Osakidetza



FACULTATIVO/A ESPECIALISTA MÉDICO/A-TÉCNICO/A RADIOFÍSICA HOSPITALARIA

PREGUNTAS

1. La emisión de electrones Auger:

a) Es más probable en materiales de número atómico Z bajo.
b) Es más probable en materiales de densidad másica elevada.
c) Es un proceso fluorescente en el que un fotón incidente estimula la emisión de electrones.
d) Prácticamente no se observa en materiales de número atómico $Z = 30$.

2. El poder de frenado restringido tiene dimensiones de:

a) $\mathrm{ML^2T^{-2}}$.
b) $\mathrm{MLT^{-2}}$.
c) $\mathrm{LT^{-2}}$.
d) $\mathrm{M^2LT^{-2}}$.

3. La longitud de onda de un fotón γ de $1\ \mathrm{MeV}$ es aproximadamente:

a) 0.024 Å.
b) 0.012 Å.
c) 0.006 Å.
d) 0.001 Å.

4. La sección eficaz total del proceso de creación de pares (en el campo del núcleo) en función del número atómico Z del material absorbente es aproximadamente proporcional a:

a) Z.
b) Z^2.
c) Z^3.
d) Constante (independiente de Z).

5. ¿Cuál es el período de semidesintegración del ^{90}Y?

a) 2.67 h.
b) 64.1 h.
c) 28.2 a.
d) 5.27 a.



6. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) Para un fotón de una energía dada sólo es posible un tipo de interacción.
b) La probabilidad de que se produzca efecto fotoeléctrico, Compton y producción de pares decrece con la energía.
c) La interacción más probable en tejido blando para un fotón de 100 keV es el efecto fotoeléctrico.
d) La interacción más probable para un fotón de 10 MeV es el efecto Compton.

7. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de los equipos de ortovoltaje usados en radioterapia:

a) Originan una alta dosis absorbida en la superficie de los tejidos.
b) Usan tubos de ánodo giratorio.
c) Los tiempos de irradiación son más largos.
d) No se emplean para tratar tumores profundos.

8. Las propiedades magnéticas de los núcleos de los átomos están influenciadas por:

a) Spin.
b) Las distribuciones de carga intrínseca de protones y neutrones.
c) La masa atómica.
d) Son correctas a) y b).

9. En la interacción nuclear fuerte, cuál de estas afirmaciones NO es correcta:

a) A cortas distancias es mucho más intensa que la fuerza coulombiana para compensar la repulsión de los protones.
b) La experimentan los protones y neutrones, y siempre es de atracción.
c) Además de dar cohesión al núcleo, mantiene unidos los quarks de los nucleones.
d) A una distancia de 4 fm las fuerzas coulombianas y nucleares entre protones son aproximadamente iguales.

10. De las siguientes afirmaciones sobre las magnitudes y unidades fundamentales utilizadas en radiofísica, indique la única correcta.

a) El gray (Gy) y el sievert (Sv) tienen las mismas dimensiones SI ($J \cdot kg^{-1}$), pero miden magnitudes físicamente distintas.
b) El kerma se expresa en grays cuando se refiere al aire y en sieverts cuando se refiere al tejido biológico.
c) La unidad antigua roentgen (R) tiene equivalencia exacta y dimensional con el gray: 1 R = 0.01 Gy.
d) El becquerel (Bq) y el curie (Ci) son ambas unidades de tasa de exposición.

11. ¿Qué rango aproximado de longitudes de onda corresponde a la radiación ULTRAVIOLETA?

a) $0.01 - 10$ nm.
b) $10 - 400$ nm.
c) $400 - 700$ nm.
d) 1 mm.

12. En el SI la actividad de una fuente radiactiva se mide en:

a) Sv.
b) Ci.
c) Bq.
d) TKRA.

13. Ordene el espectro electromagnético de mayor a menor longitud de onda:

a) Microondas – Infrarroja – Luz visible – Ultravioleta – Rayos gamma.
b) Rayos gamma – Ultravioleta – Luz visible – Infrarroja – Microondas.
c) Microondas – Ultravioleta – Luz visible – Infrarroja – Rayos gamma.
d) Rayos gamma – Infrarroja – Luz visible – Ultravioleta – Microondas.

14. Radiaciones de alta LET:

a) Implican que el efecto oxigenación empieza a ser incluso despreciable.
b) Implican que el efecto oxigenación sea más importante.
c) Implican un aumento de las dosis para obtener el mismo EBR.
d) No modifican el EBR final.

15. Un haz de radiación indirectamente ionizante penetra en un material. Existe equilibrio transitorio de partículas cargadas (TCPE) en todo punto en que, indique la opción correcta:

a) La dosis y el kerma de colisión son proporcionales y la relación de proporcionalidad es 1.
b) La dosis y el kerma de colisión son proporcionales y la relación de proporcionalidad es mayor que 1.
c) La dosis y el kerma de colisión son proporcionales y la relación de proporcionalidad es menor que 1.
d) No es necesaria la proporcionalidad entre dosis y kerma.

16. La energía lineal es el cociente de la energía impartida a la materia en un volumen dado por un suceso de deposición de energía dividido por la longitud media de la cuerda en ese volumen V. Para un cuerpo convexo de área superficial A, la longitud media de la cuerda es:

a) $(1/6) \cdot (V/A)$.
b) $\pi \cdot (V/A)$.



c) $(1/3) \cdot (V/A)$.
d) $4 \cdot (V/A)$.

17. Un persona tiene un implante temporal de $^{192}\mathrm{Ir}$ con una actividad de $20\,\mathrm{mCi}$ (constante de tasa de exposición $\Gamma = 4.6\,\mathrm{R} \cdot \mathrm{cm}^2 \cdot \mathrm{mCi}^{-1} \cdot \mathrm{h}^{-1}$). La tasa de exposición a 2.5 m de las fuentes es:

a) $5.4\,\mathrm{mR} \cdot \mathrm{h}^{-1}$.
b) $3.7\,\mathrm{mR} \cdot \mathrm{h}^{-1}$.
c) $9.2\,\mathrm{mR} \cdot \mathrm{h}^{-1}$.
d) $1.4\,\mathrm{mR} \cdot \mathrm{h}^{-1}$.

18. Los neutrones con una energía entre $100\,\mathrm{keV}$ y $10\,\mathrm{MeV}$ se denominan:

a) Térmicos.
b) Epitérmicos.
c) Lentos.
d) Rápidos.

19. En materiales de alto número atómico como el plomo ($\mathrm{Pb}\ Z = 82$), cuando una interacción fotoeléctrica produce una vacante en la capa K, la desexcitación del átomo se produce predominantemente mediante:

a) Emisión Auger, porque el rendimiento fluorescente K es prácticamente nulo.
b) Emisión de radiación característica, porque el rendimiento fluorescente K es muy alto, cercano a la unidad.
c) Emisión beta, porque el núcleo queda excitado tras la interacción fotoeléctrica.
d) Aniquilación positrón-electrón, porque el Pb favorece la producción de pares a cualquier energía.

20. La emisión beta del Sr-90 ($2.2\,\mathrm{MeV}$) tiene un alcance aproximado de:

a) 1 cm en agua y 8 m en aire.
b) 2 cm en agua y 4 m en aire.
c) 10 cm en agua y 80 m en aire.
d) 4.4 cm en agua y 34 m en aire.

21. Para partículas alfa entre $4\,\mathrm{MeV}$ y $8\,\mathrm{MeV}$ el cociente del rango en aire frente al rango en tejido es aproximadamente:

a) 100.
b) 200.
c) 400.
d) 800.

22. El número de cuentas registradas durante 10 minutos en una muestra radiactiva más el fondo es 10000, y el número de cuentas durante 6 minutos sólo del fondo 1296. La tasa de cuentas por minuto (cpm) y su desviación estándar es:

a) 784 ± 20 cpm.
b) 1000 ± 216 cpm.
c) 784 ± 12 cpm.
d) 1000 ± 220 cpm.

23. ¿Qué afirmación es correcta en cuanto al kerma?

a) El kerma se utiliza fundamentalmente para los fotones y los electrones, nunca para los neutrones.
b) En el kerma se pueden definir dos componentes según la energía se disipe localmente creando excitaciones e ionizaciones, o se transporte más lejos a través de la radiación de frenado.
c) Es una magnitud estocástica y de punto.
d) Siempre hay una diferencia significativa entre el kerma y la dosis absorbida.

24. ¿Cuál de los siguientes métodos NO se utiliza para la determinación absoluta de dosis absorbida en agua?

a) Calorimetría.
b) Dosimetría por luminiscencia.
c) Dosimetría química.
d) Dosimetría por ionización.

25. ¿Cuál es la principal ventaja del detector de diamante en dosimetría de campos pequeños?

a) Equivalencia perfecta con el agua ($Z_{eff} = Z_{eff\,\mathrm{agua}}$).
b) Independencia total de la tasa de dosis.
c) Volumen sensible muy pequeño, excelente resolución espacial y baja perturbación.
d) Coste muy bajo comparado con cámaras Farmer.

26. Una incertidumbre expandida con un factor de cobertura $k = 2$ (de una medida que sigue una distribución normal) corresponde a una probabilidad de cobertura de, aproximadamente:

a) 68.3 %.
b) 95.5 %.
c) 99.0 %.
d) 99.7 %.



27. Si sólo pueden estimarse un límite superior (A) e inferior (B) para el valor de una magnitud X_i y suponemos una distribución de probabilidad rectangular para la variabilidad de la magnitud de entrada, el valor del cuadrado de la incertidumbre típica será:

a) $(1/4) \cdot (A - B)^2$.
b) $(1/3) \cdot (A - B)^2$.
c) $(1/6) \cdot (A + B)^2$.
d) $(1/12) \cdot (A - B)^2$.

28. Señala la afirmación correcta respecto a los dosímetros personales activos:

a) Integran la dosis durante su exposición y no necesitan una fuente de alimentación para su funcionamiento.
b) Los dosímetros activos más comúnmente utilizados son los dosímetros termoluminiscentes.
c) La lectura se realiza en laboratorios especializados al finalizar el periodo de exposición.
d) Proporcionan en tiempo real información sobre la dosis acumulada y la tasa de dosis.

29. ¿Cuál de las siguientes características NO es deseable en un detector utilizado para dosimetría de campos pequeños?

a) La región sensible del detector sea equivalente a agua en cuanto a características de absorción de dosis.
b) La densidad de la región sensible del detector sea próxima a la densidad del agua.
c) El tamaño de la región sensible del detector sea pequeña comparada con el tamaño del campo.
d) Baja relación señal ruido.

30. La razón fundamental por la que las películas radiocrómicas son la herramienta dosimétrica de elección en penumbra de campo y campos pequeños es:

a) Su muy alta sensibilidad (alto SNR).
b) Su altísima resolución espacial.
c) Su bajo coste por dosímetro.
d) Su uniformidad espacial perfecta.

31. La energía media disipada en aire seco por par de iones formados, producidos por rayos X de energías por encima de algunos keV hasta 50 MeV es aproximadamente:

a) (30.27 ± 0.06) eV.
b) (33.97 ± 0.06) eV.
c) (36.97 ± 0.06) eV.
d) (35.01 ± 0.06) eV.

32. Señala la respuesta correcta respecto a un contador Geiger-Müller:

a) Produce impulsos cuyo tamaño depende del tipo de radiación incidente y del gas de llenado.
b) Puede utilizarse para medidas de espectrometría de electrones siempre que la tensión sea lo suficientemente alta.
c) La energía liberada por la partícula incidente no interviene en las características del impulso producido.
d) El tamaño del impulso producido está relacionado con la energía de la partícula incidente mediante una función exponencial.

33. Sobre la eficiencia cuántica de detección, DQE (Detective Quantum Efficiency), de un detector digital de panel plano, indique la afirmación correcta:

a) La DQE depende solo de la eficiencia de absorción del material conversor y no varía con la frecuencia espacial.
b) La DQE depende de la frecuencia espacial y expresa la transferencia de la SNR^2 desde el haz incidente hasta la imagen.
c) En un detector sin ruido electrónico, la DQE es siempre igual a 1 para todas las frecuencias espaciales.
d) La DQE se calcula como $MTF(f)/NPS(f)$ y se expresa en unidades de mm^{-1}.

34. En radiografía digital, un detector de panel plano de conversión indirecta utiliza un centelleador para transformar los rayos X en luz antes de generar la señal eléctrica, mientras que un detector de conversión directa genera carga eléctrica directamente en un fotoconductor. Respecto a los paneles con silicio amorfo y selenio amorfo, señale la afirmación correcta:

a) En los detectores de selenio amorfo, los rayos X generan directamente carga eléctrica en el fotoconductor.
b) En los detectores indirectos de silicio amorfo, los rayos X generan directamente carga eléctrica en la matriz de silicio.
c) El CsI actúa como fotoconductor directo, recogiendo la carga producida por los rayos X.
d) El selenio amorfo necesita un centelleador previo para transformar los rayos X en luz visible.

35. Indique cuál de las siguientes afirmaciones sobre los dosímetros termoluminiscentes (TLD) utilizados en dosimetría de radiodiagnóstico es correcta:

a) Los TLD son detectores primarios y se calibran directamente frente al patrón internacional del kelvin termodinámico.
b) Los TLD son detectores pasivos secundarios que pueden presentar fading y respuesta no lineal a dosis altas, por lo que requieren calibración y condiciones de lectura controladas.
c) Los TLD presentan respuesta perfectamente lineal en todo el rango clínico y fading despreciable, por lo que son detectores ideales de referencia.
d) Los TLD se leen ópticamente sin calentamiento, lo que permite múltiples relecturas no destructivas de la misma pastilla.



36. En un tomógrafo PET, los detectores y la electrónica de adquisición tienen un tiempo finito de procesamiento tras cada evento registrado. Si la tasa de sucesos aumenta, parte de los eventos pueden no ser contabilizados por efecto del tiempo muerto. Respecto a este fenómeno, señale la afirmación correcta:

a) La pérdida por tiempo muerto es significativa únicamente a tasas de recuento bajas.
b) Puede determinarse de forma rutinaria empleando un maniquí de Adams y dos fuentes de Tc-99m.
c) La pérdida por tiempo muerto se hace relevante sobre todo cuando la tasa de recuento es elevada.
d) Está presente siempre con la misma importancia, pero no requiere corrección en estudios PET.

37. Según el documento de la AAPM Report N.º 116 "An exposure Indicator for digital Radiography" se define el Índice de Desviación (DI) como un indicador del ajuste de la respuesta del detector para una imagen específica, KIND, conforme a la respuesta objetivo (KTGT). Una variación en el DI de ± 1 corresponde con una variación del valor reportado KIND respecto del KTGT de un:

a) +25%/-25%.
b) +50%/-50%.
c) +20%/-20%.
d) +25%/-20%.

38. En una cámara de ionización, si aumenta la recombinación iónica y no se aplica la corrección correspondiente, la lectura medida por el electrómetro tenderá a:

a) Aumentar, porque se recogen más cargas en la cavidad.
b) Disminuir, porque parte de los pares iónicos se recombinan antes de ser recogidos.
c) No cambiar, porque la recombinación solo afecta a haces pulsados.
d) Oscilar alrededor del valor real, sin sesgo sistemático.

39. Respecto al síndrome agudo de irradiación:

a) Se produce cuando la irradiación afecta de forma completa o muy extensa (60 % de la masa celular a una persona y puede darse a partir de los $1 - 3$ Gy).
b) Hay tres síndromes que son, ordenados por orden creciente del valor de la dosis absorbida para su aparición: gastrointestinal, neurovascular, hematopoyético.
c) El síndrome hematopoyético aparece solamente cuando las dosis son superiores a 6 Gy.
d) El síndrome neurovascular es el más conocido de los tres gracias a la recogida de datos tras el uso de las técnicas de SBRT.

40. Para los tumores detectables clínicamente, el aumento de la Probabilidad de Control Tumoral (PCT) con la dosis absorbida, en un tratamiento de radioterapia, queda descrito por:

a) Una curva sigmoidea sin una dosis umbral.
b) Una curva sigmoidea con una dosis umbral.



c) Una curva exponencial.
d) Una recta sin dosis umbral.

41. La eficacia biológica relativa (EBR) de las radiaciones de alta LET respecto a fotones de referencia (250 kVp) en el LET óptimo terapéutico ($\sim 100\ \mathrm{keV}/\mu\mathrm{m}$ **) toma típicamente valores en torno a:**

a) < 1.
b) 1 (equivalente a fotones).
c) > 1.
d) Valores negativos.

42. ¿Cuál de los siguientes tipos de radiación produce mayor número de ionizaciones para una misma dosis de 1 Gy?

a) Fotones.
b) Protones.
c) Iones de carbono-12.
d) a), b) y c) producen el mismo número de ionizaciones.

43. La premisa radiobiológica que justifica el hiperfraccionamiento es aprovechar el diferencial entre:

a) α/β tumor alto y α/β tejido sano de respuesta tardía bajo.
b) α/β tumor bajo y α/β tejido sano alto.
c) Dosis total pequeña y dosis por fracción grande.
d) Tiempo total largo y tiempo entre fracciones corto.

44. En el modelo de supervivencia celular lineal-cuadrático, los efectos tardíos se asocian con:

a) La componente lineal y la recuperación celular.
b) La componente cuadrática y la recuperación celular.
c) La componente lineal y la muerte celular.
d) La componente cuadrática y la muerte celular.

45. El EBR en condiciones de anoxia:

a) Es mayor en irradiación con protones que con iones.
b) Es prácticamente igual que en condiciones de oxigenación para irradiación con iones de carbono.
c) Aumenta en la irradiación con fotones.
d) Ninguna de las anteriores.



46. Los esquemas de tratamiento hipofraccionado:

a) Serían potencialmente atractivos para los cánceres en los que el valor del parámetro alfa/beta del tumor fuera similar o menor que el de los efectos crónicos de los tejidos sanos presentes.
b) Sería más perjudicial para los tejidos de alfa/beta alto.
c) Serían potencialmente atractivos para los cánceres en los que el valor del parámetro alfa/beta del tumor fuera mayor que el de los efectos crónicos de los tejidos sanos presentes.
d) Una disminución de la dosis por fracción nos permitiría aumentar el EBR sobre el tumor manteniendo fijo el nivel de efectos tardíos sobre los tejidos sanos.

47. El síndrome agudo gastrointestinal por irradiación corporal total tiene su umbral de aparición en aproximadamente:

a) 0.5 Gy.
b) 6 Gy.
c) 30 Gy.
d) 100 Gy.

48. La aparición de síndromes agudos, ordenados por dosis recibida, de menor a mayor es:

a) Síndrome hematopoyético, síndrome gastrointestinal y síndrome neurovascular.
b) Síndrome gastrointestinal, síndrome neurovascular y síndrome hematopoyético.
c) Síndrome neurovascular, síndrome hematopoyético y síndrome gastrointestinal.
d) Síndrome gastrointestinal, síndrome hematopoyético y síndrome neurovascular.

49. Se decide tratar con radioterapia a una persona paciente con movilidad reducida con un esquema hipofraccionado de 4 Gy/fracción, una vez al día, cinco días a la semana en lugar del esquema convencional de $30\,\mathrm{Gy}$ **totales impartidos en fracciones de** $2\,\mathrm{Gy}$**, 5 días a la semana. Según el modelo lineal-cuadrático y la dosis biológica equivalente (DBE), ¿qué dosis total debemos administrar con el nuevo esquema hipofraccionado para que sea equivalente al esquema convencional con respecto a un efecto del tejido sano caracterizado por** α/β **=2?**

a) 12 Gy.
b) 20 Gy.
c) 24 Gy.
d) 40 Gy.

50. Señalar el enunciado INCORRECTO entre los siguientes:

a) Si como consecuencia de una exposición especialmente autorizada una persona trabajadora supera los límites de dosis, por su seguridad puede ser cambiada de puesto o excluido de su ocupación habitual, sin mediar su consentimiento.
b) En el caso de una profesional embarazada, al menos desde la comunicación de su estado, la protección fetal debe ser comparable a la de la población.



c) Las dosis individuales recibidas por el personal trabajador de categoría B pueden estimarse a partir de la vigilancia realizada en el ambiente de trabajo, siempre que ello permita demostrar la correcta clasificación de este personal trabajador.
d) Una zona controlada es aquella en la que es necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, o evitar la dispersión de la contaminación radiactiva.

51. En un tratamiento convencional de radioterapia externa con fotones, se administra una dosis total de 60 Gy en 30 fracciones de 2 Gy, una fracción al día, en lugar de administrar toda la dosis en una única sesión. Desde el punto de vista radiobiológico, ¿cuál es una de las principales razones que justifica este fraccionamiento?

a) Permitir que los tejidos sanos reparen parte del daño subletal producido por cada fracción antes de recibir la siguiente irradiación.
b) Evitar completamente la aparición de efectos secundarios tardíos, ya que estos solo aparecen cuando la dosis por fracción supera claramente los 5 Gy.
c) Hacer que las células tumorales se vuelvan progresivamente radiorresistentes, de forma que el tratamiento pueda completarse con menor toxicidad.
d) Transformar los efectos deterministas en efectos estocásticos, reduciendo así la gravedad clínica de las reacciones tisulares.

52. Antes de un procedimiento radiológico de cierta dosis, el método estándar recomendado por ICRP 84 para identificar posible embarazo en pacientes en edad fértil es:

a) Test de embarazo en orina obligatorio para todas las pacientes.
b) Anamnesis directa y carteles informativos en la sala.
c) Estudio ecográfico previo.
d) Determinación de β-hCG en sangre.

53. En radioterapia fraccionada, ¿cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente una de las 5R de la radiobiología?

a) La reparación consiste en que las células hipóxicas se vuelven más oxigenadas entre fracciones.
b) La redistribución consiste en el paso de células proliferantes por distintas fases del ciclo celular, pudiendo aumentar la muerte celular con el fraccionamiento.
c) La reoxigenación consiste en la recuperación del daño subletal producido por la radiación.
d) La repoblación consiste en que las células tumorales dejan de proliferar durante el tratamiento fraccionado.

54. En radiobiología, la radiosensibilidad celular varía a lo largo del ciclo celular: las células suelen ser más sensibles en G_2/M y más resistentes en la fase S tardía. ¿Cuál es uno de los mecanismos principales que explica la mayor radiorresistencia de la fase S tardía?

a) Las células en S tardía presentan hipoxia intracelular y no captan oxígeno.
b) La presencia de cromátidas hermanas facilita la reparación por recombinación homóloga.
c) La membrana nuclear se engrosa y atenúa físicamente la radiación.
d) La proliferación se detiene completamente durante la fase S tardía.

55. En la evaluación radiobiológica de un tratamiento, se considera un tejido de respuesta aguda, como mucosa, y un tejido de respuesta tardía, como médula espinal. En general, los tejidos de respuesta tardía presentan valores de α/β más bajos. ¿Qué consecuencia tiene esto en el modelo lineal-cuadrático?

a) Los tejidos de respuesta tardía son más sensibles al aumento de la dosis por fracción.
b) Los tejidos de respuesta tardía son independientes del fraccionamiento.
c) Los tejidos de respuesta aguda solo presentan daño si se supera una dosis umbral muy alta.
d) Los tejidos de respuesta aguda tienen siempre menor radiosensibilidad que los tardíos.

56. El cociente EBR (efecto biológico relativo) de una radiación X de calidad Q se define como:

a) D_X/D_{ref} a igual efecto biológico.
b) D_{ref}/D_X a igual efecto biológico.
c) D_X/D_{ref} para una misma dosis absorbida en agua.
d) D_{ref}/D_X para una misma fluencia de partículas.

57. Elegir la respuesta correcta:

a) La recombinación no homóloga no da lugar a mutaciones.
b) La recombinación homóloga está disponible en la fase del ciclo celular G1.
c) La recombinación no homóloga no permite a la célula continuar con su ciclo proliferativo.
d) La recombinación homóloga está o tiene una alta probabilidad de estar exenta de error.

58. El efecto de la reparación, tras la irradiación en radioterapia:

a) Es más importante en el tumor.
b) Es más importante en los tejidos sanos de respuesta tardía.
c) Es más importante en los tejidos sanos de respuesta precoz.
d) No es un efecto importante.

59. ¿Cuál de los siguientes cánceres humanos en su respuesta a la radioterapia se estima que tiene un valor del parámetro α/β del modelo lineal-cuadrático entre 1 y 2 Gy?

a) Cáncer de mama.
b) Cáncer de laringe.
c) Cáncer de próstata.
d) Cáncer de cérvix.

60. Señalar de los siguientes efectos de la radiación, cuál es un efecto precoz:

a) Neumonitis.
b) Mielopatía.
c) Eritema.
d) Telangiectasia.

61. El valor α/β estimado para el tumor de mama (carcinoma ductal infiltrante), según los resultados del START trial y meta-análisis posteriores, es aproximadamente:

a) 1 Gy.
b) 4 Gy.
c) 10 Gy.
d) 20 Gy.

62. En biodosimetría retrospectiva tras una exposición externa accidental, ¿qué forma tiene habitualmente la curva dosis-respuesta del ensayo de dicéntricos para radiación de baja LET?

a) Lineal pura en todo el rango de dosis.
b) Exponencial, independiente de la calidad de radiación.
c) Constante por encima de 1 Gy.
d) Lineal-cuadrática, con rango útil limitado.

63. Desde el punto de vista radiobiológico, la EBR (eficacia biológica relativa o también RBE) y el OER (oxygen enhancement ratio o razón de mejora por oxígeno) son dos parámetros importantes. Entre las siguientes radiaciones, ¿cuál presenta típicamente la EBR más baja y el OER más alto?

a) Fotones.
b) Iones ligeros (helio, carbono).
c) Iones pesados (silicio, argón).
d) Neutrones.

64. La distancia media en que un radical H se difunde en agua en un tiempo de 1 ns **es de:**

a) 6.9 μm.
b) 6.9 nm.

c) 6.9 pm.
d) 6.9 fm.

65. De acuerdo con la publicación ICRP84 (embarazo y radiación médica), en relación a los tratamientos con radioterapia en pacientes embarazadas la mayoría de especialistas en oncología radioterápica recomiendan retrasar el embarazo entre 1 y 2 años tras la finalización del tratamiento:

a) Por los riesgos potenciales de la radiación.
b) Por la gran cantidad de mutaciones acumuladas en las gónadas.
c) Por el riesgo de recidiva tumoral que requeriría más terapia.
d) Por el efecto "bystander" provocado por la radiación sobre las gónadas.

66. En la publicación 84 de la ICRP, "Embarazo e irradiación médica", se asume de manera conservadora, que el riesgo de cáncer fetal, debido a una dosis fetal de 100 mGy **es:**

a) 0.6 %.
b) 1 /17000.
c) 1 en 1000.
d) 1.5 %.

67. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de los componentes de un acelerador lineal de electrones:

a) Las guías de onda se llenan de freón o hexafluoruro de azufre (SF6) para aumentar la capacidad de conducción de microondas.
b) Las cuñas físicas producen endurecimiento del haz al producir una mayor absorción de los fotones de baja energía.
c) El AFC (control automático de la frecuencia) mantiene ajustado el magnetrón o klystron a la frecuencia de resonancia de las cavidades de la guía aceleradora.
d) Un magnetrón es un amplificador de potencia de las radiofrecuencias generadas por un oscilador de baja potencia.

68. El mecanismo físico por el cual la filtración aumenta con el envejecimiento del ánodo de un tubo de rayos X es:

a) El ánodo se calienta más con el uso.
b) Evaporación del tungsteno del ánodo.
c) El kerma se incrementa con el tiempo.
d) Aumenta la corriente del cátodo.

69. En algunos aceleradores lineales médicos de alta energía, la potencia de radiofrecuencia necesaria para acelerar los electrones se genera mediante un klystron. A diferencia del magnetrón, el klystron suele instalarse fuera del gantry, en el armario o modulator stand, y la potencia de microondas se conduce hasta la guía aceleradora mediante una guía de ondas. ¿Cuál es la razón principal de esta disposición?

a) Porque el klystron funciona con voltajes muy bajos y debe estar alejado de la guía aceleradora.
b) Porque el klystron es voluminoso, pesado y requiere alimentación/refrigeración auxiliares, por lo que no resulta práctico montarlo en el gantry.
c) Porque el klystron genera un campo magnético intenso que desviaría directamente el haz terapéutico.
d) Porque el klystron solo puede funcionar en posición vertical y el gantry cambia de orientación al rotar.

70. En un acelerador con una única energía de 6 MV**, una de las paredes considerada barrera primaria da a una oficina (persona trabajadora con índice de ocupación T=0.25) en la que el objetivo de protección es 0.02 mSv/semana. En ese acelerador se tratan 40 pacientes diarios, 5 días a la semana. La distancia desde la fuente al punto de cálculo es de 7 m. ¿Cuántas capas decimorreductoras se necesitan en la barrera primaria asumiendo una dosis promedio por tratamiento diario de 4 Gy/paciente?**

a) 4.95.
b) 5.31.
c) 5.92.
d) 4.15.

71. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las propiedades físicas de la fuente de Cobalto-60:

a) Periodo de semidesintegración relativamente alto: 12.2 años.
b) Energía de rayos gamma: 1.17 y 1.33 MeV.
c) Alta actividad específica de aproximadamente 9.3 TBq/g.
d) Se produce en un reactor bombardeando Cobalto-59 con neutrones.

72. Señale la respuesta INCORRECTA acerca del tungsteno/wolframio:

a) Tiene un alto número atómico.
b) Tiene una alta conductividad térmica.
c) Tiene un punto de fusión bajo.
d) Tiene más resistencia mecánica en aleación con renio.

73. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las ventajas de un sistema digital de registro radiográfico frente a otro convencional:

a) La menor latitud del sistema.
b) La posibilidad de posprocesado de la imagen.



c) La superior resolución de contraste.
d) El almacenamiento de la información menos costoso y más seguro.

74. El límite normativo de radiación de fuga del cabezal de un equipo de RX médico, medido a 1 m **del foco con el tubo en condiciones máximas de operación, es:**

a) 0.1 mGy/h.
b) 1 mGy/h.
c) 10 mGy/h.
d) 100 mGy/h.

75. En un decaimiento nuclear se emiten partículas cuya energía máxima es función:

a) Del defecto de masa.
b) De la sección eficaz de la captura neutrónica.
c) De la orientación de espín de las partículas.
d) De la constante de decaimiento.

76. En un tubo de rayos X de ánodo de tungsteno operado en condiciones típicas de radiología general (kVp $\approx 80-120$**,** mA $\approx 100-500$**), la mayor parte de la energía cinética entregada por los electrones al impactar el ánodo se convierte en una forma específica. Indique la afirmación correcta respecto a este proceso y a las características del haz emergente.**

a) Aproximadamente el 99 % de la energía cinética de los electrones se convierte en rayos X de bremsstrahlung; sólo ≈ 1 % se disipa en forma de calor — por eso los tubos de diagnóstico requieren refrigeración modesta.
b) El espectro de rayos X emitido es una superposición de un continuo de bremsstrahlung con energía máxima $E_{\text{máx}} = e \cdot$ kVp y de líneas características del molibdeno ($K_\alpha \approx 17.5$ keV, $K_\beta \approx 19.6$ keV) emitidas por el ánodo de tungsteno cuando los electrones expulsan electrones de las capas internas del átomo blanco.
c) El kerma en aire a 1 m del foco escala linealmente con kVp y linealmente con mA, mientras que el contraste del haz (su capacidad de discriminar tejidos) es independiente del kVp y depende sólo del filtrado.
d) Aproximadamente el 99 % de la energía cinética se disipa como calor en el ánodo y sólo ≈ 1 % se emite como rayos X; por ese motivo los tubos de diagnóstico incorporan ánodos giratorios y refrigeración por aceite/agua y se especifica la capacidad térmica del ánodo en unidades térmicas (HU o kJ).

77. Sobre la estadística de la tasa de conteo $R = N/t$ en un contador de pozo y el efecto del tiempo muerto τ del sistema, indique la afirmación correcta.

a) $\sigma_R = R \cdot \sqrt{t}$ (la incertidumbre absoluta de R crece con la raíz del tiempo de medida).
b) $\sigma_R = \sqrt{R/t}$ (la incertidumbre absoluta de R disminuye con el tiempo de medida como $1/\sqrt{t}$).
c) El tiempo muerto τ no afecta a la estadística porque solo modifica la eficiencia ε del detector, y ε no entra en la varianza Poissoniana.



d) En un detector paralizable (tipo Geiger), la tasa observada R_{obs} es siempre mayor que la tasa real R_{true}, lo que reduce automáticamente la incertidumbre relativa.

78. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las características de un simulador virtual usado en radioterapia:

a) Camilla rígida y curva para la persona paciente.
b) Gran abertura.
c) Sistema de láser para referencias de la persona paciente.
d) Programas de simulación virtual.

79. En los EPID modernos de silicio amorfo (aSi) utilizados en verificación portal con haces de megavoltaje, el detector suele incluir una placa metálica de build-up y una pantalla centelleadora que convierte parte de la radiación MV en luz visible, posteriormente detectada por la matriz de fotodiodos. ¿Cuál es el material centelleador más habitual en estos paneles?

a) NaI:Tl.
b) $Gd_2O_2S:Tb$.
c) LiF:Mg,Ti.
d) BaFBr:Eu.

80. En un hospital, ¿cuál de las siguientes asociaciones entre sistema de información y área asistencial es correcta?

a) RIS/PACS: sistema propio de radioterapia externa para registrar campos de tratamiento, unidades monitor y verificaciones del acelerador lineal.
b) OIS: sistema propio de radiodiagnóstico para gestionar peticiones radiológicas, informes e imágenes diagnósticas.
c) RIS/PACS: sistema asociado a radiodiagnóstico para gestionar el flujo de trabajo radiológico y el archivo/comunicación de imágenes; OIS: sistema asociado a oncología radioterápica para gestión, registro y verificación del tratamiento.
d) PACS: sistema de planificación dosimétrica que calcula distribuciones de dosis y sustituye al TPS en radioterapia externa.

81. Sobre los sistemas analizadores 2D y 3D de haces de fotones utilizados en el commissioning de un acelerador clínico, indique la única afirmación correcta.

a) Para la medida de perfiles transversales y PDD durante el commissioning de un haz de 6 MV, el equipamiento de referencia es la cuba de agua motorizada con un detector móvil adecuado y un detector de referencia fijo para normalizar la señal y corregir variaciones de salida durante la adquisición.
b) Una matriz 2D de cámaras de ionización tiene resolución espacial superior a la de una cámara puntual barrida en una cuba de agua, por lo que es el detector de elección para resolver la penumbra fina de un haz de 6 MV.
c) En la medida de PDD para haces de electrones, la cámara cilíndrica se prefiere de forma general a la cámara plano-paralela porque ofrece menor dependencia con la profundidad.



d) Los detectores de diodo de silicio se utilizan en cuba de agua para medir PDD de fotones porque su respuesta es estrictamente proporcional a la dosis absorbida en agua, sin sobre-respuesta a fotones de baja energía.

82. Sobre las características físicas y dosimétricas de los colimadores multiláminas (MLC) de los aceleradores clínicos modernos y sus implicaciones para la conformación dinámica del haz, indique la única afirmación correcta.

a) La transmisión interlámina (entre láminas adyacentes) y la transmisión intralámina (a través del cuerpo de una lámina cerrada) son comparables en magnitud y suman típicamente entre ~ 1.5 % y ~ 3 % de la dosis del haz abierto en un MLC moderno.
b) Las láminas de un MLC son completamente opacas a un haz de 6 MV cuando están cerradas, de modo que la dosis transmitida es exactamente cero y no es necesario tenerla en cuenta en el cálculo de unidades monitor.
c) La penumbra física producida por el extremo redondeado de las láminas (rounded leaf-end design, típico de MLCs Varian Millennium) es independiente de la posición de la lámina dentro del campo, ya que el diseño geométrico está optimizado para mantener la divergencia.
d) En un acelerador clínico moderno, el MLC sustituye completamente a los colimadores secundarios (mandíbulas X e Y), de modo que las mandíbulas pueden retraerse del campo durante la entrega de un tratamiento de IMRT estática.

83. Con un dispositivo electrónico de imagen portal (EPID) de un acelerador lineal de electrones convencional en el que la persona paciente se encuentra con su eje cráneo-caudal alineado con el eje Y_f (según norma UNE-EN 61217), NO es posible:

a) Determinar las rotaciones sobre el eje de giro cráneo-caudal de la persona paciente (alabeo, o "roll" en inglés).
b) Determinar los desplazamientos en las 3 direcciones del espacio.
c) Determinar las rotaciones sobre el eje de giro antero-posterior de la persona paciente (guiñada, o "yaw" en inglés).
d) Determinar las rotaciones sobre el eje de giro medio-lateral de la persona paciente (cabeceo, o "pitch" en inglés).

