

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE DOS EQUIPOS DE RADIOGRAFÍA DENTAL  
PERIAPICALES EN COMPENSAR IPS APLICANDO LA NORMA TÉCNICA IEC 61223-3-

4

IVAN DARIO LOZANO OYUELA  
JUAN DAVID OLARTE CHAVEZ

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA  
DE INGENIERÍA HOSPITALARIA

ASESOR:

HARLEY ALEJO MARTINEZ

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE INGENIERÍA HOSPITALARIA

BOGOTA D.C.

2016

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. ALCANCE</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Justificación</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 Planteamiento del problema</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3 Objetivo General</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4 Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 RAYOS X</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 EQUIPO DE RADIOGRAFÍA DENTAL</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 FACTORES TÉCNICOS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4.1 Efectos a corto plazo y a largo plazo</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4.2 Efectos Somáticos y genéticos.</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5 UNIDADES DE RADIACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5.1 Unidades de medida</b> .....	<b>17</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD TENSION DEL TUBO DE RAYOS X</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3 FILTRACION TOTAL</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4 LIMITACIÓN Y ALINEACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X</b> .....	<b>22</b>
<b>3.5 REPRODUCIBILIDAD DE LA SALIDA DE RADIACION</b> .....	<b>22</b>
<b>3.6 CALIDAD DE LA IMAGEN</b> .....	<b>23</b>
<b>3.7 DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL</b> .....	<b>24</b>
<b>4. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 INFORME VISITA IPS COMPENSAR SEDE CALLE 26 SALA 1 RADIOLOGIA ORAL</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1.1 Dosis de Entrada en Piel.</b> .....	<b>34</b>

**4.2 INFORME VISITA IPS COMPENSAR SEDE CALLE 26 SALA 2 RADIOLOGIA ORAL..... 38**

**4.2.1 Dosis de Entrada en Piel. .... 48**

**CONCLUSIONES..... 53**

**RECOMENDACIONES..... 55**

**BIBLIOGRAFÍA..... 56**

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA 1. Equipo de rayos X Intra-oral No.1</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 2. Vista posterior equipo de rayos X No1.</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 3. Imagen Adquirida por medio de equipo No.1</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 4. Prueba Calidad de Imagen.</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 5. Phantom de Prueba</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 6. Puntos de Referencia.</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 7. Densitómetro.</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 8. Equipo de radiografía intra-oral No.2.</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 9. Prueba Calidad de Imagen equipo No.2</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 10. Imagen Adquirida por medio de Equipo No.2.</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 11. Datos Obtenidos a través del Analizador Ray Safe 2</b>	<b>51</b>

<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
<b>TABLA 1 Efecto producido por la Radiación en Tejido u Órgano.</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 2 Definiciones Términos Asociados a la Radiación.</b>	<b>18</b>
<b>TABLA 3 Valores Mínimos Capa Hemireductora para Diferentes Tensiones.</b>	<b>21</b>
<b>TABLA 4 Información General.</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 5 Especificaciones Generales Equipo No.1.</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 6 Medidas realizadas con el analizador de rayos X Ray-safe X2 En el equipo de radiografía dental periapical marca BELMONT, Modelo 96-H de Compensar Unidad de Servicios Calle 26.</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 7. Repetibilidad Tiempo de Exposición.</b>	<b>29</b>
<b>TABLA 8. Exactitud Tiempo de Exposición.</b>	<b>30</b>
<b>TABLA 9. Repetibilidad Tensión en el Tubo de Rayos X.</b>	<b>30</b>
<b>TABLA 10. Exactitud Tensión en el Tubo de Rayos X.</b>	<b>31</b>
<b>TABLA 11. Resultados Capa Hemireductora (HVL).</b>	<b>31</b>
<b>TABLA 12. Medición Foco-Borde / Diámetro.</b>	<b>32</b>
<b>TABLA 13. Rendimiento de la Exposición.</b>	<b>32</b>
<b>TABLA 14. Repetibilidad de la Exposición.</b>	<b>33</b>
<b>TABLA 15. Linealidad de la Exposición.</b>	<b>33</b>
<b>TABLA 16. Datos Medidos Densidad Óptica Imagen Equipo No.1</b>	<b>34</b>
<b>TABLA 17. Resultados Radiación de Fuga</b>	<b>36</b>
<b>TABLA 18. Resumen Prueba Realizadas</b>	<b>36</b>
<b>TABLA 19. Especificaciones Generales Equipo No.2.</b>	<b>39</b>
<b>TABLA 20. Medidas realizadas con el analizador de rayos X Ray-safe X2 En el equipo de radiografía dental periapical marca SIRONA, Modelo 5809210 de Compensar Unidad de Servicios Calle 26.</b>	<b>39</b>

<b>TABLA 21. Repetibilidad Tiempo de Exposición.</b>	<b>40</b>
<b>TABLA 22. Exactitud Tiempo de Exposición.</b>	<b>41</b>
<b>TABLA 23. Repetibilidad Tensión en el Tubo de Rayos X.</b>	<b>42</b>
<b>TABLA 24. Exactitud Tensión en el Tubo de Rayos X.</b>	<b>43</b>
<b>TABLA 25. Resultados Capa Hemireductora (HVL).</b>	<b>44</b>
<b>TABLA 26. Medición Foco-Borde / Diámetro.</b>	<b>44</b>
<b>TABLA 27. Rendimiento de la Exposición.</b>	<b>45</b>
<b>TABLA 28. Repetibilidad de la Exposición.</b>	<b>46</b>
<b>TABLA 29. Linealidad de la Exposición.</b>	<b>47</b>
<b>TABLA 30. Datos Medidos Densidad Óptica Imagen Equipo No. 2</b>	<b>48</b>
<b>TABLA 31. Resultados Radiación de Fuga.</b>	<b>50</b>
<b>TABLA 32. Resumen Prueba Realizadas.</b>	<b>50</b>
<b>TABLA 33. Tiempos de exposición adecuados para paciente adulto Y pediátrico en diferentes exámenes Equipo BELMONT.</b>	<b>51</b>
<b>TABLA 34. Tiempos de exposición adecuados para paciente adulto Y pediátrico en diferentes exámenes Equipo SIRONA.</b>	<b>52</b>

## RESUMEN

Los estudios de la exposición de los pacientes en exámenes de radiografía dental permiten identificar situaciones que representen alta exposición respecto a lo esperado y el análisis de las causas, las cuales pueden estar relacionadas con el equipamiento radiológico o las técnicas radiográficas empleadas. Su implementación en varios países ha resultado en la reducción de las dosis a los pacientes en forma significativa. Varios países de Latinoamérica, entre los que se encuentran Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Nicaragua, Perú y Uruguay, apoyados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), han realizado un trabajo coordinado en el Proyecto ARCAL LXXV con la finalidad de lograr un primer paso hacia la optimización en general de la práctica en radiología diagnóstica [1].

El presente trabajo recopila información técnica sobre el estado de dos equipos de rayos x odontológicos periapicales ubicados en la IPS COMPENSAR sede calle 26, en él se encausan terminología, procedimientos, aplicabilidad, resultados y recomendaciones; todo esto basado en la norma técnica IEC-61223-3-4 y el protocolo ARCAL (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nuclear en Latinoamérica y el Caribe.) Base fundamental para llevar a cabalidad el proceso de evaluación de calidad de estos equipos biomédicos. El análisis posterior a la visita técnica se evidencia en las recomendaciones, ellas resultan de la recopilación de datos obtenidos por el analizador ray-safe y cálculos llevados a cabo de acuerdo al protocolo ARCAL. Es indispensable realizar evaluaciones de calidad pues en Colombia el seguimiento a este tipo de tecnología no es habitual ni riguroso, siendo equipos críticos para las instituciones de salud y de gran ayuda diagnóstica para profesionales de la salud y pacientes. Durante el trabajo realizado se evidencia una rama fuerte de trabajo para los Ingenieros Biomédicos ya que el nicho de mercado es poco explotado en la oferta de servicios de evaluación de calidad para equipos de imágenes diagnósticas. Es por eso que nos inclinamos en este trabajo; en primera instancia brindamos un diagnóstico diferente del mantenimiento preventivo realizado ya sea interno o mano de obra externa, en segundo lugar logramos dar a conocer el estado actual de los equipos de acuerdo a datos técnicos seguros y creíbles.

Las radiografías dentales son esenciales para diagnóstico, planeación y supervisión de tratamientos. Aunque las dosis por radiografía dental son relativamente pequeñas comparadas con otras técnicas radiográficas, ninguna exposición a los rayos X puede considerarse completamente libre de riesgos, por lo que el uso de la radiación por los profesionales en odontología y centros radiológicos dentales se acompaña de la responsabilidad de garantizar la protección adecuada de los pacientes y, potencialmente, para el personal clínico ocupacionalmente expuesto [2]. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que aunque las dosis de radiación son bajas, en radiografía dental existe un volumen alto de procedimientos en pacientes de todas las edades. Un número de estudios epidemiológicos han proporcionado evidencia de un incremento de riesgo en el cerebro [3-4], glándulas salivares [5] y tiroides [6-7].

La glándula tiroides es uno de los órganos más radio sensibles en la región de la cabeza y el cuello, siendo altamente susceptible de radio inducción de un cáncer por exposición a la radiación ionizante, particularmente en la niñez y la adolescencia. Por su posición anatómica ésta es frecuentemente expuesta por radiación dispersa y ocasionalmente por el haz primario durante la radiografía dental. Dada la alta frecuencia de exposición a rayos X dentales, un pequeño incremento en el riesgo de cáncer de tiroides debe ser considerado como un importante problema de salud para los pacientes.

La radiografía dental por ser un procedimiento de imágenes diagnósticas que utiliza radiación ionizante se deben aplicar los tres principios básicos del Sistema de Protección Radiológica recomendados por el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) que son la justificación de la práctica, la optimización de la protección y la aplicación de límites individuales de dosis a los trabajadores y a los miembros del público. En el caso de la exposición de los pacientes, no son aplicables los límites de dosis, ya que estos podrían ir en detrimento del propio paciente. Pero en cambio se debe definir los llamados niveles de referencia de dosis con la finalidad de que sirvan de guía para que se apliquen todas las medidas que aseguren que las exposiciones de los pacientes sean las mínimas necesarias para lograr el objetivo diagnóstico [8].

