

## REVISIÓN DE LAS PRINCIPALES NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X EN ODONTOLOGÍA. REVISIÓN DE LITERATURA

REVIEW OF THE MAIN RADIATION PROTECTION STANDARDS FOR THE USE OF X-RAY EQUIPMENT IN DENTISTRY. LITERATURE REVIEW

Renzo Ismael Ayala Álvarez<sup>1</sup>  
renzoiaa@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2863-5254

Gustavo Fiori Chíncono<sup>2</sup>  
gfiori@ilaeperu.com  
ORCID: 0000-0001-9273-8587

### RESUMEN

La odontología no es ajena al uso de equipos de rayos X, porque estos ayudan al diagnóstico, detección y control de patologías. Se calcula que 520 millones de personas se realizan estos exámenes cada año; pero la radiación emitida por los equipos de rayos X puede tener un efecto en el tejido celular, el cual depende de la dosis, el tiempo y el tipo de tejido. Por esto, las principales instituciones han establecido normas, guías e instrucciones sobre protección radiológica, las cuales ayudan a prevenir y disminuir los efectos y riesgos biológicos en las personas. El presente artículo tiene como propósito revisar las principales normas, reglamentos, guías e instrucciones acerca de la protección radiológica para el uso de equipos de rayos X en odontología.

**Palabras clave:** protección radiológica, rayos X, legislación, radiación, radiografía, odontología

### ABSTRACT

Dentistry is no stranger to the use of X-ray equipment, because it helps to diagnose, detect and control the evolution of pathologies. An estimated 520 million people take these exams in a year. The radiation emitted by X-ray equipment can have an effect on cell tissue, it will depend on the dose, time and type of tissue. That is why the main institutions have established standards, guidelines and instructions on radiation protection, which help to prevent, reduce the effects and biological risks in which the health of people is exposed. The purpose of this article is to review the main rules, regulations, guides and instructions about radiation protection for the use of X-ray equipment in dentistry of the main institutions.

**Keywords:** radiation protection, x-rays, legislation, radiation, radiography, dentistry

**Citar como:** Ayala-Álvarez RI, Fiori Chíncono G. Revisión de las principales normas de protección radiológica para el uso de equipos de rayos X en odontología. Revisión de literatura. Rev Cient Odontol (Lima). 2019; 7 (2): 119-133.

<sup>1</sup> ESCUELA DE ODONTOLOGÍA, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, LIMA, PERÚ.

<sup>2</sup> DIVISIÓN DE RADIOLOGÍA BUCAL Y MAXILOFACIAL DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR, LIMA, PERÚ.

## INTRODUCCIÓN

La radiación es la propagación de energía emitida en forma de ondas electromagnéticas, las cuales tienen influencia o no en la estructura atómica de la materia. Se pueden clasificar en radiaciones no ionizantes y ionizantes; entre estas últimas se encuentran los rayos X <sup>(1-6)</sup>. La odontología no es ajena al uso de equipos de rayos X, porque ayudan en el diagnóstico, la detección y el control de patologías <sup>(1, 7)</sup>. Además, el empleo de radiografías dentales representa casi el 21% del total de los estudios radiográficos en todo el mundo; se calcula que 520 millones de personas se realizan estos exámenes cada año <sup>(8)</sup>.

La radiación emitida por los equipos de rayos X puede tener un efecto en el tejido celular, según la dosis, el tiempo y el tipo de tejido <sup>(9-13)</sup>. Es por esto que las principales instituciones han establecido normas, guías e instrucciones sobre protección radiológica, las cuales ayudan a prevenir y disminuir los efectos y riesgos biológicos en las personas <sup>(14-17)</sup>.

Las normas de protección radiológica comprenden los temas de barreras de protección, manipulación y gestión de los equipos de rayos X, exposición ocupacional, controles de vigilancia, diseño y materiales de construcción de los centros radiológicos <sup>(15, 17, 18)</sup>.

El presente trabajo tiene como objetivo revisar las principales normas, reglamentos, guías e instrucciones acerca de la protección radiológica para el

uso de equipos de rayos X en odontología de las siguientes instituciones: la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom), el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica (Unsclear), el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). De esta manera se pueden identificar las similitudes y diferencias en las principales normas de protección radiológica para el uso de equipos de rayos X y las normas del sector ocupacional.

## CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS DE LOS PRINCIPIOS DE RADIACIÓN

La radiación es la propagación de energía emitida en forma de ondas electromagnéticas. Se clasifica en radiaciones no ionizantes y ionizantes. Las no ionizantes son aquellas sin energía suficiente para desplazar electrones enlazados al átomo (incluye los rayos ultravioleta, infrarrojos, microondas, etc.). Las ionizantes, por el contrario, están constituidas por partículas energéticas como los fotones, protones, electrones y otras que interactúan con las células de los tejidos del cuerpo almacenando parcial o totalmente su energía, la cual puede alterar la estructura molecular de las células (incluye los rayos X, gamma, alfa y beta) <sup>(2-5, 19)</sup>.