84. En el contexto de DICOM-RT y de la planificación en radioterapia, ¿a qué se refiere habitualmente la "fusión de estructuras"?

a) A la integración de imágenes de distintas personas pacientes para generar un conjunto anatómico de referencia.
b) A la conversión de imágenes de distintas modalidades en un único objeto DICOM de tipo estructura.
c) A la integración, en un mismo sistema de coordenadas, de contornos o volúmenes definidos sobre distintos estudios de imagen.
d) A la suma de distribuciones de dosis correspondientes a diferentes fracciones o cursos de tratamiento.



85. El espesor de acumulación (buildup región) en una distribución de dosis absorbida en agua de un haz de fotones producido por un acelerador lineal de uso clínico (entre 6 MV y 20 MV):

a) Es menor cuando el índice de calidad del haz es mayor.
b) Aumenta con el tamaño de campo en la superficie a partir de campos de dimensiones superiores a 5 cm x 5 cm.
c) Depende del punto efectivo de la cámara de ionización.
d) Todas las anteriores son FALSAS.

86. En caso de utilizar una cámara de ionización cilíndrica de radio r_{cil} para la medida de las curvas de dosis en profundidad para un haz de fotones:

a) No es necesaria ninguna corrección por ser medidas relativas.
b) Se debe tener en cuenta el punto efectivo de la cámara, desplazando toda la distribución de ionización en profundidad hacia la superficie una distancia igual a $0.6 \cdot r_{\text{cil}}$.
c) Se debe tener en cuenta el punto efectivo de la cámara, desplazando toda la distribución de ionización en profundidad hacia la superficie una distancia igual a $0.5 \cdot r_{\text{cil}}$.
d) Se debe tener en cuenta el punto efectivo de la cámara desplazando toda la distribución de ionización incrementando la profundidad un valor de $0.5 \cdot r_{\text{cil}}$.

87. Sobre la relación entre kerma colisional (K_{col}) y dosis absorbida (D) para un haz de fotones en un medio homogéneo, indique la única correcta.

a) En condiciones de equilibrio de partículas cargadas, D coincide con K_{col} únicamente si la fluencia de fotones no se atenúa con la profundidad.
b) En condiciones de equilibrio de partículas cargadas, y despreciando pérdidas radiativas relevantes, la dosis absorbida coincide con el kerma colisional: $D = K_{\text{col}}$.
c) En la región de build-up de un haz de megavoltaje, $D = K_{\text{col}}$ porque los electrones secundarios depositan toda su energía en el punto donde se generan.
d) En condiciones de equilibrio de partículas cargadas, K_{col} es siempre menor que D, porque parte de la energía se transporta por electrones secundarios hacia fuera del volumen.

88. Una cuña dinámica motorizada en un acelerador lineal:

a) Endurece el haz igual que la cuña física.
b) Ablanda el haz (disminuye energía media).
c) NO modifica la energía espectral del haz, ya que no hay material atenuador adicional.
d) Multiplica la energía nominal por un factor cuña fijo.

89. Los haces de fotones sin filtro aplanador, comparados con los haces de fotones con filtro aplanador, se caracterizan por, indique la opción INCORRECTA:

a) La variación de la forma de los perfiles de dosis con la profundidad es mayor.
b) Mayor dosis en superficie.
c) Menor profundidad del máximo de dosis.

d) Menor energía media de los fotones.

90. En dosimetría de haces de fotones, el término TMR$(z, 0)$, obtenido por extrapolación a tamaño de campo nulo, se interpreta físicamente como:

a) La componente dispersa generada en el fantoma.
b) La componente primaria del haz en profundidad.
c) La energía efectiva del haz a profundidad z.
d) La transmisión relativa del colimador primario.

91. ¿Qué espesor lateral r_{LEE} de aluminio (densidad del aluminio $2.7\ \mathrm{g/cm^3}$) se necesita para tener equilibrio electrónico lateral en un haz de fotones de $15\ \mathrm{MV}$ cuyo $\mathrm{TPR}_{20,10}$ es 0.765?

a) 0.55 cm.
b) 0.70 cm.
c) 0.95 cm.
d) 1.1 cm.

92. En la caracterización dosimétrica de un haz de fotones de un acelerador lineal, se mide la dosis en profundidad porcentual (PDD, percentage depth dose) en un maniquí de agua para un campo de referencia $10 \times 10\ \mathrm{cm^2}$ a SSD = 100 cm. Sobre la dependencia de la PDD con la energía del haz, el tamaño del campo, la SSD y la profundidad, indique la única afirmación correcta.

a) Para una profundidad y un tamaño de campo dados, la PDD aumenta al aumentar la energía del haz, aumenta al aumentar el tamaño del campo (porque se acumula más radiación dispersa) y aumenta al aumentar la SSD (efecto inverso del cuadrado de la distancia menos pronunciado en profundidad).
b) La PDD es independiente del tamaño del campo y de la SSD, ya que es una propiedad intrínseca del espectro del haz; depende exclusivamente de la profundidad y del coeficiente de atenuación lineal del medio.
c) Para una profundidad y un tamaño de campo dados, la PDD disminuye al aumentar la energía del haz, porque los fotones más energéticos son más penetrantes y, por tanto, depositan menos dosis en superficie.
d) La PDD disminuye al aumentar el tamaño del campo en cualquier energía, porque el campo más grande dispersa la dosis lateralmente fuera del eje central.

93. Al planificar un tratamiento de campo único sobre una persona paciente con un haz de fotones de un acelerador, la distribución de dosis difiere de la medida en un maniquí de agua plano por tres correcciones físicas principales: la corrección por contorno externo (curvatura de la superficie), la corrección por inhomogeneidades tisulares (pulmón, hueso, aire) y la corrección por dispositivos modificadores del haz (cuñas, bloques, MLC). Sobre estas correcciones, indique la única afirmación correcta.

a) La corrección por contorno externo (oblicuidad o falta de tejido) puede aproximarse por métodos como el TAR/TMR ratio, isodose-shift o effective SSD, mientras que la corrección por inhomogeneidad pulmonar aumenta la dosis a profundidades distales

al pulmón con respecto a la calculada en agua, debido a la menor atenuación del haz al atravesar tejido de baja densidad.

b) Para un haz de 6 MV que atraviesa una región pulmonar de 8 cm de espesor (densidad relativa $\rho \approx 0.25$ g/cm^3), la corrección de inhomogeneidad disminuye la dosis a profundidades distales en aproximadamente un 15–20 %, ya que el pulmón actúa como un absorbente eficaz.

c) La corrección por contorno externo es despreciable en haces de megavoltaje (>1 MV), porque a esas energías la dispersión es predominantemente hacia delante y la oblicuidad de la superficie no afecta significativamente la PDD efectiva.

d) En haces de 6 MV, la dosis distal al hueso cortical ($\rho \approx 1.85$ g/cm^3) aumenta respecto al cálculo en agua, ya que los fotones secundarios (Compton) generados en el hueso depositan energía adicional en los tejidos blandos circundantes en un volumen comparable al del propio hueso.

94. Sobre la razón tejido-fantoma (TPR) y la razón tejido-máximo (TMR) en un haz de fotones, definidas en geometría isocéntrica con distancia fuente-isocentro (SAD) constante, indique la afirmación correcta:

a) Se definen con SSD constante, igual que la PDD.
b) Mantienen fija la distancia fuente-punto de medida.
c) Incluyen la misma dependencia geométrica que la PDD.
d) Se emplean únicamente en haces de electrones.

95. Un haz de fotones de 6 MV **atraviesa, en el eje central,** 3 cm **de tejido blando con densidad relativa al agua de** 1.0 **y, a continuación,** 8 cm **de pulmón con densidad relativa al agua de** 0.25**, antes de alcanzar un punto situado a** 11 cm **de profundidad geométrica. Aplicando la corrección por longitud de trayecto equivalente, también llamada profundidad radiológica equivalente o profundidad equivalente en agua, ¿qué profundidad efectiva en agua debe utilizarse para consultar la PDD (porcentaje de dosis en profundidad)?**

a) 11 cm (no se aplica corrección, se usa la profundidad geométrica).
b) ≈ 5.0 cm.
c) ≈ 8.0 cm.
d) ≈ 14.0 cm.

96. Para estimar de forma aproximada cómo varía el porcentaje de dosis en profundidad PDD cuando una misma configuración de campo se calcula a una nueva distancia fuente-superficie, puede utilizarse el factor de Mayneord. Señale la afirmación correcta:

a) El factor de Mayneord es menor que la unidad cuando la nueva SSD es mayor que la de referencia, y mayor que la unidad cuando la nueva SSD es menor.
b) En campos grandes y haces de menor energía, puede obtenerse una estimación más ajustada usando el factor modificado $(1 + F)/2$, donde F es el factor de Mayneord.
c) El método tiene en cuenta tanto la variación geométrica por ley del inverso del cuadrado como los cambios de dispersión producidos al modificar la SSD.
d) Al aumentar la SSD, el factor de Mayneord tiende a infravalorar el incremento real del PDD.

97. En un tratamiento con fotones de un acelerador lineal se necesita inclinar la distribución de dosis dentro del campo para compensar una falta de homogeneidad geométrica de la persona paciente. En lugar de colocar una cuña física en el cabezal, se selecciona una cuña dinámica. ¿Cuál es el principio básico por el que se genera el efecto de cuña?

a) La fluencia se modula durante la irradiación mediante el movimiento controlado de una mandíbula del colimador.
b) Se introduce automáticamente un filtro metálico de espesor variable entre la fuente y la persona paciente.
c) Se modifica la energía nominal del haz durante la irradiación para cambiar la penetración en profundidad.
d) Se desplaza la mesa de tratamiento para variar progresivamente la distancia fuente-superficie.

98. Para un campo rectangular de $5\,\text{cm} \times 20\,\text{cm}$, el lado del cuadrado equivalente según Sterling es aproximadamente:

a) 8 cm.
b) 10 cm.
c) 12.5 cm.
d) 25 cm.

99. Se planifica un tratamiento mediante la técnica clásica de dos haces angulados con cuña ("hinge-and-wedge" o par cuneiforme) para conseguir una distribución de dosis uniforme en el volumen blanco. Si los dos haces se cruzan formando entre sí un ángulo de bisagra (hinge angle) $\phi = 90^\circ$, indique cuál es el ángulo nominal de cuña (wedge angle) θ que debe seleccionarse para cada haz, según la relación geométrica clásica de combinación de haces de fotones.

a) $\theta = 30^\circ$ (porque la regla práctica de Khan establece que el ángulo de cuña es siempre un tercio del ángulo de bisagra, $\theta = \phi/3$).
b) $\theta = 60^\circ$ (porque el ángulo de cuña debe coincidir con el ángulo entre el haz y la mediatriz del volumen, que es $90^\circ/2 + 15^\circ$).
c) $\theta = 90^\circ$ (porque para conseguir uniformidad de dosis los dos isodosis deben sumar a 180°, luego cada cuña debe inclinar la isodosis 90°).
d) $\theta = 45^\circ$ (regla geométrica clásica $\theta = 90^\circ - \phi/2$, válida para pares cuneiformes con haces de igual peso e isocéntricos sobre un volumen de espesor moderado).

100. Para conservar el mismo espesor másico (g/cm^2) entre agua y otro medio, el radio de equilibrio electrónico lateral, r_{LEE}, expresado en cm, escala como (ρ es densidad relativa al agua):

a) $r_{\text{LEE,medio}} = r_{\text{LEE,agua}} \cdot \rho_{\text{medio}}$.
b) $r_{\text{LEE,medio}} = r_{\text{LEE,agua}} / \rho_{\text{medio}}$.
c) $r_{\text{LEE,medio}} = r_{\text{LEE,agua}}$ independientemente del medio.
d) $r_{\text{LEE,medio}} = r_{\text{LEE,agua}} \cdot \rho_{\text{medio}}^{1/2}$.

101. Señalar la afirmación correcta respecto al método de Monte Carlo aplicado al cálculo de distribuciones de dosis absorbida en radioterapia:

a) Sólo se aplica a haces de fotones; los algoritmos de electrones requieren métodos analíticos distintos.
b) La precisión estadística del cálculo escala como $1/\sqrt{N}$, donde N es el número de historias simuladas.
c) Para reducir la incertidumbre estadística por un factor 2, basta con duplicar el número de historias.
d) La exactitud del cálculo depende exclusivamente de N, independientemente de las secciones eficaces empleadas.

102. Las técnicas de Montecarlo para el cálculo de la distribución de dosis en radioterapia externa se basan en:

a) La convolución de kernels con la fluencia de fotones primarios.
b) La solución de forma determinista de la ecuación de Boltzmann.
c) La simulación de las trayectorias aleatorias de las partículas individuales.
d) La interpolación de los datos obtenidos durante el establecimiento del estado de referencia del acelerador.

103. Señalar la afirmación correcta en relación con el método de Batho:

a) Es un método de cálculo de dosis en heterogeneidad basado en el empleo del SAR (scatter-air ratio).
b) El método subestima siempre la dosis absorbida cuando tratamos con heterogeneidades con densidades mayores que el agua.
c) El método da buenos resultados para un punto por debajo de una heterogeneidad plana más extensa que el campo y con densidad menor que el agua.
d) El método fue el primero que intentó calcular correcciones por heterogeneidad de la componente dispersa utilizando múltiples cortes TC.

104. Se desea entregar una dosis prescrita $D_{\text{presc}} = 200\text{cGy}$ en un punto situado a una profundidad $d = 10$ cm, sobre el eje central de un haz de fotones de 6 MV. El tratamiento se realiza con un tamaño de campo de 10×10 cm^2 definido en superficie, con una distancia fuente-superficie: $SSD = 100$ cm y mediante una técnica fija a SSD constante, no isocéntrica. El haz está calibrado con un rendimiento de referencia: $D_{\text{cal}} = 1\text{cGy/UM}$ medido en agua a la profundidad de máximo: $d_{\max} = 1.5$ cm para el campo de referencia. Además, se dispone de los siguientes datos dosimétricos: $\text{PDD}(10\text{ cm}, 10 \times 10\text{ cm}^2, SSD = 100\text{ cm}) = 67.0\%$; $S_{cp}(10 \times 10\text{ cm}^2) = 1$. Calcule las unidades monitor (UM) necesarias para entregar la dosis prescrita de 200 cGy en el punto de prescripción:

a) UM $\approx$ 134 UM.
b) UM $\approx$ 200 UM.
c) UM $\approx$ 298 UM.
d) UM $\approx$ 67 UM.

105. En planificación radioterápica, la gEUD (generalized equivalent uniform dose) se utiliza para resumir una distribución de dosis no uniforme en una dosis uniforme equivalente. En la expresión $\mathrm{gEUD} = (\sum_i v_i \, D_i^a)^{1/a}$ **el parámetro** a **determina si el órgano se comporta de forma más paralela o más serial. Para un órgano de riesgo predominantemente en serie, como la médula espinal, el valor de a será típicamente:**

a) Negativo grande, de modo que domina la dosis mínima.
b) Cercano a 1, de modo que domina la dosis media.
c) Positivo grande, de modo que las dosis altas pesan mucho.
d) Igual a cero, de modo que la gEUD no depende de la distribución de dosis.

106. Según una fórmula simplificada de van Herk, si Σ **es la desviación típica combinada sistemática y** σ **la desviación típica combinada aleatoria, el margen para obtener el PTV para que el 90 % de la población reciba una dosis mínima del 95 % de la dosis prescrita en el CTV es:**

a) $1.9\Sigma + 0.5\sigma$.
b) $2\Sigma + 0.7\sigma$.
c) $2.5\Sigma + 0.7\sigma$.
d) $2.8\Sigma + 0.5\sigma$.

107. En un tratamiento con un haz de fotones de $6\,\mathrm{MV}$ **se desea administrar** $200\,\mathrm{cGy}$ **a un punto situado a** $10\,\mathrm{cm}$ **de profundidad en agua. Se emplea técnica con SSD =** $100\,\mathrm{cm}$**, igual a la SSD de calibración, y un campo de** $10 \times 10\,\mathrm{cm}^2$ **definido en superficie. La dosis de calibración es** $1\,\mathrm{cGy/UM}$**, la PDD a** $10\,\mathrm{cm}$ **es** $67\,\%$**, el factor de dispersión total es** $S_{c,p} = 1$ **y se interpone una cuña física con factor de cuña** $\mathrm{WF} = 0.75$**. ¿Cuántas unidades monitor se necesitan?**

a) ≈ 224 UM.
b) ≈ 298 UM.
c) ≈ 398 UM.
d) ≈ 750 UM.

108. La magnitud que se define como "dosis absorbida uniforme que produciría la misma respuesta biológica que la distribución no uniforme real" se denomina:

a) Dosis isoefectiva.
b) Dosis equivalente uniforme (EUD / gEUD).
c) Dosis biológicamente efectiva (BED).
d) Dosis equivalente en fracciones de 2 Gy (EQD2).

109. Definición de índice de cobertura:

a) Cantidad de volumen sano que recibe una dosis absorbida igual o mayor que la de referencia.
b) Fracción del volumen blanco que recibe una dosis absorbida entre 1 y 1.5 la de referencia.

c) Fracción del volumen blanco que recibe una dosis absorbida mayor de dos veces la de referencia.
d) Fracción del volumen blanco que recibe una dosis absorbida igual o mayor que la de referencia.

110. En litotricia extracorpórea por ondas de choque (ESWL — extracorporeal shockwave lithotripsy) se aplican pulsos de presión acústica de muy corta duración (≈ 1 μs) y elevada amplitud (típicamente +30 a +100 MPa de pico positivo seguidos de −5 a −15 MPa de pico negativo) sobre el cálculo renal o ureteral, focalizados a través del tejido. Sobre los mecanismos físicos dominantes que producen la fragmentación del cálculo y los principios físicos del foco acústico, indique cuál de las siguientes afirmaciones es la única correcta:

a) La fragmentación se debe exclusivamente al calentamiento térmico local del cálculo por absorción acústica: la energía acústica se convierte íntegramente en calor en el foco y eleva la temperatura del cálculo por encima del umbral de descomposición.
b) Los litotriptores modernos focalizan la onda mediante un espejo acústico, que actúa por interacción electromagnética con los iones del medio acuoso y enfoca el pulso de presión por el principio de Larmor.
c) Los dos mecanismos físicos dominantes de fragmentación son: el estrés mecánico directo y la cavitación acústica.
d) Los litotriptores piezoeléctricos modernos producen pulsos de frecuencia ultrasónica continua (≈ 1 MHz, onda sinusoidal) y la fragmentación se debe a la resonancia mecánica del cálculo a esa frecuencia, sintonizada al diámetro del cálculo según la relación f = c/(2D).

111. Respecto a la planificación de tratamientos de cáncer de pulmón, debido a la presencia de tejido de muy baja densidad (pulmón) alrededor del tumor, señale la respuesta correcta:

a) Es imprescindible usar algoritmos que modelen bien en condiciones de falta de equilibrio de partículas cargadas.
b) Si realizamos el cálculo con un algoritmo de cálculo sencillo, el planificador proporciona una mejor cobertura del PTV de lo que tendríamos en la realidad.
c) No se deben usar técnicas de IMRT.
d) Los mejores algoritmos de cálculos serían los basados en núcleos de deposición de energía Pencil Beam, ya que tienen buena exactitud en medios heterogéneos.

112. En los cálculos de la mayoría de los sistemas de planificación, se supone:

a) Medio homogéneo e ilimitado.
b) Medio con heterogeneidades e ilimitado.
c) Medio homogéneo en un maniquí de 1000 cm^3.
d) Medio con heterogeneidades en un maniquí de 1000 cm^3.

113. Según el informe ICRU 62 sobre prescripción, registro y elaboración de informes en la terapia con haces de fotones, el Volumen Blanco Interno o ITV:

a) Abarca al CTV y su margen interno.

b) Tiene en cuenta la incertidumbre debida al posicionamiento de la persona paciente.
c) Coincide con el PTV.
d) No tiene en cuenta los movimientos debidos a la respiración de la persona paciente.

114. De acuerdo con el informe ICRU62 de la Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación se define el índice de conformidad como el cociente entre:

a) El volumen tratado y el volumen irradiado.
b) El volumen tratado y el volumen del PTV.
c) El volumen tratado y el volumen del CTV.
d) El volumen de la isodosis del 95 % y el volumen del PTV.

115. De acuerdo con el informe ICRU62, ¿cuál de los siguientes órganos corresponde a su organización tisular correcta según el modelo serie-paralelo?

a) Médula, organización tisular paralelo-serie.
b) Pulmón, organización tisular serie.
c) Riñón, organización tisular paralelo.
d) Corazón, organización tisular serie-paralelo.

116. Según el documento ICRU Report 62 "Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy", el margen de posicionamiento o de preparación del tratamiento (Set-up Margin, SM) se define con el objetivo principal de:

a) Compensar las extensiones microscópicas subclínicas no visibles alrededor del volumen tumoral macroscópico (Gross Tumor Volume, GTV), para definir el volumen blanco clínico (Clinical Target Volume, CTV).
b) Tener en cuenta las incertidumbres de posicionamiento de la persona paciente y de alineación entre la persona paciente y los haces de tratamiento.
c) Corregir las variaciones fisiológicas internas del volumen blanco clínico (Clinical Target Volume, CTV), como respiración, llenado vesical o cambios de forma del órgano.
d) Incorporar la penumbra geométrica del haz dentro del volumen blanco de planificación (Planning Target Volume, PTV).

117. De acuerdo con el ICRU Report 50, al evaluar la homogeneidad de la dosis absorbida en el volumen blanco de planificación (Planning Target Volume, PTV), ¿qué intervalo se recomienda, en términos relativos a la dosis prescrita?

a) Entre el 95 % y el 105 % de la dosis prescrita.
b) Entre el 93 % y el 107 % de la dosis prescrita.
c) Entre el 95 % y el 107 % de la dosis prescrita.
d) Entre el 97 % y el 103 % de la dosis prescrita.



118. Según el ICRU Report 91 (Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams), ¿cómo debe informarse la dosis cercana al máximo en el PTV cuando el volumen del PTV es inferior a $2\,\mathrm{cm}^3$?

a) Como $D_{2\%}$, igual que en volúmenes mayores, para mantener la comparación con ICRU 83.
b) Como dosis máxima puntual, porque en volúmenes pequeños es más representativa.
c) Como $D_{35\,\mathrm{mm}^3}$, utilizando un volumen absoluto.
d) Como $D_{50\,\%}$, porque la dosis mediana sustituye a cualquier parámetro de dosis máxima.

119. De acuerdo con el informe ICRU 62, el volumen tratado se define como el volumen encerrado por:

a) La isodosis seleccionada como adecuada para el tratamiento.
b) La isodosis del 95 % de la dosis prescrita.
c) La isodosis del 100 % de la dosis prescrita.
d) El intervalo entre las isodosis del 95 % y 105 %.

120. El informe del TG-203 de la AAPM sobre manejo de pacientes de radioterapia con marcapasos y desfibriladores cardiacos implantados recomienda, señale la opción INCORRECTA:

a) Evitar exámenes de tomografía computarizada que irradien el dispositivo electrónico implantado más de 3 segundos si es posible.
b) Hacer dosimetría in vivo para la primera fracción si el dispositivo está a menos de 10 cm del área de tratamiento.
c) Se prefieren las tasas de dosis bajas.
d) Usar plomo para blindar el dispositivo durante el tratamiento.

121. La variable "edad de Fermi" que aparece en la ecuación de Kawachi para el cálculo de dosis absorbida de electrones tiene dimensiones de:

a) $(\text{Longitud})^2$.
b) Longitud · Tiempo.
c) Longitud.
d) $(\text{Longitud})^{1/2}$.

122. En relación al algoritmo "MMC" (Macro-Monte Carlo) 1995, ¿cuál de las siguientes afirmaciones NO es cierta?

a) El volumen heterogéneo de la persona paciente se preprocesa para convertirlo en una acumulación de esferas de diferentes tamaños y distintas densidades electrónicas medias.
b) La idea es reducir el número de pasos por historia de cada partícula.
c) Es un algoritmo de tamaño de paso adaptativo.
d) Las esferas ("kugels") de mayor tamaño se localizan cerca de las interfases.

123. En la irradiación superficial total con electrones:

a) Se utilizan haces de electrones de alta energía.
b) La contaminación del haz con fotones supone una mejoría dosimétrica deseable.
c) Las uñas o los ojos no se consideran órganos limitantes de la dosis.
d) Los aceleradores deben permitir seleccionar tasas de dosis muy superiores a las utilizadas en un tratamiento convencional.

124. Al analizar el PDD de un haz clínico de electrones de alta energía en agua, se observa que, tras la caída rápida de la dosis, persiste una pequeña dosis residual a profundidades mayores que el alcance de los electrones. ¿Cuál es la causa principal de esta "cola" distal?

a) La contaminación por fotones de frenado generados en el cabezal del acelerador y en los materiales atravesados por el haz.
b) La presencia de electrones primarios que mantienen toda su energía inicial hasta profundidades muy grandes.
c) La retrodispersión procedente exclusivamente de la mesa de tratamiento.
d) La recombinación iónica en la cámara de ionización utilizada para medir el PDD.

125. En la planificación de un tratamiento con un haz clínico de electrones se coloca sobre la piel un bolus de material equivalente a tejido, de densidad próxima a la del agua. Indique la afirmación correcta sobre su efecto dosimétrico.

a) El bolus no modifica la PDD ni la dosis en superficie; solo compensa irregularidades externas del contorno.
b) El bolus desplaza la distribución de dosis hacia la superficie: reduce la profundidad terapéutica efectiva en la persona paciente y aumenta la dosis cutánea.
c) Para modificar la PDD de electrones, el bolus debe ser de alta densidad, como plomo o aluminio.
d) En electrones de $6-9\,\mathrm{MeV}$, el espesor de bolus debe ser siempre igual al alcance práctico R_p.

126. Sobre el uso de escudos internos en tratamientos con haces clínicos de electrones, por ejemplo, intraorales, intravaginales o postoculares, indique la afirmación correcta:

a) Son equivalentes a bolus de tejido y no requieren consideraciones dosimétricas especiales.
b) Deben ser de aluminio puro, ya que el plomo no produce atenuación útil en haces de electrones.
c) Suelen emplear un material de alta densidad, como plomo, recubierto por una capa de bajo Z para reducir la retrodispersión electrónica en el tejido adyacente.
d) Solo absorben radiación dispersada lateralmente y no alteran la dosis en el eje del haz.

127. En la determinación de la dosis absorbida en condiciones de referencia en un haz de electrones, con una energía nominal de 5 MeV, ¿qué es lo que NO se debería hacer nunca?

a) Corregir por el factor de recombinación de la cámara de ionización.
b) Utilizar un maniquí de agua.
c) Utilizar una cámara de ionización cilíndrica calibrada.
d) Tener en cuenta el punto efectivo de la cámara de ionización.

128. Una cámara de ionización abierta presenta una lectura M en condiciones de medida T = 24°C y P = 99.0 kPa. Indique la afirmación correcta sobre el factor de corrección por presión y temperatura k_{TP} a aplicar para llevar la lectura a las condiciones de referencia (T_0 = 20°C, P_0 = 101.325 kPa) según IAEA TRS-398:

a) $k_{TP} > 1$, porque la masa de aire dentro del volumen activo de la cámara es menor que en condiciones de referencia, de modo que la lectura cruda subestima la dosis y debe corregirse al alza.
b) $k_{TP} = 1$ exactamente, porque las cámaras Farmer modernas son selladas y compensan automáticamente la presión y la temperatura.
c) $k_{TP} < 1$, porque al elevar la temperatura aumenta la energía cinética media de los electrones secundarios y por tanto la ionización por unidad de masa.
d) $k_{TP} > 1$, porque la mayor temperatura ambiente reduce la movilidad iónica y aumenta la recombinación, lo que debe compensarse con un factor mayor que la unidad.

129. En la calibración de haces de megavoltaje según los protocolos IAEA TRS-398 y AAPM TG-51, las condiciones geométricas de referencia (profundidad de medida z_{ref}, tamaño de campo, fantoma y distancias) están especificadas para garantizar la reproducibilidad de la medida. Indique la afirmación correcta.

a) En fotones se emplea agua, campo de referencia y profundidad de 10 cm; en electrones, la profundidad de referencia se determina a partir de R_{50}.
b) En fotones, la profundidad de referencia es siempre z_{max}, por ser el punto de dosis máxima.
c) En electrones, la profundidad de referencia es $R_{50}/2$, independientemente de la energía del haz.
d) En ambos casos, el fantoma de referencia debe ser material sólido agua-equivalente, no agua líquida.

130. Según el protocolo IAEA TRS-398, para caracterizar la calidad de un haz clínico de electrones mediante R_{50}, indique la combinación correcta de detector y tamaño mínimo de campo:

a) Puede emplearse cámara plano-paralela o cilíndrica si $R_{50} \leq 4\,\mathrm{g/cm^2}$; si $R_{50} > 4\,\mathrm{g/cm^2}$, debe usarse exclusivamente cámara plano-paralela. El campo mínimo será $10 \times 10\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} > 7\,\mathrm{g/cm^2}$ y $20 \times 20\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} \leq 7\,\mathrm{g/cm^2}$.
b) Puede emplearse cámara plano-paralela o cilíndrica si $R_{50} \geq 4\,\mathrm{g/cm^2}$; si $R_{50} < 4\,\mathrm{g/cm^2}$, debe usarse cámara plano-paralela. El campo mínimo será $10 \times 10\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} \leq 7\,\mathrm{g/cm^2}$ y $20 \times 20\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} > 7\,\mathrm{g/cm^2}$.



c) Puede emplearse cámara plano-paralela o cilíndrica si $R_{50} \leq 4\,\mathrm{g/cm^2}$; si $R_{50} > 4\,\mathrm{g/cm^2}$, debe usarse cámara plano-paralela. El campo mínimo será $10 \times 10\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} \leq 7\,\mathrm{g/cm^2}$ y $20 \times 20\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} > 7\,\mathrm{g/cm^2}$.
d) Puede emplearse cámara plano-paralela o cilíndrica si $R_{50} \geq 4\,\mathrm{g/cm^2}$; si $R_{50} < 4\,\mathrm{g/cm^2}$, debe usarse cámara cilíndrica. El campo mínimo será $10 \times 10\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} \leq 7\,\mathrm{g/cm^2}$ y $20 \times 20\,\mathrm{cm^2}$ para $R_{50} > 7\,\mathrm{g/cm^2}$.

131. De acuerdo con el protocolo europeo para la Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos (TRS-398, Rev1., 2024 de la IAEA), ¿cuál es el índice de calidad para los haces de electrones utilizados en la práctica clínica (6 MeV - 20 MeV)?

a) La profundidad de hemiabsorción en agua R_{50}.
b) La profundidad de referencia z_{ref}, determinada a partir de $z_{ref} = 0.6\,R_{50} - 0.1\,\mathrm{g/cm^2}$ (R_{50} en $\mathrm{g/cm^2}$).
c) La energía media en la superficie de entrada considerando una $SSD = 100\,\mathrm{cm}$ y un tamaño de campo de $20\,\mathrm{cm}$ x $20\,\mathrm{cm}$.
d) La energía media de los electrones a la salida de la guía aceleradora.

132. De acuerdo con el protocolo europeo para la Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos (TRS-398, Rev. 1), ¿qué tipo de cámara de ionización es la adecuada para determinar la dosis absorbida en haces de RX de $120\,\mathrm{kV}$**, en condiciones de referencia?**

a) Cámara cilíndrica de entre $0.1\,\mathrm{cm^3}$ y $1\,\mathrm{cm^3}$.
b) Cámara plano-paralela de pequeño volumen.
c) Cámara plano-paralela de cualquier volumen con un anillo de guarda de dimensiones adecuadas.
d) Cámara de tipo Pinpoint de volumen inferior a $0.05\,\mathrm{cm^3}$.

133. Según la TRS-398 (Rev. 1, 2024 de la IAEA), los haces de fotones de alta energía cubiertos por el código de práctica presentan valores de $\mathrm{TPR_{20,10}}$ **aproximadamente entre:**

a) 0.30 y 0.64.
b) 0.40 y 0.80.
c) 0.60 y 0.80.
d) 0.20 y 0.64.

134. Un haz de electrones tiene un $R_{50,\mathrm{ion}}$ **(medido en ionización) de** $11\,\mathrm{g/cm^2}$**. La profundidad de referencia según el TRS 398 es:**

a) $6.5\,\mathrm{g/cm^2}$.
b) $6.3\,\mathrm{g/cm^2}$.
c) $6.9\,\mathrm{g/cm^2}$.
d) $6.7\,\mathrm{g/cm^2}$.

135. Como se indica en el TRS-398 (Rev1., 2024) para la calibración de haces de electrones:

a) El punto de referencia para las cámaras cilíndricas en haces de electrones debe colocarse en una distancia $0.5\,r$ más profundo que el punto de interés, siendo r el radio de la cavidad de aire.
b) El punto de referencia para las cámaras plano-paralelas en haces de electrones debe colocarse en una distancia $0.5\,r$ más superficial que el punto de interés, siendo r el radio de la cavidad de aire.
c) Se recomienda el uso de cámaras cilíndricas para todas las calidades de haces, siendo obligatorias para calidades $R_{50} < 4 g/cm^2$ (E< 10 MeV).
d) El punto de referencia para las cámaras cilíndricas en haces de electrones debe colocarse en una distancia $0.5\,r$ más superficial que el punto de interés, siendo r el radio de la cavidad de aire.

136. De acuerdo con el protocolo de la IAEA TRS-398 (Rev.1, 2024), la recomendación para las medidas de factores de campo en haces clínicos de electrones con energías en el rango de 3 a 50 MeV es:

a) Medir con diodo y nunca con cámara de ionización.
b) Medir a la profundidad de referencia, z_{ref} correspondiente a cada energía.
c) Medir a la profundidad del máximo, z_{max} para los tamaños de campo y SSD de tratamiento.
d) Medir a la profundidad de 10 cm con la cámara plano-paralela y en agua.

137. Según el formalismo del TG 61 de la American Association of Physicists in Medicine (AAPM), una cámara usada para la dosimetría de referencia de haces de fotones de baja energía se debe calibrar en términos de:

a) Kerma en aire o dosis absorbida en agua.
b) Exposición.
c) Dosis absorbida en agua.
d) Kerma en aire.

138. Según el informe AAPM TG-61, "AAPM protocol for $40-300$ kV x-ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology", para haces de rayos X de media energía, si el punto de interés está en profundidad, el método recomendado es:

a) Medir en aire y aplicar solo el factor de retrodispersión.
b) Medir en agua a 2 cm de profundidad.
c) Medir en superficie con una cámara plano-paralela.
d) Medir en un maniquí plástico a 5 cm de profundidad.

139. Según el informe AAPM TG-61, "AAPM protocol for $40-300$ kV x-ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology", en la especificación de la calidad de un haz de rayos X de kilovoltaje, ¿qué magnitud se utiliza habitualmente como especificador de calidad?

a) La capa hemirreductora, HVL.



b) La tasa de dosis en superficie.
c) La dosis absorbida a 2 cm.
d) El tamaño del aplicador clínico.

140. El test de Winston-Lutz es una prueba de control de calidad de un acelerador de radioterapia que permite verificar:

a) El tamaño de campo luminoso.
b) El isocentro radiante.
c) Las fugas del colimador multiláminas.
d) La energía del haz.

141. Según el informe AAPM TG-198 sobre garantía de calidad de aceleradores lineales de uso médico, ¿qué tolerancia se recomienda para la coincidencia de los ejes mecánicos de colimador, gantry y mesa con el isocentro de radiación?

a) Debe ser inferior a ± 1 mm en equipos utilizados para tratamientos estereotáxicos y a ± 2 mm en el resto de equipos.
b) Debe ser inferior a ± 1 mm en todos los aceleradores, independientemente de las técnicas clínicas utilizadas.
c) Debe ser inferior a ± 1 mm en equipos utilizados para tratamientos estereotáxicos y a ± 3 mm en el resto de equipos.
d) Debe ser inferior a ± 2 mm en todos los aceleradores, tanto si realizan IMRT como si no.

142. Según la Guía para el control de calidad y seguridad en aceleradores lineales de uso clínico de la SEFM, en un acelerador que vaya a emplearse con técnicas moduladas, donde pueden aparecer segmentos de pocas unidades monitor y una amplia variación en las UM administradas, ¿con qué periodicidad y tolerancia se recomienda verificar la proporcionalidad del sistema monitor?

a) Con frecuencia alta, aceptando una desviación máxima del 2 %, a partir de 5 UM.
b) Con frecuencia baja, aceptando una desviación máxima del 1 %, a partir de 5 UM.
c) Con frecuencia intermedia, aceptando una desviación máxima del 2 % en todo el rango clínico.
d) Con frecuencia alta, aceptando una desviación máxima del 1 % en todo el rango clínico.

