

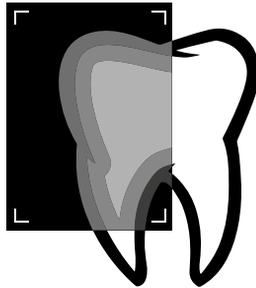


Rompiendo mitos de la Radiología Maxilofacial

Magdalena Molina Barahona
Juan Manuel Campoverde
Valeria Romero Rodríguez
Renata AVECILLAS Rodas
Mónica Piña D'Abreu
María Emilia Granda

Lorena González Campoverde
Verónica Ivanova Verdugo
Liliana Encalada Verdugo
Bolívar Andrés Delgado
Paula Doménica Polo
Ana Cristina Vásquez

Rompiendo mitos de la Radiología Maxilofacial



ROMPIENDO MITOS DE LA RADIOLOGÍA MAXILOFACIAL

© Autores:

Magdalena Molina Barahona, Verónica Verdugo Tinitana,
Ana Vásquez Palacios, Bolívar Delgado Gaete, Lorena González
Campoverde, Liliana Encalada Verdugo.

Docentes de la Universidad Católica de Cuenca-Ecuador

Renata Avecillas Rodas, Paula Polo Encalada, María Granda
Larriva, Juan Campoverde Prado.

Graduado/as de la Universidad Católica de Cuenca-Ecuador

Valeria Romero Rodríguez.

Docente Universidad de Cuenca-Ecuador

Mónica Piña D 'abreu.

Odontóloga en la Universidad del Zulia-Venezuela

© Universidad Católica de Cuenca

© Editorial Universitaria Católica de Cuenca

Primera edición: abril de 2024

ISBN: 978-9942-27-262-1

e-ISBN: 978-9942-27-263-8

Editora: Dra. Nube Rodas Ochoa

Edición y corrección: Marco Ledesma, Psc, Mgtr, NLP.

Diseño y diagramación: Dis. David Urgilés Morocho

Diseño de portada: Dis. Daniel Collaguazo López

Ilustraciones: Dis. Daniel Collaguazo López

Impreso por Editorial Universitaria Católica (EDUNICA)

Dirección: Tomás Ordóñez 6-41 y Presidente Córdova

Teléfono: 2830135

E-mail: edunica@ucacue.edu.ec

DEDICATORIA

Nos gustaría dedicar este libro a todas las personas que nos han guiado en el trayecto de la vida, gracias a ello/as somos capaces de compartir con otros estos conceptos y cambios en el desarrollo de la práctica profesional en el área de la Imagenología Oral y Maxilofacial.

Dedicatoria de este libro que también se hace extensiva a los miembros de la carrera de odontología y a nuestros futuros colegas quienes forman parte importante para el desarrollo de este proyecto. Este libro no hubiese sido posible sin las invaluable contribuciones de nuestros autores invitados, agradecer inmensamente a cada uno de ellos.

Por último, aunque no menos importante, ha sido un gran placer ayudar a guiar y dirigir a los futuros miembros de nuestra distinguida profesión y especialidad. Nuestros estudiantes/residentes de las distintas especialidades odontológicas, actuales y pasados en la Universidad Católica de Cuenca, nos han proporcionado gran aliento, además de una claridad que brilla con fuerza hoy en día y que continuará haciéndolo en los años por venir.

¡Gracias!

Magdalena Molina Barahona

AUTORES

Magdalena Molina Barahona

Odontóloga por la Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

Especialista en Imagenología Dental y Maxilofacial de la Universidad Andrés Bello.

Doctoranda en Ciencias Estomatológicas de la Universidad de Ciencias Médicas de la Habana – Cuba.

Coordinadora Académica de la Especialidad en Imagenología Oral y Maxilofacial de la Universidad Católica de Cuenca

Docente de grado y posgrado de la Universidad Católica de Cuenca

Autora y coautora de artículos científicos nacionales e internacionales

Ana Cristina Vásquez Palacios

Odontóloga por la Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

Especialista en Periodoncia por la Universidad del Salvador- Buenos Aires Argentina.

Magister en Educación Tecnología e Innovación por la Universidad Católica de Cuenca.

Docente de la Carrera de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca.

Docente de la Especialización en Periodoncia e Implantología Quirúrgica.

Coordinadora del Observatorio de Salud Pública de la Universidad Católica de Cuenca.

Coordinadora Académica de la Especialización en Periodoncia e Implantología Quirúrgica de la Universidad Católica de Cuenca.

Bolívar Andrés Delgado Gaete

Odontólogo y especialista en Rehabilitación Oral de la Universidad de Cuenca, Ecuador

Master en Ciencias Odontológicas y doctorando en la Universidad de Valencia, España.

Coordinador académico del postgrado de Rehabilitación Oral de la Universidad Católica de Cuenca.

Autor de artículos científicos internacionales, conferencista nacional e internacional.

Monica Piña D'abreu

Odontóloga en la Universidad del Zulia Venezuela

Especialista en Radiología oral y maxilofacial en la Universidad Cayetano Heredia Perú

Doctorado en Ciencias Odontológicas en Universidad del Zulia_ Venezuela

Maestrante en Odontología Digital de la Universidad Sao Leopoldo Mandic - Brasil

Lorena González Campoverde

Odontóloga por la Universidad de Cuenca, Ecuador.

Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar por la Universidad del Salvador, Buenos Aires-Argentina.

PhD. en Ciencias Estomatológicas por la Universidad de Ciencias Médicas de la Universidad de la Habana, Cuba.

Docente de la Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Odontología Matriz.

Docente de grado y posgrado de Ortodoncia de la Universidad Católica de Cuenca.

Liliana Encalada Verdugo

Doctora en Odontología por la Universidad de Cuenca, Ecuador.

Especialista en Docencia Universitaria por la Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

Magister en Estomatología por la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú.

Magister en Educación Tecnología e Innovación por la Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

Docente de la Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Odontología Cuenca.

Valeria Romero Rodríguez

Odontóloga por la Universidad de Cuenca, Ecuador.

Especialista en Imagenología Dental y Maxilofacial por la Universidad Andrés Bello, Chile.

Docente de grado y posgrado de la Universidad de Cuenca, Ecuador.

Autora de artículos científicos internacionales.

Renata Avecillas Rodas, Paula Doménica Polo Encalada, María Emilia Granda Larriva, Juan Manuel Campoverde Prado

Odontólogos por la Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.

Odontólogos rurales del Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

PRÓLOGO

Para obtener un buen diagnóstico odontológico es necesario contar con las radiografías apropiadas y realizar un buen análisis de ellas. Es importante que el odontólogo y el especialista en radiología oral y maxilofacial conozcan los fundamentos necesarios para la realización de los estudios radiográficos del área.

Determinar las conductas apropiadas y la detección de posibles errores en el proceso de toma y análisis radiográfico permiten evitar una mala interpretación de los exámenes, y, por lo tanto, disminuir las decisiones clínicas erradas.

Los autores nos entregan un trabajo interesante y muy actual. El presente texto permite al lector formarse una idea muy acabada de los principios físicos y del proceso de formación de la imagen radiográfica. Es, por lo tanto, una contribución para el buen manejo de los estudios radiológicos odontológicos.

Dr. Guillermo Concha Sánchez
Profesor Titular de Radiología Oral y Maxilofacial Facultad de
Odontología Universidad de los Andes, Santiago de Chile

Universidad de los Andes www.uandes.cl Mons. Álvaro del Portillo 12455
Santiago, Chile

INTRODUCCIÓN

El libro "Rompiendo mitos de la Radiología Oral y Maxilofacial", incluye temas de relevancia para el estudiante de grado y posgrado, ya que recopila información actualizada sobre conceptos generales de la radiología, equipos radiográficos, protección radiológica y técnicas radiográficas de uso diario en la práctica odontológica. El objetivo de este libro será actualizar conceptos de radiología oral y maxilofacial aplicándolos en la práctica. La publicación de esta obra es necesaria debido a un desconocimiento en conceptos básicos y útiles entre odontólogos, siendo utilizado este tipo de radiación ionizante de manera continua y la mayoría de ocasiones de forma indiscriminada y temerosa entre ellos, por lo que será un aporte para su aplicación en la práctica clínica.

La relación entre capítulos llevará una secuencia de conceptos que van de la mano con la práctica clínica, entre ellos el capítulo I abordará temas relacionados al uso de la radiación ionizante antes de su aplicación de la radiación ionizante; el capítulo II se mencionará temas relaciones al uso del equipo de rayos X, el mismo que ayudará al clínico a evitar el uso innecesario de radiación de acuerdo a parámetros como la edad, el peso y las condiciones clínicas de cada caso en particular; en el capítulo III se tratarán temas relacionados a precautelar la vida de pacientes y personal a cargo del uso de rayos X, ya que se mencionan medidas de protección radiológica aplicados en la clínica odontológica y finalmente, el capítulo IV encontrará las técnicas radiográficas intraorales básicas en la práctica clínica, ayudando a que el odontólogo pueda identificar el tipo de radiografía a utilizar de acuerdo a las condiciones clínicas del paciente. Este libro de forma general abordará temas básicos y necesarios en la clínica odontológica, derivando mitos que han sido creados hasta la actualidad del uso de la radiación ionizante en odontología.

CONTENIDO

Capítulo I

Historia de la radiología dental y maxilofacial 21

Introducción	23
1.1. Historia de la radiación	23
1.1.1. Terminología básica.....	24
1.1.2. Experimentación temprana.....	24
1.1.3. Descubrimiento de los rayos X	25
1.1.4. Importancia de las radiografías dentales	27
1.2. Física de la radiación.....	28
1.2.1. Conceptos fundamentales.....	28
1.2.2. Ionización, radiación y radiactividad	31
1.2.3. Radiación ionizante	32
1.2.4. Definición de rayos X.....	34
1.3. Producción de rayos X.....	36
1.3.1. Producción de rayos X dentales.....	36
1.3.2. Espectros de rayos X	37
1.3.3. Tipos de espectros.....	38
1.4. Interacciones de la radiación X con la materia	40
1.4.1. Efecto fotoeléctrico.....	41
1.4.2. Efecto Compton.....	43
1.4.3. Efecto dispersión coherente o dispersión sin modificar	44
1.5. Calidad del haz de Rayos X	45
1.5.1. Voltaje y kilovoltaje.....	46
1.5.2. Pico de kilovoltaje.....	47
1.5.3. Densidad y pico de voltaje	47
1.5.4. Contraste y pico de voltaje	47
1.5.5. Tiempo de exposición y pico de voltaje	48

1.6. Cantidad del Haz de Rayos X	48
1.6.1. Amperaje y miliamperaje	48
1.6.2. Miliamperios por segundo	49
1.6.3. Densidad y miliamperaje	49
1.6.4. Tiempo de exposición y miliamperaje	49
1.7. Intensidad del Haz de Rayos X	49
1.7.1. Pico de voltaje	50
1.7.2. Miliamperaje	50
1.7.3. Tiempo de exposición	50
1.7.4. Distancia	50
1.7.5. Ley del cuadrado inverso	51
1.8. Ejemplo práctico	51
Referencias	52

Capítulo II

¿Cuáles son los equipos usados en radiología dental y maxilofacial?

55

2.1. Historia del equipo de rayos X odontológico	57
2.2. Aparatos Generadores de Rayos X	58
2.2.1. Entrada para conexión a toma de corriente eléctrica	58
2.2.2. Estabilizador de Corriente	59
2.2.3. Electricidad y corrientes eléctricas	60
2.2.4. Circuitos	62
2.2.5. Transformadores	63
2.3. Componentes de la máquina de Rayos X	64
2.3.1. Partes componentes	64
2.3.2. Componentes del cabezal	68
2.4. Máquina de Rayos X	73

2.5. Tipos de equipos	74
2.5.1. Equipos intraorales	74
2.5.2. Equipos extraorales	77
2.6. Historia de la película de Rayos X	78
2.7. Historia de las técnicas radiográficas dentales	79
2.8. Película de Rayos X dental	79
2.8.1. Calidad radiográfica.....	80
2.8.2. La calidad de imagen radiográfica digital	82
2.8.3. Película radiográfica duplicada	82
2.8.4. Película radiográfica intraoral	83
2.8.5. Tamaños	84
2.9. Película de rayos X	85
2.9.1. Envoltorio de papel de película	86
2.9.2. Lámina de plomo.....	86
2.9.3. Paquete envoltorio externo	86
2.9.4. Película radiográfica extraoral.....	87
2.9.5. Composición de la película dental radiográfica	88
2.10. Tipos de películas radiográficas	90
2.10.1. Película de doble emulsión.....	91
2.10.2. Película de emulsión simple	91
2.11. Formación de la imagen latente	92
2.12. Equipos convencionales y actuales de radiología dental	92
2.12.1. Sensores digitales	93
2.13. Sistema radiográfico convencional	95
2.13.1. Procesado de la imagen radiográfica	95
2.13.2. Placa de fósforo	96
Referencias	98

Capítulo III

¿Cómo me protejo de la radiación ionizante?101

Introducción	103
3.1. Biología de la radiación.....	103
3.1.1. Lesión por radiación	103
3.2. Efectos de la lesión por radiación.....	109
3.2.1. Efectos a corto y largo plazo	109
3.2.2. Efectos somáticos y genéticos	109
3.2.3. Efectos de la radiación en las células.....	110
3.2.4. Efecto de la radiación en los órganos y tejidos	110
3.3. Medidas de la radiación.....	112
3.3.1. Unidades de medida.....	112
3.3.2. Medición de la exposición.....	113
3.3.3. Medición de la dosis.....	114
3.3.4. Medición de la dosis equivalente.....	114
3.3.5. Medidas usadas en radiología odontológica	115
3.4. Riesgo de la radiación	115
3.4.1. Fuentes de exposición a la radiación.....	115
3.4.2. Riesgos y estimaciones de riesgo.....	116
3.4.3. Radiación dental y riesgos de la exposición.....	116
3.4.4. Riesgo vs beneficios de las radiografías dentales.....	117
3.5. Protección contra la radiación	117
3.5.1. Protección del paciente	118
3.5.2. Protección del operador.....	123
3.5.3. Directrices de la exposición a la radiación.....	126
3.5.4. Protección contra la radiación y educación del paciente.....	129
Referencias.....	130

Capítulo IV

Explorando las técnicas radiográficas intraorales y sus conceptos fundamentales 133

4.1. Examen radiográfico intraoral 135

4.1.1. Requisitos para una colocación adecuada del receptor de imagen 135

4.1.2. Preparación del paciente y equipo 136

4.1.3. Requerimientos específicos en paciente pediátricos y pacientes con discapacidades 137

4.1.4. Control de infecciones 138

4.2. Clasificación de exámenes intraorales 139

4.2.1. Examen interproximal 141

4.2.2. Examen Oclusal 143

4.2.3. Serie de Toda la boca (CMRS) 144

4.3. Técnicas radiográficas intraorales 145

4.3.1. Técnica paralela 145

4.3.2. Técnica de bisectriz 155

4.3.3. Técnica de aleta de mordida 164

4.3.4. Técnica oclusal 171

4.3.5. Otras técnicas 176

4.4. Errores en la selección de parámetros de exposición 180

4.4.1. Densidad 180

4.4.2. Contraste 180

4.4.3. Errores por distorsión vertical 180

4.4.4. Errores por distorsión horizontal 183

4.4.5. Otros errores 184

Referencias 187



Capítulo I

Historia de la radiología dental y maxilofacial

Autores

Magdalena Molina Barahona

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Ana Cristina Vásquez Palacios

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Paula Doménica Polo Encalada

Graduada de la Universidad Católica de Cuenca

INTRODUCCIÓN

En la radiología dental y maxilofacial no es posible apreciar la tecnología actual y avanzada que hoy en día se conoce sin antes mencionar el descubrimiento y la historia de la radiación X (1). Antes de dar un conocimiento más avanzado sobre la tecnología en la radiación dental y maxilofacial es necesario conocer la terminología básica de la radiografía (1,2). Para entender la producción de Rayos X el radiólogo dental debe tener un conocimiento de la estructura atómica y molecular, así como los tipos de ionizaciones y la máquina de Rayos X con los circuitos que dan el funcionamiento de las mismas (1,3). En odontología, las radiografías se utilizan para diagnosticar y planificar tratamientos adecuados según la evaluación de la anatomía y patologías. Es crucial usar radiografías extraorales o intraorales dependiendo de las necesidades del profesional. Aun cuando las radiografías para la cavidad oral son realizadas con gran frecuencia la dosis de radiación es baja (2-4).

1.1. Historia de la radiación

La práctica dental clínica requiere estudios radiológicos, ya que en la mayoría de los pacientes se necesitan algún tipo de exploración de este tipo. Por lo tanto, el uso de estudios radiológicos es una parte esencial de la práctica dental. Fundamentalmente, las radiografías se toman para determinar la presencia o la ausencia de una enfermedad en los tejidos duros subyacentes que afecte a los dientes y/o los huesos. Como resultado se sabe que las radiografías se consideran la principal ayuda diagnóstica del clínico (1).

La radiación es un proceso en el cual la energía se emite, propaga y transfiere de un medio a otro en forma de partículas u ondas del campo electromagnético. En los seres humanos, esta energía en forma de ondas se absorbe de manera acumulativa a lo largo de la vida (1).

Se puede medir la cantidad de energía radiante a la que se expone y absorbe, y este nivel puede afectar o no a las funciones orgánicas de forma perceptible. La frecuencia es un factor importante que determina el nivel de exposición, ya que, como regla general, a mayor frecuencia, mayor será el poder de penetración de la radiación. En resumen, el nivel de exposición depende directamente de la frecuencia de la radiación (1,2).

Por tanto, un conocimiento cuidadoso de la radiación X comienza con un estudio de los pioneros en la radiación X dental, antes de

que el radiólogo dental pueda empezar a entender la radiación X y sus principios en odontología, es necesaria introducir los términos dentales básicos de la radiografía y discutir el papel fundamental de las radiografías dentales (1,3).

1.1.1. Terminología básica

Radiación: es la energía llevada por ondas.

Radiación X: es conocida como la radiación de alta energía que se produce por la colisión de un haz de electrones hacia un blanco de metal interno.

Radiología: es una rama de la ciencia médica que se ocupa del uso de los rayos X, sustancias radiactivas y de otras formas de energía para el diagnóstico de patologías.

Imagenología: es una ciencia utilizada en medicina y áreas de la salud para el diagnóstico de patologías mediante imágenes independientemente si se tratase o no con radiación ionizante.

Rayos X: son partículas formados por paquetes de ondas de energía, cada paquete recibe el nombre de fotón y es equivalente a un cuanto de energía.

Radiografía: representación en dos dimensiones de un objeto tridimensional (axial, sagital y coronal).

Fluorescencia: es conocido como el brillo que resulta cuando una sustancia fluorescente es golpeada por la luz, los rayos catódicos o los rayos X.

Absorción: se conoce como una pérdida de energía del haz de rayos X cuando se da la interacción con los tejidos.

Atenuación: reducción sin pérdida total de energía del haz de rayos X (1).

1.1.2. Experimentación temprana

El tubo de vacío primitivo usado por Roentgen en su descubrimiento de los rayos X fue resultado de destacados investigadores previos al año 1895. Antes de que se descubrieran los rayos X, varios científicos europeos habían realizado experimentos utilizando tubos de cristal sellados y enfocándose en la fluorescencia (2).

En 1838, un soplador de vidrio alemán llamado Henrich Geissler construyó uno de los primeros tubos de vacío, un dispositivo de cristal sellado del cual se había evacuado la mayor parte del aire. Este tubo de vacío, originalmente conocido como el tubo de Geissler, fue uno de los primeros intentos de crear un ambiente de vacío controlado (1,2).

Johan Wilhelm Hittorf, físico alemán, utilizó el tubo de vacío para estudiar la fluorescencia. En 1870, Hittorf observó que la descarga emitida desde el electrodo negativo del tubo viajaba en línea recta, generando calor y producía una fluorescencia verdosa. Hittorf los llamó rayos catódicos (2,3).

A finales de la década de 1870, William Crookes, un químico inglés, realizó ajustes en los tubos de vacío y descubrió que los rayos catódicos consistían en corrientes de partículas cargadas (3).

En 1894, Philip Lenard logró descubrir que los rayos catódicos tenían la capacidad de penetrar una delgada ventana de papel de aluminio incorporada a las paredes de los tubos de cristal, lo que hacía que las pantallas fluorescentes brillaran intensamente. Lenard notó que cuando separaba el tubo y las pantallas fluorescentes por al menos 8 cm, las pantallas ya no se iluminaban (1,2).

1.1.3. Descubrimiento de los rayos X

El 27 de marzo de 1845 nace en la ciudad de Lennep, Alemania, Wilhelm Conrad Roentgen, y pasa su primera infancia en la ciudad de Apeldoorn, en compañía de sus padres, que eran comerciantes. En 1868, se graduó de ingeniero mecánico en la escuela politécnica de Zúrich. En 1869 alcanza el grado de PHD con su tesis Estudio sobre gases en el cual ya mencionaba algo relacionado con tubos al vacío (2,3).

Su mentor el August Kundt, lo invita a ser parte de su equipo académico de física en la Universidad de Julius Maximilians Wurzburg. Tras completar sus estudios en varias Universidades, Roentgen fue contratado como profesor de Física Experimental y nombrado director del Instituto de Física de Wurzburg en Alemania. Un año después, lo eligieron rector de la universidad (2,3).

Allí inicia su experimentación con los rayos catódicos. Después de estar trabajando en su investigación, el 8 de noviembre de 1895 es cuando Wilhelm Conrad Röntgen marcó un hito en la historia de la medicina ya que descubrió la proyección de los huesos de su mano, al pasar

corriente por un tubo de Crookes, estudiando desde entonces las descargas eléctricas en tubos de rayos catódicos (3).

Los mismos que aparecieron tras observar el fenómeno de la fluorescencia al mismo que el describió como un “fenómeno misterioso” ya que evidencio que existía algo del tubo que pegaba a las pantallas y causaba el resplandor; provocado por elementos compuestos por platino cianuro de bario, durante este tiempo que se alimentaron eléctricamente los tubos al vacío de rayos catódicos (2,3).

En las semanas siguientes, continuó estudiando esta experimentación y notó que algunas placas fotográficas almacenadas en paquetes cerrados también se habían sensibilizado. Esto lo llevó a investigar durante mucho tiempo el origen de estos dos fenómenos y descubrió que se debían a un rayo poderoso que tenía la capacidad de penetrar cuerpos sólidos y producir emisión de luz en ciertas sustancias (3).

“El desconocimiento de la naturaleza de esta energía hizo que la denomine Rayos X (símbolo X en matemática representa algo desconocido)” (2,3).

Relata la historia que semanas después Roentgen reemplazó las pantallas fluorescentes por una placa fotográfica y demostró que las imágenes con sombras podían ser registradas de forma permanentemente en ellas, colocando objetos entre el tubo y la placa. De esta forma, se llevó a cabo la primera fotografía al colocar la mano de su esposa; él puso la mano de su esposa sobre una placa fotográfica y exponerla a los rayos desconocidos durante 15 minutos. Después de revelar la placa, pudo observar los huesos de la mano de su esposa (3).

Al resumir Roentgen el descubrimiento que cambio la historia de la humanidad resalto ciertos parámetros como:

- Los rayos se observaron como corrientes de luz que pasan de un extremo del tubo al otro.
- Los rayos no pueden viajar más allá del tubo de rayos x.
- Los rayos logaron hacer que las pantallas fluorescentes se resplandecieran (4).

El 28 de diciembre de 1895, Roentgen le entrega al secretario de la Sociedad Médica Física de la Universidad de Wurzburg un manuscrito que constituye la primera comunicación sobre su descubrimiento (3,4).

Cinco años más tarde, la Academia Sueca de Ciencias le otorga el primer Premio Nobel de física por su descubrimiento. El 10 de diciembre de 1901, Roentgen recibe el diploma con total humildad y desprendimiento, decidiendo no patentar su descubrimiento y entregarlo a la comunidad científica como aporte a la humanidad (3,4).

Los avances tecnológicos han modificado la práctica clínica con resultados excelentes dentro de la práctica profesional diaria a día y, actualmente, la especialidad aborda temas extensos, participando sus departamentos en todas las áreas de atención al paciente (4).

1.1.4. Importancia de las radiografías dentales

Las radiaciones electromagnéticas tienen diversas aplicaciones en todo el mundo en los campos de la salud, agricultura y la industria. Estas radiaciones se clasifican en ionizantes y no ionizantes, dependiendo de su capacidad para ionizar átomos o moléculas. Siendo la radiación ionizante la utilizada en las ciencias médicas de la salud ya que el aporte que entregan estas a la sociedad es muy amplio ya que permite visualizar estructuras internas permitiendo aportar un diagnóstico acertado y un correcto tratamiento pronóstico (4).

Debido a la importancia del uso de la radiación en el campo dental o la capacidad para permitir la visualización de estructuras anatómicas, su uso ha sido beneficioso para el conocimiento o la comprensión de patologías en tejidos que no son visibles por inspección simple (3,4).

En el campo de la odontología, los rayos X se emplean para la identificación de patologías y la planificación del tratamiento, así como para la evaluación de estructuras anatómicas. Es fundamental la utilización de radiografías, ya sea en técnicas extraorales o intraorales, según las necesidades del odontólogo. Aunque la dosis de radiación es baja, las radiografías dentales se hacen con frecuencia en la cavidad (4).

En odontología, las radiografías intraorales y extraorales permiten al odontólogo general o en sus distintas especialidades identificar un gran número de condiciones que pueden pasar desapercibidas y observar condiciones que no han sido identificadas clínicamente (4).

La identificación de patologías del complejo maxilofacial es uno de los puntos más importantes de las radiografías dentales, entre ellas las lesiones, enfermedades, condiciones de los dientes y estructuras de

soporte que no se identifican clínicamente como: aceptar o descartar un diagnóstico presuntivo (2,3).

La importancia de la radiología dental se debe a que ayuda a elaborar un plan de tratamiento o un posible plan de tratamiento para el paciente.

1.2. Física de la radiación

El conocimiento de la producción de los Rayos X es crucial para el odontólogo general, quien debe poseer una comprensión de las interacciones y la naturaleza de los átomos. Para entender completamente la radiación X, hay que entender la estructura atómica y molecular, así como el conocimiento práctico de la ionización, las radiaciones ionizantes y las propiedades de los rayos X (4,5).

La imagen radiográfica requiere de un análisis profundo desde el punto de vista de la expresión visual de las estructuras estudiadas, en forma, tamaño y dimensiones, así como su conducta absorcional individual. Es importante considerar si estamos evaluando un estudio bidimensional o tridimensional (5).

En los exámenes bidimensionales es orientación confiable de las condiciones patológicas detectadas (3,5).

Estos aspectos que frecuentemente han sido dejados de lado son la base de un adecuado diagnóstico mediante imágenes, especialmente porque la percepción y el conocimiento de la normalidad van a permitir la identificación de patologías que afectan los tejidos involucrados (1).

1.2.1. Conceptos fundamentales

1.2.1.1. Estructura atómica y molecular

Átomo: son elementos básicos de la materia neutros. Se encuentran formados por partículas diminutas, denominadas partículas fundamentales, que se mantienen unidas mediante fuerzas eléctricas y nucleares. Su composición incluye un núcleo central denso, formado por partículas nucleares (protones y neutrones), y una serie de electrones dispuestos en capas u orbitales específicas alrededor del núcleo (2,6).

Núcleo atómico: es el centro del átomo, como se mencionó anteriormente está compuesto por protones (+) y neutrones (sin carga) conocidos como nucleones. El núcleo del átomo ocupa muy poco espacio (2,6).

Número de masa o número de peso atómico (A): sumatoria del número de protones y neutrones del núcleo ($A = Z + N$) (2,6).

Número atómico (Z): el número de protones del núcleo representa el mismo que el de electrones (-) de los orbitales. Cada átomo tiene su número atómico por ejemplo el hidrogeno, es el átomo más simple con número atómico 1 mientras que el hafnio es el átomo más complejo con número atómico 105 (2,6).

Número neutrónico (N): número de neutrones en el núcleo de un átomo (2,6).

Electrones: partículas diminutas, con carga (-) que tienen masa muy pequeña, su peso aproximado es de $1/1800$ tanto al igual que un protón y un neutrón. La disposición de los electrones y neutrones en un átomo es muy similar al sistema solar en miniatura (2,6).

Capas u orbitales atómicos: un átomo contiene 7 capas, cada una situada a una distancia específica del núcleo y que representa diferentes niveles de energía (6).

Las capas son designadas con letras K, L, M, N, O, P y Q; la capa K se encuentra cerca del núcleo, y cuenta con el mayor nivel de energía. Cada capa tiene un número máximo de electrones que puede contenerlos. Las capas pueden contener un número máximo de electrones por capa (7):

- K: $2e^-$
- L: $8e^-$
- M: $18e^-$
- N: $32e^-$
- O: $50e^-$

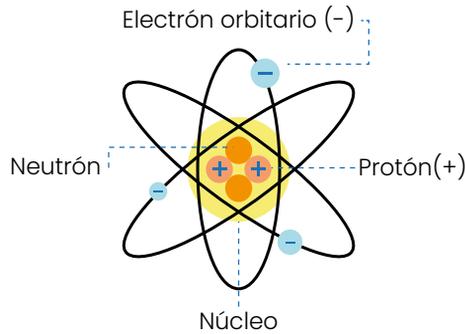


Figura 1. El átomo.

Fuerza electrostática o energía de enlace: es conocida como la fuerza de atracción entre el núcleo (+) y los electrones (-), conocida también como fuerza de unión de un electrón (2,7).

La energía de enlace de un átomo es basada en la distancia entre el núcleo y el electrón en su órbita, y esta energía varía para cada orbital. La capa K, que se encuentra más cercana al núcleo, tiene mayor energía de enlace, mientras que los electrones en capas externas tienen una energía de enlace más débil. Las energías de enlace de los electrones orbitales se miden en electro voltio (eV) o kilo electro voltio (keV) (3,8).

Para quitar un electrón de su capa orbital, se necesita mucha energía para desplazar uno del centro de la capa, pero los electrones de las capas externas pueden afectar energías más bajas. Por ejemplo, en el caso del tungsteno, un material que es utilizado en la Imagenología, su átomo tiene las siguientes energías de enlace (2,8):

- 70 keV: Capa K.
- 12 keV: Capa L.
- 3 keV: Capa M.

Es importante mencionar aquí que para desplazar un electrón de la capa K es necesario 70 keV mientras que en la capa más externa es decir la M solo se requiere 3keV de energía (8).

Isotopos: átomos con el mismo número atómico (Z), pero diferente número de masa atómica (A) y, por tanto, diferente número de neutrones (N) (8,9).

Radioisotopos: son isotopos con núcleos inestables que experimentan una desintegración reactiva, causan modificaciones en los tejidos del paciente ya que los vuelve radiactivos, siendo el paciente una fuente de radiación ionizante. Se realiza con la inyección de ciertos compuestos radiactivos que tiene afinidad con tejidos "diana" (9).

Entre las emisiones importantes de radioisótopos están: partículas alfa (α), beta (β - o (β + (9,10).

Molécula: es la unión que se da entre dos o más átomos mediante enlaces químicos, o se refiere a la cantidad mínima de una sustancia que conserva sus propiedades distintivas. Al igual que los átomos, la molécula es una partícula invisible, pequeña. Las moléculas se forman de 2 formas (3,10):

- Mediante la transferencia de electrones.
- A través del intercambio de electrones entre las capas más externas de los átomos.

1.2.2 Ionización, radiación y radiactividad

Ionización: proceso de extracción de un electrón de un átomo. Los átomos pueden estar en un estado neutro o eléctricamente desequilibrado (3,10).

Cuando un átomo presenta una capa exterior incompleta, desequilibra eléctricamente y trata de captar un electrón de un átomo adyacente. Cuando un átomo adquiere un electrón adicional, tendrá más electrones que protones y neutrones, lo que resulta en una carga negativa. En este caso, el átomo se convierte en un ion (+), mientras que el electrón expulsado se convierte en un ion (-) (10).

Ion: cuando el átomo pierde un electrón, su número de protones y neutrones supera al de los electrones, lo que le da una carga positiva. Esto da como resultado que el átomo se vuelva eléctricamente desequilibrado al perder o ganar un electrón (3,10).

Radiación: es el proceso por el cual la energía se emite y se propaga a través del espacio o de una sustancia en forma de ondas o partículas (2,10).

Radiactividad: la desintegración nuclear es el proceso en el que los átomos o los elementos inestables se degradan espontáneamente para alcanzar un estado nuclear más equilibrado. Cuando una sustancia

logra emitir en forma de rayos como resultado de la desintegración que se da de los núcleos atómicos, se considera reactiva (3).

1.2.3 Radiación ionizante

Radiación que logra producir iones quitando o añadiendo un electrón a un átomo. Se clasifican en dos grandes grupos: radiación de partículas y electromagnética (3,10).

1.2.3.1. Radiación de partículas

Se refiere a la emisión de diminutas partículas de materia que tienen masa y viajan a altas velocidades en línea recta (5,10).

Existen 4 tipos de radiación de partículas que son (1):

- **Electrones:** se diferencian por su origen solamente en 2 que son:
 - **Partículas beta:** electrones rápidos emitidos desde el núcleo de átomos radiactivos.
 - **Rayos catódicos:** son corrientes de electrones de alta velocidad que se originan en un tubo de rayos X.
- **Partículas alfa:** son emitidas por los núcleos de metales pesados y contienen 2 protones y 2 neutrones, sin la presencia de electrones.
- **Protones:** son partículas aceleradas, especialmente los núcleos de hidrógeno, con una masa de 1 y una carga de +1.
- **Neutrones:** son partículas aceleradas con masa de 1 pero que no tienen carga eléctrica.

1.2.3.2. Radiación ionizante o electromagnética

Es definida como la propagación de la energía ondulatoria (sin masa) a través del espacio o la materia. La energía propagada se encuentra acompañada de campos tanto eléctricos como magnéticos que se encuentran situados en ángulos rectos entre sí, adecuándose al término electromagnético (5,10).

Las radiaciones electromagnéticas se generan por actividades humanas o se producen de forma natural, y abarcan los rayos cósmicos, gamma, X, radiación ultravioleta, luz visible, infrarroja, ondas radar, microondas y ondas de radio (5,10).

Las radiaciones electromagnéticas se organizan en función de la energía a lo que se lo conoce como espectro electromagnético, compartiendo características comunes (11).

De acuerdo a los niveles de energía se clasifican en radiación ionizante y no ionizante. Siendo exclusivamente las radiaciones de alta energía como los rayos gamma y rayos X las capaces de ionizar los cuerpos (6,12).

Las radiaciones electromagnéticas se transportan por el espacio como una partícula y una onda (12):

- Partícula: los fotones son unidades de energía que se desplazan en forma de ondas a la velocidad de la luz. Estos paquetes de energía no tienen ni masa ni peso, y se logran mover en línea recta a través del espacio, llevando consigo la energía de la radiación electromagnética (12).
- Onda: radiaciones electromagnéticas en forma de onda y se centran en las propiedades de longitud, velocidad y frecuencia (6,12).
- Velocidad: las radiaciones electromagnéticas se desplazan a la velocidad de la luz en una secuencia continua de crestas (1,13).
- Longitud de onda: se conoce como la distancia entre una cresta de una onda y la siguiente cresta. Esta propiedad de la radiación determina la potencia de la energía como la capacidad de penetración de la radiación (6,13).

