

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información



TRABAJO DE DIPLOMA

Control de Calidad al Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara

Autor: Carlos Velaz Ríos

Tutor: Prof. Marlen Pérez Díaz, DrC.

"Año 54 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información



TRABAJO DE DIPLOMA

Control de Calidad en el Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara

Autor: Carlos Velaz Rios

cvelaz@uclv.edu.cu

Tutor: Prof. Marlen Pérez Díaz, DrC.

mperez@uclv.edu.cu

"Año 54 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Biomédica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.”

Mohandas K. Gandhi

DEDICATORIA

A mis padres por ser mi inspiración, ejemplo y guía. A mi abuela y mi hermana por su apoyo, cariño y comprensión. A toda mi familia y a todos los que de alguna manera han hecho posible la realización de este trabajo.

“Gracias de todo corazón.”

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A mi tutora la Dr.C Marlen Perez, por su incansable trabajo, dedicación y apoyo incondicional.

Al Lic. Ventura y al Lic. Fernando, y a todo el colectivo de trabajo del Departamento de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara por compartir sus conocimientos y hacerme parte de su equipo de trabajo.

A mis padres por su esfuerzo, sacrificio y por hacer que cada día de mi vida me sienta orgulloso de ellos.

A mi abuela y a mi hermana, por llenar mi hogar y mi corazón.

A mi prima Gretel por su apoyo incondicional y por hacer que mi trabajo fuera más fácil.

A mi familia por su esfuerzo y preocupación desmedida.

A mis amigos y compañeros de aula, por todos estos años de vivencia y por el apoyo en cada uno de los momentos de mi vida.

A todos los que de alguna manera han sido partícipes de mi trabajo.

TAREA TÉCNICA

Análisis de las normas internacionales, protocolos y especificaciones de fabricantes, necesarias para garantizar calidad en el procesamiento de las películas radiográficas intraorales del Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de la ciudad de Santa Clara.

Selección de las pruebas más factibles de acuerdo con las condiciones del departamento, para su implementación en futuros protocolos de Aseguramiento de Calidad (AC).

Desarrollo de una serie de Pruebas de CC seleccionadas al cuarto de revelado y análisis de los resultados obtenidos.

Elaboración de recomendaciones para mejorar los Servicios de Radiología Dental de la provincia a partir de contar con un Sistema de Garantía de Calidad.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Se realizó un estudio de la literatura científica actualizada en el tema de Control de Calidad en Radiografía dental. A partir de las normas internacionales consultadas y de un diagnóstico radiológico realizado al Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de la ciudad de Santa Clara, se definieron un conjunto de Pruebas de Control de Calidad a aplicar al cuarto de revelado y al procesamiento de las películas intraorales, para determinar la causa de los rechazos de radiografías y mejorar el servicio con la creación de un futuro programa de Aseguramiento de Calidad. En el informe se reportan los resultados obtenidos que refieren el estado del servicio. A partir del análisis de dichos resultados se conformó una guía de trabajo con parámetros y recomendaciones, adaptados a las condiciones y necesidades de la entidad, la cual debe ser aplicada en el servicio a fin de mejorar el mismo.

Contenido

PENSAMIENTO i

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

TAREA TÉCNICA..... iv

RESUMEN v

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. El Control de Calidad en la Radiografía Dental..... 6