143. Según el Real Decreto 391/2025, de 13 de mayo, por el que se establecen los criterios de calidad y seguridad de las unidades asistenciales de radioterapia, cuando se hayan producido irradiaciones de pacientes a dosis absorbidas distintas de las prescritas que comporten un riesgo significativo para su salud:

a) La comisión de garantía de calidad y seguridad en radioterapia enviará un informe a la persona titular del centro sanitario y a la autoridad sanitaria competente.
b) La comisión de garantía de calidad y seguridad en radioterapia enviará un informe a la persona titular del centro sanitario y al Consejo de Seguridad Nuclear.
c) El supervisor de la instalación enviará un informe a la persona titular del centro sanitario y al Consejo de Seguridad Nuclear.

d) El supervisor de la instalación enviará un informe a la autoridad sanitaria competente y al Consejo de Seguridad Nuclear.

144. Según el Real Decreto 391/2025, de 13 de mayo, por el que se establecen los criterios de calidad y seguridad de las unidades asistenciales de radioterapia, la persona titular del centro sanitario en el que esté ubicada la unidad asistencial de radioterapia deberá archivar digitalmente y en formato legible los informes relativos a información clínica y dosimétrica de pacientes durante un período mínimo de:

a) 5 años.
b) 10 años.
c) 20 años.
d) 30 años.

145. Según el Real Decreto 391/2025, de 13 de mayo, respecto a la validación y control del sistema de planificación en radioterapia:

a) El real decreto establece tolerancias numéricas fijas para la comparación entre curvas de isodosis medidas y calculadas en campos irregulares y asimétricos.
b) El sistema de planificación debe someterse a validación y control dentro de los procedimientos establecidos por la unidad asistencial, conforme al programa de garantía de calidad y seguridad.
c) La comparación entre curvas de isodosis medidas y calculadas solo es exigible en la puesta en marcha inicial del sistema, pero no en verificaciones posteriores.
d) El control del sistema de planificación queda limitado a la comprobación documental de la versión instalada del software.

146. Según el documento AAPM TG-142, Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators, en relación con el programa de garantía de calidad de un acelerador lineal, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) La responsabilidad global del programa debe recaer en quien haya fabricado el acelerador.
b) Las pruebas diarias, mensuales y anuales deben ser realizadas siempre exclusivamente por el personal especialista en Radiofísica Hospitalaria.
c) El programa de QA es un trabajo de equipo, pero la responsabilidad global debe asignarse a una persona especialista en Radiofísica Hospitalaria cualificada.
d) La responsabilidad del programa se reparte por igual entre el personal técnico, de dosimetría, médico y radiofísico.

147. Según la guía SEFM 2024 "Guía para el control de calidad y seguridad en aceleradores lineales de uso clínico", la tolerancia orientativa para la exactitud del posicionamiento del MLC en modo estático es:

a) < 0.5 mm para cualquier lámina individual.
b) < 1 mm para láminas individuales.
c) < 1.5 mm para láminas individuales.
d) < 2 mm para láminas individuales.

148. Según la guía SEFM 2024 "Guía para el control de calidad y seguridad en aceleradores lineales de uso clínico", la tolerancia orientativa para la verificación completa de las escalas lineales y angulares de la mesa de tratamiento del acelerador lineal es:

a) 0.5 mm / 0.2˚.
b) 1.0 mm / 0.5˚.
c) 1.5 mm / 0.5˚.
d) 2.0 mm / 1.0˚.

149. Según la guía SEFM 2024 "Guía para el control de calidad y seguridad de los sistemas de planificación y planes de tratamiento de radioterapia externa", para la comparación entre curvas medidas y calculadas en campos complejos o con heterogeneidades, se recomienda como criterio actualizado:

a) Un análisis gamma 1D 2 %/2 mm global, con tasa de paso del 95 % y sin umbral de dosis.
b) Un análisis gamma 1D 5 %/2 mm global, con tasa de paso del 95 % y sin umbral de dosis.
c) Un análisis gamma 1D 3 %/3 mm global, con tasa de paso del 90 % y umbral del 10 %.
d) Un análisis gamma 1D 5 %/3 mm local, con tasa de paso del 95 % y umbral del 10 %.

150. Según la guía SEFM 2024 "Guía para el control de calidad y seguridad de los sistemas de planificación y planes de tratamiento de radioterapia externa", para la comparación entre curvas medidas y calculadas en campos simples de fotones en maniquí homogéneo, se recomienda:

a) Un análisis gamma 1D 2 %/2 mm global, con tasa de paso del 95 % y sin umbral de dosis.
b) Un análisis gamma 1D 3 %/3 mm global, con tasa de paso del 95 % y umbral del 10 %.
c) Un análisis gamma 1D 5 %/2 mm global, con tasa de paso del 95 % y sin umbral de dosis.
d) Un análisis gamma 1D 2 %/1 mm local, con tasa de paso del 99 % y sin umbral de dosis.

151. En relación con el modelado del colimador multilámina, MLC, en un TPS de radioterapia externa, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta según la Guía para el control de calidad y seguridad de los sistemas de planificación y planes de tratamiento de radioterapia externa de la SEFM?

a) Una vez ajustados correctamente los PDD, perfiles y factores de campo, el modelo del MLC no requiere una validación específica para técnicas IMRT o VMAT.
b) El modelo del MLC debe caracterizar parámetros como la transmisión, el extremo de las láminas y el efecto tongue-and-groove.
c) Los parámetros del MLC pueden tomarse directamente de otro centro con el mismo modelo de acelerador, sin necesidad de verificación local.



d) El modelado del MLC afecta principalmente a los tratamientos 3D conformados, pero tiene escasa influencia en los tratamientos VMAT altamente modulados.

152. Según la Guía para el control de calidad y seguridad de los sistemas de planificación y planes de tratamiento de radioterapia externa de la SEFM, ¿cuál es el papel principal de las pruebas end-to-end, E2E, en el contexto del control de calidad de sistemas de planificación y técnicas de tratamiento?

a) Sustituir por completo las verificaciones pre-tratamiento de todos los planes de IMRT/VMAT.
b) Verificar únicamente la transferencia DICOM entre el TPS y el sistema de registro y verificación.
c) Comprobar exclusivamente que el algoritmo de cálculo del TPS reproduce los PDD y perfiles medidos en condiciones de referencia.
d) Evaluar de forma global la cadena de tratamiento, desde la adquisición de imagen hasta la administración de la dosis, utilizando un maniquí y medidas dosimétricas.

153. Según la guía SEFM 2024 titulada Guía para el control de calidad y seguridad en aceleradores lineales de uso clínico, ¿cuál es el enfoque general recomendado para diseñar el programa de control de calidad de un acelerador lineal?

a) Aplicar una lista fija de pruebas y periodicidades.
b) Sustituir los controles periódicos clásicos por verificaciones pretratamiento de todos los planes de IMRT/VMAT.
c) Diseñar un programa adaptado a cada centro que incorpore análisis de riesgos y control estadístico de procesos.
d) Basar el programa únicamente en las pruebas de aceptación del fabricante, siempre que el equipo sea de última generación.

154. Según la guía SEFM 2024 titulada Guía para el control de calidad y seguridad en aceleradores lineales de uso clínico, la prueba de constancia de la dosis absorbida por unidad de monitor en un acelerador lineal tiene especial importancia porque:

a) Permite verificar diariamente la proporcionalidad completa del sistema monitor en todo el rango clínico de unidades monitor.
b) Es una variable fundamental del control de calidad, con alta prioridad en los análisis de riesgo, y se recomienda su seguimiento frecuente mediante control estadístico.
c) Sustituye a la verificación de la calidad del haz, ya que cualquier cambio energético se traduce siempre en una variación de la dosis por unidad monitor.
d) Debe realizarse únicamente en condiciones de referencia en agua, ya que los dispositivos de control diario no son adecuados para seguimiento rutinario.

155. Durante la puesta en marcha de un flujo DICOM entre un equipo de tomografía computarizada de simulación y un sistema de planificación de radioterapia, se comprueba que los datos de orientación, espaciado de píxel, espesor de corte y posición de las imágenes se transfieren correctamente. ¿Cuál es el objetivo de esta verificación?

a) Confirmar que el PACS conserva una copia legal de todas las imágenes adquiridas.

b) Garantizar que la geometría de las imágenes importadas al planificador es correcta para la delimitación de volúmenes y el cálculo de dosis.
c) Verificar que la radióloga ha informado correctamente todas las series del estudio.
d) Asegurar que cada imagen DICOM dispone de un AE Title propio e independiente.

156. Según la guía AAPM TG-76, la amplitud típica del movimiento cráneo-caudal del diafragma durante respiración tranquila (no profunda) es del orden de:

a) $1-2$ mm.
b) $1-2$ cm.
c) $5-10$ cm.
d) >10 cm.

157. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es FALSA con respecto a la realización de CT lento?

a) Supone una pérdida de resolución por el emborronamiento de la imagen.
b) Aumenta la dosis absorbida frente a un CT rápido.
c) Aumenta la dependencia del observador y la probabilidad de errores en la delimitación de los volúmenes.
d) Es el método recomendado cuando el tumor está localizado en hígado, páncreas, riñón.

158. Periodicidad y tolerancia recomendada para realizar el control del sistema de coordenadas e isocentro en un sistema de IGRT basado en ultrasonidos:

a) Trimestral – menor que 2 mm.
b) Mensual – menor que 3 mm.
c) Diaria – menor que 2 mm.
d) Anual – menor que 3 mm.

159. En el código de práctica IAEA TRS-483 para dosimetría de campos pequeños, la selección del factor de corrección del detector para el factor de campo requiere definir un tamaño de campo clínico equivalente. Si A y B son las anchuras FWHM del campo dosimétrico medidas en la profundidad de referencia, con $0.7 < A/B < 1.4$, ¿cómo se define el cuadrado equivalente S_{clin}?

a) Como la media aritmética de ambas anchuras: $S_{\text{clin}} = (A + B)/2$.
b) Como la media geométrica de ambas anchuras: $S_{\text{clin}} = (A \cdot B)^{1/2}$.
c) Mediante la fórmula de Sterling: $S_{\text{clin}} = 2\,A\,B/(A + B)$.
d) Como el diámetro equivalente multiplicado por 1.77: $S_{\text{clin}} = 1.77 \cdot (A \cdot B)^{1/2}$.

160. El efecto que provoca que el movimiento tumoral durante el proceso de respiración normal sea diferente durante la inspiración y la espiración se llama:

a) Histéresis.
b) Movilidad pulmonar.
c) Desfasaje diafragmático.

d) Inflación pulmonar.

161. En radioterapia conformada tridimensional (3D-CRT) basada en TC de planificación, indique cuál de las siguientes afirmaciones sobre la definición y uso de los volúmenes ICRU (GTV, CTV, ITV, PTV) y la conformación de los haces es la única correcta:

a) El PTV (Planning Target Volume) se define dilatando el GTV (Gross Tumor Volume) directamente con un margen geométrico isotrópico que cubre simultáneamente la enfermedad subclínica y todas las incertidumbres de posicionamiento e inmovilización.
b) En 3D-CRT el bloqueo conformado del haz mediante MLC se diseña sobre la proyección del CTV en el BEV (Beam's Eye View) sin añadir margen adicional, dado que el colimador multilámina compensa por sí solo la penumbra geométrica del haz.
c) El CTV (Clinical Target Volume) se obtiene a partir del GTV añadiendo un margen anatómico-clínico que cubre la enfermedad microscópica subclínica; el PTV se construye expandiendo el CTV (o el ITV) con un margen geométrico que integra incertidumbres de posicionamiento, movimiento de órganos e inmovilización de la persona paciente.
d) El ITV (Internal Target Volume) y el PTV son sinónimos según ICRU 62/83, ya que ambos se construyen añadiendo al CTV un margen único que combina movimiento interno e incertidumbres de set-up.

162. En la irradiación corporal total (ICT/TBI) con haces de fotones de $6-18\,\mathrm{MV}$ y técnica a distancia fuente-superficie extendida, aproximadamente 4 m, indique cuál de las siguientes afirmaciones sobre la dosimetría pulmonar y los compensadores es correcta:

a) La dosis pulmonar coincide con la dosis al tórax, porque la baja densidad del pulmón solo afecta a haces de electrones.
b) La baja densidad y la radiosensibilidad del pulmón obligan a evaluar su dosis; los compensadores pulmonares se usan para reducirla respecto a la dosis corporal prescrita.
c) En TBI fraccionada, la tasa de dosis debe ser alta para garantizar el efecto mieloablativo.
d) La dosimetría in vivo solo es necesaria en la primera puesta en marcha de la técnica.

163. En radioterapia intraoperatoria (IORT) con haces de electrones generados por un acelerador móvil dedicado (tipo Mobetron/LIAC) y aplicador rígido en contacto con el lecho quirúrgico, indique cuál de las siguientes afirmaciones sobre la dosimetría, prescripción y elección del aplicador es la única correcta:

a) En IORT con electrones la dosis se prescribe siempre al $100\,\%$ ($D_{\mathrm{máx}}$) en el eje central, y se considera el lecho tumoral cubierto cuando dicho 100% engloba toda la región resecada visible.
b) Los aplicadores rígidos de IORT con biselado ($\geq 15^{\circ}$) se utilizan exclusivamente con haces de fotones, ya que los electrones no pueden propagarse a lo largo de un aplicador inclinado por la pérdida de equilibrio electrónico.

c) Para una prescripción de 10 Gy en una sola fracción a 5 mm de profundidad con electrones de 9 MeV en aplicador de 6 cm, basta con aplicar la dosis equivalente continua (DEC) sin necesidad de corrección por la equivalencia 1 Gy IORT ≈ 1 Gy convencional, dado que la energía depositada es la misma.
d) En IORT con electrones la dosis se prescribe típicamente a una isodosis de cobertura del 90 % (a la profundidad terapéutica del lecho, $5-20$ mm según la energía) y la elección del aplicador (diámetro y bisel) se realiza en quirófano según el tamaño y la geometría del lecho tumoral.

164. En radiocirugía estereotáctica (SRS) con haces de fotones de muy pequeño tamaño de campo (típicamente $< 3 \times 3\,cm^2$ e incluso $< 1 \times 1\,cm^2$), la dosimetría de referencia y la determinación de los factores de campo (output factors) presentan dificultades específicas asociadas al propio tamaño del haz. Indique cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente uno de los problemas dosimétricos característicos de los campos pequeños empleados en SRS:

a) En campos pequeños no existe pérdida de equilibrio electrónico lateral (LCPE), por lo que la dosis absorbida en el eje puede determinarse directamente con la ecuación de Bragg-Gray sin correcciones específicas.
b) El oscurecimiento parcial del foco de la fuente (source occlusion) por los colimadores aumenta artificialmente la fluencia en el eje, produciendo factores de campo sistemáticamente mayores que la unidad incluso para tamaños inferiores a $1 \times 1\,cm^2$.
c) Si el detector es grande respecto al campo, aparece promediado volumétrico y posible pérdida de equilibrio lateral, por lo que deben usarse detectores adecuados y correcciones específicas de campo.
d) El factor de calidad del haz Q ($TPR_{20,10}$ o $\%\,dd(10)_x$) es independiente del tamaño de campo, por lo que el factor k_{Q,Q_0} medido en el campo de referencia $10 \times 10\,cm^2$ puede aplicarse sin modificación alguna en los campos pequeños de SRS.

165. En un tratamiento de radioterapia con "gating" respiratorio, el "duty cycle" es:

a) La razón entre el tiempo real de irradiación y el tiempo total de tratamiento.
b) La variación entre trayectorias de movimiento en inhalación y exhalación.
c) Las variaciones del patrón respiratorio durante el tratamiento.
d) El registro de la curva del ciclo respiratorio simultáneo con la adquisición de las imágenes de tomografía computarizada.

166. En las medidas de la puesta en marcha de la irradiación corporal total (ICT) con fotones de alta energía se debe comprobar la ley del inverso del cuadrado en el rango de distancias que van a emplearse en los tratamientos, y se deben hacer medidas de dosimetría absoluta a esas distancias, si:

a) Las desviaciones son mayores del 15 %.
b) Las desviaciones son mayores del 10 %.
c) Las desviaciones son mayores del 5 %.
d) Las desviaciones son mayores del 2 %.

167. En el informe ICRU 83 sobre prescripción, registro y elaboración de informes en IMRT, se sugiere definir el índice de heterogeneidad (HI) como:

a) $HI = (D_{5\,\%} - D_{95\,\%})/D_{50\,\%}$.
b) $HI = (D_{5\,\%} - D_{98\,\%})/D_{50\,\%}$.
c) $HI = (D_{5\,\%} - D_{95\,\%})/D_{100\,\%}$.
d) $HI = (D_{2\,\%} - D_{98\,\%})/D_{50\,\%}$.

168. Tenemos un plan de tratamiento de radioterapia estereotáxica extracraneal de pulmón en el que se prescriben 8 sesiones de 750 cGy por sesión. Las estadísticas de dosis en el PTV son: $D_{1\,\%} = 68$ Gy, $D_{2\,\%} = 63$ Gy, $D_{50\,\%} = 60$ Gy, $D_{98\,\%} = 57$ Gy, $D_{99\,\%} = 55$ Gy. Con estos datos, el índice de homogeneidad (HI) definido en el informe ICRU 83 es:

a) 1.24.
b) 1.11.
c) 0.1.
d) Falta información para poder calcularlo.

169. Según el ICRU Report 91, Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams, ¿qué magnitud recomienda informar como valor representativo de la dosis absorbida en el PTV en tratamientos estereotácticos?

a) La dosis mínima absoluta, $D_{100\,\%}$.
b) La dosis máxima puntual.
c) La dosis mediana al PTV, $D_{50\,\%}$.
d) La dosis prescrita en el isocentro.

170. Según el ICRU Report 91, Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams, ¿por qué son especialmente importantes los algoritmos avanzados de cálculo de dosis en tratamientos estereotácticos con campos pequeños, como la SBRT pulmonar?

a) Porque permiten ignorar las heterogeneidades tisulares.
b) Porque los campos pequeños no presentan gradientes de dosis significativos.
c) Porque eliminan la necesidad de validar el TPS con medidas.
d) Porque es crítico modelar correctamente la dispersión lateral de electrones en medios heterogéneos.

171. Según el ICRU Report 83, Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT), el PTV —Planning Target Volume o volumen blanco de planificación— y el PRV —Planning Organ at Risk Volume o volumen de planificación del órgano de riesgo— se utilizan para tener en cuenta incertidumbres geométricas. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) Los márgenes del PTV y del PRV no deben comprometerse al delinearlos, incluso si estos volúmenes se solapan con un órgano de riesgo o con el CTV.

b) Deben basarse únicamente en valores estándar publicados, independientemente de la técnica y del centro.
c) Pueden reducirse si el PTV invade un órgano de riesgo, siempre que el plan cumpla la dosis media prescrita.
d) Son innecesarios en IMRT porque la optimización inversa elimina las incertidumbres geométricas.

172. Según el ICRU Report 83, Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT), ¿cuál es una recomendación adecuada para el control de calidad específico de paciente en IMRT?

a) Es suficiente verificar la dosis en un único punto representativo, como en muchos tratamientos 3D conformados.
b) Debe comprobarse la distribución de dosis y no limitarse a un único punto.
c) Puede omitirse si el plan cumple los objetivos dosis-volumen del PTV y de los órganos de riesgo.
d) Debe basarse exclusivamente en dosimetría in vivo, ya que sustituye a las medidas en fantoma.

173. Según el IAEA TRS-483 (Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy), ¿cómo debe especificarse preferentemente el tamaño de campo para aplicar factores de corrección dosimétrica en campos pequeños?

a) Mediante el ajuste nominal de las mordazas o del MLC indicado por el acelerador.
b) Mediante el tamaño del campo luminoso medido en superficie.
c) Mediante la anchura a media altura, FWHM, del perfil lateral del haz a la profundidad de medida.
d) Mediante el tamaño del campo definido en el planificador, sin necesidad de verificación dosimétrica.

174. Considerando el código de práctica IAEA TRS-483, Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy, para un campo pequeño rectangular se utiliza la expresión $S_{\text{clin}} = (A \cdot B)^{1/2}$ para obtener el tamaño de campo cuadrado equivalente. ¿Qué representan A y B en esta fórmula?

a) Las dimensiones nominales programadas en el colimador o en el MLC.
b) Las anchuras dosimétricas del campo FWHM en las dos direcciones principales del perfil lateral.
c) Las distancias desde el eje central hasta cada borde geométrico del campo luminoso.
d) Las dimensiones físicas del volumen sensible del detector en las direcciones in-plane y cross-plane.

175. El informe del TG179 de la AAPM Quality assurance for image-guided radiation therapy utilizing CT-based technologies recomienda comprobar la precisión de los movimientos de la mesa de tratamiento para la corrección de la posición del o la paciente:

a) Diariamente.
b) Semanalmente.

c) Mensualmente o tras actualización.
d) Trimestralmente o tras actualización.

176. En el informe del Task Group 72 de la AAPM sobre radioterapia intraoperatoria con aceleradores lineales móviles de electrones, se recomienda que se prescriba la dosis a la isodosis del:

a) 95 %.
b) 100 %.
c) 90 %.
d) 85 %.

177. Según las recomendaciones del grupo de trabajo 218 de la AAPM (Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA), cuando los resultados de una verificación de IMRT no cumplen con las tolerancias y/o límites de acción propuestos, deberán comprobarse en primer lugar aspectos relacionados con:

a) El colimador multilámina (Multileaf Collimator (MLC)).
b) El software del sistema de verificación de IMRT (IMRT QA software).
c) El sistema de planificación de tratamientos (Treatment planning system (TPS)).
d) El montaje del sistema de verificación de IMRT y haz de radiación (Setup and Beam).

178. Según el documento Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101, ¿cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor cómo debe realizarse la simulación de una persona paciente para SBRT?

a) Puede realizarse en una posición cómoda para la persona paciente, aunque no coincida exactamente con la posición de tratamiento.
b) No es necesario incluir los órganos de riesgo si el tratamiento se realiza con IGRT.
c) Debe basarse exclusivamente en imágenes PET, porque son las más precisas para delimitar el volumen tumoral.
d) Debe realizarse con la persona paciente en posición de tratamiento, incluyendo el volumen blanco y los órganos de riesgo relevantes.

179. En personas pacientes tratadas con SBRT en tórax o abdomen, ¿qué recomienda el Report 101 de la AAPM (Stereotactic body radiation therapy) respecto al movimiento del tumor?

a) No es necesario evaluarlo si se emplea CBCT antes del tratamiento.
b) Solo debe valorarse el movimiento respiratorio si el tumor se desplaza más de 5 cm.
c) Debe añadirse siempre un margen poblacional fijo, independientemente de la localización tumoral.
d) Debe realizarse una evaluación específica del movimiento tumoral de la persona paciente para cuantificar el movimiento respiratorio esperado.

180. En la planificación dosimétrica de SBRT, ¿qué tamaño de rejilla de cálculo recomienda el Report 101 (Stereotactic body radiation therapy) de la AAPM?

a) Rejilla isotrópica de 5 mm o menor.
b) Rejilla isotrópica de 4 mm o menor.
c) Rejilla isotrópica de 2 mm o menor.
d) Rejilla de 2 mm solo en el plano axial y 5 mm en dirección cráneo-caudal.

181. De acuerdo con el TG-101 de la AAPM, en la simulación TC de tratamientos SBRT, la longitud de adquisición debe cubrir, respecto al PTV:

a) $1-3$ cm, hasta 5 cm si se usan haces no coplanares.
b) $3-5$ cm, hasta 10 cm si se usan haces no coplanares.
c) $5-10$ cm, hasta 15 cm si se usan haces no coplanares.
d) $10-15$ cm, sin ampliación por haces no coplanares.

182. Según el informe AAPM TG-101, "Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101", en el cálculo de dosis para SBRT de tumores pulmonares o lesiones rodeadas de tejido de baja densidad, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) Los algoritmos tipo pencil-beam son preferibles porque reducen el tiempo de cálculo y son suficientemente precisos en campos pequeños.
b) No se recomienda aplicar correcciones de heterogeneidad en pulmón, porque pueden aumentar la incertidumbre del cálculo.
c) Se recomiendan algoritmos con integración 3D de la dispersión.
d) La corrección de heterogeneidad solo es necesaria si el tamaño de campo supera los 10 cm.

183. Según el documento de la SEFM titulado Recomendaciones de la Sociedad Española de Física Médica sobre implementación y uso clínico de radioterapia estereotáxica extracraneal (SBRT), ¿cómo se define el índice de heterogeneidad, IH, en la evaluación dosimétrica de un plan de SBRT?

a) Como el cociente entre la dosis absorbida máxima puntual y la dosis absorbida mínima puntual dentro del PTV.
b) Como el cociente entre el volumen del PTV cubierto por la isodosis de prescripción y el volumen total del PTV.
c) Como el cociente entre el volumen englobado por la isodosis de prescripción y el volumen total del PTV.
d) Como el cociente entre la dosis absorbida recibida por el 2 % del PTV, $D_{2\%}$, y la dosis absorbida recibida por el 98 % del PTV, $D_{98\%}$.

184. Sobre el protocolo NAL (No-Action-Level) de corrección de posición en radioterapia es FALSO que:

a) No hay umbral para la corrección.
b) Parte de la suposición que la componente no aleatoria del desplazamiento se mantiene invariante durante todo el tratamiento.

c) Es un protocolo offline.
d) Requiere mayor carga de trabajo que el protocolo SAL (Shrinking Action Level).

185. La constante de tasa de kerma en aire para un determinado isótopo depende de:

a) La probabilidad de emisión de los fotones emitidos por dicho isótopo.
b) La constante de desintegración de dicho isótopo.
c) El espectro de Fermi de la distribución de electrones emitidos por dicho isótopo.
d) La energía cinética de retroceso del isótopo.

186. La unidad de la tasa de kerma de referencia en aire es:

a) $\mathrm{Gy} \cdot \mathrm{h}^{-1}$.
b) $\mathrm{Gy} \cdot \mathrm{m}^{2} \cdot \mathrm{h}^{-1}$.
c) Ci.
d) R.

187. El Au-198 es un radioisótopo que se utiliza para implantes intersticiales de braquiterapia que tiene un periodo de semidesintegración y emite rayos gamma, respectivamente, de:

a) 2.7 días y 0.412 MeV.
b) 27 días y 41.2 keV.
c) 54 días y 0.123 MeV.
d) 5.4 días y 0.23 MeV.

188. ¿Por qué un calibrador de dosis (activímetro) de medicina nuclear NO es adecuado para verificar la TKRA de una fuente de braquiterapia?

a) Es demasiado sensible al fondo radiactivo.
b) Mide actividad (Bq) y está calibrado para isótopos diagnósticos.
c) Sólo funciona con emisores beta puros.
d) Está calibrado en mGy/h, no en Bq.

189. En un implante permanente de braquiterapia con semillas de Pd-103, después de 68 días la persona paciente ha recibido:

a) Prácticamente el 100 % de la dosis total.
b) Aproximadamente el 50 % de la dosis total.
c) El 87.5 % de la dosis total.
d) El 94 % de la dosis total.

190. NO es un factor que contribuya a la incertidumbre de la medida de una fuente de braquiterapia con cámara de pozo:

a) La distancia del detector a los elementos arquitectónicos, a partir de 1 m.
b) La ubicación de la fuente.



c) La dependencia con la energía.
d) La dependencia con el encapsulado.

191. Un tratamiento de braquiterapia con una fuente de Ir-192 dura 282 segundos el 1 de mayo. Si asumimos que la fuente no se ha cambiado, el 15 de mayo el mismo tratamiento duraría:

a) 500 segundos.
b) Aproximadamente los mismos 282 segundos.
c) 322 segundos.
d) 332 segundos.

192. Un delantal plomado es un blindaje efectivo en los procedimientos de braquiterapia de:

a) I-125.
b) Ir-192, Cs-137 y I-125.
c) Co-60.
d) I-125 y Cs-137.

193. Una fuente de braquiterapia de ^{192}Ir tiene una tasa de exposición de $1.75\ \mathrm{R}\cdot\mathrm{h}^{-1}$ a $1\ \mathrm{m}$. Si se inserta en el centro de un contenedor cilíndrico de radio $30\ \mathrm{cm}$, ¿cuántas capas decimorreductoras son necesarias para reducir la tasa de exposición en la superficie del contenedor a menos de $2\ \mathrm{mR}\cdot\mathrm{h}^{-1}$?

a) 10.
b) 3.
c) 4.
d) 14.

194. La actividad específica de las fuentes de Ir-192 utilizadas en braquiterapia es:

a) En torno a 100 veces mayor que la del Cs-137.
b) En torno a 10 veces mayor que la del Cs-137.
c) Aproximadamente el doble que la del Co-60.
d) Del orden de la del Co-60.

195. Si comparamos el Co-60 con el Ir-192 como fuentes de braquiterapia de alta tasa, se tiene que:

a) Para una distancia en torno a $10\ \mathrm{cm}$, los valores de dosis asociados al Ir-192 son mayores que los de Co-60.
b) Ambas fuentes tienen actividades específicas similares.
c) La capa hemirreductora del plomo para el Co-60 es el doble que para el Ir-192.
d) Los tratamientos con la fuente de Ir-192 suelen ser más largos que con la de Co-60.



196. Sobre las características físicas de los radionucleidos habitualmente empleados como fuentes en braquiterapia (^{226}Ra, ^{137}Cs, ^{60}Co, ^{192}Ir, ^{125}I, ^{103}Pd), indique cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta:

a) El ^{125}I emite fotones de alta energía (energía media ≈ 0.66 MeV) por desintegración β^- a ^{125}Te, lo que lo convierte en una fuente equivalente al ^{137}Cs en términos dosimétricos.
b) El ^{60}Co tiene un periodo de semidesintegración de aproximadamente 74 días y emite fotones de energía media ≈ 380 keV, características que lo hacen idóneo como fuente HDR de larga duración (>5 años) sin recambio.
c) El ^{103}Pd y el ^{125}I son emisores β^- puros de baja energía cuya dosimetría se basa exclusivamente en el alcance de partículas cargadas en tejido ($\sim 1-2$ mm); por ello se utilizan en implantes permanentes intersticiales de próstata.
d) El ^{192}Ir desintegra por β^- ($\approx 95\,\%$) a ^{192}Pt y por captura electrónica ($\approx 5\,\%$) a ^{192}Os, con un espectro de fotones γ de energía media ≈ 380 keV y un periodo de semidesintegración de aproximadamente 73.8 días.

197. El volumen prostático óptimo para braquiterapia LDR permanente con semillas de ^{125}I según las guías ABS/TG-137 es:

a) Cualquier volumen (sin límite).
b) $\leq 50-60\,\text{cm}^3$.
c) $80-100\,\text{cm}^3$.
d) $> 120\,\text{cm}^3$.

198. Según el informe de la ICRU, "Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy" (ICRU Report 58), en relación con la aceptación de un grupo de fuentes nominalmente idénticas en braquiterapia, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) No se deben aceptar aquellas fuentes que se desvíen más de un 3 % de la TKRA media del grupo.
b) No se deben aceptar aquellas fuentes que se desvíen más de un 5 % de la TKRA media del grupo.
c) La incertidumbre del certificado de calibración del fabricante no debe superar el 3 %.
d) La desviación admisible de cada fuente respecto a la TKRA media del grupo puede alcanzar el 10 % si el lote contiene más de diez fuentes.

199. Según las recomendaciones del documento conjunto ESTRO-AAPM (grupo HEBD), en los sistemas de planificación de braquiterapia de alta tasa, la fuente debe especificarse en:

a) Actividad aparente.
b) Actividad específica.
c) TKRA.
d) Actividad contenida.

200. En la evaluación de un implante de braquiterapia, ¿por qué un DVH diferencial —también llamado directo o natural— puede ser más informativo que un DVH acumulativo para detectar subdosificación marcada dentro del volumen diana?

a) Porque muestra la localización anatómica exacta de cada voxel subdosificado.
b) Porque muestra el volumen que cae en cada intervalo de dosis, haciendo más visibles valles o huecos en la distribución.
c) Porque elimina la dependencia del tamaño de bin usado para calcular el histograma.
d) Porque sustituye a la revisión de isodosis en la evaluación espacial del implante.

201. La braquiterapia intersticial (con catéteres implantados en el tejido) está indicada para:

a) Lesiones superficiales de piel (mismo uso que moldes).
b) Lesiones profundas (próstata, mama tras lumpectomía, partes blandas).
c) Sólo para órbita ocular.
d) Independiente de la profundidad de la lesión.

202. Las recomendaciones para el cálculo de dosis en braquiterapia oftálmica incluyen:

a) Cálculo de la dosis con homogeneidades y heterogeneidades.
b) Cálculo sólo con homogeneidades.
c) Cálculo sólo con heterogeneidades.
d) No se recomienda el cálculo individualizado.

203. Según el ICRU Report 58, "Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy", en braquiterapia intersticial se emplean distintas magnitudes para describir la cobertura y la uniformidad dosimétrica del implante. Indique la afirmación correcta:

a) La dosis mínima del blanco, MTD, es la dosis máxima recibida por cualquier punto del CTV.
b) La razón de no uniformidad, DNR, relaciona el volumen que recibe al menos 1.5 D_{ref} con el volumen que recibe al menos D_{ref}.
c) La dosis de referencia, D_{ref}, es la dosis en el isocentro mecánico del aplicador.
d) En braquiterapia intersticial no es necesario definir PTV, porque siempre coincide con el CTV.

204. Un servicio de braquiterapia dispone de un equipo de carga diferida remota PDR (pulsed dose-rate, tasa de dosis pulsada). Comparado con HDR (high dose-rate, alta tasa de dosis) y LDR (low dose-rate, baja tasa de dosis), indique cuál de las siguientes diferencias técnicas es correcta:

a) PDR emplea una fuente única móvil, como HDR, pero administra la dosis en pulsos repetidos para simular radiobiológicamente un tratamiento LDR.
b) PDR utiliza múltiples fuentes simultáneas de baja actividad cargadas en distintos catéteres, a diferencia del HDR.
c) PDR utiliza habitualmente Pd-103, mientras que HDR usa radionucleidos de alta energía.

d) PDR no requiere planificación con tiempos de parada; la fuente se mueve continuamente a velocidad uniforme.

205. En braquiterapia intravascular coronaria con fuente beta Sr-90/Y-90, un catéter queda descentrado respecto al eje del vaso. Según el informe de la AAPM TG-149 (Dose calculation formalisms and consensus dosimetry parameters for intravascular brachytherapy dosimetry), indique qué efecto puede producirse sobre la dosis en la profundidad de prescripción:

a) El descentramiento se compensa por simetría angular, por lo que la dosis alrededor del vaso permanece uniforme.
b) En fuentes beta, pequeños descentramientos del catéter no tienen relevancia dosimétrica.
c) El descentramiento puede producir una distribución circunferencial no uniforme, con zonas de mayor y menor dosis.
d) El descentramiento afecta solo a la distribución longitudinal, no a la distribución radial de dosis.

206. Sobre la especificación de volúmenes y dosis en braquiterapia ginecológica de cérvix con imagen 3D, según las recomendaciones GEC-ESTRO y el ICRU Report 89 (Prescribing, Recording, and Reporting Brachytherapy for Cancer of the Cervix) indique la afirmación correcta:

a) El HR-CTV incluye solo el GTV visible en el momento de la braquiterapia.
b) La $D_{2\,\mathrm{cc}}$ de los órganos de riesgo es la dosis media recibida por todo el órgano.
c) La D_{90} del HR-CTV es un índice de cobertura y se reporta como dosis acumulada, incluyendo EBRT y braquiterapia, en EQD2.
d) En HDR de cérvix no es necesario convertir las dosis a EQD2.

207. Una paciente con cáncer de cérvix recibe $45\,\mathrm{Gy}$ EBRT en 25 fracciones ($1.8\,\mathrm{Gy/fr}$) más 4 fracciones HDR de $7\,\mathrm{Gy}$ prescritas a la D_{90} del HR-CTV. Calcule la D_{90} acumulada en EQD2 con $\alpha/\beta = 10\,\mathrm{Gy}$.

a) $73\,\mathrm{Gy}$.
b) $79\,\mathrm{Gy}$.
c) $85\,\mathrm{Gy}$.
d) $100\,\mathrm{Gy}$.

208. El paradigma actual de prescripción dosimétrica en braquiterapia ginecológica del cáncer de cérvix recomendado por ICRU 89 (2016) y GEC-ESTRO se basa en:

a) Punto A clásico del sistema Manchester.
b) Punto B clásico del sistema Manchester.
c) D_{90} del HR-CTV (high-risk clinical target volume) definido por imagen 3D (RM/TC).
d) Dosis a 5 puntos arbitrarios.

209. Tras un implante permanente de semillas de I-125 en próstata, el volumen prostático aumenta debido al edema agudo en las primeras 24-72 h en aproximadamente:

a) $5-10\,\%$.
b) $30-100\,\%$.
c) $200-300,\%$.
d) $>500\,\%$.

