

RESUMEN

Este documento analiza la seguridad radiológica relacionada con el uso de equipos de rayos x intraorales portátiles en Odontología. Se compara la radiación emitida por un equipo fijo y un equipo portátil, mostrando que el equipo portátil genera una mayor apertura angular del haz de radiación, lo que puede exponer tejidos ajenos al área de diagnóstico. Además, se explica que el operador del equipo portátil está expuesto a niveles de radiación más altos debido a la proximidad a la fuente de Rayos X.

CONSIDERACIONES SOBRE SEGURIDAD RADIOLÓGICA CON EQUIPOS DE RAYOS-X INTRAORALES PORTÁTILES.

La radiación electromagnética abarca un amplio espectro que cubre rangos de longitud de onda de metros (m.) para radiofrecuencia, hasta micromilímetros (micromm.) para los rayos gama.

El rango de longitudes de onda visibles para el ojo humano abarca únicamente el espectro de 400 a 700 nano milímetros (nm.).

La radiación X, utilizada entre otras aplicaciones para radiodiagnóstico, con longitud de onda del rango de 100 nm., por su alto potencial energético es una radiación ionizante, con energía suficiente para atravesar la materia, interactuar con las células del cuerpo, produciendo potencialmente daños biológicos en los tejidos, de tipo Determinísticos, Estocásticos y Acumulativos, en función del nivel energético de la fuente de radiación y del tiempo de exposición a la misma.

Conceptos básicos sobre la física de las radiaciones electromagnéticas:

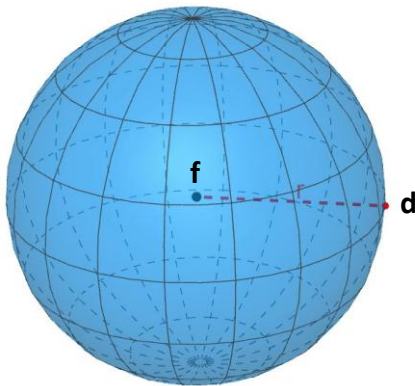


Figura 1

El modelo básico para el estudio de la física de las radiaciones electromagnéticas considera que la fuente **f** de radiación es isotrópica, es decir: puntiforme, y que la radiación se expande en cualquier dirección y con la misma intensidad a una distancia **d** de la fuente generadora (fig.1).

La potencia de la fuente generadora se expresa en Watts (W.), y la distancia **d** se expresa en metros. La Densidad de potencia **D** interceptada a la distancia **d** es:

$$D = W/4\pi d^2, \text{ expresada en Watts/m}^2$$

Es decir: la intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

En las aplicaciones de los Rayos-X para radiodiagnóstico hay que considerar diversos factores, tales como:

- El Tubo de Rayos-X, por sus características, no es un radiador isotrópico, es decir: la radiación no es puntiforme y tampoco omnidireccional.
- La radiación es colimada para iluminar únicamente el área cubierta por el dispositivo receptor de imagen.
- El nivel energético de la fuente de Rayos-X y la duración del tiempo de exposición a la radiación se denominan: Factores Técnicos del equipo.

$$D = \frac{KV^n \times mA}{d^2} \times t$$

Adonde:

D = Dosis de radiación

KV = Nivel energético de la fuente de radiación, expresado en Kilovolts, elevado a la potencia **n** en función de la eficiencia de la fuente y su filtración. El producto: KV x mA expresa en Watts la potencia del generador, de forma análoga a lo visto anteriormente en la física de la radiación electromagnética.

mA: Corriente anódica del Tubo de Rayos-X, expresado en milliamperes.

d = Distancia, elevada al cuadrado, entre la fuente de radiación y el receptor de imagen.

t = Tiempo de duración de la exposición.

Por lo que la Dosis de radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente generadora y el receptor de imagen, de forma análoga a lo visto anteriormente en los conceptos básicos de física de la radiación (1).

El propósito de esta introducción a los Factores Técnicos en el radiodiagnóstico es hacer un análisis comparativo entre un Equipo de Rayos-X para radiodiagnóstico dental intraoral de tipo FIJO, es decir: instalado sobre un Soporte Fijo para ser operado a distancia, y un Equipo PORTATIL, para ser operado con el operador sujetando el equipo con sus manos.

El análisis comparativo se llevó a cabo tomando como muestras 2 Equipos de Rayos-X Intraorales disponibles en el mercado:

EQUIPO FIJO: Marca CORIX 70 PLUS-USV, mod. 70 Plus-USV, Bloque Generador serie No. A37499.

EQUIPO PORTATIL: Marca Gulin Refine Medical Instruments Co., Ltd., mod. RTG-RXS, serie No. 120RCC328A407.