En la tabla 1, se observa la clasificación de la radiación, los tipos de radiación y su longitud de onda.

TABLA 1. RADIACIÓN, CLASIFICACIÓN, TIPOS Y LONGITUD DE ONDA <sup>(20)</sup>

Clasificación	Radiaciones no ionizantes					Radiaciones ionizantes	
	Radio	Microondas	Infrarrojo	Visible	Ultra-violeta	Rayos X	Rayos gamma
Longitud de onda	10 <sup>3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-5</sup>	0,5 x 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-12</sup>

El efecto de las radiaciones ionizantes sobre las células es una de las mayores inquietudes para quienes trabajan con ellas. La radiación, cuando penetra las células, suelen desplazar electrones de los átomos circundantes, lo que dan lugar a un proceso que se conoce con el nombre de ionización<sup>(3, 4)</sup>. Las células, debido a que contienen una elevada concentración de agua, generan radicales libres, los cuales provocan reacciones químicas que tienen la capacidad de modificar y provocar alteraciones cromosómicas en la formación y desarrollo celular que pueden devenir en una mutación. Existen dos clases de efectos de la radiación: los determinísticos y los estocásticos<sup>(21, 22)</sup>.

Los efectos determinísticos se relacionan con un umbral determinado de dosis para que se produzcan daños en los tejidos; esto significa que dosis inferiores a ese umbral no generarán efectos biológicos; por lo tanto, la severidad del daño depende de la dosis<sup>(15, 19)</sup>.

Los efectos estocásticos se relacionan con un umbral determinado de dosis para que se produzcan daños en algunos tejidos. Pueden producirse con cualquier dosis, sea baja o alta; por lo tanto, la severidad del daño no depende de la dosis, pero la probabilidad de que aparezca se incrementa si la dosis se eleva<sup>(15, 19, 23)</sup>.

La dosis absorbida es la radiación que recibe cada unidad de masa presente en el tejido celular. La dosis equivalente es una cantidad que se obtiene de la suma de los diferentes tipos de radiación e indica la probabilidad de efecto biológico sobre los diferentes tejidos y órganos. La dosis efectiva es una magnitud que se obtiene de la suma ponderada de las dosis equivalentes a todos los tejidos y órganos<sup>(23, 24)</sup>.

En la protección radiológica se utilizan unidades para medir las dosis de las

radiaciones ionizantes absorbidas por el tejido celular, como el Sievert (Sv), aunque es más frecuente utilizar la milésima parte de esta unidad (miliSievert, mSv) o, incluso, la millonésima parte (microSievert,  $\mu$ Sv)<sup>(23)</sup>.

En la toma radiográfica, la dosis efectiva varía, desde unos 1,5  $\mu$ Sv en la radiografía oral y un rango de 2,7 y 24  $\mu$ Sv en la radiografía panorámica, así como 6  $\mu$ Sv en la radiografía cefalométrica<sup>(7)</sup>. En el caso de la tomografía computarizada de haz cónico, la cual se ha convertido en una importante técnica de imagen de rayos X para la radiología oral y maxilofacial, la adquisición de imagen está en el rango de los 11 y los 1073  $\mu$ Sv<sup>(7, 25, 26)</sup>. Se recomienda una capacitación adicional para el manejo técnico de la tomografía computarizada de haz cónico; además, que el profesional elija adecuadamente en qué casos se debe indicar una tomografía y reducir la dosis en la evaluación pediátrica<sup>(27, 28, 30)</sup>.

## PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE EMITEN NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En 1928, se constituyó la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y, desde sus comienzos, ha proporcionado regularmente recomendaciones sobre protección radiológica con solidez científica, las cuales son aceptadas por todos los organismos internacionales<sup>(15, 31, 32)</sup>.

En 1957, se constituyó el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), creado por las Naciones Unidas, el cual formula reglamentos y normas básicas de bioseguridad para la protección de la radiación<sup>(33)</sup>. En ese mismo año, se fundó la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom), hoy integrada en la Unión Europea, la cual establece normas sobre protección radiológica<sup>(17, 32, 34)</sup>.

Existen otros organismos internacionales que generan recomendaciones sobre protección radiológica, como el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica (Unsear) <sup>(32)</sup>. Además de estas instituciones, se pueden incluir la Agencia de Energía Nuclear (NEA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) <sup>(32, 35)</sup>.

En 1975, se constituye en nuestro país el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), organismo público adscrito al Ministerio de Energía y Minas, el cual se encarga de normar y supervisar las actividades aplicativas de la energía nuclear. Asimismo, cuenta con el aporte de la Cooperación Técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) <sup>(18, 36)</sup>

En 1977, se constituye en España el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el único organismo español con competencias en seguridad nuclear y protección radiológica. Su competencia abarca los requisitos técnicos de los equipos de rayos X, su instalación y las medidas para la protección radiológica <sup>(2)</sup>.