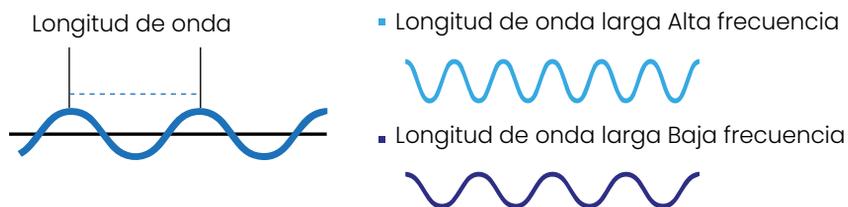


Figura 2. Longitud de onda y frecuencia.

- Frecuencia: la frecuencia es la cantidad de veces que una longitud de onda atraviesa un punto específico en un determinado período de tiempo (2,13).

La frecuencia y la longitud de onda están directamente relacionadas con su capacidad de penetración y por lo tanto la calidad de la imagen que se obtenga.

Por ejemplo, los medios de comunicación usan longitudes de onda largas de hasta 100m, mientras que los rayos X tienen longitudes de onda cortas de aproximadamente 0,1 mm de ahí su mayor capacidad de penetración y por lo tanto de ionización (2,13).

Propiedades de las radiaciones electromagnéticas

Las propiedades de las radiaciones ionizantes las podemos observar a continuación:

- Carecen de masa y peso.
- No poseen carga eléctrica.
- Se desplazan a la velocidad de la luz.
- Presentan una dualidad partícula-onda en su naturaleza.
- Llegan a tener diferentes energías medibles como frecuencia y longitud de onda (2).

1.2.4. Definición de rayos X

La radiación X es una forma de radiación electromagnética de alta energía e ionizante. Como todas las radiaciones magnéticas, los rayos X muestran características de ondas y partículas. Se describen como paquetes de energía sin masa y sin carga eléctrica, que se pueden desplazar en forma de ondas con una frecuencia específica a la velocidad de la luz (3,5).

Es importante mencionar la clasificación de la radiación X; siempre hemos escuchado términos como primaria, secundaria y dispersión para describir la radiación X pero que significa y cuando se produce cada uno de ellos:

- Radiación primaria: hace referencia a la penetración del haz de rayos X que se produce en el blanco de ánodo y que sale por el cabezal, este tipo de radiación se conoce como el haz primario (13).
- Radiación secundaria: es un tipo de radiación creada el momento que el haz primario interactúa con la materia. Esta radiación es menos penetrante que la anterior (13).

- Radiación dispersa: es el resultado de los rayos X que se han desviado de su ruta por la interacción con la materia. La dispersión de la radiación se da en todas direcciones por los tejidos del paciente y se desplaza por todas las partes del cuerpo del paciente y dentro de todas las áreas del consultorio dental. Esto perjudica en la calidad de la imagen radiográfica (13).

Los rayos X tienen propiedades únicas. Es importante que el odontólogo general conozca dichas propiedades (14):

- Apariencia: son invisibles y no logran ser detectados por los sentidos.
- Masa: no poseen masa ni peso.
- Carga: no tienen carga.
- Velocidad: viajan a la velocidad de la luz.
- Longitud de onda: corta y frecuencia alta.
- Viajan en línea recta y pueden ser dispersados.
- Penetración: pueden penetrar líquidos, sólidos y gases. Una parte es absorbida, otras dispersada y la otra no es modificada y atraviesa la materia. Por lo tanto, el poder de penetración de los rayos X dependerá del número atómico del elemento
- Son absorbidos por la materia y depende de la composición atómica de los elementos.
- Provocan fluorescencia, fenómeno en el que ciertas sustancias pueden absorber energía de radiaciones electromagnéticas (rayos X) y emitir parte de esa energía en forma de radiación electromagnética con longitudes de onda diferentes, visible para nosotros. Las sustancias conocidas como cianuro de bario, sulfuro de zinc y tungsteno de calcio son capaces de emitir radiación visible debido a la influencia de los rayos X.
- Generan efectos sobre una película.
- Producen cambios biológicos en las células vivas, por los efectos directos e indirectos que producen alteraciones en los tejidos sensibles a las radiaciones ionizantes formando sustancias tóxicas para el organismo y causando daño en las células de la médula ósea.
- Todas las células vivas sufren cambios al exponerse a la radiación. Estos cambios se producen a nivel atómico y molecular en las células.

- Las modificaciones en las estructuras celulares pueden tener efectos genéticos o funcionales, y la radiación tiene un efecto acumulativo. La modificación de las estructuras celulares dependerá de varios factores.

1.3. Producción de rayos X

1.3.1. Producción de rayos X dentales

Los rayos X ocurren en aparatos denominados equipos generadores de rayos X. La parte que genera rayos X es el cabezal del tubo de rayos X, encargado de producirlos, contienen una pequeña estructura de vidrio al vacío, denominado tubo de rayos X, y se producen en el tubo de rayos X cuando los electrones energéticos (de alta velocidad) bombardean el objetivo y pasan súbitamente a un estado de reposo (2,15).

A) Características principales y requisitos del tubo de rayos X:

- **Cátodo:** negativo, consiste en un filamento calentado de tungsteno que proporciona la fuente de electrones.
- **Ánodo:** positivo, consiste en un anticátodo (diana de tungsteno) dispuesto en la cara angulada de un gran bloque de cobre.
- **Dispositivo de enfoque:** sirve para que la corriente de electrones incida en el punto focal del anticátodo.
- **Elemento de alta tensión:** denominado kilovoltaje (Kv) conectado entre el cátodo y el ánodo acelera los electrones desde el filamento (-) al anticátodo (+). A veces, esta acción se denomina (kVp) o pico de kilovoltaje, el mismo que será descrito en el capítulo II.
- **Corriente:** denominada miliamperaje (Ma) circula desde el cátodo al ánodo. Se define como la medida de la cantidad de electrones que están siendo acelerados.
- **Cubierta de plomo:** se utiliza la absorción de los rayos X no deseados como una medida de protección contra la radiación, dado que los rayos X se emiten en varias direcciones.
- **Aceite circundante:** facilita la eliminación de calor producido por la producción de rayos X (3,15).

B) Consideraciones prácticas:

- La producción de rayos X puede resumirse en la siguiente secuencia de acontecimientos:

- La aplicación de corriente eléctrica al filamento genera calor y crea una nube de electrones alrededor de él.
- La alta tensión (diferencia de potencial) que atraviesa el tubo logra acelerar los electrones a una muy elevada velocidad hacia el ánodo.
- El dispositivo de enfoque tarta de enfocar el flujo de electrones en el punto focal del anticátodo.
- Los electrones chocan con el anticátodo y se detienen repentinamente, alcanzando un estado de reposo.
- La energía perdida por los electrones se convierte en calor (aproximadamente 99 %) o en rayos X (aproximadamente 1 %).
- El calor producido se elimina y se disipa con el cobre y el aceite circundante.
- Los rayos X son emitidos en todas direcciones desde el anticátodo, pero aquellos que logran pasar forman el haz utilizado con propósitos de diagnóstico (3,15).

1.3.2. Espectros de rayos X

Las interacciones a nivel atómico se producen cuando los electrones de alta velocidad bombardean el anticátodo participando de esta forma en dos tipos principales de colisión con los átomos de tungsteno (5,15).

1.3.2.1. Colisiones productoras de calor

“El electrón incidente es desviado por la nube de electrones de las capas exteriores del tungsteno, con una mínima pérdida de energía en forma de calor” (15).

El electrón incidente colisiona con un electrón de una capa exterior del tungsteno, desplazándolo a una capa más periférica (excitación) o extrayéndolo del átomo (ionización, causando una mínima pérdida de energía en forma de calor (1).

Puntos importantes a tomar en cuenta en este tipo de colisiones son:

- Las interacciones que producen calor son las más comunes, ya que existen millones de electrones incidentes y muchos electrones en las capas exteriores del tungsteno con los que interactúan (14,15).

- El calor debe eliminarse con rapidez y eficacia para que el anticátodo no resulte dañado. Esto se consigue colocando el anticátodo de tungsteno en el bloque de cobre, aprovechando así la alta capacidad térmica y las buenas propiedades conductoras del cobre (16).

1.3.2.2. Colisiones productoras de rayos X

El electrón incidente penetra en las capas exteriores y pasa cerca del núcleo del átomo de tungsteno. El electrón incidente se frena drásticamente y es desviado por el núcleo con una gran pérdida de energía, que se emite en forma de rayos X (15,16).

Las energías cinéticas de los electrones se convierten en fotones de rayos X a través de uno de los dos mecanismos: radiación general (de frenado) y radiación característica (16).

Las dos colisiones generadoras de rayos X producen dos tipos de espectros de rayos X.

1.3.3. Tipos de espectros

1.3.3.1. Espectro continuo

Los fotones de rayos X emitidos por la disminución de la aceleración de los electrones de bombardeo que pasan cerca del núcleo del átomo de tungsteno reciben el nombre de radiación de frenado (2,16).

“La magnitud de la desaceleración y el grado de desviación determinan la cantidad de energía que pierde el electrón de bombardeo y, con ello, la energía del fotón emitido resultante. Por lo tanto, es posible obtener una amplia gama o espectro de fotones, que recibe el nombre de espectro continuo, en consecuencia, un fotón de rayos X resulta en menor energía” (16).

El electrón, que pierde el núcleo continúa penetrando muchos átomos, produciendo más consumo de energía de rayos X antes de que se desprenda la totalidad de su energía cinética (16).

Por lo tanto, el término de frenado se conoce como la detención repentina de los electrones de alta velocidad cuando golpean el blanco de tungsteno en el ánodo (3,16).

Resumiendo, la producción de la radiación de frenado se generan las siguientes reacciones:

- Las pequeñas desviaciones de los electrones de bombardeo son las más comunes y producen muchos fotones de baja energía.
- Los fotones de baja energía tienen escaso poder de penetración y la mayoría de ellos no llegarán a salir del tubo de rayos X.

1.3.3.2. Espectro característico

Después de la ionización o excitación de los átomos de tungsteno por los electrones de bombardeo, estos se encuentran en órbita se reorganizan para devolver al átomo al estado neutro fundamental. De acuerdo a esto el electrón salta desde una capa a otra, resultando la emisión de fotones de rayos X con energías específicas (16).

Según se indicó anteriormente, las capas de energía son específicas para cada átomo en concreto. Los fotones de rayos X emitidos desde el anticátodo se describen como característicos de los átomos de tungsteno y forman el espectro característico. Las líneas de los fotones se denominan K y L, dependiendo de la capa desde la cual se hayan emitido (16).

Esta radiación se genera cuando un electrón de alta velocidad expulsa a un electrón de una capa interior del átomo de tungsteno, lo que resulta en la ionización de dicho átomo. Después de que el electrón es expulsado, los electrones restantes en órbita se reorganizan para ocupar ese "espacio vacío" (16).

Esta reorganización produce una pérdida de energía que resulta en la producción de un fotón de rayos X conocido como "radiación característica" (17).

La cantidad de radiación característica que se genera en un haz de rayos X es muy pequeña en los equipos odontológicos aproximadamente el 25 % (16,17).

Como resumen de los procesos que ocurren en la radiación característica se menciona:

- Solo las capas K son de importancia diagnóstica, ya que las capas L tienen una energía excesivamente baja.

- El electrón de bombardeo de alta velocidad debe presentar suficiente energía (69,5 Kv) para desplazar un electrón de la capa K del tungsteno. Es importante recordar que la energía de los electrones de bombardeo se relaciona directamente con la diferencia de potencial (Kv) en el tubo de rayos X.
- Los fotones de la capa K característica no son producidos por los tubos de rayos X con anticátodos de tungsteno que funcionen a menos de (69,5 Kv), es lo que se denomina tensión crítica.
- El equipo de rayos X odontológicos funcionan habitualmente con una energía entre 60 y 90 Kv.

1.3.3.3. Espectros combinados

El equipo de rayos X que funciona a más de 69,5 Kv, el espectro total final del haz de rayos X útil será la sumatoria de los espectros continuo y característico (17).

1.4. Interacciones de la radiación X con la materia

La absorción es importante en la forma en que interactúan los rayos X con la materia, ya que corresponde a la conducta que tiene un objeto al paso de los rayos X. Gracias a la absorción diferencial de los tejidos es que se pueden diferenciar las estructuras anatómicas, variantes anatómicas o alteraciones patológicas (2,3).

La conducta absorcional de los cuerpos depende básicamente de 3 factores propios de su naturaleza como son:

- Número atómico (Z)
- Grosor del tejido (T)
- Densidad atómica (p)

Siendo el único factor que no depende del tejido es la capacidad de penetración de los rayos X, determinada por el kilovoltaje que se encuentra en el panel de control, que determina finalmente la calidad del haz de rayos X (3,15).

Las unidades de energía mediante las cuales los rayos X interactúan con los tejidos se llaman fotones y en este momento pueden presentar cuatro destinos posibles (1,2,17):

- Incidir en un tejido sin cambio de energía ni dirección.

- Perder totalmente su energía.
- Dispersarse parcialmente absorbidos y parcialmente disminuida su energía.
- Dispersión total sin pérdida de energía.

El conocimiento de la estructura atómica y molecular es necesario para comprender estas interacciones y efectos que se pueden dar. En el nivel atómico, cuatro posibilidades pueden ocurrir cuando un fotón de rayos X interactúa con la materia (17):

- Dispersión Rayleigh o no modificada: dispersión pura.
- Efecto fotoeléctrico: absorción pura.
- Efecto Compton: dispersión y absorción.
- Producción de pares: absorción pura.

En odontología, solo serán importantes dos tipos de interacciones en el intervalo de energía de rayos X (17):

- Efecto fotoeléctrico.
- Efecto Compton.

1.4.1. Efecto fotoeléctrico

Es una interacción de absorción pura que contiene más fotones de baja energía. Entre las fases que se producen en el efecto fotoeléctrico están:

- Un fotón de rayos X entra en contacto con un electrón que está unido a una capa interna del átomo en el tejido.
- El electrón de la capa interna es expulsado con una cantidad significativa de energía (fotoelectrón) y se moverá a través del tejido, experimentando más interacciones.
- El fotón de rayos X desaparece después de transferir toda su energía; este proceso se conoce como absorción completa.
- El hueco que existe ahora en la capa interna es ocupado por electrones de las capas externas que van saltando de capa a capa.
- Esta cascada de electrones a nuevos niveles de energía tiene como resultado la producción de muy baja energía que se absorbe con gran rapidez, como ejemplo la luz.

- Finalmente se alcanza estabilidad atómica por la captura de un electrón libre que devuelve el estado neutro del átomo.
- El fotoelectrón expulsado de alta energía se comporta de manera similar al fotón de rayos X original de alta energía, experimentando múltiples interacciones y liberando otros electrones a medida que atraviesa el tejido. Estos electrones de alta energía expulsados son responsables de la mayoría de las interacciones de ionización en el tejido y del posible daño resultante asociado a los rayos X ionización dentro del tejido y del posible daño resultante atribuido a los rayos X (1,17).

Dentro de los puntos importantes a tomar en cuenta en este tipo de efecto están:

- La energía del fotón de rayos X debe ser igual, o superior, a la energía de enlace del electrón de la capa interna para poder expulsarlo.
- Mientras aumenta la densidad (número atómico) el número de electrones asociados a las capas internas también aumenta. La probabilidad de que se produzcan interacciones fotoeléctricas es igual a su número atómico. Por ejemplo, el plomo tiene un número atómico de 82 de ahí su uso en protección radiológica, mientras que el número atómico de la piel es 7 y el hueso 12; esto explica la evidente diferencia de radiodensidad y el contraste entre los diferentes tejidos observado en las radiografías.
- Esta interacción predomina con fotones de rayos X de baja energía. Esto explica porque los equipos de rayos X con bajo KV producen mayor absorción (dosis) en los tejidos del paciente, pero proporcionan imágenes con buen contraste.
- El resultado global de la interacción es la ionización de los tejidos (1,16).

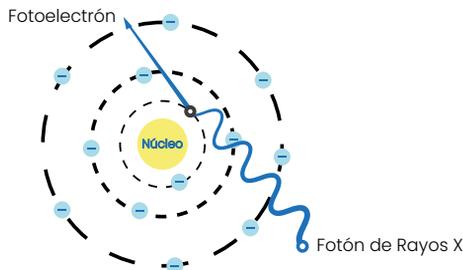


Figura 3. Efecto fotoeléctrico de la radiación ionizante.

1.4.2. Efecto Compton

El proceso de absorción y dispersión ocurre cuando fotones de alta energía interactúan con electrones de las capas externas poco ligadas o libres en el tejido. Durante esta interacción, el electrón de la capa exterior es expulsado con pérdida de energía, conocido como electrón de retroceso Compton (1,17).

Parte de la energía del fotón incidente es absorbida, mientras que el resto se desvía o dispersa de su trayectoria original (1,17).

El fotón dispersado puede experimentar más interacciones Compton o fotoeléctricas dentro del tejido, escapar de los tejidos como radiación dispersa de interés clínico, o contribuir a la estabilidad atómica mediante la captura de otro electrón libre (1,17).

Características importantes a tomar en cuenta en este tipo de efecto:

- La energía del fotón de rayos X incidente es mucho mayor que la energía de enlace del electrón libre o de la capa externa.
- El fotón de rayos X incidente no puede distinguir entre un electrón libre y otro; la interacción no depende del número atómico (Z). Así, esta interacción proporciona escasa información diagnóstica, ya que existe poca discriminación entre diferentes tejidos en la radiografía final.
- Esta interacción predomina con energías elevadas de rayos X. Esto explica porque los equipos de rayos X de alto voltaje producen radiografías con escaso contraste.
- La energía del fotón dispersado es siempre menor que la energía del fotón incidente, dependiendo de la energía suministrada al electrón de retroceso.
- Los fotones dispersados pueden desviarse en cualquier dirección, pero el ángulo de dispersión depende de su energía. Los fotones dispersados de alta energía producen dispersión anterógrada; los de baja energía, dispersión retrógrada.
- La dispersión anterógrada puede alcanzar la película y degradar la imagen.
- El resultado final de la interacción es la ionización de los tejidos (1,17).

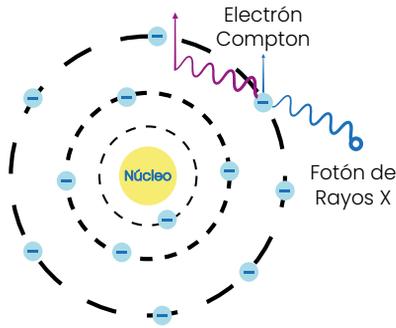


Figura 4. Efecto Compton.

1.4.2.1. Efecto sin interacción o Rayleigh

El fenómeno tiene lugar cuando un fotón de rayos X atraviesa la sustancia o las estructuras biológicas de un individuo sin sufrir ninguna forma de interacción. El fotón de rayos X atraviesa el átomo sin inducir ninguna alteración, por lo que sale del átomo en un estado inalterado. La producción de densidades y la creación de una radiografía dental se ven facilitadas por el paso de fotones de rayos X a través de un paciente sin ninguna interacción (1,2).

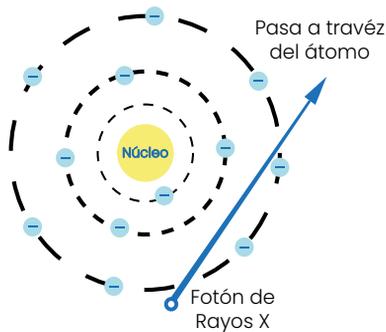


Figura 5. Efecto sin interacción o Rayleigh.

1.4.3. Efecto dispersión coherente o dispersión sin modificar

La dispersión coherente implica un fotón de rayos X que tiene su trayectoria alterada por la materia. La dispersión coherente se produce cuando un fotón de rayos X de bajo consumo de energía interactúa con

un electrón de la capa externa. No se produce ningún cambio en el átomo, y se produce un fotón de rayos X de radiación dispersa (1,2,17).

El fotón de rayos X experimenta dispersión en una dirección diferente a la del fotón incidente, sin perder energía ni producir ionización. Básicamente, el fotón de rayos X permanece "inalterado" y sufre un cambio en la dirección sin cambio en la energía (1,17).

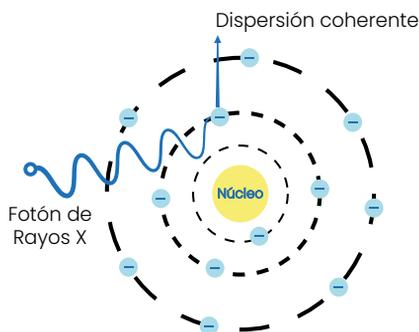


Figura 6. Efecto de dispersión coherente o dispersión sin modificar.

1.5. Calidad del haz de Rayos X

“La longitud de onda determina la energía y el poder de penetración de la radiación” (1).

El haz de radiación tiene gran importancia en la calidad de la imagen en el resultado del estudio radiográfico y en la dosis recibida por el paciente. El término calidad en las radiografías dentales se utiliza para medir la capacidad de penetración del haz de rayos X o la energía media (2,17).

En efecto se conoce que un haz de radiación que presenta un kilovoltaje más alto (lo que se define como calidad de haz alta) será más penetrante y por consecuencia atravesará más fácil los tejidos del paciente (3,17).

Los Rayos X que presentan una longitud de onda larga será menos penetrante, mientras que las longitudes de onda que son más cortas tendrán una energía más penetrante para el paciente (2).

Desde otra perspectiva, los conceptos de calidad de imagen y dosis del paciente son inversamente proporcionales por lo cual es importante que exista un equilibrio entre una calidad suficiente para el diagnóstico con la menor cantidad de dosis posible (1,2).

El kilovoltaje controla la calidad y la energía del haz de rayos X (2).

1.5.1. Voltaje y kilovoltaje

El voltaje se define comúnmente como la cuantificación de la diferencia de potencial eléctrico entre dos cargas eléctricas, que representa la magnitud de la fuerza eléctrica experimentada. En el marco del cabezal de rayos X, la tensión denota el potencial eléctrico que impulsa a los electrones a pasar del cátodo (terminal negativo) al ánodo (terminal positivo). El ritmo del movimiento de los electrones del cátodo al ánodo está influido por la magnitud de la tensión (3).

Cuando la velocidad de los electrones sube es consecuencia del aumento del voltaje, que da como resultado que los electrones ataquen con mayor fuerza y energía para así el haz de rayos X sea más penetrante y con una longitud de onda corta (6).

La aceleración de los electrones a alta velocidad se consigue aplicando una diferencia de potencial entre el filamento que es el cátodo (-) y el blanco que es el ánodo (+) (6).

El voltaje se mide en voltios o kilovoltios. El voltio (V) es la unidad de medida utilizada para describir el potencial de la corriente eléctrica a través de un circuito. Los equipos de Rayos X funcionan con kilovoltios; 1 kilovoltio (kV) es igual a 1000 V. Se considera que un Rayos X necesita el uso de 65 a 100 kilovoltios, por lo cual más de 100 Kv es sobrepenetración (3).

El kilovoltaje permite controlar especialmente la penetración y el contraste, de manera que las reducciones del kilovoltaje mejorarían el contraste conjuntamente disminuyendo la penetración del haz de rayos X.

El kilovoltaje se puede ajustar según las necesidades de cada paciente. El uso de 85 a 100 kilovoltios produce radiografías dentales con una mayor penetración con mayor energía y longitudes de onda más cortas, mientras que el uso de 65 a 75 kilovoltios produce radiografías dentales menos penetrantes con menor energía (3).

1.5.2. Pico de kilovoltaje

“La calidad, o la longitud de onda y la energía del haz de los Rayos X, son controlados por el pico de kilovoltaje. El pico de kilovoltaje regula la velocidad y la energía de los electrones y determina la capacidad de penetración del haz de los rayos X. Aumentando el pico de voltaje (kVp) resulta de un haz con mayor energía y un incremento en la penetración” (3).

1.5.3. Densidad y pico de voltaje

Se conoce a la oscuridad que se presenta en una radiografía. Las imágenes de las estructuras dentarias y anatómicas o de soporte tienen la densidad suficiente para observarse contra una fuente de luz, pero si se presenta una radiografía muy densa las imágenes serán oscuras y no se podrá distinguirlas (18).

Para que una radiografía tenga una densidad adecuada, el profesional debe observar las áreas negras (espacios de aire), áreas blancas (esmalte, la dentina y hueso) y las áreas grises (tejido blando) (18).

Cuando se ajusta el valor de pico del kilovoltaje (kVp), se produce un cambio en la densidad de la radiografía. Si se sube el kVp mientras se mantienen constantes otros factores de exposición, como el miliamperaje y el tiempo de exposición, la imagen resultante tendrá una mayor densidad y se verá más oscura. Por otro lado, si se disminuye el kVp, la imagen mostrará una menor densidad y se verá más clara (3).

1.5.4. Contraste y pico de voltaje

Se conoce como contraste al grado de diferencia en la cantidad de luz transmitida a través de áreas adyacentes de una radiografía. Se considera que una radiografía tiene alto contraste cuando presenta áreas muy claras y otras muy oscuras. Y se considera de bajo contraste al contrario y presentando tonos de gris (18).

Un ajuste en el pico de voltaje da lugar a un cambio en el contraste de una radiografía. Cuando se utilizan picos de voltaje (65-70 kVp), resulta de una imagen con un alto contraste que tendrá muchas áreas negras y blancas y muy pocos tonos de gris, esta nos ayudará para la detección de la caries dental.

Un pico de voltaje de (69 kVp) resulta de un bajo contraste. Esta presenta muchos tonos grises en vez de blanco y negro (3).

Ajuste	Densidad	Contraste
+kVp	+ (Más oscuro)	Bajo
-kVp	- (Más claro)	Alto

Tabla 1. Efecto del pico de Kilovoltaje (kVp) en la densidad y contraste de la imagen (3).

1.5.5. Tiempo de exposición y pico de voltaje

Es el tiempo en el que se generan los rayos X, medido en pulsos, ya que los rayos X se generan en exposiciones o pulsos en lugar de una corriente continua. Se produce un pulso cada $1/60$ segundos, lo que significa que se generan 60 pulsos en 1 segundo (3).

Cuando aumentamos el pico de voltaje para compensar el poder penetrante del haz de rayos X, es necesario ajustar el tiempo de exposición (3).

1.6. Cantidad del Haz de Rayos X

Número de rayos X producidos en una unidad de rayos X.

1.6.1. Amperaje y miliamperaje

El amperaje determina la cantidad de electrones que pasan a través del filamento del cátodo. Aumentar el amperaje incrementa la producción de rayos X, ya que más electrones están disponibles para viajar del cátodo al ánodo. La medida utilizada para describir la corriente que atraviesa el filamento es el amperio (A), pero en el caso de los equipos de Rayos X se utiliza el miliamperio (mA), que es igual a $1/1000$ de un amperio (3).

En radiología dental, se recomienda un rango de miliamperaje de 7 a 15 mA. No se recomienda usar un ajuste mayor de 15 mA porque generaría exceso de calor en el tubo de rayos X (3).

El miliamperaje también regula la temperatura del filamento del cátodo. Un ajuste más alto de miliamperaje aumenta la temperatura del filamento y, por lo tanto, la cantidad de electrones producidos. Esto a su vez resulta en un mayor número de rayos X emitidos desde el tubo (3).

1.6.2. Miliamperios por segundo

“Los miliamperios y el tiempo de exposición tienen una influencia directa en el número de electrones producidos por el filamento del cátodo”.

(3) El producto de estos dos es a lo que se conoce como miliamperios por segundo (mAs). Cuando existe un aumento en el miliamperaje, el tiempo de exposición se debe disminuir, y así viceversa (3).

La cantidad de Rayos X es directamente proporcional a la corriente medida en mAs. Cuando se dobla la corriente, se crea una duplicación en el número de electrones que llegan al blanco del tubo, y esto da como consecuencia que se emitan dos veces más rayos X (6).

1.6.3. Densidad y miliamperaje

El mA, como con el pico de kV, afecta en la densidad de la imagen dental. Si aumenta el mA existirá un aumento en la densidad de la radiografía y resulta de una imagen más oscura, y así inversamente proporcional (3).

1.6.4. Tiempo de exposición y miliamperaje

El tiempo de exposición y el miliamperaje tienen una relación inversa. Si se realiza un cambio en el miliamperaje, es necesario ajustar el tiempo de exposición para mantener la densidad deseada. Cuando se aumenta el miliamperaje, el tiempo de exposición se reduce (3).

1.7. Intensidad del Haz de Rayos X

La cantidad y la calidad se describen juntas en un concepto al que se le conoce como intensidad. Esta se define el producto de la cantidad y de la calidad por la unidad del área por la unidad del tiempo de exposición (3).

$$\text{Intensidad} = \frac{(\text{No.de fotones}) \times (\text{Energía de cada fotón})}{(\text{Área}) \times (\text{Tasa de exposición})}$$

Existen diversos factores que afectan a la intensidad del haz de Rayos X: pico de voltaje, miliamperaje, la distancia, y el tiempo de exposición (6).

1.7.1. Pico de voltaje

El pico de voltaje (kVp) controla la energía penetrante del haz de rayos X (3).

1.7.2. Miliamperaje

El miliamperaje (mA) se encarga de controlar la energía penetrante del haz de rayos X al regular la cantidad de electrones producidos en el tubo y, por ende, el número de rayos X emitidos (3).

1.7.3. Tiempo de exposición

Como el mA, el tiempo de exposición afecta al número de rayos X producidos. Si existe un mayor tiempo de exposición se producirá mayor cantidad de rayos X, y un mayor tiempo de exposición produce rayos X con mayor intensidad (3).

1.7.4. Distancia

La distancia que recorren los rayos X afecta la intensidad del haz ya que se debe considerar los siguientes puntos:

- Distancia al objetivo-superficie: la distancia de la fuente a la piel del paciente.
- Distancia del objetivo-objeto: la distancia de la fuente de radiación al objeto.
- Distancia del objeto-receptor: la distancia de la fuente de radiación al receptor (3).

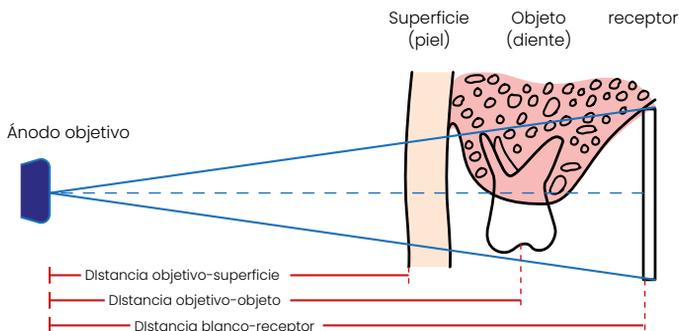


Figura 7. Distancia.

1.7.5. Ley del cuadrado inverso

“La intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente de radiación” (1).

Cuando existe un aumento en la distancia de fuente-al receptor, la intensidad del haz disminuye (3).

La siguiente fórmula se utiliza para calcular la ley del cuadrado inverso.

$$\frac{\text{Intensidad original}}{\text{Nueva distancia}^2} = \frac{\text{Nueva intensidad}}{\text{Distancia original}^2}$$

1.8. Ejemplo práctico

Si se modifica la longitud del DIP de 9 pulgadas a 17 pulgadas: ¿cómo este aumento en distancia entre la fuente-al-receptor afecta a la intensidad del haz?

$$I_x = \frac{17^2}{9^2} \quad I_x = \frac{289}{81} \quad I_x = \frac{3,56}{1} \quad x = \frac{1}{3,56}$$

Según esta fórmula, si la distancia de la fuente al receptor se duplica; es decir, se cambia de 8 a 16 pulgadas (asumiendo que el pico de kV y mA se mantienen constantes), la intensidad del haz de rayos X se reduce a la cuarta parte de su intensidad original (3).

Referencias

1. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía dental - Principios y técnicas. 4th ed. Cruz GS, editor. New York: Amolca; 2013.
2. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. Barcelona: Elsevier Health Sciences; 2021.
3. Guzmán C, Contreras C, Rabanal C. Radiología clínica oral y maxilofacial. Santiago de Chile: Amolca; 2019.
4. Viloria T, Vásquez E. coords. Alejandro el umbral del desequilibrio ambiental. Seis aportes al debate. Cuenca: Abya - Yala; 2021.
5. Ausbruch Moreno CJ. Manual práctico de tecnología radiológica dental y maxilofacial. Colombia: Círculo Latino Austral; 2009.
6. White S. Radiología oral - Principios e interpretación. Madrid: Elsevier Science; 2001.
7. Sansare K, Khanna V, Karjodkar F. Early victims of X-rays: a tribute and current perception. Dentomaxillofacial radiology [Internet]. 2011 [cited 2023 may 5]; 40(2): 123-25.: Doi: 10.1259/dmfr/73488299.
8. Horner K, Islam M, Flygare L, Tsiklakis K, Whaites E. Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. Dentomaxillofac Radiol [Internet]. 2009 [cited 2023 May 7];38(4):187-95. Doi: 10.1259/dmfr/74941012.
9. Velázquez M, Pombo M, Unzué L, Bastante E, Mejía E, Albarrán A. Exposición de las cardiólogas intervencionistas a radiaciones ionizantes durante el embarazo. ¿Realmente representa un riesgo para el feto? Revista Española de Cardiología [Internet]. 2017 [cited 2023 May 5];70(7):606-608. Doi: 10.1016/j.recesp.2016.11.007.
10. Ramos O, Villarreal M. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. Rev Chil Radiol [Internet]. 2013 [cited 2023 May 9];19(1). Doi:/10.4067/S0717-93082013000100003.
11. Watanabe H, Noto K, Shohji T, Ogawa Y, Fujibuchi T, Yamaguchi I, Hiraki H, Kida T, Sasanuma K, Katsunuma Y, Nakano T, Horitsugi G, Hosono M. A new shielding calculation method for X-ray computed tomography regarding scattered radiation. Radiol Phys Technol [Internet]. 2017 jun [cited 2023 May 8];10(2):213-226. Doi: 10.1007/s12194-016-0387-9.
12. Kang K. History and organizations for radiological protection. J Korean Med Sci [Internet]. 2016 Feb [cited 2023 May 8];31(1):4-5. Doi: 10.3346/jkms.2016.31.S1.S4

13. Lee C, Lee SS, Kim JE, Symkhampha K, Lee WJ, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, Choi SC, Yeom HY. A dose monitoring system for dental radiography. *Imaging science in dentistry* [Internet]. 2016 Jun [cited 2023 May 5];46(2):103-8. Doi:10.5624/isd.2016.46.2.103.
14. Hall E, Giaccia A. *Radiobiology for the radiologist*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
15. Henriques S. A new way of thinking about patient radiation exposure [Internet]. International Atomic Energy Agency; 2013. [cited 2023 May 8]. Available from: <https://www.iaea.org/newscenter/news/new-way-thinking-about-patient-radiation-exposure>.
16. Praveen B, Shubhasini R, Bhanushree S, Sumsum P, Sushma C. Radiation in dental practice: awareness, protection and recommendations. *J Contemp Dent Pract* [Internet]. 2013 Jan [Cited 2023 May 5];14(1). Doi: 10.5005/jp-journals-10024-1289.
17. Ubeda C, Nocetti D, Aragón M. Seguridad y Protección Radiológica en procedimientos Imagenológicos Dentales. *Int J Odontostomat* [Internet]. 2018 [cited 2023 May 5];12(3). Doi: 10.4067/S0718-381X2018000300246.
18. Rodríguez R. La Técnica radiográfica dental para obtener una radiografía diagnóstica [Bachelor's Thesis]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2014. 116 p. Available from: <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000708500>.



Capítulo II

¿Cuáles son los equipos usados en radiología dental y maxilofacial?