 1. El Servicio de Radiología Dental..... 6

 2. Equipo de Rayos X intraoral..... 7

 2.1. Principio de funcionamiento. 7

 3. La imagen radiográfica intraoral. 8

 4. Calidad de imagen en radiografía intraoral. 9

 5. Selección de parámetros adecuados de adquisición..... 11

 6. Otros elementos que contribuyen a la calidad de imagen durante la adquisición. 13

 6.1. Filtrado físico. 13

 6.2. Colimación de los Rayos X..... 13

 7. Formación de la imagen latente en la película intraoral..... 14

 8. Procesado de la imagen. 15

 8.1. Humidificación y revelado..... 16

 8.2. Fijado. 18

 8.3. Lavado. 19

 8.4. Secado..... 19

9. Dependencia del Contraste imagen del proceso de revelado.....	19
10. Sensibilidad o rapidez de la película.	19
11. Densidad óptica de la película radiográfica intraoral.	20
12. Curva Característica de la película radiográfica intraoral.	21
13. Diseño de la instalación para adquirir y revelar radiografías intraorales.	22
13.1. Salas de Rayos X y consola de control.	22
13.2. El cuarto de revelado.	23
14. Aspectos generales de la Protección Radiológica en radiodiagnóstico dental.	26
15. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.	27
16. Aspectos generales del Control de Calidad en el Servicio de Radiología Dental.....	28
17. Conclusiones del capítulo.	30
CAPITULO II. Materiales y Métodos	31
2.1. Diagnóstico del Servicio de Radiología Dental.....	31
2.1.1. Preguntas de carácter técnico que miden la calidad del servicio.	31
2.1.2. Preguntas sobre el estado del cuarto de revelado y el procesamiento de las películas radiográficas dentales.....	32
2.1.3. Preguntas relacionadas con el estado de la Protección Radiológica en el Servicio.	34
2.2. Pruebas de CC al cuarto de revelado.....	35
2.2.1 Evaluación visual del cuarto de revelado.	35
2.2.2. Chequeo de la Temperatura del cuarto de revelado	37
2.2.3. Chequeo de la humedad relativa del cuarto de revelado	37
2.2.4. Chequeo del nivel de radiación de fondo del cuarto de revelado.....	38
2.2.5. Prueba de velado por luces de seguridad y/o entrada de luz blanca en el cuarto oscuro	38
2.2.6. Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro.	39

2.2.7. Temperatura de los reactivos químicos.	40
2.2.8. Tiempo óptimo de revelado.	40
2.2.9. Control sensitométrico.....	41
2.2.10. Análisis de la tasa de rechazo.....	44
2.2.11. Construcción de una tira sensitométrica	45
2.3. Conclusiones de capítulo.	45
CAPITULO III: Resultados y Discusión.	47
3.1. Resultados del Diagnóstico del Servicio de Radiología Dental.....	47
3.2. Resultados de las Pruebas de Control de Calidad realizadas al cuarto de revelado.....	53
3.2.1. Inspección física de la instalación.	53
3.2.2. Temperatura del Cuarto de revelado.	54
3.2.3. Prueba de hermeticidad del cuarto de revelado.....	54
3.2.4. Tiempo de fijado.	55
3.2.5. Tiempo de revelado.	56
3.2.6. Temperatura de enjuague.	58
3.2.7. Temperatura del líquido de fijado.	59
3.2.8. Temperatura del líquido de revelado.	59
3.2.9. Tasas de rechazos.	61
3.2.10. Tiempos de exposición.	65
3.3. Recomendaciones generales para al Servicio monitorizado.....	67
3.4. Conclusiones del capítulo.	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

INTRODUCCIÓN

El enorme progreso en el diagnóstico médico contemporáneo, ha tenido como precedente el desarrollo de la ciencia y la técnica. El desarrollo de tecnologías capaces de obtener imágenes cada vez mejores del cuerpo humano han sido la base de diagnósticos e investigaciones cada vez más completas y desarrolladas. La Radiología Dental ha sido ejemplo de ello, resultado de la evolución y perfeccionamiento de la Radiología Convencional [1].

El 8 de Noviembre de 1895 el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen descubrió lo que hoy conocemos como “Rayos X” mientras llevaba a cabo experimentos con un tubo de rayos catódicos en su laboratorio [1]. Roentgen, expuso las manos de su esposa durante largo tiempo a la radiación de un tubo de CROOKES [2] y colocó debajo una placa de fotografía, el resultado fue la primera radiografía de la historia. Catorce días después de que Roentgen anunciara su descubrimiento, el doctor Otto Walkhoff de Braunschweig, Alemania, realizó la primera radiografía dental [1]. En 1896, William Herbert Rollins inventó la primera unidad dental de Rayos X y el profesor Wilhelm Koenig en Franksfurth, realizó catorce radiografías dentales [1]. Meses después del descubrimiento de los Rayos X, se crearon los primeros tubos de Rayos X con finalidad médica.

Por otro lado en 1904 ya se registraron 33 casos de cáncer en piel y uno de cáncer de ovario como resultado del abuso indiscriminado de la nueva técnica [1]. El primitivo tubo de CROOKES fue sustituido en 1913 por el llamado tubo de COOLIDGE [2]; un tubo de tungsteno de alto vacío con energía estable y reproducible, y este se aplicó hasta 1923 que se colocó el interior de una versión miniatura del tubo de Rayos X, inmerso en aceite. Este fue el precursor de múltiples y modernos aparatos dentales de Rayos X, cada vez más novedosos y eficaces, garantizando imágenes de mayor calidad y diagnósticos más certeros para patologías disímiles, capaces además de impartir menores dosis a los pacientes [3].

