



Los espacios de radioterapia y radiocirugía

Los espacios en los que se realizan los tratamientos de radioterapia y radiocirugía para pacientes con cáncer llamados sala de tratamiento, bóveda o búnker, requieren condiciones especiales para evitar que los distintos tipos de radiación que emiten los equipos, salgan del recinto y provoquen problemas de salud al personal del hospital, a pacientes en espera, acompañantes y público en general que circula en las áreas próximas a los lugares de tratamiento.

Los espacios de radioterapia y radiocirugía cuentan con las siguientes zonas: recepción y admisión de pacientes, sala de espera, área administrativa, sala de tratamiento o bunker, sala de control, sala de equipos, sala de planeación del tratamiento, sala de resonancia magnética, sala de tomógrafo, área de dosimetría, vestidores y sanitarios para pacientes y empleados, locales complementarios y de servicio.

La sala de tratamiento, bóveda o búnker es donde se realiza el tratamiento al paciente, en ella se ubican los equipos: la bomba de cobalto 60 o el acelerador lineal, que emiten la radiación, misma que debe ser controlada.

LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

La Protección Radiológica, es fundamental, para lograr el óptimo funcionamiento de estos espacios de tratamiento. Su principio básico es "Que toda práctica que implique el uso de radiaciones ionizantes debe producir un beneficio neto positivo al individuo expuesto".

Los objetivos de la protección radiológica son **prevenir efectos deterministas** (no estocásticos) y **limitar la probabilidad de efectos estocásticos**.¹

Se basa en tres pilares fundamentales:

- **Tiempo** - A menor tiempo de exposición, menor dosis recibida.
- **Distancia** - A mayor distancia del foco emisor de la radiación, menor dosis recibida.
- **Blindaje** - Usar barreras protectoras entre el equipo emisor y el paciente y el personal médico. A mayor blindaje, menor dosis recibida.

Todas las personas estamos expuestas a recibir radiación, de dos maneras, ya sea por fuentes naturales o bien, artificiales.

¹ Dentro de los efectos biológicos, de las radiaciones ionizantes se encuentran los Estocásticos: Leucemia, cáncer, retardos de crecimiento, malformaciones y cáncer en niños. Los No estocásticos o Deterministas son: eritema, pérdida de cabello, resequeidad en la piel, esterilidad y cataratas.

La dosis promedio anual que recibe una persona por **fuentes naturales** es de 1-3 mSv/año, normal, y en áreas elevadas de 3-13 mSv/año. Las fuentes son: radón (0.34 mSv), radiación del suelo, (0.45 mSv), medicina (0.4 mSv), actividad corporal (0.35 mSv).

Las **fuentes artificiales**, son aquellas creadas por el ser humano: radiaciones ionizantes, rayos X, alfa, beta, gamma y neutrones, entre otras, sujetas a dosis límite.

— DOSIS LÍMITE

La Comisión Internacional de Protección Radiológica, (ICRP), organismo de las Naciones Unidas, ha establecido los límites básicos o primarios, para los pacientes (público) y los integrantes del cuerpo médico, responsable de proporcionar los tratamientos (ocupacional). En la siguiente Tabla, se expresan los valores permitidos:

APLICACIÓN	OCUPACIONAL	PÚBLICO
Dosis efectiva	20 mSv por año promediado sobre un período de 5 años (*)	A mSv por año (**)
Dosis equivalente anual		
Cristalino	150 mSv/año	15 mSv/año
Piel	500 mSv/año	50 mSv/año
Extremidades	500 mSv/año	50 mSv/año

(*) Con la condición adicional de no sobrepasar 50 mSv en un solo año.

(**) En circunstancias especiales, una dosis efectiva de 5 mSv en un solo año, siempre que la dosis promedio en 5 años consecutivos, no sea superior a 1 mSv/año.

EL BLINDAJE

El blindaje, es un sistema destinado a atenuar un campo de radiación por interposición de un medio material entre la fuente radiactiva y las personas a proteger. Permite determinar los espesores de las barreras primarias y secundarias de las instalaciones con fuentes de radiación ionizantes: rayos X, radiaciones alfa, beta, gamma, neutrones, y verificar los niveles de radiación a través de paredes, puertas, ventanas y ranuras en el interior y exterior de las salas de tratamiento.

Según la normativa nacional debe incluir:

- Diseño de blindaje de tratamiento, de acuerdo al equipo a instalar
- Cálculo de espesores de las barreras primarias y secundarias de radiación
- Certificación de blindajes construidos
- Supervisión de construcción de puertas y ventanas, de acuerdo a las normas nacionales y/o internacionales vigentes.

La manera en que se logra el blindaje necesario contra la radiación, es utilizando concretos hidráulicos especiales y, en algunos casos, reforzados con placas de plomo.

ESPESOR HEMIRREDUCTOR

Es el modo habitual de expresar la aptitud de atenuación de un material blindante y representa el valor del espesor de dicho material. Dependiendo de la radiación del equipo y de su voltaje pico (kV), se determina el material de blindaje y su respectivo espesor. Los principales materiales usados son placas de plomo con espesores que van desde los 0.06 hasta los 16.6 mm y muros de concreto con distintos espesores que llegan a tener hasta 1.60 metros, de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes de los equipos.