Autores

Magdalena Molina Barahona

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Verónica Ivanova Verdugo

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Bolívar Andrés Delgado

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Juan Manuel Campoverde

Graduado de la Universidad Católica de Cuenca

2.1. Historia del equipo de rayos X odontológico

La radiología forma parte de la medicina, la misma que no se originó de forma espontánea, sino que se basa en numerosos avances científicos y tecnológicos que provienen de diversas disciplinas científicas, tales como las matemáticas, química, física y la biología (1).

En 1913, William D. Coolidge, un ingeniero electricista creó el primer tubo caliente de rayos X o también llamado rayos catódicos, un tubo de vidrio al vacío que contenía un filamento de tungsteno. El tubo de rayos X de Coolidge se convirtió en el prototipo para todos los diferentes tubos de rayos X modernos, revolucionando la forma de generar dichas radiaciones (1).

Edmundo Kells fue un pionero en los avances de la radiología dental, es conocido por ser uno de los primeros dentistas en utilizar radiografías dentales en su práctica clínica, Kells nació en 1868 en Nueva York y se graduó de la Facultad de Odontología de la Universidad de Pensilvania en 1892. Después de graduarse, se trasladó a Nueva Orleans para comenzar su práctica dental (1).

En 1896, Kells asistió a una conferencia donde se presentó la tecnología de los rayos X por primera vez. Inmediatamente se dio cuenta del aporte de esta tecnología para el diagnóstico dentro de la práctica dental y empezó a experimentar. En 1899, Kells construyó una máquina de rayos X para el uso de su práctica dental, esta máquina fue la primera en ser construida específicamente para uso dental (1).

Kells fue un defensor de la seguridad en el uso de los rayos X siendo uno de los primeros en utilizar técnicas de protección radiológica, tales como el uso de insumos de radioprotección como, delantales de plomo para proteger a los pacientes y al personal de la radiación, fue uno de los primeros en mencionar los peligros potenciales de la exposición excesiva a la radiación, promoviendo las prácticas seguras en el uso de radiación ionizante dentro del campo odontológico (1).

A partir de la década de 1920 se utilizaron técnicas radiográficas intraorales, estableciendo que es la película o el receptor de imagen que se coloca dentro de la cavidad buco dental, por lo mencionado se la denominó radiografía intraoral (1).

En 1923, el dentista estadounidense, Howard Riley Raper considerado el padre de la Radiología quién inventó el primer equipo radiográfico intraoral que emplea receptores de imágenes o películas radiográficas,

lo que se obtuvo fueron imágenes con mayor detalle de los dientes y las estructuras adyacentes (2).

Worton fue el primero en tomar una radiografía dental en 1896, utilizando un cráneo humano seco. Un año más tarde, fue el primero en realizar una radiografía de cuerpo completo, utilizando una película de 36 pies y un tiempo de exposición de 30 minutos (2).

En la década de 1950, la radiología dental se introdujo por primera vez en Centroamérica, principalmente a través de equipos radiográficos importados de Estados Unidos. En esa época, la mayoría de los equipos eran de película convencional y requerían de un proceso de revelado químico para obtener las imágenes, países como Honduras, El Salvador y Chile fueron introduciendo la radiología en el área de la salud (3).

En la década de 1960, se introdujeron en Centroamérica equipos radiográficos más modernos que utilizaban técnicas de radiografía intraoral. Estos equipos permitieron a los dentistas obtener imágenes más precisas y reducir la cantidad de radiación necesaria para capturar las imágenes, de esta manera empezó la comercialización dentro de Latinoamérica (1).

A partir de los avances tecnológicos basados en la radiación ionizante se establece que la creación de aparatos de rayos x y receptores de imagen darán mejor calidad de vida al individuo evitando la propagación de patologías y reduciendo las prevalencias de las mismas (1).

2.2. Aparatos Generadores de Rayos X

Los equipos de rayos X son los encargados de generar radiación x, es por eso que se debe de conocer dicho funcionamiento desde una perspectiva general, hacia lo específico de cada uno de sus componentes.

Para poder entender cómo los equipos de rayos x funcionan es necesario que el radiólogo entienda que existen parámetros principales para su estudio (1).

2.2.1. Entrada para conexión a toma de corriente eléctrica

La corriente eléctrica que se utiliza para generar rayos X tiene una naturaleza oscilatoria y se conoce como corriente alterna. Durante

cada ciclo de la onda de corriente, se forman hemiciclos positivos y negativos de forma intermitente. Esta característica es relevante en la producción de rayos X, ya que durante los hemiciclos negativos no se produce emisión de rayos X, lo que provoca que los rayos X, se describan como intermitentes. En otras palabras, durante un disparo de un equipo generador de rayos X, habrá momentos en los que no se producirán rayos X debido a la naturaleza oscilatoria de la corriente (4).

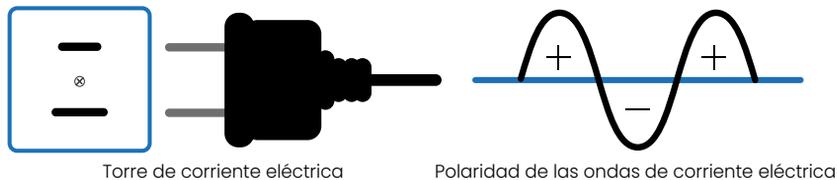


Figura 1. Entrada de conexión.

2.2.2. Estabilizador de Corriente

Debido al fenómeno de intermitencia en la emisión de rayos X, que se produce a causa de la naturaleza oscilatoria y aleatoria de la corriente eléctrica que los alimenta, los equipos generadores de rayos X suelen contar con un componente adicional, que tiene como propósito estabilizar y convertir la corriente alterna en corriente continua. Este componente elimina los hemiciclos negativos de la onda de corriente, donde no se produce emisión de rayos X, y permite que estos se comporten de forma más continua y estable.

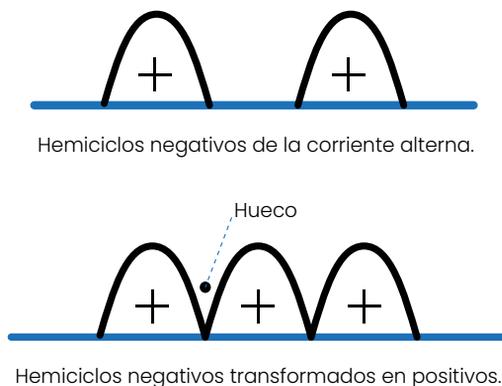


Figura 2. Estabilizador de la corriente.

2.2.3. Electricidad y corrientes eléctricas

La electricidad representa la forma de energía empleada en la generación de rayos X. Esta energía eléctrica se origina a través del movimiento de electrones a lo largo de un conductor, y este flujo se denomina corriente eléctrica. (1).

La corriente eléctrica se denomina corriente directa (CD) al momento que los electrones fluyen en una dirección a través del conductor.

El término corriente alterna (CA) describe una corriente eléctrica en la que los electrones fluyen en direcciones opuestas, siendo estas dos corrientes tanto la directa como la alterna opuestas (1).

La rectificación es la conversión de la corriente alterna en corriente eléctrica directa. El tubo de rayos X dental actúa como un autorrectificador que cambia de corriente alterna a corriente directa, mientras produce rayos X. Esto va a ayudar a que la corriente fluya siempre en una misma dirección, es decir del cátodo al ánodo (1).

Antes los generadores de máquinas más antiguas producían un haz de rayos X con un patrón ondulado, que emiten mayores dosis de radiación, mientras que los nuevos equipos que tienen potenciales constantes que producen un haz homogéneo longitudinal de onda corta y alta frecuencia, lo que permite tener disminución de la dosis de radiación secundaria (1).

La medición del número de electrones que se mueven a través de conductores se conoce como amperaje. La corriente se mide en amperios (A) o miliamperios (mA). Se conoce como medición de la fuerza eléctrica a los electrones se muevan del polo negativo al polo positivo, La que se mide en kilovoltios (kV) o voltios (V) (2).

En la generación de rayos X, es posible realizar ajustes tanto en el voltaje como en el amperaje. Dentro del tubo de rayos X, tanto el amperaje como el kilovoltaje evalúan la cantidad y la calidad de los electrones. En este contexto, el miliamperaje cuantifica la cantidad de electrones, mientras que el kilovoltaje evalúa la calidad de los rayos X durante su trayectoria del cátodo al ánodo. Estos valores son ajustables según las especificaciones del equipo de rayos X (1).

2.2.3.1. Miliamperaje (mA)

Controla la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través del tubo de rayos X durante la exposición (1).

La corriente eléctrica es indispensable para la producción de rayos X, teniendo como función controlar la cantidad de electrones que se liberan del cátodo del tubo de rayos X para generar radiación de calidad para la producción de imágenes y así evitar ondas largas y alta frecuencia (1).

2.2.3.2. Kilovoltaje (kV)

El kVp (pico de kilovoltios) es una de las variables utilizadas en radiología para controlar la calidad y la energía de rayos X elaborados en el tubo de rayos X. Además, el kVp se refiere a la cantidad máxima de voltaje que se aplica al tubo de rayos X durante la exposición, lo que establece, la habilidad de penetración en los tejidos y la obtención de imágenes de alta calidad. (1).

El kV influye en la capacidad de los rayos X para penetrar diferentes tejidos y órganos del cuerpo humano, lo que permite obtener imágenes con diferentes niveles de contraste y detalle (1).

Se ajusta en función de la densidad y la composición del tejido que se va a examinar. Por ejemplo, para examinar estructuras densas como los huesos, se requiere un kV más alto para que los rayos X puedan penetrar a través del hueso y alcanzar el receptor de imágenes. Por otro lado, para examinar tejidos blandos, se utiliza un kV más bajo para evitar una exposición excesiva del paciente a la radiación, para obtener una imagen con menos contraste (1).

2.2.3.3. Tiempo (T)

El tiempo de exposición influye en la cantidad de radiación que recibe el paciente y en la calidad de la imagen radiográfica resultante (1).

En general, el tiempo de exposición se ajusta en función de la densidad del tejido que se está examinando. Por ejemplo, los tejidos más densos, como los huesos, requieren una exposición más larga para que los rayos X puedan penetrar a través del tejido y alcanzar el detector de imágenes. Por otro lado, los tejidos más blandos, como los tejidos musculares o grasos, requieren exposiciones más cortas para evitar una exposición excesiva del paciente a la radiación (1).

2.2.4. Circuitos

Un circuito eléctrico en radiología, es un sistema de componentes eléctricos interconectados que se utilizan para producir y controlar la energía eléctrica necesaria para generar los rayos X utilizados en las imágenes radiográficas. Estos componentes pueden incluir un generador de alta tensión, un transformador, un rectificador, un condensador, una resistencia y otros dispositivos (1).

Los rayos x necesitan tener circuitos de alto y bajo voltaje, los mismos que son capaces de mantener la corriente eléctrica en condiciones óptimas para la producción de rayos x que sean capaces de formar imágenes con buena densidad y contraste (1).

2.2.4.1. Circuito de bajo voltaje

El circuito de bajo voltaje se utiliza para controlar la cantidad de energía eléctrica que se aplica al cátodo del tubo de rayos X, el cual se calienta mediante una corriente eléctrica para producir electrones (1).

El circuito de baja tensión se activa en el momento del encendido del equipo, el mismo que es controlado en el panel de control mediante el miliamperaje, esto proporcionará energía a los elementos del cátodo dentro del tubo de rayos X, dando lugar a un fenómeno fotoeléctrico en el filamento de tungsteno, lo cual se libera mediante el calentamiento del filamento y liberando los átomos de las órbitas externas lo cual se va a denominar nube de electrón y cuya cantidad de rayos x se van a producir en el disparo (1).

Cuenta con un transformador reductor que consta de dos bobinas (alambres conductores de energía) roscados. Las bobinas que reciben la energía poseen más espiras que la segunda y esto permite transformar la corriente eléctrica de 110 V o 220 V a 3 o 12 V promedio en los equipos intraorales (1).

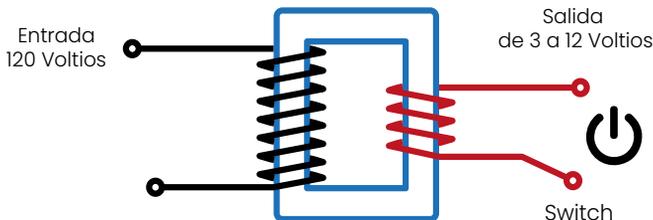


Figura 3. Circuito de bajo voltaje.

2.2.4.2. Circuito de alto voltaje

Por otro lado, el circuito de alto voltaje impulsa los electrones, provocando la producción de rayos X en el tubo de rayos X. La configuración de kilovoltaje es la que controla este circuito, Posee un transformador amplificador que posee 2 bobinas conductoras, la que recibe la corriente o bobina primaria, la cual posee menor cantidad de espiras que la secundaria, en donde sale la corriente hacia el elemento eléctrico, provocando un aumento de 110 V o 220 V a 60000 V o 70000 V (1).

Las dos terminales eléctricas en el circuito van a alimentar al ánodo y al cátodo dentro del tubo de rayos x teniendo como objetivo una diferencia potencial entre los dos de tal manera que la nube del filamento de tungsteno del cátodo con carga eléctrica negativa es atraída con alta velocidad al cátodo y se produce el choque en el blanco del metal, en donde el 99 % será calor y un 1 % será radiación, el mismo que ocurre solamente cuando se dispara con el cono ruptor (1).

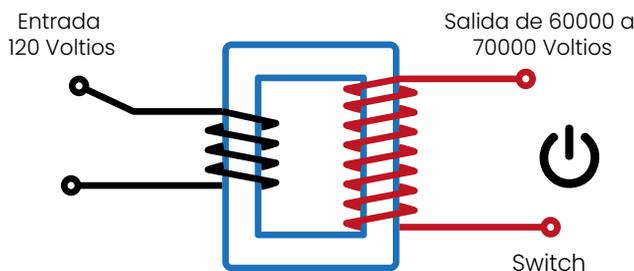


Figura 4. Circuito de alto voltaje.

2.2.5. Transformadores

Un transformador es un aparato que se usa para modificar el voltaje en un circuito eléctrico, aumentando o disminuyendo según sea necesario. En el contexto de los equipos de rayos X, los transformadores son responsables de cambiar el voltaje de la corriente eléctrica de entrada y luego transmitir la energía eléctrica al tubo de rayos X (5).

En la producción de los rayos X dentales, se llegan a utilizar tres transformadores para poder ajustar los circuitos eléctricos: el transformador reductor, el transformador elevador y el autotransformador (5).

- Un transformador reductor se emplea con el propósito de reducir la tensión proveniente de la línea de voltaje de 110 o 220 voltios a un rango de 3 a 12 voltios, que es el utilizado por el circuito de filamento. Este tipo de transformador está configurado con más espiras de alambre en la bobina primaria que en la secundaria. En la estructura general de los transformadores, se distinguen dos bobinas: la bobina primaria, también conocida como de entrada, que recibe la corriente eléctrica, y la bobina secundaria, responsable de la salida de la corriente (1).
- Un transformador elevador contiene más rollos de alambre en la bobina secundaria que en la primaria (1).
- Un autotransformador nos puede servir como un compensador de tensión que corrige las fluctuaciones menores en la corriente (1).

2.3. Componentes de la máquina de Rayos X

Es posible emplear las máquinas de rayos X dentales, para realizar tanto exposiciones intraorales como extraorales a los receptores. No obstante, existen equipos que se dedican exclusivamente a la exposición intraoral y otros que se enfocan únicamente en la exposición extraoral (6).

Las máquinas de rayos X son capaces de emitir radiación ionizante. Para su estudio los equipos de rayos x, puede ser dividida en tres áreas de estudio:

- Las partes componentes
- El tubo de rayos X
- El aparato de generación de rayos X.

2.3.1. Partes componentes

El equipo de radiografía dental consta de tres elementos que pueden ser observados:

- Panel de control
- Brazo de extensión
- Cabezal



Figura 5. Componentes del aparato de Rayos X.

2.3.1.1. Panel de control

Dentro del aparato de Rayos X Dental, se encuentra un panel de control que incluye varios elementos, entre ellos un interruptor que permite encender y apagar el equipo, el cual viene acompañado de un indicador luminoso. También se encuentra un botón de exposición que tiene su propia luz indicadora, existe algunos dispositivos de control que incluye selectores para ajustar el tiempo de exposición, miliamperaje y kilovoltaje, con el fin de regular de mejor manera el haz de rayos X, también se puede visualizar el tipo de radiografía que se va a tomar, y la selección del paciente si es adulto o niño (1,2). Además, se encuentra en el panel de control dos indicadores luminosos que se activan al prender el equipo: el piloto luminoso, indicador de alimentación eléctrica, y el piloto indicador de emisión de radiación (3).

Los parámetros que se encuentran disponibles en el panel de control algunos son autoajustables y otros ya vienen prediseñados en los mismos que se puede realizar una modificación manualmente son: kilovoltaje, miliamperaje y tiempo de exposición (1,3).

De acuerdo a la modificación que se pueden encontrar en el panel de control se establece la clasificación de los mismos:

A) Equipos regulables: estos son equipos generadores de rayos X que permiten que se realice una modificación manual de los tres parámetros kilovoltaje, miliamperaje y tiempo de exposición (3).

B) Equipos semirregulables: son aquellos que nos permiten realizar una modificación manual de miliamperaje, pero al contrario el tiempo de exposición y el kilovoltaje están ya preestablecidos. Existen también algunos equipos que no permiten que se modifique el tiempo de exposición, pero sí que se modifique el miliamperaje y el kilovoltaje, por ejemplo: las ortopantomografías (3).

C) Equipos ciegos: solo permiten la modificación del tiempo de exposición y traen ya establecidos los parámetros de kilovoltaje y miliamperaje. A nivel de los equipos intraorales, el kilovoltaje varía entre 60 y 70 kV dentro del mercado (3).



Figura 6. Panel de control.

2.3.1.2. Brazo de extensión

El brazo de extensión consiste en una estructura de metal articulada que se instala en la pared y se encarga de sostener el cabezal de los Rayos X y el cajetín de los cables eléctricos que salen del panel de control del cabezal. Gracias al brazo de extensión, es posible mover y ajustar la posición del cabezal de forma que se pueda colocar con facilidad en la posición y ángulo correctos para tomar radiografías (1,2,3).

Es muy importante realizar la mantención del brazo de extensión, ya que si al momento de tomar la radiografía, este se mueve, no se obtiene una imagen de calidad, sino más bien genera una imagen con movimiento no estando acorde a los parámetros para realizar un buen diagnóstico (2).

Todas las unidades de Rayos X intraorales poseen brazos metálicos flexibles, para sus movimientos, en cambio que los equipos extraorales u ortopantomógrafos (panorámicos) no poseen esta característica (3).



Figura 7. Aparato de rayos X.

2.3.1.3. Cabezal

La parte protectora metálica del equipo de rayos X dental es una cubierta sellada de manera hermética, el mismo en el que se encuentra el tubo de rayos X que es el encargado de producir la radiación ionizante (1).

El principal objetivo del blindaje plomado, es proteger al operador y al paciente de la radiación dispersa o inútil cuando se realizan exámenes de calidad, Posee un área única que no se encuentra blindada llamada ventana, por donde emergen los rayos X, los mismos que están orientados hacia el objeto de estudio (3).



Figura 8. Cabezal.



Figura 9. Cabezal vista inferior.

2.3.2. Componentes del cabezal

Los componentes del cabezal están formados por:

- La cubierta de metal, o el cuerpo metálico del cabezal se encuentra rodeando a todo el tubo de rayos X, transformadores, y contiene al aceite para poder proteger al tubo de rayos X (7).
- El aceite aislante, es un líquido que se encuentra en el interior del cabezal y su función es de aislar la carcasa plomada del calor generado, además de amortiguar y refrigerar el calor para la conservación del tubo de rayos X. Al encontrarse dentro de la carcasa plomada, no se recambia en ningún momento; y si existiera una fuga esta debe ser reparada ya que es muy probable que el equipo pueda quemarse debido al calentamiento del tubo de rayos x (7).
- El cabezal de los Rayos X se encuentra recubierto por aluminio y plomo, la cual tiene la función de emitir los rayos x por la ventana que no está recubierta por plomo (1).
- El Dispositivo Indicador de Posición (DIP) se refiere a un cilindro de plomo que se extiende desde la abertura del cabezal metálico hasta el objetivo, contribuyendo a la formación del rayo de rayos X; en ocasiones, también es denominado como cono. (1,7).

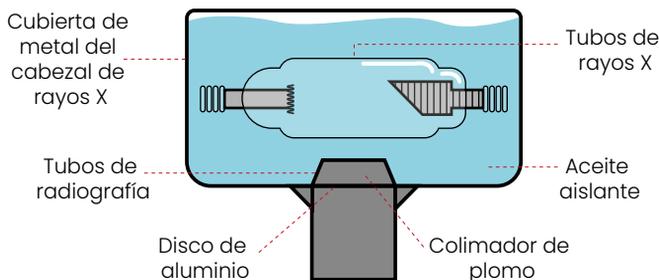


Figura 10. Componentes del cabezal.

2.3.2.1. Tubo de Rayos X

El tubo de rayos X es fundamental en la generación de radiación ionizante y merece un estudio separado del resto de la máquina de rayos X debido a su importancia. Se trata de un tubo de vacío de vidrio, en el que se ha eliminado todo el aire, que contiene al cátodo y al ánodo, presenta una ventana sin blindaje por la que emergen los rayos X generados (1,3).

En el ámbito de la odontología, el tubo de rayos X posee una pulgada de diámetro y sus componentes principales incluyen una cubierta de vidrio plomado, un cátodo negativo y un ánodo positivo (1).

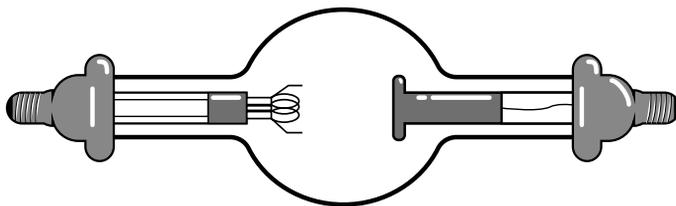


Figura 11. Tubo de rayos X.

2.3.2.2. Cubierta de vidrio con plomo

La cubierta de vidrio con plomo es una componente esencial en el tubo de rayos X, ya que constituye un envoltorio de vidrio al vacío con plomo que previene la dispersión de los rayos X en diversas direcciones. La ventana no plomada en el centro de la cubierta permite que el haz de rayos X salga del tubo y se dirija hacia los componentes del sistema,

como los discos de aluminio, el colimador de plomo y el DIP. En el interior se encuentra el cátodo y el ánodo que a continuación hablaremos a detalle (1).

2.3.2.3. Cátodo

El cátodo, en términos generales, es un electrodo que posee una carga eléctrica negativa, en un dispositivo eléctrico o una celda electroquímica. Sin embargo, en la producción de rayos X, su función sólo es evidente durante los ciclos positivos de la corriente eléctrica. En este contexto, el cátodo está compuesto por la copa focalizadora de molibdeno y el filamento de tungsteno, cuyo propósito es suministrar los electrones necesarios para generar los rayos X. Estos electrones producidos en el cátodo son acelerados hacia el ánodo positivo dentro del tubo de rayos X (1,5).

El cátodo incluye los siguientes componentes:

La copa de molibdeno, es la que centra y enfoca a los electrones en su viaje hacia el ánodo condensando el haz de electrones en un área pequeña de ánodo (5).

El filamento de tungsteno son hilos delgados de 1 a 2 cm de largo por 2mm de diámetro que pueden ser de materiales de wolframio o tungsteno. Se elige el tungsteno ya que es un elemento que tiene un alto punto de fusión, resistente al calor generado produciendo mayor reacción termoiónica y altos puntos de fusión (5).

La cantidad de electrones que son liberados de sus órbitas es directamente proporcional a los miliamperios que se selecciona en el panel de control, y determina la cantidad de rayos X que se producirán (3).

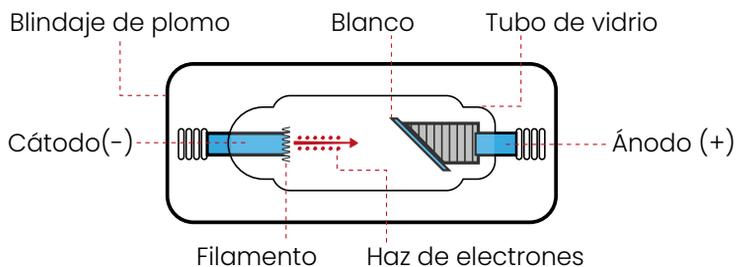


Figura 12. Cátodo y ánodo con sus componentes.

2.3.2.4. Ánodo

El ánodo es el componente de polaridad positiva del tubo de rayos X, polaridad que se entrega en los hem Ciclos positivos de la corriente alterna durante el disparo, este consiste en una placa delgada como una oblea de tungsteno incrustado en una varilla de cobre sólido (1,5).

El objetivo del ánodo es atraer hacia un blanco los electrones de carga negativa generados en el filamento de tungsteno, cuando se realiza el disparo del equipo (1).

Existen 2 tipos de Ánodos los cuales son:

- **Ánodo Estacionario:** es aquel que está formado por un vástago de cobre, un cabezal y un blanco que es el sitio en donde chocan los electrones, llamado punto focal, el cual tiene una inclinación de 20 grados. La mayor parte de equipos dentales están formados por ánodos estacionarios (8).
- **Ánodo Rotatorio:** posee un rotor, un blanco de metal el cual permite el disparo en cualquier parte del mismo y más amplio en relación al estacionario, su ventaja es que soporta mayor duración y cantidad de calor permitiendo así la interacción con varios puntos focales y que se disperse el calor (8).
- La principal ventaja del ánodo estacionario es su simplicidad, ya que no requiere de un mecanismo de rotación. Sin embargo, el ánodo estacionario tiene una capacidad limitada para disipar el calor generado por el frenado de los electrones, lo que puede provocar daños en el equipo si se utiliza por períodos prolongados (8).



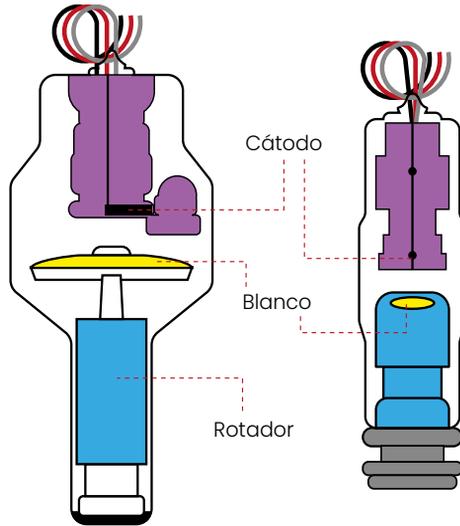


Figura 13. Tipos de ánodo.

La principal función del ánodo es limitar su calentamiento, lo que permite incrementar la intensidad del haz de electrones y reducir el foco o área de impacto en el ánodo (1).

2.3.2.5. Filtro

Los filtros son componentes esenciales en la generación de imágenes radiográficas, ya que ayudan a reducir la cantidad de radiación que llega al receptor de imágenes, lo que puede mejorar la calidad de las mismas y a la vez reducir la dosis de radiación para el paciente. Los filtros pueden ser de aluminio, cobre y hierro cumpliendo la función de purificar la radiación (1).

Existen 2 tipos de filtraciones:

El filtro inherente existe por los elementos estructurales, como el tubo, carcasa de metal, el plomo, el vidrio, el aceite aislante en donde se disminuye la radiación que llega a la piel y mejora la imagen radiográfica que permite que solo pasen los rayos de onda corta (9).

Por otro lado, los filtros añadidos son aquellos en los que se coloca un disco en la salida del haz de rayos X, se interpone por donde salen los fotones antes de que lleguen al objeto que van a irradiar (1).

Los filtros que se utilizan mayormente en los equipos de rayos X son:

- 1.5 mm de Al (Aluminio) para valores entre 50 y 70 kVp
- 2 mm para valores superiores a 70 kV

2.3.2.6. Colimador

El colimador es un componente importante en la generación de imágenes radiográficas. Se trata de un dispositivo que se coloca en el extremo del tubo de rayos X y tiene la función de limitar la cantidad de radiación que se emite para producir una imagen (1).

El colimador consta de dos partes principales: una estructura metálica envuelve el tubo de rayos X junto con un diafragma que es adaptable para modificar las dimensiones y configuración del haz de radiación emitido. Este diafragma es ajustable para regular la cantidad de radiación que alcanza el detector de imágenes, lo que puede mejorar la calidad de las imágenes y reducir la dosis de radiación para el paciente (1).

El colimador es el elemento esencial dentro del aparato de rayos x ya que ayuda a reducir la cantidad de radiación que se emite y por lo tanto reduce la exposición al paciente en la radiación, Además, también ayuda a producir imágenes nítidas y detalladas, reduce la cantidad de radiación dispersa y puede interferir en la imagen (1).

Es importante destacar que, en algunos países, existe una regulación que exige que el colimador tenga un sistema automático de control de la apertura, para asegurar que la exposición del paciente se limite únicamente al área que se desea examinar. Además, algunos colimadores modernos pueden incluir tecnologías adicionales, como láseres para ayudar a alinear el tubo de rayos X y el detector de imágenes y mejorar la precisión del examen (1).

2.4. Máquina de Rayos X

El profesional de la radiología dental necesita tener conocimiento con los equipos dentales de rayos X y los porta películas de rayos X dentales, ya que cada año que pasa la imagen digital es cada vez más frecuente y ampliamente utilizada (1).

Existen una variedad de máquinas de rayos X dental intraorales y extraorales que están disponibles para propósitos de diagnóstico. Las máquinas de rayos X dental varían tanto en el diseño como en su

operación, es importante conocer el equipo específico de manera que se evite la exposición inadecuada de los pacientes y el personal de odontología (4).

Los equipos radiográficos que se encuentran en el mercado para el uso odontológico se clasifican en móviles, fijos o portátiles.

En los últimos años se han desarrollado algunos cambios por lo cual en el mercado se han presentado equipos portátiles que se comportan como digitales, pero su uso es recomendable solo en situaciones que sean por falta de equipamiento fijo, ya que el soporte del equipo en este caso lo realiza el operador, incumpliendo así las normativas de protección radiológica del Ecuador (3).

Existen ciertos requisitos ideales para una máquina de rayos X:

- Debe ser seguro y preciso.
- Debe ser capaz de generar rayos X, con intervalos de energía que se desea.
- Debe ser fácil de colocar y manejar.
- Debe ser estable, equilibrado y estático en todos sus componentes
- Debe ser sencillo su uso y tener la capacidad de producir imágenes digitales y en película en el receptor de películas (7).

2.5. Tipos de equipos

2.5.1. Equipos intraorales

Los equipos intraorales son los más utilizados en odontología ya que nos ayudan en la reproducción de técnicas intraorales que son ampliamente utilizadas en la Odontología para obtener imágenes detalladas de los dientes y las estructuras adyacentes. Siendo crucial para el diagnóstico y plan de tratamiento, Existen dos tipos principales de equipos radiográficos intraorales: los equipos analógicos y los equipos digitales. Los primeros usan películas radiográficas para capturar la imagen, mientras que los segundos utilizan sensores digitales y pantallas de ordenador para mostrar la imagen de forma inmediata (5).

2.5.1.1. Equipos fijos

El equipo fijo de radiología convencional es muy flexible y permite realizar un gran número de exploraciones en cada sala de radiología. Estos equipos tienen todos los soportes y sus propios dispositivos ubicados sobre la pared, lo que les impide moverse de un lugar a otro. Suelen fijarse a la pared lo que permite actuar como soporte en el momento de ser instalados dentro de consultorio odontológico o el área radiológica (1,5).



Figura 14. Equipos fijos intraorales.

2.5.1.2. Equipos móviles

Los equipos intraorales móviles son aquellos que se pueden trasladar de un lugar a otro y que permiten tomar radiografías en cualquier ubicación fuera del consultorio odontológico, el transporte de equipos radiográficos es imprescindible en los establecimientos sanitarios que cuentan con unidades de cuidados intensivos, urgencias, quirófanos, y en cualquier caso no es posible trasladar al paciente desde su ubicación en el servicio de radiología. Dependiendo del tipo de zona requerida, se pueden encontrar varios tipos de dispositivos portátiles, algunos de los equipos intraorales móviles más comunes (5):

- Equipos de radiografía intraoral inalámbricos: son equipos que utilizan tecnología inalámbrica para tomar imágenes radiográficas con la necesidad de cables y con mayor libertad de movimiento. Estos equipos son especialmente útiles en situaciones de emergencia y en lugares donde no hay acceso a una fuente de energía eléctrica (1).



Figura 15. Equipos móviles.

En resumen, los equipos intraorales móviles son herramientas útiles en la práctica odontológica, ya que permiten tomar radiografías en cualquier ubicación fuera del consultorio. Estos equipos son especialmente útiles en situaciones de emergencia y en pacientes que no pueden desplazarse hasta el consultorio odontológico (1).

2.5.1.3. Equipos portátiles

Los equipos intraorales portátiles son dispositivos compactos, que permiten tomar radiografías intraorales fuera del consultorio odontológico. Estos equipos son muy útiles en situaciones de emergencia y en lugares donde no hay acceso a un equipo fijo de radiografía intraoral (5).



Figura 16. Equipos portátiles.

Los equipos intraorales portátiles con cables: incluyen un generador de rayos X, una unidad de control y un cable que conecta el generador y la unidad de control con el receptor de imagen. Estos equipos son fáciles de transportar y se pueden utilizar para tomar radiografías periapicales, interproximales y oclusales (10).

2.5.2. Equipos extraorales

Los equipos extraorales son aquellos que utilizan receptores de imágenes que va fuera de la boca del paciente y abarcan cabeza y cuello de acuerdo a la imagen que se desea obtener (10).

2.5.2.1. Equipos 2D

Los equipos extraorales 2D son dispositivos que se utilizan para tomar radiografías en dos dimensiones. Estos equipos son muy útiles para obtener una imagen general de la boca, los dientes y los maxilares, lo que permite una mejor visualización de las estructuras dentales y óseas. Existen varios tipos de equipos extraorales 2D, que se diferencian principalmente por el tipo de imagen que producen (10).



Figura 17. Equipos extraorales.

Uno de los tipos más comunes de equipos extraorales 2D es el panorámico dental. Este equipo toma una imagen panorámica de la boca y los dientes, lo que permite al odontólogo obtener una vista general de la mandíbula, los maxilares, los dientes y los tejidos circundantes. El paciente se coloca de pie o sentado en un dispositivo que gira alrededor de la cabeza, mientras que el equipo toma múltiples imágenes para crear una imagen panorámica completa.

El panoramizador dental es un equipo muy utilizado en odontología debido a su facilidad de uso, rapidez y baja dosis de radiación (1).

Otro tipo de equipo extraoral 2D es el cefalostato. Este equipo toma una radiografía lateral de la cabeza y el cuello, lo que permite al odontólogo evaluar la relación entre los huesos de la cabeza y el cuello, el tamaño y la posición de los dientes. El paciente se coloca de pie o sentado frente al equipo, que toma una imagen lateral de la cabeza mientras el paciente muerde en un soporte especial (1).

En resumen, los equipos extraorales 2D son herramientas muy útiles en la odontología, ya que permiten obtener imágenes detalladas de las estructuras dentales y óseas fuera de la boca del paciente. Los tipos más comunes de equipos extraorales 2D son el panoramizador dental, la cefalostato y el tomógrafo de haz cónico, cada uno con sus propias características y usos específicos en la práctica odontológica.