Dentro de un programa de aseguramiento de la calidad en radiología diagnóstica, el objetivo fundamental es garantizar que las imágenes producidas tengan una calidad suficientemente elevada que permita obtener en todo momento la información diagnóstica adecuada, con la menor exposición posible del paciente. Dentro de un programa de aseguramiento de la calidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el control de calidad aplicado al radiodiagnóstico comprende *las mediciones, la evaluación y el mantenimiento de niveles óptimos de todas las características que pueden definirse, medirse y controlarse, al objeto de verificar si sus valores se encuentran dentro de los márgenes de tolerancia exigibles para asegurar su correcta operación* [9].



## **1. ALCANCE**

Este documento describe la aplicación de evaluación de control de calidad, especificado en la norma técnica IEC-61223-3-4 y el protocolo ARCAL, para equipos de radiografía dental intraorales que se utilizan en el área de odontología de la IPS COMPENSAR sede Calle 26.

### **1.1 Justificación**

Los rayos X son un tipo de radiación ionizante que es producida por algunos equipos biomédicos, entre los que se encuentran los equipos de radiografía dental. En el examen que se realiza para el diagnóstico de las patologías asociadas al ámbito dental, el paciente se ve expuesto directamente a esta radiación y en algunas ocasiones se presentan daño en las células.

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son la consecuencia de un número importante de fenómenos desencadenados por el paso de la radiación a través de un medio. Los acontecimientos iniciales son ionizaciones y excitaciones de átomos, así como de moléculas del medio a lo largo de las trayectorias de las partículas ionizantes. Una célula comprometida por un evento ionizante puede reparar el daño o bien no repararlo y sobrevivir, o morir. Si sobrevive, podrá continuar con sus funciones dentro del conjunto o podrá sufrir modificaciones que redundarán en la pérdida de los mecanismos de control sobre su capacidad de multiplicación (carcinogénesis). [10]

Existe una clasificación de los efectos asociados a los rayos X, uno son los efectos estocásticos los cuales son vinculados a la probabilidad de suceso cuando hay un aumento de dosis; y son graves si se produce el daño en el ADN. También se presentan los efectos determinísticos y se determinan cuando la dosis irradiada supera la dosis umbral permitida.

Se debe empezar hablando de que los rayos X son un tipo de radiación ionizante, y que cuando un paciente es sometido a un examen de radiografía dental estos pueden dañar directamente las células, rompiendo los enlaces del ADN o crear radicales libres de moléculas de agua. Mencionar que muchos daños al ADN son reparados inmediatamente de forma natural, pero algunas veces son alterados de forma permanentemente, incurriendo en la formación de un tumor cancerígeno.

Un paciente en un examen radiográfico dental es expuesto tanto a radiación primaria como a radiación dispersa. Entendemos por radiación primaria la emitida por el tubo de rayos X, la cual es usada para exponer un área determinada del paciente. Luego de la interacción de la radiación con la materia, una parte es absorbida en el tejido irradiado y otra se transmite, dando lugar a la formación de la imagen en un receptor (película o detector digital). En el otro caso, la radiación es sometida a un cambio de dirección luego de la interacción con la materia, ésta es la denominada radiación dispersa.

Los riesgos se definen como el grado de probabilidad de un evento adverso o producción de cáncer por la exposición a la radiación ionizante. Los riesgos de contraer un cáncer a consecuencia de la radiografía dental no son altos. Sin embargo, ninguna exposición a la radiación ionizante puede considerarse libre de riesgos. Para calcular los riesgos generados por la radiografía dental en órganos críticos se hace necesario medir y analizar los diferentes factores técnicos, partes físicas de los equipos de rayos X intraorales y medidas de dosis de entrada en piel. Los órganos más críticos para este examen son la glándula tiroides y la médula ósea activa, además de la piel y los ojos. [11]

La resolución en habilitación (2003 de 2014) expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social la cual aplica para la inscripción y habilitación de los servicios de salud que vayan a ser ofertados por las instituciones prestadoras de salud, en sus estándares de infraestructura y dotación se evidencian términos asociados a un control de los factores técnicos específicos que en apoyo con la norma internacional “ENSAYOS DE EVALUACION E INDIVIDUALES EN DEPARTAMENTOS DE IMAGEN MEDICA” (CEI) IEC 61223-3-4 y el Protocolo ARCAL se hace necesario implementar una validación y/o verificación de los diferentes puntos críticos para así mismo obtener resultados confiables y tener la satisfacción de entregar un equipo seguro.

La normatividad vigente garantiza de manera concreta los mecanismos necesarios que me validan y soportan por qué se deben realizar pruebas específicas a este tipo de tecnología, la resolución 9031 de 1990 en sus artículos 3, 19 y 20 me habla de requerimientos para el otorgamiento de licencia de funcionamiento, y “Para efectos de control de calidad, todo equipo destinado al tratamiento terapéutico deberá ser revisado por la autoridad sanitaria por lo menos una (1) vez al año, Los equipos de diagnóstico lo serán por lo menos una (1) vez cada dos (2) años, para los mismos efectos.”

Es decir para contextualización en el tema se hace evidente realizar este tipo de control, abarcando en lo posible todos los factores técnicos necesarios y de importancia que una vez monitorizados nos dan la plena seguridad y confiabilidad al personal Biomédico, Profesional que opera el equipo y finalmente el usuario que no se presentaran riesgos de cáncer o daño a tejido críticos.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En el ámbito hospitalario se han venido encontrando déficit en la aplicación de pruebas de control de calidad hacia los equipos de imágenes diagnósticas. Se han permitido múltiples formas de validar el funcionamiento de estos equipos y sus componentes; no todas las pruebas contemplan factores técnicos y factores externos que inciden en la salud del paciente y el personal que se encuentra circundante por las áreas donde se emplean rayos X. El Ministerio de Salud y Protección Social en sus nodos busca implementar sistemas de validación que estandarice este proceso para que pueda ser desarrollado en todas las instituciones y se puedan obtener resultados de las variables técnicas y niveles de dosis.

¿Satisfacen los equipos de radiografía dental periapical, de la IPS Compensar sede calle 26, los requerimientos de calidad de imagen, dosis de radiación que reciben los pacientes y factores técnicos establecidos por el fabricante de acuerdo a la norma técnica IEC-61223-3-4 y al protocolo ARCAL?

### **1.3 Objetivo General**

- Evaluar el funcionamiento de dos equipos de rayos x odontológicos periapicales de la IPS Compensar, sede calle 26, de acuerdo a la norma técnica IEC-61223-3-4 y al protocolo ARCAL.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Comprobar la exactitud y repetibilidad del valor nominal de la tensión en el tubo de rayos X de dos equipos de radiografía dental periapical.
- Verificar que la filtración total del haz de rayos X está en correspondencia con los requisitos mínimos establecidos en la norma IEC-61223-3-4 y al protocolo ARCAL.
- Evaluar el diámetro del campo de radiación y la distancia foco-piel en los equipos de radiografía dental.
- Evaluar la repetibilidad del kerma en aire para un tiempo de exposición dado, la linealidad con el mAs y el valor del rendimiento (mGy/mAs) en los equipos de radiografía dental.
- Asegurar que la resolución espacial, el contraste y la calidad de la imagen en los equipos de radiografía dental se mantienen dentro de los niveles recomendados.
- Estimar la dosis de entrada en la piel del paciente, en el lugar donde estaría la superficie de entrada del maniquí dental, para los exámenes dentales típicos realizados en el servicio.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 RAYOS X

Hacia el año 1895 la humanidad en el afán de generar nuevos avances en la física aplicada por accidente se descubren los rayos X gracias al físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, estos que dan lugar a la nueva era del diagnóstico y tratamiento logrando un avance significativo para la humanidad.

El diagnóstico y tratamiento de la enfermedad e investigación de la causa, historia y curación de aquella mediante el empleo de la radiación, ha aumentado enormemente nuestra esperanza de vida, salud y bienestar. [12]

Los beneficios que traen las imágenes diagnosticas son de gran magnitud pues permite al médico una ayuda al momento de determinar ciertas patologías óseas, vasculares, en tejidos, dentales y tratamiento directo al cáncer donde se evidencia un tiempo de exposición corto que a simple análisis no genera daño alguno pero que a largo plazo podría ocasionar daño a la salud y deterioro del tiempo de vida.

### 2.2 EQUIPO DE RADIOGRAFÍA DENTAL

Los equipos de rayos X dentales fueron aprobados hasta 1974 por parte de las entidades regulatorias en los Estados Unidos, además se estableció un control periódico para este tipo de equipos los cuales emiten una dosis de radiación mínima pero de gran relevancia si se contemplan los efectos que causan a lo largo del tiempo.

Existe una variedad de equipos de rayos X dentales entre ellos se destacan los intra-orales que utilizan un receptor o película para la adquisición de la imagen, también se encuentran los extra-orales que se les da el nombre de panorámicas.

#### 2.2.1 PARTES DEL EQUIPO

Se establecen tres componentes físicos que me dan la estructura propia de este tipo de equipos los cuales le permiten al profesional encargado operar de manera práctica.

**Tubo de rayos:** Es la cubierta donde se encuentra el tubo de rayos X el cual está compuesto por un ánodo y cátodo, ambos están envueltos en un cristal al vacío, para que se produzcan los rayos X es necesario un diferencial de potencial en estos casos altos donde los electrones del cátodo chocan con el ánodo generando una alta concentración de energía que es capaz de penetrar el lugar o tejido que se desea irradiar.

Es de vital importancia reconocer desde su estructura física partes y componentes hasta el mecanismo en que estos trabajan permanentemente. Dentro de este mecanismo por el cual se produce la radiación ionizante se genera cuando conectamos el equipo de rayos a una corriente eléctrica; al activarse el equipo tenemos un haz de electrones que circulan por un filamento metálico de tungsteno que al paso de la corriente se calienta y al alcanzar temperaturas elevadas, desprendiendo una nube de electrones. [13]

Todo esto se realiza en el interior de una ampolla de vidrio, con el fin de que los electrones no interactúen con el gas que llena la ampolla, esta va sumergida en aceite de refrigeración y rodeada de una coraza de plomo a excepción de la ventana de emisión. La cantidad de electrones que se desprenden del filamento, se aceleran y se hacen colisionar contra un blanco. Sólo el 1% de la energía suministrada a los electrones se convierte en energía ionizante y el resto se convierte en calor. El ánodo debe tener una angulación aproximada de 20° para que se pueda aumentar la potencia mientras se disparan los electrones contra él. Sin embargo hay que tener en cuenta que no se pueden generar cargas muy altas pues esto genera consecuencias fatales para la salud. [14]

**Brazo Móvil:** El brazo sostiene el tubo de rayos X, dentro del brazo se ubican cables eléctricos y éste me permite mover y posicionar el tubo de rayos.