CONCRETOS ESPECIALES PARA BLINDAJE RADIOLÓGICO

Las características de los sistemas de blindaje dependerán de la radiación que emitirán los equipos, considerando además, la resistencia mecánica que el concreto deberá tener para soportar las cargas estáticas y accidentales a las que se verá sujeta la estructura durante su vida útil, la durabilidad, las condiciones óptimas de servicio, y cumplir con los requerimientos ecológicos de sustentabilidad y reciclamiento, cuando la estructura deba ser sustituida y depositada en su destino final.

A continuación se presenta un ejemplo de blindaje para un bunker de radiocirugía robótica que ilustra las características proporcionadas por una empresa fabricante de equipo.

Requerimientos para el blindaje:

- A) El espesor de la barrera primaria tendrá entre 48 y 60 pulgadas (1219 a 1524 milímetros) de concreto de densidad estándar (2,4 g/cm³ de densidad nominal), dependiendo de la carga de trabajo, límites, factores de ocupación y regulaciones locales. En caso de que la obra se localice en el Distrito Federal, la normatividad aplicable será el RCDF y las NTC vigentes, 2004 y NMX-ONNCCE.
- B) En general, se considera que todas las paredes son barreras primarias con un factor de uso de 5%.
- C) Para la planificación inicial del sitio, se recomienda usar 60 pulgadas (1524 milímetros) en todas las barreras primarias con áreas públicas adyacentes.
- D) Se recomiendan utilizar 42 pulgadas (1,067 milímetros) en todas las barreras secundarias, incluido el techo.
- E) Para el diseño y cálculo de la estructura, se deberá tomar en cuenta, los resultados del estudio de mecánicas de suelos, la demanda de cargas estáticas y gravitacionales que deben considerarse, de acuerdo a los coeficientes de seguridad sísmica y de diseño por viento de la localidad en que se realice la obra, además de las características del blindaje.

LAS FASES DEL PROCESO

Se trata de muros, losa de piso y techo de concreto armado de gran espesor, que producen grandes cantidades de calor de hidratación, con gran riesgo de contracción por secado, por lo que será necesario lo siguiente:

- **Planear** el proceso de diseño, cálculo y las pruebas necesarias, para definir la mezcla, utilizando cemento tipo CPS 40 R, (Cemento Portland con humo de sílice, de bajo calor de hidratación, NMX-C-414-ONNCCE-2010), o en su caso, un aditivo retardante de fraguado; concreto grado estructural, de alta resistencia, alta densidad, durabilidad (50 años), de baja contracción y arquitectónico.

- **Realizar especímenes de prueba de concreto endurecido**, y someterlos a la radiación ionizante equivalente que emitirá el equipo, para corroborar que la mezcla de diseño cumple los requerimientos de blindaje requerido, la cual será la base para la elaboración del volumen total de concreto que se colocará en la obra.
- **Concreto premezclado**, la alternativa más conveniente por control de calidad, es el concreto premezclado, por lo que se deberá planear cuidadosamente el proceso de elaboración, traslado, colocación, compactación, curado y descimbrado.
- **El encofrado y descimbrado**, es un elemento muy importante para garantizar que el resultado final sea el esperado, por lo que se deberá seleccionar cuidadosamente.
- **Pruebas de aislamiento y protección radiológica**, una vez concluida la obra civil, la instalación y el equipamiento, realizar las pruebas de aislamiento y protección radiológica, y obtener las certificaciones correspondientes, antes de iniciar la prestación del servicio al público.

CONCLUSIONES

Los espacios para el tratamiento oncológico: radioterapia y radiocirugía robótica, a base de radiación ionizante, requieren ser planeados, diseñados, construidos, equipados y monitoreados, por especialistas integrados en grupos de trabajo multidisciplinario, bajo estrictas medidas de protección radiológica, para garantizar su confinamiento y evitar que los beneficios a los pacientes, se conviertan en daño al personal médico responsable, al público y al medio ambiente.

En lo relativo al proceso de planeación, diseño de pruebas y determinación de características de blindaje del concreto de los bunkers, se debe contar con apoyo, asesoría y supervisión de laboratorios de control de calidad de materiales, reconocidos y acreditados oficialmente por las entidades de certificación como el IMCYC, y otros del mismo nivel y calidad. **C**

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-GÓMEZ QUIROZ Luis y GUTIÉRREZ RUÍZ María Concepción, "CANCEROLOGÍA", capítulo en "Cosmos, Enciclopedia de las Ciencias y la Tecnología en México. Medicina", México, 2012, Ed. CONACYT-UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL DISTRITO FEDERAL, págs.199-213, c.i.
- 2.- PAUCAS JÁUREGUI, Rolando. "Notas del Curso de Ingeniería de blindajes para Instalaciones Radiactivas en Radiodiagnóstico, Radioterapia y Medicina Nuclear. Protección Radiológica en Medicina. Blindajes", s/l, s/f.
- 3.-GONZÁLEZ, José Bernel. "Notas sobre Protección Radiológica Ocupacional", s/l, s/f.
- 4.-NMX-C-414-ONNCCE-2010, NMX-C-151 y ASTM-C-186.
- 5.-NOM-012-STPS-1999 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, almacenen o transporten fuentes de radiaciones ionizantes.
- 6.-NOM-002-SSA3-2007 Para la organización, funcionamiento e ingeniería sanitaria de los servicios de radioterapia.
- 7.-NOM-024-NUCL-1995, de la Secretaría de Energía. Dosímetros".