En el 2007, la ICRP emitió una declaración de principios adecuados en protección radiológica. El primero se refiere a la justificación, que involucra generar un mayor beneficio que perjuicio al paciente, y el segundo a la optimización, conocido como Alara (*as low as reasonably achievable*, es decir: "tan bajo como sea posible"), el cual manifiesta que la exposición a la radiación debe ser la menor posible para evitar el riesgo de alteración en las células <sup>(15)</sup>.

## PRINCIPALES NORMAS VIGENTES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X EN ODONTOLOGÍA

Los equipos de rayos X permiten obtener radiografías intraorales (periapicales, de mordida y oclusales) <sup>(16)</sup>, así como radiografías extraorales (panorámica, cefalométrica, posteroanterior, Watters y otras), además de tomografías como la computarizada de haz cónico (CBCT) <sup>(37, 38)</sup>. Para ello, se deben cumplir las indicaciones relacionadas con las normas básicas de seguridad en el uso de estos equipos, el tiempo de exposición, la dirección del haz y la distancia del punto emisor al objetivo, con la finalidad de reducir la dosis <sup>(39, 40)</sup>.

En la tabla 2 se observan similitudes en las indicaciones para el uso de equipos de rayos X, relacionados con las normas sobre características y funcionalidad de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 60601-2-63/65, o sus equivalentes aplicados por la Unión Europea. Se mencionan también las similitudes entre las instituciones al disponer un emisor de disparo para la realización de la toma radiográfica de una longitud de 2 metros. Se brindan recomendaciones para emplear películas digitales en la toma radiográfica, con el objetivo de disminuir la cantidad de radiación. Además, con relación a la distancia foco-piel hay variaciones, pero se debe destacar lo mencionado por la Euratom, respecto de que esto puede variar según el kilovoltaje (kV) empleado.

TABLA 2. INDICACIONES COMPARATIVAS PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES

	ICRP	OIEA	Euratom	Unsear	CSN	IPEN
Equipo de rayos X	Deben cumplir las normas de la Electrotécnica Internacional (IEC) 60601-2-63/65 para la seguridad básica de los equipos de rayos X, según sus características y su funcionalidad <sup>(41)</sup> .	Fabricantes y proveedores de equipos de rayos X deben cumplir el criterio normativo IEC 60601-2-63/65 <sup>(42)</sup> .	Equipos fabricados en cumplimiento de las normas IEC 60601 <sup>(43)</sup> .	Deben cumplir las normas IEC/EN 60601 para equipamiento electrónico médico de rayos X <sup>(21, 44)</sup> .	Deben cumplir las normas EN-60601 de Equipos y Sistemas Eléctricos Médicos Aplicados en la Comunidad Europea <sup>(45)</sup> .	Deben cumplir las normas (IEC) 60601-2-63/65 con su respectiva identificación, marca o placa de modelo y serie <sup>(18)</sup> .
Disparos radiográficos	Disponer de un emisor de disparo para la toma radiográfica de 2 metros <sup>(28)</sup> .	Realizar a 2 metros de la fuente de radiación del haz directo <sup>(46-48)</sup> .	Disponer de un emisor de disparo de una distancia mínima de 2 metros <sup>(49)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	Se debe realizar a una distancia mínima de 2 m <sup>(34)</sup> .	Contar con un cableado de 2 m para realizar el disparo de radiación <sup>(50)</sup> .
Dirección y exposición del haz directo de radiación	Se debe limitar el haz a la zona a irradiar <sup>(31)</sup> .	La exposición se limita a la región de examen. Se debe utilizar dispositivos colimadores alineados, la sujeción de la película dental debe ser sostenida por el mismo paciente <sup>(46, 48)</sup> .	Se debe limitar el haz a la zona a irradiar, la película dental debe ser sostenida por el mismo paciente o por vías mecánicas <sup>(49)</sup> .	Se debe limitar el haz directo del haz de rayos X a la zona a irradiar, la sujeción de la película dental debe ser realizada por el mismo paciente <sup>(44)</sup> .	No se debe dirigir el haz directo hacia ninguna otra persona que no sea el paciente, la sujeción de la película dental debe ser hecha por el mismo paciente <sup>(34)</sup> .	No se debe dirigir el haz directo hacia ninguna otra persona, equipo de control, puerta de ingreso o equipos radiográficos <sup>(50)</sup> .
Receptores y películas digitales	Se recomienda utilizar películas digitales rápidas y reducir la cantidad de repeticiones <sup>(51, 52)</sup> .	Se recomienda utilizar películas digitales rápidas ya que puede reducir la dosis en más de la mitad. <sup>(8)</sup>	Se recomienda emplear películas y receptores digitales para disminuir la exposición a la radiación <sup>(25)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	Debe realizarse una adecuada toma de la película radiográfica para evitar repeticiones <sup>(34)</sup> .	No especificado, pero recomienda seguir la normativa OIEA.

