



PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD RADIOLÓGICA

H. Simón Cruz Galindo

Departamento de Protección radiológica, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Carretera México Toluca km. 36.5 Ocoyoacac, Edo. Méx.

email: scg@nuclear.inin.mx

1. RESUMEN

En este trabajo se repasan las normas para prevenir y proteger a los trabajadores, a la población y el medio ambiente de posibles daños derivados del uso y manejo de fuentes de radiación ionizante, así como establecer la filosofía de la seguridad radiológica y su sistema de limitación de dosis para reducir las exposiciones a las radiaciones ionizantes a un valor tan bajo como razonablemente pueda alcanzarse, teniendo en cuenta factores económicos, tecnológicos y sociales.

2. INTRODUCCIÓN

El uso de material radiactivo en nuestro país, en aplicaciones a la medicina, industria e investigación datan desde hace varias decenas de años; obteniendo de ello beneficios en el diagnóstico y tratamiento médico. La inspección de soldaduras, el control de espesores en la industria papelera, la erradicación y control de plagas entre otros, en estas aplicaciones es necesario reducir los riesgos a los trabajadores ocupacionalmente expuestos, al público y al ambiente a niveles tan bajo como razonablemente puedan lograrse.

Dado lo anterior surge la necesidad de contar con normas básicas de protección, de observancia obligatoria; es por eso que se emitió el **REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA (RGSR)**, en donde se establecen los requerimientos técnicos para la organización del permisionario, fijando su responsabilidad, las funciones a cumplir en lo referente a protección radiológica, así también, los criterios para el diseño, construcción y operación de las instalaciones, sistemas y equipos de las instalaciones radiactivas; los lineamientos para desarrollar y establecer procedimientos para el uso seguro de las fuentes de radiación, incluyendo el entrenamiento del personal y para la actuación en emergencias.

El Reglamento General de Seguridad Radiológica obedece al requerimiento legal establecido en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional, y en los convenios internacionales que México ha suscrito con organismos como son el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Las disposiciones plasmadas en el RGSR tienen como base las recomendaciones emitidas por los organismos antes señalados.

Las normas técnicas señaladas en el cuerpo del reglamento se emitieron por separado y en ellas se aplican métodos y valores de parámetros especificados para cumplir con los preceptos reglamentarios.

3. DEL SISTEMA DE LIMITACIÓN DE DOSIS

Las dosis recibidas a consecuencia de la exposición a fuentes de radiación ionizante y de prácticas que entrañan la irradiación con radiación ionizante o incorporación de material radiactivo, se sujetarán a un sistema de limitación de dosis cuyos fundamentos son:

- I).- No se aprobará ninguna práctica menos que su aplicación produzca un beneficio neto positivo;
- II).- El diseño, planificación, uso y aplicación subsiguiente de las fuentes y prácticas. deberán realizarse de manera que aseguren que las exposiciones se mantengan tan bajas como razonablemente pueda lograrse, teniendo en cuenta factores sociales y económicos;
- III).- El establecimiento de límites para equivalente de dosis.



El sistema de limitación de dosis tiene como finalidad evitar los efectos no estocásticos y limitar la ocurrencia de los estocásticos a un nivel aceptable, por lo que se establecen límites para cada caso. Debiendo aplicarse el que resulte más restrictivo para el órgano o tejido irradiado.

Los efectos no estocásticos son aquellos en los que la severidad del efecto es función de la dosis y se presentan a partir de un valor umbral. Estos efectos se presentan en el individuo expuesto. Los efectos estocásticos son aquellos en los que la probabilidad de que el efecto se presente, se considera como una función de la dosis, sin que exista una dosis umbral y pueden manifestarse tanto en el individuo expuesto como en su descendencia.

Para los fines exclusivos del RGSR, en el cálculo de los equivalentes de dosis, se considerarán los factores que se establezcan en la norma técnica correspondiente.

4. DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE LIMITACIÓN DE DOSIS

Para la aplicación del Sistema de Limitación de Dosis se establecerán límites y niveles de referencia: Un límite es el valor de una magnitud que no ha de ser superado. Un nivel de referencia no es un límite, sino el valor de una magnitud que sirve para decidir una conducta determinada. Los límites podrán ser primarios, secundarios, derivados y autorizados. Los niveles de referencia podrán ser de registro, de investigación y de intervención.

Los límites primarios se definen para el equivalente de dosis, el equivalente de dosis efectivo, el equivalente de dosis comprometido o el equivalente de dosis efectivo comprometido, según las circunstancias de la exposición. Estos límites se aplican a cada individuo, y en caso de irradiación del público, al grupo crítico.

Los límites secundarios son utilizados cuando los límites primarios de equivalente de dosis no pueden aplicarse directamente. En el caso de la irradiación externa, los límites secundarios pueden expresarse en función del índice profundo de equivalente de dosis o del índice superficial de equivalente de dosis. En el caso de la irradiación interna, los límites secundarios pueden expresarse en función de los límites anuales de incorporación.