Comparativo de especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante:

ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	CORIX 70 PLUS – USV (FIJO)	Gulin Refine Medical Instruments Co., Ltd., mod. RTG-RXS
Voltaje del Tubo RX	70KVp	60KVp
Corriente anódica	8 mA	2mA
Rango de Tiempos de Exposición	0.03 – 3.00 s	0.01 – 2.00 s
Distancia Focal	200 mm.	200 mm.*
Filtración total	> 2.0 mm. Al _{1/2}	1.8 mm Al _{1/2}
Disparador Remoto	> 2.0 m _{1/2}	SIN DISPARADOR REMOTO
Radiación de Fuga	< 50 mR/h	NO ESPECIFICADO

***Nota: La distancia Focal especificada NO es correcta. Se midieron: 108 mm.**

Para efectos comparativos, se efectuó con ambos equipos una exposición de prueba, con un tiempo de exposición de 0.5 s., y 1.0 s., utilizando un Medidor de Dosis de radiación, marca Radcal, mod. Start Rapidose, s/n 01B-12-10415, con calibración vigente, para la lectura de: Kilovolts, Dosis en mR, Tiempo de exposición y Filtración Inherente.

Dosis de radiación medida con el EQUIPO FIJO: 0.5 s. = 381 mR, 1.0 s. = 760.8 mR.

Dosis de radiación medida con el EQUIPO PORTATIL: 0.5 s. = 453.3 mR, 1.0 s. = 976.3 mR.

La Dosis más alta registrada con el EQUIPO PORTATIL se justifica por la menor Distancian Focal (Foco del Tubo RX – Receptor de Imagen), limitada por el fabricante a 108 mm., contra una Distancia Focal de 200 mm. del EQUIPO FIJO. (2).

Un análisis comparativo sobre la Distancia Focal especificada para ambos productos indica que el EQUIPO PORTATIL genera un haz de radiación con una mayor apertura angular, de 32.6 grados, contra 17.0 grados del EQUIPO FIJO, pudiendo el primero radiar tejidos ajenos al área de diagnóstico prefijada (Fig.2), de acuerdo con las normas de diferentes organismos internacionales (3).