Distancia foco-piel	Debe ser menor a 20-30 cm <sup>(52)</sup> .	Se debe asegurar que la distancia entre el foco y la piel sea de 20 cm como mínimo <sup>(8)</sup> .	La distancia del foco a la piel debe ser de 20 cm para voltajes que superen los 60 kV y de 10 cm como mínimo si los voltajes máximos seleccionables son de 60 Kv <sup>(49)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	Debe ser menor a 30 cm <sup>(34)</sup> .	Distancia foco-piel menor a 45 cm <sup>(18)</sup> .
---------------------	---	---	--	---	--	---

## Leyenda

1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)
3. Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica)
4. Unsear (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)
5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)
6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)

## ÁREAS DE TRABAJO

Según la ICRP, se emplean las siguientes denominaciones: áreas controladas y áreas supervisadas. Un área controlada es aquella que requiere medidas específicas de protección y de seguridad radiológica para controlar las exposiciones y la dispersión de la radiación. Un área supervisada es una en la que las circunstancias de operación se conservan bajo observación, pero no se requieren procedimientos especiales <sup>(15)</sup>.

En la tabla 3, se observan similitudes respecto de las recomendaciones que se deben seguir en las áreas controladas considerando que se debe contar con un personal bien capacitado y debe conformar un grupo identificable. La señalización en las áreas debe estar de acuerdo con las normas internacionales mediante símbolo de advertencia, según el área.

## BARRERAS DE PROTECCIÓN

En las barreras o blindajes de protección, se consideran dos tipos que disminuyen la radiación del haz primario, llamados

barreras primarias, y las de haz secundario que impiden la radiación difusa, llamadas barreras secundarias <sup>(15)</sup>.

En el mercado existen biombos plomados, lentes plomados, protectores gonadales o collarines (la glándula tiroidea tiene gran sensibilidad a las radiaciones ionizantes), guantes plomados para la protección de las manos, brazos y hombros que se exponen al haz directo de radiaciones ionizantes <sup>(15)</sup>. Además, se puede emplear el dosímetro, el cual es un aparato tecnológico que se utiliza para medir la cantidad de rayos ionizantes que un individuo puede haber absorbido en la emisión de rayos X, el uso del dosímetro está recomendado en las áreas controladas según las recomendaciones de varias instituciones <sup>(22, 31, 34, 50, 56)</sup>.

En la tabla 4, se observan similitudes en las normas de barreras de protección relacionadas con el uso del delantal plomado, el cual debe tener un espesor o una equivalencia de plomo de 0,25-0,5 mm y un máximo de 2 mm para otros tipos de barrera de protección, pero se enfatiza lo mencionado por la Euratom la cual considera que, a pesar de la baja

TABLA 3. INDICACIONES COMPARATIVAS PARA LAS ÁREAS DE TRABAJO, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES

	ICRP	OIEA	Euratom	Unsear	CSN	IPEN
Áreas y seguridad radiológica	El personal que trabaja en las áreas controladas debe estar bien capacitado y conformar un grupo fácilmente identificable <sup>(15)</sup> .	Deben ser objeto de vigilancia radiológica en las áreas controladas y evitar la dispersión de la radiación hacia otras áreas <sup>(53)</sup> .	Deben ser vigiladas por un profesional u organismo de la salud con competencia para efectuar la vigilancia en las áreas de emisión de radiación <sup>(54)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	Deben ser vigiladas con un adecuado control; cuando se emita la radiación, las puertas de ingreso deben estar completamente cerradas y no permitir el ingreso <sup>(34)</sup> .	Las áreas de trabajo donde se utilicen los equipos de rayos X se consideraran áreas controladas; se debe contar con un operador bien instruido en técnicas radiográficas <sup>(50)</sup> .
Señalización de áreas	Deben estar correctamente señalizadas mediante símbolos internacionales <sup>(51)</sup> .	Estará señalizada con símbolos de advertencia según las normas internacionales <sup>(46)</sup> .	Deberá existir una señalización en la que se indiquen el tipo de área, y sus riesgos inherentes de acuerdo con las normas <sup>(54)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	Deben estar correctamente señalizadas mediante símbolos internacionales <sup>(34)</sup> .	Deben tener un control, alarma y estar señalizadas con un símbolo de advertencia reglamentario internacional <sup>(55)</sup> .

Leyenda

1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)
3. Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica)
4. Unsear (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)
5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)
6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)

TABLA 4. INDICACIONES COMPARATIVAS PARA LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES

	ICRP	OIEA	Euratom	Unsear	CSN	IPEN
Protectores del operador y paciente	Utilizar el delantal plomado con una equivalencia de plomo de 0,25-0,5 mm, protector de tiroides, lentes plomadas y una buena técnica de trabajo <sup>(51)</sup> .	Disponer de un delantal plomado con una equivalencia de plomo de 0,25-0,5 mm y cuellos de protección de la tiroides en exámenes en donde esta pueda estar exhibida al haz directo <sup>(57)</sup> .	Usar un delantal de plomo con una equivalencia de plomo de 0,25-0,5 mm y protectores gonadales, a pesar de la baja radiación asociada con la radiografía dental <sup>(22)</sup> .	Usar un delantal de 0,25-0,5 mm de plomo para reducir la exposición a la radiación de los órganos o tejidos que pueden irradiarse <sup>(21)</sup> .	Mediante un delantal plomado con una equivalencia de plomo de 0,25-0,5 mm <sup>(34)</sup> .	Emplear un delantal plomado de 0,25 a 0,50 mm de espesor. Para otras barreras de protección, el espesor debe ser de 1,5 a 2 mm <sup>(18)</sup> .

