en medicina nuclear de este documento, se utilizaron como base las recomendaciones correspondientes de la colección de cursos de capacitación del OIEA No. 50 [11] y “*Academic and clinical training programmes and portfolios for the regional training in medical physics*” de AFRA [6], por lo tanto, puede obtenerse información adicional sobre la estructura del programa, los objetivos, los conocimientos previos y los materiales de lectura básicos y complementarios en las citadas publicaciones. Además, cuando corresponda, se proporciona también la referencia a los estándares de seguridad del OIEA [12].

TABLA 21. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ORGANIZACIÓN Y AMBIENTE EN UN SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR

MÓDULO	Organización y ambiente en un servicio de medicina nuclear	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Manejo del flujo de pacientes	Comprensión del flujograma desde la admisión del paciente hasta su salida del servicio de medicina nuclear	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Identificar factores que afecten la atención del paciente - Mejorar aspectos sobre la atención del paciente
	Revisión de la cultura organizacional del departamento y programas de garantía de la calidad	
Protocolos	Observación de los protocolos clínicos establecidos para las diferentes modalidades diagnósticas y terapéuticas	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Comprender, aplicar y mejorar los protocolos clínicos del departamento
	Revisión de los protocolos existentes para oportunidades de mejora	
Roles de los diversos profesionales	Identificación de las responsabilidades y roles de los diversos profesionales que trabajan en el servicio	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Comprender el rol de cada uno de los profesionales del departamento - Interactuar adecuadamente con todos los profesionales
	Participación en sesiones multidisciplinarias	
Comunicación con otros profesionales	Desarrollo del lenguaje: participación en las rondas clínicas; reuniones del servicio para discusión de casos; sesiones de revisión de imágenes; reuniones del comité de garantía de la calidad; reuniones de revisión de protocolos	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Usar el lenguaje propio de la medicina nuclear - Comportarse de acuerdo al papel del físico médico en esta especialidad

TABLA 22. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE PROTECCION Y SEGURIDAD RADIOLÓGICA

MÓDULO	Protección y seguridad radiológica	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Marco regulatorio nacional e internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las políticas en materia de seguridad y protección radiológica establecidas en el programa de Garantía de Calidad del departamento y su comparación con la legislación nacional, las BSS y las del ICRP • Estudio de todos los documentos locales sobre protección radiológica • Interpretación del contexto de la PR del servicio en relación con: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Organización local de las medidas de protección radiológicas ✓ Responsabilidades ✓ Proceso de autorización o licenciamiento ✓ Número e identidad del personal ocupacionalmente expuesto ✓ Número y tipo de equipos de medicina nuclear y/o fuentes radiactivas; ✓ Número de pacientes y la carga de trabajo para el equipamiento ✓ Complejidad de los equipos y las técnicas implementadas • Evaluar la aplicación a nivel local de las leyes, los reglamentos y las recomendaciones vigentes 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Conocer los requisitos básicos para la gestión de la protección radiológica y capacidad para aplicarlos e interpretar nuevas directrices – Elaborar informe analítico de la revisión
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre la selección, la calibración y los principios de funcionamiento de los detectores para radioprotección • Realización del relevamiento dosimétrico/radiológico del Servicio utilizando un equipamiento apropiado • Comprensión de los diversos enclavamientos requeridos (<i>e.g., interlocks, timers</i>) requeridos en la infraestructura y equipos para la operación segura de un equipo de medicina nuclear 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Llevar a cabo procedimientos de seguridad y protección radiológicas de conformidad con los requisitos locales