Sin embargo, estos avances resultarían insuficientes si no se garantizara que los equipos funcionen bajo parámetros reproducibles, estables y correctos. También se hizo necesario que las radiografías obtenidas fuesen sometidas a procedimientos adecuados de revelado que imposibiliten su rechazo. Surgió así la necesidad de controlar la calidad de los servicios radiográficos [4].

La realización de Pruebas de Control de Calidad (CC) a los equipos de diagnóstico radiológico significó un avance técnico importante, puesto que garantiza calidad en el servicio de diagnóstico, así como un funcionamiento de cada equipo bajo los parámetros adecuados según la norma de calidad establecida.

En línea con lo anterior, nuestro trabajo consiste en mejorar un Servicio de Radiología Dental de la ciudad de Santa Clara, a partir de implementar Pruebas de Control de Calidad, adecuadas a las condiciones técnicas existentes, con el objetivo de determinar irregularidades con respecto a los patrones establecidos por normas[4-8] y especificaciones de fabricantes [4, 9-11]. Sirva decir, que el Control de Calidad, es un elemento esencial dentro del Programa de Aseguramiento de Calidad [8] que debe existir en un Departamento de Radiología[12, 13]. Este Programa forma parte del Sistema de Garantía de Calidad que debe promover la institución. En este sentido, el presente trabajo aporta algunas recomendaciones para conformar un futuro programa de Aseguramiento de Calidad en dicha entidad.

La justificación para desarrollar este trabajo parte de que no se dispone en los servicios de salud de Santa Clara de un Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad bien estructurado que incluya a los Departamentos de Radiología Dental. Trabajos previos de tesis desarrollados por estudiantes de pregrado y maestría del CEETI [14, 15] estuvieron enmarcados en el desarrollo de Pruebas de CC para varios equipos de Rayos X convencionales en varias entidades, demostrándose el adecuado estado técnico de los mismos. Sin embargo, la calidad de la imagen no solo depende de una buena adquisición de la radiografía sino también de su correcto revelado [16-18], no habiéndose realizado hasta el presente ningún estudio de CC a los cuartos de revelado, ni al procesamiento de las películas en ninguna entidad santaclareña, lo cual es altamente necesario debido a que se constatan altos índices de rechazos en los Servicios de Radiología Dental de la ciudad.

La creación de un Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad significaría un avance técnico importante, puesto que se podría garantizar en todo momento que cada servicio funcione bajo parámetros adecuados según normas y que garanticen a su vez la calidad del diagnóstico para brindar una mayor calidad en el servicio a los pacientes, con el consecuente impacto social.

En la práctica se constató como **Problema** que no se realizan Pruebas de CC al cuarto oscuro, ni al proceso de revelado de las películas en el Servicio de Radiología Dental hospitalario monitorizado (Clínica de Especialidades), desconociéndose si el índice actual de rechazos de radiografías dentales es una consecuencia de procedimientos inadecuados en este paso.

Definimos entonces como **Objeto de estudio**: El estado del Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara.

Para la solución del problema planteado anteriormente, fue necesario primero estudiar cómo realizar de un modo eficiente, efectivo y eficaz las Pruebas de CC a los equipos de Rayos X dentales y al revelado de las radiografías; qué equipos y dispositivos son necesarios para realizar la mayor cantidad de pruebas posibles entre las normadas y cuál es el estado actual de dicho servicio en la práctica.

Esta tesis presenta un impacto social, puesto que los resultados redundarán en una mejora del Servicio, al poder garantizar que el mismo funcione bajo parámetros aceptados y confiables, así como con el menor número posible de rechazos y con menor daño radiológico para pacientes y Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE).

Objetivo general

Mejorar el Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara, a través de la implementación de Pruebas de CC al cuarto de revelado y al procesamiento de las radiografías, que puedan ser realizadas de forma sistemática.

Objetivos específicos

- ✓ Determinar, según normas internacionales, las Pruebas de CC requeridas para garantizar el adecuado funcionamiento del servicio de Rayos X dentales.
- ✓ Diagnosticar el estado actual del Servicio de Rayos X dentales de la Clínica de Especialidades de Santa Clara.
- ✓ Realizar las Pruebas de CC posibles al cuarto de revelado y al procesamiento de las radiografías en el Servicio seleccionado.
- ✓ Aportar elementos científicamente documentados, para la elaboración futura de protocolos o adecuación de protocolos nacionales, que permitan establecer en los Departamentos de Radiología Dental de la ciudad, un Sistema de Garantía de Calidad, de acuerdo con las actuales condiciones técnicas.