Diseño y edificación	El diseño y los materiales de construcción deben estar de acuerdo con el principio de protección a la radiación. El marco legal debe proveer un conjunto de estándares de protección y regulaciones requeridas <sup>(15)</sup> .	Se debe realizar un adecuado diseño y blindaje estructural que brinde seguridad en las áreas, con el objetivo de impedir que se disperse la radiación; por ello, se debe construir basado en materiales optimizados para la protección radiológica <sup>(48, 58)</sup> .	El diseño de las áreas debe restringir las exposiciones a un nivel tan bajo como sea posible. Las barreras y materiales de protección deben impedir que se disperse la radiación emitida por los equipos de rayos X <sup>(25, 54)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	De ladrillo o bloque sólido, no deberán tener espacios o vacíos, las uniones de diferentes tipos de materiales deberán ser edificadas de tal modo que no se debilite la protección total de la barrera <sup>(34)</sup> .	Deben ser construidos con un material de blindaje que no permita que se disperse a la radiación y, de tener ventanas, estas deben estar a una altura suficiente que impida que se disperse la radiación <sup>(18)</sup> .
----------------------	--	--	---	---	--	---

#### Legenda

1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)
3. Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica)
4. Unsear (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)
5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)
6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)

radiación asociada con la radiografía dental, este debe ser empleado por el paciente. Asimismo, la ICRP menciona emplear protectores de tiroides, lentes plomadas y una buena técnica de trabajo. Además, el diseño y los materiales de construcción de los centros radiográficos deben estar de acuerdo con el principio de protección a la radiación, sujetos al marco legal, al conjunto de estándares de protección y las regulaciones requeridas por cada nación.

### PRINCIPALES NORMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL SECTOR OCUPACIONAL

Las categorías de exposición se pueden clasificar en exposición ocupacional, exposición del público y exposición odontológica-médica <sup>(15)</sup>.

La exposición ocupacional es aquella a la que se somete al personal profesional durante el tiempo de trabajo <sup>(15)</sup>. La

exposición del público es la consecuencia de varios tipos de radiación, entre ellas las fuentes naturales que, sin duda, son las de mayor dosis; aun así, eso no es una excusa para no reducir la exposición a la radiación emitida por los equipos de rayos X <sup>(15)</sup>.

Según las recomendaciones de varias instituciones, los límites de dosis en la exposición ocupacional para mayores de 18 años son los siguientes: una dosis efectiva de 20 mSv en un año, promediada durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años); una dosis equivalente en el cristalino de 20 mSv en un año, promediada durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años); y una dosis equivalente en las extremidades (manos y pies) o en la piel de 500 mSv en un año <sup>(59)</sup>.

En la tabla 5, se observa que el personal deberá estar sometido a un proceso de protección radiológica en caso se

superen los actuales límites permitidos y deberá contar con una capacitación laboral de acuerdo con la aplicación radiológica requerida; además, existen restricciones de exposición ocupacional para el personal menor de 18 años.

TABLA 5. INDICACIONES COMPARATIVAS PARA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES

	ICRP	OIEA	Euratom	Unsear	CSN	IPEN
Exposición ocupacional del personal	El personal deberá estar sometido a un proceso de protección radiológica, evaluando los actuales límites de dosis; esto de acuerdo con las mediciones biológicas <sup>(15)</sup> .	El personal deberá contar con una capacitación laboral de acuerdo con la aplicación radiológica requerida (60). Los empleadores deberán procurar que ningún menor de 16 años esté sometido a exposición ocupacional <sup>(59)</sup> .	Se deben mantener los actuales límites anuales de dosis relacionadas con la exposición ocupacional. Ningún menor de 16 años debe ser sometido a exposición ocupacional <sup>(22, 25)</sup> .	En concordancia con la OIEA, trabajo de cooperación conjunta.	Ninguna persona que no sea el paciente deber estar en el área de radiación mientras se emita radiación en los equipos de rayos X <sup>(34)</sup> . En concordancia con la Euratom.	Una persona menor de 16 años no puede estar sometida a exposición ocupacional <sup>(55)</sup> . Si fuera menor de 18 años, no puede trabajar en una área controlada <sup>(55)</sup> .
Vigilancia radiológica del personal	Se debe restringir que las dosis individuales excedan los 1 mSv durante un año, se recomienda monitorio en caso supere esta cantidad de dosis <sup>(15)</sup> .	La dosis que recibe el personal en radiología dental son bajos, se recomienda vigilancia radiológica del personal de manera regular pero no es necesaria, en algunos países si excedan los 1 mSv durante un año puede ser requerida <sup>(47,60)</sup> .	El organismo competente debe efectuar vigilancia radiológica al personal en función a las normas establecidas y registrar los resultados <sup>(54)</sup> .	Se debe restringir que las dosis excedan los 1 mSv durante un año, se recomienda un adecuado proceso de vigilancia de acuerdo a la legislación establecida <sup>(21)</sup> .	Se recomienda la vigilancia del personal profesional Expuestas a la radiación, además se recomienda realizar análisis de dosimetría en las área e instalaciones según corresponda <sup>(34)</sup> .	Debe contar un proceso de vigilancia de observación médica el personal que tenga exposición ocupacional <sup>(55)</sup> .