**Panel de control:** Consola que me permite al profesional de la salud regular el haz de rayos X, cuenta con un botón on/off, indicador led que me muestra cuando el equipo está encendido, botón de exposición, dispositivo para el control de tiempo y control de kilo voltaje pico y mili amperaje.

**Receptor de imagen:** Es una película utilizada principalmente en la radiografía dental intra-oral.

**Tipo de películas:** El soporte de la película más simple es un bloque de mordida de espuma de poliestireno desechable con una placa de apoyo y una ranura para la retención de la película. Están compuestas por una película base, una capa adhesiva, una película de emulsión y una capa protectora. La película intra oral (peri apical) se clasifica en 5 tamaños donde se contempla el tipo de paciente, donde la película tamaño 2 es la más utilizada. [13]

## 2.3 FACTORES TÉCNICOS

La calidad del haz de rayos X varía de acuerdo a la intensidad y cantidad, es por eso que se incluyen factores técnicos que bien balanceados no van a ocasionar deterioro en la salud.

Los rayos X con una longitud de onda más corta tienen un mayor poder de penetración; La calidad, longitud de onda y energía del haz de rayos son controlados por el kilo voltaje entendiéndose como la diferencia de potencial entre dos cargas, para este caso es la fuerza con la que se desplaza un electrón del cátodo al ánodo, la unidad de voltaje son los voltios (V) y los equipos de rayos X dental requieren de un voltaje alto. Dentro de la práctica dental se emplean kilo voltajes de 65 a 100 KV.

**Kilo voltaje pico (kVp):** Se define como la máxima tensión pico presente al momento de hacer el disparo del haz de radiación ionizante. El kVp regula la velocidad y energía de los electrones y determina la capacidad de penetración de los rayos X. Si hay un incremento del kVp habrá mayor energía y el poder de penetración será mayor. El ajuste del kVp juega un papel importante en la densidad de la imagen si se incrementa mucho la imagen será oscura y si se decrementa la imagen será muy clara; El contraste también se ve afectado pero sirve cuando el kVp es bajo se facilita el diagnostico de caries y si empleo un kVp alto es posible determinar enfermedades peri apicales mucho más fácil.

**Tiempo de exposición:** El tiempo de exposición se refiere al tiempo en el que son producidos los rayos X.

Una vez tocado el tema de la calidad de los rayos X los cuales están directamente ligados al kilo voltaje, lo siguiente es asociar el término cantidad de radiación ionizante al cual se le une el amperaje y mili amperaje.

**Amperaje y mili Amperaje:** El amperaje determina la cantidad de electrones que pasan a través del filamento de cátodo. La cantidad de rayos X producida es controlada por le mili amperaje. La unidad de medida es el ampere (A), en radiografía dental el uso requerido para el trabajo es de 7 a 15 mA. No es recomendado trabajar por arriba de los 15 mA. El mili amperaje (mA) regula la temperatura del filamento del cátodo.

**Mili amperaje segundo (mAs):** Es el producto de la mili amperaje y tiempo de exposición. Tanto de la mili amperaje como el tiempo de exposición tienen relación directa con el número de electrones producidos en el filamento del cátodo.

**Intensidad:** La intensidad es definida como el producto entre la cantidad (número de fotones de rayos X) y la calidad (energía por cada fotón) por unidad de área por unidad de tiempo de exposición.

**Distancia:** Objetivo- superficie: Distancia de la fuente de radiación a la cara del paciente.

Objetivo-objetos: Distancia de la fuente de radiación al diente.

Objetivo- receptor: Distancia de la fuente de radiación al receptor.

**Capa hemirreductora:** Para reducir la intensidad de los rayos X se utilizan filtros de aluminio para remover baja energía, menos penetración, longitud de onda de rayos X más larga.

## 2.4 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN

La radiación causa daño celular principalmente a través de la formación de radicales libres. La formación de radicales libres se produce cuando un fotón de rayos x ioniza el agua, el componente principal de las células vivas. La ionización de agua da como resultado la producción de hidrógeno y el radical libre hidroxilo. Un radical libre es un átomo sin carga (neutro) o molécula que existe con un solo electrón, no apareado en su capa externa. Es altamente reactiva e inestable; la vida útil de un radical libre es de aproximadamente  $10^{-10}$  segundos. Para conseguir estabilidad, los radicales libres pueden (1) recombinar sin causar cambios en la molécula, (2) se combinan con otros radicales libres y causar cambios, o (3) se combinan con moléculas ordinarias para formar una toxina (por ejemplo, peróxido de hidrógeno [ $H_2O_2$ ]) capaz de producir cambios celulares generalizadas.

Efectos biológicos de la radiación se pueden clasificar como estocástico o determinísticos. Los efectos estocásticos se producen como una función directa de la dosis. La probabilidad de ocurrencia aumenta con el aumento de la dosis absorbida; sin embargo, la gravedad de los efectos no depende de la magnitud de la dosis absorbida. Como en el caso de efectos de la radiación sin umbral, los efectos estocásticos no tienen un umbral de dosis. Los ejemplos de los efectos estocásticos incluyen el cáncer (es decir, tumor) de inducción y mutaciones genéticas.

**Los efectos estocásticos** se producen como una función directa de la dosis. La probabilidad de ocurrencia aumenta con el aumento de la dosis absorbida; sin embargo, la gravedad de los efectos no depende de la magnitud de la dosis absorbida.

**Efectos determinísticos** (efectos deterministas) son efectos somáticos que tienen un umbral y que el aumento de la severidad al aumentar la dosis absorbida. Ejemplos de efectos estocásticos incluyen eritema, pérdida de pelo, la formación de cataratas, y la disminución de la fertilidad

### **Criterios para la lesión por radiación**

Además de comprender los mecanismos, teorías, y la secuencia de las lesiones por radiación, es importante reconocer los factores que influyen en la lesión por

radiación. Los factores utilizados para determinar el grado de la lesión por radiación incluyen los siguientes:

**Tabla 1. Efecto producido por la Radiación en Tejido u Órgano.**

<b>TEJIDO U ORGANO</b>	<b>EFEECTO DE LA RADIACION</b>
Médula ósea	Leucemia
Las células reproductivas (óvulos, espermatozoides)	Las mutaciones genéticas
Glándula salival	Carcinoma
Tiroides	Carcinoma
Piel	Carcinoma
Lente de ojo	Las cataratas

#### **2.4.1 Efectos a corto plazo y a largo plazo**

Efectos de la radiación pueden clasificarse como efectos, ya sea a corto o largo plazo. Tras el periodo de latencia, los efectos que se observan en cuestión de minutos, días o semanas se denominan **efectos a corto plazo**. Los efectos a corto plazo están asociados con grandes cantidades de radiación absorbida en un corto período de tiempo (por ejemplo, la exposición a un accidente nuclear o la bomba atómica).síndrome de radiación aguda (ARS) es un efecto a corto plazo e incluye náuseas, vómitos, diarrea, pérdida de cabello, y la hemorragia. Efectos a corto plazo no son aplicables a la odontología.

Los efectos que aparecen después de años, décadas o generaciones se denominan **efectos a largo plazo**. Los efectos a largo plazo se asocian con pequeñas cantidades de radiación absorbidas repetidamente durante un largo período. Los bajos niveles de exposición a las radiaciones repetidas están vinculados a la inducción de cáncer, anomalías congénitas y defectos genéticos.

#### **2.4.2 Efectos Somáticos y genéticos.**



Todas las células en el cuerpo pueden ser clasificadas como somáticas o genéticas. **Las células somáticas** son todas las células en el cuerpo, excepto las células reproductoras. Las células reproductivas (por ejemplo, óvulos, espermatozoides) se denominan **células genéticas**. Dependiendo del tipo de célula lesionado por la radiación, los efectos biológicos de la radiación se pueden clasificar como somático o genético.

**Efectos somáticos** se ven en la persona que ha sido irradiado. Las lesiones por radiación que producen cambios en las células somáticas producen problemas de salud en el individuo irradiado. Los principales efectos somáticos de la exposición a la radiación incluyen la inducción de cáncer, leucemia, y cataratas. Estos cambios, sin embargo, no se transmiten a las generaciones futuras

**Los efectos genéticos** no se ven en la persona irradiada pero se transmiten a las generaciones futuras. Las lesiones por radiación que producen cambios en las células genéticas no afectan a la salud de la persona expuesta. En cambio, las mutaciones inducidas por la radiación afectan a la salud de la descendencia. El daño genético no puede ser reparado.

## 2.5 UNIDADES DE RADIACIÓN

### 2.5.1 Unidades de medida

La radiación se puede medir de la misma manera que otros conceptos físicos tales como el tiempo, la distancia, y el peso. Al igual que la unidad de medida de tiempo es, por minutos distancia en millas o kilómetros, y por libras o kilogramos de peso, la Comisión Internacional de Unidades y Medición de Radiación (ICRU) ha establecido unidades especiales para la medición de la radiación. Tales unidades se utilizan para definir tres cantidades de radiación: (1) de exposición, (2) dosis, y (3) dosis equivalente.

El técnico dental debe conocer las mediciones de radiación para discutir los conceptos de exposición y la dosis con el paciente dental.

En la actualidad, dos sistemas se utilizan para definir las mediciones de radiación: (1) El sistema más antiguo que se conoce como el *sistema tradicional*, o *sistema estándar*; y (2) el nuevo

Sistema es el equivalente métrico conocido como el *sistema SI*, o *Sistema Internacional de Unidades (Sistema Internacional de Unidades)*.

Las unidades tradicionales de medida de la radiación incluyen los siguientes:

- Roentgen (R)
- dosis de radiación absorbida (rad)
- equivalente Roentgen (en) el hombre (REM)

Las unidades de medida de radiación incluyen los siguientes: • culombios / kilogramo (C / kg)

- Gray (Gy)
- Sievert (Sv)

Este texto utiliza tanto las unidades tradicionales y de medición del SI; el técnico dental debe estar familiarizado con ambos sistemas y saber cómo convertir las mediciones de un sistema a otro. Además, el técnico dental debe estar familiarizado con un número de términos de la física usadas en las definiciones de las dos unidades tradicionales y SI de medición de la radiación.