	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación y supervisión de instrucciones de funcionamiento del Servicio pertinentes para los equipos y las instalaciones 	
Diseño de instalaciones y cálculos de blindaje	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicio de análisis de las instalaciones existentes, rutas de acceso de trabajadores, pacientes y público, flujo de trabajo y posibilidades de expansión • Conocimiento de los materiales de blindaje adecuados, incluyendo los materiales para revestimiento de paredes, mesadas y pisos que minimicen los riesgos de contaminación • Cálculos del grosor que deben tener las estructuras de blindaje • Comprensión de las señales y los rótulos de alerta por radiación • Conocimiento del equipo de seguridad auxiliar y complementario (sistema de alarma y monitorización radiológicas; mecanismos de enclavamiento de accesos y equipos, circuito cerrado de cámaras de vigilancia, etc.) • Conocimiento y manejo de los niveles de dosis de radiación para las diferentes áreas del servicio (zonas controladas, supervisadas y libres) 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Elaborar un informe con estimación de carga de trabajo en la instalación, factores de uso y de ocupación, y posibles necesidades de mejora radiológica – Diseñar y calcular el blindaje de los recintos de irradiación, laboratorio caliente y salas de inyección en las instalaciones del servicio, y asesorar tanto para construcciones nuevas como para reformas – Llevar a cabo estudios radiológicos y actividades de monitorización
Exposición médica, ocupacional y del público en Medicina nuclear	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento y manejo de la aplicación específica de los principios de protección radiológica a la exposición médica, ocupacional y del público: responsabilidades; justificación; optimización, principio ALARA • Conocimientos sobre los métodos que permiten reducir al mínimo la dosis en zonas de riesgo • Comprobación del cumplimiento de calibraciones de equipos en medicina nuclear según el protocolo adoptado por el servicio • Registro de la información pertinente facilitada a los trabajadores acerca de las obligaciones y responsabilidades que 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Proporcionar asesoramiento para la protección radiológica en relación con la exposición médica, ocupacional y del público – Mantener actualizados los registros dosimétricos del personal ocupacionalmente expuesto – Releva periódicamente la exposición radiológica en las zonas controladas, supervisadas y adyacentes a los recintos de irradiación – Elaborar informes y asesorar acerca de mejoras y optimización de la protección radiológica del personal y del público

	<p>deben asumir para su propia protección y la protección de los demás, incluyendo administración y mantenimiento de datos de dosímetros personales y evaluación de la exposición</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realización de relevamientos dosimétricos (estudios radiológicos) periódicos de todas las áreas del servicio 	
Procedimientos especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Pediátricos • Cálculos de dosis fetal 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Presentar el estudio de casos – Presentar las recomendaciones internacionales
Emergencias	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de planes de emergencia radiológica: contemplando las responsabilidades; para cada tipo de fuente y para cualquier otra emergencia radiológica previsible que pudiera surgir en el Servicio, considerando la disponibilidad de equipos y herramientas • Planificación y práctica de medidas de contingencia, por ejemplo, en caso de funcionamiento defectuoso de un equipo, pérdida de materiales radiactivos o derrame de radioisótopos • Elaboración del inventario de todas las fuentes del Servicio y comparación con el sistema de mantenimiento y registro del Servicio 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Investigar los factores de riesgo asociados a las radiaciones – Analizar planes de emergencia radiológica del Servicio, considerando la disponibilidad de equipos y herramientas – Realizar una evaluación de los riesgos de un procedimiento determinado – Estar familiarizado con los procedimientos de respuesta en el caso de que uno o más pacientes reciban una dosis innecesaria – Gestionar fuentes en desuso y desechos (conocer etiquetado, transporte; los requisitos legislativos locales y las recomendaciones internacionales sobre normas de calidad y seguridad para las fuentes de radiación) – Monitorear contaminación del medio ambiente o descarga de material radiactivo al aire o el alcantarillado – Asesorar sobre el cumplimiento de los requisitos legales, incluida la solicitud de licencias; las medidas de seguridad y protección, el uso adecuado del equipo de protección y las herramientas de manipulación de radioisótopos

TABLA 23. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROLES DE CALIDAD DEL EQUIPAMIENTO

MÓDULO	Instrumentación y controles de calidad del equipamiento	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
<p>Activímetro, contadores de pozo y sonda de centelleo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Controles de calidad por ejemplo procedimientos y niveles de acción de CC de un activímetro, controles de constancia, inspección física, linealidad de la respuesta • Trazabilidad de las normas primarias <ul style="list-style-type: none"> ✓ Incertidumbres implícitas al medir los frascos clínicos en relación con la fuente o las fuentes normalizadas ✓ Métodos de calibraciones cruzadas ✓ Intercomparaciones ✓ Realización de calibraciones cruzadas con los instrumentos de que se dispone en la clínica, p.ej., contadores gamma de pozo, sondas gamma, detectores de estado sólido ✓ Análisis de las incertidumbres en cada medición • Participación en la intercomparación de fuentes corrientes con otros institutos 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Realizar correctamente todos los procedimientos de control de calidad para garantizar mediciones exactas de la radiactividad en línea con documentos de referencia – Proponer medidas correctivas apropiadas – Preparar un análisis de incertidumbres para medir la actividad de radionucleidos utilizados en la clínica
<p>Equipos de medicina nuclear</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aceptación y comisionamiento: Validación de las especificaciones técnicas del equipo correspondiente (e.g., cámaras gamma, PET-CT donde esté disponible) • Medición de los valores de referencia (<i>baselines</i>) de los equipos de medicina nuclear y CT (donde estén disponible) según sus tipologías Controles de calidad rutinarios 	<p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aplicar los protocolos locales/internacionales relativos a los equipos del servicio – Registrar los resultados según los protocolos del servicio – Identificar los datos de referencia de cada equipo y registrar los “valores de base” (Baseline Values) <p>Capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Identificar los dispositivos e instrumentos adecuados para realizar las calibraciones y controles de calidad de los diferentes equipos del servicio – Implementar un programa de control de calidad para equipos de medicina nuclear – Conducir los controles periódicos