2.6. Historia de la película de Rayos X

En los años de 1896 a 1913, los paquetes de radiografías dentales eran placas fotográficas de vidrio o películas cortadas en piezas pequeñas y envueltas a mano en papel negro y hule. El embalaje manual de las películas dentales intraorales de rayos X era un procedimiento que tomaba mucho tiempo (3).

Kodak se fundó en 1888 con el propósito de producir películas fotográficas en Japón. Sin embargo, poco después de su fundación, la compañía comenzó a investigar y producir emulsiones fotográficas y pronto comenzó a producir películas fotográficas y películas negativas, en una etapa temprana, Kodak también se interesó en la película de rayos X, que eventualmente se usaría para tomografías computarizadas, inspección de equipaje y otros usos, como una extensión de su línea de películas. La compañía comenzó a producir películas de rayos X Kodak en 1920 (3).

En la actualidad, las películas utilizadas en radiografía dental han mejorado en gran medida comparando a las radiografías del pasado.

Las películas actuales requieren de un tiempo de exposición mucho más corto, con lo que también se crea una exposición mucho menor del paciente frente a la radiación; estos nuevos productos requieren una quinta parte del tiempo de exposición que se necesitaba hace 25 años (1,2).

2.7. Historia de las técnicas radiográficas dentales

En el campo de la odontología, se emplean varias técnicas intrabucales, tales como la técnica de la bisectriz, la técnica paralela y la técnica de aleta de mordida. Estas técnicas fueron creadas por diferentes odontólogos, entre ellos Weston Price de Cleveland, quien en 1904 introdujo la técnica de la bisectriz, y Howard Riley Raper, quien perfeccionó la técnica de bisectriz original y posteriormente, después de algunos años, desarrolló la técnica de aleta de mordida. Además, en 1913, Howard Riley Raper escribió uno de los primeros libros de texto sobre Radiología Dental (1,2).

En 1896, C. Edmund Kells presentó por primera vez la técnica de paralelismo que después de algunos años en 1920 fue utilizada por Franklin W. McCormack para la toma de placas dentales. En 1947, F. Gordon Fitzgerald, el “padre de la radiología dental moderna”, reavivó el interés en la técnica paralela ya que introdujo la técnica con cono paralelo (1,2).

La técnica extrabucal más utilizada es la de radiografías panorámicas. El japonés Hisatugu Numata fue el primero que aplicó una exposición para una placa panorámica, en 1933, aunque colocó la película al lado lingual de los dientes. Yrjo Paatero de Finlandia se considera el “Padre de la radiografía panorámica” que experimentó con radiografías que eran formadas por un haz que pasaba por una ranura, intensificación de pantallas y técnicas de rotación (1,2).

2.8. Película de Rayos X dental

La película de rayos X es un medio de registro y almacenamiento de imágenes radiográficas utilizado en la radiología dental. Este medio de registro se compone de dos capas de emulsión de haluros de plata recubiertas de una capa de soporte, y se utiliza para registrar las imágenes radiográficas de los pacientes. La emulsión de haluros de plata es sensible a la radiación ionizante y, cuando se expone a ella, se produce una reacción química que provoca la formación de una imagen (11).

La película de rayos X se utiliza en la radiología dental para obtener imágenes detalladas de la estructura ósea de la mandíbula y los dientes. Se coloca en la boca del paciente durante la exposición a los rayos X, y luego se procesa en un cuarto oscuro utilizando soluciones químicas para revelar la imagen. La imagen resultante se puede utilizar

para identificar problemas dentales y de la mandíbula, como caries, fracturas, abscesos y tumores (11).

La calidad de la imagen de la película de rayos X depende de varios factores, como la calidad de los rayos X utilizados, la técnica de exposición, la posición de la película y la calidad del procesamiento químico. La calidad de la imagen también puede verse afectada por la edad de la película, la exposición a la luz y la humedad (12).

A pesar de que la película de rayos X sigue siendo un medio de registro comúnmente utilizado en la radiología dental, su uso se ha reducido en los últimos años debido a la introducción de nuevas tecnologías como los sensores digitales y los sistemas de radiografía digital. Estos sistemas proporcionan una calidad de imagen superior, reducen el tiempo de exposición y eliminan la necesidad de procesamiento químico (11).

2.8.1. Calidad radiográfica

Existen parámetros a evaluar en la calidad de imagen radiográfica convencional:

- **Anatómicos:** dependerá de la zona a radiografiar, estructuras óseas, grosor, etc.
- **Exposición:** dependerá de factores como la densidad, contraste, detalle, nitidez, visibilidad, borrosidad y distorsión
- **Densidad:** se refiere al grado de oscurecimiento de una radiografía. Una densidad adecuada es importante para poder distinguir los detalles anatómicos. Una densidad excesiva puede hacer que la imagen sea muy oscura, mientras que una densidad insuficiente puede hacerla demasiado clara (1).
- **Contraste:** es la diferencia entre las áreas claras y oscuras en una radiografía. Un buen contraste permite una mejor visualización de las estructuras anatómicas, dependerá del kV que utilizemos (1).
- **Detalle:** se refiere a la capacidad de una radiografía para mostrar pequeñas estructuras y detalles anatómicos. Una buena calidad de detalle es esencial para un diagnóstico preciso.
- **Nitidez:** es la capacidad de los contornos de las estructuras para ser definidos y bien delimitados en una radiografía. Una

imagen nítida facilita la identificación y evaluación de las estructuras anatómicas.

- **Visibilidad:** se refiere a la capacidad de una radiografía para mostrar adecuadamente las estructuras de interés. Una buena visibilidad implica una imagen clara y sin obstrucciones que permita una interpretación precisa (1).
- **Borrosidad:** es la falta de nitidez o la pérdida de detalles en una radiografía. La borrosidad puede deberse a movimientos del paciente, del equipo o de las estructuras internas. Una imagen borrosa puede dificultar la interpretación y el diagnóstico (1).
- **Distorsión:** es la alteración de la forma o tamaño real de las estructuras en una radiografía. La distorsión puede ocurrir debido a la posición incorrecta del paciente, la angulación del tubo de rayos X o la superposición de estructuras. La distorsión afecta la precisión de la imagen y puede dificultar la interpretación correcta, algunos ejemplos de estas son:
 - **Elongación:** ocurre cuando la angulación vertical es insuficiente o si el rayo central se dirige perpendicular al eje longitudinal del diente y no a la bisectriz imaginaria (13).

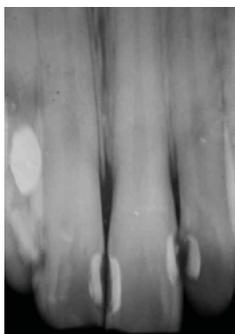


Figura 18. Elongación.

- **Escorzamiento.** Producto de una angulación vertical excesiva o si el rayo central se dirige perpendicular al plano del receptor y no a la bisectriz imaginaria (13).



Figura 19. Escorzamiento.

2.8.2. La calidad de imagen radiográfica digital

- **Brillo:** Este término sustituye al de la densidad en la radiología convencional, las variaciones de mAs tiene efecto de control sobre el brillo de imágenes digitales, pueden ser corregidas mediante software
- **Contraste:** En la radiología digital, el contraste se puede mejorar y ajustar de manera flexible en comparación con la radiología convencional.
- **Resolución:** Capacidad de distinguir visualmente un objeto, es la combinación de los factores tradicionales en la radiología convencional como lo es: tamaño focal del punto focal, factores geométricos, factores de movimiento y tamaño de pixel (la unidad mínima que forma una imagen digital).
- **Distorsión:** Inadecuada representación del tamaño o la forma del objeto.
- **Ruido:** Variaciones de densidad óptica, aleatorias en la imagen radiográfica que afectan la correcta interpretación.

2.8.3. Película radiográfica duplicada

La película radiográfica duplicada es una herramienta valiosa en odontología y en otras especialidades médicas. Esta técnica permite la reproducción de imágenes radiográficas de alta calidad, lo que es útil para fines de diagnóstico y tratamiento (11).

La película radiográfica duplicada se utiliza cuando se necesita una copia de una radiografía existente. Este proceso es útil para enviar copias de las imágenes radiográficas a otros profesionales médicos,

para el registro del paciente y para fines de seguimiento. También es útil en situaciones donde una radiografía original puede ser dañada o perdida (11).

La película radiográfica duplicada se realiza utilizando un proceso de copiado que implica la exposición de una película radiográfica en una caja de luz. La radiografía original se coloca sobre la caja de luz con la película duplicada encima. La luz pasa a través de la radiografía original y se expone en la película duplicada, creando una imagen similar a la original (1,11).

La calidad de la imagen de la película radiográfica duplicada depende de varios factores, incluyendo la calidad de la radiografía original, la calidad de la película duplicada y la técnica de copiado utilizada. Es importante tener en cuenta que la calidad de la imagen puede disminuir ligeramente con cada duplicación (11).

A pesar de que la película radiográfica duplicada es una técnica útil, su uso se ha reducido en los últimos años debido a la introducción de nuevas tecnologías como los sistemas de radiografía digital y los escáneres de tomografía computarizada (TC). Estos sistemas proporcionan una calidad de imagen superior y eliminan la necesidad de procesamiento químico (11).

En conclusión, la película radiográfica duplicada es una técnica valiosa en odontología y en otras especialidades médicas. Esta técnica permite la reproducción de imágenes radiográficas de alta calidad, lo que es útil para fines de diagnóstico y tratamiento. Sin embargo, su uso ha disminuido en los últimos años debido a la introducción de nuevas tecnologías (11).

2.8.4. Película radiográfica intraoral

La película radiográfica intraoral es uno de los medios más comunes para la captura de imágenes radiográficas en odontología. Estas películas están diseñadas para adaptarse a la forma de la boca del paciente y permitir la captura de imágenes detalladas de los dientes, las raíces y las estructuras óseas circundantes (11).

La película radiográfica intraoral está compuesta de dos capas de emulsión de haluros de plata y un soporte de plástico flexible. Durante la exposición a los rayos X, la emulsión se somete a una reacción química que produce una imagen de alta calidad de las estructuras dentales y óseas (11).

Las películas radiográficas intraorales están disponibles en diferentes tamaños para adaptarse a diferentes áreas de la boca. Por ejemplo, las películas periapicales se utilizan para capturar imágenes de un solo diente y su raíz, mientras que las películas oclusales se utilizan para capturar imágenes de toda la arcada dental y las estructuras óseas circundantes (11).

La calidad de la imagen de la película radiográfica intraoral depende de varios factores, como la calidad de los rayos X utilizados, la técnica de exposición, la posición de la película y la calidad del procesamiento químico. La calidad de la imagen también puede verse afectada por la edad de la película, la exposición a la luz y la humedad (11).

A pesar de que la película radiográfica intraoral sigue siendo un medio de registro comúnmente utilizado en odontología, su uso se ha reducido en los últimos años debido a la introducción de nuevas tecnologías como los sensores digitales y los sistemas de radiografía digital. Estos sistemas proporcionan una calidad de imagen superior, reducen el tiempo de exposición y eliminan la necesidad de procesamiento químico (11).

2.8.5. Tamaños

Existen diferentes tamaños de película acorde a una dimensión promedio de la boca que son los siguientes:

- 22x35 mm (periapicales y aleta de mordida).
- 57x76 mm (oclusales).



Figura 20. Tamaños de las películas.

2.8.5.1. Empaquetamiento de la película intraoral

Cada película Intraoral se empaqueta para protegerla de la luz y de la humedad, la película y su empaque que la rodea se conoce como el paquete de la película. En odontología existe una gran diferencia entre los términos “paquete de película” y “película”. Los paquetes de película intraorales suelen encontrarse disponibles en cantidades de 25, 100 o 150 películas por envase (1).

Los envases de las películas se disponen en bandejas de plástico o cajas de cartón para facilitar su futura reciclaje. Estas cajas están etiquetadas con información que incluye el tipo de película, la cantidad de películas por paquete individual, el total de películas en el conjunto y la fecha de caducidad de la película radiográfica (1).

Un paquete de película radiográfica intraoral está compuesto de cuatro elementos independientes:

- Lámina de plomo
- Envoltura de papel de la película
- Película de rayos X
- Envoltura exterior de la película exterior (1,2).

2.9. Película de rayos X



Figura 21. Película de rayos X.

La película intraoral de rayos X se compone de una doble emulsión y se usa en lugar de la película de emulsión simple debido a que requiere menos exposición a la radiación para producir una imagen. Cada paquete de películas puede contener una o dos películas dependiendo del tipo de paquete (1).

La película tiene un punto en relieve en una esquina que se usa para ayudar a la orientación de la película, al cual se lo conoce como punto de identificación. El lateral de la película en el que se alza el punto se colocará siempre hacia el haz de rayos X. Cuando se colocan las películas, este punto se dirige hacia el operador, y así las películas se disponen anatómicamente y se visualizan como si el operador estuviera de frente al paciente (7).

2.9.1. Envoltorio de papel de película

El envoltorio de papel de la película sin el paquete es una lámina protectora que cubre a la película y la protege de la luz (1).

2.9.2. Lámina de plomo

La lámina de plomo es una lámina de plomo delgada que se encuentra en el interior del paquete de la película, ubicada detrás de la envoltura de papel de protección. Su función principal es proteger la película de la radiación de retrodispersión (secundaria) y prevenir que se produzca un velado en la imagen de la misma (1,7).

2.9.3. Paquete envoltorio externo

El envoltorio externo del paquete consiste en un revestimiento de vinilo suave o material plástico que contribuye a lograr el sellado hermético del paquete de película, esta envoltura exterior sirve para proteger a la película de la exposición a la luz y a la saliva (1,7).

La envoltura exterior del paquete de la película radiográfica tiene dos partes:

- Lado del tubo.
- Lado de la etiqueta.

2.9.3.1. Lado del tubo

El costado del tubo es de color blanco y presenta una elevación en una de las esquinas, la cual coincide, como se mencionó previamente, con el punto de referencia en la película de rayos X. Cuando esta se coloca en la boca, el lado blanco (el lado que da hacia el tubo) de la película es el que debe estar frente a los dientes y al cabezal (11).

2.9.3.2. Lado de la etiqueta

El lado de la etiqueta de la película tiene una aleta utilizada para abrir el paquete de la película y que así se pueda remover antes de su procesamiento. El lado de la etiqueta tiene un código de color para poder identificar las películas fuera de los paquetes plásticos, los códigos de color nos ayudan para diferenciar los paquetes: de una película, dos películas y las películas rápidas (12).

Al momento de colocarlo en la boca, el lado del color codificado es decir el lado de la etiqueta del paquete debe hacer frente a la lengua. Puede ser fácil de recordar que el lado blanco de la película se adosa a las caras linguales de las piezas dentarias (13).

La siguiente información se encuentra impresa en la etiqueta del paquete:

- Un círculo o punto que corresponde con el punto de identificación de la película.
- La frase hacia el lado opuesto del tubo.
- Nombre del fabricante.
- Sensibilidad de la película.
- Número adjunto de la película.



Figura 22. Lado de la etiqueta.

2.9.4. Película radiográfica extraoral

La película radiográfica extraoral es un medio común utilizado en la captura de imágenes radiográficas en odontología y en otras especialidades médicas. A diferencia de las películas intraorales, las películas extraorales se utilizan para capturar imágenes más grandes de áreas más amplias de la cabeza y el cuello (14).

Estas películas están disponibles en diferentes tamaños y se pueden utilizar para capturar imágenes de la mandíbula, el maxilar, las articulaciones temporomandibulares (ATM) y las estructuras óseas de la cara. Las películas extraorales también se utilizan para la detección temprana de fracturas, infecciones y tumores en la cabeza y el cuello (14).

Las películas radiográficas extraorales consisten en una emulsión sensible a los rayos X que se encuentra entre dos capas de material de soporte. Durante la exposición a los rayos X, la emulsión se somete a una reacción química que produce una imagen de alta calidad de las estructuras óseas (14).

La calidad de la imagen de la película radiográfica extraoral depende de varios factores, como la calidad de los rayos X utilizados, la técnica de exposición, la posición de la película y la calidad del procesamiento químico. La calidad de la imagen también puede verse afectada por la edad de la película, la exposición a la luz y la humedad (14).

A pesar de que las películas radiográficas extraorales siguen siendo un medio comúnmente utilizado en odontología y otras especialidades médicas, su uso se ha reducido en los últimos años debido a la introducción de nuevas tecnologías como los sistemas de radiografía digital y los escáneres de tomografía computarizada (TC). Estos sistemas proporcionan una calidad de imagen superior, reducen el tiempo de exposición y eliminan la necesidad de procesamiento químico (14).

2.9.5. Composición de la película dental radiográfica

La película de Rayos X que es utilizada en odontología está compuesta por cuatro componentes básicos:

- Una base de la película
- Una capa adhesiva
- Emulsión de la película
- Una capa protectora

2.9.5.1. Base de la película

La película dental tiene una base de plástico flexible hecha de poliéster de 0.2 mm de grosor que puede soportar el calor, la humedad y la exposición química. La base es transparente con un tinte azul ligero

que mejora el contraste y la calidad de la imagen. Además de dar soporte a la emulsión, la base proporciona resistencia y estabilidad a la película (1,5).

2.9.5.2. Capa adhesiva

La capa adhesiva es una fina capa que contiene un material adhesivo que recubre ambas caras de la base de la película radiográfica. Esta capa adhesiva se aplica a la base de la película antes de la aplicación de la emulsión, y su función principal es adherir la emulsión de forma segura a la base de la película radiográfica (1).

2.9.5.3. Emulsión de la película

La emulsión de la película se encuentra aplicada en ambos lados de la base de la película mediante una capa adhesiva. Esto se realiza con el fin de conferir a la película una mayor sensibilidad a la radiación X. La emulsión es una mezcla homogénea compuesta por gelatina y cristales de hialuro de plata (1).

A) Gelatina: la gelatina se elabora a partir de la piel y los huesos, los cuales, al ser cocidos, generan un líquido viscoso. En este líquido, los cristales de la emulsión fotográfica pueden distribuirse de manera homogénea. Al enfriarse, adquiere una textura viscosa que facilita el control de su espesor de manera sencilla. Se utiliza para dispersar y suspender uniformemente millones de cristales microscópicos que son de hialuro de plata sobre la base de la película. Durante el procedimiento del procesamiento de la película la gelatina cumple la función de absorber las soluciones de procesamiento y permite que los productos químicos reaccionan con los cristales de hialuro de plata (2,6).

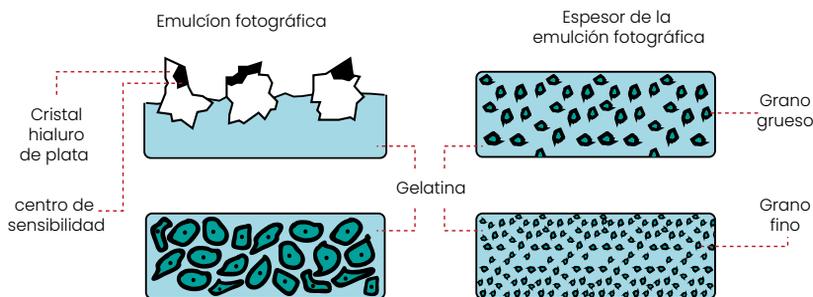


Figura 23. Componentes de la gelatina

Cristales de hialuro: los cristales de haluro son los componentes fundamentales de la emulsión fotográfica que se utiliza en la fabricación de las películas radiológicas. Estos cristales están hechos de sales de plata, como el bromuro de plata (AgBr) y el yoduro de plata (AgI). Durante la exposición a los rayos X, estos cristales absorben la energía de la radiación y la convierten en una imagen latente en la película. La cantidad y el tamaño de los cristales de haluro en la emulsión afectan la calidad de la imagen radiográfica resultante (1).

Los cristales de haluro de plata, que consisten en bromuro de plata (AgBr) y yoduro de plata (AgI), son los componentes de la emulsión de la película de rayos X. Normalmente, la emulsión contiene entre el 80 % y el 99 % de bromuro de plata y entre el 1 % y el 10 % de yoduro de plata. Durante la exposición a los rayos X, estos cristales absorben la radiación y almacenan su energía (1).

B) Capa protectora: Es un estrato delgado y traslúcido que se sitúa sobre la emulsión con el propósito de resguardar la superficie de esta última contra la manipulación, posibles daños mecánicos y durante el proceso. Por lo general, consiste en una sola lámina de gelatina caliente colocada sobre la emulsión preexistente (1).

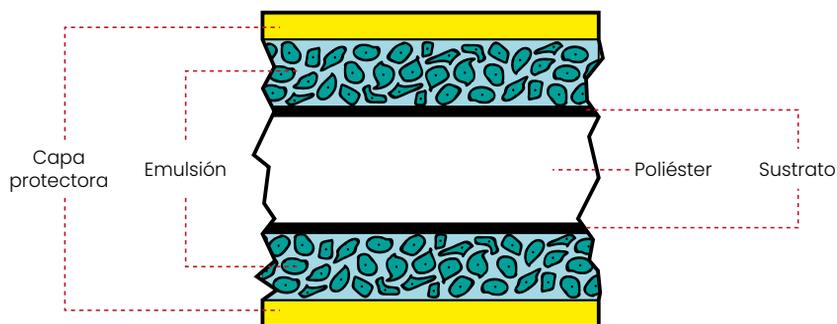


Figura 24. Base de la película radiográfica.

2.10. Tipos de películas radiográficas

Se clasifican básicamente según el número de emulsiones fotográficas que pueden producir, por lo que clásicamente podemos distinguir dos tipos diferentes de película de rayos X (6,8):

2.10.1. Película de doble emulsión

Las películas de rayos X de doble emulsión son las más utilizadas en el diagnóstico médico de rayos X y consisten en películas cuyos sustratos están recubiertos en ambos lados con una emulsión fotosensible (8).

Este tipo de película siempre debe usarse con dos pantallas mejoradas, dispuestos en un lado. Cada lado está en estrecho contacto con cada emulsión (8).

2.10.2. Película de emulsión simple

La película en la que solo se coloca una emulsión fotosensible en un lado de un sustrato de poliéster se denomina película de "emulsión simple". Su estructura es diferente a la vista de la parte anterior, ya que, en el lado de la base de poliéster, donde no hay emulsión fotosensible, se coloca una capa denominada capa antihalo (8).

Este tipo de película se utiliza en radiografía directa o sin pantalla, o con chasis que constan de una sola pantalla reforzada (8).

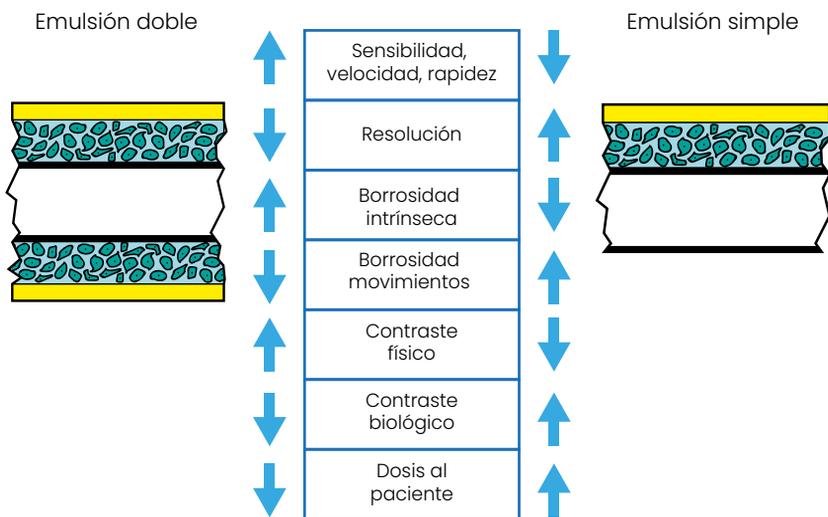


Figura 25. Diferentes características de la película radiográfica según su emulsión fotográfica.

2.11. Formación de la imagen latente

Los cristales de haluro de plata son responsables de absorber los rayos X durante la exposición y de almacenar la energía de la radiación. La cantidad de energía que se almacena en los cristales de haluro de plata depende de la densidad de los objetos presentes en el área expuesta. Si los objetos son densos y absorben los rayos X, los cristales de haluro de plata no recibirán mucha radiación y, por lo tanto, no estarán energizados (1,6).

Por otro lado, si los objetos son menos densos y permiten que los rayos X los atraviesen, los cristales de haluro de plata recibirán más radiación y se energizarán más. Esta energía almacenada crea un patrón invisible en la emulsión de la película, conocido como imagen latente (8).

La imagen latente permanece invisible dentro de la emulsión hasta que se somete a los procedimientos de procesamiento químico. Cuando la película expuesta con la imagen latente se procesa, se genera lo que se conoce como la imagen visible (1).

2.12. Equipos convencionales y actuales de radiología dental

La radiología dental es sumamente importante en el ámbito de la odontología, ya que prácticamente cada dentista toma personalmente sus propias radiografías (13).

Desde hace algunos años, los sistemas radiográficos a base de películas han sido utilizados en el medio de la salud oral. Una vez irradiadas, estas películas son procesadas químicamente e interpretadas en un negatoscopio. El procesamiento químico de estas películas consume tiempo y más aún el procesamiento químico que requiere de una técnica sensible, que puede causar por falta de tiempo la pérdida de visibilidad de patologías (14).

La radiología digital se introdujo en odontología a finales de los años ochenta y está reemplazando a la película radiográfica. El proceso digital de estas radiografías hace que el procesamiento, la exhibición y el archivado de todas las imágenes sea más fácil ya que los pasos son automatizados en su mayor parte (8).

Una de las ventajas de estos equipos digitales es la posibilidad de poder modificar el contraste y el brillo de las imágenes, y en la mayoría de los casos existen algunos filtros pre programados para mejorar la

interpretación de la imagen, que en cierta forma pueden compensar una sub o sobreexposición, para mayor entendimiento se muestra en el siguiente cuadro entre la radiología digital y la convencional (15).

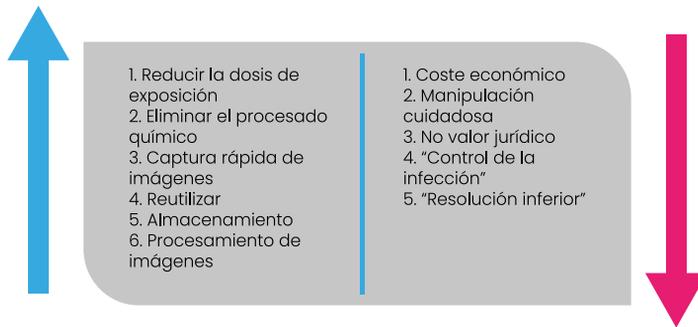


Figura 26. Ventajas y desventajas de la radiología digital

Las imágenes producidas por el sistema digital son excelentes en términos de nitidez, contraste, detalle y variación de densidad, requieren menos radiación que la radiografía convencional. Esto ya reduce el riesgo de los exámenes de pacientes y hace que el entorno de trabajo de los técnicos sea más seguro. Además, dado que las imágenes se generan instantáneamente en la computadora, se pueden enviar rápidamente a los radiólogos (15). El profesional envía rápidamente el informe médico a un especialista a distancia o al médico responsable del paciente, quien puede realizar un diagnóstico e iniciar el tratamiento adecuado, haciendo más ágil y eficiente todo el proceso asistencial. La movilidad de todos estos archivos radiográficos digitales se ve facilitada por el Sistema de Comunicación y Almacenamiento Digital (PACS) integrado en el Sistema de Información Radiológica (RIS) utilizado por los servicios médicos de todo el mundo, siguiendo el modelo de calidad establecido por Digital Imaging and Communication Medicine (DICOM). De esta forma, el mecanismo aumenta la productividad en términos de tiempo de procesamiento y transporte (15).

2.12.1. Sensores digitales

El sensor digital es una tecnología relativamente nueva en la industria de la imagen médica y ha revolucionado la forma en que se capturan y se procesan las imágenes radiográficas. La historia del sensor digital se remonta a la década de 1980, cuando los investigadores comenzaron a buscar formas de mejorar la calidad de las imágenes radiográficas y reducir el tiempo de exposición a la radiación (16).

En 1987, la compañía americana Foveonics presentó el primer sensor digital para la imagenología médica. El dispositivo, llamado Foveon X3, fue el primer sensor que permitió la captura de imágenes radiográficas de alta resolución con una dosis de radiación significativamente menor. Este sensor utilizó un circuito integrado de silicio que convirtió los rayos X en señales eléctricas, las cuales fueron procesadas para generar una imagen digital (16).

A pesar de su capacidad para reducir la exposición a la radiación, el sensor Foveon X3 no fue ampliamente adoptado por la industria médica debido a su alto costo. Sin embargo, sentó las bases para el desarrollo posterior de sensores digitales más accesibles (16).

En la década de 2000, los sensores digitales comenzaron a reemplazar gradualmente los sistemas de película radiográfica convencionales en la industria médica. Los sensores digitales proporcionaron una imagen radiográfica de mayor calidad y permitieron la edición y el procesamiento de la imagen en tiempo real (17).

En la actualidad, los sensores digitales son ampliamente utilizados en la industria médica, incluyendo la radiología dental, la radiología general, la radiología de mama y la tomografía computarizada. Los avances en la tecnología de los sensores digitales continúan mejorando la calidad de las imágenes médicas y reduciendo la dosis de radiación para los pacientes (17).

Los sensores digitales son dispositivos que convierten señales físicas en señales digitales para su procesamiento y almacenamiento. La tecnología de punta del sensor de radiografía dental digital emplea avanzados sistemas que convierten las señales de rayos X en señales digitales de alta calidad, generando imágenes precisas y detalladas en tiempo real. Esto posibilita un diagnóstico más preciso y efectivo en el tratamiento dental, además su diseño ergonómico y fácil manejo lo hacen ideal para cualquier consulta dental. El sensor se adapta a una amplia variedad de necesidades de radiología dental, y puede ser usado como un sensor radiovisiográfico (17).

El sensor radiográfico es una herramienta utilizada en radiología dental para capturar imágenes detalladas de dientes y estructuras orales. Su funcionamiento se basa en la captura de rayos X que atraviesan los tejidos y dientes del paciente, los cuales son convertidos en señales eléctricas visibles en un monitor. En comparación con los sensores radiográficos convencionales, la radiografía digital es una tecnología

avanzada que permite la obtención de imágenes de mayor calidad y una mayor facilidad de uso (17).

2.13. Sistema radiográfico convencional

La radiografía convencional utiliza la emisión de fotones de radiación (en el caso de los rayos X) y su interacción con el tejido humano para producir imágenes. Los rayos X emitidos son parcialmente absorbidos por los organismos vivos, pero algunos logran atravesar el material y chocar con la película de rayos X. En ese momento, sensibiliza las sales de plata que contiene y las quema. Debido a que cada estructura del cuerpo humano (ya sea grasa, músculos, huesos, tejido pulmonar pulido con chorro de arena, etc.), absorbe una cantidad diferente de radiación, la película se quema según este estándar. De esta manera, se creó una imagen de todas las estructuras alcanzadas por el rayo (17).

Para que la imagen fuera visible, es necesario revelar la película y hacer una reproducción en escala de grises. En esta paleta, el tono más cercano al blanco representa el material denso que absorbe toda la radiación y evita que la película se quemara. Los tonos más oscuros indican que la mayoría de los rayos X lograron atravesar la estructura y quemar la película, formando una estructura menos densa (17).

2.13.1. Procesado de la imagen radiográfica

El procesado de la imagen radiográfica es el conjunto de técnicas y procedimientos que se utilizan para transformar la imagen latente captada en una placa radiográfica en una imagen visible y útil para el diagnóstico. Estos procedimientos incluyen:

- Revelado
- Fijado
- Lavado
- Secado
- Visualización

En el revelado, se sumerge la placa radiográfica en una solución química para estimular la formación de la imagen latente, que se origina a partir de la exposición de la película a los rayos X. El fijado implica el uso de una solución química para detener la acción del revelador y eliminar el exceso de haluros de plata no expuestos. Luego, se lleva a cabo el lavado para eliminar cualquier residuo químico que pudiera afectar la

calidad de la imagen. Después del lavado, la película se seca en una sala oscura para evitar la exposición a la luz, y finalmente se visualiza la imagen radiográfica (1).

2.13.2. Placa de fósforo

La placa de fósforo es un dispositivo utilizado en radiología dental para obtener imágenes de alta resolución de los dientes y las estructuras orales. Esta tecnología, también conocida como radiografía computarizada (CR), se desarrolló a partir de la tecnología de los tubos de rayos X en la década de 1980 (18).

Antes de la invención de la placa de fósforo, se utilizaban películas radiográficas convencionales para capturar imágenes de rayos X. Sin embargo, estas películas eran difíciles de manejar y procesar, y también requerían una gran cantidad de exposición a los rayos X para producir imágenes de calidad. Esto resultaba en una mayor exposición del paciente a la radiación y aumentaba el tiempo de espera para obtener los resultados (18).

La primera versión de la placa de fósforo se desarrolló en Japón en la década de 1980. En este sistema, se utilizó una placa de vidrio recubierta con una capa de material sensible a los rayos X, similar a la emulsión que se utiliza en las películas radiográficas convencionales. Esta placa se colocaba dentro de un casete de plomo para protegerla de la exposición a la luz y se exponía a los rayos X durante el procedimiento radiográfico (18).

Una vez expuesta, la placa se colocaba en un escáner de placa de fósforo, que utiliza un láser para leer la información almacenada en la placa. La señal eléctrica resultante se procesaba en un ordenador, lo que permitía visualizar la imagen en una pantalla y mejorar la calidad de la imagen mediante ajustes de brillo y contraste (18).

A medida que la tecnología avanzó, se desarrollaron mejoras en la placa de fósforo para mejorar su capacidad para capturar imágenes de alta calidad con menor exposición a la radiación. Esto incluyó el uso de placas de fósforo más sensibles y un escáner láser más potente para leer la información almacenada en la placa (18).

A pesar de sus limitaciones, la placa de fósforo sigue siendo una herramienta valiosa en la radiología dental. Es especialmente útil en situaciones en las que se requiere una imagen inmediata, como en emergencias dentales o en la toma de imágenes en pacientes que

no pueden ser sometidos a radiografías convencionales debido a su estado de salud. También es más económica que los sistemas de radiografía digital más avanzados, lo que la hace más accesible para muchas clínicas dentales (18).

La placa de fósforo es una placa que contiene partículas de fósforo, que se cargan positivamente cuando se exponen a los rayos X. La exposición a los rayos X en la placa crea una imagen latente en la misma, que se puede leer mediante un escáner específico (19).

Esta herramienta ha evolucionado a lo largo de los años, desde el uso de placas de fósforo a la digitalización de imágenes. La radiografía digital ha reemplazado en gran medida a la placa de fósforo, ya que permite la captura de imágenes de alta calidad de manera más rápida y eficiente. Sin embargo, la placa de fósforo todavía se utiliza en algunos casos específicos (19).

La ventaja principal de la placa de fósforo es la reducción de la dosis de radiación que recibe el paciente en comparación con los sistemas de radiografía convencionales. La placa de fósforo también ofrece una mayor calidad de imagen que los sistemas de radiografía convencionales y es más fácil de manejar. Además, la placa de fósforo es una opción más económica que la radiografía digital, lo que la hace atractiva para algunas clínicas dentales (19).

En cuanto a su uso, la placa de fósforo es fácil de colocar en la boca del paciente y se puede utilizar para capturar imágenes de todo tipo de dientes y estructuras orales. La placa de fósforo es una herramienta muy versátil en la radiología dental, y puede utilizarse para una amplia variedad de situaciones, incluyendo el diagnóstico de caries, enfermedades periodontales y problemas en los dientes de la mordida (19).