**Tabla 2. Definiciones Términos Asociados a la Radiación.**

<b>TERMINO</b>	<b>DEFINICION</b>
Coulomb (C)	Unidad de carga eléctrica; la cantidad de carga eléctrica transferida por 1 amperio en 1 segundo.
Amperio (A)	Unidad de intensidad de la corriente eléctrica; actual cedido por 1 voltio frente a 1 ohmio de resistencia.
Erg (ERG)	Unidad de energía equivalente a $1,0 \times 10^{-7}$ julios o $2,4 \times 10^{-8}$ calorías.
Joule (J)	Unidad SI de energía equivalente al trabajo realizado por la fuerza de 1 newton actuando sobre la distancia de 1 metro.
Newton (N)	Unidad SI de la fuerza; la fuerza que, cuando actúa de forma continua sobre una masa de 1 kilogramo, impartirá a una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado ( $m / s^2$ ).
Kilogramo (Kg)	Unidad de masa equivalente a 1.000 gramos o 2.205 libras.

### 3. METODOLOGÍA

La visita de control de calidad en radiografía dental realizada a la IPS COMPENSAR sede calle 26- Salud Oral, en la ciudad de Bogotá, contempló la aplicación de las pruebas de control de calidad basadas en los documentos “Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico” propuesto por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) y el Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL) [6] y la norma técnica IEC 61223-3-4 (Ensayos de evaluación e individuales en departamentos de imagen medica) [7]. **Se evaluaron dos equipos de radiografía dental intraoral en la institución.**

A continuación se detallan las pruebas realizadas y se especifican los rangos de tolerancia permitidos:

#### 3.1 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN.

##### 3.1.1 Procedimiento

- Colocar el medidor debajo del localizador según las instrucciones del fabricante.
- Seleccionar un tiempo de exposición y registrarlo.
- Efectuar la exposición.
- Registrar la lectura.
- Repetir la medida dos veces.

##### 3.1.2. Cálculo Exactitud.

- Determinar la desviación máxima utilizando la siguiente relación:
- Desvío máximo (%) =  $100 \cdot \frac{T(\text{ind}) - T(\text{med})}{T(\text{ind})}$

Dónde: Tind es el valor seleccionado; Tmed es el valor medido más discrepante

- Registrar los desvíos en la ficha.

##### 3.1.3. Cálculo Repetibilidad.

- Para cada valor de tiempo seleccionado, tomar las dos más discrepantes (L mayor y L menor) y calcular la desviación máxima:

$$\text{Repetibilidad (\%)} = 100 \cdot \frac{L_{\text{mayor}} - L_{\text{menor}}}{(L_{\text{mayor}} + L_{\text{menor}})/2}$$

## 3.2 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD TENSION DEL TUBO DE RAYOS X

### 3.2.1 Procedimiento

- Colocar el medidor debajo del localizador según las instrucciones del fabricante.
- Seleccionar un tiempo de exposición y registrar el kVp del equipo.
- Efectuar la exposición.
- Registrar la lectura.
- Repetir la medida dos veces.

### 3.2.2. Cálculo Exactitud.

- Determinar la desviación máxima utilizando la siguiente relación:

$$\text{Desvío máximo (\%)} = 100 \cdot \frac{\text{kV (ind)} - \text{kV (med)}}{\text{kV (ind)}}$$

Donde kV (ind) es el valor nominal y kV (med) es el valor medido más discrepante.

- Registrar la desviación en la ficha.

### 3.2.3. Cálculo Repetibilidad.

- Dentro de los cuatro valores medidos para un mismo kV, tomar los dos más discrepantes y calcular:

$$\text{Desvío máximo (\%)} = 100 \cdot \frac{\text{kV1} - \text{kV2}}{(\text{kV1} + \text{kV2})/2}$$

### 3.2.4. Tolerancia

- Más o menos 10% para ambas pruebas.
- Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

## 3.3 FILTRACION TOTAL

### 3.3.1 Procedimiento

- Colocar la cámara a la distancia foco-cámara recomendada por el fabricante.
- Seleccionar una técnica apropiada y realizar la exposición.
- Registrar la lectura en la ficha (Repetir una o dos veces).

- Posicionar el filtro (1,5 mm AL para equipos con tensión <70 kVp y de 2,5 mm AL para kV mayor o igual 70 KVp a la salida del localizador y realizar la exposición de la cámara con los mismos parámetros (repetir una vez).

### 3.3.2 Cálculo

- Calcular la razón entre el valor de la lectura con filtro (L) y la lectura sin filtro (Lo).
- Calcular el valor de la Capa Hemireductora a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Capa Hemireductora} = -F \cdot \ln \frac{L}{L_0}$$

Donde F es el espesor del filtro utilizado (mm Al).

- Registrar el valor calculado.

### 3.3.3 Interpretación del Resultado

- Comparar el valor de la Capa Hemireductora obtenido con los valores indicados en la siguiente tabla:

**TABLA 3. Valores Mínimos Capa Hemireductora para Diferentes Tensiones.**

kVp	CSR (mm Al)
51	1,2
60	1,3
70	1,5
71	2,1
80	2,3
90	2,5

Valores mínimos de Capa Hemireductora en función de la tensión del tubo.

- Para valores intermedios kVp se debe aplicar interpolación lineal.
- Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

### **3.4 LIMITACIÓN Y ALINEACIÓN DEL HAZ DE RAYOS X**

#### **3.4.1 Procedimiento**

- Registrar la distancia foco piel.
- Colocar la película radiográfica en contacto con el localizador.
- Señalizar el borde del localizador sobre la película.
- Seleccionar un tiempo de exposición.
- Exponer la película.
- Procesar la película.
- Medir el diámetro de la zona irradiada.
- Evaluar la posición del centro del campo de radiación en relación con los bordes del localizador.

#### **3.4.2 Tolerancia**

- Diámetro foco piel: mayor o igual a 20 cm para tensiones de tubo superior a 60 kV y mayor o igual 18 cm para tensiones de tubo iguales o inferiores a 60 kV.
- Diámetro del campo: menor o igual a 6 cm. (y no inferior a 4 cm).
- El campo de radiación deberá ser homogéneo y estar centrado.

### **3.5 REPRODUCIBILIDAD DE LA SALIDA DE RADIACION**

#### **3.5.1 Procedimiento**

- Seleccionar 2 valores distintos de tiempo en el rango utilizado.
- Registrar en la ficha los valores los tiempos escogidos.
- Colocar la cámara de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Realizar la exposición para el primer tiempo seleccionado y registrar la lectura.
- Repetir la medida dos veces.
- Repetir el procedimiento para los otros tiempos seleccionados.

### 3.5.2 Cálculo

- Repetibilidad, tomar los valores más discrepantes y determinar.

$$\text{Repetibilidad (\%)} = 100 \cdot \frac{L_{\text{mayor}} - L_{\text{menor}}}{(L_{\text{mayor}} + L_{\text{menor}}) / 2}$$

- Linealidad, calcular el valor medio de las lecturas obtenidas para cada tiempo y registrar en la ficha; Calcular los rendimientos para cada tiempo dividiendo cada valor medio obtenido por le mAs correspondientes y registrar los valores; Tomar dos valores consecutivos de rendimiento (R1 y R2) y calcular:

$$\frac{100 \cdot R1 - R2}{R1 + R2}, \text{ Anotar en la ficha el valor obtenido.}$$

- Rendimiento, Calcular el valor medio de los rendimientos obtenidos para los diferentes valores de mAs.
- Corregir el resultado del rendimiento para una distancia de 1,0 m. Registrar este valor en  $\mu\text{Gy/mAs}$ .

### 3.5.3 Tolerancia

- Repetibilidad: Tolerancia: Mayor o igual  $\pm 10\%$ ; Si el coeficiente de variación fuera superior a  $\pm 10\%$ , registrar la no conformidad en la ficha.
- Linealidad: Límite de tolerancia:  $\pm 20\%$ ; Si la desviación de dos valores consecutivos fuera superior a  $\pm 10\%$ , registrar la no conformidad en la ficha.
- Rendimiento: Tolerancia: De forma orientativa, entre 10 y 25  $\mu\text{Gy/mAs}$  para equipos con tensiones de tubo entre 50 y 70 kV.
- Registrar en la ficha si se encuentra valor no aceptable.

## 3.6 CALIDAD DE LA IMAGEN

### 3.6.1 Procedimiento

- Posicionar el fantoma dental sobre una película nueva.
- Centralizar el haz y realizar una exposición usando una técnica usual.

- Revelar las películas con soluciones nuevas (preparadas en el día anterior) usando correspondiente tabla de temperatura y tiempo recomendada por el fabricante.
- Medir las densidades ópticas en la imagen de la escalera y anotar los resultados.
- Para la evaluación de la calidad de la imagen radiográfica se observa el objeto de prueba (diente) en el fantoma, detallando si se observa diferencia de contraste entre la unión del esmalte y la dentina. Además, se mide en la imagen la densidad óptica (OD) en las tres regiones correspondientes a las cavidades de aire del fantoma. Finalmente, se examina la resolución espacial a través de la evaluación en la imagen de las rejillas de cobre, las cuales corresponden a 100, 120, 150 y 200 lp/in (líneas pares por pulgada).

### **3.7 DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL**

#### **3.7.1 Procedimiento**

##### **I. Detector de estado sólido**

- Colocar el detector de estado sólido en la posición correspondiente a la superficie de la entrada de piel del paciente.
- Reproducir las condiciones de irradiación del paciente.
- Registrar la técnica seleccionada.
- Realizar la exposición (Repetir una o dos veces).

#### **3.7.2 Interpretación**

- Los datos obtenidos se comparan con los niveles de referencia (orientativos) de radiodiagnóstico ofrecidos por las NBS o Arcal XX. (7,0 mGy para películas tipo D y 3,5 mGy para películas tipo E)
- Dentro del proceso de optimización, la propia Institución deberá establecer sus valores de referencia.
- Este estudio caracterizará la exposición individual y servirá de indicador integral del programa de garantía de calidad implementado.