		apropiados para cada tipología de equipo y con la periodicidad correspondiente – Documentar y registrar los resultados adecuadamente, según los protocolos del servicio
--	--	--

TABLA 24. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE DOSIMETRIA INTERNA

MÓDULO	Dosimetría interna	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Formalismo y aplicación de la dosimetría interna	Revisión del formalismo MIRD para la dosimetría interna	Capaz de: – Determinar los parámetros físicos y biológicos para el cálculo de la dosis absorbida – Estimar la dosis absorbida por un órgano – Estimar dosis absorbida en tumores – Conocer el empleo de modelos radiobiológicos para estimaciones dosimétricas 3D – Reportar y registrar los datos dosimétricos de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos
	<ul style="list-style-type: none"> • Dosimetría para terapia metabólica: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mediciones de la actividad a administrar ✓ Estimaciones de dosis: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Importancia de datos biocinéticos apropiados para determinar la dosis interna ▪ Variaciones en los datos biocinéticos con la edad, el género y la fisiología/ patología, y reconocer cómo esto afecta a la dosis interna • Fuentes fiables de datos de dosimetría radiofarmacéutica genérica 	
	Descripción de las incertidumbres presentes	

TABLA 25. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE OPTIMIZACION

MÓDULO	Optimización	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Equipo	Revisión de los factores que afectan la calidad de las imágenes y sus dosis asociadas para los diferentes equipos (e.g., resolución, uniformidad, constancia, fondo, linealidad, etc.)	Capaz de: – Evaluar la compensación entre la dosis del paciente y la información diagnóstica de los procedimientos
Imágenes	Evaluación de las características de las imágenes de medicina nuclear, por ejemplo: marco, alineamiento y co-registración, ROI, factores de influencia de las imágenes (dispersión, ventana de adquisición, corrección de la atenuación)	Capaz de: – Mejorar imágenes de acuerdo con las características del equipo
	<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de la actividad a partir de imágenes planas, SPECT, SPECT-CT y PET-CT • Evaluación los efectos de los parámetros de adquisición en el resultado de la cuantificación 	Capaz de: – Obtener información cuantitativa a partir de imágenes de medicina nuclear
Protocolos clínicos	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los factores técnicos que influyen en la adquisición, procesamiento y visualización de la imagen • Revisión de los protocolos clínicos, con especial atención a grupos especiales, tales como: pacientes pediátricos, etc. 	Capaz de: – Diseñar protocolos específicos para optimizar los estudios diagnósticos, tomando en cuenta criterios de referencia nacionales e internacionales – Evaluar la eficacia de los protocolos recomendados y sugerir nuevas acciones correctivas – Mantener los registros de los procedimientos de optimización accesibles para todo el personal – Evaluar la dosis de los estudios realizados
	Adopción de medidas correctivas para resolver problemas que originan artefactos	Capaz de: – Definir correctamente artefactos comunes en imágenes de medicina nuclear y recomendar medidas preventivas y correctivas apropiadas

TABLA 26. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE GESTION DE LA CALIDAD

MÓDULO	Gestión de la calidad	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Estructura del sistema de gestión de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Profundización de términos (por ejemplo, calidad, auditoría etc.) • Estudio de la estructura del manual de calidad del servicio 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Diseñar un manual de calidad para una selección de elementos representativos
Documentación de los procedimientos de control de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de los procedimientos de control de calidad en uso en el servicio • Revisión del cumplimiento de las periodicidades y tolerancias establecidas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Desarrollar y actualizar registros de controles de calidad según la estructura diseñada en los procedimientos del servicio
Aplicación de mejoras	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de <i>end to end tests</i> para todas las modalidades, tecnologías y técnicas • Revisión de procedimientos para la realización de auditorías internas y de la participación en auditorías externas 	Capaz de: <ul style="list-style-type: none"> – Realizar un informe analítico y proponer procedimientos o formatos para llevar a cabo las mejoras recomendadas – Comprender el papel de las pruebas “End to End” y la elección de los dispositivos adecuados para su realización – Aplicar las pruebas end to end en acuerdo a las técnicas y protocolos del servicio – Presentar análisis de procedimientos de auditorías internas existentes en la instalación. Si se realizaron auditorías externas (tipo QUANUM), realizar análisis de resultados