Los límites derivados se aplican a magnitudes diferentes a las de los límites primarios, se determinan a partir de éstos mediante un modelo definido, de manera tal que, si se satisfacen los límites derivados, también se satisfacen los límites primarios. Pueden establecerse por ejemplo, para cantidades tales como la rapidez de exposición en un lugar de trabajo, la contaminación del aire, del agua y de superficies, entre otros.

Los límites autorizados son aquellos establecidos por la Comisión para cualquier magnitud y que en general son inferiores a los límites derivados, aunque en casos excepcionales pueden ser iguales. Estos límites se aplican solamente a circunstancias limitadas que deberán definirse con claridad. Los límites autorizados tienen prioridad sobre los derivados.

El permisionario como parte de su programa de protección radiológica, deberá establecer niveles de referencia, incluyendo como mínimo los siguientes: nivel de registro, nivel de investigación y nivel de intervención.

El nivel de registro es un valor definido por la Comisión para el equivalente de dosis, equivalente de dosis efectivo o la incorporación de radionúclidos, por encima del cual la información tiene el interés suficiente, desde el punto de vista de la seguridad radiológica para su registro y conservación.

El nivel de investigación es un valor del equivalente de dosis del equivalente de dosis efectivo o de la incorporación, que se considera suficientemente importante para justificar una investigación de las causas por las que se rebasó.

El nivel de Intervención es el valor previamente establecido para cualquier magnitud usada en seguridad radiológica que de superarse indica una situación que requiere tomar medidas correctivas.



5. DE LOS LÍMITES DE DOSIS EQUIVALENTE

Ninguna persona deberá recibir un equivalente de dosis que exceda de los límites correspondientes indicados en RGSR.

Los Límites de equivalente de dosis señalados en este párrafo no se aplican a la exposición médica de pacientes, ni a la debida a la radiación natural. Sin embargo, deberán aplicarse en los casos de irradiación con fines médicos de investigación cuando no exista ningún beneficio directo para el individuo expuesto, y en los casos de irradiación debida a fuentes naturales de radiación incrementada por motivos tecnológicos, para los cuales la Comisión establecerá los límites en cada caso.

Para el personal ocupacionalmente expuesto, el límite del equivalente de dosis efectivo anual $H_{E,L}$ para los efectos estocásticos es de 50 mSv (5 rem).

Para el personal ocupacionalmente expuesto el límite de equivalente de dosis anual para los efectos no estocásticos es de 500 mSv (50 rem), independientemente de si los tejidos son irradiados en forma aislada o conjuntamente con otros órganos. Este límite no se aplica al cristalino, para el cual se establece un límite de 150 mSv (15 rem).

El equivalente de dosis que reciba cualquier órgano o tejido como consecuencia de la irradiación, incluirá el equivalente de dosis debido a fuentes externas y el equivalente de dosis comprometido debido a fuentes internas incorporadas en el mismo intervalo de tiempo.

El límite para el control de los efectos estocásticos se expresa en función del equivalente de dosis efectivo, debiéndose cumplir que:

$$\sum_T W_T H_T \leq H_{E,L}$$

en donde $H_{E,L}$ es el límite de equivalente de dosis efectivo anual y cuyo valor es de 50 mSv (5 rem); W_T es el factor de ponderación del tejido T; y H_T es el equivalente de dosis anual del tejido T.

En el caso de que el personal ocupacional mente expuesto se irradie interna y externamente y con el objeto de que no se sobrepasen los límites anuales de equivalente de dosis, se deberá cumplir con las dos condiciones siguientes:

$$\frac{H_{I,S}}{500 \text{ mSv}} < 1$$

$$\frac{H_{I,P}}{50 \text{ mSv}} + \sum_j \frac{I_j}{I_{j,L}} < 1$$

Siendo: $H_{I,S}$ el índice superficial de equivalente de dosis.

$H_{I,P}$ el índice profundo de equivalente de dosis.

I_j la incorporación anual debida a ingestión e inhalación del radioisótopo j.

$I_{j,L}$ el límite anual de incorporación para el radioisótopo j.

Los límites secundarios de incorporación para el personal ocupacionalmente expuesto serán los que se establecen en la norma técnica correspondiente de este Reglamento.

Cuando un límite está expresado como el valor promedio correspondiente a un período, se entiende que el valor real de la magnitud limitada puede presentar fluctuaciones considerables en períodos de tiempo más breves.



La irradiación que reciban las mujeres ocupacionalmente expuestas con capacidad reproductiva deberá distribuirse lo más uniformemente posible en el tiempo, con objeto de proteger el embrión durante el periodo de organogénesis antes de conocerse el embarazo.

Las mujeres ocupacionalmente expuestas que se encuentren embarazadas sólo podrán trabajar en condiciones donde la irradiación se distribuya lo más uniformemente posible en el tiempo y que la probabilidad de que reciban un equivalente de dosis anual mayor a 15 mSv (1.5 rem) sea muy baja.