#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se presentan los resultados de la aplicación de las pruebas de control de calidad especificadas en el capítulo 3 para los equipos de radiografía dental periapical de la IPS Compensar, sede calle 26.

##### 4.1 INFORME VISITA IPS COMPENSAR SEDE CALLE 26 SALA 1 RADIOLOGIA ORAL



Figura 1. Equipo de rayos X Intra-oral No.1



Figura 2. Vista Posterior Equipo de rayos X No.1

TABLA 4. Información General.

<b>Nombre de la instalación</b>	Compensar Unidad de Servicios Calle 26		
<b>Departamento</b>	Bogotá, D.C.	<b>Ciudad</b>	Bogotá, D.C.
<b>Dirección</b>	Calle 26 No 66 <sup>a</sup> -48	<b>Teléfono</b>	4280666
<b>Fecha de valoración</b>	13 de Mayo de 2016	<b>ID. Sala</b>	Sala de Rayos X No 1 y No 2.
<b>Evaluador</b>	Juan Olarte / Iván Lozano		
<b>Fecha de reporte</b>	18 de Septiembre de 2016		

TABLA 5. Especificaciones Generales Equipo No.1.

<b>Fabricante:</b>	TAKARA BELMONT CORP		<b>Modelo:</b>	96-H	
<b>Tubo de rayos X</b>	BELMONT	<b>No serie del tubo de rayos X</b>	EH09L0604	<b>Fecha de fabricación</b>	No especifica
<b>Valores técnicos de operación</b>					
<b>Tensión en el tubo (kVp)</b>	70 kV	<b>Corriente en el tubo</b>	10 mA	<b>Punto focal</b>	0.8mmx0.8mm
<b>Filtración inherente</b>	0.8 mmAl		<b>Filtración total</b>	2.5 mmAl	

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas al equipo de rayos X periapical del Compensar Unidad de Servicios Calle 26 (figura 1):

**TABLA 6. Medidas realizadas con el analizador de rayos X Ray-safe X2 en el equipo de radiografía dental periapical marca BELMONT, modelo 96-H de Compensar Unidad de Servicios Calle 26.**

<b>Tensión en el tubo nominal (kV)</b>	<b>Tensión en el tubo medido (kV)</b>	<b>Tiempo de exposición nominal (s)</b>	<b>Tiempo de exposición medido (s)</b>	<b>HVL (mmAl)</b>	<b>Dosis (mGy)</b>
70	65.3	0.41	0.405	1.89	3.485
70	65.1	0.41	0.349	1.89	3.490
70	65.3	0.75	0.703	1.89	5.982
70	65.3	0.75	0.704	1.9	5.968
70	65.3	0.87	0.853	1.9	7.203
70	65.3	0.87	0.853	1.89	7.203
70	65.3	1.15	1.138	1.9	9.525
70	65.3	1.15	1.137	1.9	9.504

**TABLA 7. Repetibilidad Tiempo de Exposición.**

<b>TIEMPO NOMINAL t (S)</b>	<b>TIEMPO MEDIDO t (S)</b>	<b>PROMEDIO TIEMPO MEDIDO &lt;t&gt; (S)</b>	<b>REPETIBILIDAD (%)</b>	<b>CONFORME</b>
0.41	0.405	0.405	0.00	SI
	0.405			
0.75	0.703	0.704	0.14	SI
	0.704			
0.87	0.853	0.853	0.00	SI
	0.853			
1.15	1.138	1.138	0.09	SI
	1.137			

- Todos los valores estuvieron por debajo del límite de tolerancia establecido por el protocolo del 10%.

**TABLA 8. Exactitud Tiempo de Exposición.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	TIEMPO MEDIDO t (S)	PROMEDIO TIEMPO MEDIDO <t> (S)	EXACTITUD (%)	CONFORME
0.41	0.405	0.405	1.22	SI
	0.405			
0.75	0.703	0.704	6.20	SI
	0.704			
0.87	0.853	0.853	1.95	SI
	0.853			
1.15	1.138	1.138	1.09	SI
	1.137			

- Todos los valores estuvieron por debajo del límite de tolerancia establecido por el protocolo del 10%.

**TABLA 9. Repetibilidad Tensión en el Tubo de Rayos X.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	TENSIÓN NOMINAL (kV)	TENSIÓN MEDIDA (kV)	REPETIBILIDAD (%)	CONFORME
0.41	70	65.3	0.307	SI
0.41	70	65.1		
0.75	70	65.3	0	SI
0.75	70	65.3		
0.87	70	65.3	0	SI
0.87	70	65.3		
1.15	70	65.3	0	SI
1.15	70	65.3		

- Todos los valores se encuentran dentro del rango de tolerancia del 10%.

**TABLA 10. Exactitud Tensión en el Tubo de Rayos X.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	TENSIÓN NOMINAL (kV)	TENSIÓN MEDIDA (kV)	TENSION PROMEDIO (kV)	EXACTITUD (%)	CONFORME
0.41	70	65.3	65.2	6.857	SI
0.41	70	65.1			
0.75	70	65.3	65.3	6.714	SI
0.75	70	65.3			
0.87	70	65.3	65.3	6.714	SI
0.87	70	65.3			
1.15	70	65.3	65.3	6.714	SI
1.15	70	65.3			

- Todos los valores se encuentran dentro del rango de tolerancia del 10%.

**TABLA 11. Resultados Capa Hemireductora (HVL).**

TIEMPO NOMINAL t (S)	HVL (mmAl)
0.41	1.890
	1.890
0.75	1.890
	1.900
0.87	1.900
	1.890
1.15	1.900
	1.900

- Todos los valores estuvieron por encima del límite aceptado para un tubo de 70 kV (1.5 mAl).

**TABLA 12. Medición Foco-Borde / Diámetro.**

DISTANCIA FOCO-BORDE (cm)	DIAMETRO
20,5	6 cm

- Los valores se encuentran dentro del límite establecido para un equipo con un tubo de rayos X de 70 KV

**TABLA 13. Rendimiento de la Exposición.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	PROMEDIO RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	RENDIMIENTO a 1 m $\mu$ Gy/mAs	CONFORME
0.41	0.850	0.851	35.747	NO
	0.851			
0.75	0.798	0.797	33.480	NO
	0.796			
0.87	0.828	0.828	34.794	NO
	0.828			
1.15	0.828	0.827	34.769	NO
	0.826			

- Todas las medidas del rendimiento del tubo, a 1 metro de distancia, se encuentran fuera de la tolerancia recomendada en los protocolos (entre 15  $\mu$ Gy/mAs y 25  $\mu$ Gy/mAs para equipos con tensiones de tubo entre 50 y 70 kV).



**TABLA 14. Repetibilidad de la Exposición.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	REPETIBILIDAD (%)	CONFORME
0.41	0.850	0.143	SI
	0.851		
0.75	0.798	0.234	SI
	0.796		
0.87	0.828	0	SI
	0.828		
1.15	0.828	0.221	SI
	0.826		

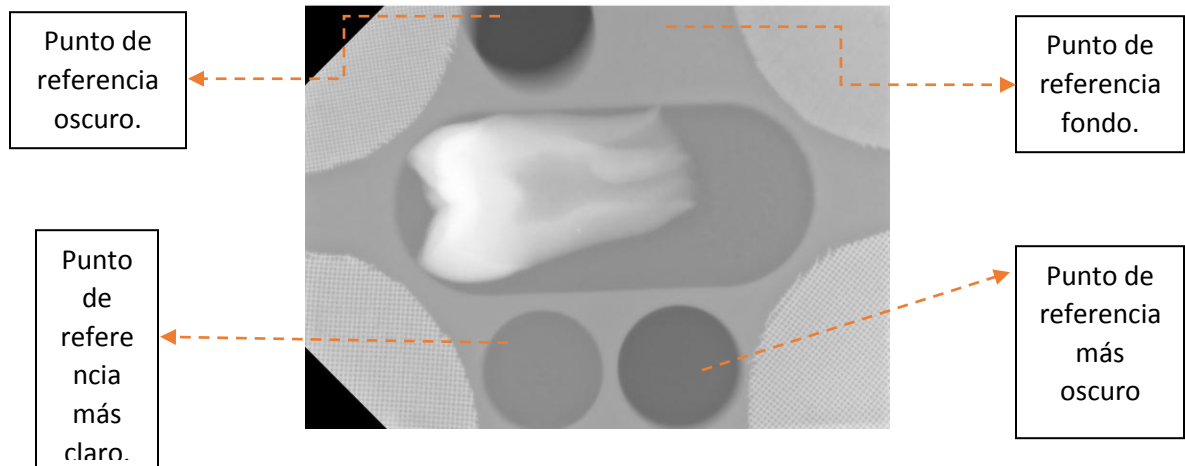
- Todas las medidas se encuentran dentro del margen de tolerancia del 10%.

**TABLA 15. Linealidad de la Exposición.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	PROMEDIO RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	LINEALIDAD (%)	CONFORME
0.41	0.850	0.851	3.275	SI
	0.851			
0.75	0.798	0.797		
	0.796			
0.87	0.828	0.828	0.035	SI
	0.828			
1.15	0.828	0.827		
	0.826			

- El coeficiente de linealidad máximo entre pasos consecutivos fue de 0.0033 (3.3%), el cual se encuentra por debajo del límite de tolerancia de 0.1 (10%).

#### 4.1.1 Resultados calidad de Imagen equipo No.1



**Figura 3. Imagen Adquirida por medio de equipo No.1**

En la prueba de calidad de imagen se busca obtener una diferencia notoria de la corona y la raíz pudiéndose observar la dentina y su respectiva raíz. En este caso no es posible identificar dichas partes.

Para los puntos de referencia o círculo que se pueden observar en la imagen se medirá la densidad óptica.

**TABLA 16. Datos Medidos Densidad Óptica Imagen Equipo No.1**

Punto de Referencia	Densidad Óptica	Conforme
Fondo	1,03	SI
Más claro.	1,12	SI
Oscuro.	1,26	SI
Más oscuro.	1,44	SI

#### 4.1.1 Dosis de Entrada en Piel.

Para esta prueba se coloca el detector Ray-safe X2 R/F en la posición correspondiente a la superficie de la entrada de la piel del paciente (figura 2). Se reproducen las condiciones de irradiación del paciente para un examen típico de radiografía dental en un paciente

adulto. Se realizan 2 exposiciones con el tiempo de exposición usado típicamente en la institución. Para este caso, los factores técnicos seleccionados fueron los siguientes:

- Tensión en el tubo promedio de las medidas: 65.3 kV (valor nominal 70 kV)
- Corriente en el tubo nominal: 10 mA
- Tiempo de exposición promedio de las medidas: 0.85 s (valor nominal 0.87 s)

El valor promedio de las medidas del kerma incidente en aire ( $K_i$ ) para dichas exposiciones fue de 7.2 mGy.