Hemos partido de las siguientes **Interrogantes Científicas**:

- ✓ ¿Resulta adecuado y suficiente el CC actual en el Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara?
- ✓ ¿Cuáles Pruebas del CC a los equipos de Rayos X dentales son factibles de ejecutar en las actuales condiciones técnicas del departamento de las normadas a nivel nacional e internacional?
- ✓ ¿Se realizan Pruebas de CC al revelado de las películas radiográficas en el Servicio seleccionado actualmente?
- ✓ ¿Cumple el Departamento de Radiología seleccionado con las condiciones mínimas necesarias para el revelado de las películas radiográficas intraorales?
- ✓ ¿Cuánto influye en la calidad de la imagen obtenida la calidad del actual revelado de las radiografías dentales?

Las **Tareas de investigación** planteadas fueron las siguientes:

- 1) Análisis de las normas internacionales, protocolos y especificaciones de fabricantes para equipos dentales de diagnóstico por Rayos X.
- 2) Análisis de los resultados actuales del trabajo en el Servicio, a partir del estudio de los registros, estadísticas del departamento e informes técnicos.
- 3) Selección de las pruebas más factibles de acuerdo con las condiciones del departamento, para su implementación en futuros protocolos de Aseguramiento de Calidad.
- 4) Desarrollo de las Pruebas de CC seleccionadas al cuarto de revelado y al procesamiento de las películas y análisis de los resultados obtenidos.
- 5) Recomendación de algunas soluciones para mejorar la calidad de la imagen y el Servicio radiológico en general.

ORGANIZACIÓN DEL INFORME

En el capítulo I, con una extensión de 25 cuartillas, se hace una revisión bibliográfica de los temas relacionados con el Servicio de Radiología Dental, caracterización físico-técnica y su CC. Seguidamente, en el capítulo II, con una extensión de 15 cuartillas, se dan a conocer los materiales y métodos utilizados en el presente trabajo. Finalmente, en el capítulo III, con 21 cuartillas de extensión, se presentan y discuten los resultados obtenidos en cada uno de los experimentos realizados sobre el diagnóstico radiológico y las Pruebas de CC y se comparan los resultados obtenidos con los parámetros sugeridos por los fabricantes. Se incluyen Conclusiones y Recomendaciones. La información es complementada a lo largo del trabajo con un total de 30 figuras y 8 tablas. El texto hace referencia a 44 fuentes de información distribuidas en todo el informe.

CAPÍTULO I. EL CONTROL DE LA CALIDAD EN LA RADIOGRAFÍA DENTAL.

En este capítulo se describe el proceso de adquisición y revelado de radiografías intraorales y cada uno de los aspectos físicos y tecnológicos que deben ser sometidos a un riguroso control de calidad, con énfasis en la parte asociada al revelado de las películas radiográficas (objetivo de este trabajo). Se revisan las principales normas aceptadas internacionalmente para esto y se reflejan aspectos relacionados no solo con la calidad del servicio sino también con la Protección Radiológica del mismo, los que constituyen puntos fundamentales en la creación de un Sistema de Garantía de la Calidad.

1. El Servicio de Radiología Dental

El Servicio de Radiología Dental está capacitado para realizar los diferentes estudios a pacientes solicitados por un odontólogo mediante una indicación. Dicho Servicio está facultado para realizar la confirmación y diagnóstico de patologías bucodentales como caries, lesiones óseas, focos de infección, así como el análisis de anomalías en piezas dentales y la zona de nervios de la cavidad bucal [19, 20] en sus variantes intraoral, cefalométrica, panorámica y tomográfica [21]. En este trabajo se centra el análisis en la radiografía intraoral.

El Servicio se estructura por jerarquías de mando, contando con un Jefe de Servicio (generalmente un médico radiólogo) y personal calificado para la realización práctica de las radiografías en los correspondientes equipos a los pacientes, ya sea técnico del nivel superior. Este personal también debería ser el encargado de asegurar la calidad del Servicio, siendo el Control de Calidad, a través de las pruebas correspondientes normadas [5-8], uno de los elementos principales del Sistema de Garantía de la Calidad [8]. Otro elemento importante en dicho Sistema es el Programa de Protección Radiológica (PR) a pacientes y personal ocupacionalmente expuesto [3, 7, 13]. Ambos elementos garantizan no solo la calidad de las imágenes médicas adquiridas sino también la seguridad radiológica de los pacientes, el personal y el público.