210. Según el ICRU Report 89 / ICRU-GEC-ESTRO sobre prescripción, registro e informe en braquiterapia para cáncer de cérvix, para combinar la dosis absorbida en radioterapia externa y braquiterapia se recomienda:

a) Valorar por separado las dosis recibidas por ambas técnicas, ya que no son comparables debido a la diferencia de fraccionamiento.
b) El uso de la dosis equivalente a $2\,\mathrm{Gy}$ por fracción calculada mediante el modelo lineal-cuadrático teniendo en cuenta exclusivamente la reparación de los tejidos sanos.
c) El uso de la dosis equivalente a $2\,\mathrm{Gy}$ por fracción calculada mediante el modelo lineal-cuadrático, con una α/β de $10\,\mathrm{Gy}$ para el tumor y $3\,\mathrm{Gy}$ para el tejido sano.
d) No se dan recomendaciones a este respecto.

211. El protocolo TG64 de la AAPM (braquiterapia de próstata con implantes permanentes de semillas) recomienda que los planificadores comerciales para implantes permanentes de semillas en próstata:

a) Utilicen un algoritmo de Monte Carlo considerando un medio homogéneo.
b) Sigan explícitamente el formalismo de cálculo de dosis descrito en el TG43.
c) Cumplan estrictamente las especificaciones del estándar DICOM RT.
d) Mantengan una librería de todos los tipos de semillas disponibles en el mercado.

212. De acuerdo con el protocolo TG64 de la AAPM (Braquiterapia de Próstata con Implantes Permanentes de Semillas), un factor determinante que se debe considerar para la programación de la dosimetría postimplante es:

a) La duración del edema causado en la próstata por el implante.
b) La actividad (mCi) total del implante.
c) El nivel de antígeno prostático específico (PSA) antes del implante.
d) El número de semillas implantadas.

213. ¿Cuál de los siguientes efectos afecta de forma más significativa a las distribuciones de dosis en braquiterapia?

a) Inverso del cuadrado de la distancia.
b) Heterogeneidades.
c) Presencia de aire.
d) Dispersión en el tejido.

214. En un implante prostático LDR con muchas semillas de I-125, la reducción típica de la D_{90} del PTV debida al apantallamiento entre semillas (interseed attenuation) es del orden de:

a) $< 1\,\%$.
b) $3 - 5\,\%$.
c) $15 - 20\,\%$.
d) $> 30\,\%$.

215. Un sistema de planificación de braquiterapia (TPS-BT) utiliza un algoritmo avanzado de cálculo de dosis basado en modelos (MBDCA), que permite considerar heterogeneidades de la persona paciente, aplicadores y condiciones de dispersión. Según el informe AAPM TG-186, Report of the Task Group 186 on model-based dose calculation methods in brachytherapy beyond the TG-43 formalism, indique cómo debe reportarse la dosis calculada:

a) Debe reportarse exclusivamente dosis en agua en agua, $D_{w,w}$, porque es la única compatible con la literatura clínica previa.
b) Debe reportarse exclusivamente dosis en medio en medio, $D_{m,m}$, sin referencia al formalismo TG-43.
c) Debe reportarse al menos $D_{m,m}$ y mantener también una referencia basada en TG-43 durante la transición clínica.
d) La elección entre $D_{w,w}$ y $D_{m,m}$ es indiferente, porque ambas dosis son siempre prácticamente iguales.

216. Son componentes del formalismo de cálculo de la tasa de dosis, con la aproximación de fuente lineal, formulado por el TG43:

a) TKRA, constante de tasa de dosis absorbida, función de geometría, función de anisotropía y función radial.
b) TKRA, constante de tasa de dosis absorbida, índice de homogeneidad, función de anisotropía y función radial.
c) TKRA, constante de tasa de dosis absorbida, función de geometría, función de anisotropía y polinomio de Meisberger.
d) Actividad contenida, constante de tasa de dosis absorbida, función de geometría, función de anisotropía y función radial.

217. En el formalismo AAPM TG-43 para el cálculo de dosis en braquiterapia, ¿cómo se define la constante de tasa de dosis absorbida, Λ?

a) La tasa de dosis absorbida en agua en el punto de referencia situado a 1 cm de la fuente, sobre su eje transversal, normalizada por la intensidad de kerma en aire, S_K.
b) Como el factor que corrige la atenuación y la dispersión en agua respecto a la aproximación geométrica de una fuente puntual.
c) Como la relación entre la dosis absorbida en agua y la actividad nominal de la fuente, evaluada en condiciones clínicas de tratamiento.
d) Como el parámetro que describe la variación angular de la dosis alrededor de la fuente respecto al plano transversal.



218. En el formalismo TG-43, cuando se emplea la función geométrica de fuente lineal, $G_L(r,\theta)$, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) Puede combinarse indistintamente con la función radial de dosis obtenida con aproximación puntual, $g_P(r)$, siempre que se mantenga el mismo valor de la intensidad de kerma en aire, S_K.
b) Debe emplearse con la función radial de dosis obtenida con aproximación lineal, $g_L(r)$, y con la función de anisotropía bidimensional, $F(r,\theta)$, derivadas usando la misma aproximación geométrica y la misma longitud activa, L.
c) Sustituye a la función de anisotropía bidimensional, $F(r,\theta)$, cuando la fuente presenta simetría cilíndrica respecto a su eje longitudinal.
d) Solo se utiliza para corregir la atenuación y la dispersión en agua, mientras que la función radial de dosis, $g_L(r)$, describe únicamente la ley del inverso del cuadrado.

219. En el documento de la AAPM TG-43, la función radial de dosis $g_X(r)$ tiene como finalidad principal:

a) Describir la variación angular de la dosis alrededor de la fuente respecto al plano transversal.
b) Corregir la tasa de dosis por el decaimiento radiactivo de la fuente entre la calibración y el implante.
c) Representar la variación de la dosis en el plano transversal debida a atenuación y dispersión, una vez separado el efecto geométrico.
d) Convertir la actividad aparente de la fuente en intensidad de kerma en aire.

220. En el documento AAPM TG-43, ¿de qué depende principalmente el comportamiento de la función radial de dosis, $g(r)$, para una fuente encapsulada de braquiterapia?

a) Solo de la energía media del radionucleido, porque los efectos del encapsulado se incluyen íntegramente en la constante de tasa de dosis.
b) De la intensidad de kerma en aire, S_K, ya que esta determina la pendiente de $g(r)$ con la distancia.
c) De la actividad aparente y de la longitud activa de la fuente, que son los parámetros que definen la atenuación radial.
d) Del espectro energético efectivo del radionucleido y de las modificaciones introducidas por el diseño interno y el encapsulado de la fuente.

221. Frecuencia y tolerancia recomendadas para el control de la reproducibilidad de detectores tipo cámara pozo:

a) Bianual – 3 por ciento.
b) Anual – 5 por ciento.
c) Anual – 2 por ciento.
d) Bianual – 2 por ciento.

222. En el control de calidad de una unidad de braquiterapia HDR de carga diferida (remote afterloader), la tolerancia habitual para la exactitud posicional de la fuente en las posiciones de parada o dwell positions es:

a) ≤ 0.1 mm.
b) ≤ 1 mm.
c) ≤ 5 mm.
d) ≤ 10 mm.

223. En las verificaciones de fuentes de braquiterapia con una cámara de pozo, ¿cuándo debe comprobarse la corriente de fuga del sistema detector-electrómetro?

a) Inmediatamente después de aplicar tensión al detector, antes de que el sistema alcance condiciones estables.
b) Antes de utilizar el detector para la medida de verificación de la fuente.
c) Una vez al mes, como parte del control periódico del equipo.
d) Una vez por semana, independientemente de si se realizan medidas de fuentes.

224. Respecto a la cámara de pozo, o cámara reentrante, utilizada para la verificación dosimétrica de fuentes de braquiterapia, señale la afirmación correcta:

a) Es una cámara abierta al aire ambiente durante la medida.
b) Su respuesta es independiente de la posición axial de la fuente dentro del pozo, por lo que no es necesario emplear insertos específicos de posicionamiento.
c) Se calibra en términos de tasa de kerma de referencia en aire, TKRA, para el tipo de fuente considerado.
d) Puede utilizarse con un único factor de calibración universal para cualquier radionúclido y modelo de fuente de braquiterapia.

225. Según el Real Decreto 391/2025, de 13 de mayo, por el que se establecen los criterios de calidad y seguridad de las unidades asistenciales de radioterapia, en los tratamientos de braquiterapia deberá verificarse que:

a) La posición de la fuente en toda su trayectoria y aplicadores no difiera más de ± 1 mm respecto al valor nominal.
b) La adecuada conexión de los tubos de transferencia en los aplicadores y que, a lo largo de todo el tratamiento, se reproduzcan las condiciones de la planificación.
c) La tolerancia de posicionamiento de la fuente no supere ± 0.5 mm en todos los equipos de carga diferida.
d) La tolerancia de posicionamiento de la fuente no supere ± 2 mm, salvo en braquiterapia HDR.

226. En el caso de una fuente empleada en equipos de alta tasa de dosis, y de acuerdo al documento de la SEFM Calibración, Matrices de Dosis y Control de Calidad en Braquiterapia, se recomienda medir TKRA (tasa de kerma de referencia en aire):

a) El día de su aceptación y con periodicidad semanal.
b) El día de su aceptación y con periodicidad mensual.
c) Sólo el día de su aceptación.

d) Tras su último uso y el día de su aceptación.

227. ¿Cuál es una de las condiciones que debe satisfacer la medición de la CHR de un haz de rayos X?

a) El material de atenuación empleado debe ser aluminio de una pureza mayor del 90 por ciento.
b) La medida debe realizarse en condiciones de haz fino; esto es el detector debe alejarse del material de atenuación para evitar la radiación dispersa.
c) El detector empleado debe ser equivalente al agua de manera que su respuesta en energía sea lo más independiente posible.
d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

228. Un sistema de imagen en el que no se pueden distinguir objetos separados menos de 0.2 mm **tiene una resolución espacial en pares de líneas por milímetro (pl/mm) de:**

a) 10 pl/mm.
b) 7.5 pl/mm.
c) 2.5 pl/mm.
d) 1 pl/mm.

229. La función de transferencia de un filtro de reconstrucción de Butterworth depende de dos parámetros: la frecuencia de corte y el orden n. Con este último parámetro se controla:

a) La frecuencia de Nyquist.
b) La pendiente de la curva.
c) La homogeneidad.
d) La resolución.

230. Las distintas modalidades de imagen médica se clasifican habitualmente según la fuente de energía utilizada y según si el contraste obtenido es anatómico/estructural o funcional/molecular. Indique la afirmación correcta:

a) La radiografía proyeccional, la TC y la RM son todas modalidades de transmisión (la energía atraviesa a la persona paciente y se detecta al otro lado), mientras que la ecografía es de emisión (la fuente está en el cuerpo de la persona paciente).
b) Tanto la PET como la SPECT son técnicas de transmisión porque dependen de fotones detectados externamente; la diferencia con la TC radica únicamente en la energía del fotón.
c) La RM no usa radiación ionizante porque opera en la región de microondas del espectro electromagnético, con energías por fotón muy superiores a la energía de enlace de los electrones de valencia, pero menores que el primer potencial de ionización del oxígeno.
d) PET y SPECT son técnicas de emisión (la fuente — un radiofármaco — está dentro de la persona paciente) y aportan principalmente contraste funcional/molecular; la TC y la radiografía son de transmisión y aportan contraste anatómico; la RM es ni de

transmisión ni de emisión en el sentido clásico y aporta contraste anatómico y funcional.

231. En el rango de energías típico del radiodiagnóstico ($\approx 20 - 150$ keV), las dos interacciones dominantes de los fotones con los tejidos son el efecto fotoeléctrico y la dispersión Compton incoherente. Indique la afirmación correcta sobre la dependencia de sus secciones eficaces con la energía del fotón (E) y con el número atómico efectivo del medio (Z_{eff}), y sus implicaciones para el contraste y la dosis a la persona paciente:

a) El efecto fotoeléctrico domina en la región de baja energía y es el responsable principal del contraste anatómico entre tejidos blandos y hueso/yodo; el Compton a energías más altas y siendo responsable principal de la dosis dispersa a la persona paciente y de la radiación dispersa que degrada la imagen.
b) Tanto el fotoeléctrico como el Compton dependen de Z^2 del medio; el contraste tisular es fundamentalmente independiente de la elección de kV.
c) El Compton domina en mamografía (≈ 28 kV) porque la energía es baja y los tejidos son ligeros; el fotoeléctrico solo es relevante por encima de 100 keV.
d) El efecto fotoeléctrico depende de E^2 (no de $1/E^3$) porque su sección eficaz crece con la energía hasta el primer K-edge; por encima del K-edge cae bruscamente y el Compton se hace dominante.

232. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de cómo incrementar la calidad de imagen obtenida en un sistema CR (radiografía computarizada):

a) Uso de pantallas transparentes.
b) Uso de sistemas de doble lectura.
c) Uso de fósforos menos densos.
d) Uso de fósforos estructurados.

233. Sobre las rejillas antidifusoras (anti-scatter grids) utilizadas en radiología convencional para mejorar el contraste de la imagen, indique la afirmación correcta respecto a su funcionamiento, magnitudes características (relación de rejilla R, frecuencia, factor de Bucky) y su impacto sobre la persona paciente.

a) La rejilla antidifusora reduce simultáneamente la radiación dispersa que llega al detector y la dosis a la persona paciente: al filtrar fotones dispersos antes de que el haz primario alcance a la persona paciente, la persona operadora puede bajar el mAs.
b) La rejilla antidifusora aumenta el contraste de la imagen al absorber selectivamente la radiación dispersa, pero exige aumentar el mAs (factor de Bucky B típicamente 2–6) para mantener la exposición del detector, incrementando por tanto la dosis a la persona paciente.
c) La relación de rejilla R = h/D (altura de las láminas de plomo dividida por la separación entre ellas) determina principalmente la resolución espacial de la imagen final; valores típicos R $\approx 8 - 12$ en radiología general buscan resolución submilimétrica.
d) La frecuencia de la rejilla (líneas por cm) se elige tan baja como sea posible (≈ 5 líneas/cm) para que las propias láminas de plomo NO sean visibles en la imagen reconstruida.

234. La resolución espacial del sistema (R_{sys}) de una gammacámara planar empeora con la distancia fuente-colimador porque:

a) Aumenta la radiación dispersa.
b) El cristal pierde sensibilidad a distancia.
c) El colimador permite mayor ángulo aceptado de fotones por punto, ampliando la PSF (penumbra geométrica).
d) La eficiencia del PMT decae con la distancia.

235. Señale la respuesta INCORRECTA acerca del espectro del haz de rayos X usado en mamografía:

a) Potencia la absorción diferencial para obtener imagen contrastada.
b) Usa tensiones muy bajas (de entre 25 y 30 kV).
c) Predomina el efecto Compton sobre el efecto fotoeléctrico.
d) El espectro del molibdeno presenta menos radiación de frenado que el del tungsteno/wolframio.

236. Una serie de imágenes de TC consiste en 200 cortes, cada uno de 512×512 píxeles, cada uno de 16 bits. El tamaño del fichero es:

a) 500 kB.
b) 5 MB.
c) 10 MB.
d) 100 MB.

237. Sobre la anatomía radiológica del mediastino y de la región torácica desde el punto de vista de su identificación en imagen diagnóstica (radiografía simple y TC), indique la única afirmación correcta:

a) El arco aórtico se sitúa anatómicamente a la izquierda de la línea media y por encima del cayado de la vena ácigos, de modo que en una proyección posteroanterior (PA) de tórax forma el contorno superior izquierdo de la silueta mediastínica (el llamado "botón aórtico").
b) El esófago torácico discurre por la línea media estrictamente por delante de la tráquea en todo su trayecto torácico, de modo que en una proyección lateral siempre se proyecta sobre el plano traqueal sin superposición con la columna vertebral.
c) La vena cava superior se forma por la confluencia de las venas pulmonares derechas e izquierdas y desemboca directamente en el ventrículo derecho, lo que la convierte en la vía de retorno preferente del territorio pulmonar.
d) Los bronquios principales derecho e izquierdo son simétricos en calibre, longitud y angulación con respecto a la tráquea, de modo que un cuerpo extraño aspirado tiene la misma probabilidad de alojarse en cualquiera de los dos pulmones.

238. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de la técnica radiológica:

a) El kilovoltaje determina la energía máxima del haz y configura su espectro.
b) Un alto kV será usado en principio para anatomías de alta absorción.
c) Un bajo kV proporcionará un mayor contraste en la imagen.



d) Un bajo kV redundará en menores dosis en los o las pacientes.

239. Señale la respuesta INCORRECTA acerca del uso de sistemas de compresión en mamografía:

a) Mejora el contraste en la imagen.
b) Permite utilizar una tensión más baja.
c) Reduce la dosis recibida por la paciente.
d) Dificulta la detección de posibles patologías.

240. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las características que presentan los equipos móviles de RX:

a) Problemas de suministro eléctrico.
b) Problemas de protección radiológica.
c) Simplicidad en el ajuste de la distancia foco-placa.
d) Desajustes mecánicos y electrónicos frecuentes.

241. En una imagen de angiografía de vasos con contraste iodado a la que se le ha sustraído digitalmente una máscara previa a la inyección del contraste:

a) El valor de pixel de los vasos es independiente de la cantidad del tejido de la persona paciente en el que se hallen insertos.
b) El valor de pixel de los vasos sigue una dependencia lineal con la cantidad del tejido de la persona paciente en el que se hallen insertos.
c) El valor de pixel de los vasos sigue una dependencia logarítmica con la cantidad del tejido de la persona paciente en el que se hallen insertos.
d) La dependencia lineal o logarítmica del valor de pixel de los vasos depende del tipo de procesador del equipo.

242. Para aumentar la resolución de alto contraste en un estudio de Tomografía Axial Computarizada (TAC):

a) Se debe aumentar el kilovoltaje.
b) Se debe aumentar el tamaño de píxel.
c) Se debe aumentar el campo de visión (FOV) y mantener el tamaño de la matriz.
d) Se debe mantener el campo de visión (FOV) y aumentar el tamaño de la matriz.

243. Si se duplica el mAs de una adquisición TC manteniendo el resto de parámetros constantes, el ruido cuántico σ_{HU} se reduce en un factor de:

a) 2.
b) 4.
c) $\sqrt{2}$.
d) No cambia.

244. Para maximizar el contraste yodo/tejido blando en las imágenes monoenergéticas virtuales (VMI) derivadas de un estudio dual-energy CT, la energía óptima a seleccionar está típicamente entre:

a) $20 - 30$ keV.
b) $40 - 70$ keV.
c) $90 - 120$ keV.
d) $150 - 200$ keV.

245. En tomografía computarizada (TC), el algoritmo clásico de retroproyección filtrada (FBP, filtered back-projection) requiere aplicar un filtro al perfil de proyección antes de la retroproyección. Indique la afirmación correcta sobre la naturaleza y la función de ese filtro.

a) El filtro fundamental en el dominio de la frecuencia es el filtro rampa $|\nu|$ (también llamado Ram-Lak), cuya función es compensar el sobreénfasis de las bajas frecuencias intrínseco a la retroproyección no filtrada y restaurar así la geometría correcta del objeto reconstruido.
b) El filtro rampa amplifica las bajas frecuencias y atenúa las altas; por eso la imagen reconstruida sin él aparecería excesivamente ruidosa en las altas frecuencias.
c) En FBP el filtro se aplica después de la retroproyección sobre la imagen 2D reconstruida, multiplicando su transformada de Fourier 2D por una función rampa radial; aplicarlo antes (sobre las proyecciones 1D) produciría imágenes geométricamente incorrectas.
d) Filtros como Shepp-Logan, Hann o coseno son alternativas exactas al filtro rampa: producen imágenes idénticas en geometría y resolución espacial, sin compromiso entre ruido y resolución.

246. En el caso de los fotones, la probabilidad de interacción por unidad de longitud en un medio condensado (sólido o líquido):

a) Se puede denominar coeficiente de atenuación lineal.
b) Es igual a la sección eficaz microscópica.
c) Equivale al recorrido libre medio entre colisiones.
d) Es inversamente proporcional a la sección eficaz total.

247. ¿Cuál de las siguientes características es deseable en un sistema de tomografía computarizada dedicado a radioterapia externa?

a) Diámetro interior mayor que el de los equipos dedicados a diagnóstico por la imagen.
b) Láseres en la sala incluyendo un láser sagital móvil.
c) Mesa plana para reproducir la posición de tratamiento.
d) Todas las anteriores son correctas.

248. La guía IAEA RS-G-1.9, Categorization of Radioactive Sources, clasifica las fuentes radiactivas selladas se clasifican en categorías 1-5 según el riesgo radiológico potencial. La categoría 1 corresponde a:

a) Fuentes de muy bajo riesgo (poco probable que cause lesión).

b) Fuentes de muy alto riesgo (probables fatalidades por exposición de minutos).
c) Fuentes médicas hospitalarias estándar.
d) Fuentes de calibración de laboratorio.

249. Un atenuador equivalente a dos espesores decimorreductores reduce la intensidad del haz en un factor:

a) 20.
b) 4.
c) 15.
d) 100.

250. En densitometría ósea por absorciometría dual de rayos X (DXA/DEXA), la estimación de la densidad mineral ósea se basa en:

a) La adquisición de una imagen con una única energía de rayos X y la comparación directa con una radiografía convencional.
b) La reconstrucción tomográfica del volumen óseo para obtener una densidad mineral real en g/cm^3.
c) La adquisición con dos espectros de rayos X, aprovechando la distinta dependencia energética de la atenuación en hueso y partes blandas.
d) La medición directa de la actividad metabólica ósea mediante captación de un radiofármaco.

251. La resolución espacial intrínseca típica (FWHM, sin colimador) de una gammacámara planar moderna con cristal NaI(Tl) para Tc-99m es aproximadamente:

a) $0.5 - 1.0$ mm.
b) $3.5 - 4.5$ mm.
c) $10 - 15.0$ mm.
d) $25 - 30.0$ mm.

252. En relación con las exposiciones accidentales o no intencionadas, ¿qué obligación corresponde a la persona titular del centro sanitario según el Real Decreto 601/2019?

a) Registrar únicamente los sucesos que hayan producido daño clínico confirmado al o la paciente y comunicarlos al Consejo de Seguridad Nuclear.
b) Implantar un sistema de registro y análisis de sucesos que conlleven o puedan conllevar exposiciones médicas accidentales o no intencionadas, proporcional al riesgo radiológico de la práctica.
c) Notificar todos los incidentes dosimétricos a la persona paciente, pero solo declarar a la autoridad sanitaria aquellos que superen los niveles de referencia diagnósticos.
d) Delegar en la persona especialista en Radiofísica Hospitalaria la declaración de los sucesos significativos y la adopción de medidas correctoras.

253. Según el documento de la AAPM report no. 125 "Functionality and Operation of Fluoroscopic Automatic Brightness Control/Automatic Dose Rate Control Logic in Modern Cardiovascular and Interventional Angiography Systems", en un equipo de fluoroscopia de arco en C con distancia fuente-detector mayor que 45 cm**, en referencia a la tasa máxima de dosis a la entrada de paciente:**

a) El punto de medida de la tasa máxima de kerma en aire está situado 1 cm por encima de la mesa.
b) El punto de medida de la tasa máxima de kerma en aire está situado a 30 cm de la superficie de entrada del sistema receptor de imagen.
c) El punto de medida de la tasa máxima de kerma en aire está situado a la mínima distancia fuente-piel.
d) El punto de medida de la tasa máxima de kerma en aire está situado 30 cm por encima de la mesa.

254. Según el documento de la AAPM Report No. 116, "An Exposure Indicator for Digital Radiography", la condición estándar del haz de rayos X utilizada para verificar el indicador de exposición de un detector digital debe caracterizarse por:

a) Un haz en torno a 70 kVp con una capa de 6.8 mm Al.
b) Un haz RQR5 sin filtración adicional, definido únicamente por la tensión del tubo.
c) Un haz cuya calidad depende del fabricante y del tipo de detector digital utilizado.
d) Un haz obtenido añadiendo 1 mm de cobre a cualquier calidad radiográfica de referencia.

255. Según la guía de la SEFM Introducción al Control de Calidad en Radiología Digital, en los sistemas de radiología digital DR con detectores de panel plano, la clasificación en detectores de conversión directa o indirecta depende de cómo se transforma la energía de los rayos X hasta obtener la señal eléctrica. En relación con este proceso de conversión, ¿cuál de las siguientes asociaciones es correcta?

a) Conversión directa: centelleador de CsI: Tl o Gd_2O_2S acoplado a fotodiodos.
b) Conversión indirecta: capa de selenio amorfo que genera pares electrón-hueco.
c) Conversión directa: material fotoconductor, como selenio amorfo, en contacto con una matriz activa de píxeles.
d) Conversión indirecta: lectura de una imagen latente mediante barrido láser.

256. Uno de los elementos del estándar DICOM es un protocolo de comunicación e intercambio de datos. NO forma parte de este protocolo:

a) Un esquema de comunicación basado en TCP/IP.
b) Un puerto estándar de comunicación igual al puerto 104.
c) Un proveedor del servicio de clases (SCP) y un cliente del servicio de clases (SCU).
d) Un Application Entity Title (AE Title) único para cada imagen DICOM.

257. En el contexto de la cavitación acústica producida por ultrasonidos, y manteniendo constantes la frecuencia, presión acústica, temperatura y presencia de núcleos de cavitación, ¿cómo afecta la viscosidad del medio a la probabilidad de cavitación?

a) Una mayor viscosidad favorece la cavitación al estabilizar el crecimiento de burbujas.
b) Una menor viscosidad facilita la cavitación al reducir la disipación viscosa.
c) La viscosidad no influye en el umbral de cavitación acústica.
d) La viscosidad solo influye si la onda ultrasónica es continua, no pulsada.

258. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las ventajas de los ultrasonidos:

a) Buena calidad de la imagen en planos profundos y pacientes con obesidad.
b) Ausencia casi total de contraindicaciones.
c) Movilidad de los equipos.
d) Capacidad para obtener información vascular sin el empleo de contraste.

259. Señale la respuesta INCORRECTA: en la formación de la imagen ecográfica se realizan, entre otras, estas suposiciones y aproximaciones:

a) Todos los ecos detectados se producen únicamente en el eje del haz principal.
b) Los US se desplazan a una velocidad de 1540 m/s en el tejido.
c) La amplitud del eco recibido que se representa en el monitor del ecógrafo con distintos niveles de gris, depende únicamente de la ecogenicidad del órgano reflector.
d) La atenuación del sonido en el tejido es variable a lo largo de todo el camino recorrido por la onda.

260. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las ventajas de la Resonancia magnética:

a) Elevado contraste entre tejidos blandos.
b) Menor coste que otras técnicas de imagen.
c) Adquisición multiplanar.
d) Muy buen equilibrio entre resolución espacial y resolución temporal para estudios dinámicos y funcionales.

261. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de los tipos de potenciación para una imagen de Resonancia magnética:

a) Relajación en el plano transversal (x, y): potenciación T2*.
b) Relajación en el plano transversal (x, y): potenciación T2.
c) Relajación en el eje longitudinal (z): potenciación T1.
d) Relajación en el eje longitudinal (z): potenciación DE (densidad electrónica).

262. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de los modos de representación de imagen para Ultrasonidos:

a) Modo A (“Amplitude Mode”).
b) Modo B estático (“Brightness Mode”).

c) Modo C (“Contrast Mode”).
d) Modo M (“Motion Mode”).

263. En una instalación de resonancia magnética, el campo magnético estático B_0 está siempre presente, incluso cuando el equipo no está adquiriendo imágenes. Un objeto ferromagnético introducido en la sala del imán puede experimentar una fuerza traslacional y acelerarse hacia el equipo, dando lugar al denominado efecto proyectil. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente este fenómeno?

a) El riesgo depende principalmente de la intensidad de los gradientes de imagen, por lo que desaparece cuando no se están aplicando secuencias de adquisición.
b) El riesgo depende del campo magnético estático y de su gradiente espacial, siendo especialmente relevante cerca de la entrada del túnel del imán.
c) El riesgo es máximo en el isocentro del imán, porque allí el campo magnético es más homogéneo.
d) El riesgo se relaciona sobre todo con la inducción de corrientes eléctricas en el objeto metálico, no con sus propiedades ferromagnéticas.

264. En ecografía diagnóstica, la resolución axial y la profundidad de penetración del haz ultrasónico están gobernadas por parámetros físicos del transductor y del medio. Seleccione la afirmación correcta sobre la relación entre frecuencia, longitud de onda, atenuación y resolución axial:

a) La resolución axial mejora al disminuir la frecuencia del transductor, porque la longitud de onda aumenta y permite separar mejor estructuras adyacentes.
b) La resolución axial es aproximadamente la mitad de la longitud espacial del pulso (SPL/2); a mayor frecuencia, menor longitud de onda y por tanto mejor resolución axial, a costa de mayor atenuación en tejido ($\approx 0.5\,\mathrm{dB \cdot cm^{-1} \cdot MHz^{-1}}$) y por tanto menor penetración.
c) La atenuación del ultrasonido en tejidos blandos es independiente de la frecuencia, por lo que un transductor de 10 MHz tiene la misma profundidad útil de exploración que uno de 2 MHz.
d) La velocidad del sonido en tejidos blandos depende fuertemente de la frecuencia del transductor; por convenio se asume $c = 1540\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ a 1 MHz, pero este valor se duplica a 10 MHz.

265. Una persona paciente de 80 kg sometida a una secuencia de RM a 3 T experimenta sensación de calor moderado en el tórax al cabo de varios minutos de adquisición. Indique la magnitud cuya superación más probablemente explica este efecto y su unidad SI canónica:

a) Campo estático B_0 — tesla (T).
b) dB/dt del gradiente — tesla por segundo ($\mathrm{T \cdot s^{-1}}$).
c) SAR (specific absorption rate) — vatios por kilogramo ($\mathrm{W \cdot kg^{-1}}$).
d) Coeficiente magnetomecánico — newton por tesla ($\mathrm{N \cdot T^{-1}}$).

266. La fórmula del elipsoide $V = (\pi/6) \cdot L \cdot W \cdot H$ $(\approx 0.524 \cdot L \cdot W \cdot H)$ para estimar el volumen del tiroides se aplica típicamente sobre imágenes obtenidas con:

a) Gammacámara planar.
b) PET 3D.
c) Ecografía bifocal (longitudinal + transversal).
d) Resonancia magnética 3D.

267. En relación con el uso de móviles y tabletas para visualizar imágenes médicas, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) El artículo propone criterios específicos de control de calidad para estos dispositivos y los equipara a los monitores diagnósticos.
b) La principal limitación de estos dispositivos es su menor resolución espacial frente a los monitores médicos.
c) La aplicación de las recomendaciones de calidad de imagen es problemática por la dificultad de controlar la luminancia, calibrar la respuesta GSDF y gestionar la iluminación ambiental.
d) Los dispositivos de mano quedan excluidos porque no pueden mostrar imágenes médicas en formato DICOM.

268. La verificación del funcionamiento del control automático de exposición (CAE) en sistemas digitales se realiza mediante:

a) La medida de la densidad óptica (DO) en las imágenes sobre placa radiográfica.
b) La medida de la luminancia de las imágenes al visualizarlas en un monitor diagnóstico.
c) La estimación de la dosis en el receptor de imagen estimada a través del índice de exposición del sistema.
d) La medida de la dosis (con cámara de ionización o detector de semiconductor) en la posición del receptor de imagen.

269. ¿Cuál de los siguientes reales decretos establece los criterios de calidad en radiodiagnóstico?

a) Real Decreto 391/2025.
b) Real Decreto 673/2023.
c) Real Decreto 1976/1999.
d) Real Decreto 35/2008.

270. Considerando el Real Decreto 1976/1999, señalar cuál de los siguientes aspectos NO se recoge como contenido mínimo necesario del programa de garantía de calidad de las unidades asistenciales de radiodiagnóstico:

a) Los procedimientos para el registro de incidentes o accidentes que puedan ocurrir en la unidad, incluyendo la investigación realizada y las medidas correctoras aplicadas.
b) La verificación anual de los niveles de radiación en los puestos de trabajo y en aquellos lugares accesibles al público.

c) El programa de formación para la utilización del equipo de rayos X, la protección radiológica y el entrenamiento continuado.
d) La autorización previa por la autoridad sanitaria competente de cada protocolo radiológico estándar antes de su aplicación clínica.

271. Durante la revisión periódica del programa de garantía de calidad en una unidad de radiodiagnóstico, se observa que los valores medios estimados de dosis a pacientes en una determinada exploración superan los niveles de referencia recogidos en el Real Decreto 1976/1999, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. ¿Cuál sería la actuación más adecuada?

a) Comunicarlo directamente al Consejo de Seguridad Nuclear, ya que la superación de los niveles de referencia diagnósticos constituye siempre un suceso notificable.
b) Analizar la técnica empleada, revisar los parámetros de exposición y valorar medidas de optimización, manteniendo una calidad de imagen adecuada para el objetivo diagnóstico.
c) Sustituir los niveles de referencia del programa por los valores medios obtenidos en la unidad, siempre que estos sean estables y reproducibles en el tiempo.
d) Mantener el protocolo sin modificaciones si la calidad de imagen es diagnóstica, dado que los niveles de referencia no tienen carácter de límite de dosis individual.

272. En el informe de la AAPM Report N.º 270 "Display Quality Assurance" se describe que el método empleado en informe de la AAPM del Task Group 18 (TG18) para el ajuste de la respuesta en luminancia de los monitores puede llevar a errores en dicho ajuste. Por ello recomienda el uso de:

a) Una metodología de 11 puntos de medida para realizar el ajuste de la respuesta en luminancia.
b) Una metodología de 18 puntos de medida para realizar el ajuste de la respuesta en luminancia en los casos en que se pueda realizar de forma automática y de 11 cuando únicamente se pueda realizar manualmente.
c) Una metodología de 52 puntos de medida para realizar el ajuste de la respuesta en luminancia en los casos en que se pueda realizar de forma automática y de 18 o 52 (a elección de la persona usuaria) cuando únicamente se pueda realizar manualmente.
d) Una metodología de 256 puntos de medida, en cualquier caso.

273. En el control de calidad de monitores médicos según AAPM Report 270, ¿qué relación se recomienda considerar al evaluar la influencia de la iluminación ambiental?

a) Que la luminancia ambiental sea siempre igual a la luminancia máxima del monitor.
b) Que la luminancia mínima emitida por el monitor sea al menos unas cuatro veces superior a la luminancia ambiental reflejada.
c) Que la iluminancia ambiental se mantenga siempre por debajo de 5 lux para evitar cualquier reflexión sobre la pantalla.
d) Que la luminancia máxima del monitor sea al menos cuatro veces superior a la luminancia ambiental reflejada.

274. Según el Módulo 1 del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico PECCRD Revisión 2024, en la prueba DX13 sobre verificación del índice de exposición EI del detector, cuando el índice es conforme con IEC 62494-1:2008, ¿cuál de los siguientes criterios de aceptación es correcto para la curva de ajuste del EI indicado por el equipo frente al kerma en aire?

a) La pendiente de la curva de ajuste EI frente a kerma debe estar entre 90 y 110.
b) La pendiente de la curva de ajuste EI frente a kerma debe estar entre 95 y 105.
c) Ningún punto medido debe desviarse de su correspondiente valor ajustado en más del 5 %.
d) Ningún punto medido debe desviarse de su correspondiente valor ajustado en más del 10 %.

275. Según el "Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico" (revisión 2011), en un análisis preliminar de rechazo de imágenes se espera que la tasa de rechazo esté aproximadamente en torno a:

a) 2-3 % en sistemas convencionales y 6-10 % en sistemas digitales.
b) 2-3 % tanto en sistemas convencionales como sistemas digitales.
c) 6-10 % en sistemas convencionales y 2-3 % en sistemas digitales.
d) Valores similares en sistemas convencionales y digitales, siempre inferiores al 1 %.

276. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba TC020, índice de dosis en tomografía computarizada (CTDI), ¿cuál es el valor límite de $CTDI_{vol}$ indicado para una exploración de referencia de abdomen en una persona de 5 años?

a) <60 mGy.
b) <35 mGy.
c) <25 mGy.
d) <10 mGy.

277. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba MD021 (función de respuesta del detector) para equipos de mamografía digital, ¿qué criterio debe cumplirse en las pruebas iniciales?

a) El ajuste entre el VMP y la carga del tubo debe presentar un coeficiente de determinación superior a 0.95.
b) En detectores de respuesta lineal, el ajuste VMP-kerma debe tener un coeficiente de determinación superior a 0.99.
c) En detectores de respuesta logarítmica, el ajuste debe realizarse entre el VMP y el tiempo de exposición.
d) La desviación del VMP respecto al valor de referencia debe ser inferior al 20 %.

278. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2024, módulo 1 —control de calidad de los equipos de radiografía digital—, en la prueba DX23 —caracterización del incremento de señal por paso del selector del CAE—, ¿qué análisis corresponde a un selector de sensibilidad?

a) Obtener la diferencia porcentual del EI entre cada dos posiciones sucesivas del selector.
b) Calcular el error relativo entre el kerma estimado a partir del EI y el kerma nominal indicado por el equipo.
c) Calcular el error relativo entre el cociente de índices de exposición y el cociente de sensibilidades seleccionadas.
d) Calcular el coeficiente de variación del EI en tres exposiciones repetidas con la posición central del selector.

279. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2024, módulo 1 (control de calidad de los equipos de radiografía digital), en la prueba DX18 sobre resolución espacial mediante MTF, ¿qué criterio de constancia se establece?

a) Que la resolución visual con patrón de barras sea superior al 80 % de la frecuencia de Nyquist.
b) Que la variación absoluta de la frecuencia correspondiente a la MTF50% sea inferior a 0.2 mm^-1.
c) Que la variación de la MTF50% respecto al valor de referencia sea inferior al 15 %.
d) Que la resolución visual con patrón de barras sea superior al 90 % de la frecuencia de Nyquist.

280. En un control de mamografía digital, siguiendo la prueba MD016 del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, se obtiene para un espesor de PMMA de referencia una relación contraste-ruido (RCR) medida de 13.5. Si el espesor umbral medido es de 0.96 μm **y el espesor umbral límite aceptable es de** 1.44 μm**, ¿cuál es el valor límite de la RCR?**

a) 7.2.
b) 9.0.
c) 11.2.
d) 22.4.

281. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, ¿qué resultado de la prueba MD030 (umbral de sensibilidad contraste-tamaño del detalle) se utiliza para calcular el valor límite de la relación contraste-ruido en la prueba MD016 (compensación del CAE con el espesor y composición de la mama)?

a) El espesor umbral del disco de oro de 2 mm de diámetro.
b) El espesor umbral del disco de oro de 0.5 mm de diámetro.
c) El espesor umbral del disco de oro de 0.25 mm de diámetro.
d) El espesor umbral del disco de oro de 0.1 mm de diámetro.

282. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba DO001 (exactitud de las medidas de densidad mineral ósea), ¿qué tolerancia se establece cuando se utiliza un maniquí de densidad mineral ósea conocida?

a) Diferencia $\leq \pm 3$ % respecto a la DMO especificada.
b) Diferencia $\leq \pm 5$ % respecto a la DMO especificada.
c) Diferencia $\leq \pm 10$ % respecto a la DMO especificada.
d) Diferencia $\leq \pm 25$ % respecto a la DMO especificada.

283. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba DL001 (tamaño del campo en el extremo del localizador) para equipos dentales intraorales, ¿qué tipo de colimadores se considera aconsejable utilizar?

a) Colimadores circulares.
b) Colimadores rectangulares.
c) Colimadores circulares con filtración adicional.
d) Colimadores ajustables al tamaño del receptor.

284. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba TC015 (uniformidad espacial del número CT) para equipos de tomografía computarizada, ¿qué tolerancia se establece?

a) Desviaciones menores de ± 5 UH en un maniquí de agua o material equivalente.
b) Desviaciones menores de ± 10 UH en un maniquí de agua o material equivalente.
c) Desviaciones menores de ± 5 UH en una persona paciente.
d) Desviaciones menores de ± 10 UH en una persona paciente.

285. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba RM004 (espesor del corte) para equipos de resonancia magnética, la tolerancia entre el valor real y el nominal debe ser:

a) Un 5 % o según las especificaciones del fabricante.
b) Un 10 %.
c) Las especificaciones del fabricante.
d) Un 15% o según las especificaciones del fabricante.

286. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba MD021 (función de respuesta del detector) de un mamógrafo digital, ¿cuál de las siguientes configuraciones es correcta para su realización?

a) Se mantendrá colocada obligatoriamente la rejilla.
b) Se puede llevar a cabo colocando 5 cm de PMMA próximo a la salida del tubo.
c) Se mantendrá colocado obligatoriamente el compresor en su posición más alta posible.
d) Se puede llevar a cabo colocando una lámina de 2 mm de Al próxima a la salida del tubo.



287. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba MD036 (dosis glandular promedio) para mamografía digital, el punto de referencia para las medidas dosimétricas:

a) Se sitúa centrado lateralmente y a 6 cm del lado correspondiente a la pared del tórax.
b) Se sitúa a 6 cm por encima del tablero que soporta la mama.
c) Se sitúa en el centro geométrico del detector, independientemente del borde de la pared del tórax.
d) Se sitúa en la zona de menor efecto talón, en función de la combinación ánodo-filtro.

288. Según el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, revisión 2011, en la prueba DL005 (filtración/capa hemirreductora) para equipos dentales intraorales, se debe cumplir que:

a) La capa hemirreductora sea $\geq$ 2.5 mm Al.
b) La filtración total para equipos con tensión de pico nominal $\leq$ 70 kV sea $\geq$ 1.5 mm Al.
c) La filtración total sea $\geq$ a 3.0 mm Al.
d) La capa hemirreductora para equipos con tensión de pico nominal > 70 kV sea $\geq$ 2.5 mm Al.

289. En mamografía las magnitudes dosimétricas utilizadas son el kerma en aire a la superficie de entrada sin retrodispersión (KASE), la dosis absorbida en aire a la superficie de entrada de la mama con retrodispersión (DSE) y la dosis glandular media en la mama (DGM). Las dos primeras magnitudes se diferencian únicamente en el factor de retrodispersión (FRD). El valor promedio de este factor en mamografía es de:

a) 1.01.
b) 1.09.
c) 1.30.
d) 1.35.

290. En mamografía, la dosis glandular media (DGM) puede estimarse mediante el formalismo $\mathrm{DGM} = g \cdot c \cdot s \cdot K_i$ **donde** K_i **es el kerma incidente en aire en la superficie de entrada de la mama, g es el factor que convierte ese kerma en dosis glandular media para una mama estándar, y s corrige por el espectro del haz, dependiendo de la combinación ánodo/filtro utilizada. En esta expresión, el factor** c **corrige por:**

a) Las diferencias de glandularidad entre la mama de la paciente y la mama estándar.
b) La calidad espectral del haz, según la combinación ánodo/filtro.
c) La retrodispersión producida por la mama hacia la entrada del haz.
d) La atenuación producida por el compresor de la mama.

291. Señale la respuesta INCORRECTA acerca de las magnitudes en la dosimetría a la persona paciente en radiodiagnóstico convencional:

a) La dosis absorbida en aire en la superficie de entrada de la persona paciente (DSE) tiene en cuenta un factor de retrodispersión (FRD).
b) La dosis absorbida en un medio diferente al aire tiene en cuenta la relación entre los coeficientes de absorción másico para una energía dada.
c) El producto dosis-área (PDA) depende de la distancia a la que se mide.
d) El kerma a la entrada (ESAK) se mide sin estar presente la persona paciente.

292. Las siglas RDSR (en el contexto de DICOM y gestión de dosis) corresponden a:

a) Radiology Department Study Report.
b) Radiation Dose Structured Report.
c) Reference Dose Standardized Repository.
d) Radiology Data Storage Resource.

293. En equipos fluoroscópicos se establece unos valores máximos para la tasa de dosis a la persona paciente. En particular para modos de imagen de adquisición (cine, DSA, roadmap) y una persona paciente estándar ($20\,\mathrm{cm}$ **de PMMA) este valor es de:**

a) $50\,\mathrm{mGy/min}$.
b) $100\,\mathrm{mGy/min}$.
c) $200\,\mathrm{mGy/min}$.
d) No existe regulación/valor máximo para estos modos de imagen.

294. En radiodiagnóstico se emplean magnitudes dosimétricas específicas: kerma en aire incidente $K_{a,i}$, kerma en aire en superficie de entrada $K_{a,e}$ y producto kerma-área P_{KA} (también denotado DAP). Indique la afirmación correcta respecto a estas magnitudes y a su relación con la dosis absorbida en diagnóstico:

a) El kerma en aire incidente $K_{a,i}$ ya incluye por definición la radiación retrodispersada por la persona paciente, por lo que su valor coincide numéricamente con el kerma en aire en superficie de entrada $K_{a,e}$.
b) El producto kerma-área P_{KA} depende fuertemente de la distancia foco–detector dentro del haz primario, por lo que sólo es reproducible si la cámara de transmisión que lo mide se sitúa siempre a una distancia fija de referencia respecto al foco.
c) El producto kerma-área P_{KA} es prácticamente invariante con la distancia al foco a lo largo del haz primario (en ausencia de atenuación en aire), porque al alejarse del foco el kerma en aire disminuye con $1/d^2$ mientras que el área de la sección del haz crece con d^2, compensándose ambos efectos.
d) En condiciones de equilibrio electrónico de partículas cargadas (CPE) y para fotones de energías típicas de diagnóstico ($\approx 30-100\,\mathrm{keV}$), la dosis absorbida en aire D_{air} es numéricamente muy superior al kerma de colisión en aire $K_{\mathrm{col,air}}$ debido a la elevada producción de radiación de frenado por los electrones secundarios.

295. En mamografía, la magnitud dosimétrica clínica de referencia para evaluar el riesgo asociado a la exploración es la dosis glandular media (DGM o D_g, mean glandular dose). Indique la afirmación correcta respecto a su definición operativa, su cálculo según el protocolo europeo de Dance y su orden de magnitud típico por proyección:

a) DGM se mide directamente en cGy con una cámara de ionización colocada en el plano superior de la mama comprimida y representa la dosis absorbida en el tejido glandular en superficie.
b) DGM se calcula como $\mathrm{DGM} = K_{a,e} \cdot g \cdot c \cdot s$, donde $K_{a,e}$ es el kerma en aire en superficie de entrada con paciente, g es el grosor de mama, c la composición glandular y s el factor del espectro; valores típicos por proyección estándar son $5 - 10$ mGy.
c) DGM se calcula como $\mathrm{DGM} = K_i \cdot g \cdot c \cdot s$, donde K_i es el kerma en aire incidente medido sin la mama (haz primario libre) en el plano superior de la mama comprimida, y g, c, s son factores tabulados que dependen del grosor y composición de la mama y del espectro del haz; valores típicos por proyección estándar son $\approx 1 - 3$ mGy.
d) DGM es independiente del espesor y composición de la mama; sólo depende del kVp y del mAs aplicados por el equipo, lo que la hace una magnitud puramente "técnica" sin requerir simulaciones Monte Carlo.

296. En tomografía computarizada (CT), los descriptores $\mathrm{CTDI_{vol}}$ y DLP se obtienen rutinariamente del scanner, pero la AAPM TG-204 introduce el Size-Specific Dose Estimate (SSDE) como mejora cuando se busca una estimación de dosis a la persona paciente individual. Sobre la definición y uso del SSDE, indique la afirmación correcta:

a) El SSDE sustituye al $\mathrm{CTDI_{vol}}$ como magnitud dosimétrica de referencia para la calibración del tubo de rayos X del scanner, y se mide directamente con un fantoma cilíndrico de PMMA de 32 cm de diámetro.
b) El SSDE se obtiene como $\mathrm{SSDE} = f_{\mathrm{size}} \cdot \mathrm{CTDI_{vol}}$, donde f_{size} es un factor de conversión adimensional tabulado que depende del tamaño efectivo de la persona paciente; el SSDE estima la dosis absorbida media en el centro del rango escaneado y NO es una dosis efectiva.
c) El SSDE coincide con la dosis efectiva E de la persona paciente cuando se utiliza un fantoma de 16 cm; con fantoma de 32 cm es necesario aplicar adicionalmente los factores w_T de ICRP 103.
d) El SSDE se calcula como $\mathrm{SSDE} = \mathrm{DLP} \cdot k$, con $k = 0.014\ \mathrm{mSv \cdot mGy^{-1} \cdot cm^{-1}}$ para tórax adulto, y proporciona directamente la dosis efectiva de la persona paciente.

297. En dosimetría de paciente en radiodiagnóstico, se utilizan magnitudes específicas para caracterizar la dosis impartida en función de la modalidad (radiografía/grafía general, fluoroscopia/intervencionismo, mamografía, tomografía computarizada). Indique la afirmación correcta sobre dichas magnitudes y sus unidades, según ICRU 74 e ICRP 135:

a) El producto kerma-área (PKA, también llamado DAP) se define como el kerma en aire en el plano de entrada de la persona paciente multiplicado por la superficie del haz a la salida de la persona paciente (en la imagen), y su unidad SI habitual es $\mathrm{Gy \cdot cm^2}$.

b) En tomografía computarizada (TC), el CTDIvol y el DLP son magnitudes equivalentes y se expresan en las mismas unidades (mGy), por lo que pueden usarse indistintamente.
c) En mamografía, la magnitud dosimétrica de referencia para la estimación del riesgo es la dosis en la superficie de entrada (ESD) en el cassette, expresada en mGy.
d) El producto kerma-área (PKA o DAP) es el kerma en aire promediado sobre el área del haz, con la propiedad de ser invariante a la distancia al foco a lo largo del eje del haz, y se expresa habitualmente en Gy · cm^2 (o cGy · cm^2, μGy · m^2).

298. En tomografía computarizada, indique cuál de los siguientes emparejamientos magnitud - unidad es correcto según ICRU 74 e ICRP 135:

a) $CTDI_{vol}$ — mGy · cm; DLP — mGy.
b) $CTDI_{vol}$ — mGy; DLP — mGy · cm.
c) $CTDI_{vol}$ — Gy · cm^2; DLP — Gy · cm^2.
d) $CTDI_{vol}$ — mSv; DLP — mSv · cm.

299. Una cámara de ionización tipo lápiz utilizada para medir el CTDI en tomografía computarizada se construye con una longitud activa L_{act}. ¿Cuál es el valor habitual de L_{act} en TC convencional y qué relación física justifica esa elección?

a) $L_{act} = 10$ mm; coincide con el grosor nominal del corte más fino disponible.
b) $L_{act} = 32$ cm; coincide con el diámetro del fantoma de cuerpo de PMMA.
c) $L_{act} = 100$ mm; permite integrar el perfil de dosis usado en el $CTDI_{100}$.
d) $L_{act} = 16$ cm; coincide con el diámetro del fantoma de cabeza de PMMA.

300. Respecto al producto dosis-área, PDA, utilizado en equipos de radiología convencional, señale la afirmación correcta:

a) Solo tiene utilidad en equipos de fluoroscopia, no en radiografía convencional.
b) Se define como el producto de la dosis absorbida en agua por el área irradiada.
c) Es, en primera aproximación, independiente de la distancia al plano de medida, siempre que no haya atenuación del haz.
d) Debe determinarse siempre a 45 cm del colimador del equipo de rayos X.

301. Para establecer niveles de referencia de dosis en radiodiagnóstico, cada equipo o instalación debe resumir sus datos de dosis mediante una magnitud representativa. ¿Qué estadístico se utiliza habitualmente para caracterizar la distribución local de dosis de un procedimiento?

a) La media aritmética.
b) La mediana.
c) La moda.
d) El percentil 75.

302. En una sala de hemodinámica adulta, durante fluoroscopia pulsada de guiado (no adquisición cineangiográfica), una medida habitual de optimización de dosis consiste en utilizar la menor tasa de imágenes compatible con la tarea clínica. ¿Qué tasa se recomienda típicamente como valor bajo/optimizado?

a) 30 ips.
b) 25 ips.
c) 15 ips.
d) 7.5 ips.

303. En la publicación de la ICRP N. 135 "Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging" se definen 4 tipos de Niveles de Referencia (DRLs), así como la forma de obtenerlos y su ámbito de utilización/aplicación. Los "valores típicos" se obtienen como:

a) El tercer cuartil de las medianas de salas individuales de rayos-X.
b) La mediana de la distribución puesto que no existen suficientes datos como para utilizar el tercer cuartil.
c) El tercer cuartil de las medianas para salas individuales de rayos-X o de valores nacionales.
d) La mediana de la distribución de valores nacionales.

304. Según la ICRP Publication 135, titulada Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging, los niveles de referencia diagnósticos (NRD), en inglés Diagnostic Reference Levels (DRL), se definen como:

a) Límites de dosis aplicables a pacientes individuales en exploraciones diagnósticas e intervencionistas.
b) Restricciones de dosis que no deben superarse salvo autorización expresa de la persona especialista responsable.
c) Valores de referencia umbrales para revisar la práctica clínica y ayudar a la optimización cuando las cantidades de radiación empleadas son inusualmente altas o bajas.
d) Valores de dosis efectiva calculados para estimar el riesgo individual de cada paciente tras una exploración médica.

305. Según la ICRP Publicación 135 sobre niveles de referencia diagnósticos, ¿cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor cómo deben establecerse los Niveles de referencia diagnósticos (NRD o Diagnostic Reference Levels DRL) nacionales para procedimientos radiológicos?

a) Como la media aritmética de las dosis efectivas individuales obtenidas en todas las personas pacientes del estudio.
b) Como el percentil 75 de la distribución de las medianas de una magnitud dosimétrica apropiada obtenidas en distintas instalaciones.
c) Como un valor consensuado a partir de NRD regionales o internacionales ya publicados, adaptándolo al tipo de equipamiento y a los protocolos utilizados en el país.
d) Como la mediana de la distribución nacional de las medianas locales.

306. En un programa hospitalario de seguimiento de dosis a pacientes en radiodiagnóstico intervencionista o TC, ¿qué objeto DICOM resulta más relacionado con el registro estructurado de información dosimétrica?

a) Modality Performed Procedure Step (MPPS), porque permite registrar la ejecución de un procedimiento y puede contener información técnica de la adquisición, por lo que constituye el objeto principal para el seguimiento dosimétrico estructurado.
b) Radiation Dose Structured Report (RDSR), porque permite documentar de forma estructurada información dosimétrica asociada a procedimientos de imagen con radiación ionizante.
c) DICOM Structured Report genérico, porque todos los informes estructurados DICOM tienen el mismo contenido normalizado y pueden utilizarse indistintamente para registrar dosis en TC, fluoroscopia o mamografía.
d) Storage Commitment, porque garantiza que las imágenes y sus metadatos dosimétricos han sido almacenados en el PACS, incluyendo de forma normalizada los indicadores de dosis del procedimiento.

307. ¿Cuáles son las características principales de los isótopos radiactivos empleados en terapia metabólica beta convencional en medicina nuclear (radiofármacos terapéuticos)?

a) Ser emisores beta y tener un periodo de semidesintegración medio o largo (días a semanas).
b) Ser emisores beta y tener un periodo de semidesintegración muy corto (minutos).
c) Ser emisores gamma y tener un periodo de semidesintegración corto.
d) Ser emisores gamma y tener un periodo de semidesintegración largo.

308. En la aniquilación típica de un positrón con un electrón en reposo, se emiten:

a) Un único fotón de 1.022 MeV.
b) Dos fotones de 511 keV.
c) Tres fotones de 340 keV cada uno.
d) Un electrón y un positrón secundarios.

309. La distancia máxima que recorren los positrones emitidos por el O-15, lo cual repercutirá en la resolución espacial, es aproximadamente de:

a) 1 mm.
b) 4 mm.
c) 8 mm.
d) 16 mm.

310. El filtro de restauración más extendido en imagen SPECT en medicina nuclear es el de:

a) Shepp-Logan.
b) Parzen.
c) Metz.
d) Butterworth.

311. En PET, el rango del positrón antes de aniquilarse contribuye al límite físico inferior de la resolución espacial. Indique la afirmación correcta al comparar dos radionúclidos PET de uso frecuente, ^{18}F ($E_{\beta^+,\max} \approx 0.635$ MeV) y ^{82}Rb ($E_{\beta^+,\max} \approx 3.4$ MeV):

a) ^{18}F y ^{82}Rb tienen el mismo rango medio del positrón en agua porque la aniquilación se produce siempre en el punto de desintegración.
b) ^{82}Rb tiene mejor resolución espacial intrínseca por rango de positrón que ^{18}F porque la mayor energía del β^+ produce mayor número de aniquilaciones por unidad de tiempo.
c) ^{18}F tiene un rango medio del positrón en agua del orden de $0.5 - 0.6$ mm, mientras que ^{82}Rb tiene un rango medio del orden de varios milímetros, lo que degrada perceptiblemente la resolución espacial intrínseca.
d) El rango del positrón depende exclusivamente de la densidad del medio y no de la energía cinética inicial del β^+.

312. En medicina nuclear, la elección de un radiofármaco diagnóstico depende tanto del radionúclido como de la molécula transportadora. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe esta relación?

a) El radionúclido determina exclusivamente la biodistribución del radiofármaco, mientras que la molécula transportadora solo modifica la energía de los fotones emitidos.
b) La molécula transportadora condiciona principalmente la localización biológica del radiofármaco, mientras que el radionúclido determina sus propiedades físicas de emisión y detección.
c) La molécula transportadora se elige solo por su estabilidad química, ya que la captación tisular del radiofármaco depende fundamentalmente de la energía emitida por el radionúclido.
d) El radionúclido y la molécula transportadora se eligen de forma independiente, ya que las propiedades físicas del radionúclido no condicionan la utilidad diagnóstica del radiofármaco.

313. Sobre los radionúclidos de uso terapéutico en medicina nuclear y la relación entre sus propiedades físicas, su cinética biológica y su distribución en el organismo, indique la afirmación correcta:

a) El ^{131}I, administrado como yoduro sódico para el tratamiento del cáncer diferenciado de tiroides, actúa terapéuticamente por su emisión gamma de 364 keV, mientras que su emisión β^- carece de relevancia clínica.
b) El ^{90}Y, emisor β^- puro prácticamente puro, permite imagen postratamiento directa con gamma-cámara convencional gracias a su elevado alcance en tejido.
c) El ^{223}Ra-Cl_2 se concentra en lesiones óseas blásticas y deposita la dosis localmente porque es un emisor β^- de bajo alcance.
d) El ^{177}Lu-DOTATATE combina emisión β^- terapéutica con fotones gamma imageables, lo que permite realizar imagen postratamiento, por ejemplo SPECT, para verificar la captación y apoyar la dosimetría individualizada.

314. ¿Cuál de los siguientes isótopos radiactivos no se desintegra emitiendo un positrón y, por lo tanto, NO se puede utilizar para realizar imagen en un tomógrafo PET?

a) F-18.
b) Ga-67.
c) O-15.
d) Y-90.

315. En un equipo PET operando en modo 3D, es decir, con adquisición sin septas interplanares, aumenta la sensibilidad, pero también la aceptación de coincidencias dispersas. En condiciones clínicas típicas, la fracción de scatter esperable es del orden de:

a) $\sim 1\,\%$.
b) $\sim 10 - 15\,\%$.
c) $\sim 30 - 50\,\%$.
d) $> 90\,\%$.

316. El error de paralelaje (parallax) en PET es un efecto conocido que degrada la:

a) Resolución espacial.
b) Resolución energética.
c) Resolución temporal.
d) Sensibilidad.

317. De acuerdo con la publicación ICRP84 (embarazo y radiación médica), en relación a los exámenes diagnósticos en medicina nuclear con Tecnecio-99m:

a) Siempre se deberá realizar una estimación cuidadosa de la dosis fetal.
b) Normalmente no será necesario estimar la dosis fetal.
c) Se estimará la dosis fetal únicamente si la paciente lo solicita.
d) No será necesario estimar la dosis fetal a partir de la semana 26 de embarazo.

318. En medicina nuclear diagnóstica, la imagen obtenida tras la administración de un radiofármaco se caracteriza principalmente porque:

a) El radiofármaco actúa como medio de contraste radiológico y modifica la atenuación de los rayos X al atravesar la persona paciente.
b) El radiofármaco se distribuye según procesos fisiológicos, metabólicos o moleculares, permitiendo obtener información funcional del órgano o tejido estudiado.
c) El radiofármaco se administra para absorber selectivamente la radiación dispersa de la persona paciente y mejorar así el contraste anatómico de la imagen.
d) El radiofármaco solo sirve para aumentar la resolución anatómica de la imagen, sin aportar información sobre la función tisular.

319. Una instalación radiactiva de medicina nuclear (terapia metabólica con I-131, gammagrafía) en España está sometida al régimen administrativo de:

a) Mera notificación al Ministerio.
b) Declaración y registro.
c) Autorización previa por la CCAA o MITECO con informe del CSN.
d) No requiere ningún trámite administrativo.

320. Sobre las bases físicas y clínicas de la medicina nuclear, considerando conjuntamente las modalidades de imagen diagnóstica (gammagrafía planar, SPECT, PET) y la terapia con radionúclidos no encapsulados, indique la afirmación correcta:

a) En PET, los dos fotones de aniquilación de $511\,\text{keV}$ se detectan en coincidencia porque proceden de una desintegración β^- del radionúclido emisor (p. ej. ^{18}F), de manera que el lugar de la desintegración coincide con el origen geométrico de la línea de respuesta (LOR).
b) La elección de un radionúclido para diagnóstico (p. ej. ^{99m}Tc) frente a uno para terapia metabólica (p. ej. ^{131}I, ^{177}Lu, ^{223}Ra) se basa principalmente en la energía del fotón γ emitido: cuanto más energético, mejor para terapia y peor para diagnóstico.
c) Para diagnóstico se prefieren emisores γ puros (o casi puros) con energía intermedia ($\sim 100 - 200\,\text{keV}$) y vida media corta (horas), mientras que para terapia metabólica se prefieren emisores de partículas cargadas (β^-, α, electrones Auger) con alcance corto en tejido para depositar la dosis localmente en la diana.
d) En SPECT, la cuantificación absoluta de actividad ($\text{Bq} \cdot \text{mL}^{-1}$) es intrínsecamente más sencilla y precisa que en PET, porque la colimación física del gamma-cámara elimina la necesidad de corregir por atenuación, dispersión y respuesta de profundidad del colimador.

321. Sobre las características técnicas de las instalaciones de medicina nuclear (servicios PET y SPECT, radiofarmacia, áreas de hospitalización para terapia con ^{131}I, gestión de residuos), indique la afirmación correcta del diseño físico de la instalación:

a) El blindaje estructural de una sala PET se dimensiona de forma fundamentalmente diferente al de una sala convencional de SPECT: los fotones de aniquilación de $511\,\text{keV}$ requieren mayor espesor de material y la persona paciente inyectada actúa como fuente volumétrica móvil, por lo que el cálculo del blindaje debe considerar a la persona paciente además del equipo.
b) Para el almacenamiento de residuos radiactivos sólidos en una unidad de medicina nuclear, el diseño físico se basa exclusivamente en el blindaje frente al fotón γ; la actividad inicial y el periodo de semidesintegración del radionúclido no influyen en el dimensionamiento del recinto de decay-in-storage.
c) En una habitación de hospitalización para terapia metabólica con ^{131}I, el principal contribuyente a la dosis al personal sanitario es la contaminación interna por inhalación de yodo volatilizado y, por tanto, el diseño del blindaje estructural de paredes y suelo es de relevancia secundaria frente al sistema de extracción de aire.
d) El blindaje del bunker de un ciclotrón hospitalario para producción de ^{18}F ($\sim 11 - 18\,\text{MeV}$ de protones) se dimensiona considerando únicamente la radiación γ de

511 keV de la aniquilación del ^{18}F producido, sin necesidad de proteger frente al campo neutrónico generado por las reacciones (p,n) del propio ciclotrón.

322. Sobre la terapia con radionúclidos no encapsulados y el alcance en tejido de las partículas cargadas terapéuticas, indique la afirmación correcta:

a) Los emisores alfa, como Ra-223 o Ac-225, tienen alcances de varios centímetros en tejido.
b) Los emisores β^- tienen alcances de milímetros, mientras que los alfa alcanzan solo decenas de micrómetros.
c) Los electrones Auger tienen mayor alcance que las partículas alfa porque siempre superan 1 MeV.
d) El Y-90 se prefiere en lesiones submilimétricas porque es el emisor β^- de menor alcance clínico.

323. Suponiendo HVL en hormigón ≈ 41 mm a 511 keV (geometría de haz estrecho) y despreciando el efecto de "buildup" residual, ¿cuál es el espesor aproximado de hormigón necesario para reducir la tasa de dosis de los fotones de aniquilación de 511 keV emitidos por una persona paciente PET a un factor de transmisión de 10^{-3} (3 TVL) en una barrera secundaria?

a) $\sim 12 - 15$ cm de hormigón.
b) $\sim 40 - 45$ cm de hormigón.
c) $\sim 1.2 - 1.4$ m de hormigón.
d) ~ 3 m de hormigón.

324. En el diseño del blindaje estructural de una instalación PET, según el informe AAPM TG-108, PET and PET/CT Shielding Requirements, indique la afirmación correcta respecto a una instalación convencional de medicina nuclear basada en Tc-99m:

a) El blindaje se diseña principalmente frente a la energía beta positiva emitida por el radionúclido PET.
b) El blindaje de una sala convencional para Tc-99m suele ser suficiente para una instalación PET.
c) En PET, el blindaje se diseña frente a los fotones de aniquilación de 511 keV, más penetrantes que los de Tc-99m.
d) La corta vida media de los radionúclidos PET permite prescindir del blindaje estructural en salas de espera.

325. En una persona paciente ingresada tras la administración terapéutica de un radiofármaco no encapsulado, la ropa de cama potencialmente contaminada con fluidos corporales debe gestionarse inicialmente de la siguiente forma:

a) Recogerla en una bolsa identificada y almacenarla en un lugar adecuado hasta que la actividad decaiga suficientemente.
b) Desecharla directamente como residuo sólido convencional, sin controles adicionales.

c) Etiquetarla siempre como residuo radiactivo para su retirada inmediata por una empresa autorizada.
d) Enviarla directamente a ENRESA, independientemente del radionúclido y de la actividad residual.

326. En el contexto de la terapia metabólica con yodo radiactivo, ¿cuál es el origen habitual del I-131 empleado en medicina nuclear?

a) La irradiación de agua enriquecida en un ciclotrón médico, como ocurre en la producción de F-18.
b) Un generador isotópico disponible en el hospital.
c) La fisión del U-235 en un reactor nuclear.
d) La activación neutrónica directa de yodo estable en el propio servicio de medicina nuclear.

327. Tras un derrame de I-131, se realiza un frotis estándar de $100\,\mathrm{cm}^2$ sobre una superficie de la sala caliente. El frotis se cuenta en un detector de centelleo NaI(Tl) calibrado y arroja una tasa neta de cuentas $N_{\mathrm{neta}} = 1200\,\mathrm{cps}$, con eficiencia global del sistema $\varepsilon = 0.30$ (cuentas por desintegración, incluida geometría) y factor de transferencia del frotis $f_t = 0.10$ (fracción de la contaminación no fija recogida por el frotis estándar). ¿Cuál es la actividad superficial no fija estimada en la zona del frotis?

a) $\approx 0.4\,\mathrm{Bq}\cdot\mathrm{cm}^{-2}$.
b) $\approx 4\,\mathrm{Bq}\cdot\mathrm{cm}^{-2}$.
c) $\approx 40\,\mathrm{Bq}\cdot\mathrm{cm}^{-2}$.
d) $\approx 400\,\mathrm{Bq}\cdot\mathrm{cm}^{-2}$.

328. La resolución tomográfica de un tomógrafo PET mejora cuando:

a) Al disminuir el tamaño del cristal detector.
b) Al reducir el diámetro del anillo detector.
c) Al disminuir el rango del positrón.
d) Todas las respuestas son correctas.

329. Los tomógrafos PET con capacidad TOF (Time-of-Flight) tienen una resolución temporal del orden de:

a) $10\,\mathrm{ns}$.
b) $1\,\mathrm{ns}$.
c) $300 - 500\,\mathrm{ps}$.
d) $1\,\mathrm{fs}$.

330. Para la reconstrucción iterativa de un objeto señale cuál es la respuesta FALSA:

a) En la reconstrucción iterativa se aproxima la distribución del radiofármaco a partir de sucesivas iteraciones.

b) Los algoritmos iterativos permiten incorporar información del objeto y del sistema de detección en la generación de las proyecciones estimadas.
c) Si se usan subconjuntos ordenados de proyecciones, el proceso de reconstrucción es más lento, pero el resultado es el mismo.
d) Los algoritmos iterativos proporcionan imágenes más precisas para la cuantificación que la retroproyección filtrada.

331. El registro espacial de ventana múltiple en una gammacámara planar tiene por objeto:

a) Verificar que las imágenes de un mismo objeto adquiridas con diferentes energías se superponen.
b) Verificar que las imágenes de un mismo objeto adquiridas con diferentes energías no se superponen.
c) Evaluar la capacidad de la cámara para asignar diferentes coordenadas a imágenes obtenidas con diferentes energías de fotones.
d) Evaluar la capacidad de la cámara de diferenciar fotones de diferente energía.

332. En cuanto a los métodos de reconstrucción tomográfica en SPECT un método OSEM de N iteraciones y M subconjuntos equivale a un método MLEM de:

a) N · M / 4 iteraciones.
b) N · M / 2 iteraciones.
c) N · M iteraciones.
d) 2 · N · M iteraciones.

333. Las ventanas de energía para medidas con el Ga-67 en la gammacámara son:

a) 70 keV, 167 keV y 254 keV.
b) 154 keV, 191 keV y 247 keV.
c) 94 keV, 184 keV y 296 keV.
d) 109 keV, 191 keV y 244 keV.

334. En la biopsia del ganglio centinela asistida por sonda gamma intraoperatoria con Tc-99m, indique la afirmación correcta sobre sus características técnicas y controles de calidad.

a) El control de calidad consta de una prueba diaria de constancia de cuentas con una fuente de Tc-99m, sin caracterizar resolución espacial ni respuesta angular.
b) En el control rutinario, la constancia de sensibilidad con una fuente puntual es suficiente, porque la resolución espacial y la respuesta angular solo dependen del diseño del colimador y no varían con el uso.
c) Para mejorar la detección, la ventana energética debe hacerse lo más amplia posible, ya que el aumento de fondo no afecta a la identificación del ganglio.
d) Antes del uso clínico deben caracterizarse sensibilidad, resolución espacial y energética, respuesta angular/direccional y apantallamiento de la sonda.

335. Al comparar un colimador de alta resolución con un colimador de alta sensibilidad para una gammacámara planar, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) El colimador de alta resolución suele tener orificios más cortos y de mayor diámetro.
b) El colimador de alta sensibilidad mejora la resolución espacial a costa de reducir el número de cuentas.
c) El colimador de alta resolución suele tener orificios más largos y/o de menor diámetro, a costa de reducir la sensibilidad.
d) Ambos colimadores tienen la misma geometría, y solo se diferencian por el material de los septos.

336. Sobre la calibración de un activímetro para un emisor β^- puro como Y-90, indique la afirmación correcta:

a) Al emitir β^- de alta energía, la respuesta del activímetro no depende del contenedor utilizado.
b) La medida de Y-90 depende del bremsstrahlung y del contenedor, por lo que requiere un factor de calibración específico.
c) El Y-90 no puede medirse con un activímetro convencional y requiere siempre un detector gamma externo.
d) Para Y-90 puede utilizarse el mismo ajuste de calibración que para Tc-99m.

337. La energía máxima del electrón β^- emitido por el Y-90 es aproximadamente:

a) 0.6 MeV.
b) 1.0 MeV.
c) 2.28 MeV.
d) 5.0 MeV.

338. El radioisótopo F-18 empleado en aplicaciones diagnósticas tiene las siguientes propiedades:

a) Se desintegra por vía beta positiva produciendo un 100 % de positrones.
b) Decae al O-18 que es un núcleo inestable.
c) La captura electrónica y la desintegración beta positiva forman parte de su esquema de desintegración, y la que predomina de ambas es la desintegración beta positiva.
d) Es ideal desde el punto de vista de protección radiológica porque su periodo de semidesintegración es de 10.9 minutos.

339. ¿Cuál de los siguientes radioisótopos requiere mayor espesor de un mismo material de blindaje para reducir su intensidad a la mitad?

a) Ra-226.
b) Cs-137.
c) Au-198.
d) Ir-192.

340. ¿Cuál de los siguientes radioisótopos se produce en un ciclotrón?

a) Cs-137.
b) F-18.
c) Ir-192.
d) K-40.

341. ¿Cuál es, aproximadamente, el porcentaje de atenuación para el I-131, de un delantal plomado de 0.5 mm **de Pb?**

a) Menos del 8 %.
b) Del orden del 75 %.
c) Entre 90 % y 98 %.
d) De orden del 50 %.

342. La energía máxima característica de los positrones emitidos por el F-18 es de:

a) 0.18 MeV.
b) 0.39 MeV.
c) 0.63 MeV.
d) 0.84 MeV.