El kerma en aire en la superficie de entrada ( $ESAK$ ) se estima como:

$$ESAK = BSF \times K_i$$

Siendo BSF el factor de retro dispersión en el agua o tejido equivalente para la geometría y calidad de la radiación correspondiente (se puede considerar BSF = 1.2).

$$ESAK = 8.64 \text{ mGy}$$

Este valor se encuentra por encima del nivel de referencia establecido en el protocolo ARCAL XLIX [20] que es de 3.5 mGy para películas convencionales tipo E. Teniendo en cuenta que la dosis está por encima de dicho valor, se recomienda usar un tiempo de exposición más bajo, por ejemplo 0.41 s, mientras se realiza el ajuste del equipo.

Calculamos el producto kerma-área ( $KAP$ ):

$$KAP = ESAK \times A$$

Donde  $A$  es el área del tamaño de campo de radiación.

$$KAP = 244.29 \text{ mGy.cm}^2$$

Esta prueba proporciona un valor de referencia para pruebas de dosimetría en el equipo de rayos X.

- El resultado de la dosis de entrada en piel supera el límite establecido para el tipo de película (E) que es de 3.5 mGy.

**TABLA 17. Resultados Radiación de Fuga**

Punto	FDD (cm)	Tiempo de exposición (s)	K0 ( $\mu$ Gy) medida	Tasa de kerma medida (mGy/h)	Tasa de kerma a 1m (mGy/h)
1	20.00	0.87	0.495	0.830	0.033
2	4.00	0.87	1.053	4.360	0.007
3	4.00	0.87	0.200	2.070	0.003
4	12.50	0.87	0.543	4.420	0.069
5	14.50	0.87	1.064	2.234	0.047

- Todos los valores estuvieron por debajo del límite establecido de 0.25 mGy/h a 1 metro de distancia.

**TABLA 18. Resumen Prueba Realizadas**

Prueba Realizada	Conforme
Radiación de fuga.	Si
Sistema de colimación.	Si
Exactitud del tiempo de exposición.	Si
Repetibilidad del tiempo de exposición.	Si
Exactitud del de la tensión en el tubo de rayos X.	Si
Repetibilidad de la tensión en el tubo de rayos X.	Si
Medida de la capa hemirreductora (HVL).	Si
Repetibilidad del kerma en aire para un tiempo de exposición dado.	Si
Linealidad del kerma incidente en aire con el tiempo de exposición.	Si
Valor del rendimiento a 1m de distancia.	No
Dosis de entrada en piel.	No
Evaluación de la calidad de la imagen.	Si

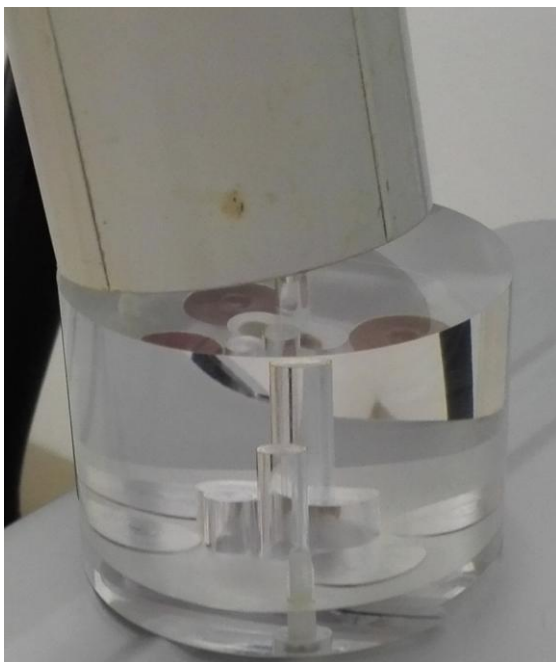


Figura 4. Prueba Calidad de Imagen.

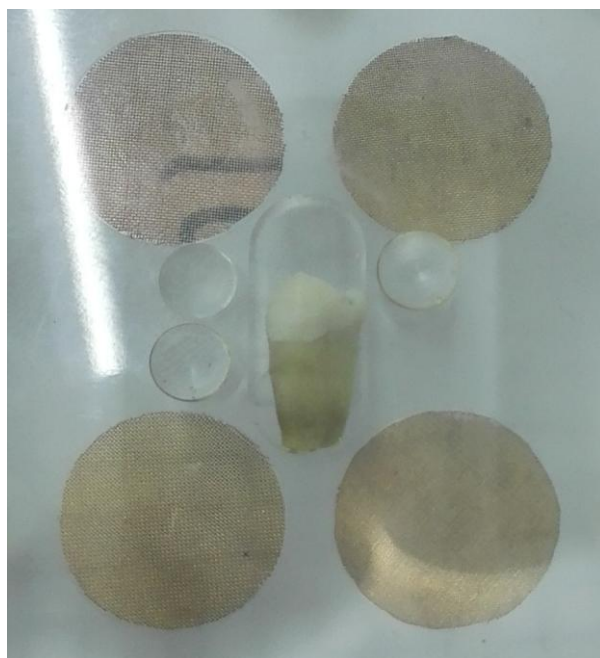


Figura 5. Phantom de prueba.



Figura 6. Puntos de Referencia.



Figura 7. Densitómetro.

#### 4.2 INFORME VISITA IPS COMPENSAR SEDE CALLE 26 SALA 2 RADIOLOGIA ORAL



Figura 8. Equipo de radiografía dental Intra-oral No.2.



Figura 9. Prueba Calidad de Imagen Equipo No 2.

**TABLA 19. Especificaciones Generales Equipo No.2.**

<b>Fabricante:</b>	SIRONA DENTAL SYSTEM		<b>Modelo:</b>	5809210	
<b>Tubo de rayos X</b>	SIRO NA	<b>No serie del tubo de rayos X</b>	80238	<b>Fecha de fabricación</b>	No especifica
<b>Valores técnicos de operación</b>					
<b>Tensión en el tubo (kVp)</b>	70 kV	<b>Corriente en el tubo</b>	10 mA	<b>Punto focal</b>	0.8mmx0.8mm
<b>Filtración inherente</b>	0.8 mmAl		<b>Filtración total</b>	2.5 mmAl	

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas al equipo de rayos X periapical del Compensar Unidad de Servicios Calle 26 (figura 9):

**TABLA 20. Medidas realizadas con el analizador de rayos X Ray-safe X2 en el equipo de radiografía dental periapical marca SIRONA, modelo 5809210 de Compensar Unidad de Servicios Calle 26.**

<b>Tensión en el tubo nominal (kV)</b>	<b>Tensión en el tubo medido (kV)</b>	<b>Tiempo de exposición nominal (s)</b>	<b>Tiempo de exposición medido (s)</b>	<b>HVL (mmAl)</b>	<b>DOSIS (mGy)</b>
70	70	0.4	0,360	2,12	2,163
70	70,1	0.4	0,360	2,13	2,172
70	70,3	0.5	0,468	2,12	2,769
70	70,2	0.5	0,468	2,13	2,781
70	70,4	0.63	0,586	2,12	3,582
70	70,5	0.63	0,600	2,12	3,572
70	70	0.8	0,753	2,12	4,593
70	70,3	0.8	0,753	2,12	4,567
70	69,9	1.0	0,937	2,1	5,682
70	70,1	1.0	0,952	2,1	5,741

**TABLA 21. Repetibilidad Tiempo de Exposición.**

<b>TIEMPO NOMINAL t (S)</b>	<b>TIEMPO MEDIDO t (S)</b>	<b>PROMEDIO TIEMPO MEDIDO &lt;t&gt; (S)</b>	<b>REPETIBILIDAD (%)</b>	<b>CONFORME</b>
0.4	0.360	0.360	0.00	SI
	0.360			
0.5	0.468	0.468	0.00	SI
	0.468			
0.63	0.586	0.593	2.361	SI
	0.600			
0.8	0.753	0.753	0.00	SI
	0.753			
1.0	0.937	0.945	1.588	SI
	0.952			

- Todos los valores estuvieron por debajo del límite de tolerancia establecido por el protocolo del 10%.



**TABLA 22. Exactitud Tiempo de Exposición.**

<b>TIEMPO NOMINAL t (S)</b>	<b>TIEMPO MEDIDO t (S)</b>	<b>PROMEDIO TIEMPO MEDIDO &lt;t&gt; (S)</b>	<b>EXACTITUD (%)</b>	<b>CONFORME</b>
0.4	0.360	0.360	10.00	SI
	0.360			
0.5	0.468	0.468	6.40	SI
	0.468			
0.63	0.586	0.593	5.87	SI
	0.600			
0.8	0.753	0.753	5.88	SI
	0.753			
1.0	0.937	0.945	5.55	SI
	0.952			

- Todos los valores estuvieron por debajo del límite de tolerancia establecido por el protocolo del 10%.

**TABLA 23. Repetibilidad Tensión en el Tubo de Rayos X.**

<b>TIEMPO NOMINAL t (S)</b>	<b>TENSIÓN NOMINAL (kV)</b>	<b>TENSIÓN MEDIDA (kV)</b>	<b>REPETIBILIDAD (%)</b>	<b>CONFORME</b>
0.4	70	70	0.143	SI
0.4	70	70.1		
0.5	70	70.3	0.142	SI
0.5	70	70.2		
0.63	70	70.4	0.142	SI
0.63	70	70.5		
0.8	70	70	0.428	SI
0.8	70	70.3		
1.0	70	69.9	0.286	SI
1.0	70	70.1		

- Todos los valores se encuentran dentro del rango de tolerancia del 10%.