Aunque la placa de fósforo ofrece una serie de ventajas, también presenta algunas limitaciones. Una de las principales desventajas es el tiempo que se necesita para procesar la imagen. La placa de fósforo debe ser procesada manualmente en un escáner específico, lo que lleva más tiempo que la captura y procesamiento de imágenes digitales (19).

Otra desventaja es que la placa de fósforo es un material frágil, por lo que se deben tomar precauciones para evitar que se rompa. También se debe tener en cuenta que la placa de fósforo es un material reutilizable, pero con el tiempo puede perder calidad y ser necesario reemplazarla (19).

Referencias

1. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía dental – Principios y técnicas. 4th ed. Cruz GS, editor. New York: Amolca; 2013.
2. Dávalos M. Historia de la radiología. Rev Act Clin Med [Internet]. 2013 [cited 2023 Jan 17];37:1787-93. Available from: <https://es.scribd.com/document/517323603/v37a01#>.
3. Binda MC. Historia de la radiología. Argent J Radiol [Internet]. 2018 [cited 2023 Jan 17]; 82(1):53-4. doi:10.1055/s-0038-1639574.
4. Asociación Latinoamericana de Radiología odontológica (ALRO). Radiología dental en Centroamérica: Una revisión histórica. Revista de la Asociación Dental Mexicana [Internet]. 2015 [cited 2023 May 2];72(2):93-97. Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/publicaciones.cgi?idrevista=>.
5. Gayarre G, Delgado M, Martínez M, Otón C. Manual de radiología clínica. España: Elsevier; 2001.
6. Alcaraz M. Tema 10 la película radiográfica [Internet]. Webs.um.es. [cited 2023 Jan 20]. Available from: <https://webs.um.es/mab/rmiwiki/lib/exe/fetch.php?id=lecciones&cache=cache&media=lectura-10.pdf>.
7. Bolaños M, Arévalo, L. Evaluación de un equipo de radiografía dental intraoral en Javesalud IPS usando la norma técnica IEC 61223-3-4. [Master's Thesis]. [Colombia]: Universidad ECCI; 2016.
8. Moores B, Owens R. Introduction to radiologic technology, 7th edition. St. Louis, MO: Elsevier, 2017.
9. Barbieri Petrelli G, Flores Guillén J, Escribano Bermejo M, Discepoli N. Actualización en radiología dental: Radiología convencional Vs digital. Av Odontoestomatol [Internet]. 2006 Abr [cited 2023 Jan 20];22(2):131-139. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v22n2/original4.pdf>.
10. Kaur S, Chaudhary S, Singh P, Singh G. Portable Dental X-ray Machines. Int J Sci Stud. 2015; 3(6).
11. Guzmán C, Contreras C, Rabanal C. Radiología clínica oral y maxilofacial. Santiago de Chile: Amolca; 2019.
12. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. Barcelona: Elsevier Health Sciences; 2021.
13. White S, Pharoah MJ. Radiología oral – Principios e interpretación. Madrid: Elsevier Science; 2001.
14. Kaeppeler G, Vogel A, Axmann-Krcmar D. Intraoral storage phosphor and conventional radiography in the assessment of alveolar iteraturales.

- Dentomaxillofac Radiol [Internet]. 2000 Nov [cited 2023 May 8];29(6):362-7. Doi: 10.1038/sj/dmfr/4600556.
15. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía dental – Principios y técnicas. New York: Amolca; 2013.
 16. Fuentes R, Arias A, Borie E. Panoramic radiographs: An Invaluable Tool for the Study of Bone and Teeth Components in the Maxillofacial Region, Int J Morphol [Internet]. 2021 [cited 2023 May 2];39(1):268-273. Available from: doi: 10.4067/S0717-95022021000100268.
 17. Shahbazian M, Vandewalle K. Portable dental X-ray systems: a review. Radiol Technol. 2017; 88(6).
 18. Tyndall D, Rathore S. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. Dent Clin North Am [Internet]. 2008 [cited 2023 Apr 28];52(4):825-841. Available from: Doi: 10.1016/j.cden.2008.05.002.
 19. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and iteratural radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod [internet]. 2008 May [cited 2023 May 2];106(1):106-114. Doi: 10.1016/j.tripleo.2008.03.018.





Capítulo III

¿Cómo me protejo de la radiación ionizante?

Autores

Magdalena Molina Barahona

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Lorena González Campoverde

Docente de la Universidad Católica de Cuenca

Monica Piña D'abreu

Odontóloga en la Universidad del Zulia

María Emilia Granda Larriva

Graduada de la Universidad Católica de Cuenca

INTRODUCCIÓN

Los rayos X son un tipo de radiación ionizante capaz de producir cambios a nivel celular y por ende en los tejidos que componen los órganos del cuerpo humano, lo que se conoce como efectos biológicos. A lo largo del tiempo estudios han evidenciado efectos biológicos mediante la observación de consecuencias en sobrevivientes de bombas nucleares, personal ocupacionalmente expuesto a componentes radioactivos y pacientes que han recibido radioterapia (1).

En el área de la odontología, la radiación se utiliza y la protección radiológica disminuye la probabilidad de efectos no determinísticos, que su daño es directamente proporcional al tamaño de la dosis recibida (1,2).

3.1. Biología de la radiación

Biología de la radiación es el análisis de las consecuencias que produce la radiación de tipo ionizante sobre los tejidos vivos. La interrelación desfavorable que existe entre la materia y la radiación ionizante se produce en el electrón desde los primeros 10^{-13} segundos posterior a la exposición, en el tejido sano (1).

Los efectos ocurridos provocan una alteración en las moléculas que pueden perdurar durante horas, décadas e incluso generaciones. Los cambios moleculares traen consigo variaciones en las actividades normales de las células (1).

La cantidad de rayos X que se utilizan en Odontología es relativamente baja, pero aun así tiene la capacidad de causar daño biológico. (1).

3.1.1. Lesión por radiación

Las radiaciones ionizantes provocan daños biológicos que son muy perjudiciales. Toda radiación ionizante es dañina y tiende a provocar cambios en los tejidos a nivel biológico. Actualmente se están realizando varias investigaciones sobre los efectos nocivos de la alta exposición a la radiación (1,2).

3.1.1.1. Mecanismo de lesión

En la toma de una imagen radiográfica, se emiten rayos X pero solo una cierta cantidad, no todos, atraviesan al paciente hasta llegar a la película radiográfica; varios de ellos son asimilados por los tejidos

vivos. El proceso donde se da una transmisión de la energía completa del fotón hacia los tejidos de un ser vivo, es llamada absorción. ¿Qué sucede con los tejidos que absorben esta energía de los rayos X? Existe un daño biológico, porque se producen cambios químicos. El daño por radiación puede tener dos mecanismos específicos (1):

A) Ionización: la ionización es el resultado del proceso cuando los rayos X inciden con un átomo, es decir con el tejido de un paciente. Se da mediante un efecto fotoeléctrico en donde es eliminado a altas velocidades el electrón que se encuentra en los orbitales internos, lo que hace que el átomo se vuelva con carga positiva y el electrón eliminado en un anión (3). Toda esa energía producida conduce a la excitación de enlaces moleculares los cuales provocan alteraciones químicas en el interior de la célula que da paso a un daño biológico (1).

B) Formación de Radicales libres: en su interior hay un solo electrón desapareja ubicado en la capa externa, por eso son muy reactivos y pueden atrapar un electrón de otros átomos para encontrar un equilibrio electroquímico (1,4).

Para alcanzar este equilibrio los radicales libres tienen la capacidad de:

- Recombinarse, pero sin alteraciones en la molécula
- Combinarse con nuevos radicales, y provocar cambios
- Combinarse con moléculas comunes y crear toxinas, produciendo cambios celulares (1).

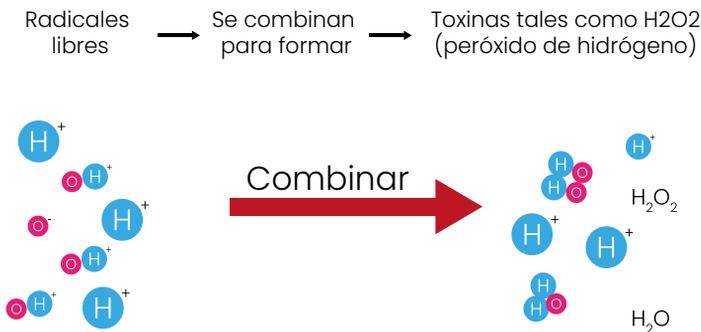


Figura 1. Mecanismo de la lesión.

3.1.1.2. Teorías de la lesión por radiación

La destrucción a los tejidos es consecuencia de la exposición a radiación ionizante, puede darse debido a una absorción de forma directa del fotón de rayos X, que al entrar en contacto con la molécula de agua de la célula da como resultado la formación de un radical libre (1).

Los efectos de la radiación sobre los tejidos biológicos y el daño celular se describen mediante dos teorías:

A) Teoría directa: se compone de partículas cargadas energéticamente, y se da cuando estas inciden de forma directa en el área objetiva de una célula (1,5).

Se origina una interacción directa con macromoléculas biológicas necesarias para la vida como es el ADN, ARN, enzimas, proteínas, y las ionizan. Así, cambian su estructura volviéndose estructuras anormales, que modifican la composición química alterando sus funciones normales (1).

Los efectos cromosómicos del daño por lesión directa incluyen:

- Incapacidad transmisora de información
- Apoptosis (muerte o destrucción celular)
- Daño temporal: el ADN se arregla o repara antes de una nueva división celular
- Replicación anormal (2)
- Ruptura de una o ambas cadenas de ADN (6)

El daño por radiación puede afectar a células madre y como consecuencia trae consigo una anomalía congénita inducida por la energía recibida. El daño que se producirá a nivel celular depende de algunos factores como: (2)

- Capacidad de la célula para repararse
- Número y tipo de enlaces de ácidos nucleicos perdidos
- El tiempo de exposición
- Intensidad y tipo de radiación recibida
- Fase de división celular en la que se encuentre la célula al momento de ser irradiada

B) Teoría Indirecta: contiene partículas sin carga, en esta acción la radiación incide en las moléculas de agua de la célula, produciendo radicales libres como el dióxido de hidrógeno, por consiguiente se pueden formar más tipos de reacciones, en su estructura todos estos radicales tienen en su interior un electrón libre o no apareado, los que los convierte en células muy reactivas, y así reaccionan con el ADN ocasionando lesión molecular, la lesión se da por la combinación de los radicales libres que juntos van a formar toxinas (1,5).

Los radicales libres al combinarse forman dos compuestos uno es el peróxido de hidrógeno, una toxina celular, y otro radical hidroperóxido, también sustancia tóxica. Estas dos al recombinarse causan daño biológico en la estructura celular, rompiendo enlaces químicos y multiplicando su efecto dañino (2).

3.1.1.3. Curva de la respuesta a la dosis

La exposición a radiaciones ionizantes puede provocar cambios celulares y provocar daños biológicos, entonces ¿hasta qué nivel se considera aceptable? (1) Para esto es necesario trazar una curva en donde se exprese una relación entre dosis de radiación emitida que recibe una persona, y la capacidad de respuesta celular ante esa exhibición (1,2).

Frente a una exposición a radiación una curva de respuesta a la dosis es utilizada para asociar la "respuesta" o el resultado de la lesión causada, en relación a la "dosis" o cantidad de radiación emitida (1).

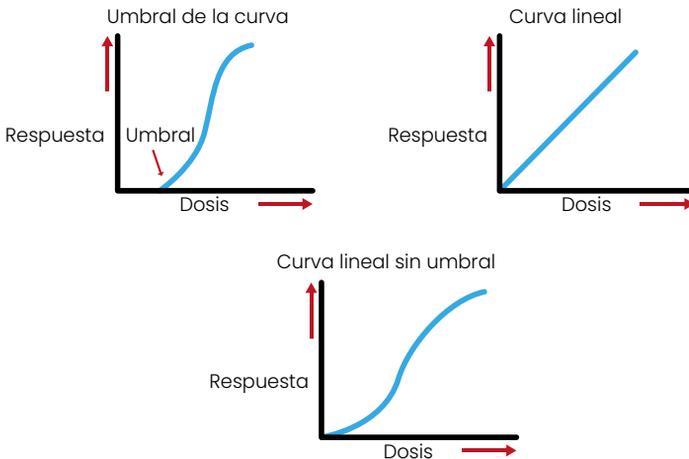


Figura 2. Curva de la respuesta a la dosis.

3.1.1.4. Efectos estocásticos y no estocásticos

Las consecuencias producidas por radiación pueden ser de tipo agudo, que se manifiestan después de un corto tiempo luego a la exposición; y crónicos que se manifiestan luego de varios años después de la exposición.

Los efectos a largo plazo son aquellos que aparecen años o décadas después. Están asociados con bajas dosis de radiación recibidas de forma continua durante un largo período de tiempo. Este tipo de exposición se aplica a la radiología dental. Por otro lado, los efectos a corto plazo son los que aparecen en minutos, días o semanas y están relacionados con altas cantidades de radiación en poco tiempo, en odontología no es muy común (1).

Los daños biológicos de la radiación se clasifican en dos:

- Estocásticos: es cuando la célula después de la radiación no muere si no sufre un cambio en sus partículas de ADN.

La severidad de estos daños depende de la cantidad de dosis y también del tipo de célula que recibe la radiación. Aun así, en dosis bajas de radiación ionizante existe la baja posibilidad de producir efectos (7,3).

Su efecto aumenta cuando la dosis absorbida es alta, pero sin ningún umbral (5).

- No estocásticos: es cuando la célula después de la radiación muere. La gravedad de las consecuencias va relacionada con la dosis. Su efecto aumenta cuando la dosis absorbida sobrepasa el umbral o nivel definido (8,5).

3.1.1.5. Secuencia de la lesión por radiación

Las reacciones químicas que ocurren después de la exposición a la radiación ocurren a nivel molecular para que exista una alteración en las células y sus funciones, es necesario que exista una alteración en la cantidad de tiempo de la exposición (1).

Tras la exposición comienza el llamado periodo latente, que se define como el tiempo que transcurre desde la exposición a la radiación hasta el desarrollo de síntomas clínicos detectables. Este periodo puede ser mayor o menor dependiendo de la duración de la exposición y/o de

la dosis total recibida, cuanto mayor sea la radiación recibida, menor será el periodo latente. (1).

Luego de este, aparece el período de daño, donde se producen alteraciones en la función celular, distintos tipos de lesiones celulares que incluyen la muerte celular. Como última, existe un período de recuperación, lo que significa que no todo el daño celular es permanente (1).

Órgano / tejido	Efecto causado
Médula Ósea	Leucemia
Células reproductivas	Mutaciones genéticas
Tiroides Piel Glándula Salival	Carcinoma
Cristalino del Ojo	Cataratas

Tabla 1. Efecto de la radiación en los tejidos

Cada lesión trae consigo una reparación, y depende de varios factores. Los efectos por exposición son acumulativos, y el daño sin reparación se va acumulando en los tejidos. Los efectos acumulativos conllevan a problemas de salud, como, por ejemplo, el más conocido es el cáncer (1).

3.1.1.6. Factores que determinan el daño por radiación

Es fundamental estudiar los factores que influyen y determinan la lesión causada por radiación. Entre los factores se encuentran los siguientes:

Tasa de dosis: es una medida de la dosis por unidad de tiempo, dosis/hora (2). Es llamado también tasa de exposición, se da cuando la absorción y la radiación se juntan (1).

La tasa de dosis es directamente proporcional al daño de la radiación, es decir a mayor dosis mayor es el daño biológico producido; al existir una radiación con dosis alta por un tiempo prolongado las células expuestas no cumplen su periodo normal para que el daño celular sea reparado (1).

La radiación se mide: UNIDAD SI: MICROSIEVERT / HORA

Dosis total: es la cantidad total de energía recibida, es la dosis de radiación absorbida. Se produce un daño mayor cuando el tejido irradiado absorbe grandes cantidades de energía ionizante (1).

Cantidad de tejido irradiado: el área irradiada, si es el cuerpo entero, se producirán más efectos sistémicos adversos comparados con la irradiación a una parte específica del cuerpo. Los daños más severos y profundos se dan cuando se irradian zonas extensas directamente el daño ocurre en los tejidos hematopoyéticos (2).

Edad: los niños son más vulnerables a sufrir daño por la exposición a la radiación en comparación a los adultos (1).

Sensibilidad de la célula: las células sensibles a la radiación son las más afectadas, son las que tienen como características una rápida división celular y que sean jóvenes (1).

3.2. Efectos de la lesión por radiación

3.2.1. Efectos a corto y largo plazo

Los efectos a corto plazo están relacionados con lesiones agudas como la disminución de glóbulos blancos, quemaduras cutáneas o síndrome de irradiación aguda mientras que, a largo plazo, los niños y adolescentes tienen un mayor riesgo de sufrir cánceres como la leucemia porque son más sensibles a la radiación. 1).

Los efectos que aparecen minutos, días o semanas después del final del período de incubación se denominan efectos a corto plazo.

Se asocian a la absorción de grandes cantidades de radiación durante un período corto, mientras que los efectos a largo plazo se asocian a la absorción de cantidades muy pequeñas de radiación durante períodos mucho más largos (1).

3.2.2. Efectos somáticos y genéticos

Los daños genéticos (hereditarios) se producen por alteraciones en el cromosoma, afectando el ADN por lo que tienen como consecuencias anomalías congénitas por la radiación mientras que los efectos somáticos (individuo) son daños perjudiciales por la alta radiación (5).

El daño afecta al ADN y provoca roturas de enlaces de hidrógeno, cambios en los enlaces adenina-citosina-guanina-timina, etc. En algunos casos, estas lesiones se manifiestan cambiando la estructura de los cromosomas de la célula, que es la principal causa de enfermedades genéticas humanas (7).

3.2.3. Efectos de la radiación en las células

La radiación logra producir la muerte de algunas células durante la división celular (mitosis), es decir, se da la inactivación celular a través de curvas de sobrevivencia ya que, al no poder reproducirse, inician el desarrollo de ciertas enfermedades congénitas (1).

Las radiaciones ionizantes pueden afectar al núcleo, al citoplasma o a toda la célula. El núcleo es más sensible a la radiación que el citoplasma. El daño al núcleo afecta a los cromosomas que contienen ADN y en la interrupción de la división celular (8).

La radiación ionizante contiene suficiente energía para afectar los átomos de las células vivas y dañar así su material genético. Afortunadamente, las células del cuerpo son muy efectivas para reparar este daño. Sin embargo, si el daño no se repara adecuadamente, la célula puede morir o volverse cancerosa. Este daño puede verse afectado o incidido por tres factores: actividad mitótica, diferenciación celular y metabolismo de la célula (8).

La muerte celular produce los efectos determinísticos en grandes cantidades, para ello existe una dosis umbral para que este daño ocurra y la gravedad aumenta según la dosis; se da por la exposición a dosis de radiación muy altas, donde la célula pierde su función y propiedad de división (7).

3.2.4. Efecto de la radiación en los órganos y tejidos

Desde su descubrimiento, la radiación ionizante se ha utilizado en diversas aplicaciones. Beneficioso para los humanos, pero también puede tener efectos nocivos para la salud. Las personas deben protegerse ante posibles efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, por eso es necesario conocer con la mayor precisión posible los efectos adversos, propiedades físicas y químicas, y también los factores biológicos que influyen en estos efectos (9).

La radiación puede producir anomalías severas, principalmente a nivel de sistema nervioso central y en tejido óseo por lo que existirá

una pérdida en la función de los tejidos y organismos, (efecto determinístico). La complejidad de las consecuencias es proporcional a la dosis de radiación recibida (9).

Las células se estructuran hasta formar unidades funcionales más grandes, tejidos y órganos, todos cambian en su nivel de susceptibilidad frente a la radiación, debido a su conformación y estructuración. Existe el grupo de los órganos llamados radiosensibles en donde interviene la médula ósea, testículos, tejido linfoides y el intestino delgado, estos tejidos están formados por células de su mismo tipo, radiosensibles, y a medida que la dosis aumenta también aumenta los efectos secundarios sobre dichas células, entre los daños celulares podemos identificar el retraso mitótico, muerte en interfase o fallo reproductivo (9).

Por el contrario, los tejidos u órganos radioresistentes, son los capaces de tolerar y responder con mayor efectividad frente a la radioterapia, en este grupo está el riñón, glándulas salivales, hígado e intestino grueso (1,9).

En la radiografía odontológica se denominan a algunos tejidos y órganos como "críticos", este término hace referencia a que es más sensible en comparación a otros órganos, es decir que si sufre una lesión va a disminuir la actividad de dicho órgano, y en consecuente pone en riesgo la vida del paciente. El órgano con más exposición durante la toma de rx de tipo dental, en la región de cabeza y cuello son estos: (1,9).

Piel: es el órgano de entrada de la radiación, contiene células indiferenciadas en la capa basal que son muy radiosensibles. En dosis medias y altas, puede causar inflamación, enrojecimiento, o descamación. A largo plazo puede causar fibrosis (1,9).

Glándula tiroides: en la glándula la dosis de 5 gray (Gy) es capaz de causar deficiencias metabólicas en un periodo de latencia < 1 año aproximadamente, la principal patología presentada es el Hipotiroidismo (1,9).

El cristalino del ojo: en esta zona puede desarrollarse cataratas, que es la opacidad de la vista, debido a un proceso de coagulación de las proteínas en el cristalino del ojo. Es dependiente de la dosis, la edad del paciente, mientras más edad aumenta el riesgo de contraer consecuencias de este tipo (1,9).

Médula ósea o síndrome de la médula ósea: se observan consecuencias tras una exposición aguda entre 3 y 5 gray (Gy), que puede tener una fase prodrómica, efectos posteriores a las 48 horas de exposición, donde se incluyen náuseas, vómitos y diarreas. Además, se puede observar a la tercera semana cuadros de leucopenia y trombopenia, acompañados de infecciones graves, sangrados, etc. (1,9).

3.3. Medidas de la radiación

3.3.1. Unidades de medida

La Comisión Internacional de Unidades y Medidas, estableció unidades específicas para la medición de la radiación. Estas unidades definen tres dosis de radiación: a) exposición, b) dosis y c) dosis equivalente (1).

Es importante que el Odontólogo conozca las unidades y medidas usadas en radiología, para poder informar sobre dosis y exposiciones al paciente (1).

Actualmente se manejan dos sistemas para determinar las mediciones radiológicas (10):

- Sistema Estándar o Tradicional.
 - Roentgen-R
 - Equivalente Roentgen-en hombre-rem
 - Dosis de Radiación Absorbida-rad (10)
- Sistema Sistema Internacional de Medidas (SI), es el sistema métrico más reciente.
 - Gray-Gy
 - Sievert-Sv
 - Columbios/kilogramo-C/kg (10).

Término	Definición
Columbios (C)	Unidad de carga eléctrica, la cantidad de carga eléctrica transferida por 1 amperio en 1 seg.
Newton (N)	SI- la unidad de la fuerza, la fuerza que, al actuar de forma continua en una masa de 1 kilogramo, dara a una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado (m/seg ²).

Amperio (A)	Unidad de intensidad de la corriente eléctrica, de corriente generada por 1 voltio contra 1 ohm de resistencia.
Erg (Erg)	Unidad de energía equivalente a 1.0×10^{-7} julios o 2.4×10^{-8} calorías.
Joule (J)	SI la unidad de energía equivalente al trabajo realizado por la fuerza de 1 newton sobre la distancia de 1 metro.
Kilogramo (Kg)	Unidad de masa que equivale a 1000 gramos o 2.205 libras
Roentgen (R)	La cantidad de radiación X que produce una carga eléctrica de $2,58 \times 10^{-4}$ culombios en un kg de aire en condiciones de temperatura y presión estándar.

Tabla 2. Tabla de términos de Unidades de medida de la radiación.

Las unidades dosimétricas más empleadas en radiología para calcular las dosis incluyen la exposición expresada en C/kg aire o Roentgen (R), la dosis absorbida en Gy o rad, la dosis equivalente en Sv o REM y la dosis efectiva en Sv o REM (10).

3.3.2. Medición de la exposición

La palabra exposición hace referencia a la medición de la ionización que es generada por rayos X. La unidad de medida estándar de la exposición es el Roentgen, esta determina la cantidad de exposición a la radiación gracias al proceso ionizante que se va a producir en el aire (1).

El Roentgen expresa la dosis de carga energética de los electrones que se generan por unidad de masa de aire. La exposición sirve para medir la radiación que recibe la piel de un paciente, un chasis o un intensificador de imágenes (10).

Esta unidad no puede informar sobre el daño que causa en el paciente porque no considera la radiosensibilidad de los tejidos vivos que atraviesa durante la radiación (10).

Para la medición, un volumen de aire conocido es irradiado, los fotones de rayos X interactúan junto a las partículas del aire y dan origen a la formación de iones; estos iones con cargas eléctricas, son medidos (1).

3.3.3. Medición de la dosis

La dosis absorbida, es la medida de la cantidad de radiación asimilada por un tejido unitario (2). Esta unidad de medida se usa para expresar los efectos de la radiación (11).

Debido a la intensa capacidad de penetración de la energía ionizante en los tejidos, cuando irradia una porción grande, la energía puede distribuirse en la materia como un volumen específico hacia otras regiones. El conocimiento de la capacidad de fluir de la radiación en el volumen de interés o específico, incluida la radiación dispersa, es un requisito necesario para el cálculo de la dosis absorbida (12).

La dosis de radiación absorbida es conocida con las siglas "rad", es una unidad tradicional, al contrario del Roentgen no se considera al aire y es aplicable a cualquier forma de radiación (1).

"Rad: es una unidad especial de la dosis absorbida que es igual a la deposición de 100 ergios de energía por gramo de tejido" (1).

El equivalente del rad en el SI es el Gy, y su conversión se expresa así (1):

$$1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rads}$$

3.3.4. Medición de la dosis equivalente

Esta medición se utiliza para comparar los efectos biológicos que provocan los varios tipos de radiación. Su unidad tradicional del roentgen (en) hombre o llamado rem, es un concepto: (1).

"Rem: Es el producto de la dosis absorbida (rads) y un factor de calidad específica para el tipo de radiación" (1)

Es una magnitud utilizada en seguridad radiológica, esta no está indicada para medir grandes dosis empleadas en un período corto de tiempo (5). La dosis equivalente es un indicador primario de protección frente a la radiación, debido a que determina los límites de radiación para el personal expuesto (10).

El equivalente del rem en el sistema SI es el Sv, y su conversión se expresa así (1):

1 rem = 0.01 Sv

1 Sv = 100 rems

3.3.5. Medidas usadas en radiología odontológica

El Roentgen, rem y rad se consideran términos semejantes, en cambio el sievert y el gray son completamente iguales. Los valores más pequeños de estas medidas son los utilizados en la radiología odontológica, ya que la radiación emitida en estos exámenes es relativamente baja. Al utilizar la palabra “mili” quiere decir 1/1000, permite a que el profesional represente en mínimas cantidades de exposición la dosis y dosis equivalente (1,3).

Las dosis usadas en exámenes radiográficos dentales como las imágenes periapicales, la zona de exposición de tejido a la radiación es relativamente baja, por lo que la dosis es menor, así que sucede con las panorámicas, laterales de cráneo, etc. En conclusión, estas medidas no deben sobrepasar los 100 mSv al año (3). Magnitudes adecuadas para establecer niveles de referencia para diagnóstico (13)

Tipo	Magnitud recomendada	Unidad recomendada
Rx Intraoral	Ka, i	mGy
Rx Panorámica	PKA	mGy.cm ₂
	DLP	mGy.cm
Rx Lateral de Cráneo	Ka, e	mGy
	Ka, r	mGy
CBCT	DLP	mGy

Tabla 3. Tabla de tipo de medidas.

3.4. Riesgo de la radiación

3.4.1. Fuentes de exposición a la radiación

Todos estamos expuestos a fuentes naturales de radiación ionizante, como es el suelo, el agua o la vegetación, así como a fuentes artificiales,

tales como los rayos X y algunos dispositivos médicos, concuerdan estos dos autores (1,14).

Los humanos se exponen a diario a radiación de fondo, un tipo de radiación ionizante del medio ambiente, que incluye la radiación cósmica y terrestre (1).

La radiación médica, es artificial, en donde se incluyen procedimientos como radiografía dental, medicina nuclear, fluoroscopia, y terapia por radiación (14). Este tipo de exposición es similar a la dosis promedio anual del resto de las exposiciones juntas y es la mitad de la cantidad normal absorbida en una exposición (1).

Los seres humanos están expuestos a la radiación natural y radiactiva a diario. La radiación natural proviene de varias fuentes, como más de 60 sustancias radiactivas naturales que se encuentran en el suelo, el agua y el aire (1). El radón es un gas natural que se emite desde las rocas y el suelo y es la principal fuente de radiación natural (14).

3.4.2. Riesgos y estimaciones de riesgo

Riesgo es la probabilidad de contraer alguna enfermedad por radiación, en las radiografías el riesgo de tener cáncer fatal es de uno en tres millones lo que lleva a la conclusión de que es más fácil morir por actividades cotidianas (1).

El riesgo de desarrollar cáncer de forma espontánea en una persona es mucho más alto, tres mil treientos en un millón (1).

3.4.3. Radiación dental y riesgos de la exposición

Generalmente las radiografías dentales, hace referencia a de radiografías periapicales, panorámicas, oclusales, etc; las cuales tiene una baja exposición a la radiación, pero siempre se tiene que aplicar los protocolos de protección necesarios, aunque los riesgos sean mínimos (1). En cualquier caso, la mejor manera de prevenir cualquier problema frente a la exposición radiológica es seguir siempre las instrucciones del profesional a cargo de la salud (1).

Sin embargo, las técnicas y herramientas utilizadas para realizar radiografías dentales están diseñadas para reducir los riesgos para la salud al disminuir la exposición del cuerpo y tomar medidas preventivas (2). Se toman precauciones para garantizar que sea lo más baja posible (2).

3.4.3.1. Elementos de riesgo

A) Glándula tiroides: aunque la glándula tiroides no está expuesta al haz primario durante los procedimientos radiográficos dentales, sí está expuesta a la radiación (1).

La dosis estimada necesaria para producir cáncer de tiroides es de 6.000 mrad (0,06 Gy); la radiografía dental no produce una dosis tan alta (1).

B) Médula ósea: el porcentaje de área medular activa de los huesos maxilar y mandibular expuesta en las radiografías dentales es muy bajo (1)

C) Piel: un total de 250 rads (2,5 Gy) en un período de 14 días provoca picazón y/o enrojecimiento de la piel (2). Se generan alteraciones cuando la exposición alcanza a más de 500 películas en 14 días, esto es casi imposible en radiología dental (1).

D) Ojos: si se excede de 200.000 rad (2 Gy) se induce a la formación de cataratas a nivel ocular (1). Tampoco son consideradas en la radiografía dental (1,2).

3.4.4. Riesgo vs beneficios de las radiografías dentales

Los riesgos son mínimos en las radiografías dentales sobre todo cuando se usan las medidas pertinentes de protección mientras que los beneficios incluyen un mejor diagnóstico al paciente y prevención de complicaciones por la anatomía del ser humano (1). Cuando las radiografías dentales son debidamente prescritas, el beneficio de la detección de la enfermedad es más alto que el riesgo de daño por la radiación X (14).

3.5. Protección contra la radiación

La protección radiológica pretende garantizar el uso de radiaciones ionizantes con el daño más bajo posible en el ser humano (15). La radiación ionizante es un tema que requiere un amplio estudio sobre seguridad con el objetivo de reducir al mínimo los riesgos que esta pueda causar en los tejidos expuestos, tanto en el paciente como en el operador radiológico (1)

Cuando recién se descubrió la radiación varios pioneros tuvieron efectos adversos luego de una exposición exagerada y sin medida,

donde algunos perdieron dedos, partes de su cuerpo y a otros los llevó hasta la muerte (15).

El uso de radiación ionizante involucra el acatamiento de reglas y recomendaciones, en donde los beneficios deben tener ventaja sobre los potenciales de daño causados. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) planteó un sistema de protección basado en tres principios: (15)

- Principio de justificación: cuando se necesite usar radiación ionizante esta debe ser para un beneficio únicamente positivo para la persona. Quiere decir que todos los exámenes radiológicos realizados deben estar estrictamente justificados y que el beneficio sea mayor que el daño que pueda causar (15).
- Principio de optimización: tras argumentarse correctamente su uso, se debe garantizar que el procedimiento esté optimizado, es decir, que la imagen obtenida sea de óptima calidad con dosis bajas al paciente. La imagen de rayos x para ser óptima debe tener nitidez y una buena visibilidad, en donde se observan a detalle todas las estructuras implicadas a tratar (15). De esta forma se aseguran de que existan los niveles más bajos posibles que de forma racional se puedan conseguir, tomando en cuenta factores económicos (16).
- Principio de limitación de dosis: el límite se emplea para el radiólogo y el público expuesto, este no aplica en pacientes. No existe un límite para los pacientes irradiados, únicamente existen rangos de referencia para optimizar su protección (15).

3.5.1. Protección del paciente

El uso de los rayos x afecta negativamente a las células vivas de los tejidos del organismo. Con el uso correcto de las medidas de protección del paciente, la cantidad de radiación recibida en las células es menor, minimizando los efectos colaterales. Se deben utilizar antes, durante y después de la exposición (1).

3.5.1.1. Antes de la exposición

Como medida de protección antes de la exposición se requiere una justificación en donde supere el beneficio al daño. También es necesario que el equipo de rayos x se encuentre con total funcionamiento, con valores regulados y que este cumpla con lineamientos federales, con

el objetivo de reducir al mínimo la cantidad de radiación X que reciba el paciente (1).

A) Prescripción de radiografías dentales: es el primer paso y el más importante, aquí se toman en cuenta los principios de la ICRP (1). La persona encargada de esto es el odontólogo, quien toma la decisión usando su juicio profesional determinando el número y tipo de radiografía dentales necesarias (1).

Todos los pacientes deben valorarse individualmente, ya que poseen condiciones diferentes y según esto se toma la decisión correcta de la radiografía dental.

Todas las directrices emitidas por la Asociación Dental Americana (ADA) junto con la Administración de Drogas y Alimentos de EEUU (FDA) para prescribir radiografías se resumen en incentivar la protección del paciente frente a la radiación (15).

B) Equipo Idóneo: el uso de un buen equipo es esencial para minimizar riesgos de exposición (6). El cabezal del equipo debe contar con filtros de aluminio propios, colimador de plomo y un posicionador (15).

C) Filtración: existe dos tipos de filtración que se dan en el cabezal del equipo:

- Filtración Inherente se da cuando el haz primario atraviesa la ventana de vidrio del tubo, el aceite y cabezal. La filtración es aproximadamente de 0,5 a 1,0 mm de aluminio. Esa filtración incumple con los estatutos por lo mismo se le añade filtración (1).
- Filtración Añadida se colocan discos de aluminio en el proceso, entre el colimador y el sello del cabezal, los discos pueden añadir incrementos de 0,5 mm con la finalidad de filtrar longitudes más amplias, pero de baja energía (1).

El equipo debe tener filtración, es decir eliminar los fotones de energía baja que tienen la capacidad de aumentar innecesariamente la dosis efectiva. Nunca se debe utilizar los mismos tiempos de exposición y valores de voltaje de pacientes adultos en pediátricos (15).