Leyenda

1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)
3. Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica)
4. Unsear (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)
5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)
6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)

## PERSONAL EN GESTACIÓN

Es poco frecuente que cualquier personal de odontología obtenga el límite de dosis fetal de 1 mSv durante el trabajo. El personal femenino debe entender la importancia de comunicar a su empleador si está en gestación o amamantando (<sup>47, 54, 59</sup>). Si se le comunica al empleador, este debe brindar las condiciones de trabajo óptimas para esta situación y para que no superen los límites de dosis señalados (<sup>48</sup>). Esto no significa que sea necesario que el personal femenino gestante se abstenga completamente de trabajar en presencia de radiaciones emitidos por equipos de rayos X o que

se impida que entre y trabaje en áreas controladas o supervisadas (<sup>61</sup>). Además, el feto es más sensible a la radiación entre las semanas 8 y 15 después de la concepción, y menos sensible desde la semana 16 a la 25 de gestación (<sup>23</sup>).

En la tabla 6, se observan las recomendaciones que realizan las instituciones para el personal femenino y se indica la importancia de comunicar al empleador si está gestando o amantando. Además, existe concordancia en que la radiación debe ser tan baja como sea razonablemente posible y que dicha dosis no debe superar 1 mSv durante el proceso de gestación.

TABLA 6. INDICACIONES COMPARATIVAS PARA EL PERSONAL EN GESTACIÓN, SEGÚN LAS NORMAS DE DIFERENTES ORGANISMOS INTERNACIONALES

	ICRP	OIEA	Euratom	Unsear	CSN	IPEN
Mujeres en gestación/embarazadas	Las exposiciones a la que es sometida el feto en el personal que se encuentre embarazada se considera como exposición al público. La dosis no debe superar 1 mSv durante el resto del embarazo ( <sup>15</sup> ).	El personal femenino gestante o que está amamantando y que ingrese a las áreas controladas o supervisadas deberá recibir información sobre los riesgos de la radiación. La dosis fetal no debe superar 1 mSv durante el resto del embarazo ( <sup>48, 59, 60</sup> ).	La legislación de la Unión Europea garantiza al personal femenino gestante o que está amamantando, que la exposición a la radiación sea tan baja como sea razonablemente posible y que dicha dosis no supere 1 mSv durante el resto del embarazo ( <sup>54</sup> ).	Las exposiciones a la radiación a la que es sometida el personal femenino gestante no debe superar 1 mSv durante el resto del embarazo ( <sup>44</sup> ).	No deben estar presentes en el área donde se exponga a la radiación y en ningún caso serán expuestas al haz directo. No debe superar 1 mSv durante un año ( <sup>34, 61</sup> ).	El personal que se encuentre en gestación debe considerar siempre la protección al feto para que la dosis no sea superior a los 1 mSv durante el proceso de gestación ( <sup>15</sup> ).

### Legenda

1. ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica)
2. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica)
3. Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica)
4. Unsear (Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica)
5. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)
6. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear)

## CONCLUSIONES

1. Las normas de las diferentes instituciones internacionales son similares en la gran mayoría de la normativa y en el uso de las dosificaciones, según las características de las áreas de trabajo o la condición del paciente. Existen algunas variantes en la Euratom, perteneciente a la Unión Europea, que establece parámetros de mayor control. Pero todas mantienen los principios establecidos y cumplen el mismo objetivo de brindar una protección radiológica que ayude a prevenir, disminuir los efectos y riesgos biológicos de la radiación en el personal y los pacientes.
2. Las normas internacionales de la OIEA y la ICRP son similares a las del IPEN respecto del uso de equipos de rayos X, las áreas de trabajo, las barreras de protección, exposición ocupacional y el personal gestante.
3. Esta revisión de la literatura es importante como guía para los odontólogos y radiólogos que utilizan equipos de rayos X, para asegurar un adecuado desempeño de las normas de protección radiológica. Es importante revisar frecuentemente las normas internacionales por el constante cambio en los avances tecnológicos, de modo que puedan ser comparados con las normas que existen en cada país.