**TABLA 24. Exactitud Tensión en el Tubo de Rayos X.**

<b>TIEMPO NOMINAL t (S)</b>	<b>TENSIÓN NOMINAL (kV)</b>	<b>TENSIÓN MEDIDA (kV)</b>	<b>TENSION PROMEDIO (kV)</b>	<b>EXACTITUD (%)</b>	<b>CONFORME</b>
0.4	70	70	70.05	0.143	SI
0.4	70	70.1			
0.5	70	70.3	70.25	0.142	SI
0.5	70	70.2			
0.63	70	70.4	70.45	0.142	SI
0.63	70	70.5			
0.8	70	70	70.15	0.428	SI
0.8	70	70.3			
1.0	70	69.9	70	0.286	SI
1.0	70	70.1			

- Todos los valores se encuentran dentro del rango de tolerancia del 10%.

**TABLA 25. Resultados Capa Hemireductora (HVL).**

<b>TIEMPO NOMINAL (S)</b>	<b>HVL (mmAl)</b>
0.4	2.12
	2.13
0.5	2.12
	2.13
0.63	2.12
	2.12
0.8	2.12
	2.12
1.0	2.10
	2.10

- Todos los valores estuvieron por encima del límite aceptado para un tubo de 70 kV (1.5 mmAl).

**TABLA 26. Medición Foco-Borde / Diámetro.**

<b>DISTANCIA FOCO-BORDE (cm)</b>	<b>DIAMETRO</b>
20,5	6 cm

- Los valores se encuentran dentro del límite establecido para un equipo con un tubo de rayos X de 70 KV

**TABLA 27. Rendimiento de la Exposición.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	PROMEDIO RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	RENDIMIENTO a 1 m ( $\mu$ Gy/mAs)	CONFORME
0.4	0.541	0.542	22.772	SI
	0.543			
0.5	0.554	0.555	23.324	SI
	0.556			
0.63	0.569	0.568	23.861	SI
	0.567			
0.8	0.574	0.573	24.059	SI
	0.571			
1	0.568	0.571	24.003	SI
	0.574			

- Todas las medidas del rendimiento del tubo, a 1 metro de distancia, se encuentran dentro de la tolerancia recomendada en los protocolos (entre 15  $\mu$ Gy/mAs y 25  $\mu$ Gy/mAs para equipos con tensiones de tubo entre 50 y 70 kV).

**TABLA 28. Repetibilidad de la Exposición.**

<b>TIEMPO NOMINAL t (S)</b>	<b>RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)</b>	<b>REPETIBILIDAD (%)</b>	<b>CONFORME</b>
0.4	0.541	0.415	SI
	0.543		
0.5	0.554	0.432	SI
	0.556		
0.63	0.569	0.280	SI
	0.567		
0.8	0.574	0.568	SI
	0.571		
1	0.568	1.033	SI
	0.574		

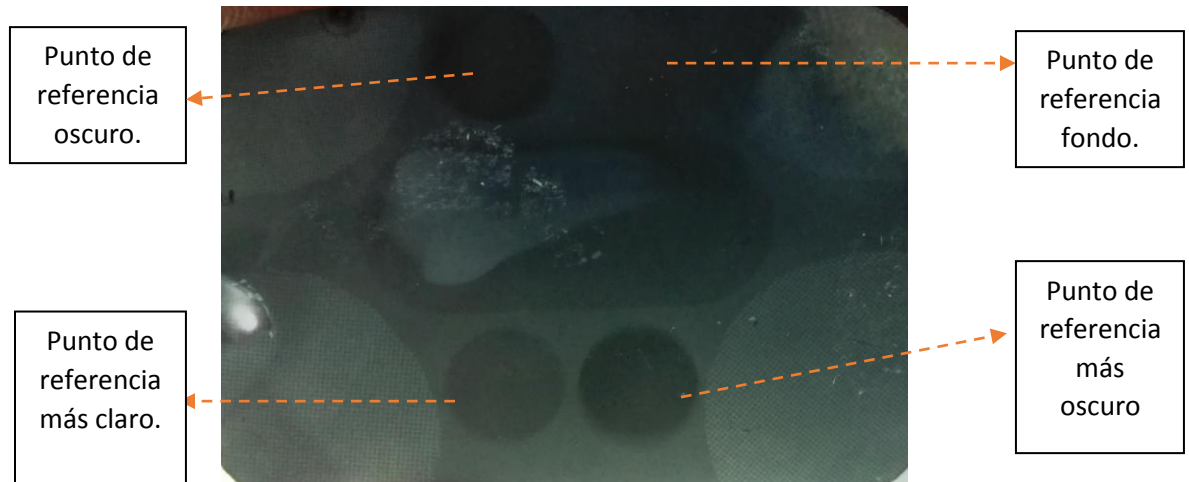
- Todas las medidas se encuentran dentro del margen de tolerancia del 10%.

**TABLA 29. Linealidad de la Exposición.**

TIEMPO NOMINAL t (S)	RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	PROMEDIO RENDIMIENTO a 20cm (mGy/mAs)	LINEALIDAD (%)	CONFORME
0.4	0.541	0.542	1.196	SI
	0.543			
0.5	0.554	0.555	1.138	
	0.556			
0.63	0.569	0.568	0.414	
	0.567			
0.8	0.574	0.573	0.118	
	0.571			
1	0.568	0.571		
	0.574			

- El coeficiente de linealidad máximo entre pasos consecutivos fue de 0.001196 (1,196%), el cual se encuentra por debajo del límite de tolerancia de 0.1 (10%).

#### 4.2.1 Resultados calidad de la Imagen equipo No.2



**Figura 10. Imagen Adquirida por medio de Equipo No.2**

Para el caso de la imagen lograda en el equipo dos se logra diferenciar de una manera mínima la estructura dentina-raíz.

**TABLA 30. Datos Medidos Densidad Óptica Imagen Equipo No. 2**

Punto de Referencia	Densidad Óptica	Conforme
Fondo	1,12	SI
Más claro.	1,19	SI
Oscuro.	1,32	SI
Más oscuro.	1,60	SI

#### 4.2.1 Dosis de Entrada en Piel.

Para esta prueba se coloca el detector Ray-safe X2 R/F en la posición correspondiente a la superficie de la entrada de la piel del paciente (figura 2). Se reproducen las condiciones de irradiación del paciente para un examen típico de radiografía dental en un paciente adulto. Se realizan 2 exposiciones con el tiempo de exposición usado típicamente en la institución. Para este caso, los factores técnicos seleccionados fueron los siguientes:

- Tensión en el tubo promedio de las medidas: 70.2 kV (valor nominal 70 kV)



- Corriente en el tubo nominal: 10 mA
- Tiempo de exposición promedio de las medidas: 0.63 s (valor nominal 0.63 s)

El valor promedio de las medidas del kerma incidente en aire ( $K_i$ ) para dichas exposiciones fue de 3.5 mGy.

El kerma en aire en la superficie de entrada ( $ESAK$ ) se estima como:

$$ESAK = BSF \times K_i$$

Siendo BSF el factor de retro dispersión en el agua o tejido equivalente para la geometría y calidad de la radiación correspondiente (se puede considerar BSF = 1.2).

$$ESAK = 4.20 \text{ mGy}$$

Este valor se encuentra por encima del nivel de referencia establecido en el protocolo ARCAL XLIX [20] que es de 3.5 mGy para películas convencionales tipo E. Teniendo en cuenta que la dosis está por encima de dicho valor, se recomienda usar un tiempo de exposición más bajo, por ejemplo 0.5, 0.4 s, mientras se realiza el ajuste del equipo.

Calculamos el producto kerma-área ( $KAP$ ):

$$KAP = ESAK \times A$$

Donde  $A$  es el área del tamaño de campo de radiación.

$$KAP = 118.75 \text{ mGy.cm}^2$$

Esta prueba proporciona un valor de referencia para pruebas de dosimetría en el equipo de rayos X.

- El resultado de la dosis de entrada en piel supera el límite establecido para el tipo de película (E) que es de 3.5 mGy.

**TABLA 31. Resultados Radiación de Fuga.**

Punto	FDD (cm)	Tiempo de exposición (s)	K0 ( $\mu$ Gy) medida	Tasa de kerma medida (mGy/h)	Tasa de kerma a 1m (mGy/h)
1	18.00	0.63	11.465	0.830	0.027
2	12.50	0.63	1.869	4.360	0.068
3	12.50	0.63	0.022	2.069	0.032
4	9.50	0.63	13.080	4.420	0.040
5	9.50	0.63	1.445	2.234	0.020

- Todos los valores estuvieron por debajo del límite establecido de 0.25 mGy/h a 1 metro de distancia.

**TABLA 32. Resumen Prueba Realizadas.**

Prueba Realizada	Conforme
Radiación de fuga.	Si
Sistema de colimación.	Si
Exactitud del tiempo de exposición.	Si
Repetibilidad del tiempo de exposición.	Si
Exactitud del de la tensión en el tubo de rayos X.	Si
Repetibilidad de la tensión en el tubo de rayos X.	Si
Medida de la capa hemirreductora (HVL).	Si
Repetibilidad del kerma en aire para un tiempo de exposición dado.	Si
Linealidad del kerma incidente en aire con el tiempo de exposición.	Si
Valor del rendimiento a 1m de distancia.	Si
Dosis de entrada en piel.	No
Evaluación de la calidad de la imagen.	Si



Figura 11. Datos Obtenidos a través del Analizador de rayos X marca Ray-safe, modelo X2

Tabla 33. Tiempos de exposición adecuados para paciente adulto y pediátrico en diferentes exámenes Equipo BELMONT.