D) Colimación: se aplica para reducir la forma y tamaño del haz de rayos x, y así minimizar la exposición al paciente a la radiación (1). La Colimación debe ser adecuada, el volumen del campo del haz se

adapta a la zona de interés. No se debe utilizar FOV (Field of View o Campo de Visión) de niños en adultos (15).

Además, un dato importante en la toma de radiografías panorámicas y en CBCT (Con Beam Computed Tomography) es asegurar un correcto posicionamiento de la cabeza del paciente (15).

Un colimador de forma circular o redonda genera un haz en forma de cono de 2,75", mucho más amplia que la extensión de dos películas (1). Por otro lado, un colimador de forma rectangular restringe el tamaño del haz, a un área de mayor tamaño que de dos películas y minimiza el riesgo al paciente (1).

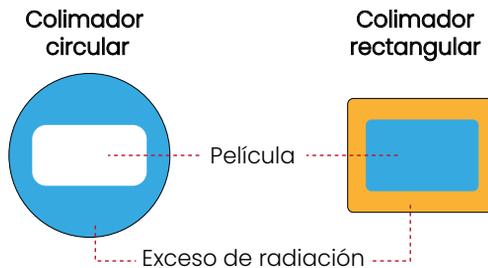


Figura 3. Tipos de colimadores.

E) Dispositivo de indicador de posición. (DIP): también llamado cono, es una extensión que sale del cabezal, y es utilizado para guiar el haz. Existen tres tipos que son lo más comunes:

- Cónico: un cono puntiagudo cerrado, de plástico. Los rayos al salir del cono atraviesan el plástico y se da una radiación de forma dispersa, por esta razón ya no es empleado en odontología (1).
- Redondo y Rectangular: más utilizados, existen dos tamaños: corto de 8 pulgadas y largo de 16 pulgadas. El largo es más conveniente porque ocasiona menor dispersión de los rayos emitidos y el más eficaz es el rectangular en cuanto a reducir exposición al paciente (1).

3.5.1.2. Durante la exposición

Estas medidas de protección son las más importantes, el paciente debe utilizar dispositivos durante la exposición para proteger a los tejidos de la radiación ionizante, evitando futuras consecuencias (15).

Se recomienda el uso del collar tiroideo y el delantal plomado de espesor adecuado, sobre todo en niños y mujeres embarazadas. En panorámicas el uso del collar debe ser indispensable para protección de la glándula tiroides (la glándula tiroides presenta alta sensibilidad frente a la radiación ionizante) y el esófago sin embargo el collar tiroideo en la obtención de radiografías panorámicas suele producir artefactos de imagen (15,17).

Además, existen guantes plomados para proteger manos, brazos y hombros que están expuestos de forma directa. En cefalometrías y CBCT el uso de collar es usado sólo cuando la colimación no descarte la tiroides (15). Todos estos se utilizan para restringir la cantidad de radiación absorbida por los tejidos (17).

Se recomienda usar un dosímetro, instrumento que mide la cantidad de rayos que pueden absorber el paciente, que suele usar el operador, no el paciente (17).

A) Collarín tiroideo: es un protector de plomo, es flexible y al colocar cubre rígidamente la zona alrededor del cuello. Su función es proteger la glándula tiroides y parte del esófago, frente a la dispersión de la radiación. El plomo es un material que previene la radiación de esta zona y protege los tejidos que son sensibles (1).

El collar puede estar unido al delantal de plomo o como un elemento aparte (1). Este instrumento no se recomienda para la toma de radiografías extraorales, ya que en estas radiografías puede ocultar información y, por consiguiente, un mal diagnóstico (1).

B) Delantal de plomo: se ubica sobre todo el pecho del paciente para proteger todos los órganos, como un escudo flexible, en los tejidos reproductivos que pueden afectar la radiación ionizante. El plomo tiene la capacidad de impedir la dispersión de la radiación. Se utiliza en la toma de imágenes extra e intraorales, de igual manera en pacientes adultos y niños (1).

El chaleco debe tener una equivalencia de plomo de 0,25 a 0,5 mm, para proteger tejidos radiosensibles, a pesar de la baja radiación ligada a la radiografía dental (17).

C) Película rápida: es el instrumento más eficiente para protección y reducción del tiempo de exposición del paciente, existen de tipo extra e intraoral. Hoy en día la película más rápida disponible en el mercado es la de velocidad F. Este tipo de películas permiten una reducción

adicional de aproximadamente el 20 % de la exposición frente a otras películas. Si comparamos con películas tradicionales, frente a imagen digital se requiere de menos exposición del paciente y así la dosis es mucho más baja (1).



Figura 4. Sensor digital.

D) Selección del factor de exposición: tiene la función de limitar la cantidad de exposición, el profesional puede controlar estos valores ajustando el pico de kilovoltaje, tiempo, miliamperaje: valores de ajuste de 70 a 90 kVp es una exposición mínima al paciente (1).

E) Dispositivos de alineación del haz: estos dispositivos son eficientes para minimizar la reducción de la exposición. Este instrumento protege y ayuda a regular el receptor que está en boca y disminuye las probabilidades de que se produzcan efectos colaterales (1).



Figura 5. Posicionadores Radiográficos: Ayudan a minimizar la exposición, existen varios tipos de acuerdo al cuadrante a ser examinado.

F) Técnica adecuada: el radiólogo debe tener un amplio conocimiento de las técnicas y sus usos. Esto ayuda a asegurar una imagen con alta calidad diagnóstica, por consiguiente, a reducir la cantidad de exposición sin causar daños indeseados. Las técnicas más usadas son la bisectriz, paralela y aleta de mordida (1).



Figura 6. Elegir técnica adecuada.

3.5.1.3. Después de la exposición

Es importante que para la protección radiológica la decisión de la imagen a tomar debe garantizar:

- Un beneficio anticipado para el paciente (no por presión familiar)
- Tener como base una evidencia científica actualizada
- Validación de un consentimiento informado (15).

3.5.2. Protección del operador

Aun sabiendo que la dosis recibida por el odontólogo es más baja que la que recibe el paciente, el profesional debe recibir una protección adecuada. El uso de técnicas adecuadas conjunto con medidas de protección del profesional se puede reducir en gran escala la cantidad de radiación que se recibe durante la toma de la imagen (1). Ellos también deben tener medidas de protección para reducir la exposición laboral. Existen tres tipos de radiación laboral:

- Primaria: proviene del haz de radiación
- Dispersada: proviene del paciente
- De fuga: la que sale o se escapa del tubo de rayos X (15).

La vigilancia radiológica es la revisión profesional para comprobar o constatar el cumplimiento de las guías de protección frente a la radiación ionizante (18).

El personal profesional debe cumplir ciertas reglas:

- Hacer uso adecuado del equipo de protección.
- Recibir capacitaciones relacionadas con la protección y seguridad.
- Cumplir con todas las normas y procedimientos de protección aplicables en el desempeño de sus funciones.
- Es responsabilidad del operador revisar y verificar la suma de las dosis que no supere los rangos sugeridos (18).

3.5.2.1. Directrices de protección

El propósito de las directrices de protección es brindar al profesional toda la información sobre seguridad indispensable cuando se trabaja en contacto con radiación ionizante (1). Se rigen en la regla que: El Técnico dental debe prevenir el haz principal, quiere decir que este haz es el más dañino por lo cual el operador debe protegerse principalmente de este con recomendaciones sobre distancia, blindaje y posición (1).

A) Distancia: la distancia adecuada es una de las maneras más eficaces que se pueden utilizar con la finalidad de que el operador no reciba de forma directa el haz primario. Debe mantenerse lo más alejado posible de la fuente, puesto que la intensidad de va disminuyendo en relación directa con la distancia (15,18).

B) Tiempo: disminución del tiempo es primordial, se debe disminuir al máximo la duración de la exposición (18).

C) Posición Sugerida: una de las formas para evitar ser irradiado, es que el operador adopte una posición correcta durante la exposición. El haz es emitido de forma recta, y para evitar que este alcance al radiólogo debe colocarse de manera perpendicular al haz principal o de 90° a 135° grados en relación al paciente (1).

Además, incluye que el radiólogo:

- No debe sostener el cabezal durante la exposición
- No debe mantener la película en su posición, si no el mismo paciente mantener esta en su lugar durante la exposición (1).

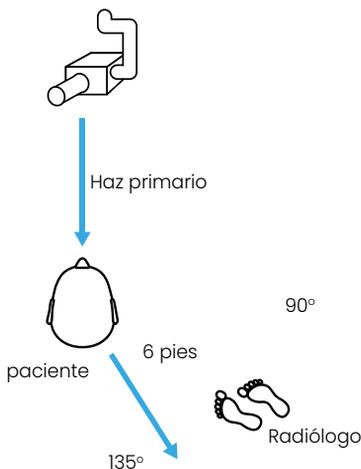


Figura 7. Directrices de protección. Se sugiere que el radiólogo se coloque en el ángulo de 90° a 135° del haz primario.

D) Blindaje: es necesario colocar pantallas protectoras, que actúan como barreras entre la fuente de radiación y las personas (1). Estas barreras tienen la función de absorber el haz emitido, y debe estar incorporado en el diseño de la oficina, protegiendo a todas las personas que se encuentran alrededor (18).

Las más utilizadas son láminas de plomo y cristales enriquecidos de plomo, y muros de hormigón (18). Sin embargo, aún existen construcciones donde incorporan esta medida de protección en las paredes con el uso de varias capas de material de construcción tales como paneles de yeso, haciendo estas paredes más gruesas, para que no exista dispersión (1).



Figura 8. Importancia de la distancia y el blindaje.

3.5.2.2. Vigilancia radiológica

La vigilancia es utilizada para proteger al profesional, incluye el control tanto del equipo como de todo el personal involucrado (1).

A) Personal de monitoreo: la cantidad de radiación que es absorbida por el profesional es medible a través del uso de dispositivos personales de vigilancia llamado Dosímetro de Vigilancia de radiación, la cual se puede obtener en cualquier empresa encargada de estos servicios (1).

El dosímetro se basa en una parte de la película sostenido en una estructura a base de plástico, todos los radiólogos deben tener su propio dispositivo (1). El profesional debe colocarse el dosímetro a nivel de la cintura en cada exposición a radiación ya sea a películas de rayos X o sensores digitales. Se recomienda que estos deben ser guardados en un área segura (1).

B) Equipos para el monitoreo: los equipos de rayos X, deben tener un estricto control para detectar una posible fuga. Una fuga se entiende a cualquier radiación que se emita desde el cabezal dental, excluyendo al haz principal. Por ejemplo, si el cabezal tiene un sellado defectuoso, tendrá como consecuencia una fuga de radiación (1).

Para el monitoreo del equipo de rayos X, hay un dispositivo de película capaz de detectar la fuga, el instrumento se puede obtener por medio del departamento estatal de salud o con fabricantes de los equipos dentales (1).

3.5.3. Directrices de la exposición a la radiación

Se deben usar ciertos protocolos de protección contra la radiación ionizante además de que todas las exposiciones se pondrán al nivel más bajo que sea razonablemente, sin sobrepasarse en ningún caso los límites anuales de dosis legalmente establecidos (19).

Las medidas de protección radiológica, incluidas las fuentes de radiación natural y manipulada intencionalmente, están destinadas a mantener los niveles de exposición y el número de personas expuestas lo más bajo posible. Entre las medidas más importantes se presentan:

- Limite el tiempo de contacto.
- Aumente la distancia a la fuente radiactiva.
- Escudo y uso de escudos.

- Protección de estructuras, instalaciones y áreas de trabajo.
- Protección de los empleados y procedimientos de trabajo seguros.
- Gestión de residuos.
- Plan de emergencia (19).

3.5.3.1. Legislación sobre seguridad de la radiación

Se tiene como objetivo proteger contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes a la población del país, en general, y en particular, a las personas que trabajan con dichas radiaciones (20).

3.5.3.2. Dosis máxima permitida

Dosis máxima permisible (DMP) se define como un equivalente a la dosis máxima que un cuerpo puede admitir en un período de tiempo determinado, es decir hasta donde el cuerpo puede resistir sin sufrir ninguna lesión (1).

La industria nuclear, los hospitales y los centros de investigación vierten al medio ambiente material radiactivo (20). Estos desechos se hacen de forma controlada y respetando los límites fijados, las personas reciben dosis de radiación como consecuencia de los productos de consumo utilizados normalmente, como detectores de humo, relojes luminosos y televisores en color, y también en los viajes por avión (a consecuencia de los rayos cósmicos). La dosis anual promedio que se debe a estas causas es de 10 μSv , pudiendo alcanzar hasta 1 mSv (20).

Los operadores que están activamente expuestos, la dosis es 0.05 Sv/año, para personas no expuestas ocupacionalmente la dosis es aprox de 0.001 Sv/año. La DMP para una paciente embarazada que está activamente expuesta en el campo laboral es de 0,001 Sv/año (1).

La dosis de radiación que puede recibir la población en general por irradiación externa no deberá exceder el diez por ciento (10 %) de los valores especificados (20).

Órgano	Dosis Máxima Permitida
Cuerpo entero, gónadas, medula ósea.	5 rem/ año 3 rem/ trimestre
Manos, antebrazo, pies, tobillos	30 rem/ año 15rem/ trimestre 75 rem/año 40 rem/año 15 rem/año 8 rem/año

Tabla 4. Relación de la dosis máxima permitida con el órgano.

3.5.3.3. Dosis máxima acumulada

La dosis máxima acumulada (DMA), es cantidad de radiación que puede recibir como máximo los trabajadores activamente expuestos a la radiación de por vida (1).

Para las personas que están constantemente expuestos el límite es de 100 mSv acumulados en cada cinco años consecutivos, con un máximo de 50 mSv en cada año mientras que para los miembros del público es de 1 mSv (21).

Para conocer la dosis máxima acumulada de una persona sujeta profesionalmente, se emplea la siguiente fórmula (21):

$$\begin{aligned} \text{DMA} &= (N-18) \times \text{rems/año} \\ \text{DMA} &= (N-18) \times 0.05 \text{ rems/año} \\ \text{DMA} &= (N-18) \times 0.05 \text{ Sv/año} \end{aligned}$$

Donde N se refiere a la edad de la persona en años (21).

3.5.3.4. Concepto de ALADA

Un punto fundamental dentro de la protección radiológica fue la implementación de la abreviatura ALADA dispuesto por la ICRP, se propone ALADA por su significado en inglés "As Low As Diagnostically Acceptable" que quiere decir "tan bajo como aceptable desde el punto de vista del diagnóstico" (22). Tiene el objetivo de enfatizar el valor o importancia de optimizar los exámenes radiográficos deseados (22).

3.5.4. Protección contra la radiación y educación del paciente

Quienes manipulen equipos radiográficos dentales deben contar con la respectiva certificación, así como con una adecuada capacitación para el uso apropiado del sistema. El radiólogo, debe estar preparado para explicar los protocolos de protección del paciente antes, durante y después de la exposición (1). Además, debe estar dispuesto a responder cualquier inquietud o duda que el paciente pueda tener. Mientras el profesional coloca las protecciones al paciente puede realizar una pequeña conversación informal en donde puede incluir comentarios como estos:

- Antes de empezar, déjenme decirles cómo nuestra oficina hace todo lo posible para protegerse de la radiación innecesaria (1).
- Antes de emitir la radiación, los rayos X han sido revisados por su odontólogo. El equipo de rayos X usado se prueba para asegurar que se cumplan todas las normas federales y estatales. (1).
- Durante la exposición, se utilizan medidas de protección como collar tiroideo, delantal de plomo, entre otras, para preservar sus extremidades contra la radiación excesiva (1).
- Si se usa radiografía digital: aquí se utiliza los procedimientos de imágenes digitales reduciendo así su exposición significativamente en comparación con la tradicional. (1).

Finalmente es fundamental la formación continua del personal para mejorar las prácticas en radiodiagnóstico y protección radiológica (1). También es necesario que en el consultorio se tenga un folleto u hoja de información, en donde el paciente cuente con todas las instrucciones y datos relevantes sobre la toma de radiografía (1).

Referencias

1. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía dental - Principios y técnicas. 4th ed. Cruz GS, editor. New York: Amolca; 2013.
2. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. Barcelona: Elsevier; 2021. 36 p.
3. Ramírez L, Ruiz V, Hidalgo A. El uso de rayos X en odontología y la importancia de la justificación de exámenes radiográficos. Av Odontoestomatol [Internet]. 2020 [cited 2022 May 1];36(3):131-42. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852020000300002.
4. Maldonado O, Jiménez E, Gaupillo M, Ceballos G, Méndez E. Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. Rev Med UV [Internet]. 2010 [cited 2022 May 1]; 10(2): 32-39. Available from: https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol10_num2/articulos/radicales.pdf.
5. Cherry R, coord. Capítulo 48. Radiaciones ionizantes. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo [Internet]. 1998 [cited 2022 May 1];1-46. Available from: http://materiales.untrefvirtual.edu.ar/documentos_extras/20491_Medicina_laboral/enciclopedia_oit/tomo2/48.pdf.
6. White SC, Pharoah MJ. Radiología oral - Principios e interpretación. Madrid: Elsevier Science; 2014.
7. Real Gallego A. Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes. En: Master en Física Biomédica. 2014. Available from: https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-19202/Efectos%20de%20las%20RI_UCM_27%20nov%202014_A%20Real_.pdf.
8. Puerta J, Morales J. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Re Colomb Cardiol [Internet]. 2020 [cited 2022 May 1]; 27(1): 61-71. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300061>.
9. Consejo de Seguridad Nuclear. Curso de supervisores de instalaciones radiactivas (IR) Módulo básico [Internet]. Ciemat.es; 2013 [cited 2022 Jul 23]. Available from: https://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1581136598_1572009112950.pdf.
10. Andsico D, Blanco S, Buzzi A. Dosimetría en radiología. Rev Argen Radiol [Internet]. 2014 [cited 2022 May 1];78(2):114-17. Available from: https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/septiembre14/argentina/arg_esp_a.pdf.
11. Ubeda C, Nocetti G, Alarcón E, Inzulza C, Calcagno Z, Castro B, et al. Magnitudes y unidades para dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico e intervencionismo. Rev Chil Radiol [Internet]. 2015 [cited 2022 May 1]; 21(3): 94-99. Available from: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082015000300004.

12. Dance D, Christofides S, Maidment A, McLean I, Ng K. Diagnostic Radiology Physics. Vienna: International Atomic Energy Agency. 2014.
13. Ubeda C, Nocetti D, Aragón M, Aragón G, Aragón D, Medina O. Niveles de referencia para diagnóstico en procedimientos radiológicos dentales: Una Guía Práctica. *Int J Odontostomatol* [Internet]. 2020 [cited 2022 May 1];14(4):610-16. doi:10.4067/S0718-381X2020000400610.
14. Organización Mundial de la Salud [OMS]. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [Internet]. Who.int. 2023 [cited 2023 Jul 23]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>.
15. Wilches JH, Castillo MC, Khoury H. Protección radiológica en radiología dental. *Rev CES Odont* [Internet]. 2021 [cited 2022 Jun 10];34(1):52-67. Available from: <https://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/5557>.
16. Delgado O, Fernández O, Leyton F, Rodríguez AM, Tagle S. Manual de Protección radiológica y de buenas prácticas en radiología Dento-Maxilo-Facial. Santiago de Chile: Instituto de Salud Pública; 2021.
17. Ayala R, Fiori G. Revisión de las principales normas de protección radiológica para el uso de equipos de rayos X en odontología. *Rev Cient Odontol* (Lima) [Internet]. 2019 [cited 2022 Jun 10];7(2):119-33. Available from: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/odontologia/article/view/538/619>.
18. Preciado M, Luna V. Medidas básicas de protección radiológica. *Rev Instituto Nacional de Cancerología México* [Internet]. 2010 [cited 2022 Jun 10];5:25-30. Available from: <http://incan-mexico.org/revistainvestiga/elementos/documentosPortada/1294860259.pdf>.
19. Pascual A, Gadea E. NTP 304: Radiaciones ionizantes: normas de protección [Internet]. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales de España. s.f. [cited 2022 Jul 23]. Available from: https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_304.pdf/a4172a24-65a0-42a9-add3-9428100fa070.
20. Reglamento de seguridad radiológica. Registro Oficial 891. 1979. (Ecuador).
21. Consejo de Seguridad Nuclear. Dosis de Radiación [Internet]. 2010 [cited 2022 Jul 23]. Available from: <https://shorturl.at/diY37>.
22. Jaju P, Jaju S. Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Sci Dent* [Internet]. 2015 [cited 2022 Jun 10];45: 263-265. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4697012/>.





Capítulo IV

Explorando las técnicas radiográficas intraorales y sus conceptos fundamentales

Autores

Valeria Romero Rodríguez

Docente Universidad de Cuenca-Carrera de Odontología

Magdalena Molina Barahona

Docente Universidad Católica de Cuenca-Carrera de Odontología

Liliana Encalada Verdugo

Docente Universidad Católica de Cuenca-Carrera de Odontología

Renata AVECILLAS RODAS

Graduada Universidad Católica de Cuenca-Carrera de Odontología

Los estudios imagenológicos son una herramienta complementaria al examen clínico para poder determinar un diagnóstico adecuado; es un registro con validez médico legal. Las técnicas que se emplean para la obtención de estos estudios se emplea radiación ionizante, por lo tanto, es necesario ejercer un control riguroso en su utilización, ya que puede generar efectos secundarios no deseados tanto en la salud del paciente como en la del personal involucrado. Además, Tanto el radiólogo dental como el dentista deben poseer conocimientos teóricos y prácticos de las diferentes técnicas radiográficas intraorales con la finalidad de cumplir con el principio de justificación para designar cada examen radiográfico y ejecutar de manera individualizada y responsable acorde a la necesidad del paciente (1-2).

4.1. Examen radiográfico intraoral

Los exámenes radiográficos intraorales son estudios complementarios que permiten realizar una exploración y registro de los dientes y estructuras adyacentes. Existen tres tipos de exámenes, periapical, interproximal y oclusal, cada uno con sus respectivas indicaciones, técnicas y uso determinado (1,3).

4.1.1. Requisitos para una colocación adecuada del receptor de imagen

Los parámetros adecuados para la colocación del receptor de imagen y del haz de rayos X con relación a la pieza dental son los siguientes:

- La pieza dental por examinar y el receptor de imagen deben estar en contacto, o lo más cerca posible para conseguir el efecto deseado (ver Figura 1).
- Para los dientes anteriores (incisivos y caninos), el receptor de imagen debe colocarse con su eje longitudinal en vertical; y de manera horizontal para los dientes posteriores (premolares y molares) con suficiente superficie para exponer los tejidos periapicales.
- El cabezal del tubo de rayos X debe colocarse de forma que el haz atraviese perpendicularmente los componentes dentales y el receptor de imagen.
- La posición debe ser de reproducible (4).

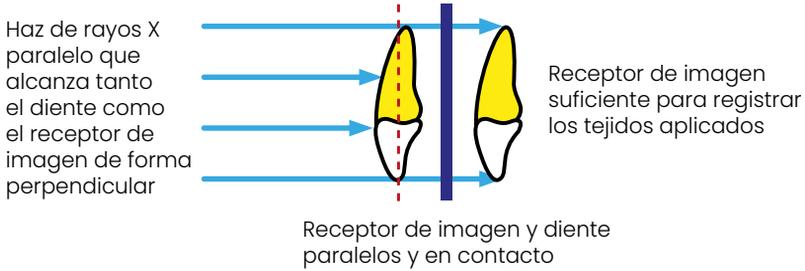


Figura 1. Diagrama que indica la relación geométrica óptima entre el receptor de imagen el haz de rayos X y el diente.

4.1.2. Preparación del paciente y equipo

Existen nueve pasos para preparar al paciente y al equipo:

- Demostrar al paciente el procedimiento a seguir.
- Quitar los objetos intra y extra-orales que puedan interferir en el procedimiento: joyas, lentes, prótesis removibles, objetos metálicos etc.
- Ajustar la unidad dental para colocar al paciente verticalmente; a una altura de funcionamiento adecuada y cómoda (Ver Figura 2A).
- Ajuste el sillón odontológico de modo que la cabeza del paciente este apoyada y sujeta
- El arco maxilar debe orientarse paralelamente al plano horizontal, mientras que el plano medio sagital debe situarse perpendicularmente al plano horizontal.
- Colocar las protecciones adecuadas al paciente (collarín tiroideo; chaleco de plomo) (Ver Figura 2A).
- Determinar los parámetros de exposición (kilovoltaje, miliamperaje y tiempo) conforme a las normas del fabricante.
- De acuerdo con la técnica a utilizar, ensamblar los dispositivos de alineación del haz de rayos X.
- Ubicar cuidadosamente el receptor de imagen para evitar lacerar los tejidos (4) (ver Figura 2 B).

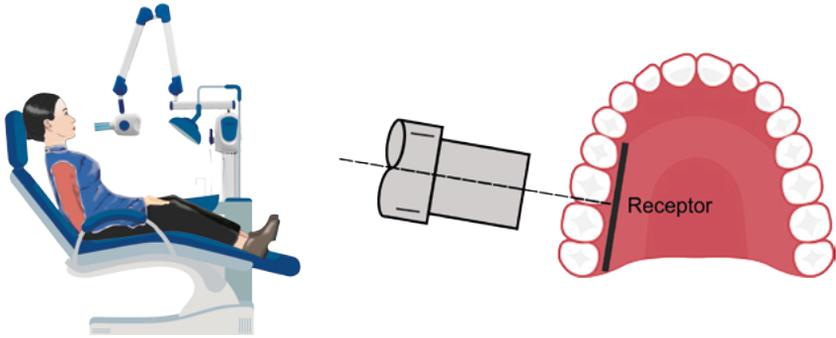


Figura 2. A: Posición adecuada del paciente en la silla odontológica para tomas radiográficas intraorales con su respectiva protección B: Posición adecuada del receptor de imagen en el maxilar.

4.1.3. Requerimientos específicos en paciente pediátricos y pacientes con discapacidades

En este apartado se refiere a personas que presentan dificultades para colaborar y/o presentan desviaciones anatómicas como macroglosia, macrostomia, arcadas dentales estrechas, paladar ojival, por nombrar unas pocas. Asimismo, Individuos que experimentan tensión muscular perioral o tienen un movimiento cervical limitado, pacientes con obesidad y/o discapacidades neurológicas como dificultad de atención, comunicación, temblores y/o parálisis. Para todos los casos, Whaites y Drage (4) hacen las siguientes recomendaciones:

- Ejecutar únicamente las tomas radiográficas en función a las limitaciones de edad, cooperación o discapacidad.
- Seleccionar el receptor de imagen adecuado y, de ser necesario, modificar la técnica.
- Es permitido utilizar elementos de apoyo para sostener el receptor de imagen o para el paciente, quien debe tener todas las protecciones necesarias (ver Figura 3).



Figura 3. Toma de radiografía periapical a paciente pediátrico asistido por su madre.

4.1.4. Control de infecciones

Es imprescindible seguir las medidas de bioseguridad detalladas a continuación con el fin de evitar contaminación. Para todos los procedimientos radiográficos, el operador debe utilizar guantes desechables de uso médico (sin talco), mascarilla y protección ocular.

- En caso de que los receptores de imagen no sean desechables, como las placas de fósforo o sensores digitales, deben desinfectarse con anterioridad como indica el fabricante y disponerse en sobres o bolsas que deben ser desechados al finalizar la toma (ver Figura 4 A, B, C, D).
- Antes del manejo y procesamiento de la película, esta debe desinfectarse.
- Los soportes desechables tienen que eliminarse como residuos sanitarios.
- Si el equipo de rayos X ha sido manipulado durante el proceso, tiene que desinfectarse después de cada paciente.



Figura 4. A: Fundas protectoras para placa de fósforo, B: Placas de fosforo de tamaños 0+,2+,4+ C: Sensores radiográficos digitales tamaño 1 y 2 D: fundas protectoras de sensores radiográficos.

4.2. Clasificación de exámenes intraorales

Este examen permite observar la longitud completa de la pieza dentaria hasta incluso 2 mm de su hueso periapical y de soporte. Puede realizarse con la técnica de paralelismo o bisectriz (1,3) (ver Figura 5).



Figura 5. Radiografía periapical sector anterior (pieza 1.2).

A) Indicaciones de radiografías periapicales

- Detección de inflamación y/o infecciones de los tejidos apicales
- Evaluación de caries dentales y de estado periodontal
- Evaluación del hueso alveolar tras un traumatismo dental
- Evaluación de la presencia y posición de dientes que aún no han erupcionado
- Evaluación de la morfología radicular previa extracción
- Evaluación de procedimientos Endodónticos (intraoperatorios)

- Evaluación pre y postoperatoria de una cirugía apical.
- Evaluación de quistes apicales y/o otras lesiones intraalveolares
- Evaluación posoperatoria de implantes dentales (4).

Ver algunos ejemplos (ver Figura 6,7,8,9,10).

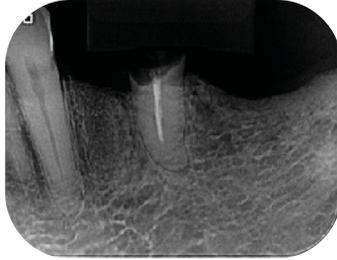


Figura 6. Radiografía periapical para evaluación de resto radicular.



Figura 7. Radiografía periapical para estudio de enfermedad periodontal en pieza dental 3.7.



Figura 8. Radiografía periapical para control de pieza dental 1.1 que presenta restauración coronaria fija y tratamiento endodóntico.



Figura 9. Radiografía periapical para evaluación de restauraciones en sector posterior derecho maxilar y enfermedad periodontal.



Figura 10. Radiografía periapical de control para implante en zona de pieza dental 1.6.

4.2.1. Examen interproximal

Se lleva a cabo mediante un receptor tipo aleta de mordida con la finalidad de observar en una sola imagen las coronas de las piezas dentales del maxilar y mandíbula en este examen se debe visualizar los puntos de contacto interdental abiertos o superficies interproximales de las piezas dentales presentes en la cavidad oral (1) (ver Figura 11).



Figura 11. Radiografía interproximal sector posterior.

B) Indicaciones de radiografías interproximal

- Evaluar caries que estén situadas en el espacio interproximal o en oclusal
- Evaluar el estado de la corona y del tejido periodontal
- Evaluar caries recidivantes
- Evaluar restauraciones desbordantes
- Evaluar la altura de la cresta alveolar
- Evaluar posibles alteraciones pulpares
- Visualizar ajustes de prótesis fija
- Visualizar depósitos tartáricos (4).

Ver algunos ejemplos en la (ver Figura 12 A, B y 13 A, B).



Figura 12. Radiografías interproximales para control de caries y adaptación de restauraciones en dientes posteriores.



Figura 13. Radiografías interproximales para control de caries y evaluación de enfermedad periodontal en dientes posteriores.

4.2.2. Examen Oclusal

Es ideal realizarlo cuando el propósito es observar áreas extensas del maxilar o mandíbula en una sola toma (1) (ver Figura 14).



Figura 14. Radiografía oclusal maxilar.

C) Indicaciones de examen oclusal

Esa técnica es ideal para:

- Inspeccionar piezas dentales supernumerarias, no erupcionados o impactados
- Ubicar cuerpos extraños en el maxilar o la mandíbula
- Identificar cálculos salivales en el conducto de la glándula submandibular
- Localizar y evaluar la extensión de lesiones en el maxilar superior y/o mandíbula
- Examinar los límites del seno maxilar
- Valorar las fracturas del maxilar o de la mandíbula
- Posibilitar las tomas radiográficas en pacientes que tienen apertura limitada de la boca
- Evaluar la zona de un paladar hendido
- Cuantificar las variaciones de tamaño y forma del maxilar o de la mandíbula (1,4).

Ver algunos ejemplos en la Figura 15 y 16.



Figura 15. Radiografía oclusal del maxilar para evaluación de mesiodens (8).



Figura 16. Radiografía oclusal para evaluación de lesión en cuerpo mandibular (8).

4.2.3. Serie de Toda la boca (CMRS)

El procedimiento se lleva a cabo tanto en regiones dentadas como edéntulas, incluidos el maxilar y la mandíbula. El examen puede abarcar radiografías periapicales o complementarse con radiografías interproximales. La cantidad de imágenes necesarias depende de la técnica a utilizar, el número de dientes implicados y las dimensiones del receptor (1). Ver ejemplo de la Figura 17.

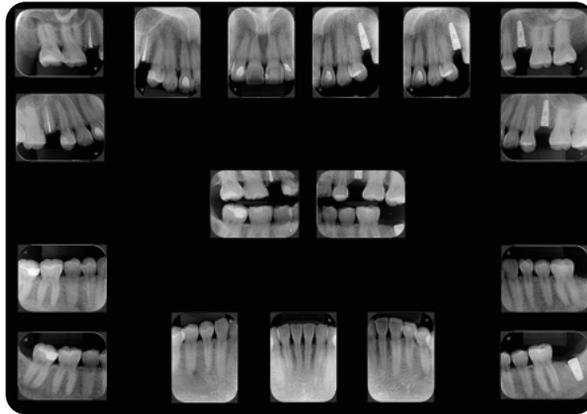


Figura 17. Radiografías seriadas periapicales e interproximales.

4.3. Técnicas radiográficas intraorales

4.3.1. Técnica paralela

Esta técnica se conoce también como técnica del cono largo o del ángulo recto. El proceso se caracteriza por un alto nivel de precisión porque el receptor de imagen y el eje mayor del diente se enfrentan de forma paralela para minimizar la distorsión geométrica (1,4-5).

4.3.1.1. Terminología

A continuación, son expuestos algunos términos que hacen parte de este procedimiento:

- Paralelo: moverse o acercarse en el mismo plano, siempre a una distancia fija sin cruzarse sin intersección
- Intersección: cortar a través o en medio de un elemento
- Perpendicular: se intercepta o conforma un ángulo recto
- Ángulo recto: ángulo de 90° construido por dos líneas perpendiculares entre sí
- Eje longitudinal del diente: línea imaginaria que divide longitudinalmente el diente en dos mitades idénticas
- Rayo central: fracción esencial del haz principal del área de radiación X (1).

La técnica paralela puede emplearse receptores de imagen periapicales de tamaño 1 y 2 (1,3). Su concepto está fundamentado en el paralelismo y en cuatro principios básicos:

- La posición intraoral del receptor de imagen debe ser paralelo al eje longitudinal del objeto (pieza dental a hacer radiografiada) (Ver Figura 1).
- El rayo central del haz tiene que orientarse perpendicularmente al receptor y al eje longitudinal de la pieza dental.
- El rayo X central incurre en la zona cervical en ángulo recto.
- Debe utilizarse un dispositivo de alineación de haz para conservar el paralelismo del receptor de imagen con el eje longitudinal de la pieza dental (1).

4.3.1.2. Requerimientos de la técnica

Para respetar el principio de paralelismo entre los dos objetos (receptor-diente), es necesario colocar el aparato a la máxima distancia del objeto que se desea radiografiar y hacia el centro de la cavidad bucal, de esta manera se permite que los rayos X impacten perpendicularmente sobre el objeto y el receptor de imagen. Es importante tomar en cuenta que al colocarse el receptor apartado del diente se genera una toma radiográfica magnificada y con pérdida de definición; Para rectificar estas distorsiones, es necesario aumentar la distancia de la fuente de rayos X y del receptor con la finalidad de garantizar que solo los rayos paralelos se orienten a las estructuras anatómicas deseadas y al receptor; por esta razón es conocida como técnica de cono largo (30-40cm) (1,4) (ver Figura 18).