343. Para el tratamiento paliativo de metástasis óseas se han utilizado tanto Ra-223-Cl_2 como Sr-89-Cl_2. Indique la afirmación correcta al comparar las propiedades físicas y radiobiológicas de ambos radionúclidos:

a) Ambos son emisores β^- puros con E_{max} similar y alcance del orden de mm en tejido, lo que explica que tengan perfiles de toxicidad medular equivalentes.
b) Ra-223 es emisor alfa de corto alcance y Sr-89 es emisor β^- de alcance milimétrico; esta diferencia contribuye a una menor irradiación medular con Ra-223.
c) Ambos son emisores α, pero el Ra-223 abre una cadena de 4 emisiones α y el Sr-89 una cadena de 2 emisiones α, lo que justifica el factor 2 de actividad típica administrada.
d) El Sr-89 tiene mayor afinidad por la matriz ósea que el Ra-223 porque el estroncio es químicamente parecido al calcio, mientras que el radio es un elemento radiactivo sin tropismo óseo.

344. En el cáncer diferenciado de tiroides tratado con I-131, habitualmente tras tiroidectomía, la captación del radioyodo por el tejido tiroideo remanente o tumoral suele ser mucho menor que en el hipertiroidismo, donde existe tejido tiroideo funcional abundante. En este contexto, ¿cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la captación tiroidea de I-131?

a) Suele situarse entre el 10 % y el 15 %.
b) Habitualmente es del orden del 20 %.
c) Rara vez alcanza el 5 %.
d) Suele ser aproximadamente del 10 %.

345. Un servicio de medicina nuclear almacena un vial residual con ^{131}I ($T_{1/2} = 8.02$ d) cuya actividad inicial medida es $A_0 = 4.0$ GBq. Aplicando exclusivamente decaimiento físico (decay-in-storage, sin pérdidas químicas ni biológicas), y considerando la regla físico-técnica habitual de mantener el residuo en almacén al menos 10 períodos de semidesintegración antes de evaluar su liberación como residuo convencional, ¿cuál es la afirmación correcta sobre los parámetros físicos del proceso?

a) Tras un tiempo de almacenamiento de $t = 8.02$ d, la actividad residual es $A(t) = A_0/e \approx 1.47$ GBq, porque la constante de desintegración es $\lambda = 1/T_{1/2}$.
b) La regla "$10\,T_{1/2}$" reduce la actividad por un factor 10^{-10}, ya que cada período de semidesintegración divide la actividad por 10.
c) Tras 10 períodos de semidesintegración la actividad residual es 3.9×10^{-3} MBq.
d) El blindaje plomado adecuado para el vial debe dimensionarse exclusivamente para la energía $\beta^-_{\max} \approx 606$ keV del ^{131}I, ya que la radiación γ asociada (364 keV) no atraviesa el vidrio del vial y no contribuye a la dosis externa.

346. En una unidad de medicina nuclear se almacenan residuos sólidos contaminados con Tc-99m para permitir su desintegración antes de gestionarlos como residuo convencional. Si la vida media física del Tc-99m es de aproximadamente 6 horas y se aplica la regla práctica de almacenar durante unas 10 vidas medias, ¿cuánto tiempo de almacenamiento se requiere aproximadamente?

a) 30 h.
b) 120 h.
c) 2.5 días.
d) 25 días.

347. En un generador Mo-99/Tc-99m utilizado en medicina nuclear, el Mo-99 queda retenido en la columna del generador y decae produciendo Tc-99m. Durante la elución, se hace pasar una solución salina para extraer el pertecnetato de Tc-99m formado, que es el radionúclido utilizado para preparar radiofármacos. Tras realizar esta elución, ¿qué ocurre con la actividad del Mo-99 que permanece en el generador?

a) Aumenta como consecuencia de la extracción del Tc-99m.
b) Permanece retenida en el generador y solo disminuye por su propio decaimiento radiactivo.
c) Se elimina junto con el Tc-99m, por lo que la actividad de Mo-99 cae bruscamente tras cada elución.
d) Se transforma inmediatamente en Tc-99m en el momento de la elución.



348. De acuerdo con el Protocolo de control de calidad de la instrumentación en medicina nuclear, en la verificación de la uniformidad intrínseca de una gammacámara con una fuente puntual de ^{99m}Tc, situada a una distancia suficiente, indique la afirmación correcta:

a) La adquisición se realiza sin colimador, con la fuente puntual centrada y suficientemente alejada del detector; sobre la imagen obtenida se evalúan la uniformidad integral y la uniformidad diferencial en el UFOV y el CFOV.
b) La uniformidad intrínseca se mide con colimador de baja energía y alta resolución, utilizando una fuente plana de ^{57}Co, y se calcula solo sobre el FOV total.
c) El protocolo exige valores de uniformidad integral inferiores al 0.5% y de uniformidad diferencial inferiores al 0.2 %.
d) La uniformidad intrínseca y la extrínseca son equivalentes, por lo que la adquisición puede realizarse indistintamente con o sin colimador.

349. En lo referente a la persona especialista en Radiofísica Hospitalaria, el Real Decreto 673/2023, de 18 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad y seguridad de las unidades asistenciales de medicina nuclear, establece que:

a) En todos los casos, los centros sanitarios han de contar con un/a especialista en Radiofísica Hospitalaria propio/a.
b) Los resultados del control de calidad del equipamiento serán evaluados, con la periodicidad que establezca el programa de garantía de calidad y seguridad, por el/la especialista en Radiofísica Hospitalaria.
c) No es necesario que, tras una intervención de suficiente importancia, el/la especialista en Radiofísica Hospitalaria compruebe las condiciones en que se encuentra el equipo.
d) La persona especialista en Radiofísica Hospitalaria efectuará una verificación completa del equipamiento utilizado en medicina nuclear, al menos, cada seis meses.

350. Según el Real Decreto 673/2023, de 18 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad y seguridad de las unidades asistenciales de medicina nuclear, el control de calidad de las gammacámaras con capacidad tomográfica debe realizarse:

a) Conforme a los protocolos y procedimientos incluidos en el programa de garantía de calidad y seguridad de la unidad asistencial.
b) Exclusivamente con la frecuencia mensual fijada directamente por el real decreto para todas las pruebas.
c) Únicamente tras avería o intervención técnica relevante.
d) Solo cuando lo solicite la autoridad sanitaria competente.

351. Según el Real Decreto 673/2023, de 18 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad y seguridad de las unidades asistenciales de medicina nuclear, en los procedimientos terapéuticos con radiofármacos, los datos dosimétricos que se adjuntan al informe final son suministrados por:

a) El/la médico/a responsable de la administración.
b) El/la especialista en Radiofísica Hospitalaria.
c) La persona responsable de protección radiológica de la instalación.
d) La persona titular del centro sanitario.

352. De acuerdo al informe de la AAPM 177 y al protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM, la diferencia en la sensibilidad extrínseca entre los dos detectores de la gammacámara ha de ser inferiores al:

a) 2 %.
b) 5 %.
c) 7 %.
d) 10 %.

353. Según el Protocolo Español de Control de Calidad de la Instrumentación en medicina nuclear (Versión 2020), cuál de las siguientes pruebas de los tomógrafos PET se considera complementaria y NO esencial:

a) Sensibilidad.
b) Resolución en energía.
c) Normalización.
d) Uniformidad tomográfica.

354. El protocolo para el control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM indica que la medida de la resolución temporal para PET con tiempo de vuelo debería realizarse:

a) En la aceptación y semestralmente.
b) En la aceptación y semanalmente.
c) En la aceptación y diariamente.
d) Sólo en la aceptación.

355. En la prueba de precisión de activímetros del protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM, la tolerancia del valor absoluto del coeficiente de variación es el:

a) 1 %.
b) 3 %.
c) 5 %.
d) 10 %.

356. En cuanto a la resolución espacial de las sondas quirúrgicas, el protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM da la siguiente tolerancia de la FWHM (Anchura a mitad de altura) para la región de cabeza y cuello:

a) 5 mm.
b) 10 mm.
c) 15 mm.
d) 25 mm.

357. Respecto a la prueba del tamaño de pixel en gammacámaras planares del protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM, elija la respuesta correcta:

a) Hay que realizarla con una frecuencia trimestral.
b) No hay que realizarla para todos los colimadores.
c) La diferencia entre los valores nominales y los medidos no ha de superar el 10 %.
d) Sólo hay que realizarla para la matriz de pixeles de 256x256.

358. En la prueba del centro de rotación en gammacámaras tomográficas del protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM, la máxima desviación respecto al valor del ajuste a una sinusoide para cada fuente ha de ser inferior a:

a) 1/4 pixel.
b) 1/2 pixel.
c) 3/4 pixel.
d) 1 pixel.

359. En la prueba de registro de imágenes en equipos híbridos del protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear de la SEFM, cuando se utiliza una matriz de 512×512, un criterio adecuado de tolerancia para la exactitud del registro es un valor inferior a:

a) $\pm$1/4 pixel (o $\pm$1 mm, el que sea menor).
b) $\pm$1/2 pixel (o $\pm$1 mm, el que sea menor).
c) $\pm$1 pixel (o $\pm$1 mm, el que sea menor).
d) $\pm$2 pixeles (o $\pm$1 mm, el que sea menor).

360. En relación con los activímetros, según el Protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear (SEFM), ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) La prueba de estabilidad es complementaria y se recomienda únicamente tras reparaciones importantes del activímetro.
b) La prueba de exactitud se basa en comparar la medida del equipo con la actividad calibrada de una fuente de referencia, corregida por decaimiento.
c) La precisión del activímetro se evalúa midiendo una única vez una fuente de 137Cs y comparando la lectura con el valor nominal.
d) La respuesta en actividad es una prueba esencial diaria destinada a comprobar el fondo del activímetro antes del uso clínico.

361. Respecto a la uniformidad extrínseca de una gammacámara planar, según el Protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear (SEFM), señale la afirmación correcta:

a) Se realiza sin colimador, ya que pretende evaluar exclusivamente la respuesta intrínseca del cristal detector.



b) Es una prueba complementaria que solo se recomienda en la aceptación del equipo, no en controles periódicos.
c) Evalúa la uniformidad en condiciones próximas al uso clínico, con el colimador colocado.
d) Sustituye siempre a la prueba de resolución espacial extrínseca, ya que ambas proporcionan la misma información sobre el colimador.

362. En tomógrafos PET, según el Protocolo de Control de Calidad de la Instrumentación de Medicina Nuclear (SEFM), ¿cuál es el objetivo principal de la calibración de la concentración de actividad?

a) Verificar que la actividad medida en el activímetro coincide con la actividad inyectada a la persona paciente dentro de las tolerancias establecidas.
b) Comprobar que la concentración de actividad reconstruida es independiente del volumen de interés seleccionado en la imagen.
c) Establecer la actividad mínima detectable por el sistema PET para cada radionucleido utilizado clínicamente.
d) Determinar los factores que relacionan los sucesos reconstruidos con la concentración de actividad en la imagen.

363. La fórmula de Himanka es una fórmula empírica que estima el volumen del tiroides a partir de:

a) Las imágenes anterior y lateral obtenidas en un equipo de ultrasonidos.
b) La superficie obtenida de una imagen planar del tiroides en la gammacámara.
c) La imagen 3D obtenida en un equipo PET.
d) La imagen 3D obtenida en una resonancia magnética.

364. En el caso del tratamiento de la enfermedad de Graves, las dosis absorbidas que se prescriben cuando el objeto es la ablación del tiroides pueden ser tan altas como:

a) 50 Gy.
b) 75 Gy.
c) 100 Gy.
d) 200 Gy.

365. En el caso de la terapia con radiofármacos que contienen emisores de partículas alfa, se recomienda usar el siguiente rango de valores para la eficacia biológica relativa:

a) Entre 1 y 2.
b) Entre 3 y 5.
c) Entre 10 y 12.
d) Entre 15 y 20.

366. En el tratamiento del hipertiroidismo con I-131, la dosis absorbida por la glándula tiroides depende, entre otros factores, del tiempo durante el cual el radioyodo permanece retenido en el tejido tiroideo funcional. Esta permanencia se describe mediante la vida media efectiva, que combina el decaimiento físico del I-131 y el aclaramiento biológico del radioyodo. En este contexto, la vida media efectiva típica del I-131 en el tiroides suele ser:

a) Menos de 2 días.
b) Entre 3 y 6 días.
c) Entre 7 y 10 días.
d) Más de 12 días.

367. En la dosimetría interna de pacientes con cáncer diferenciado de tiroides tratados con I-131, se identifican regiones fuente en las que se retiene actividad y desde las que se irradia al resto del organismo. Entre las siguientes opciones, ¿cuál NO se considera habitualmente una región fuente de radiación?

a) La vejiga.
b) El cuerpo total.
c) La sangre.
d) El resto tiroideo.

368. Tras administrar I-131 con finalidad terapéutica, la estimación de la dosis absorbida en la glándula tiroides suele basarse en la actividad captada, el tiempo de permanencia del radioyodo y la masa tiroidea. En la práctica clínica, ¿qué tipo de modelo se emplea habitualmente para describir la retención y eliminación del I-131 en el tiroides?

a) Un modelo de simulación Monte Carlo en medios heterogéneos, usado de forma rutinaria para cada paciente.
b) Un modelo de compartimento simple, en el que la actividad tiroidea disminuye de forma monoexponencial según una vida media efectiva.
c) Un modelo basado exclusivamente en la ecuación de Bateman para una cadena completa de radionúclidos hijos.
d) Una simulación Monte Carlo genérica en tejido blando, sin necesidad de medir captación ni vida media efectiva.

369. En el informe ICRU 96 sobre terapia con radiofármacos guiada por dosimetría, una región a tratar que incluye enfermedad macroscópica y microscópica se denomina:

a) Región fuente (Source region).
b) Región de tratamiento clínico (Clinical treatment region).
c) Región de tratamiento dosimétrico (Dosimetric treatment region).
d) Región de riesgo (Region at risk).

370. Según los Procedimientos recomendados de dosimetría de pacientes en tratamientos de hipertiroidismo con I-131 de la SEFM, ¿qué parámetro necesario para estimar la dosis absorbida tiroidea NO se obtiene propiamente con la sonda de captación y se determina preferentemente mediante imagen planar?

a) La masa o volumen captante de la glándula tiroidea.
b) La tasa de cuentas en la ventana energética del I-131.
c) La actividad tiroidea captada en un instante tras la administración.
d) El seguimiento temporal de la captación tiroidea mediante medidas repetidas.

371. A igualdad de dosis absorbida entre partículas alfa y protones (no de retroceso), ¿qué relación cumplen sus dosis equivalentes (H)?

a) $H(\alpha) = H(p)$.
b) $H(\alpha) = 2 \times H(p)$.
c) $H(\alpha) = 10 \times H(p)$.
d) $H(\alpha) = 0.5 \times H(p)$.

372. Según la ICRP 103, si un tejido recibe 10 mGy **de partículas alfa, ¿cuál sería la dosis equivalente aproximada en ese tejido?**

a) 10 mSv.
b) 20 mSv.
c) 100 mSv.
d) 200 mSv.

373. Sobre los principios físicos y prestaciones de los monitores de radiación de área y los dosímetros personales de uso habitual en protección radiológica hospitalaria, indique la única correcta:

a) La cámara de ionización presurizada y el contador Geiger–Müller son dos detectores intercambiables para la medida cuantitativa de tasa de dosis ambiente, ya que ambos son proporcionales a la energía del fotón depositada en el gas.
b) El dosímetro personal de termoluminiscencia (TLD) basado en LiF:Mg,Ti es aproximadamente equivalente a tejido blando para fotones por encima de unas decenas de keV, lo que le permite estimar la dosis equivalente personal Hp(10) con una dependencia energética modesta en el rango de uso habitual en radiodiagnóstico y radioterapia.
c) El contador Geiger–Müller, debido a su alta ganancia interna y su tiempo muerto despreciable, es el detector idóneo para medir tasas elevadas de dosis cerca del cabezal de un acelerador clínico durante la irradiación.
d) Los dosímetros de película fotográfica (film-badge) discriminan entre fotones y partículas beta exclusivamente por el ennegrecimiento global de la emulsión, sin necesidad de filtros metálicos en el portadosímetro.

374. Si una persona trabajadora expuesta recibe una dosis uniforme a cuerpo total de $0.1\ \mathrm{mGy}$ **de una fuente de neutrones de aproximadamente** $1\ \mathrm{MeV}$**, y** $2\ \mathrm{mGy}$ **de rayos gamma, la dosis efectiva en mSv será:**

a) 3.
b) 2.5.
c) 5.
d) 4.

375. Señala la afirmación FALSA respecto a la dosis efectiva E:

a) Los valores de ponderación de tejidos (wT) se promedian por edad y sexo. Por lo tanto, E no se calcula para una persona determinada sino para una Persona de Referencia.
b) E se emplea para estudios epidemiológicos, por ejemplo, en el caso de accidentes que pudieran dar lugar a efectos deterministas.
c) El empleo de E para las exposiciones de tipo médico en pacientes tiene limitaciones importantes.
d) Con la suposición de una respuesta lineal sin umbral a la dosis para los efectos estocásticos de las radiaciones (modelo LNT) en el rango de las dosis bajas ($< 100\ \mathrm{mSv}$) y en las condiciones conceptuales de los cálculos, E es una magnitud aditiva.

376. El equivalente de dosis ambiental, $H^*(d)$**, es el equivalente de dosis que produciría el correspondiente campo de radiación alineado a una profundidad d de:**

a) El maniquí de cabeza.
b) La esfera ICRP.
c) El maniquí de tronco.
d) La esfera ICRU.

377. El principio de minimización del riesgo en la utilización de radiación ionizante implica (señálese la respuesta INCORRECTA):

a) La selección razonable de las situaciones en las que se utiliza cada prueba, es decir, una adecuada justificación de la misma.
b) Priorizar la reducción del riesgo en poblaciones más vulnerables al efecto de la radiación, como la población pediátrica o las embarazadas.
c) La optimización de la dosis empleada, de tal forma que pueda obtenerse una información diagnóstica suficiente sin que se someta a la persona paciente a una exposición a dosis innecesariamente altas.
d) Sólo dos de las tres respuestas anteriores son correctas.

378. Sobre los tres principios fundamentales de la protección radiológica formulados por la ICRP (justificación, optimización y limitación de dosis), indique la única afirmación correcta:

a) El principio de limitación de dosis (límites individuales) no se aplica a las exposiciones médicas de pacientes, las cuales se rigen exclusivamente por los

principios de justificación y optimización (con uso de niveles de referencia diagnósticos en lugar de límites).

b) La optimización (ALARA) consiste en minimizar la dosis individual hasta el valor más bajo técnicamente alcanzable, con independencia de los factores económicos y sociales.
c) El principio de justificación de la exposición médica es competencia exclusiva del personal especialista en Radiofísica Hospitalaria y se evalúa caso por caso para cada paciente concreto a partir de su historia clínica.
d) Los límites de dosis efectiva para una persona trabajadora expuesta recomendados por ICRP son iguales que los aplicables al público general (1 mSv/año), porque ambos derivan del mismo coeficiente nominal de riesgo.

379. En protección radiológica, la dosis equivalente en un órgano o tejido, y la dosis efectiva, se utilizan para expresar el riesgo radiológico asociado a una exposición. Respecto a estas magnitudes, señale la afirmación correcta:

a) Son magnitudes directamente medibles con un dosímetro personal colocado sobre la persona trabajadora.
b) En condiciones de equilibrio electrónico, ambas coinciden necesariamente con la dosis absorbida.
c) Son magnitudes de protección o limitadoras, no medibles directamente en la práctica, y se estiman de forma conservadora mediante magnitudes operacionales.
d) Se emplean para calcular las magnitudes operacionales, que son las que representan directamente el riesgo biológico.

380. En un procedimiento radiológico justificado, se detecta que es posible reducir la dosis a la persona paciente modificando el protocolo de adquisición, aunque una reducción excesiva empeoraría la calidad de imagen y podría comprometer el diagnóstico. Según el criterio ALARA, ¿cuál sería la actuación más adecuada?

a) Reducir la dosis al mínimo técnicamente posible, aunque la imagen deje de ser diagnóstica.
b) Mantener el protocolo sin cambios, siempre que la dosis esté por debajo de los límites legales.
c) Optimizar el protocolo para obtener la menor dosis razonablemente alcanzable compatible con una calidad de imagen suficiente.
d) Aumentar la dosis para garantizar siempre la máxima calidad de imagen disponible.

381. Según ICRP 103, para efectos estocásticos y en el contexto de las magnitudes de protección, si un mismo tejido recibe una dosis absorbida D, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta respecto a la dosis equivalente?

a) Es mayor para fotones que para electrones.
b) Es mayor para fotones que para protones.
c) Es igual para fotones y para electrones.
d) Es igual para fotones y para protones.

382. De los principios del Sistema de Protección Radiológica de la ICRP, ¿cuáles se aplican en el caso de exposición médica?

a) Justificación, optimización y limitación.
b) Justificación y limitación.
c) Justificación y optimización.
d) Optimización y limitación.

383. Según la ICRP Publicación 103, Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, ¿qué coeficiente nominal de riesgo total ajustado al detrimento recomienda la Comisión para efectos estocásticos en toda la población tras exposición a radiación a baja tasa de dosis?

a) $5.5 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{Sv}^{-1}$ correspondiente al riesgo de cáncer ajustado al detrimento en toda la población.
b) $7.3 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{Sv}^{-1}$ correspondiente al valor total utilizado en la Publicación 60 para toda la población.
c) $4.2 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{Sv}^{-1}$ correspondiente al riesgo total ajustado al detrimento en personas adultas.
d) $5.7 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{Sv}^{-1}$ correspondiente al riesgo total ajustado al detrimento en toda la población.

384. ¿Cuál es el objeto principal de la norma UNE EN 30012-1 / ISO 10012-1 en relación con los equipos de medida utilizados en protección radiológica?

a) Establecer criterios para la gestión metrológica de los equipos de medida.
b) Definir los límites de dosis para el personal trabajador expuesto y miembros del público.
c) Regular la construcción de búnkeres para aceleradores lineales de radioterapia.
d) Establecer el protocolo de cálculo de dosis absorbida en pacientes de radioterapia.

385. Si un centro sanitario ha solicitado una modificación de su instalación radiactiva, por el trámite legal establecido, para incluir en ella un acelerador lineal de nueva adquisición, pero aún no ha obtenido la resolución favorable a esta solicitud:

a) Puede realizar el montaje del acelerador, pero sin emitir radiación.
b) Puede emitir radiación, pero sólo para realizar la verificación de los blindajes.
c) No puede aún realizar el montaje del acelerador.
d) Si ha transcurrido más de un mes desde la solicitud, se considera resolución favorable por silencio administrativo y puede empezar a tratar pacientes.

386. En una instalación de radiodiagnóstico médico, una persona trabajadora es clasificado como profesionalmente expuesta de categoría B por primera vez a la edad de 60 años y permanece en la misma condición hasta su jubilación a la edad de 65 años. De acuerdo con la legislación vigente:

a) Su historial dosimétrico ha de ser archivado por la persona titular al menos hasta que cumpla o hubiera cumplido los 75 años.



b) Su historial dosimétrico ha de ser archivado por la persona titular al menos hasta que cumpla o hubiera cumplido los 95 años.
c) Su historial dosimétrico ha de ser archivado por la persona titular al menos hasta que cumpla o hubiera cumplido los 90 años.
d) La persona trabajadora, como categoría B, no tiene por qué tener historial dosimétrico.

387. Se consideran instalaciones radiactivas de tercera categoría:

a) Las fábricas de producción de uranio, torio y sus derivados.
b) Las instalaciones donde se almacenan o manipulan productos radiactivos en las que intervenga una actividad superior a la de exención e inferior a 1000 veces ésta.
c) Las instalaciones donde se almacenan o manipulan productos radiactivos en las que intervenga una actividad superior a la de exención.
d) Las instalaciones donde se almacenan o manipulan productos radiactivos en las que intervenga una actividad superior a la de exención e inferior a 100 veces ésta.

388. Señala la afirmación correcta según establece el Real Decreto 1029/2022, respecto a las personas en formación y estudiantes que, durante sus estudios, no estén sometidos a las disposiciones previstas para quienes tengan que utilizar fuentes de radiación:

a) El límite de dosis equivalente para la piel será de 50 mSv por año oficial.
b) El límite de dosis equivalente para cada extremidad será de 150 mSv por año oficial.
c) El límite de dosis efectiva será de 6 mSv por año oficial.
d) El límite de dosis efectiva será de 100 mSv durante todo período de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.

389. El límite anual de dosis efectiva, según el Real Decreto 1029/2022 para la ciudadanía es:

a) 20 mSv.
b) 1 mSv.
c) 5 mSv.
d) 2 mSv.

390. Según el Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, en una exposición especialmente autorizada:

a) Podrá participar exclusivamente personal trabajador expuesto de categoría A, incluidas las trabajadoras embarazadas, siempre que exista consentimiento informado.
b) El Consejo de Seguridad Nuclear podrá autorizar, para cada caso concreto, exposiciones ocupacionales individuales superiores al límite de dosis efectiva establecido.

c) Podrá participar personal trabajador expuesto de categorías A y B, siempre que la vigilancia dosimétrica individual sea reforzada.
d) Podrá participar personal trabajador expuesto de categoría A y personas en formación, siempre que se trate de actuaciones no repetitivas y debidamente justificadas.

391. Según el Real Decreto 1085/2009, una instalación veterinaria que dispone de un equipo de TC, es una instalación de:

a) Tipo 1.
b) Tipo 2.
c) Tipo 3.
d) Tipo 4.

392. Según el Real Decreto 1217/2024, de 3 de diciembre, ¿cuál de las siguientes instalaciones se clasifica como instalación radiactiva de segunda categoría?

a) Las instalaciones que utilicen fuentes radiactivas con fines de irradiación industrial.
b) Las instalaciones que utilicen equipos generadores de rayos X que puedan funcionar con una tensión de pico superior a 200 kV.
c) Las instalaciones donde se manipulen o almacenen radionucleidos cuya actividad total sea superior a los valores de exención, pero inferior a mil veces dichos valores.
d) Los aceleradores de partículas y equipos capaces de acelerar cargas eléctricas a energías iguales o inferiores a 1 MeV.

393. Según la Directiva 2013/59/Euratom, una de las obligaciones documentales en materia de exposiciones médicas es que:

a) El personal prescriptor refleje en la solicitud la dosis efectiva estimada del procedimiento.
b) El informe del procedimiento médico-radiológico incluya la información relativa a la exposición del o de la paciente.
c) Toda exposición médica quede acompañada de un cálculo individualizado de dosis absorbida.
d) La dosis a la persona paciente solo se registre cuando se superen los niveles de referencia para diagnóstico.

394. Según la Directiva 2013/59/Euratom, el sistema de protección radiológica se basa en:

a) Justificación, optimización y limitación de dosis, aplicándose esta última a las situaciones de exposición planificadas, pero no a las exposiciones médicas.
b) Justificación, limitación de dosis y precaución, aplicándose los límites de dosis por igual a exposiciones ocupacionales, poblacionales y médicas.
c) Optimización, restricción de dosis y limitación, siendo la justificación exigible solo para nuevas prácticas.
d) Justificación, optimización y niveles de referencia, sustituyendo estos a los límites de dosis en todas las situaciones.

395. En relación con la protección del cristalino en la exposición ocupacional, la Directiva 2013/59/Euratom establece que:

a) El límite se fija exclusivamente en 20 mSv por año, sin contemplar ninguna otra forma de cómputo.
b) El límite puede expresarse como 100 mSv en cinco años consecutivos, siempre que no se superen 50 mSv en un solo año.
c) El límite general es de 50 mSv por año, aunque se recomienda no sobrepasar 20 mSv anuales.
d) El límite quinquenal de 100 mSv solo se aplica a personal trabajador de categoría A, no al resto de personal trabajador expuesto.

396. Según la Directiva 2013/59/Euratom, en materia de exposiciones médicas es correcto afirmar que:

a) Toda exposición médica individual debe justificarse previamente y, en radiodiagnóstico, radiología intervencionista y procedimientos de planificación, guía o verificación, las dosis deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible para obtener la información clínica necesaria.
b) La justificación previa solo se exige para programas de cribado y procedimientos en personas asintomáticas, mientras que la optimización se aplica de forma plena únicamente a la radioterapia.
c) La optimización en exposiciones médicas se basa en respetar límites de dosis equivalentes para pacientes, con independencia de la finalidad clínica del procedimiento.
d) La directiva prioriza la información diagnóstica obtenida sobre cualquier consideración de optimización, siempre que el procedimiento haya sido prescrito por personal sanitario.

397. Según el Real Decreto 601/2019, en relación con los equipos médico-radiológicos, ¿qué intervención corresponde a la persona especialista en Radiofísica Hospitalaria?

a) Autorizar administrativamente la instalación antes de su entrada en funcionamiento.
b) Realizar las pruebas de funcionamiento de forma sistemática y tras mantenimientos que puedan afectar a la dosis o a la calidad de imagen.
c) Emitir el informe clínico final de los procedimientos de radiodiagnóstico, medicina nuclear y radioterapia.
d) Sustituir al o la profesional sanitaria habilitada en la justificación individual de toda exposición médica.

398. Según el Real Decreto 601/2019, cuando sea necesaria la inmovilización de una persona paciente durante un procedimiento diagnóstico o terapéutico con radiaciones ionizantes, ¿cuál de las siguientes actuaciones se ajusta mejor a lo previsto en la norma?

a) Se recurrirá preferentemente a personas cuidadoras, siempre que reciban instrucciones y dispongan de material de protección adecuado.

b) Se utilizarán sujeciones mecánicas apropiadas y, si no fuera posible, podrán intervenir personas cuidadoras, salvo en radioterapia, excluyendo siempre a menores de edad y gestantes.
c) La inmovilización deberá realizarse por personal trabajador expuesto, salvo que la persona paciente designe voluntariamente a una persona cuidadora.
d) Podrán intervenir personas cuidadoras en cualquier procedimiento, siempre que no queden expuestas al haz directo y se registre su dosis individual.

399. Según el Real Decreto 1217/2024, una instalación sanitaria que dispone de un equipo capaz de acelerar cargas eléctricas a una energía de 1.5 MeV, sin que concurran las circunstancias para clasificarla como instalación radiactiva de primera categoría, se clasificará como:

a) Instalación radiactiva de segunda categoría, porque los aceleradores de partículas y los equipos capaces de acelerar cargas eléctricas a energías superiores a 1 MeV se incluyen en dicha categoría.
b) Instalación radiactiva de tercera categoría, porque los equipos capaces de acelerar cargas eléctricas se consideran de tercera categoría siempre que no superen el umbral general de 5 kV aplicable a los generadores de radiación.
c) Instalación radiactiva de tercera categoría, porque la energía de 1.5 MeV no supera el umbral que diferencia los equipos aceleradores de uso sanitario de los aceleradores de partículas de segunda categoría.
d) Instalación radiactiva de tercera categoría, porque la clasificación como segunda categoría se reserva a equipos generadores de rayos X con tensión de pico superior a 200 kV, no a equipos aceleradores de cargas eléctricas.

400. Según el Real Decreto 1217/2024, en relación con las licencias de operador y supervisor en instalaciones radiactivas distintas de las del ciclo del combustible nuclear, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) Son válidas únicamente para una instalación concreta y deben renovarse cada seis años, como ocurre en las instalaciones nucleares.
b) Son licencias concedidas por la persona titular de la instalación, aunque deben ser comunicadas posteriormente al Consejo de Seguridad Nuclear.
c) Son obligatorias para todo profesional que realice cualquier control de calidad en instalaciones radiactivas médicas, incluido la persona especialista en Radiofísica Hospitalaria.
d) Son licencias personales e intransferibles, específicas por campo de aplicación, con un plazo de validez de diez años.

401. ¿Quién concede las licencias necesarias para actuar como operador o supervisor en una instalación radiactiva médica, y durante cuánto tiempo son válidas como máximo?

a) El Consejo de Seguridad Nuclear, durante 5 años.
b) El Ministerio de Sanidad, durante 5 años.
c) El Consejo de Seguridad Nuclear, durante 10 años.
d) El Ministerio de Sanidad, durante 10 años.

402. Una persona que actúa como supervisora en una instalación radiactiva médica tiene próxima la fecha de caducidad de su licencia. ¿Con qué antelación debe solicitar su renovación?

a) 2 meses antes de la caducidad.
b) 3 meses antes de la caducidad.
c) 4 meses antes de la caducidad.
d) 6 meses antes de la caducidad.

403. De entre las reglamentaciones, criterios y recomendaciones que propone el Consejo de Seguridad Nuclear, son de obligado cumplimiento para los sujetos afectados:

a) Las Guías de Seguridad (GS).
b) Las Instrucciones Técnicas del Consejo (IS).
c) Las Circulares Técnicas (CT).
d) Los Programas de Seguridad (PS).

404. De acuerdo con la instrucción IS-18 del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la pérdida o robo de una fuente radiactiva de Cs-137 empleada en un irradiador de hemocomponentes:

a) Se debe notificar antes de 24 horas.
b) Se debe notificar inmediatamente.
c) Se debe registrar en el libro de operaciones y notificar antes de 7 días.
d) Se debe notificar antes de 1 hora al CSN y a la empresa suministradora del irradiador.

405. Según el acuerdo de encomienda entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la Comunidad Autónoma del País Vasco, ¿qué tipo de actuaciones puede realizar la Comunidad Autónoma en el marco de dicha encomienda?

a) Actuaciones de carácter material, técnico o de servicios en materias competencia del CSN.
b) Resolución de expedientes de autorización de instalaciones radiactivas.
c) probación de instrucciones técnicas propias en materia de seguridad nuclear.
d) Expedición de licencias de operador y supervisor de instalaciones radiactivas.

406. De acuerdo con la IS-16 del Consejo de Seguridad Nuclear, en el caso de implantes permanentes de braquiterapia, los registros del número y actividad de las fuentes implantadas y de las fechas de los implantes deberán custodiarse:

a) Al menos 5 años desde el día del implante, por la persona titular de la instalación radiactiva.
b) Al menos 5 años desde la baja en inventario, por la jefa de protección radiológica.
c) Al menos 2 años desde la baja en inventario, por la persona titular de la instalación radiactiva.
d) Al menos 2 años desde el día del implante, por la jefa de protección radiológica.

407. De acuerdo con la IS-18 del Consejo de Seguridad Nuclear, la desaparición por pérdida o robo de una fuente radiactiva encapsulada de categoría 4, siempre que no sea considerada fuente de alta actividad, deberá notificarse:

a) En un plazo máximo de 1 hora.
b) En un plazo máximo de 24 horas.
c) En el informe anual de la instalación.
d) Solo si se produce exposición de miembros del público.

408. En el cálculo de blindajes en una sala de espera o de inyección de PET, la persona paciente que ya ha sido administrada el radiotrazador se modela como:

a) Una fuente externa fija con la actividad nominal administrada.
b) Una fuente puntual atenuada por la propia persona paciente y corregida por decaimiento y permanencia.
c) Una barrera adicional de plomo equivalente.
d) Una fuente isotrópica homogénea distribuida sobre el volumen completo de la sala.

409. El TLD-100, denominación comercial ampliamente utilizada para dosímetros termoluminiscentes de LiF:Mg,Ti, se ha empleado de forma extensa en dosimetría personal y médica. Una de sus ventajas frente a otros materiales TLD es que su número atómico efectivo, $Z_{\text{eff}} \approx 8$, es:

a) Muy bajo, lo que lo hace insensible a fotones.
b) Cercano al del tejido blando, dando una respuesta en energía relativamente plana.
c) Muy alto, lo que aumenta su sensibilidad pero le impide medir bajas dosis.
d) Variable con la dosis acumulada.

410. En las barreras primarias de un acelerador lineal con potenciales aceleradores entre 10 y $25\,\text{MV}$, con respecto a la importancia de la contribución de neutrones podemos afirmar:

a) Es conveniente emplear hormigón de la mayor densidad posible, pues la atenuación de los neutrones aumenta proporcionalmente a esta densidad.
b) Es imprescindible añadir a la barrera una fina capa de material de alto número atómico como el plomo, que conseguirá moderar y absorber los neutrones.
c) El valor de la capa décimorreductora (TVL) en hormigón para los neutrones que emergen del cabezal y los dispersados en la sala (energía media $0.34\,\text{MeV}$), es aproximadamente la mitad que la TVL para los fotones generados a esos potenciales, por lo que el blindaje de hormigón calculado para fotones es suficiente para neutrones.
d) Las fugas de neutrones del cabezal son 2-3 órdenes de magnitud inferiores a las de fotones, por lo que cualquier material pesado o de alto número atómico, que constituya un blindaje adecuado para fotones, será un blindaje adecuado también para neutrones.

411. El criterio dosimétrico de una zona de permanencia limitada es el riesgo de superar:

a) $1\,\text{mSv/año}$ en operación normal.

b) 6 mSv/año en operación normal.
c) 20 mSv/año en operación normal.
d) 100 mSv en una operación corta.