<b>Examen paciente Adulto</b>	<b>Tiempo de Exposición (s)</b>	<b>Dosis de Referencia (mGy)</b>	<b>Dosis Registrada (mGy)</b>
Molar maxilar	1.0	8.4	8.5
Molar mandibular	0.6	5.4	5.4
Premolar maxilar	0.8	6.8	6.8
Premolar mandibular	0.5	4.2	4.2
Canino maxilar	0.8	6.8	6.8
Canino mandibular	0.5	4.2	4.2
Incisivo maxilar	0.5	4.4	4.2
Incisivo mandibular	0.4	3.4	3.4
<b>Examen paciente Pediátrico</b>	<b>Tiempo de Exposición (s)</b>	<b>Dosis de Referencia (mGy)</b>	<b>Dosis Registrada (mGy)</b>
Molar maxilar	0.3	3.4	2.7
Molar mandibular	0.2	3.4	1.7
Premolar maxilar	0.5	3.4	4.2
Premolar mandibular	0.3	3.4	2.7
Canino maxilar	0.2	3.4	1.3

Canino mandibular	0.1	3.4	2.7
Incisivo maxilar	0.3	3.4	2.2
Incisivo mandibular	0.2	3.4	1.7

**Tabla 34. Tiempos de exposición adecuados para paciente adulto y pediátrico en diferentes exámenes Equipo SIRONA.**

<b>Examen paciente Adulto</b>	<b>Tiempo de Exposición (s)</b>	<b>Dosis de Referencia (mGy)</b>	<b>Dosis Registrada (mGy)</b>
Molar maxilar	1.0	5.7	5.6
Molar mandibular	0.6	3.5	3.5
Premolar maxilar	0.8	4.5	4.5
Premolar mandibular	0.5	2.7	2.7
Canino maxilar	0.8	4.5	4.5
Canino mandibular	0.5	2.7	2.7
Incisivo maxilar	0.5	2.1	2.7
Incisivo mandibular	0.4	2.1	2.1
<b>Examen paciente Pediátrico</b>	<b>Tiempo de Exposición (s)</b>	<b>Dosis de Referencia (mGy)</b>	<b>Dosis Registrada (mGy)</b>
Molar maxilar	0.3	3.4	1.7
Molar mandibular	0.2	3.4	1.0
Premolar maxilar	0.5	5.9	2.7
Premolar mandibular	0.3	3.4	1.7
Canino maxilar	0.2	3.4	1.3
Canino mandibular	0.1	3.4	0.8
Incisivo maxilar	0.3	3.4	1.7
Incisivo mandibular	0.2	3.4	1.3

Se observa que la dosis para exámenes en pacientes pediátricos en los dos equipos cumple con las recomendaciones del protocolo, en ningún caso excede la dosis de referencia. En el Equipo No.2 SIRONA, en el examen Molar Maxilar e incisivo Mandibular la dosis sobre pasa a la dosis de referencia pero no es significativo, se concluye que los dos equipos cumplen ciertos criterios que están dentro de los parámetros establecidos de fabricante pero se hace necesario la revisión por parte del servicio de mantenimiento.

## CONCLUSIONES

- El principal objetivo que se persigue al establecer un programa de control de calidad es detectar cambios en el equipo que puedan afectar al diagnóstico o incrementar las dosis que reciben los pacientes, evitando que lleguen a ser significativos en la práctica clínica. Debido a que hay una diferencia porcentual mayor al 20% en el rendimiento a un metro del equipo BELMONT, éste debe ser revisado por el encargado del servicio de mantenimiento para realizar el ajuste respectivo.
- Los resultados del control de calidad en los demás parámetros evaluados para los equipos de radiografía dental periapical No1 y equipo No2 mostraron estar en conformidad con el protocolo seguido y, por tanto, se puede garantizar que la institución satisface los requerimientos de calidad en cuanto al funcionamiento del equipo, repetibilidad y exactitud del tiempo de exposición, repetibilidad y exactitud tensión del tubo de rayos X, radiación de fuga, rendimiento, repetibilidad y linealidad del equipo SIRONA y calidad de la imagen.
- Para el equipo marca BELMONT modelo 96H, en un examen típico en un paciente adulto, la cantidad dosimétrica estimada fue el *ESAK* (kerma en aire en la superficie de entrada del paciente) y el valor estimado de esta cantidad fue de 8.64 mGy para un tiempo de exposición nominal de 0.87 s, usado típicamente en la rutina clínica. Este valor se encuentra por encima del valor recomendado que es de 3.5 mGy para el tipo de película radiográfica tipo E utilizada en la institución. Por esta razón, se sugiere utilizar tiempos de exposición más pequeños (por ejemplo, 0.41 s) siempre que no afecte la calidad de la imagen adecuada para el diagnóstico clínico, mientras se realiza el ajuste del equipo. El ajuste se debe hacer teniendo en cuenta que el valor del rendimiento del tubo de rayos x, que es la relación entre la dosis de radiación (kerma incidente en aire) y la carga del tubo (mAs), está por encima de los valores recomendados. Lo anterior no sólo incrementa la dosis absorbida en los pacientes, sino también disminuye la vida útil del tubo de rayos X.
- Para el equipo marca SIRONA modelo 5809210, en un examen típico en un paciente adulto, la cantidad dosimétrica estimada fue el *ESAK* (kerma en aire en la superficie de entrada del paciente) y el valor estimado de esta cantidad fue de 4.20 mGy para un tiempo de exposición nominal de 0.63 s, usado típicamente en la rutina clínica. Este valor se encuentra por encima del valor recomendado que es de 3.5 mGy para el tipo de película radiográfica tipo E utilizada en la institución. Por esta razón, se sugiere utilizar tiempos de exposición más pequeños (por ejemplo, 0.4, 0.5 s) siempre que no afecte la calidad de la imagen adecuada para

el diagnóstico clínico, mientras se realiza el ajuste del equipo. El ajuste se debe hacer teniendo en cuenta que el valor del rendimiento del tubo de rayos x, que es la relación entre la dosis de radiación (kerma incidente en aire) y la carga del tubo (mAs), está por encima de los valores recomendados. Lo anterior no sólo incrementa la dosis absorbida en los pacientes, sino también disminuye la vida útil del tubo de rayos X.

- La resolución espacial se determina a través de la evaluación en la imagen de las rejillas de cobre (figura 5), las cuales corresponden a 100, 120, 150 y 200 l/in (líneas por pulgada). En este caso, se observa que la resolución espacial de la imagen es de 150 l/in o de manera equivalente 5.9 l/mm (líneas por milímetro). Esta prueba proporciona un valor de referencia para evaluar la constancia del sistema de formación de imágenes de forma sistemática.
- La resolución de bajo contraste se examina a través de tres cavidades de aire de diferente profundidad en el maniquí, lo que permite medidas de contraste y de densidad en la imagen (figura 6). En este caso, se observa en la imagen la diferencia de contraste entre el fondo y las tres cavidades. La densidad óptica para la imagen de la placa en cada una de las cuatro regiones (enumeradas de menor a mayor contraste) es:  
Fondo: 1.03  
Cavidad 1: 1.12 (Más claro)  
Cavidad 2: 1.26 (Oscuro)  
Cavidad 3: 1.44 (Más Oscuro)

## RECOMENDACIONES

- La visita de control de calidad, a la sede calle 26 de la IPS Compensar, permitió evaluar el estado de la calidad de dos equipos de radiografía dental periapical en el servicio de salud oral, sin embargo, ésta no constituye parte de un programa de aseguramiento de control de calidad. Este informe debe considerarse como un conjunto de recomendaciones que el centro debería adaptar convenientemente.
- Es importante resaltar que un programa de aseguramiento de control de calidad debe ser propio de cada institución. La finalidad es realizar un seguimiento continuo del desempeño de todos los factores involucrados (personal, equipo radiografía dental, infraestructura) para garantizar una calidad óptima de la imagen con la menor dosis de radiación posible al paciente.
- Iniciar un plan de aseguramiento de control de calidad para equipos emisores de radiación tiene el objetivo de cumplir con la normatividad vigente para la renovación de licencia de funcionamiento otorgada por la seccional de salud de acuerdo a la resolución 9031 de 1990. Lo anterior permitirá optimizar los procesos de adquisición de imágenes en los servicios, garantizando una calidad de imagen adecuada para el diagnóstico clínico y minimizando tanto como sea posible las dosis de radiación en los pacientes, y por tanto, los riesgos latentes asociados a la exposición a la radiación.
- Para el tipo de películas que se utilizan en la institución (tipo E) se recomienda utilizar tiempos de exposición no superiores a 0.63 segundos ya que la dosis para este tipo de películas aumentaría por encima de los valores recomendados en el protocolo.
- Se recomienda aplicar las pruebas de control de calidad o validación de una manera periódica (por lo menos una vez al año) con el fin de que se pueda cuantificar el funcionamiento del equipo a lo largo de su vida útil.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. RLA, ARCAL LXXV-IAEA. Establecimiento de Niveles Orientativos en Radiografía General y Mamografía. Vienna: IAEA TECDOC-1646, 2010.
- [2]. Hornera K, Rushton V, Walker A, Tsiklakis K, Hirschmann P, van der Stelt P, et al. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice. Radiation Protection 136. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004.
- [3]. Longstreth WT, Phillips LE, Drangsholt M, Koepsell TD, Custer BS, Gehrels JA, van Belle G. Dental X-rays and the risk of intracranial meningioma. *Cancer* 2004; 100(5):1026-34.
- [4]. Claus EB, Calvocoressi L, Bondy ML, Schildkraut JM, Wiemels JL, Wrensch M. Dental x-rays and risk of meningioma. *Cancer* 2012; 118(18):4530-37.
- [5]. Gijbels F, Jacobs R, Bogaerts R, Debaveye D, Verlinden S, Sanderink G. Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: Patient exposure. *Dentomaxillofacial Radiology* 2005; 34(3):145-49.
- [6]. Hallquist A, Näsman Å. Medical diagnostic X-ray radiation—an evaluation from medical records and dentist cards in a case–control study of thyroid cancer in the northern medical region of Sweden. *European journal of cancer prevention* 2001; 10(2):147-52.
- [7]. Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncologica* 2010; 49(4):447-53.
- [8]. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Diagnostic reference levels in medical imaging: Review and additional advice. *Ann. ICRP* 2001; 31(4):33-52.
- [9] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico. OMS y OPS (Organización Panamericana de la Salud), Public. Científica nº 469, OMS, Ginebra (1984)
- [10]. Cascón, A. (2009). Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista Argentina de cardiología*, 77(2), 123-128.
- [11]. Iannucci, J., & Howerton, L. J. (2013). *Dental radiography: principles and techniques*. Elsevier Health Sciences.
- [12]. Pasteur, L. (1997). La génesis del uso de las radiaciones en la medicina. *Colombia Médica*, 28(1).
- [13]. Cubas, C. D. *Radiología Oral, Equipos, Técnicas, Radiobiología y Radio Protección: Revisión Bibliográfica*. Editorial Visión Libros.
- [14]. Stuart, W., & Michael, A. (2002). *Radiología Oral. Principios e interpretación*.
- [15]. IAEA / ARCAL XLIX. *Protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico*, 2001.
- [16]. CEI / IEC. *Ensayos de evaluación e individuales en departamentos de imagen médica*, 2000.