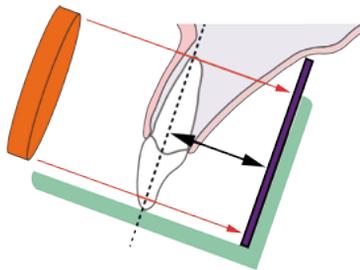


Figura 18. Posición adecuada del receptor de imagen y el tubo de rayos X de acuerdo con el principio del cono largo.

4.3.1.3. Receptores empleados en la técnica paralela

La dimensión del receptor de imagen intraoral varía según los dientes a radiografiar:

- Sector anterior: se utiliza un receptor de tamaño 1 porque permite disponerlo en el paladar sin doblar o curvar. Siempre debe colocarse en posición vertical.
- Región posterior: se implementa un receptor de tamaño 2 que es colocado en una dirección oblicua (horizontal) (1) (ver Figura 19).

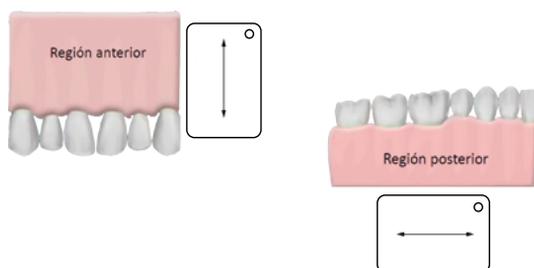


Figura 19. Posición del receptor de imagen de acuerdo con el área a realizar la toma radiográfica.

4.3.1.4. Reglas para la técnica paralela

Para asegurar que la imagen sea adecuada y con validez diagnóstica hay que considerar lo siguiente:

- Colocación del receptor: debe abarcar la superficie de los dientes que se van a examinar.
- Ubicación del receptor: paralelo al eje longitudinal del diente; si es utilizado un dispositivo de alineación debe ser colocado en conjunto con el receptor de imagen, en unión con las piezas dentales y hacia el centro de la cavidad oral (ver Figura 20).
- La parte activa del receptor se ubica frente a las piezas dentales
- El punto de identificación del receptor es colocado siempre en el surco del posicionador y con el sostenedor hacia el extremo oclusal
- Focalizar el receptor sobre la zona a examinar
- Angulación vertical: el rayo central tiene que mantener una dirección perpendicular al receptor y al eje largo del diente

- Angulación horizontal: el rayo central se orienta a través de los puntos de contacto de las piezas dentales
- Al ubicar el dispositivo de alineación de haz de rayos, el paciente debe morder el bloque de mordida hasta estabilizarlo
- Exposición del receptor: el haz de rayos X tiene que centrarse en el receptor para garantizar que todas las zonas estén expuestas. Cuando hay una falla en la posición del receptor se obtiene una imagen parcial, también denominada corte cónico, que puede producirse con un DIP de forma redonda o rectangular (1,4).

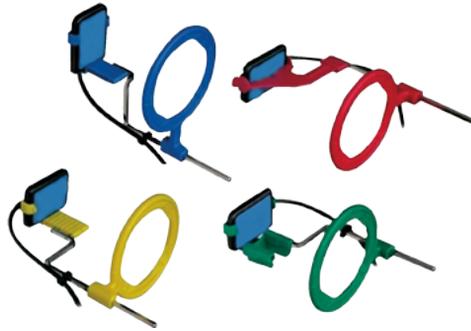


Figura 20. Receptores y posicionadores radiográficos empleados en la técnica de paralelismo.

4.3.1.5. Ubicación del receptor para la técnica paralela

Las prescripciones están enfocadas para una serie de 15 imágenes periapicales: de tamaño 1 para exposiciones anteriores y de tamaño 2 para exposiciones de la zona posterior, el número total de radiografías es en función de la fuente de referencia y depende del criterio del profesional (1).

4.3.1.6. Exposición para el sector anterior

En la técnica paralela se inicia sistemáticamente con el sector anterior debido al tamaño relativamente menor del receptor, que minimiza las molestias para el paciente. y además disminuye la probabilidad de activar el reflejo nauseoso. La cantidad de exposiciones varía según el receptor: si es de tamaño 1 pueden realizarse cuatro exposiciones maxilares y tres mandibulares, pero si es de tamaño 2 se hacen tres de cada una (1). (Ver Figura 21 A, B, C, D, E, F y 22).

4.3.1.7. Secuencia

En primer lugar, se debe radiografiar el canino superior derecho y se continúa de manera antihoraria confluyendo con el canino inferior derecho.

4.3.1.8. Secuencia de piezas dentarias

El propósito de seguir la secuencia descrita a continuación es no perder ningún movimiento y que tampoco se desplace el DIP (1):

1.3-1.2-1.1-2.1-2.2-2.3-3.3-3.2-3.1-4.1-4.2-4.3

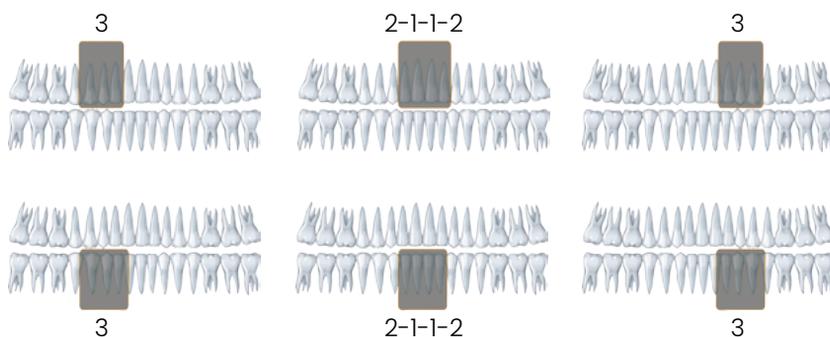


Figura 21. Secuencia de exposición en dientes anteriores A Canino derecho superior, B: Incisivos superiores, C: Canino Izquierdo superior, D: Canino izquierdo inferior, E: Incisivos inferiores, F: Canino derecho inferior.



Figura 22. Exposición de receptor con técnica de paralelismo sector anterior.

4.3.1.9. Secuencia de exposición posterior

Una vez finalizada la secuencia de los anteriores, se procede a radiografiar por cuadrante. Para ello, siempre debe exponerse primero el receptor en los premolares y luego con los molares porque así su colocación es más cómoda y/o tolerable para el paciente y menos factible a activar el reflejo nauseoso. En total se ejecutan ocho exposiciones: cuatro en el maxilar y cuatro en la mandíbula (1). (Ver Figura 23 A, B, C, D, E, F, G, H y 24).

4.3.1.10. Secuencia

Debe seguirse el siguiente orden para radiografiar, tal como lo establecen Iannucci y Howerton (1). En este caso, las piezas a considerar son las siguientes:

1.5-1.4-1.8-1.7- 3.6-3.5-3.4-3.8-3.7-3.6-2.5-2.4-2.8-2.7-2.6-4.5-4.4-4.8-4.7-4.6

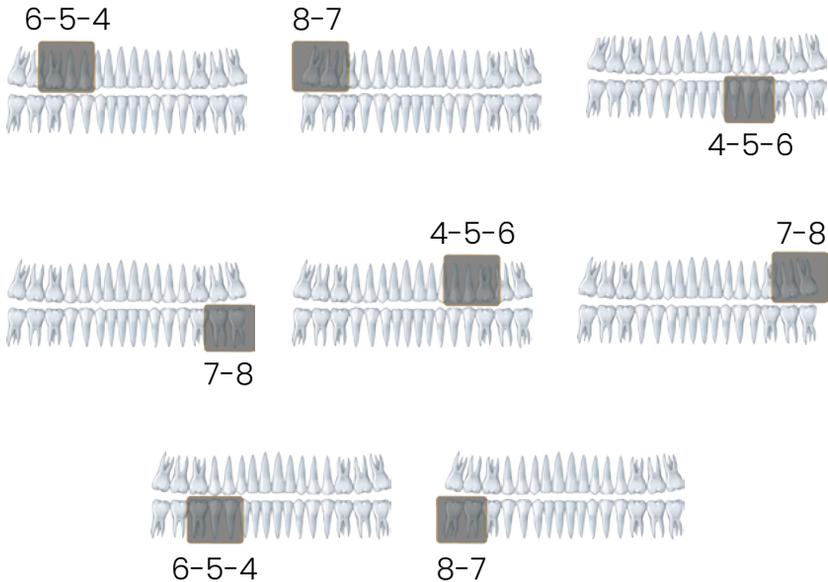


Figura 23. Secuencia de exposición sector posterior. A Premolares derechos superiores, B: Molares Derecho superiores, C: Premolares izquierdos inferiores, D: Molares izquierdos inferiores, E: Premolares izquierdos superiores, F: Molares izquierdos superiores, G: Premolares derechos inferiores, H: Molares derechos inferiores.



Figura 24. Exposición de receptor con técnica de paralelismo sector posterior.

4.3.1.II. Modificación para la técnica paralela

Las modificaciones tienen el propósito de conseguir una imagen radiográfica válida en pacientes con condiciones anatómicas distintas: paladar poco profundo, aumentos óseos o una zona premolar mandibular sensitiva.

A) Paladar bajo: resulta complejo lograr el paralelismo entre el receptor de imagen y el eje largo de la pieza dental en pacientes con una bóveda palatina baja debido a que se produce una inclinación del bloque de mordida. Si la falta de paralelismo no supera los 20° , el resultado es generalmente aceptable, pero de ser mayor a este número es necesario colocar dos rollos de algodón, uno a cada lado del bloque de mordida, y colocar el receptor de imagen paralelo al eje longitudinal del diente; tomar en cuenta que la cobertura periapical va a ser menor (1).

Otra modificación es incrementar la angulación vertical entre 5° a 15° más de lo que indica el instrumento posicionador. En este caso, la imagen resultante va a presentar distorsión (1).

B) Torus: el receptor debe ser colocado en el lado más distante del torus; es necesario considerar que las radiografías periapicales ilustran imágenes radiopacas del crecimiento óseo maxilar. (Ver Figura 25) Para los torus mandibulares, el receptor tiene que ubicarse entre la prominencia ósea y la lengua; en este tipo de examen se ilustran radiopacidades densas (1) (ver Figura 25, 26 y 27).

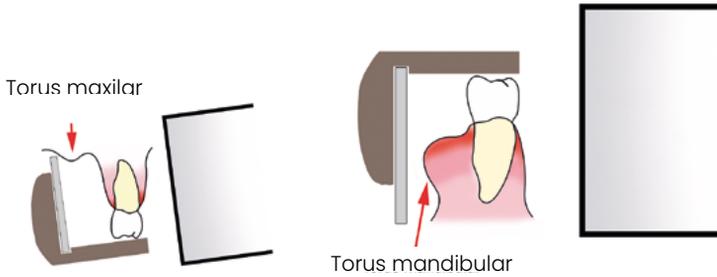


Figura 25. Posición recomendada del posicionador y receptor de imagen en pacientes que presentan Torus maxilar y/o mandibular.



Figura 26. Imagen radiográfica resultante de paciente que presenta Torus mandibular, nótese imagen radiopaca sobre las raíces de premolares.

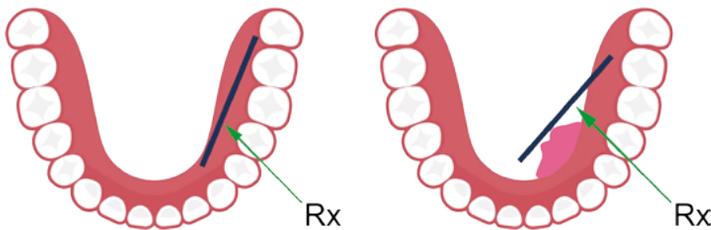


Figura 27. Posición recomendada del receptor de imagen en pacientes que presentan Torus mandibular.

D) Región premolar mandibular: la parte anterior del piso la cavidad oral es una región con mucha inervación y se torna sensible y, por tanto, es necesario modificar la técnica. El receptor se ubica bajo la lengua con el propósito de no lacerar las inserciones musculares y la encía de la zona lingual. Al colocar el dispositivo de alineación de haz en la cavidad oral, el receptor debe estar inclinado distante de la lengua y hacia las

piezas dentales a evaluar. Luego, el bloque de mordida es colocado de manera estable sobre las piezas dentales (premolares mandibulares), de tal manera que cuando el paciente ocluye el bloque, el receptor se ubica en la posición correcta, de ser necesario cambiar la dirección del receptor de imagen y colocarlo verticalmente, especialmente cuando se utiliza sensores de estado sólido (1) (ver Figura 28).



Figura 28. Colocación correcta del receptor de imagen y posicionador radiográfico en zona de premolares inferiores.

E) Espacios edéntulos antagonistas: un espacio edéntulo puede ocasionar problemas en la ubicación del receptor de imagen y posicionador, por lo que es requerido modificar la técnica. En este caso debe colocarse un rollo de algodón en el área edéntula para apoyar el bloque de mordida correspondiente al dispositivo de alineación de haz, de tal manera que cuando el paciente cierra la boca debe ocluir los dientes opuestos en el rollo de algodón. La falta de apoyo del dispositivo conlleva a tener un plano oclusal inclinado en la imagen resultante (1) (Ver Figura 29 y 30).

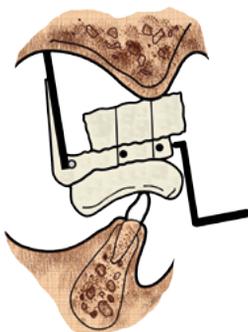


Figura 29. Colocación de algodones en las zonas edéntula superior anterior.

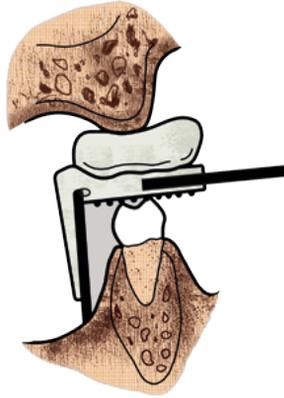


Figura 30. Colocación de algodones en las zonas edéntula posterior superior.

4.3.1.12. Ventajas

- El mayor rendimiento se visualiza en el tercio cervical y en el reborde óseo marginal.
- Las imágenes son geoméricamente idénticas y con un grado mínimo de magnificación
- La proyección de los contrafuertes cigomáticos aparece en la parte superior de los ápices de los dientes molares
- Existe buena representación de los niveles óseos y periodontales
- Muestra con claridad los tejidos periapicales y con grado mínimo de acortamiento o elongación
- Las coronas de las piezas dentales se muestran correctamente, hecho que facilita detectar caries interdentales (3).
- La angulación horizontal y vertical de la cabeza del tubo de rayos X son indeliberadamente establecidas por los dispositivos de alineación de haz siempre y cuando estos sean ubicados de una manera correcta
- El haz de rayos X se orienta con exactitud al centro del receptor de imagen y todas las zonas quedan irradiadas sin dispersión y sin corte cónico
- La disposición del receptor de imagen, los dientes y el haz de rayos X se mantiene siempre en relación con la posición de la cabeza del paciente. Esta particularidad beneficia a las personas con movilidad física reducida (4).
- La proporción corono radicular es confiable (3).

- Sencillez y facilidad para aprender a utilizarla: el dispositivo de alineación de haz suprime la obligación de que el radiólogo establezca los ángulos horizontales y verticales y, por ende, disminuye las posibilidades de distorsión
- Replicación: la técnica es de estandarización y puede repetirse cuando se indican radiografías en serie, lo que brinda una gran validez (1).

4.3.1.13. Desventajas

- Ubicación del receptor de imagen: debido a la necesidad de emplear la técnica mencionada junto con el dispositivo de alineación del haz, la utilización del receptor plantea dificultades al operador y puede dar lugar a complicaciones cuando se trata de pacientes pediátricos o adultos con una cavidad oral pequeña o un paladar poco profundo (1,3).
- Molestias: cuando el receptor es colado puede repercutir en tejidos orales y causar incomodidad al paciente (1).
- Aumento del tiempo de exposición: este escenario se ha visto compensado por el uso de la radiografía digital (3).

4.3.2. Técnica de bisectriz

Este método es también conocido como técnica del cono corto, técnica de la ley de Cieszinsky o ley de la isometría, y es utilizada para exponer las imágenes periapicales (1,3).

4.3.2.1. Terminología

- Es importante tomar en consideración los siguientes términos:
- Ángulo: forma creada a partir de dos líneas divergentes desde un punto común
- Bisecar: dividir en dos partes de igual tamaño
- Triángulo: imagen de tres lados formada por la unión de tres puntos que no se encuentran en línea recta
- Triángulo equilátero: triángulo con tres lados idénticos
- Triángulo rectángulo: triángulo con un ángulo recto, es decir de 90°
- Triángulos congruentes: triángulos iguales y que corresponden exactamente cuándo se superponen

- Hipotenusa: parte de un triángulo rectángulo que está opuesto al ángulo recto
- Isometría: medidas iguales
- Eje largo del diente: línea imaginaria que fracciona al diente longitudinalmente en dos mitades iguales
- Rayo central: parte central del haz principal de la radiación X (1).

4.3.2.2. Posición del paciente

La cabeza tiene que estar apoyada y el plano sagital debe situarse perpendicular al plano horizontal. Para tomas del maxilar, al paciente hay que posicionarlo con el plano de Camper (tragus-ala de la nariz) paralela al piso; en caso de una mandíbula hay que posicionarlo con el plano Oclusal (tragus-comisura labial) paralelo al piso (3) (ver Figura 31 A, B, C).

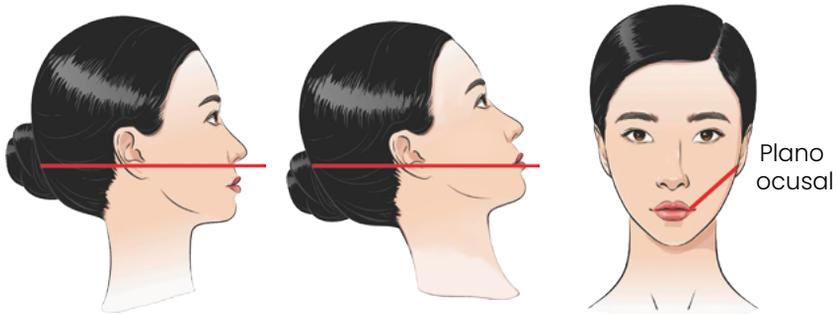


Figura 31. Planos horizontales de referencia para posicionamiento del paciente. A Plano de Camper. B y C: Plano oclusal.

4.3.2.3. Principios de la técnica de bisectriz

Esta técnica está fundamentada en el principio conocido como regla isométrica. Según esta regla, dos triángulos pueden considerarse iguales si poseen dos ángulos congruentes y comparten un lado común (1). Para ejecutar este método, es importante tener en cuenta los siguientes factores:

Esta técnica se puede llevar a cabo empleando un DIP corto (20 cm) o largo (40 cm), típicamente se prefiere un DIP corto (1,4).

- El receptor de imagen debe ubicarse a lo largo del plano lingual o palatino de la pieza dental.
- El punto donde contacta el receptor con la pieza debe formar un ángulo.
- El operador tiene que observar una bisectriz imaginaria, es decir un plano que biseca el ángulo conformado por el receptor de imagen y el eje largo del diente.
- El haz del rayo X central debe ser perpendicular a la bisectriz imaginaria.
- Una vez que el ángulo conformado por el plano del receptor de imagen y el eje largo del diente es bisecado y haz de rayos X se dirige en ángulo recto a la bisectriz imaginaria, se obtendrá una imagen con relación 1:1 es decir una imagen exacta (1) (ver Figura 32).

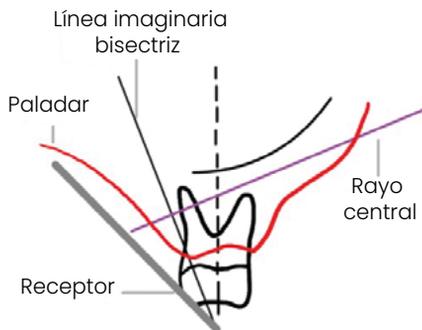


Figura 32. Posición adecuada de la película para la toma de una Rx periapical mediante la técnica de bisectriz en el sector posterosuperior.

4.3.2.4. Receptores empleados en la técnica de la bisectriz

Por lo general se emplea un receptor de imagen intraoral tamaño 2; en la región anterior, el receptor tiene que colocarse en dirección vertical, y en las zonas posteriores se ubica en dirección horizontal. Vale recordar que existen valores de ángulos indicados según cada pieza dental y que son prácticos para orientarse al momento de la toma radiográfica.

Es imprescindible tener siempre en cuenta las características anatómicas específicas de cada paciente, como paladares planos o estrechos, la profundidad del suelo de la boca y dientes en una posición anómala, entre otros factores. Además, la inclinación de la

cabeza puede ajustarse para conseguir una imagen radiográfica más cercana a lo real (1,3) (ver Figura 33 A, B, C).



Figura 33. Dispositivo indicador de angulación del tubo de RX en un equipo intraoral. A: angulación negativa B: angulación positiva C: angulación de cero grados.

Rangos recomendados de la angulación vertical en la técnica de la bisectriz		
	Dientes Maxilares angulación vertical (grados)	Dientes Mandibulares angulación vertical (grados)
Caninos	+45 a +55	-20 a -30
Incisivos	+40 a +50	-15 a -25
Premolares	+30 a +40	-10 a -15
Molares	+20 a +30	-5 a 0

Tabla 1. Angulación vertical recomendada: técnica de la bisectriz (3).

- Angulación horizontal: el objetivo radica en que los rayos X incida perpendicular al eje medio distal de las piezas dentales a radiografiar; esto con el fin de evitar superposiciones de las caras proximales
- Ubicación de los ápices: son trazadas líneas horizontales de referencia en el maxilar superior y mandíbula. Los ápices dentales se ubican en la intersección de esta línea horizontal con el punto de referencia de la pieza o grupo a realizar la toma radiográfica

- Líneas horizontales de referencia:
 - Maxilar superior: Plano de Camper (tragus-ala de la nariz)
 - Mandíbula a 1 cm sobre el borde basilar mandibular

Debemos considerar que estos puntos se deben intersecar frente a cada diente en una visión directa (3).

Puntos a intersecar según la pieza dentaria	
Incisivos	Punta y ala de la nariz
Caninos	Surco naso geniano
Premolares	Pupila o agujero infraorbitario
Primer Molar	Ángulo externo del ojo
Segundo Molar	1 cm por detrás del ángulo externo del ojo
Tercer Molar	2 cm por detrás del ángulo externo del ojo

Tabla 2. Puntos a intersecar según la pieza dentaria (3).

4.3.2.5. Reglas de la técnica de bisectriz

Para llevar a cabo esta técnica, se debe tener presente los siguientes parámetros:

- La parte activa del receptor de imagen debe estar dirigida al rayo
- Las piezas por examinar se ubican en el centro del receptor y cubrir el área prescrita
- Es necesario que la película esté centrada y sobrepase de 2 mm a 3 mm la cara oclusal o el borde incisal (ver Figura 34 B).
- El receptor de imagen tiene que ubicarse contra la superficie lingual o palatina del diente y reposar contra los tejidos alveolares
- Angulación vertical: el rayo x central debe ser perpendicular a la bisectriz imaginaria que fracciona el ángulo conformado por el receptor de imagen y el eje longitudinal de la pieza dental (ver Figura 34 A, C).

- Angulación horizontal: El rayo x central debe dirigirse atravesando las áreas de contacto entre los dientes
- En la mandíbula, el ángulo es negativo porque el rayo se dirige de abajo hacia arriba (ver Tabla 3 y Figura 33 A) .
- En el maxilar superior, el rayo se orienta de arriba hacia abajo, porque la angulación es positiva (2) (Ver Tabla 3 y Figura 33 B) .
- Si el ángulo del tubo de rayo es paralelo al plano oclusal se considera como cero grados (1,3) (ver Figura 33 C) .

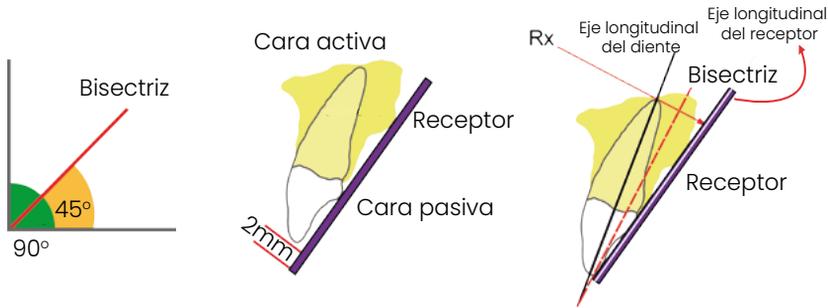


Figura 34. A: Principio de la bisectriz B: Ubicación adecuada del receptor de imagen C: colocación adecuada del receptor de imagen de acuerdo al principio de la bisectriz.

En una secuencia radiográfica de boca completa (CMRS), mediante la técnica de bisectriz, toda toma periapical tiene una colocación específica. La zona determinada en la que tiene que ser ubicado el receptor, previo a la exposición, está definida por las piezas dentales y los componentes anatómicos circundantes que deben estar presentes en la imagen dental final (1).

Las localizaciones descritas son basadas en una serie de 14 receptores periapicales de tamaño 2, tanto para las exposiciones anteriores como posteriores (1). Las variaciones en la colocación y en el número de receptores pueden ser recomendadas por otras fuentes de referencia y profesionales en general.

Para la fijación de receptor de imagen por parte del paciente, es importante considerar lo siguiente:

- La persona debe mantener la película en su lugar y contra el alveolo

- Maxilar: el paciente sujeta la película con el dedo pulgar de la mano contralateral al lado a radiografiarse. Los dedos tienen que permanecer empalmados y apoyados en la cara para mayor estabilidad. (ver Figura 35 A).
- Mandíbula: el paciente utiliza el dedo índice de la mano contralateral para sujetar el receptor de imagen, mientras que el resto de los dedos se mantienen en posición cerrada (1). (ver Figura 35 B)
- En pacientes con dificultad de apertura bucal se puede emplear una pinza para la sujeción del receptor de imagen (ver Figura 35 C).



Figura 35. A: Posición apropiada para la toma de una radiografía periapical de las piezas anterosuperiores empleando la técnica de bisectriz y con asistencia del paciente. B: Posición adecuada para la toma de una radiografía periapical de las piezas posteroinferiores del lado derecho mediante la técnica de bisectriz y con asistencia del paciente. C: Pinza para la sujeción del receptor de imagen.

4.3.2.6. Secuencia de la exposición para las ubicaciones del receptor

En la técnica de la bisectriz, el operador debe seguir una secuencia de exposición y un orden definitivo para colocar el receptor y evitar errores, caso contrario puede omitirse un área o bien exponer una sección dos veces (1).

4.3.2.7. Secuencia de la exposición anterior

Al colocar los receptores de imagen periapicales, siempre se empieza con los dientes anteriores porque existe menor probabilidad de estimular el reflejo nauseoso. En este caso son utilizados receptores

tamaños 2 en seis ubicaciones: tres exposiciones maxilares y tres exposiciones mandibulares (1).

4.3.2.8. Secuencia de piezas dentarias anterior

Como lo indican Iannucci y Howerton (1), la secuencia descrita a continuación facilita al radiólogo los movimientos, evita el desplazamiento del DIP (ver Figura 36 A, B, C, D) y ayuda a seguir la pista de la última exposición si el procedimiento se interrumpe:

1.3-1.2-1.1-2.1-2.2-2.3-3.3-3.2-3.1-4.1-4.2-4.3

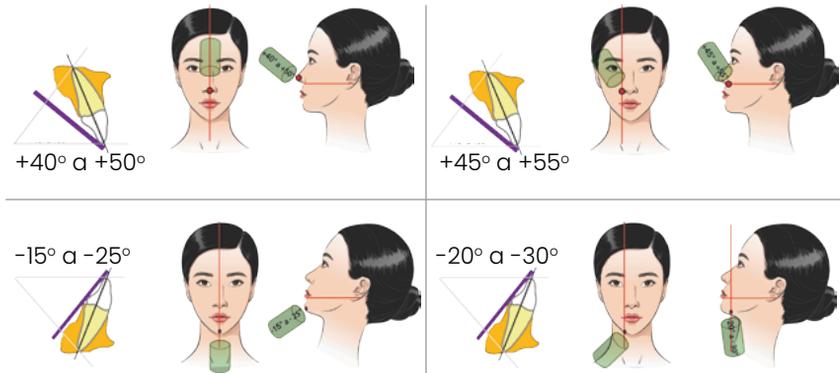


Figura 36. Posición correcta para la toma de rayos X periapical mediante la técnica de la bisectriz el sector anterior A: Incisivos superiores; B: Canino superior; C: Incisivos inferiores; D: Canino inferior.

4.3.2.9. Secuencia de la exposición posterior

Son tomadas en cuenta ocho ubicaciones: cuatro maxilares y cuatro mandibulares. La secuencia recomendada en esta exposición, con la técnica de bisectriz (ver Figura 37 A, B, C, D), es la que se detalla a continuación.

4.3.2.10. Secuencia de piezas dentarias

La secuencia para seguir, como lo indican Iannucci y Howerton (1), es la siguiente:

1.4-1.5-1.6-1.7-1.8-2.4-2.5-2.6-2.7-2.8-3.4-3.5-3.6-3.7-3.8-4.4-4.5-4.6-4.7-4.8

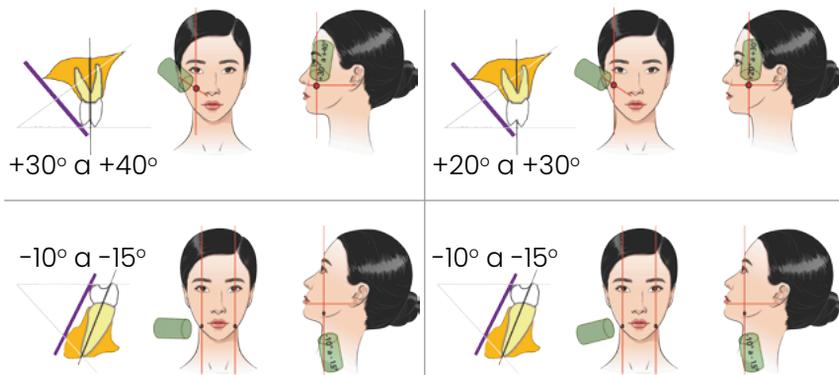


Figura 37. Posición correcta para la toma de rayos X periapical mediante la técnica de la bisectriz el sector posterior: A: Premolares superiores; B: Molares superiores; C: Premolares inferiores; D: Molares inferiores.

4.3.2.11. Ventajas

- Puede utilizarse sin el dispositivo de alineación del haz cuando los componentes anatómicos del paciente impide su uso, por ejemplo, ante un paladar poco profundo, exostosis óseas o áreas premolares mandibulares con un umbral de sensibilidad alto.
- Menor tiempo de exposición cuando se implementa un DIP corto.
- Mayor rendimiento en la zona del periápice. En esta área, geoméricamente la imagen es de menor calidad (1,3).

4.3.2.12. Desventajas

- Distorsión de las dimensiones
- Problemas de angulación al no utilizar un dispositivo de alineación de haz y anillo de orientación
- Mayor susceptibilidad a errores de angulación y, por ende, una imagen distorsionada.
- Inadecuados niveles de hueso periodontal
- Los ángulos horizontal y vertical deben emplearse por precisión para cada paciente.
- Es necesario que el operador tenga mayor destreza

- Las raíces bucales de los premolares y molares del maxilar superior se ven distorsionadas (acortadas)
- Superposiciones del piso del seno maxilar y del hueso cigomático (1,3-5).

4.3.3. Técnica de aleta de mordida

Se denomina de esta manera porque la técnica original requería que el paciente muerda una pequeña aleta instaurada al receptor de imagen intraoral; también es denominada como técnica interproximal o Bite Wing. Es un método aplicado para inspeccionar las superficies interproximales de las piezas dentales (1,4).

4.3.3.1. Terminología

A continuación, se detallan algunos términos que es necesario tomar en cuenta:

- Interproximal: zona entre dos superficies adyacentes
- Examen interproximal: radiografía intraoral aplicada para analizar las coronas de las piezas dentales del maxilar y la mandíbula en una sola imagen
- Receptor de aleta de mordida: es empleado las tomas radiográficas interproximales y se caracteriza porque cuenta con una ala o pestaña que es mordida por el paciente para estabilizar el receptor
- Hueso alveolar: parte ósea que alberga y rodea las raíces de las piezas dentales
- Cresta ósea: conocida también como cresta alveolar, es una porción coronal del hueso alveolar ubicada entre las piezas dentales
- Áreas de contacto: superficies adyacentes de las piezas dentales que entran en contacto
- Aleta de mordida horizontal: el receptor de aleta de mordida debe estar situado en la cavidad oral, con su porción larga orientada horizontalmente.
- Contactos abiertos: en la imagen dental, los contactos abiertos se visualizan como delgadas líneas radiolúcidas entre las superficies de las piezas dentales adyacentes

- Contactos superpuestos: en una imagen dental es denominado al lugar en donde la zona de contacto de una pieza dental se superpone sobre el área del contacto de un diente adyacente
- Aleta de mordida vertical: el receptor de imagen es dispuesto en la cavidad oral con la porción larga en dirección vertical (1).

4.3.3.2. Posición del paciente

Se emplea la misma disposición que en la técnica de bisectriz para el maxilar superior: el plano sagital debe ser perpendicular al horizontal y el plano de Camper tiene que estar paralelo al piso (3) (Ver Figura 31).

4.3.3.3. Principios de la técnica de aleta de mordida

Los parámetros básicos de esta técnica son descritos a continuación:

- El receptor se ubica en la cavidad bucal paralelo a las coronas de los dientes a radiografiar, tanto en el maxilar como en la mandíbula
- El receptor se fija cuando el paciente aprieta con las piezas dentales la pestaña de la aleta de mordida o el dispositivo de alineación de haz
- El haz de rayo x central se orienta a través de los contactos de las piezas dentales a un ángulo vertical de +10 en el caso de emplear técnica de bisectriz (1,3).

4.3.3.4. Receptores de aleta de mordida

Se utilizan los mismos receptores de película que en la técnica de paralelismo o de bisectriz, pero la diferencia es que la aleta de mordida está adaptada o un posicionador especial que otorga mayor estabilidad^{1,4}. Existen tres tamaños de receptores de aleta de mordida: 0+, 2+, y 3+. El primero es aplicado para inspeccionar las piezas dentales posteriores de niños que presentan dentición temporal, el cual se coloca siempre con la porción larga del receptor en dirección horizontal (oblicua). El de tamaño 2+ es utilizado para realizar la toma radiográfica de los dientes posteriores en adultos. En la mayoría de las exposiciones de aletas de mordida se localiza con la porción de mayor longitud en dirección horizontal, aunque cuando se indica una exposición anterior vertical, debe el receptor posicionarse con la porción larga en sentido vertical (1).

El receptor de tamaño 3+ es más largo y estrecho que el 2+ y por eso es utilizado únicamente para exposiciones de aleta de mordida. El receptor es expuesto en cada lado de las arcadas para analizar todas las áreas de contacto de las piezas dentales posteriores (premolares y molares), siempre con la porción larga en sentido horizontal. Cabe indicar que a menudo ocurren contactos superpuestos debido a la diferencia en la curvatura del arco entre las áreas de los premolares y molares. Además, debido a la forma estrecha del receptor, no es posible visualizar las áreas de la cresta ósea en los exámenes radiográficos de los pacientes que presentan pérdida ósea (1) (ver Figura 38).



Figura 38. Posición correcta del receptor de imagen y posicionador para la toma de una RX interproximal posterior.