**Contribución del autor:** El C. D. Renzo Ismael Ayala Álvarez ha participado en la recolección de información para la redacción y aprobación de la versión final, y el Mg. Gustavo Fiori Chíncaro ha participado como asesor y ha aprobado la versión final.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciada

**Conflicto de interés:** El autor declara no tener conflicto de interés de ningún tipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lecomte JF, Solomon S, Takala J, et al. Radiological protection against radon exposure. ICRP Publication. 2014; 43 (3): 5-73.
2. Consejo de Seguridad Nuclear. Guía sobre las radiaciones ionizantes. Serie de informes y conceptos del CSN. España: CSN; 2018.
3. Úbeda C, Nocetti D, Aragón M. Seguridad y protección radiológica en procedimientos imagenológicos dentales. *Int. J. Odontostomat.* 2018. 12 (3): 246-51.
4. Bushong S. Manual de radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica. 8ª ed. España: Elsevier; 2005.
5. Nikneshan S, Sharafi M, Emadi N. Evaluación de la precisión de las mediciones lineales y angulares en radiografías panorámicas tomadas en diferentes posiciones. *Imaging Sci Dent.* 2013; 43 (3): 191-6.
6. Shannoun F, Blettner M, Schmidberger H, Zeeb H. Radiation protection in diagnostic radiology. *Dtsch Arztebl Int.* 2008; 105 (3): 41-6.
7. World Dental Federation. Radiation safety in dentistry. World Dental Federation General Assembly. India: FDI; 2014.
8. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección de los pacientes radiología dental. Informe de la OIEA. Austria: OIEA; 2018.
9. Waingade M, Medikeri R. Análisis de micronúcleos en células epiteliales bucales en pacientes sometidos a radiografía panorámica. *Indian J Dent Res.* 2012; 23 (5): 574-8.
10. Madhavan R, Kumaraswamy M, Kailasam S. Daño genético en células exfoliadas de la mucosa oral de individuos expuestos a rayos X después de una radiografía panorámica: un estudio de corte transversal. *J Indian Acad Oral Med Radiol.* 2012; 24 (2): 102-5.
11. Lin M, Lee C, Lin C, Wu Y, Wang H, Chen C, et al. Diagnóstico dental exposición a rayos X y riesgo de tumores cerebrales benignos y malignos. *Ann Oncol.* 2013; 24 (6): 1675-9.
12. Harrison J, Day P. Dosis de radiación y riesgos de emisores internos. *J Radiol Prot.* 2008; 28 (2): 137-59.
13. Kim E, Han W, Choi J, et al. Niveles de diagnósticos en la radiografía intraoral dental en Corea. *Imaging Sci Dent.* 2012; 42 (4): 237-42.
14. Tirador L, González F, Mendoza F. Uso controlado de los rayos X en la práctica odontológica. *Rev Cienc Salud.* 2014; 13 (1): 2-14.
15. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Informe 103. Alemania: Sociedad Española de Protección Radiológica y la ICRP; 2007.
16. Wenzel A. Radiografía de mordida y de mordida digital para la detección de lesiones de caries. *J Dent Res.* 2004; 1 (1): 72-5.

17. Chimenos E, Echevarría J, Guix B. Radiología en medicina bucal. Barcelona: Masson; 2007.
18. Instituto Peruano de Energía Nuclear Perú. Norma Técnica IR 003 2013. Requisitos de protección radiológica en diagnóstico médico con rayos X. Perú: IPEN; 2013.
19. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección radiológica de los pacientes expresiones utilizadas comúnmente. Viena: OIEA; 2018.
20. National Aeronautics and Space Administration. Introduction to electromagnetic spectrum. EE. UU.: NASA; 2018.
21. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Report to the General Assembly, with scientific annexes. Viena: Unsclear; 2017.
22. European Commission. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice. N.º 136. Reino Unido: European Commission; 2004.
23. Consejo de Seguridad Nuclear. Protección radiológica. Serie de informes conceptos Real Decreto 783. España: CSN; 2018.
24. Organismo Internacional de Energía Atómica. Magnitudes y unidades de radiación. Publicaciones para profesionales radioterapia publicación especial de la OIEA. Viena: OIEA; 2018.
25. European Commission. Radiation protection, cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Luxemburgo: European Commission; 2012.
26. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen J, Thongvigitmanee S. Technical aspects of dental CBCT state of the art. Dentomaxillofac Radiol. 2015; 44 (1): 201-24.
27. Tandheelkd N. Cone beam computed tomography: is more also better. Ned Tijdschr Tandheelkd. 2016; 123 (4): 189-98.
28. Oenning A, Pauwels R, Stratis A, et al. Halve the dose while maintaining image quality in paediatric Cone Beam CT. Sci Rep. 2019; 9 (1): 5521.
29. Stratis A, Zhang G, Lopez X, et al. Customisation of a Monte Carlo dosimetry tool for dental cone-beam CT systems. Radiat Prot Dosimetry. 2016; 169 (14): 378-85.
30. White S, Scarfe W, Schulze R, et al. The image gently in dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2014; 118 (3): 257-61.
31. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Protección radiológica en medicina por la Sociedad Argentina de Radioprotección. Publicación N° 105. Buenos Aires: ICRP; 2011.
32. Foro de la Industria Nuclear Española. Conceptos básicos de protección radiológica. Publicación N.º 5. Madrid: Foro Nuclear; 2017.
33. Organismo Internacional de Energía Atómica. Historia de la OIEA. Creación en la Asamblea General de las Naciones Unidas. Viena: OIEA; 2018.