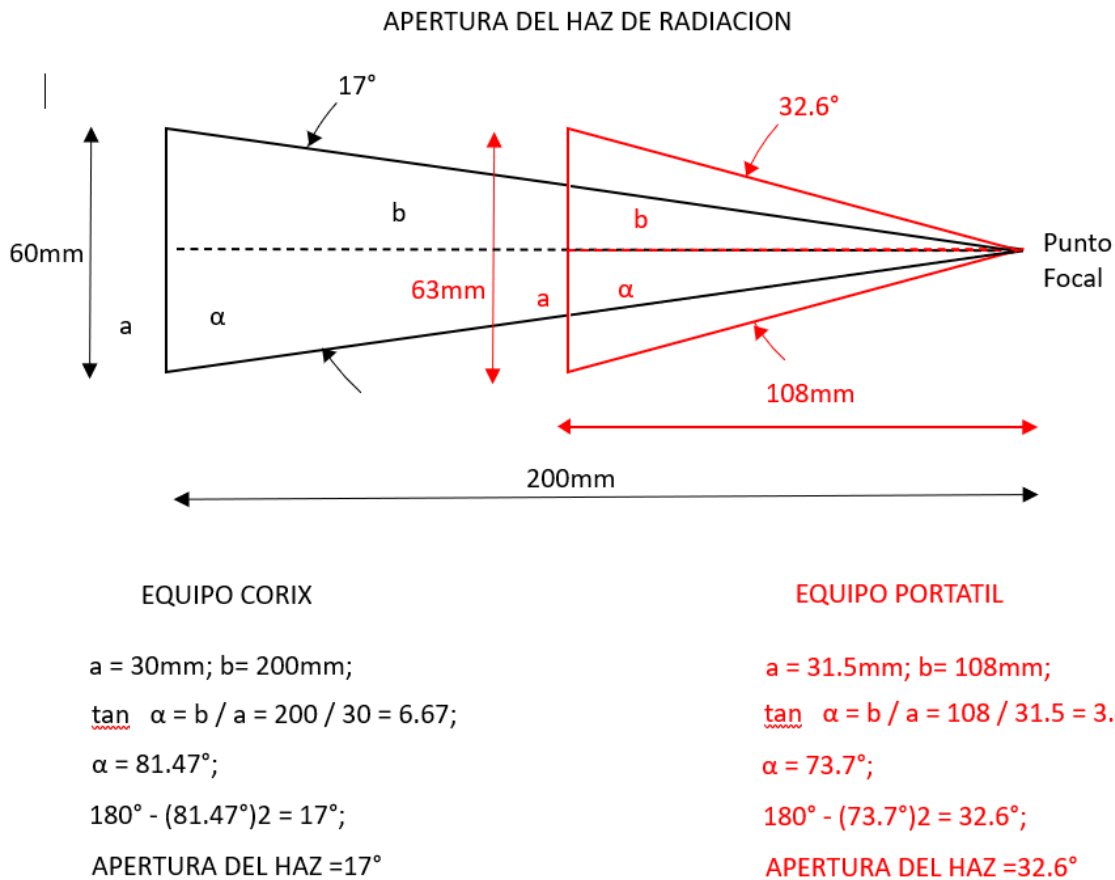


Figura 2

Radiaciones Ionizantes:

Las radiaciones emitidas por los generadores de Rayos-X son:

- Radiación Primaria: Es la radiación útil que emite el equipo para producir una imagen radiográfica.
- Radiación Secundaria: Es la radiación dispersa (scatter radiation), creada por la interacción del Haz Primario de radiación con materias tales como la cara del paciente y su estructura oral.

- Radiación de Fuga: Es la emitida por el encapsulado blindado del Tubo de Rayos-X durante la exposición. El fabricante tiene la responsabilidad de limitar la Radiación de Fuga a valores inferiores a los especificados por la Norma U.S. CFR 820.30 (k).

El Operador del equipo deberá tomar las medidas necesarias para minimizar su exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes. Distintos organismos internacionales: ICRP, OIEA, Euratom, UNSCEAR, CSN, IPN y normas ALARA indican que el Operador deberá guardar una distancia mayor o igual a 2 m. de la fuente de radiación, mediante un disparador remoto (Anexo 3).

Con un EQUIPO PORTATIL el Operador deberá sujetar con sus manos el equipo. Considerando una distancia media de 60 cm. entre Operador y Paciente, el Operador se encontrará expuesto a un nivel de Radiación Secundaria de:

$200 \text{ cm}^2 / 60 \text{ cm}^2 = 11$ veces mayor de la producida por un EQUIPO FIJO con disparador remoto, en el mejor de los casos, ya que sus manos estarán expuestas a una dosis mayor, por su cercanía con el Paciente y por la Radiación de Fuga residual generada por el equipo, por lo que el U.S. CDRH recomienda al Operador de EQUIPOS PORTÁTILES el empleo de guantes y mandil emplomados (4).

Las conclusiones de este estudio confirman lo reportado por la Academia Europea de Radiología Dentomaxilofacial, la que señala: Los EQUIPOS (de Rayos -X) PORTATILES NO deberán ser utilizados para trabajos de rutina en el consultorio dental. Su uso debe quedar limitado únicamente a escenarios tales como: trabajo de campo, atención a pacientes discapacitados o trabajo forense, en donde no sea factible la utilización de un EQUIPO FIJO, cuando el EQUIPO PORTATIL cuente con un dispositivo adecuado para blindar al Operador de la radiación dispersa (5).

Los Odontólogos, en su mayoría, ignoran los riesgos que implica el uso de fuentes de radiación ionizantes, los cuales aumentan con la frecuencia y dosis aplicada, por lo que es el Operador del equipo el que está expuesto a un mayor riesgo.

CORAMEX, S.A.

Rev.: Octubre 24, 2024.

Determinación de la Dosis Anualizada de Radiación recibida por el operador de un Equipo de RX Intra-oral, de tipo PORTÁTIL.

Unidades de medición para dosis de radiación:

Air Kerma: Sievert (Sv), Gray (Gy), Roentgen (R), Rem.

Para efectos biológicos: Rem (Sustancialmente equivalente al Roentgen para cuerpo humano).

Sievert: 1 Sv = 100 Rem = Unidad de medición de dosis equivalente absorbida para efectos estocásticos.

Gray (Gy): 1 Gray = 100 Rem (Unidad para efectos biológicos, sustancialmente equivalente al Sievert para fuentes de radiación X).

RADIACIÓN DE FUGA

Norma: CFR 820, ch_ 1020.30(k), y equivalentes: Dosis Máxima de radiación de Fuga desde la Fuente Generadora: ≤ 100 mR /hora, a 1 m. de distancia de la Fuente Generadora.