Las mujeres ocupacionalmente expuestas que se encuentren en periodo de gestación o de lactancia NO deberán trabajar en lugares donde exista riesgo de incorporación de materiales radiactivos.

Los estudiantes que por la naturaleza del aprendizaje deban realizar experimentos con fuentes de radiación ionizante serán considerados como individuos del público. sin embargo sólo se permitirá que reciban por motivo de la enseñanza, la décima parte de los límites establecidos en este Reglamento para los individuos del público.

Los estudiantes que lleven cursos a nivel profesional o técnico, cuya finalidad sea la capacitación para el uso de fuentes de radiación ionizante, estarán sujetos a las siguientes reglas:

I).-Si tienen 18 años o más, serán considerados como personas ocupacionalmente expuestas y por lo tanto sujetos a los límites de equivalente de dosis anuales correspondientes a esa calidad, establecidos en este Reglamento.

II).-Si son menores de 18 años, pero mayores de 16, serán considerados como personas ocupacionalmente expuestas, sin embargo, no podrán recibir anualmente un equivalente de dosis a cuerpo entero superior a 15 mSv (1.5 rem).

Fuera de los casos a que se refiere el párrafo anterior, ninguna persona menor de 18 años podrá ser considerada como ocupacionalmente expuesta.

Los estudiantes considerados como personal ocupacionalmente expuesto, estarán sujetos a los requisitos, obligaciones, supervisión y vigilancia radiológica individual y médica que para esa calidad se establecen en el RGSR.

Como referencia listo a continuación las Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la Comisión Nacional de Seguridad y Salvaguardias (CNSNS) las cuales nos permiten el cumplimiento de los principios básicos de la Protección Radiológica.

6. NORMAS OFICIALES MEXICANAS (CNSNS) NOM-001-NUCL-1994. (D.O.F. 6-FEB-96)

Factores para el cálculo del equivalente de dosis.

NOM-002-NUCL-1994. (D.O.F. 23-FEB-96)

Pruebas de fuga y hermeticidad de fuentes selladas.

NOM-003-NUCL-1994. (D.O.F. 7-FEB-96)

Clasificación de instalaciones o laboratorios que utilizan fuentes abiertas.

NOM-004-NUCL-1994. (D.O.F. 04-MAR-96)

Clasificación de los desechos radiactivos. NOM-005-NUCL-1994. (D.O.F. 16-FEB-96)

Límites anuales de incorporación y concentración derivadas en aire de radionúclidos para el POE.

NOM-006-NUCL-1994. (D.O.F. 20-FEB-96)

Criterios para la aplicación de los límites anuales de incorporación para grupos críticos del público.

NOM-007-NUCL-1994. (D.O.F. 4-MAR-96)

Requerimientos de seguridad radiológica que deben ser observados en los implantes permanentes de material radiactivo con fines terapéuticos a seres humanos.

NOM-008-NUCL-1994 (D.O.F. 5-MAR-96)



Límites de contaminación superficial con material radiactivo.

NOM-012-NUCL-1995 (D.O.F. 16-JUL-97)

Requerimientos y calibración de monitores de radiación ionizante. NOM-013-NUCL-1995. (D.O.F. 11-ENE-99)

Requerimientos de seguridad radiológica para egresar a pacientes a quienes se les ha administrado material radiactivo.

NOM-025/1-NUCL-2000. (D.O.F. 11-SEPT-99)

Requisitos para equipo de Radiografía Industrial. Parte 1 Requisitos Generales.

NOM-025/2-NUCL-1996. (D.O.F. 18-AGOST-97)

Requisitos para equipo de Radiografía Industrial. Parte 2 Operación.

NOM-026-NUCL-1995. (D.O.F. 5-JUL-99)

Vigilancia médica del personal ocupacionalmente expuesto.

NOM-027-NUCL-1996. (D.O.F. 23-SEP-97)

Especificaciones para el diseño de instalaciones radiactivas tipo II clase A, B y C.

NOM-028-NUCL-1996. (D.O.F. 22-DIC-98)

Manejo de desechos radiactivos en instalaciones radiactivas que utilizan fuentes abiertas.

NOM-031-NUCL-1997. (D.O.F. 28-DIC-99)

Requerimientos para la calificación y entrenamiento del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes.

NOM -032-NUCL-1997. (D.O.F. 30-DIC-98)

Especificaciones técnicas para la operación de unidades de teleterapia que utilizan material radiactivo.

NOM-033-NUCL-1999. (D.O.F. 05-JUL-99)

Especificaciones técnicas para la operación de unidades de teleterapia. Aceleradores Lineales.

7. REFERENCIAS

(1) Reglamento General de Seguridad Radiológica. México, Noviembre de 1988

(2) Training in Radiological Protection for Nuclear Programmes, Technical Reports Series No. 166, IAEA, Viena 1989.

(3) Reglamento de Seguridad y Protección Radiológica, ININ, México, 1996.