2. Equipo de Rayos X intraoral

El equipo de radiografía intraoral (Figura 1) consta de un módulo de control, un brazo de extensión y un cabezal de tubo.

Módulo de control: Permite regular el haz de Rayos X. Contiene botones de encendido y exposición; ambos con luz indicadora y dispositivo de control (selectores de tiempo, kilovoltaje y miliamperaje) para la regulación de los Rayos X.

Brazo de extensión: Brazo articulado que sostiene la cabeza del tubo de Rayos X, permite su movimiento y obtener la posición adecuada.

Cabezal del tubo: Es una caja o cubierta de metal donde se producen los Rayos X. Incluye la caja de metal, el aceite aislante y el tubo de Rayos X.



Fig1: Partes del equipo de radiografía dental intraoral.

2.1. Principio de funcionamiento

El equipo de radiografía dental intraoral obtiene una imagen analógica en escala de grises. La energía que utiliza el tubo de Rayos X para la producción de los mismos (Figura 2) es suministrada por un circuito eléctrico. El circuito que conecta el tubo de Rayos X a la fuente de energía eléctrica es el denominado generador. El mismo proporciona la capacidad para ajustar las magnitudes eléctricas miliamperaje y kilovoltaje que controlan la producción de Rayos X.

Dentro del tubo de Rayos X se encuentra el cátodo donde se crea una nube de electrones que cuando se aplica una diferencia de potencial respecto al ánodo, envía dichos electrones hacia este y se genera el espectro de Rayos X [22, 23]. El ánodo es el encargado de enviar los Rayos X hacia el paciente. Sin embargo, no todos los rayos van con la energía necesaria para atravesar al mismo, ya que en parte son absorbidos por los tejidos de este. Los que son capaces de atravesarlo, pero atenuándose de forma diferente en los diferentes tejidos, son los que generan un contraste sobre la imagen, a la vez que depositan parte de su energía en dichos tejidos [22, 24].

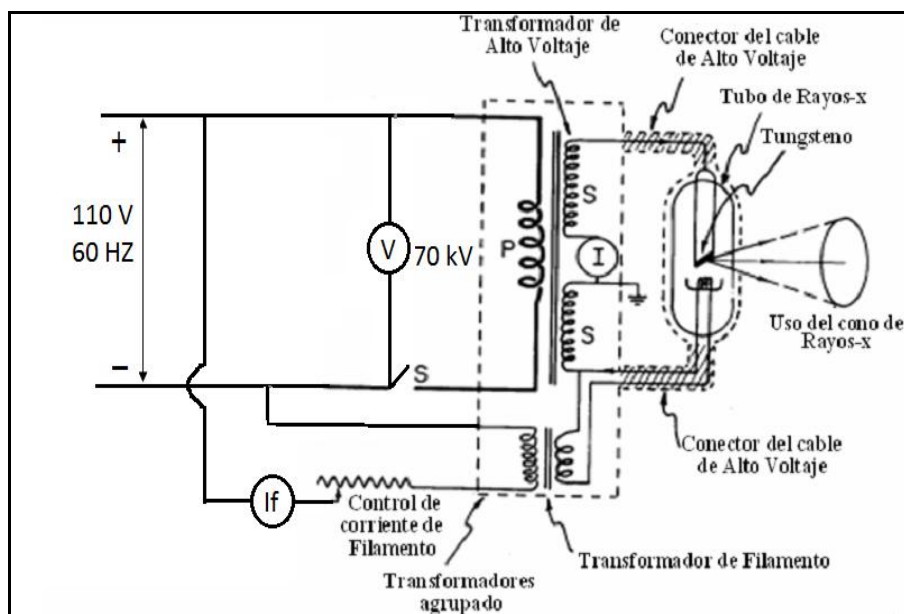


Fig 2: Circuito básico del Generador de Rayos X intraoral.

3. La imagen radiográfica intraoral

La radiografía intraoral es una imagen por Rayos X estática (Figura 3). Para su obtención se requiere que se ubique una película dental radiográfica dentro de la boca del paciente para obtener imágenes de mordedura, periodontales y/o oclusales de la cavidad bucal del mismo, cuando los Rayos X alcanzan este receptor, después de ser absorbidos o atenuados por los tejidos de la boca del paciente. Las radiografías de mordedura muestran la parte superior de las raíces superiores e inferiores de los dientes. En las periodontales se muestra la estructura de los dientes, incluyendo las raíces completas en una sola película, mientras las mandíbulas son reflejadas en varias películas separadas. La radiografía oclusal muestra la superficie de los pre-molares y molares[25].