TABLA 27. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ESPECIFICACIONES Y ADQUISICION DE EQUIPOS

MÓDULO	Especificaciones y adquisición de equipos	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Evaluación de las necesidades del servicio	Análisis de: carga de trabajo, número y tipología de pacientes, funcionalidad, compatibilidad y emplazamiento	Capaz de: – Elaborar un informe analítico
Evaluación tecnológica	Estudios comparativos de mercado sobre las características técnicas de los equipos y evaluación de las características requeridas en el servicio, incluyendo el servicio de mantenimiento; estudio de especificaciones para la licitación	Capaz de: – Elaborar un documento con las especificaciones para licitación

TABLA 28. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE CONECTIVIDAD

MÓDULO	Conectividad	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Tecnología de la Información	Estudio de las normas relativas a las comunicaciones electrónicas (por ejemplo: FTP, DICOM, HL7, etc.)	Capaz de: – Describir los flujos de información entre los distintos componentes del servicio
	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de los distintos tipos de bases de datos y sus aplicaciones en el ámbito clínico (por ejemplo, HIS, PACS, RIS, OIS, RVS, MIMS, sistema de gestión de incidencia (IMS)), incluidos los diversos niveles existentes en cuanto a los derechos de usuario • Comprensión de la importancia y forma de protección de los datos personales 	Capaz de: – Reconocer los datos almacenados en la historia clínica – Configurar los parámetros necesarios para la exportación de los estudios y/o tratamientos al almacenamiento correspondiente
	Conocimiento de los soportes de almacenamiento y su utilización	Capaz de: – Identificar los soportes necesarios para el almacenamiento seguro y recuperable de la información

TABLA 29. COMPETENCIAS PARA EL MODULO DE ETICA PROFESIONAL

MÓDULO	Ética profesional	
SUBMÓDULO	EJEMPLO DE ACTIVIDADES	RESULTADO COMPETENCIAS
Ética médica	Estudio del Acuerdo de Helsinki sobre investigación clínica	Capaz de: – Conocer la reglamentación internacional y nacional sobre la ética en la investigación
	<ul style="list-style-type: none"> • Principios éticos, incluyendo: beneficencia, no maleficencia, autonomía (respeto), justicia (imparcialidad), prudencia (precaución), honestidad (transparencia), rendición de cuentas, inclusión • Física médica como profesión de salud independiente 	Capaz de: – Aplicar principios éticos – Comprender el rol y responsabilidades del físico médico clínicamente calificado (FMCC) – Identificar y plantear dilemas éticos y proponer soluciones relevantes
Código de conducta	Conocer los códigos de conducta existentes para profesionales de la salud (a nivel nacional e institucional)	Capaz de: – Familiarizarse con los códigos
DPC	Actividad de capacitación continua	Capaz de: – Actualizar conocimientos mediante la participación en investigaciones, eventos científicos o actividades educativas relevantes para la especialidad del trabajo

4. CONCLUSIONES

Las competencias adquiridas durante el entrenamiento clínico representan las bases para que el FMCC trabaje en un hospital, en su área de especialización, sin supervisión y con los más altos estándares de seguridad, calidad y efectividad.

De acuerdo con las guías OIEA [7], es importante que el FMCC reciba un reconocimiento oficial de sus competencias para trabajar en el área de la salud humana, a través, por ejemplo, de un sistema nacional de certificación, como se ha hecho ya con otros profesionales de la salud.

Los conocimientos y competencias deberán además ser mantenidos en el curso de toda la vida profesional del FMCC a través sistemas de DPC los cuales permitirán al profesional mantener y renovar su certificación y actualizarse con respecto a nuevas técnicas y tecnologías que se introduzcan en la medicina de radiación en su área de trabajo.