Considerando que la intensidad de la radiación ionizante se reduce con el cuadrado de la distancia a la fuente, la Dosis Máxima acumulada para el operador, con un Equipo de RX Intra-oral de tipo: PORTÁTIL, sujetando con sus manos la fuente generadora, a una distancia media de 5 cm. entre el blindaje y el cuerpo del equipo:

$$100 \times 1/(0.05^2) = 40,000 \frac{mR}{hora} = 40 \text{ Rem/hora}$$

Considerando como valores típicos de carga de trabajo un promedio de 10 disparos diarios, por 250 días hábiles por año, con un tiempo medio de exposición de 0.25 segundos:

Tiempo acumulado de exposición: $10 \times 250 \times 0.25 = 625$ seg.

$$625''/60' = 10.41 \text{ minutos}$$

$$10.41/60 = 0.1736 \text{ horas.}$$

Dosis acumulada por el operador en 1 Año, a la altura de sus manos: $40 \text{ Rem} \times 0.1736 = 6.944 \text{ Rem} = 69.44 \text{ mSv}$.

LAS NORMAS ICRP INDICAN UNA DOSIS ANUAL MÁXIMA PARA EL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DE 20 mSv/Año, por lo que la dosis acumulada por el operador, a la altura de sus manos, rebasa lo permitido por la Norma, SIN CONSIDERAR LA RADIACIÓN DISPERSA ACUMULADA, lo que indica que es un requisito el empleo por parte del operador de guantes emplomados, y altamente recomendado el mandil y collar tiroideo, protecciones raras veces utilizadas en consultorios y clínicas dentales.

A título comparativo, con un equipo de rayos-x convencional de tipo FIJO, manteniendo la distancia recomendada de 2m. entre la fuente generadora y el operador, la dosis acumulada por el operador en 1 Año, a la altura de sus manos, hubiera sido 1600 VECES MENOR a la dosis acumulada con un equipo de tipo PORTÁTIL.

RADIACIÓN DISPERSA (SCATTERED RADIATION)

Para el cálculo de la Radiación Dispersa se tomó como base de cálculo el valor medio de dosis derivado de diferentes geometrías de exposición en el artículo publicado por: Dentomaxilofacial Radiology Journal, Oct. 2018, Vol. 47.7, que se anexa (1).

Valor medio de dosis: 0.05 μ Sv por mAs, a 1 m. de distancia de la fuente generadora.

Factores Técnicos típicos de un Equipo de RX Portátil: 60 – 70 KV., 2.0 mA.

Dosis Dispersa Acumulada por el Operador en un período de UN AÑO, sujetando el Equipo con sus manos a una distancia media de 10 cm. desde la cara del paciente (distancia promedio verificada en la práctica diaria):

Valor medio de la Dosis Dispersa Acumulada: $1/1/(0.1)^2 \times 0.05 \mu\text{Sv} \times 2\text{mA} \times 625\text{s} = 6,250 \mu\text{Sv} = 6.25 \text{mSv}$.

La dosis total de radiación acumulada en Un Año por el Operador con un Equipo de RX Intra-oral Portátil es la suma de la Radiación de Fuga más la Radiación Dispersa:

69.44 mSv. + 6.25 mSv. = 75.69 mSv.

Lo que excede de MAS DE TRES VECES la dosis máxima anual indicada por las Normas Internacionales de Seguridad Radiológica para Personal Ocupacionalmente Expuesto.

Bibliografía:

- (1) RAGGI X IN MEDICINA -FISICA – TECNICA – APPLICAZIONI. Ed. GILARDONI S.p.A. 2.1.4.
- (2) ODOVTOS – Actualización en equipos de Rayos X portátiles en odontología. Lucía Barba Ramírez DDS, Deivi Cascante Sequeira DDS. Publicado en línea: 15-II-2021. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/odovtos/v24n2/2215-3411-odovtos-24-02-26.pdf>
- (3) Revisión de las principales normas de protección radiológica para el uso de equipos de rayos X en odontología. Recuperado de: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/odontologica/article/download/538/619/>
- (4) Guidance for Industry and FDA Staff: Radiation Safety Considerations for X-Ray Equipments Designed for Hand-Held Use. U.S. Department of Health and Human Services. Center for Devices and Radiological Health (CDRH). Recuperado de: <https://www.fda.gov/media/73890/download>
- (5) Justification and good practice in using handled portable dental X-ray equipments. Academy of Dentomaxillofacial Radiology (EADMFR), (2015) 44, 20140343. Published by the British Institute of Radiology. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4628399/pdf/dmfr.20140343.pdf>
- (6) Illegal Sale of Potentially Unsafe Hand-Held Dental x-Ray Units: FDA safety Communication Alerts and Notices > [Illegal Sale of Potentially Unsafe Hand-held Dental X-Ray Units: FDA Safety Communication](#)