412. Al calcular los blindajes necesarios en un acelerador lineal que realiza procedimientos de radioterapia con modulación de intensidad (IMRT), debemos aplicar a la carga de trabajo un factor "C" multiplicativo de manera que:

a) El valor del factor C es menor o igual a 1, para tener en cuenta que al usar campos más pequeños se produce menos radiación dispersa.
b) El factor C se aplica sólo a la carga de trabajo para el cálculo de la radiación de fuga, pero no a la radiación directa o dispersa, pues éstas no aumentan significativamente.
c) Este factor es superior a 1 sólo si se emplean tasas de dosis elevadas conseguidas con el modo de emisión en que se retira el filtro aplanador.
d) La carga de trabajo que se debe emplear para esta modalidad de tratamientos es la misma que en el resto de tratamientos de radioterapia convencionales.

413. En el diseño de un blindaje estructural para un acelerador lineal de 10 MV**, la calidad del haz que se tiene en cuenta es (indique la opción FALSA):**

a) 10 MV para el haz primario.
b) 10 MV para la radiación de pico.
c) 3.3 MeV para la radiación dispersa a todos los ángulos.
d) 0.511 MeV para la radiación dispersa a 90º.

414. ¿Por qué los blindajes de plomo (Pb) o tungsteno (W), eficaces frente a fotones, NO son adecuados como blindaje principal frente a neutrones?

a) Porque su alta densidad aumenta la transmisión neutrónica.
b) Porque moderan mal los neutrones al no contener hidrógeno.
c) Porque sus electrones no interaccionan con neutrones.
d) Porque los neutrones se desvían por campos magnéticos.

415. ¿Cuál es, aproximadamente, el porcentaje de atenuación para el Tc-99m, de una jeringa blindada convencional?

a) Menos del 8 %.
b) Del orden del 75 %.
c) Entre 90 % y 98 %.
d) Más del 99 %.

416. En cálculo de blindajes, el factor de ocupación T:

a) Sólo se aplica en exposición ocupacional.
b) Es igual a la unidad en zonas donde siempre hay alguien.
c) Es igual a la unidad en zonas muy concurridas.
d) Se refiere a la persona con la máxima ocupación en la zona a proteger.

417. Entre las recomendaciones que el Servicio de Radiofísica puede dar para optimizar las dosis ocupacionales para el personal trabajador expuesto de una Instalación Radiactiva en la que se trabaja con un equipo PET-CT NO está:

a) Llevar a cabo un programa de formación y rotación con el personal trabajador.
b) Aplicar siempre que sea posible técnicas de reducción de dosis (modulación 3D de la intensidad).
c) Administrar una actividad diferenciada en función del peso de la persona paciente.
d) Disminuir el tiempo de adquisición por cama.

418. En dosimetría personal, la vigilancia de la exposición del cristalino requiere emplear una magnitud operacional específica. ¿A qué profundidad se define el equivalente de dosis personal utilizado para estimar la dosis al cristalino?

a) A 10 mm, mediante la magnitud $H_p(10)$.
b) A 0.07 mm, mediante la magnitud $H_p(0.07)$.
c) A 3 mm, mediante la magnitud $H_p(3)$.
d) A la profundidad de máxima dosis del haz incidente, que depende de la energía de la radiación.

419. En instalaciones de radiodiagnóstico, el criterio habitual para la clasificación de zonas es:

a) Zona de acceso libre para el puesto de control y zona vigilada para el interior de la sala de exploración.
b) Zona vigilada para el puesto de control y zona controlada para el interior de la sala de exploración.
c) Zona controlada para el puesto de control y zona de acceso prohibido para el interior de la sala de exploración.
d) Zona de permanencia reglamentada para el puesto de control y para el interior de la sala.

420. Según el RD 1029/2022, ¿cuál de las siguientes situaciones corresponde a una zona vigilada por exposición externa?

a) Cualquier zona en la que exista exposición a radiaciones ionizantes, aunque la dosis efectiva prevista sea inferior a 1 mSv por año oficial.
b) Una zona que no cumple criterios de zona controlada, pero en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial.
c) Una zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial.
d) Una zona en la que existe riesgo de recibir, en un periodo muy corto, dosis superiores a los límites de dosis para el personal trabajador expuesto.

421. Sobre los factores de uso U y ocupación T aplicados al cálculo del blindaje en una sala PET, indique la afirmación correcta.

a) U se reduce según la fracción de tiempo que la persona paciente permanece en la sala, ya sea durante la incorporación o durante la adquisición.



b) T=1 para todas las barreras de la sala PET, porque la emisión de la persona paciente no tiene una dirección preferente.
c) U=1, ya que la persona paciente actúa como fuente no colimada; T se aplica al área adyacente según su grado de ocupación.
d) U puede tomarse menor que 1 si la sala PET tiene una zona de incorporación y otra de adquisición separadas, ya que cada barrera solo recibe radiación durante una parte del procedimiento.

422. Durante la emisión del haz en un acelerador lineal de radioterapia, ¿cómo debe considerarse el acceso del personal trabajador al interior del búnker?

a) Zona vigilada.
b) Zona controlada sin restricciones adicionales.
c) Zona de permanencia limitada.
d) Zona de acceso prohibido.

423. El color del trébol que indica zona de permanencia limitada según la normativa española vigente es:

a) Gris.
b) Verde.
c) Amarillo.
d) Rojo.

424. Según el Real Decreto 1029/2022, en relación con el control dosimétrico del personal trabajador expuesto de categoría A, señale la afirmación correcta:

a) Puede basarse únicamente en dosimetría de área si el personal trabajador permanece habitualmente en zona vigilada.
b) Debe realizarse mediante dosimetría individual y adaptarse al tipo de exposición del personal trabajador.
c) Solo es obligatorio si se prevé que el personal trabajador pueda superar los límites anuales de dosis.
d) Puede sustituirse de forma general por estimaciones obtenidas a partir de trabajadores de categoría B.

425. De acuerdo con el informe de la SEFM sobre Protección Radiológica en Braquiterapia, en el caso de la expulsión de una semilla suelta de I-125 a través de la orina de un paciente en el que se realizó el implante de semillas 12 meses atrás:

a) No será necesario recoger la semilla y podrá ser desechada por el sistema de saneamiento.
b) En España es obligada su recogida y entrega al hospital.
c) Sólo es posible la expulsión de semillas durante los 2 primeros meses tras el implante.
d) Se podrá recoger la semilla con la mano y enviar al hospital por correo.

426. Según la Guía de Seguridad 5.11 del Consejo de Seguridad Nuclear sobre Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico, el producto de los factores U·T recomendado para el caso de un aseo colocado al otro lado de una pared en la que se apoya un estativo mural utilizado para realizar imágenes de tórax PA es:

a) 1/64.
b) 1/10.
c) 1/16.
d) 1/4.

427. La Guía de Seguridad 9.2 del Consejo de Seguridad Nuclear sobre Gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en instalaciones radiactivas:

a) No se aplica a las fuentes radiactivas encapsuladas de las instalaciones radiactivas de 2ª y 3ª categoría con fines médicos.
b) Es de obligado cumplimiento en todas las instalaciones radiactivas de 2ª categoría con fines médicos.
c) Es de obligado cumplimiento en todas las instalaciones radiactivas de 3ª categoría con fines médicos.
d) No considera como vía de gestión del material residual sólido con contenido radiactivo la evacuación como residuo convencional.

428. Según la Guía sobre criterios de protección radiológica operacional para personal trabajador expuesto en instalaciones radiactivas en el sector sanitario de la Sociedad Española de Protección Radiológica, la recomendación para un anestesista de la unidad del dolor es:

a) Clasificación como personal trabajador profesionalmente expuesto de categoría B con dosimetría individual de solapa.
b) Clasificación como personal trabajador profesionalmente expuesto de categoría A con dosimetría individual de solapa.
c) Clasificación como personal trabajador no profesionalmente expuesto, sin ningún tipo de dosimetría.
d) Clasificación como personal trabajador profesionalmente expuesto de categoría B con dosimetría de área.

429. Según la nota técnica de la Sociedad Española de Protección Radiológica y la Sociedad Española de Diagnóstico por Imagen de la Mama sobre la utilización de protectores plomados de tiroides en mamografía por parte de la persona paciente:

a) Es necesario que las personas pacientes utilicen estos protectores.
b) Es recomendable que las personas pacientes utilicen estos protectores.
c) No es necesario que las personas pacientes utilicen estos protectores.
d) No es posible realizar una mamografía cuando la persona paciente lleva un protector tiroideo.

430. Según la Guía sobre criterios de protección radiológica operacional para el personal trabajador expuestos en instalaciones radiactivas en el sector sanitario de la SEPR, cuando una persona trabajadora utiliza delantal plomado y se emplea un único dosímetro personal para estimar la dosis corporal efectiva del tronco protegido, este debería colocarse:

a) Sobre el delantal, a la altura del cuello, para estimar directamente la dosis efectiva.
b) Debajo del delantal, entre el profesional y la prenda de protección.
c) Sobre el protector tiroideo, siempre que exista riesgo de exposición del cristalino.
d) En el exterior del delantal plomado, siempre que se aplique posteriormente un factor de corrección para estimar la dosis corporal.

431. Una zona vigilada donde existe riesgo de exposición externa y de contaminación no despreciables, estará señalizada por:

a) Un trébol verde sobre fondo gris bordeado de puntas radiales en campo punteado.
b) Un trébol gris sobre fondo blanco bordeado de puntas radiales en campo punteado.
c) Un trébol gris sobre fondo blanco bordeado de puntas radiales.
d) Un trébol verde sobre fondo blanco bordeado de puntas radiales.

432. Una zona controlada donde existe únicamente riesgo de exposición externa (sin contaminación) se señaliza con:

a) Trébol gris sobre fondo blanco bordeado de puntas radiales.
b) Trébol gris sobre fondo blanco en campo punteado.
c) Trébol verde sobre fondo blanco bordeado de puntas radiales.
d) Trébol verde sobre fondo blanco en campo punteado.

433. En el contexto de la estimación retrospectiva de dosis tras una exposición externa accidental sin dosímetro personal disponible, indique cuál de las siguientes técnicas es biodosimétrica propiamente dicha (es decir, mide un efecto biológico cuantificable en el individuo expuesto y permite estimar la dosis equivalente en cuerpo entero), y NO una técnica de dosimetría física, de reconstrucción dosimétrica por simulación o de bioensayo de incorporación:

a) La medida de la actividad de ^{51}Cr o ^{99}Tc en orina mediante espectrometría gamma para reconstruir la incorporación tras una contaminación interna.
b) La reconstrucción Monte Carlo de la dosis en órganos a partir de la geometría reconstruida del accidente (posición fuente-víctima, blindajes interpuestos, tiempo de exposición), tomada como gold-standard físico cuando la víctima no portaba dosímetro.
c) El recuento de dicéntricos cromosómicos en linfocitos de sangre periférica cultivados en metafase, contrastado contra una curva dosis-respuesta calibrada *in vitro* para la misma calidad de radiación.
d) La medida de la dosis acumulada por resonancia paramagnética electrónica (EPR/ESR) sobre fragmentos de esmalte dental extraídos de la víctima, considerada el patrón físico de referencia en accidentes a largo plazo.

434. Según la Guía de Seguridad 5.3 del Consejo de Seguridad Nuclear, Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas, ¿qué valor de actividad se considera límite de fuga en una prueba de frotis directo sobre la fuente?

a) 3.7 Bq.
b) 18.5 Bq.
c) 37 Bq.
d) 185 Bq.

435. La energía nominal típica de un ciclotrón clínico de protonterapia es del orden de:

a) $30 - 50$ MeV.
b) $230 - 250$ MeV.
c) $800 - 1000$ MeV.
d) > 5 GeV.

436. La irradiación con iones de carbono frente a con protones:

a) Supone un aumento de la penumbra lateral del haz.
b) En la irradiación con protones, se produce un tallo tras el pico de Bragg.
c) Supone una reducción del EBR.
d) Supone una reducción de la penumbra lateral del haz.

437. El ciclotrón se utiliza habitualmente para acelerar protones y otras partículas pesadas, sin embargo, NO es práctico para acelerar electrones debido:

a) A la alteración de la órbita circular por el campo eléctrico producido en el interior de los dos electrodos semicirculares del ciclotrón.
b) A la variación de masa por efectos relativistas que se produciría en el proceso de aceleración, incluso a energías relativamente bajas.
c) A que en un ciclotrón solo se pueden acelerar partículas con carga positiva debido a la orientación del campo magnético aplicado.
d) A que la masa de un electrón es mucho menor que la de un protón y el espacio de separación entre los electrodos es demasiado pequeño para acelerarlos adecuadamente.

438. Los protones que se aceleran en un ciclotrón provienen de:

a) Una fuente radiactiva emisora de protones.
b) La ionización del hidrógeno.
c) Una reacción nuclear.
d) Un filamento incandescente.

439. La energía máxima obtenida en un ciclotrón (señale la opción correcta):

a) Está condicionada por limitaciones relativistas.
b) Está inversamente proporcional a la anchura del espectro energético del haz de partículas emergentes.



c) Depende exclusivamente del diámetro del equipo.
d) Es mayor para haces de neutrones que de protones.

440. Para la dosimetría relativa en haces de iones pesados, el documento de la IAEA "Determinación de la dosis absorbida en radioterapia externa" recomienda el uso de:

a) Cámaras de ionización cilíndricas en haces pesados con SOBP (Spread out Bragg Peak) de anchuras menor o igual que $2\ g/cm^2$ y plano-paralelas para anchuras mayores.
b) Cámaras de ionización cilíndricas o plano-paralelas.
c) Cámaras cilíndricas solamente.
d) Cámaras de ionización plano-paralelas solamente.

441. Para los haces de protones empleados comúnmente en radioterapia, y en la práctica clínica, se aplica generalmente un valor uniforme de eficacia biológica relativa (RBE) en todo el depósito de energía igual a:

a) 1.0.
b) 1.1.
c) 1.4.
d) 2.0.

442. ¿Cuáles son las partículas subatómicas utilizadas en la hadronterapia?

a) Fotones y electrones.
b) Iones de sodio y neutrinos.
c) Protones y iones de carbono.
d) Átomos de oxígeno y rayos gamma.

443. Una de las técnicas para ensanchar el pico de Bragg (SOBP) hasta dimensiones terapéuticas es:

a) Modificar el diámetro de la órbita de aceleración.
b) Variar la energía del inyector previo.
c) Interponer degradadores pasivos.
d) Variando la energía del campo magnético.

444. Señalar la respuesta correcta con respecto a la dosis equivalente periférica en haces de protones:

a) La dosis en órganos debido a neutrones es mayor en personas pacientes adultas ya que la producción interna es mayor.
b) La contribución de los fotones secundarios a la dosis equivalente ambiental puede llegar al 20 %.
c) En haces pasivos (passive scattering) la contribución dominante se debe a neutrones generados externamente, mientras que en haces escaneados (scanning beams) se debe a neutrones internos.

d) La dosis equivalente periférica en un órgano es menor en un tratamiento con haces de protones que en uno con haces de fotones ya que los neutrones producidos en haces de protones son menos penetrantes que los producidos en haces de fotones.

445. Según las Recomendaciones de la SEOR para la Protonterapia en España, ¿cuál es la principal ventaja dosimétrica de los protones frente a los fotones?

a) Que presentan una dosis de entrada nula y depositan toda la dosis exclusivamente en la superficie tumoral.
b) Que permiten reducir la dosis de entrada respecto a los fotones, manteniendo una dosis de salida comparable, lo que mejora la conformación en tumores profundos.
c) Que permiten situar el máximo de depósito de dosis a una profundidad determinada y reducen marcadamente la dosis más allá del volumen tratado.
d) Que eliminan completamente la penumbra lateral y, por tanto, no requieren márgenes geométricos.

446. Según las Recomendaciones de la SEOR para la Protonterapia en España, en relación con los sistemas de administración de dosis en protonterapia, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

a) Los sistemas de dispersión pasiva modulan el haz mediante campos magnéticos que dirigen los protones punto a punto sobre el tumor.
b) Los sistemas activos utilizan compensadores y colimadores individualizados para cada campo, mientras que los pasivos no requieren accesorios específicos.
c) Los sistemas activos se emplean únicamente para tumores superficiales, mientras que los sistemas pasivos son imprescindibles para tumores profundos.
d) En los sistemas de dispersión activa, el haz puede escanearse mediante imanes y modularse en energía para cubrir el volumen blanco en distintas profundidades.

447. Según las Recomendaciones de la SEOR para la Protonterapia en España, ¿qué valor de eficacia biológica relativa, EBR o RBE, se adopta habitualmente para los protones en la región del pico de Bragg extendido?

a) Aproximadamente 1.0, por lo que se consideran biológicamente idénticos a los fotones en toda la trayectoria.
b) Aproximadamente 1.1, aunque puede aumentar al final del rango y en la caída distal de dosis.
c) Aproximadamente 2.5, especialmente en la región de entrada del haz.
d) Aproximadamente 4-5, valor característico de los protones y utilizado de forma uniforme en clínica.

448. Según las Recomendaciones de la SEOR para la Protonterapia en España, ¿cuál de las siguientes situaciones constituye una indicación recomendada para valorar tratamiento con protones?

a) Cáncer de próstata localizado no metastásico, como indicación general fuera de ensayos clínicos o registros prospectivos.

b) Tumores torácicos no metastásicos, como pulmón o esófago, como indicación estándar establecida independientemente de la comparación con técnicas avanzadas de fotones.
c) Tumores pediátricos, especialmente los localizados en sistema nervioso central o próximos a órganos de riesgo.
d) Cáncer de mama, como indicación estándar en todos los casos en los que se incluyan cadenas ganglionares en el volumen de tratamiento.

449. Según las Recomendaciones de la SEOR para la Protonterapia en España, ¿qué energía se menciona como referencia para tratar tumores profundos con protones?

a) 70 MeV.
b) 100 MeV.
c) 200 MeV.
d) 300 MeV.

450. Según las Recomendaciones de la SEOR para la Protonterapia en España, en relación con el carcinoma hepatocelular tratado con protones, ¿qué se menciona en la evidencia disponible?

a) La protonterapia ha demostrado claramente una mayor supervivencia global que la TACE en ensayos fase III.
b) La protonterapia solo se ha evaluado como tratamiento paliativo en enfermedad metastásica hepática.
c) La protonterapia se considera inadecuada en hepatocarcinoma por la imposibilidad de preservar hígado sano.
d) La protonterapia y la SBRT mostraron resultados equivalentes en supervivencia y control local, con datos prometedores de toxicidad.

CASO 1: PREGUNTAS 451-455

Determinar la dosis absorbida en agua en un haz de electrones de energía nominal 16 MeV de un acelerador lineal de electrones (de tipo pulsado) siguiendo el Código de Práctica TRS 398.

Para ello se tienen los siguientes datos:

- Condiciones de referencia: el maniquí de referencia es de agua, R_{50} = 6.7 g/cm^2, tasa nominal 300 UM/min, campo de referencia 15 x 15 cm^2, SSD 100 cm. La profundidad del máximo es 3.2 cm y el PDD a la profundidad de referencia es del 98 %.

- La cámara de ionización es una cámara cilíndrica PTW 30012 (tipo Farmer) cuyo $N_{D,w,Qo}$ (cámara+ electrómetro unidos) es 5.311 cGy/nC, el espesor de la pared de grafito es 0.079 g/cm^2, siendo la calidad de calibración Q_0 Co-60 a profundidad de 5 g/cm^2.

- La temperatura y presión de referencia para calibración es 20°C y 101.3 kPa y la humedad relativa de 50 %.

- La polaridad en calibración es +400 V, la misma que la tensión de trabajo del usuario y hay corrección por efecto de polaridad.

- Corrección por magnitudes de influencia: temperatura y presión 19.2 °C y 102.8 kPa, humedad relativa 50 %.

- Hacemos 3 disparos de 100 UM y, tras corregir las lecturas por la cámara monitora externa, obtenemos la media:
  - Medidas a + 400 V: 19.5 nC; Medidas a - 400 V: -19.31 nC.
  - Medidas a + 400 V: 19.5 nC; Medidas a tensión reducida +100 V= 19.2 nC.

- Para determinar la dosis absorbida se hacen 3 disparos de 250 UM (tensión de trabajo +400 V) y se obtiene una lectura media sin corregir de 48.75 nC.

Para realizar los cálculos se facilitan las dos tablas siguientes extraídas del TRS 398:

CUADRO 10. COEFICIENTES DE AJUSTE CUADRÁTICO PARA CALCULAR k_s MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS DOS TENSIONES EN RADIACIÓN PULSADA Y PULSADA Y BARRIDA EN FUNCIÓN DE LA RAZÓN DE TENSIONES V_1/V_2 [117]

V_1/V_2	Haces pulsados			Haces pulsados y barridos		
	a_0	a_1	a_2	a_0	a_1	a_2
2,0	2,337	−3,636	2,299	4,711	−8,242	4,533
2,5	1,474	−1,587	1,114	2,719	−3,977	2,261
3,0	1,198	−0,875	0,677	2,001	−2,402	1,404
3,5	1,080	−0,542	0,463	1,665	−1,647	0,984
4,0	1,022	−0,363	0,341	1,468	−1,200	0,734
5,0	0,975	−0,188	0,214	1,279	−0,750	0,474

CUADRO 20. VALORES[a] DE k_Q CALCULADOS PARA HACES DE ELECTRONES Y DISTINTOS MODELOS DE CÁMARAS CALIBRADAS EN RADIACIÓN GAMMA DE ^{60}Co, EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL HAZ R_{50}

Modelo de cámara de ionización[b]	Índice de calidad del haz, R_{50} (g/cm^2)													
	1,0c	1,4	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	10,0
PTW 34001 Roos	0,9743	0,9645	0,9518	0,9428	0,9349	0,9281	0,9222	0,9171	0,9127	0,9088	0,9055	0,9001	0,8960	0,8907
IBA NACP-02	0,9679	0,9580	0,9451	0,9360	0,9281	0,9214	0,9155	0,9104	0,9061	0,9023	0,8990	0,8938	0,8899	0,8848
NE 2571					0,9297	0,9248	0,9210	0,9181	0,9157	0,9137	0,9121	0,9095	0,9075	0,9047
IBA FC65-G					0,9328	0,9279	0,9241	0,9210	0,9184	0,9163	0,9144	0,9114	0,9090	0,9055
Exradin A12					0,9353	0,9304	0,9264	0,9232	0,9205	0,9182	0,9163	0,9130	0,9104	0,9066
Exradin A19					0,9320	0,9273	0,9236	0,9205	0,9178	0,9156	0,9136	0,9103	0,9077	0,9036
PTW 30013					0,9300	0,9247	0,9210	0,9180	0,9155	0,9135	0,9118	0,9090	0,9068	0,9037
PTW 30012					0,9384	0,9331	0,9290	0,9257	0,9230	0,9207	0,9187	0,9156	0,9131	0,9094

Nota: Los datos proceden de un análisis de factores de corrección obtenidos mediante experimentación y cálculos por el método de Montecarlo y constituyen los mejores cálculos disponibles en la actualidad de los valores que deben utilizarse en los tipos de cámaras de ionización que se enumeran; véase el apéndice II.

[a] Los valores se proporcionan con cuatro decimales para que los datos puedan interpolarse con facilidad. Ello no conlleva el cálculo de incertidumbres equivalentes.

[b] En este cuadro solo se incluyen las cámaras que se ha constatado que pueden utilizarse como cámaras de referencia. Es posible que otros tipos de cámaras sean adecuados para dosimetría relativa.

[c] Los datos que se presentan corresponden a una calidad de haz R_{50} = 1 g/cm^2, sin embargo, la ausencia de verificación experimental en esa energía hace que la incertidumbre sea mayor que la que se indica en la sección 7.10. Se recomienda utilizar factores $k_{Q,Q_{ref}}$ calculados mediante experimentación para R_{50} < 1.4 g/cm^2.

451.- La dosis (cGy/UM) a la profundidad del máximo es:

a) 0.9520 cGy/UM.
b) 0.9467 cGy/UM.
c) 0.9388 cGy/UM.
d) 0.9629 cGy/UM.

452.- Si el radio interno de la cámara 30012 es 0.31 cm, ¿cuál es el valor del factor de corrección p_{cav} que tiene en cuenta la perturbación producida por la cavidad, a la profundidad de referencia, del haz de electrones de la pregunta anterior, en agua?

a) 0.988.
b) 0.983.
c) 0.980.
d) 0.977.

453.- Determinar la energía más probable en la superficie de un maniquí de agua del haz de electrones mediante la fórmula $E_{p,0}(MeV)= C_1+C_2 \cdot R_p+C_3 \cdot R_p^2$ de la Nordic Association of Clinical Physics. R_p es el alcance práctico medido en cm y es de 8 cm (ayuda: dos de los coeficientes de la fórmula son C_1=0.22 MeV, C_3=0.0025 MeV/cm^2):

a) 16.8 MeV.
b) 16.5 MeV.
c) 16.2 MeV.
d) 17.1 MeV.

454.- Obtener el radio mínimo aproximado del campo para que haya equilibrio de dispersión lateral (LSE=Lateral Scatter Equilibrium) en el eje central para el haz del apartado anterior, a partir de la relación de dicho radio mínimo con la energía más probable en superficie $E_{p,0}$:

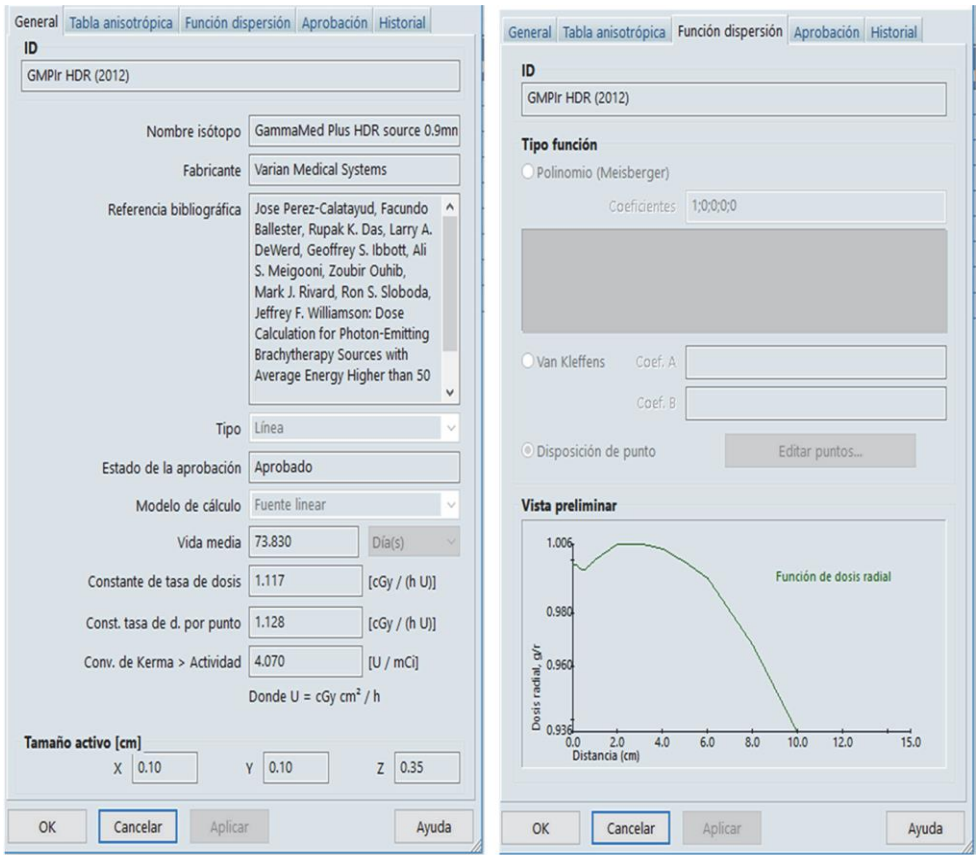
a) 4.0 cm.
b) 3.8 cm.
c) 3.2 cm.
d) 3.5 cm.

455.- Una lesión de mejilla se trata con un haz de electrones externo cuya energía incidente es de 12 MeV y alcance práctico de 6 g/cm^2. El espesor de la mejilla más la lesión es de 3.6 cm. Calcular el factor de retrodispersión de los electrones (EBF) para una protección de plomo colocada en la lesión aplicando la fórmula $EBF = 1+0.735 \cdot \exp(-0.052 \cdot E_z)$, donde E_z es la energía media de los electrones incidentes en la interfase en MeV:

a) 1.39.
b) 1.46.
c) 1.51.
d) 1.57.

CASO 2: PREGUNTAS 456-462

En el servicio de radioterapia de un hospital se llevan a cabo tratamientos de braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR) mediante una fuente de Ir-192. Para la planificación dosimétrica de estos tratamientos se utiliza un sistema de planificación que implementa el protocolo TG-43 de la AAPM. A continuación, se presenta la información dosimétrica y geométrica del modelo de fuente empleada, a partir de la cual deberán resolverse las cuestiones planteadas.



	F(r,θ)																	
	Distance from Active Source Center (cm)																	
θ (°)	0	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00
0	0.695	0.695	0.666	0.636	0.630	0.608	0.615	0.634	0.625	0.629	0.648	0.654	0.660	0.683	0.702	0.716	0.758	0.789
1	0.711	0.711	0.677	0.643	0.632	0.609	0.614	0.632	0.626	0.633	0.656	0.667	0.676	0.698	0.716	0.727	0.762	0.786
2	0.715	0.715	0.684	0.653	0.640	0.620	0.624	0.638	0.634	0.641	0.661	0.671	0.679	0.697	0.717	0.730	0.764	0.794
3	0.708	0.708	0.684	0.660	0.650	0.634	0.637	0.647	0.646	0.653	0.671	0.682	0.691	0.705	0.726	0.739	0.771	0.798
4	0.736	0.736	0.701	0.666	0.654	0.645	0.652	0.662	0.663	0.668	0.680	0.690	0.697	0.711	0.736	0.750	0.779	0.805
5	0.728	0.728	0.706	0.684	0.673	0.664	0.668	0.674	0.676	0.682	0.693	0.704	0.712	0.724	0.748	0.762	0.788	0.811
6	0.722	0.722	0.709	0.696	0.688	0.681	0.683	0.686	0.691	0.697	0.707	0.718	0.725	0.734	0.757	0.770	0.795	0.817
7	0.736	0.736	0.720	0.705	0.697	0.692	0.697	0.700	0.707	0.712	0.719	0.729	0.736	0.745	0.769	0.780	0.802	0.823
8	0.732	0.732	0.726	0.720	0.715	0.712	0.713	0.713	0.719	0.724	0.731	0.743	0.751	0.758	0.779	0.789	0.810	0.830
9	0.744	0.744	0.738	0.733	0.729	0.726	0.728	0.727	0.734	0.738	0.743	0.754	0.762	0.769	0.790	0.799	0.818	0.837
10	0.762	0.762	0.753	0.743	0.738	0.738	0.741	0.740	0.748	0.752	0.755	0.765	0.772	0.778	0.799	0.808	0.826	0.844
15	0.837	0.837	0.820	0.803	0.801	0.802	0.804	0.802	0.809	0.811	0.813	0.821	0.828	0.829	0.844	0.848	0.863	0.873
20	0.962	0.962	0.866	0.855	0.854	0.852	0.853	0.852	0.858	0.858	0.862	0.865	0.870	0.869	0.878	0.880	0.893	0.900
30	0.968	0.968	0.923	0.917	0.916	0.912	0.913	0.912	0.918	0.918	0.918	0.921	0.923	0.923	0.927	0.930	0.933	0.939
40	0.979	0.979	0.956	0.951	0.952	0.948	0.949	0.946	0.950	0.951	0.950	0.953	0.955	0.954	0.958	0.958	0.959	0.963
50	0.987	0.987	0.977	0.973	0.973	0.971	0.972	0.971	0.972	0.973	0.973	0.974	0.975	0.974	0.977	0.976	0.978	0.978
60	0.993	0.993	0.987	0.984	0.985	0.985	0.987	0.985	0.987	0.988	0.989	0.989	0.988	0.988	0.989	0.988	0.988	0.988
70	0.994	0.994	0.995	0.994	0.994	0.995	0.996	0.993	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.995	0.995	0.996
80	0.998	0.998	0.999	0.999	0.998	0.999	1.000	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999
90	1.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1.000	1.000	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.999	1.000	0.9989
110	0.998	0.998	0.996	0.994	0.995	0.995	0.995	0.993	0.995	0.994	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.994	0.995	0.9949
120	0.998	0.998	0.990	0.985	0.984	0.985	0.986	0.984	0.987	0.987	0.987	0.987	0.988	0.989	0.988	0.987	0.989	0.9890
130	0.994	0.994	0.976	0.973	0.971	0.972	0.972	0.970	0.972	0.973	0.974	0.974	0.974	0.975	0.976	0.977	0.977	0.9790
140	0.991	0.991	0.958	0.950	0.947	0.948	0.947	0.947	0.949	0.950	0.952	0.953	0.954	0.953	0.956	0.958	0.959	0.9624
150	0.973	0.973	0.923	0.914	0.914	0.914	0.914	0.912	0.915	0.916	0.917	0.919	0.921	0.920	0.925	0.927	0.931	0.9347
160	0.966	0.966	0.873	0.851	0.850	0.847	0.850	0.848	0.853	0.856	0.857	0.863	0.867	0.870	0.876	0.878	0.889	0.8954
165	0.828	0.828	0.814	0.801	0.798	0.796	0.798	0.801	0.802	0.806	0.809	0.818	0.822	0.829	0.838	0.843	0.860	0.8700
170	0.789	0.789	0.756	0.723	0.720	0.725	0.725	0.729	0.730	0.734	0.743	0.754	0.761	0.771	0.784	0.795	0.819	0.8311
171	0.730	0.730	0.715	0.700	0.699	0.706	0.706	0.710	0.712	0.716	0.725	0.735	0.744	0.755	0.768	0.782	0.809	0.8221
172	0.722	0.722	0.699	0.676	0.679	0.686	0.686	0.689	0.692	0.696	0.705	0.716	0.725	0.738	0.752	0.768	0.798	0.8114
173	0.627	0.627	0.635	0.642	0.649	0.664	0.663	0.666	0.671	0.675	0.684	0.695	0.705	0.719	0.735	0.752	0.785	0.799
174	0.574	0.574	0.596	0.618	0.640	0.643	0.641	0.643	0.650	0.653	0.662	0.672	0.684	0.698	0.715	0.733	0.769	0.784
175	0.627	0.627	0.623	0.619	0.615	0.611	0.615	0.616	0.625	0.627	0.636	0.646	0.659	0.674	0.692	0.713	0.752	0.769
176	0.710	0.710	0.674	0.638	0.602	0.566	0.568	0.585	0.597	0.598	0.608	0.618	0.632	0.645	0.666	0.688	0.731	0.750
177	0.687	0.687	0.658	0.630	0.601	0.572	0.536	0.500	0.565	0.564	0.575	0.584	0.600	0.610	0.634	0.659	0.706	0.729
178	0.450	0.450	0.459	0.467	0.476	0.485	0.496	0.507	0.518	0.529	0.521	0.533	0.553	0.560	0.591	0.620	0.672	0.702
179	0.329	0.329	0.340	0.350	0.361	0.371	0.384	0.397	0.410	0.423	0.449	0.475	0.501	0.527	0.548	0.572	0.621	0.659
180	0.417	0.417	0.421	0.426	0.430	0.434	0.440	0.445	0.451	0.456	0.467	0.478	0.489	0.501	0.523	0.545	0.589	0.633

Tabla. Valores de la función de anisotropía bidimensional F(r,θ) en función de la distancia radial r y del ángulo polar θ.

456.- La constante de tasa de dosis NO depende:

a) Del tipo de radionucleido.
b) De la geometría de la fuente.
c) De la radiación dispersa en el agua que rodea a la fuente.
d) De la actividad de la fuente.

457.- De los parámetros que aparecen en las tablas anteriores, en cada cambio de fuente se verifica:

a) Ninguno de ellos.
b) La función de dispersión.
c) El tamaño activo de la fuente.
d) La vida media del radioisótopo.

458.- ¿Cuál es la actividad de la fuente?

a) No puede saberse a partir de los datos anteriores.
b) 4.070 U/mCi.
c) 4.55 Ci.
d) 4070 U.



459.- Si se realiza un tratamiento de un tumor vaginal con un cilindro de 3 cm de diámetro y se programan 2 posiciones de parada distanciadas entre sí 3 cm, ¿cuánto será el tiempo de tratamiento si queremos prescribir 7 Gy en la superficie del cilindro en un punto equidistante de ambas posiciones? (Suponer que el tiempo de parada es el mismo en ambas posiciones y que la actividad de la fuente es 7.25 Ci en el momento del implante).

a) 225 s.
b) 430 s.
c) 350 s.
d) 700 s.