REFERENCIAS

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Postgraduate Medical Physics Academic Programmes, Training Course Series No. 56, IAEA, Vienna (2013).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clinical Training of Medical Physicists Specializing in Radiation Oncology, Training Course Series No. 37, IAEA, Vienna (2009).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clinical Training of Medical Physicists Specializing in Diagnostic Radiology, Training Course Series No. 47, IAEA, Vienna (2010).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clinical Training of Medical Physicists Specializing in Nuclear Medicine, Training Course Series No. 50, IAEA, Vienna (2010).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Roles and Responsibilities, and Education and Training Requirements for Clinically Qualified Medical Physicists, IAEA Human Health Series No. 25, IAEA, Vienna (2013).
- [6] African Regional Co-Operative Agreement for Research, Development and Training Related to Nuclear Science and Technology (AFRA), Academic and Clinical Training Programmes and Portfolios for the Regional Training in Medical Physics, Minimum Requirements for Medical Physics Education in AFRA Member States, IAEA, Vienna (2019). [ACADEMIC AND CLINICAL TRAINING PROGRAMMES AND PORTFOLIOS FOR THE REGIONAL TRAINING IN MEDICAL PHYSICS \(iaea.org\)](https://www.iaea.org/publications/academic-and-clinical-training-programmes-and-portfolios-for-the-regional-training-in-medical-physics)
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidelines for the Certification of Clinically Qualified Medical Physicists, Training Course Series No. 71, IAEA, Vienna (2021).
- [8] SMITH, P. H. S., NUSSLIN, F., Benefits to medical physics from the recent inclusion of medical physicists in the international classification of standard occupations (ICSO-08), Med. Phys. Int. J. 1 (2013) 10-14.
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Oncology Physics, IAEA, Vienna (2005).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Diagnostic Radiology Physics, IAEA, Vienna (2014).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Medicine Physics, , IAEA, Vienna (2015).
- [12] EUROPEAN COMMISSION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).

ABREVIATURAS

AAPM	Asociación Americana de Físicos en Medicina
ALARA	Tan bajo como sea razonablemente posible
BED	Dosis Biológica Equivalente
CAD	Diagnóstico Asistido por Computadora
CAE	Control automático de exposición
CBCT	Tomografía de haz cónico
CC	Control de Calidad
CHR	Capa hemirreductora
CNR	Relación contraste - ruido
COR	Centro de rotación
CPE	Equilibrio de partículas cargadas
CT	Tomografía computada
CTDI	Índice de Dosis en Tomografía Computada
CTDIvol	Índice de Dosis en Tomografía Computada en volumen
DICOM	Estándar de comunicación digital
DXA	Equipos de densitometría ósea
DIR	Radiología diagnóstica e intervencionista
DLP	Producto dosis-longitud
DRL	Nivel de referencia de diagnóstico
DRR	Radiografía reconstruida digitalmente
DVH	Histogramas dosis volumen
EPID	Sistemas de imágenes
EUD	Dosis uniforme equivalente
FWHM	Anchura a media altura
FMCC	Físico médico clínicamente calificado
FMEC	Físico médico en entrenamiento clínico
GC	Garantía de la calidad
GM	Geiger Müller
GSDF	Calibración y medición de la respuesta de luminancia
HDR	Alta tasa de dosis
HIS	Sistemas de Información Hospitalaria
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRU	Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación
IE	Índice de exposición
IMRT	Radioterapia por intensidad modulada
KAP	Producto kerma aire
LINAC	Aceleradores lineales
LPCD	Laboratorios Primarios de Calibración Dosimétrica
LSCD	Laboratorios Secundarios de Calibración Dosimétrica
MIRD	Formalismo médico de dosimetría de radiación interna
MLC	Colimador multiláminas
MOSFETs	Transistores de efecto de campo de semiconductores de óxido metálico
MTF	Función de transferencia de modulación
NTCP	Probabilidad de complicaciones a tejido normal
OIEA	Organismo Internacional de Energía atómica
PACS	Principios de Archivo de Imágenes y Comunicaciones
PET	Tomografía por emisión de positrones
PDD	Porcentaje de dosis de profundidad
PMMA	Polimetilmetacrilato
PSP	Fósforos fotoestimulables

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Casal, M.R.	Instituto de Oncología Ángel H. Roffo, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Castellanos, M.E.	Universidad Javeriana y Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares SGC, Colombia
de Almeida, C.E.	Universidade do Estado de Rio de Janeiro, Brasil
González Sprinberg, G.	Medical Physics Unit, Faculty of Sciences, Republic University, Uruguay
Hernández Flores, F. J.	Centro Nacional de Radioterapia Nora Astorga, Managua, Nicaragua
Loreti, G.	International Atomic Energy Agency
Mitsoura, E.	Universidad Autónoma del Estado de México, México
Mora Rodríguez, P.	Retired, Costa Rica
Ruggeri, R.M.	Leben Salud de Fundación Médica de Río Negro y Neuquén, Argentina
van der Merwe, D.	International Atomic Energy Agency
Vélez, G.R.	International Atomic Energy Agency

Consultants Meeting

Vienna, Austria: 16 April 2020