34. Consejo de Seguridad Nuclear. Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para el diagnóstico. N.º 5.11. Madrid: CSN; 2014.
35. Nuclear Energy Agency. History of the Nuclear Energy Agency is a specialized agency within the Organization for Economic Cooperation and Development. París: NEA; 2017.
36. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Presentación IPEN. Organismo Público Ejecutor adscrito al Ministerio de Energía y Minas. Lima: IPEN; 2018.
37. Guevara C, Mandel L. Demostración radiográfica panorámica de tonsilolitos bilaterales. NY State Dent J. 2011; 77 (1): 28-30.
38. Rurshtone V, Horner K, Worthington H. Radiografía panorámica de adultos en la práctica dental general: hallazgos radiológicos. Br Dent J. 2001; 190 (1): 495-501.
39. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. Eur. J. Radiol. 2012; 81 (2): 267-71.
40. Ludlow J, Timothy R, Walker C, et al. Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. Dentomaxillofac Radiol. 2015; 44 (1): 201-97.
41. Rehani, R, Gupta S, Bartling G, et al. Radiological protection in cone beam computed tomography. (CBCT). ICRP Publication 129. Ann ICRP. 2015; 44 (1): 9-127.
42. Organismo Internacional de Energía Atómica. Características y tendencias de las normas particulares IEC para equipos médicos relacionados con los rayos X de diagnósticos basados en IEC 60601-1. Viena: OIEA; 2013.
43. European Commission. Criteria for acceptability of medical radiological equipment used in diagnostic radiology, nuclear medicine and radiotherapy. Publication N°162. Luxemburgo: Publications Office of the European Union; 2012.
44. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Effects of radiation exposure of children. Publicación No. E.14.IX.2. Viena: UnscEAR; 2013.
45. Consejo de Seguridad Nuclear. Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X. Publicación N.º 173. Madrid: CSN; 2009.
46. Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de normas de seguridad de la OIEA. Protección radiológica relacionada con la exposición médica a la radiación ionizante. Publicación N.º RS-G-1.5:78. Viena: OIEA; 2010.
47. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección del personal y gestión de las instalaciones en radiología dental. Viena: Directrices de la Comisión Europea y la OIEA; 2018.
48. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección radiológica del personal en radiología dental. Viena: OIEA; 2013.

49. Comisión Europea. Criterios para la aceptabilidad de instalaciones radiológicas incluyendo radioterapia y de medicina nuclear. Publicación N° 91. Luxemburgo: European Commission; 1997.
50. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Protección radiológica en diagnóstico médico con rayos X. Publicación IR.003.2013. Lima: IPEN; 2013.
51. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Protección radiológica para el personal. Viena: OIEA, ICRP; 2013.
52. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Gestión de la dosis al paciente en radiología digital. Publicación N.º 93. Sociedad Argentina de Radioprotección, ICRP; 2013.
53. Organismo Internacional de Energía Atómica. Seguridad radiológica de las instalaciones de irradiación de rayos gamma, electrones y rayos X. Publicación SSG-8. Viena: OIEA; 2015.
54. Consejo de la Unión Europea. Normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Diario Oficial de la Unión Europea. Luxemburgo: Euratom; 2013.
55. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de seguridad radiológica. Lima: IPEN; 2018.
56. Gallardo I, Guardado M. Intervención en la atención sociosanitaria en instituciones. España: IC Editorial; 2005.
57. Organismo Internacional de Energía Atómica. El embarazo y la protección radiológica en radiodiagnóstico de la publicación de la ICRP. Viena: OIEA; 2013.
58. Organismo Internacional de Energía Atómica. Programa nacional de protección radiológica en las exposiciones médicas. Publicación tecdOc-1710. Viena: OIEA; 2018.
59. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, normas básicas internacionales de seguridad en cooperación conjunta con la AEN de la OECD, CE, FAO, OIEA, OIT, OMS, OPS, PNUMA. Publicación GSR Parte 3. Viena: OIEA; 2016.
60. Organismo Internacional de Energía Atómica. Colección de normas de seguridad del OIEA, creación de competencia en materia de protección radiológica y uso seguro de las fuentes de radiación. Publicación RS-G-1.4. Viena: OIEA; 2012.
61. Consejo de Seguridad Nuclear. Protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario. Publicación SDB-04.02. Madrid: CSN; 2016.

ARTÍCULO RECIBIDO: 06-08-2019

ARTÍCULO ACEPTADO: 08-10-2019