460.- Si programamos una única posición de parada en la posición intermedia entre ambas fuentes, ¿cuánto tiempo tendría que estar la fuente en ella para que llegue la misma dosis al punto de prescripción anterior?

a) 170 s.
b) 340 s.
c) 255 s.
d) 195 s.

461.- ¿Y si consideramos las tres posiciones anteriores con los mismos tiempos de parada, ¿cuántos segundos duraría el tratamiento si mantenemos la dosis y el punto de prescripción?

a) 320 s.
b) 260 s.
c) 350 s.
d) 510 s.

462.- ¿Cuál es la intensidad del kerma total del tratamiento mencionado en la pregunta 459?

a) 0.0015 Gy.
b) 0.003 Gy m^2.
c) 0.15 cGy·cm^2.
d) 0.6 cGy.



CASO 3: PREGUNTAS 463-466

Se quiere instalar un acelerador lineal en el búnker representado en la "Imagen 1". Las características del acelerador que se va a instalar están en la "Tabla 1". Se quiere saber el espesor de hormigón baritado necesario en P1.

Para los cálculos se considerará:

- Que se tratan 20 pacientes por turno, de los cuales 5 se tratan con 15 MV a una dosis de 3 Gy/sesión y los otros 15 pacientes se tratan con 10 MV (FFF) a una dosis de 15 Gy por sesión tal y como se resume en la "Tabla 2". Cada día hay 2 turnos de trabajo y se trabaja 5 días a la semana.
- Los límites de dosis establecidos en el Real Decreto 1029/2022.
- Que un año tiene 50 semanas.
- Que la orientación del brazo durante su uso es prácticamente la misma para cada ángulo.

Tabla 1	
Energías de RX en modo estándar (Con filtro aplanador)	6 MV y 15 MV
Tasa de dosis, en modo estándar	600 cGy/min (en el isocentro)
Energías de RX en modo FFF (Sin filtro aplanador)	6 MV y 10 MV
Tasa de dosis máxima en régimen de RX, en modo FFF	1200 cGy/min para 6 MV y 2400 cGy/min para 10 MV (en el isocentro)
Distancia Fuente - Isocentro	100 cm
Máximo tamaño de campo en el isocentro	40 x 40 cm

Tabla 2				
	En modo estándar (15 MV)		**En modo FFF (10 MV)**	
Nº tratamientos/día	**Nº de tratamientos diarios a 15 MV**	**Dosis de cada tratamiento (Gy)**	**Nº de tratamientos diarios a 10 MV**	**Dosis de cada tratamiento (Gy)**
40	10	3	30	15

Tabla 3. CAPAS DECIMOREDUCTORAS PARA FOTONES					
		10 MV		**15 MV**	
Haz	**Material**	**TVL1 (cm)**	**TVLe (cm)**	**TVL1 (cm)**	**TVLe (cm)**
Directo	Hormigón Baritado (3.2 gr/cm³)	27	27	28	28

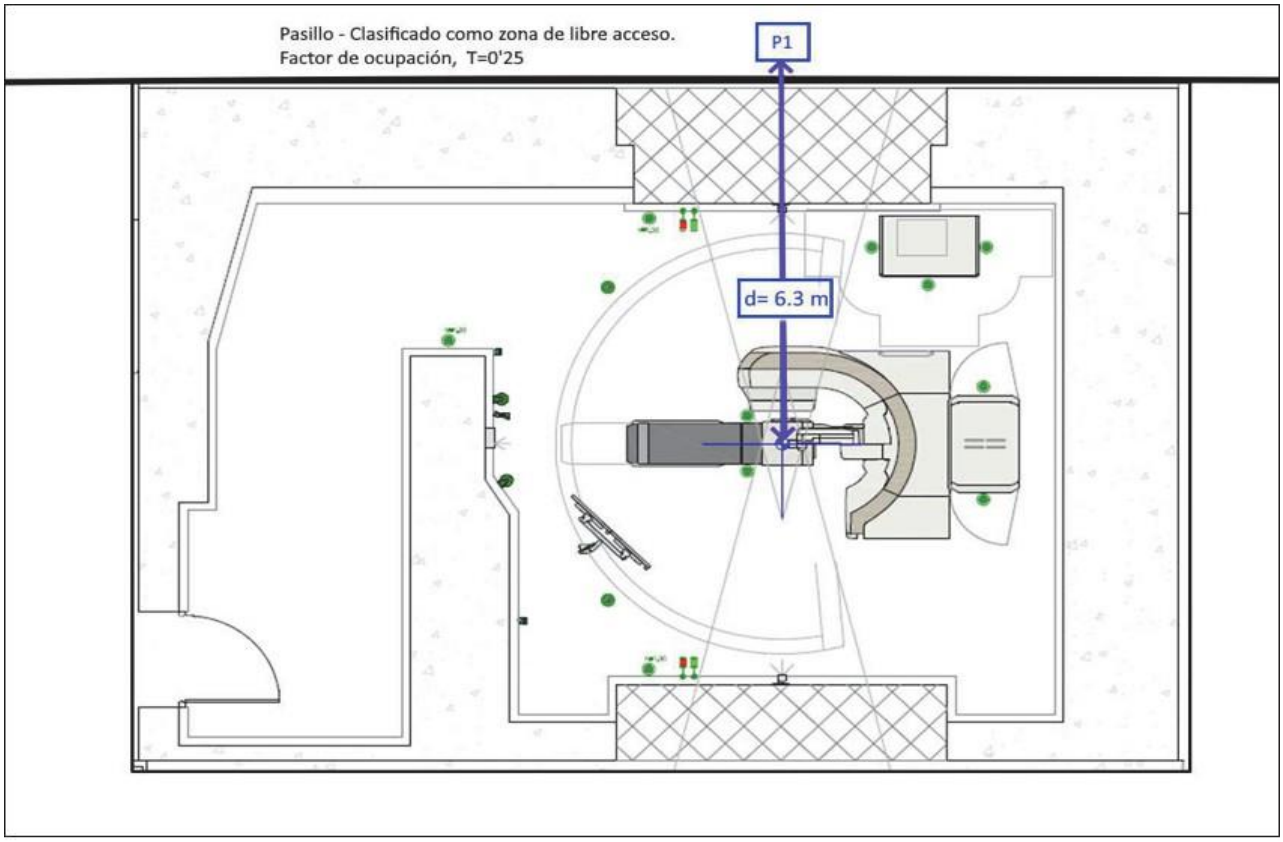


Imagen 1

463.- La carga de trabajo, W, en el isocentro será:

a) La carga de trabajo debida a los tratamientos con 10 MV es W(10 MV) = 1125 Gy/semana; mientras que la debida a los tratamientos de 15 MV es W(15 MV) = 75 Gy/semana.

b) La carga de trabajo debida a los tratamientos con 10 MV es W(10 MV) = 2250 Gy/semana; mientras que la debida a los tratamientos de 15 MV es W(15 MV) = 150 Gy/semana.

c) La carga de trabajo debida a los tratamientos con 10 MV es W(10 MV) = 450 Gy/semana; mientras que la debida a los tratamientos de 15 MV es W(15 MV) = 30 Gy/semana.

d) La carga de trabajo debida a los tratamientos con 10 MV es W(10 MV) = 1350 Gy/semana; mientras que la debida a los tratamientos de 15 MV es W(15 MV) = 100 Gy/semana.

464.- ¿Cuál es el número de capas decimorreductoras *n* necesario para conseguir el objetivo de protección para el público en el punto P1? Considerar únicamente para este cálculo la carga de trabajo debida a los tratamientos con 10 MV:

a) $n = 5.12$.
b) $n = 5.24$.
c) $n = 2.12$.
d) $n = 4.81$.

465.- Considerando únicamente la carga de trabajo debida a los tratamientos hechos con 10 MV, calcular el espesor de hormigón baritado *t* necesario en la barrera primaria en el punto P1:

a) t = 138.24 cm.
b) t = 57.24 cm.
c) t = 129.87 cm.
d) t = 141.48 cm.

466.- Determinar si el espesor *t* calculado en la pregunta anterior para la carga de trabajo de 10 MV es adecuado para la carga de trabajo correspondiente a 15 MV. Para ello, calcular la dosis equivalente transmitida por semana H en el punto P1 y ver si el valor obtenido es menor que el valor límite objetivo para el público:

a) H(15 MV) = $4.2 \cdot 10^{-6}$ Sv/semana y por tanto es menor del límite semanal para el público.
b) H(15 MV) = $1.79 \cdot 10^{-6}$ Sv/semana y por tanto es menor del límite semanal para el público.
c) H(15 MV) = $22 \cdot 10^{-6}$ Sv/semana y por tanto es mayor del límite semanal para el público, en este caso habrá que añadir 1 o 2 TVLs.
d) H(15 MV) = $2.03 \cdot 10^{-6}$ Sv/semana y por tanto es menor del límite semanal para el público.

CASO 4: PREGUNTAS 467-470

Se realiza un control de calidad a un equipo de mamografía. Se presenta a continuación parte de las medidas realizadas y se plantean varias preguntas sobre ellas.

467.- Sobre la medida de la exactitud y reproducibilidad de la tensión: Con el detector del multímetro situado a 52 cm del foco, se realiza una serie de disparos variando la tensión desde 26 kV hasta 32 kV, dejando fijo el valor de la carga en 11 mAs. Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla:

kV seleccionado	kV medido
28	28.76
26	26.63
28	28.80
30	30.83
28	28.72
32	33.18
28	28.81

Señale la respuesta correcta:

a) La exactitud y la reproducibilidad de la tensión son correctas.
b) La exactitud de la tensión es correcta. La reproducibilidad es incorrecta.
c) La exactitud de la tensión es incorrecta. La reproducibilidad es correcta.
d) La exactitud y la reproducibilidad de la tensión son incorrectas.

468.- Sobre el valor del rendimiento: Con el detector del multímetro situado a 52 cm del foco, con una combinación ánodo/filtro Mo/Mo, sin compresor, con la tensión fijada en 28 kV y la carga en 11 mAs, se realiza un disparo y se obtiene una dosis medida de 1449 µGy. El valor del rendimiento a 1 metro es:

a) 35.6 µGy/mAs.
b) 42.1 µGy/mAs.
c) 68.5 µGy/mAs.
d) 253.3 µGy/mAs.

469.- Sobre la verificación del Control Automático de Exposición (CAE) en un sistema cartulina- película: El valor de la referencia clínica preferida por el radiólogo quedó fijado en las pruebas de aceptación del equipo en 26 kV y una densidad óptica clínica de 1.50 DO, que se obtiene con el selector de densidad en la posición +1. Los valores de las medidas de la verificación del CAE se recogen en las siguientes tablas:

Ajuste del CAE y reproducibilidad

kV seleccionado	Espesor maniquí	Selector densidad	mAs necesarios	Densidad placa
26 kV	4.5 cm	+1	91.3	1.50
26 kV	4.5 cm	+1	90.2	1.56
26 kV	4.5 cm	+1	90.9	1.48



Compensación con la tensión

kV seleccionado	Espesor maniquí	Selector densidad	mAs necesarios	Densidad placa
26 kV	4.5 cm	+1	90.2	1.56
28 kV	4.5 cm	+1	55.1	1.59
30 kV	4.5 cm	+1	36.3	1.61
32 kV	4.5 cm	+1	23.6	1.58

Compensación con el espesor

kV seleccionado	Espesor maniquí	Selector densidad	mAs necesarios	Densidad placa
26 kV	3 cm	+1	26.4	1.64
26 kV	4 cm	+1	60.5	1.58
26 kV	4.5 cm	+1	90.2	1.56
26 kV	5 cm	+1	137	1.55
26 kV	6 cm	+1	312	1.55

Señale la respuesta correcta:

a) La prueba de ajuste del CAE y reproducibilidad da resultado incorrecto.
b) La prueba de compensación del CAE con la tensión da resultado incorrecto.
c) La prueba de compensación del CAE con el espesor da resultado incorrecto.
d) Las tres pruebas realizadas dan resultado correcto.

470.- Determinación del ESAK (Kerma en aire en la superficie de entrada sin retrodispersión): Se pide obtener el valor del ESAK mediante medidas en maniquí patrón y mediante calibración del rendimiento. Para las condiciones clínicas indicadas en la pregunta anterior (26 kV, selector de densidad en valor +1), situamos el detector a una distancia de 52 cm del foco. Con una carga fijada de 11 mAs se obtiene una lectura de 1135 µGy. Se coloca entonces el maniquí patrón de espesor 4.5 cm sobre el Bucky. Como la distancia foco-película es de 61.5 cm, esto supone una distancia foco-maniquí de 57 cm. Se hace un disparo fijando las condiciones anteriores (26 kV, selector de densidad en valor +1) usando la exposimetría automática. Se obtiene un valor de carga 91.3 mAs.
El valor del ESAK en las condiciones clínicas mencionadas (26 kV, selector de densidad +1, maniquí de espesor 4.5 cm) es:

a) 4.5 mGy.
b) 7.8 mGy.
c) 9.7 mGy.
d) 11.3 mGy.



CASO 5: PREGUNTAS 471-474

Una paciente diagnosticada con enfermedad de Graves va a recibir un tratamiento con radioiodo. Desde el Servicio de Medicina Nuclear se pide al Servicio de Radiofísica que se realice una dosimetría previa al tratamiento para dar al tiroides una dosis absorbida de 200 Gy.

Para poder hacer la dosimetría previa al tratamiento, el Servicio de Radiofísica primero necesita obtener un coeficiente de calibración que sirva para pasar de tasa de cuentas medidas a actividad. La medida del coeficiente de calibración se realiza con un maniquí que simula ser el cuello de los pacientes. La disposición del maniquí es la siguiente: se apoyan en la camilla 4 láminas de PMMA de 2 cm de espesor (en total 8 cm de espesor), encima de las láminas una placa Petri que se rellena con radioiodo, y encima de la placa Petri una lámina de PMMA de 2 cm de espesor. El detector de la gammacámara con un colimador de altas energías se sitúa por encima de la lámina de 2 cm de espesor, con una distancia de la lámina superior al colimador de 10 cm.

Para rellenar la placa Petri con radioiodo se solicita una jeringa de actividad de 30 MBq de I-131, emisor gamma de 364 keV, para las 8:00 de la mañana del día de la medida. Se intenta vaciar la jeringa en una placa Petri, pero al medir la jeringa a las 8:05 después del vaciado queda un décimo de la actividad que había en la jeringa a las 8:00.

471.- Se adquiere una imagen planar del maniquí a las 12:00 del mismo día. Las condiciones de adquisición son un tiempo de 10 minutos, ventana de energía de 364 keV y una anchura del 20%. Si en una región de interés que engloba la imagen de la placa Petri se miden 6×10^5 cuentas, ¿cuál es el coeficiente de calibración que pasaría de tasa de cuentas a actividad en las adquisiciones de pacientes? (obviar una posible corrección de fondo)

a) 33.3 cps/MBq.
b) 37.6 cps/MBq.
c) 37.0 cps/MBq.
d) 52.4 cps/MBq.

472.- Para estimar la masa del tiroides se hace una imagen planar anterior del tiroides en la gammacámara tras administrar una actividad de 5 MBq de ^{99m}Tc-pertecnetato. La matriz usada es de 256x256 con un tamaño de pixel (lado) = 2.40 mm. En la imagen se dibuja una región de interés que engloba al tiroides y se calcula que el área del tiroides es de 344 pixeles. Considerando una densidad másica del tiroides de 1.05 g/cm3 y usando la fórmula empírica de Himanka ¿Cuál es la masa del tiroides?

a) 27.7 g.
b) 29.1 g.
c) 30.6 g.
d) 69.7 g.



473.- Para hacer la dosimetría previa al tratamiento se administran 3 MBq de radioiodo un lunes a las 8:30 de la mañana. A esa hora, el miércoles de la misma semana y el lunes de la siguiente semana, a la paciente se le hace una imagen planar anterior del tiroides de 10 minutos con el colimador de altas energías. Se adquiere en la ventana de 364 keV, con una anchura del 20%, a una distancia cuello-colimador de 10 cm. En ambas imágenes se dibuja una región de interés que engloba al tiroides y se miden 20050 cuentas y 10827 cuentas, respectivamente. ¿Cuál es el tiempo efectivo de eliminación?

a) 108 h.
b) 135 h.
c) 162 h.
d) 195 h.

474.- Finalmente, si la captación extrapolada a tiempo 0 del tiroides es del 38%. ¿Cuál es la actividad a administrar para dar al tiroides una dosis absorbida de 200 Gy?

a) 7.3 MBq.
b) 30.3 MBq.
c) 303 MBq.
d) 727 MBq.

CASO 6: PREGUNTAS 475-479

Se dispone de un conjunto de cuatro detectores planos digitales con las siguientes características:

- Material: Silicio amorfo con TFT (panel único) – CsI:Tl.
- Tamaño de matriz: 3268 × 3268.
- Tamaño de píxel: 127 µm.
- Especificación del fabricante a 1 lp/mm: MTF mínima = 50 % y MTF típica = 59 %.

En una prueba de constancia DX18 se han obtenido los valores de la función de transferencia de modulación (MTF) en función de la frecuencia espacial f(lp/mm) para cada detector:

f(lp/mm)	Detector 1	Detector 2	Detector 3	Detector 4
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.08	0.98	0.98	0.97	0.97
0.15	0.95	0.95	0.95	0.95
0.23	0.92	0.93	0.92	0.92
0.31	0.89	0.90	0.89	0.89
0.39	0.86	0.87	0.85	0.86
0.46	0.82	0.84	0.82	0.83
0.54	0.78	0.80	0.78	0.79
0.62	0.74	0.77	0.74	0.74
0.69	0.70	0.73	0.70	0.71
0.77	0.65	0.69	0.66	0.67
0.85	0.62	0.65	0.62	0.64
0.93	0.58	0.62	0.58	0.59
1.00	0.54	0.58	0.55	0.56
1.08	0.51	0.55	0.52	0.53
1.16	0.48	0.52	0.47	0.50
1.23	0.44	0.49	0.44	0.46
1.31	0.42	0.46	0.42	0.44

Los valores históricos de referencia de la frecuencia f($MTF_{50\%}$) para cada detector son:

	Detector 1	Detector 2	Detector 3	Detector 4
$f_{ref}(MTF_{50\%})$ (lp/mm)	1.24	1.42	1.10	1.28

Para la prueba DX18, la tolerancia de constancia es $\Delta f(MTF_{50\%}) < \pm 0.2$ lp/mm

475.- La frecuencia de Nyquist del sistema es:

a) 3.15 lp/mm.
b) 3.55 lp/mm.
c) 3.94 lp/mm.
d) 4.50 lp/mm.

476. El valor de f($MTF_{50\%}$) del detector 1 es aproximadamente:

a) 1.03 lp/mm.
b) 1.11 lp/mm.
c) 1.16 lp/mm.
d) 1.23 lp/mm.

477. ¿Qué detector NO cumple la tolerancia de constancia de DX18 al comparar con su valor de referencia de f($MTF_{50\%}$) ?

a) Detector 1.
b) Detector 2.
c) Detector 3.
d) Detector 4.

478. Respecto a la especificación dada por el fabricante, la afirmación correcta es:

a) Ningún detector cumple la MTF mínima.
b) Todos cumplen la MTF mínima y el detector 2 es el más próximo al valor típico.
c) Solo el detector 2 cumple la MTF mínima.
d) Todos superan la MTF típica de 59%.

479. En la prueba DX14 (uniformidad de la imagen), en una imagen uniforme de campo completo, dentro del área central del 80% del detector, el máximo valor medio de píxel entre las ROI de 30 × 30 mm es 1240 y el mínimo es 1100. El índice de uniformidad global UG vale aproximadamente:

a) 6 % y no cumple.
b) 12 % y cumple.
c) 12 % y no cumple.
d) 6 % y cumple.



CASO 7: PREGUNTAS 480-484

Se pretende calibrar una cámara de ionización plano-paralela modelo PTW 34001 Roos en un haz de electrones por intercomparación con una cámara de ionización cilíndrica NE 2571.

Sea Q_x el haz de intercomparación correspondiente a la energía nominal de 20 MeV, y sea Q el haz clínico correspondiente a 15 MeV. Se desea determinar la calibración de la cámara Roos en Q_x y utilizarla después para calcular la dosis absorbida en agua en el haz Q.

	NE-2571 20 MeV	**Roos 20 MeV**	**Roos 15 MeV**
R_{50}	8 g/cm²	8 g/cm²	6 g/cm²
P	1018 mbar	1018 mbar	1017 mbar
T	24.1 °C	24.1 °C	23.5 °C
k_s	1.017	1.016	1.016
k_{pol}	1.000	1.000	1.000
M	56.12 nC	31.1 nC	30.6 nC

El certificado de calibración de la cámara NE 2571 proporciona $N_{D,w,Qint}$ = 40.97 mGy/nC. En dicho certificado, la calidad Q_{int} está definida por un haz con R_{50} =7.5 g/cm²

Condiciones de referencia en certificado de calibración: T = 20 ºC y P = 1013.25 mBar

CUADRO 21. VALORES DE $k_{Q,Q_{int}}$ CALCULADOS[a] PARA DISTINTOS MODELOS DE CÁMARAS CALIBRADAS EN HACES DE ELECTRONES, EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL HAZ R_{50} (Q_{int} = 7.5 g/cm^2)

Tipo de cámara de ionización[b]	Índice de calidad del haz, R_{50} (g/cm^2)													
	1,0c	1,4	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	10,0
PTW 34001 Roos	1,0851	1,0742	1,0600	1,0500	1,0412	1,0337	1,0271	1,0214	1,0164	1,0122	1,0084	1,0024	0,9979	0,9919
IBA NACP-02	1,0855	1,0743	1,0599	1,0497	1,0409	1,0332	1,0267	1,0210	1,0161	1,0119	1,0082	1,0023	0,9980	0,9923
PTW 34045 Advanced Markus	1,0861	1,0747	1,0601	1,0498	1,0409	1,0332	1,0266	1,0209	1,0160	1,0118	1,0082	1,0023	0,9980	0,9924
PTW 23343 Markus	1,0705	1,0620	1,0507	1,0425	1,0354	1,0291	1,0236	1,0188	1,0146	1,0108	1,0076	1,0022	0,9981	0,9924
IBA PPC40	1,0826	1,0721	1,0583	1,0485	1,0401	1,0327	1,0263	1,0208	1,0160	1,0118	1,0082	1,0024	0,9980	0,9922
IBA PPC05	1,0647	1,0572	1,0474	1,0401	1,0337	1,0279	1,0229	1,0183	1,0143	1,0107	1,0076	1,0022	0,9980	0,9921
Exradin A10	1,0714	1,0611	1,0482	1,0393	1,0317	1,0254	1,0200	1,0155	1,0117	1,0085	1,0058	1,0016	0,9986	0,9950
Exradin A11	1,0720	1,0615	1,0483	1,0393	1,0316	1,0252	1,0199	1,0154	1,0116	1,0084	1,0057	1,0016	0,9987	0,9952
Exradin P11	1,1113	1,0944	1,0733	1,0590	1,0472	1,0373	1,0291	1,0223	1,0167	1,0120	1,0081	1,0022	0,9982	0,9934
Sun Nuclear SNC350p	1,0851	1,0742	1,0600	1,0500	1,0412	1,0337	1,0271	1,0214	1,0164	1,0122	1,0084	1,0024	0,9979	0,9919
NE 2571					1,0235	1,0180	1,0139	1,0106	1,0080	1,0059	1,0040	1,0012	0,9990	0,9959
IBA FC65-G					1,0249	1,0195	1,0154	1,0120	1,0091	1,0068	1,0047	1,0014	0,9988	0,9949
Exradin A12					1,0260	1,0205	1,0162	1,0127	1,0097	1,0072	1,0051	1,0015	0,9987	0,9944
Exradin A19					1,0254	1,0202	1,0161	1,0127	1,0098	1,0073	1,0051	1,0015	0,9986	0,9942
PTW 30013					1,0240	1,0186	1,0145	1,0112	1,0085	1,0062	1,0043	1,0012	0,9989	0,9955
PTW 30012					1,0264	1,0207	1,0162	1,0126	1,0096	1,0071	1,0049	1,0014	0,9987	0,9947

Nota: Los datos proceden de un análisis de factores de corrección obtenidos mediante experimentación y cálculos por el método de Montecarlo y constituyen los mejores cálculos disponibles en la actualidad de los valores que han de utilizarse en los tipos de cámaras de ionización que se enumeran.

[a] Los valores se proporcionan con cuatro decimales para que los datos puedan interpolarse con facilidad. Ello no conlleva el cálculo de incertidumbres equivalentes.

[b] En este cuadro solo se incluyen las cámaras que se ha constatado que pueden utilizarse como cámaras de referencia [98, 141, 174]. Es posible que otros tipos de cámaras sean adecuados para dosimetría relativa.

[c] Los datos que se presentan corresponden a una calidad de haz R_{50} = 1 g/cm^2, sin embargo, la ausencia de verificación experimental en esa energía hace que la incertidumbre sea mayor que la que se indica en la sección 7.10. Se recomienda utilizar factores $k_{Q,Q_{int}}$ calculados mediante experimentación para R_{50} < 1.4 g/cm^2.

480.- La lectura corregida M_{corr} de la cámara NE-2571 en el haz de 20 MeV es aproximadamente:

a) 57.08 nC.
b) 57.60 nC.
c) 57.94 nC.
d) 58.18 nC.

481.- La dosis absorbida en agua determinada con la cámara NE-2571 para el haz de 20 MeV es aproximadamente:

a) 2.341 Gy.
b) 2.358 Gy.
c) 2.381 Gy.
d) 2.399 Gy.

482.- El factor de calibración por intercomparación de la cámara Roos a 20 MeV $N_{D,w,20MeV}$, es aproximadamente:

a) 72.68 mGy/nC.
b) 73.93 mGy/nC.
c) 75.11 mGy/nC.
d) 81.49 mGy/nC.

483.- El factor de transferencia de calidad para la Roos al pasar del haz de 20 MeV (R_{50} = 8.0) al haz de 15 MeV (R_{50} = 6.0) es aproximadamente:

a) 0.9896.
b) 1.0040.
c) 1.0105.
d) 0.9960.

484.- La dosis absorbida en agua para el haz de electrones de 15 MeV, medida con la cámara Roos usando la calibración transferida desde 20 MeV, es aproximadamente:

a) 2.319 Gy.
b) 2.342 Gy.
c) 2.358 Gy.
d) 2.381 Gy.



CASO 8: PREGUNTAS 485-490

Tras la instalación de un acelerador lineal con energía de fotones única de 6 MV en un búnquer de nueva construcción, se realizan medidas de dosis para la comprobación de los blindajes ejecutados en diferentes puntos de interés. Las tasas instantáneas de dosis IDR (Instantaneous Dose Rate) medidas en cada uno de los puestos, así como el tipo de barrera, son las de la tabla siguiente. En todos los casos, el valor referido es el correspondiente a la orientación más desfavorable del brazo del acelerador. Todas las medidas se realizan empleando la tasa de irradiación 200 UM/min.

Puesto de medida	**Tipo de barrera**	**IDR (µSv/h)**
Control del acelerador	Secundaria	10
Sala de tratamiento del acelerador contiguo	Primaria	25
Pasillo	Secundaria	6
Sala de espera	Primaria	35
Consulta	Secundaria	2
Exterior (piso superior)	Primaria	160

Se utilizarán los valores medidos para estimar las dosis teniendo en cuenta las condiciones de uso del haz.

El cálculo de blindajes se realizó a partir de los siguientes supuestos:

- La carga de trabajo es de 10^6 mGy-iso/semana por cada turno de trabajo. Solamente se realizarán tratamientos convencionales.
- En la hora de máxima ocupación se considera una carga de trabajo del triple de la media, con las mismas configuraciones de trabajo que el promedio semanal.
- La calibración del acelerador es de 1 cGy-iso/UM en condiciones de referencia.
- Para barreras primarias se considera U = 0.25.
- Se asume una jornada laboral de 40 h/semana y 50 semanas/año.
- La descripción de la ocupación de cada puesto es la siguiente:

Puesto de medida	**Tipo de personal**	**Factor de ocupación T**
Control del acelerador	Personal expuesto	1
Sala de tratamiento del acelerador contiguo	Personal expuesto	1/2
Pasillo	Público	1/5
Sala de espera	Público	1/20
Consulta	Público	1
Exterior (piso superior)	Público	1/40

Las restricciones de dosis empleadas fueron:

- Personal expuesto: 5 mSv/año
- Público: 1 mSv/año
- Además, se exige TADRh < 20 µSv/h.

485.- El tiempo semanal equivalente de haz para una barrera secundaria es:

a) 4.17 h/semana.
b) 8.33 h/semana.
c) 16.7 h/semana.
d) 10.0 h/semana.

486.- El tiempo anual equivalente de haz para una barrera primaria es:

a) 104.17 h/año.
b) 208.33 h/año.
c) 416.67 h/año.
d) 52.08 h/año.

487.- La dosis anual en el control del acelerador es:

a) 0.417 mSv/año.
b) 4.17 mSv/año.
c) 8.33 mSv/año.
d) 10.0 mSv/año.

488.- La dosis anual en la sala de tratamiento del acelerador contiguo es:

a) 0.52 mSv/año.
b) 1.30 mSv/año.
c) 2.60 mSv/año.
d) 5.21 mSv/año.

489.- ¿En qué puesto o puestos se incumple el criterio de $TADR_h$?

a) En Pasillo y Exterior (piso superior).
b) Solamente en Pasillo.
c) En Sala de espera y Exterior (piso superior).
d) Solamente en Exterior (piso superior).

490.- ¿Qué suplementación mínima adicional necesita el puesto que incumple el criterio de $TADR_h$, expresada en TVL? (Si lo incumple más de un puesto, hacer el cálculo para el que más lo incumpla).

a) 0.02 TVL.
b) 0.05 TVL.
c) 0.10 TVL.
d) 0.25 TVL.



CASO 9: PREGUNTAS 491-495

Se presenta el caso de un paciente con metástasis dolorosa en columna cervical para el que se pauta radioterapia paliativa. Con objeto de emplear una técnica adecuada al objetivo analgésico, se planifica un tratamiento con dos campos laterales opuestos e isocentro en línea media. El haz utilizado es de fotones de 6 MV.

El tratamiento se define con un campo de 10 cm × 14 cm en isocentro. El espesor lateral del paciente a ese nivel anatómico es de 12 cm. La dosis prescrita es de 20 Gy en 5 fracciones, distribuyéndose de manera uniforme entre ambos haces.

Se disponen de los siguientes datos:

Dosis absorbida por UM en condiciones de referencia	
Magnitud	**Valor**
Dosis/UM	0,8215 cGy/UM
DFS	90 cm
Profundidad	10 cm
Campo	10 x 10 cm^2

Tabla de TPR (fotones 6 MV)								
Prof (cm)	**5x5**	**10x10**	**12x12**	**15x15**	**18x18**	**20x20**	**24x24**	**30x30**
5.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5.5	0.982	0.984	0.985	0.987	0.988	0.989	0.990	0.992
6.0	0.964	0.968	0.970	0.973	0.975	0.976	0.979	0.982
6.5	0.946	0.952	0.955	0.959	0.961	0.963	0.966	0.970
7.0	0.928	0.937	0.941	0.946	0.949	0.951	0.955	0.960
8.0	0.893	0.906	0.911	0.917	0.920	0.922	0.927	0.935
9.0	0.858	0.875	0.881	0.888	0.892	0.895	0.900	0.909
10.0	0.823	0.842	0.849	0.857	0.862	0.865	0.871	0.882

Factores de campo en agua (DFS=95 cm, Prof.=5 cm)									
Campo (cm^2)	**4x4**	**5x5**	**7x7**	**10x10**	**12x12**	**15x15**	**20x20**	**30x30**	**40x40**
OF	0.908	0.929	0.962	1.000	1.013	1.036	1.064	1.101	1.116

491.- El lado cuadrado equivalente c_{eq} (fórmula de Sterling) del campo a tratar es aproximadamente:

a) 10.8 cm.
b) 11.3 cm.
c) 11.7 cm.
d) 12.2 cm.

492.- El factor de campo en agua correspondiente al cuadrado equivalente del campo a tratar, OF(c_{eq}), vale aproximadamente:

a) 1.000.
b) 1.008.
c) 1.011.
d) 1.013.

493.- La dosis absorbida en agua por UM en el isocentro, para este tratamiento, es aproximadamente:

a) 0.904 cGy/UM.
b) 0.936 cGy/UM.
c) 0.956 cGy/UM.
d) 0.982 cGy/UM.

494.- Las unidades monitor necesarias por campo y por fracción para administrar la dosis prescrita son aproximadamente:

a) 205 UM.
b) 209 UM.
c) 212 UM.
d) 218 UM.

495.- Si el espesor lateral real del paciente fuese 13 cm en vez de 12 cm, manteniendo el resto de parámetros constantes y usando interpolación lineal en profundidad, las UM por campo serían aproximadamente:

a) 209 UM.
b) 212 UM.
c) 215 UM.
d) 218 UM.



CASO 10: PREGUNTAS 496-500

Durante la prueba de referencia de un detector inalámbrico DR portátil destinado a exploraciones de tórax AP y abdomen AP en UCI, tras una actualización de software del sistema, la persona especialista realiza varias verificaciones.

Para la caracterización del detector se utiliza una calidad de haz próxima a RQA5. En una de las pruebas se trabaja con 10 cm de PMMA sobre el detector, y en otra se utiliza filtración adicional equivalente a 21 mm Al-1100 para reproducir condiciones de referencia del protocolo. Se dispone de los siguientes datos:

Función de respuesta con 10 cm de PMMA

- En las condiciones de ensayo con 10 cm de PMMA, la relación entre el valor de píxel PV y el kerma incidente en el receptor K es: $PV = 120 \cdot K + 90$ (con K expresado en µGy).
- Sobre una región homogénea de la imagen, se selecciona una ROI para el análisis cuantitativo, obteniéndose un valor medio de píxel $VMP = 390$ y una desviación estándar $DE = 42$.

Índice de exposición

- Para este sistema, en condiciones de calibración, la relación entre el índice de exposición EI y K, expresado en µGy. es:
  - $EI = 100\ K$
- En una adquisición clínica de tórax AP portátil, el sistema muestra:
  - $EI = 316$ e índice de desviación $DI = +1.0$

Verificación del EI a partir del valor de píxel

- En otra verificación, realizada con imagen original, se obtiene que la relación entre valor de píxel y kerma es lineal y pasa por el origen $PV = s \cdot K$. Para cuatro combinaciones de tamaño de campo, se han medido las siguientes pendientes:

Campo usado para *K*	**Campo usado para *VMP***	**Pendiente *s***
16 × 16 cm²	16 × 16 cm²	740.7
16 × 16 cm²	35 × 35 cm²	833.3
35 × 35 cm²	16 × 16 cm²	909.1
35 × 35 cm²	35 × 35 cm²	740.7

- El fabricante utiliza la expresión:
  - $EI = a\ PV + b$

y el EI se calcula a partir de la imagen original empleada por el sistema.

- En una imagen se obtienen, sobre la ROI usada por el fabricante:
  - $PV = 1110$ en *for processing*
  - $PV = 2480$ en *for presentation*

Umbral de sensibilidad con maniquí TO20

- En una prueba con el TO20, realizada con EI = 220, se obtienen los siguientes diámetros y contrastes umbral:

Diámetro (mm)	Contraste umbral
10.0	0.010
6.3	0.013
4.0	0.017
2.5	0.023
1.6	0.032
1.0	0.045

496.- Los valores linealizados en kerma del valor medio de píxel VMP y de la desviación estándar DE de la ROI son, respectivamente:

a) 2.50 µGy y 0.35 µGy.
b) 2.50 µGy y 0.42 µGy.
c) 3.25 µGy y 0.35 µGy.
d) 3.25 µGy y 0.42 µGy.

497.- El índice de exposición objetivo EI_T para esa proyección clínica es:

a) 200.
b) 223.
c) 251.
d) 316.

498.- Para la combinación de campo 16 × 16 cm² tanto en la medida de *K* como en la de *VMP*, los valores de *a* y *b* son:

a) a = 0.100, b = -0.256
b) a = 0.125, b = 0
c) a = 0.135, b = 0
d) a = 0.125, b = -0.100

499.- En esa misma verificación, el *EI* y el kerma primario incidente son, respectivamente:

a) *EI* = 150, *K* = 1.50 µGy.
b) *EI* = 150, *K* = 2.48 µGy.
c) *EI* = 335, *K* = 3.35 µGy.
d) *EI* = 248, *K* = 2.48 µGy.

500.- El valor del factor inverso de calidad de imagen IQF_{inv} referenciado a 2.5 µGy es aproximadamente:

a) 248.
b) 264.
c) 277.
d) 301.