4.3.3.5. Reglas de la técnica de aleta de mordida

Existen cinco normas básicas a seguir en esta técnica:

- Colocación del receptor: debe posicionarse de tal manera que cubra la zona de las piezas a ser examinadas
- Posición del receptor: tiene que ubicarse en paralelo a las coronas de las piezas dentales tanto del maxilar como de la mandíbula. Se estabiliza cuando el paciente muerda la pestaña de la aleta o el dispositivo de alineación del haz en la aleta de mordida
- Angulación vertical: el rayo central del haz de rayos X tiene que orientarse a +10 grados, al momento de emplear la técnica de bisectriz
- Angulación horizontal: el rayo central del haz de rayos X tiene que dirigirse mediante de las áreas de contacto entre las piezas dentales

- Exposición del receptor: el haz de rayos X está céntrico en el receptor para asegurar que todas las áreas sean expuestas. Si existen fallas, se produce una imagen parcial en el receptor de aleta de mordida o un corte cónico (1).

4.3.3.6. Angulación horizontal

Consiste en la ubicación del rayo central en el plano horizontal. Las técnicas de aleta de mordida, paralelismo y bisectriz emplean de igual manera los principios de angulación horizontal (1). Cabe aquí detallar que pueden ocurrir angulaciones adecuadas e incorrectas:

- Angulación horizontal adecuada: el haz de rayos X central se orienta ortogonalmente a la curva de la arcada y atraviesa los espacios interproximales de los dientes. En consecuencia, las zonas de contacto quedan visiblemente expuestas y pueden examinarse en busca de indicios de caries dental. (Ver Figura 39).

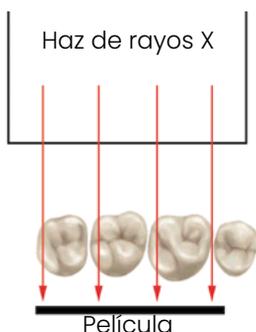


Figura 39. Principio de angulación horizontal correcta del haz de rayos X.

- Angulación horizontal incorrecta: Este fenómeno provoca zonas de contacto superpuestas, es decir no abiertas. La utilización de una imagen que incluya regiones de contacto interproximal superpuestas no es adecuada para el diagnóstico y, por ende, tampoco es posible evidenciar la caries (1) (Ver Figura 40).

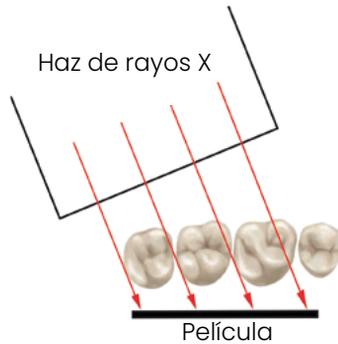


Figura 40. Principio de angulación horizontal incorrecta del haz de rayos X.

4.3.3.7. Angulación vertical

En este parámetro el DIP es ubicado en el plano vertical; La angulación puede presentarse en dos formas, positiva o negativa, y se cuantifica en grados en relación al exterior del cabezal. Se observa una forma angular vertical positiva cuando el DIP se sitúa por encima del plano oclusal y el rayo central se dirige en trayectoria descendente. Por otro lado, si el DIP se sitúa por debajo del plano oclusal y el rayo central se dirige trayectoria ascendente, se considera una forma angular vertical negativa (1).

A) Angulación vertical correcta: se recomienda una angulación vertical de +10 grados para la toma radiográfica de aleta de mordida, pues permite compensar la posición levemente curvada de la parte superior del receptor y la inclinación leve de los dientes maxilares (1).

B) Angulación vertical incorrecta: el resultado es una imagen distorsionada que se considera insuficiente para el diagnóstico (1).

Es importante tener en cuenta que la exposición de aleta de mordida se emplea exclusivamente en las regiones en las que los dientes presentan contactos interproximales. La cantidad de imágenes necesarias depende de la curvatura de la arcada dental y del número de dientes posteriores presentes. Además, suele existir variaciones en la curvatura de la arcada entre las regiones premolar y molar. Cuando la curvatura difiere, resulta imposible captar completamente todas las áreas de contacto posteriores en la adquisición radiográfica. En consecuencia, es necesario exponer dos receptores de aleta de mordida a cada lado de la arcada (1).

Debido a que la curvatura del arco difiere en la mayoría de pacientes adultos, se suele realizar cuatro tomas radiográficas tipo aleta de mordida cuando los dientes posteriores están ausentes, una exposición a cada lado del arco puede ser suficiente para cubrir el número de dientes presentes (1).

4.3.3.8. Secuencia de exposición para la ubicación del receptor

En el paciente que precisa de exposiciones periapicales y de aleta de mordida, la secuencia recomendada es la siguiente:

- Exponer todos los receptores periapicales.
- Finalizar con las exposiciones de aleta de mordida debido a que estos receptores son relativamente fáciles de soportar por el paciente.

En cambio, para la persona que requiere únicamente exámenes tipo aleta de mordida, se sugiere emplear la secuencia que se explica a continuación para exposiciones en cada lado de la boca:

Por la facilidad de mayor comodidad y tolerancia para el paciente y para no estimular el reflejo nauseoso se debe realizar cuatro tomas radiográficas tipo aleta de mordida las que consisten en exponer el premolar derecho e izquierdo y luego los molares derecho e izquierdo. Se recomienda que el receptor sea colocado en la boca del paciente después de que las angulaciones verticales y horizontales hayan sido establecidas (1) (ver Figura 41 A, B, C, D).

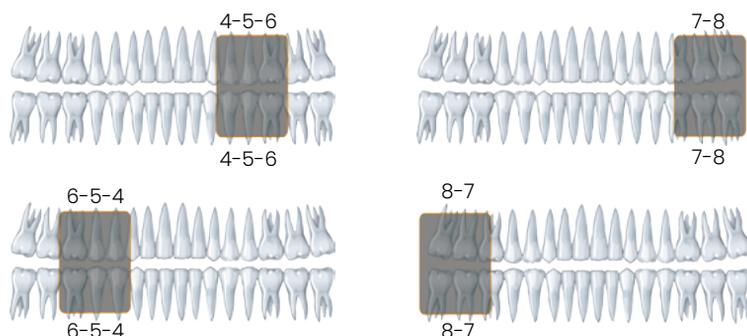


Figura 41. Secuencia de exposición de receptores interproximales, A: Premolares lado izquierdo, B: Molares lado izquierdo, C: Premolares lado derecho, D: Molares lado derecho.

4.3.3.9. Aleta de mordida vertical

La toma radiográfica vertical es utilizada para evaluar el nivel del hueso alveolar; comúnmente se usa como postratamiento en pacientes con pérdida ósea producto de una enfermedad periodontal. Esta toma radiográfica consiste en colocar con la parte de mayor longitud del receptor de imagen en dirección vertical; para las proyecciones en la zona de incisivos (zona anterior) generalmente se emplea una pestaña más larga para que el paciente tenga la facilidad de morder completamente (la persona debe morder en la pestaña de extremo a extremo con respecto a la relación oclusal) (1).

4.3.3.10. Modificaciones de la técnica de aleta de mordida

Las variaciones de esta técnica son empleadas para adaptarse a determinadas variantes anatómicas como espacios edéntulos o crecimientos óseos (1).

A) Espacios edéntulos: un espacio edéntulo puede ocasionar problemas en la ubicación del receptor de imagen tipo aleta de mordida, por lo que es requerido modificar la técnica. En este caso debe colocarse un rollo de algodón en el área de los dientes para apoyar la pestaña o el dispositivo de alineación de haz, de tal manera que cuando el paciente cierra la boca debe ocluir los dientes opuestos en el rollo de algodón. La falta de apoyo de la pestaña o del dispositivo conllevan a tener un plano oclusal inclinado en la imagen resultante (1).

B) Crecimientos óseos: cuando se utiliza la técnica aleta de mordida, los torus mandibulares pueden ocasionar inconvenientes en el posicionamiento del receptor, el cual es inclusive empujado lejos de los dientes. En estos casos sugiere emplear un dispositivo de alineación del haz de aleta de mordida (1).

4.3.3.11. Ventajas

- Se considera una técnica económica por el número de piezas dentales que se obtiene en una toma radiográfica.
- Fácil de obtener y reproducir.
- Aporta una gran cantidad información diagnóstica (1,4).

4.3.3.12. Desventajas

- Edentulismo parcial: dificultad de estabilizar el receptor de imagen en pacientes desdentados parciales.
- Cuando la reabsorción ósea se extiende más allá del tercio medio de la raíz, dificulta la visibilidad del nivel de la cresta ósea.
- Existe sobreproyección de las caras proximales de los espacios con mala posición dentaria (1,4).

4.3.4. Técnica oclusal

Esta técnica es implementada para examinar y registrar áreas extensas del maxilar y/o mandíbula. Generalmente es indicada como examen complementario de las periapicales (1,4).

4.3.4.1. Terminología

- Superficies oclusales: superficie oclusión o contacto bimaxilar de los dientes posteriores
- Examen oclusal: examen radiográfico intraoral que permite analizar zonas extensas del maxilar y/o mandíbula dentro de una sola imagen
- Técnica oclusal: utilizada para exponer un receptor de imagen en el examen oclusal
- Receptor oclusal: Receptor intraoral de tamaño 4 (receptores intraorales más grandes) Su nombre radica porque el paciente ocluye o masca en todo el receptor (1).

4.3.4.2. Principios básicos de la técnica oclusal

Los siguientes principios están fundamentados en Iannucci y Howerton (1):

- El lado activo del receptor de imagen es posicionado hacia la arcada dental que se desea exponer
- El receptor se ubica en la cavidad oral, entre las superficies oclusales de las piezas dentales del maxilar o la mandíbula
- El receptor logra estabilizarse al momento que el paciente mastica en la superficie oclusal.
- En los adultos se emplea el receptor de dimensión 4 mientras que en los infantes el de tamaño 0 y/o 1.

4.3.4.3. Angulaciones verticales

Las angulaciones verticales sugeridas para todas las exposiciones oclusales maxilares y mandibulares son las siguientes:

Proyecciones oclusales – respectivas angulaciones verticales	
Proyección oclusal	Angulación vertical (en grados)
Topografía Maxilar	+65
Lateral Maxilar (derecha o izquierda)	+60
Maxilar pediátrico	+60
Topografía Mandibular	-55
Sección transversal mandibular	90
Pediátrica Mandibular	-55

Tabla 3. Proyecciones oclusales y mención de las respectivas angulaciones verticales (3).

4.3.4.4. Proyecciones oclusales maxilares

Existen tres tipos de proyecciones oclusales maxilares que son de uso general: topográfica o céntrica, lateral (derecha o izquierda) o excéntrica y pediátrica (1).

A) Proyección topográfica: es empleada para evaluar el paladar y las piezas anteriores del maxilar (incisivos). El eje mayor del receptor de imagen se ubica en sentido horizontal; la película y el plano oclusal deben estar paralelos al piso. Con respecto al rayo central, se orienta en relación con los huesos nasales (1,3). (ver Figura 42).

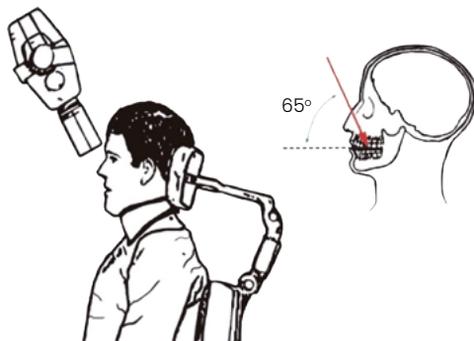


Figura 42. Posición adecuada para realizar la toma de una RX oclusal maxilar.

Entre sus indicaciones cabe mencionar las siguientes:

- Estudio de extensión de lesiones quísticas y tumorales del maxilar.
- Trauma dentoalveolar y maxilar. Extensión de rasgos de fractura en la apófisis alveolar.
- Disyunciones intermaxilares y fisuras palatinas (1,3).

B) Proyección lateral (izquierda-derecha) o excéntrica: esta técnica se utiliza con el propósito de evaluar las raíces palatinas de los molares, así como para delimitar cuerpos extraños o lesiones en la región posterior del maxilar. Para su toma se lateraliza la posición del tubo de rayos X a la altura del agujero suborbitario, con una angulación de 65° en relación con el plano oclusal, y el receptor de imagen se localiza con su eje mayor en sentido anteroposterior y desplazado hacia el lado a radiografiar (1,3) (ver Figura 43).

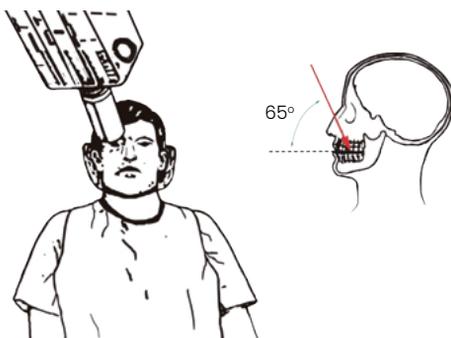


Figura 43. Posición adecuada para realizar la toma de una RX lateral (izquierda-derecha) o excéntrica.

C) Proyección pediátrica: se usa para evaluar las piezas dentales anteriores (incisivos) del maxilar y, por lo general, es recomendada para niños menores a 5 años, se utiliza un tamaño de receptor de imagen 2 (31 mm x 41mm), se considera una toma radiográfica de fácil adquisición en pacientes pediátricos uso más frecuente es para valorar la sutura palatina (ver Figura 44 A, B).

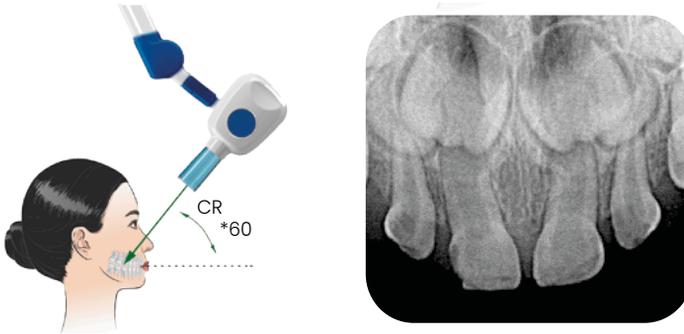


Figura 44. A: Posición adecuada para realizar la toma de una proyección maxilar Pediátrica. B: Oclusal pediátrica del maxilar.

4.3.4.5. Proyecciones oclusales mandibulares

Existen tres proyecciones oclusales mandibulares de uso frecuente: topográfica, sección transversal y pediátrica (1).

A) Proyección topográfica: permite evaluar las piezas dentales anteriores de la mandíbula. En esta técnica, el paciente debe posicionarse con la línea tragus, comisura labial paralela al piso. Así, la película debe ser apretada suavemente entre los labios del paciente en sentido transversal, y el rayo central se orienta de abajo hacia arriba a nivel de la eminencia mentoniana con un ángulo de 55° . Esta técnica es indicada para estudiar la extensión de lesiones quísticas y tumorales de mandíbula, trauma dentoalveolar de mandíbula y extensión de rasgos de fractura (1,3) (ver Figura 45).

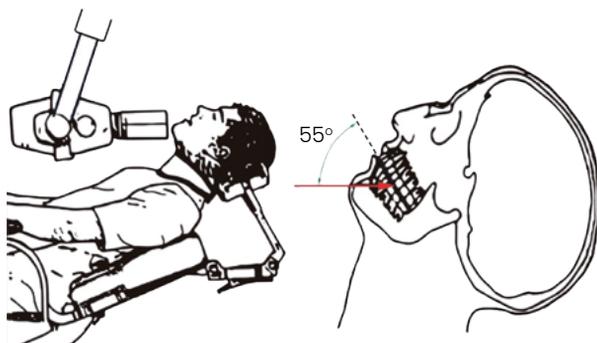


Figura 45. Posición adecuada para realizar la toma de una RX oclusal mandibular.

B) Proyección sección transversal: aporta los aspectos vestibulares y linguales de la mandíbula y ubicar cuerpos extraños o cálculos salivales en la región del piso de la boca. El paciente debe ubicarse con la cabeza inclinada hacia atrás, con el cuello en hiperextensión, para que el plano oclusal y la película se encuentren perpendiculares al piso. Asimismo, el rayo central debe incidir a nivel de la línea media y perpendicularmente a la película en 0° ; en caso de que al paciente no lo sea posible posicionar la cabeza, debe procurarse que el rayo central incida de manera perpendicular. Un parámetro para detectar que la técnica ha sido correctamente ejecutada es cuando se visualiza las eminencias mentonianas (1,3) (ver Figura 46).

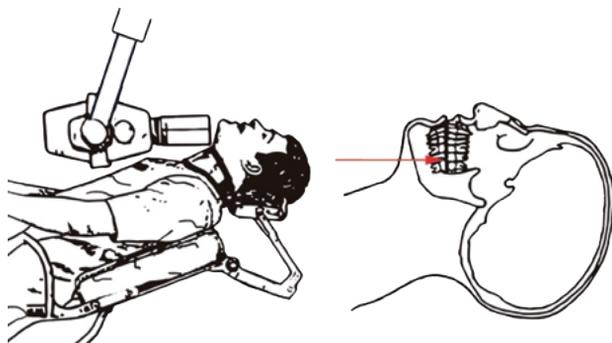


Figura 46. Posición adecuada para realizar la toma de una Proyección sección transversal.

4.3.5. Otras técnicas

4.3.5.1. Técnica oclusal oblicua inferior

Para este método, el paciente debe colocar la cabeza retro inclinada al lado contralateral al que quiere analizarse. La película se ubica en sentido anteroposterior y el rayo central orienta de atrás hacia adelante a nivel del ángulo de la mandíbula con una angulación de -30° . Esta técnica es indicada para evaluar el tercio posterior de la mandíbula; en el estudio de piso de boca es utilizada evaluar la presencia de litiasis en la glándula submandibular (3).

4.3.5.2. Técnica oclusal oblicua de Donovan

Se utiliza una película retro alveolar que debe permanecer parcialmente apoyada en la región anterior de la rama mandibular con la ayuda del dedo índice. Aquí, los rayos inciden a nivel del ángulo mandibular, perpendicular a la película, en sentido posteroanterior. Es un método que permite determinar la ubicación vestibulolingual de terceros molares inferiores (3).

4.3.5.3. Técnica de localización

La radiografía dental es un estudio radiográfico en dos dimensiones de un objeto que físicamente tiene tres dimensiones; por lo tanto, no figura la relación buco-lingual, es decir la profundidad. Es por eso por lo que las técnicas de localización permiten obtener esta información tridimensional, un ejemplo de ellas son la regla del objeto bucal y técnica de las proyecciones excéntricas. El proceso se fundamenta en el principio de Clark y consiste en modificar los lugares relativos de las imágenes radiográficas de los objetos cuando el ángulo de proyección del haz de radiación cambia (3,7-8) (ver Figura 47).

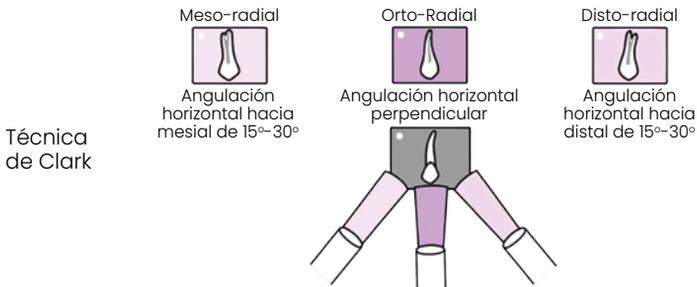


Figura 47. Fundamentos de la técnica de Clark o técnica de localización.

4.3.5.3.1. Indicaciones

Esta técnica permite estudiar lo siguiente:

- Cuerpos extraños o dientes impactados
- Dientes no erupcionados y raíces retenidas
- Posiciones radiculares
- Cálculos salivales
- Fracturas de la mandíbula
- Agujas rotas, instrumentos y materiales de obturación
- Separación de imágenes superpuestas de raíces y conductos dentarios, de dientes con raíces y conductos supernumerarios
- Ubicación de fracturas radiculares
- Localización de resorciones radiculares, tanto externas como internas
- Ubicación de instrumentos fracturados, perforaciones, falsas vías y escalones
- Dirección de curvaturas radiculares
- Relación de las raíces dentarias con respecto a estructuras anatómicas adyacentes (1,7).

4.3.5.3.2. Tipos de técnicas de localización

Existen dos técnicas utilizadas para localizar objetos: la norma del objeto bucal y la técnica de ángulo recto (3).

A) Norma del objeto bucal: establece la orientación de las estructuras que son representadas en dos radiografías expuestas en diferentes ángulos. Al utilizar la técnica y angulación adecuada se expone un receptor periapical o de aleta de mordida, luego se cambia la dirección del haz de rayos X y se expone un segundo receptor mediante una angulación diferente: horizontal o vertical. Una vez que ambas exposiciones han sido completadas, las imágenes se comparan entre sí (3,7).

Cuando la estructura dental o el objeto visto en la segunda imagen se han movido en la misma dirección que el desplazamiento del DIP, la estructura o el objeto se encuentra en lingual; en cambio, cuando el movimiento es en dirección opuesta al DIP, la estructura o el objeto están ubicados en vestibular (3) (Ver Figura 48).

La contracción a manera de recordar esta regla es ILOV:

Igual = Lingual; Opuesto = Vestibular

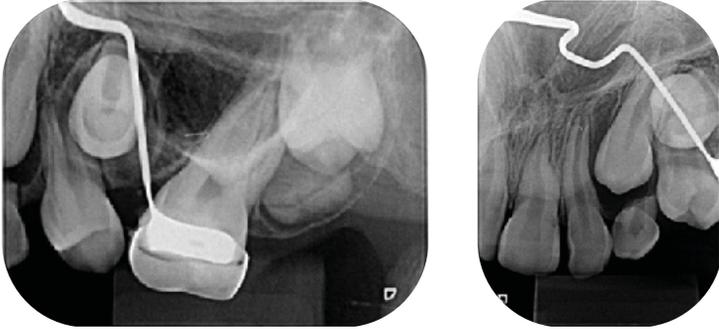


Figura 48. Aplicación de la técnica de localización por desplazamiento para la localización del premolar retenido.

Requerimientos

Tiene que realizarse por lo menos dos tomas con película retro alveolares: la primera es centrada y la segunda se ubicada en la misma posición con el tubo de rayos X hacia mesial o distal. Es necesario tener un punto de referencia en ambas imágenes si se fija en la angulación vertical y horizontal (3).

B) Técnica del ángulo recto: esta regla que se emplea para la alineación de estructuras identificadas en dos imágenes. En este escenario, se procede a realizar una exposición de un receptor periapical utilizando la técnica y angulación apropiadas con el objetivo de visualizar la ubicación del objeto en las relaciones superior-inferior y anterior-posterior. Se expone un segundo receptor oclusal directamente en el rayo central, en un ángulo recto o perpendicular de 90 grados al receptor 3.

La imagen oclusal muestra el objeto en las relaciones buco-lingual y antero-posterior. Después de que los dos receptores se han expuesto y procesado, las imágenes son comparadas entre sí para buscar el objeto en tres dimensiones. Esta técnica es utilizada principalmente para localizar objetos en la mandíbula, y las tomas pueden obtenerse a partir de las distorsiones que se producen durante la técnica periapical, las cuales es posible utilizarlas en favor de un diagnóstico (3) (ver Figura 49 A, B y 50).

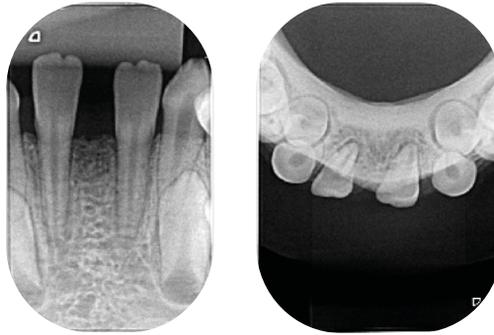


Figura 49. Técnica de ángulo recto A: radiografía periapical B: radiografía oclusal.



Figura 50. Técnica de ángulo recto para localización de cuerpo extraño.

Indicaciones

Esta técnica permite:

- Localizar piezas dentales incluidas y/o impactadas.
- Disociar imágenes radiográficas de raíces o conductos radiculares cuando existe superposición de estructuras.
- Determinar relación vestibulolingual (3).

Errores comunes y soluciones en las tomas radiográficas intraorales: es común que puedan presenciarse varias equivocaciones durante la aplicación de la técnica periapical. Algunas de ellas son descritas a continuación.



4.4. Errores en la selección de parámetros de exposición

4.4.1. Densidad

El grado de oscurecimiento observado en una imagen radiográfica depende de los miliamperios-segundo (mAs) utilizados (3,10).

Los errores que se pueden presentar son:

- Sobreexposición: densidad incrementada por aumento del mAs
- Subexposición: densidad disminuida por descenso del mAs

4.4.2. Contraste

Es la diferencia de densidad entre estructuras adyacentes, siendo dependiente del kV. Al descender el kV disminuye el contraste y al aumentarlo incrementará el contraste (3,10) (ver Figura 51 A, B, C).



Sobreexposición

Densidad adecuada

Subexposición

Figura 51. Radiográfica periapicales del sector anterior maxilar A: sobreexposición B: densidad adecuado C: subexposición.

4.4.3. Errores por distorsión vertical

A) Escorzo o acortamiento: los elementos dentarios se observan más pequeños o acortados, esto se debe a una angulación vertical excesiva, de manera en la que el haz de rayos X es perpendicular al receptor de la imagen y no a la bisectriz imaginaria (3,10) (ver Figura 52).

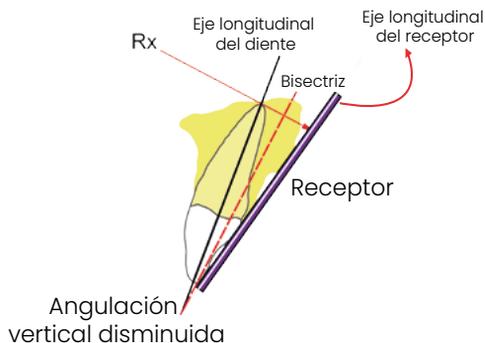


Figura 52. Técnica de bisectriz A angulación vertical incorrecta haz de rayos X perpendicular al receptor de la imagen y no a la bisectriz imaginaria.

Signos radiográficos para la detección de escorzo: proyección de estructuras anatómicas sobre el campo de visualización:

Estructuras anatómicas que se visualizan al realizar el examen radiográfico intraoral como por ejemplo fosas nasales, cornetes inferiores, proceso cigomático, proceso mentoniano, borde basal, línea oblicua interna, etc., indicaría distorsión por acortamiento, debido a que en condiciones normales no se visualizarían (3,10) (Figura 53 A, B, C, D).

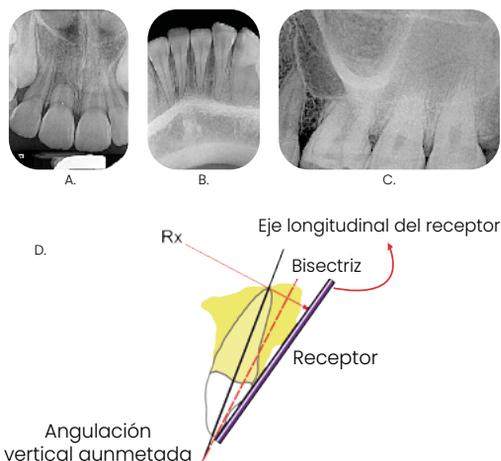


Figura 53. A: Visualización de estructuras anatómicas de fosas nasales B: Visualización de proceso mentoniano y borde basal C: Visualización del proceso cigomático D: Técnica de bisectriz angulación vertical incorrecta haz de rayos X perpendicular al eje longitudinal del diente y no a la bisectriz imaginaria.

Relación de la cresta ósea con la cuña adamantina: si en la imagen resultante se observa la cuña adamantina desplazada hacia coronal, es decir, ubicada por debajo del reborde óseo, se concluye que se empleó una angulación vertical excesiva. Este signo no se aplica a pacientes que presentan resorción ósea marginal (3,10) (ver Figura 54).



Figura 54. Cuña adamantina desplazada por debajo del tejido óseo.

Distancia Inter cuspídea incrementada: se considera el grado de separación de las cúspides vestibulares y palatinas/linguales, existiendo mayor desplazamiento por una angulación vertical incrementada. Signos aplicables a pacientes con resorción ósea marginal (3,10) (ver Figura 55).



Figura 55. Incremento de distancia Inter cuspídea.

Grado de separación de los ápices radiculares y separación de arcos adamantinos: aquellas estructuras localizadas en vestibular se observarán más cortas que las palatinas/linguales por el grado de distorsión vertical al utilizar una angulación mayor (3,10) (ver Figura 56 A, B).



Figura 56. A: Separación de ápices radiculares B: Separación de arcos adamantinos.

B) Elongación: los elementos dentarios se observan alargados o elongados, indicando que la angulación vertical fue insuficiente y el haz de rayos X incidió perpendicular al eje longitud de la pieza dentaria y no a la bisectriz imaginaria (3,10) (ver Figura 57 A, B).

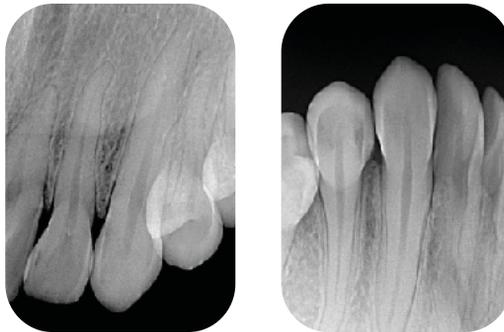


Figura 57. A: Elongación en dientes maxilares B: Elongación en dientes mandibulares.

4.4.4. Errores por distorsión horizontal

Se observará en la imagen resultante sobre proyección de las caras interproximales, es decir, contactos cerrados, en el caso de los molares se apreciará desplazamiento de las raíces vestibulares y palatinas. Para obtener una correcta posición, el rayo central debe dirigirse perpendicularmente a la curvatura del arco y a través de las áreas de contacto de los dientes, de tal manera que éstas últimas aparecen abiertas en la imagen radiográfica (3,10) (Ver Figura 58 A, B, C, D y 59 A, B).



Figura 58. A: Contactos interproximales cerrados B: Desplazamiento de raíces C: Distorsión horizontal en técnica interproximal D: Corrección de distorsión horizontal en técnica interproximal.

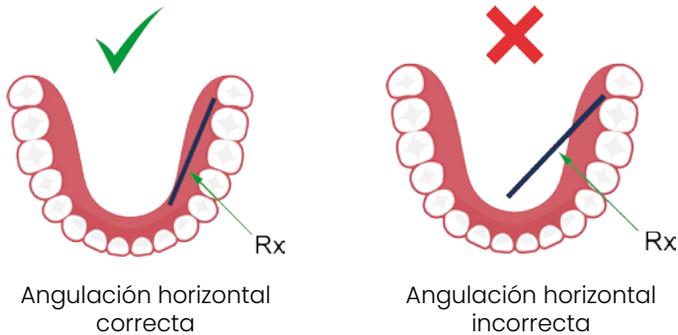


Figura 59. A: Posición correcta del receptor de imagen con respecto a la posición horizontal B: Posición incorrecta del receptor de imagen con respecto a la posición horizontal.

4.4.5. Otros errores

Exceso de área oclusal en el receptor como resultado de un mal posicionamiento del receptor de imagen en la cavidad oral ya sea por una incorrecta colocación del operador, inadecuada sujeción del paciente o características anatómicas propias del individuo que no permiten visualizar los ápices dentarios (3,10) (ver Figura 60).



Figura 60. Corte a nivel apical por exceso de área oclusal en el receptor.

- Proyección dedos sobre la película dental durante la toma, lo que incide en que se refleje en la imagen final la estructura ósea (falange) (3,10).
- Dobleces de la película: las películas convencionales o placas de fósforo son flexibles y pueden permanecer dobladas en alguno de sus extremos debido a errores del operador o del paciente. En este caso, la imagen resultante es distorsionada en la zona del doblez (3,10) (ver Figura 61).



Figura 61. Daño del receptor de imagen intraoral.

- Falta de exposición del receptor de imagen o efecto media luna: al posicionar el haz de rayos X, la parte de la película queda fuera del área de exposición (3,10) (Ver Figura 62 A, B).



Figura 62. A: Corte cónico en radiografía de dientes anteriores mandibulares B: Corte cónico en radiografía de dientes posteriores maxilares.

- Borde de película desalineado: la imagen de los dientes no está recta. Esto ocurre cuando el borde del receptor de imagen no se encuentra paralelo a los bordes incisales de las piezas dentales (3,10) (ver Figura 63).



Figura 63. Receptor desalineado con los bordes incisales.

- Cualquier movimiento del paciente, película y aparato durante el examen genera una imagen borrosa, con menor nitidez y con una alteración del parámetro óptico del dibujo (3,10) (Figura 64).

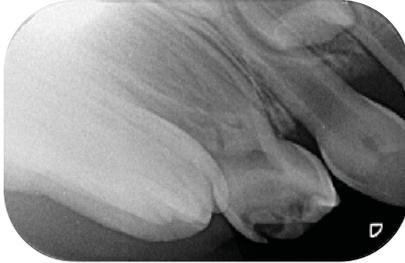


Figura 64. Movimiento durante la toma radiográfica.

Referencias

1. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía dental. Principios y técnicas. 4th ed. New York: Amolca; 2013.
2. Paz C, Celis C, Schilling A, Schilling J, Hidalgo A. Aporte de la radiología oral y maxilofacial al diagnóstico clínico. Av Odontoestomato [Internet]. 2020 May [cited 2023 Jan 25];35(2):73-82. doi: 10.4321/s0213-12852019000200004.
3. Guzmán C, Contreras C, Rabanal C, Rabanal P. Radiología clínica oral y maxilofacial. Santiago de Chile: Amolca; 2019.
4. Whaites E, Drage N. Fundamentos de radiología dental. Barcelona: Elsevier; 2021.
5. Guerra J, Trujillo Z, Coste J, Carmona JA, Fra S. Effectiveness of periapical radiographic methods by parallelism and bisection. Rev Cien Med Pinar Río [Internet]. 2019 [cited 2023 Jan 19]; 23(5):1-10. Available from: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenl.cgi?IDARTICULO=91831>.
6. Polo EA. Distorción de la longitud dentaria en la técnica periapical de paralelismo, comparado con la longitud real del diente extraído. Rev Cient Especialidades UG [Internet]. 2018 Jan [cited 2023 Jan 25];(1):1-5. Available from: <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/eoug/article/view/10>.
7. Court AK, Martínez JC. Técnicas de localización radiográfica en endodoncia - Revisión bibliográfica. Acta Odontol Venez [Internet]. 2012 Feb 6 [cited 2023 Jan 21]; 50(4). Available from: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2012/4/art-22/>.
8. White SC, Pharoah MJ. Radiología oral - Principios e Interpretación. 4th ed. Madrid: Elsevier Science; 2014.
9. Iannucci JM, Howerton LJ. Radiografía dental. 4th ed. Caracas: Amolca; 2013. 56p.
10. Whaites E. Radiología odontológica. 2nd ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2010.





**ROMPIENDO MITOS DE LA
RADIOLOGÍA MAXILOFACIAL**

se imprimió en la ciudad de Cuenca, Ecuador, en
abril de 2024, en la Editorial Universitaria Católica
(EDÚNICA), con un tiraje de 50 ejemplares.





Universidad
Católica
de Cuenca



EDUNICA
EDITORIAL UNIVERSITARIA

ISBN: 978-9942-27-263-8



9 789942 272638

ISBN: 978-9942-27-262-1



9 789942 272621