Fig3: Radiografía intraoral.

4. Calidad de imagen en radiografía intraoral

La calidad de imagen se expresa a través de 5 parámetros físicos generales: resolución espacial, contraste imagen, ruido aleatorio, presencia de artefactos y distorsión [26].

Resolución espacial: Cada método de imagen tiene un límite en cuanto al objeto más pequeño que puede ser captado y posibilitar la visibilidad de detalles. La resolución espacial se afecta por el emborronamiento o desenfoque que introduce la propia técnica. La pérdida de resolución espacial reduce el contraste de la imagen y la visibilidad de los pequeños objetos o detalle. En una situación ideal, un objeto pequeño estaría representado por un punto bien definido dentro de una imagen pequeña. En realidad la imagen borrosa es la encargada de difundir cada punto del objeto en la imagen y se observa como una mancha [26]. Los elementos del equipo de Rayos X dental que introducen emborronamiento en la imagen son: el tamaño del foco y el granulado de la película (receptor). Mientras más pequeño es el foco mayor nivel de detalles podrá ser apreciado en las imágenes con menor grado de emborronamiento, mientras que para el grano ocurre lo contrario.

Contraste imagen: Es la diferencia en densidades ópticas entre dos tejidos o estructuras adyacentes sobre una imagen y expresa el diferente grado de atenuación de la radiación en los mismos.

$$C = \frac{(D1 - D2)}{D1} \quad (1)$$

D- Densidad óptica en tejidos 1 y 2.

Ruido: El proceso de conteo de un fotón x es esencialmente un proceso caracterizado por la Distribución estadística de Poisson [26, 27] (donde la varianza es igual a la media de la señal). La amplitud del ruido (desviación típica) es proporcional a la raíz cuadrada de la amplitud de la señal, y la relación señal a ruido (SNR) se comporta como la raíz cuadrada de la amplitud de la señal. El ruido en este tipo de imagen es inherente a la estadística de conteo, (ruido cuántico) representando un porcentaje de esta. De ahí que cuando la estadística es mayor (mayor número de electrones arrancados al cátodo producto de un mayor mAs) la contribución al ruido se reduce [26] y la relación Señal a Ruido se incrementa.

Existe otra contribución al ruido (ruido electrónico) aportado por los componentes electrónicos y cables del sistema. En general, los elementos del equipo que contribuyen a generar ruido sobre la imagen son: el grano en la película radiográfica, el ruido electrónico del amplificador o del detector, el ruido por radiación (“efecto tacón”), el ruido estructural (dispersión Compton), el ruido en el receptor (respuesta no uniforme a un haz uniforme de Rayos X) y el moteado cuántico (flujo bajo de fotones) [26].

Artefactos: Son elementos presentes en la imagen que no representan una estructura corporal. Los artefactos pueden ocultar una parte de una imagen o puede ser interpretado como una característica anatómica. Las fuentes de artefactos en Rayos X son [11, 17, 26]:

- ✓ Chasis protector: Este puede tener abolladuras, ralladuras o puede doblarse demasiado cuando es introducido en la boca del paciente, produciendo artefactos en forma de puntos y rayas (Figura 4).
- ✓ Suciedad de la zona seca: La presencia de partículas de polvo en la mesa donde son descargados los chasis de las películas intraorales, hacen contacto con la película, produciendo artefactos en forma de puntos.
- ✓ Contaminación de la zona seca: Las salpicaduras de líquido revelador sobre las películas antes de revelarla, producen artefactos en forma de manchas en la misma (Figura 5)
- ✓ Otros: El movimiento del paciente, la mala angulación del tubo y la marca de dedos sobre la película, producto de una mala manipulación, son otras fuentes de artefactos en la imagen radiográfica intraoral.



Fig 4: Artefactos producidos por ralladuras en el chasis protector.



Fig 5: Artefactos producidos por salpicaduras de líquido revelador.

Distorsión: Una imagen médica no sólo debe presentar los objetos visibles, sino que debe dar una impresión correcta de su tamaño, forma y posición relativa. Las fuentes de distorsión en equipos de Rayos X son: la distancia o posición del objeto y la forma del objeto. Los objetos más alejados del foco sufren distorsión debido a la dispersión de los fotones [26].

Cuando las imágenes no cumplen requisitos mínimos de calidad en términos de buena resolución espacial, bajo ruido, adecuado contraste imagen, baja distorsión y sin presencia de artefactos, es necesario repetir las mismas, con lo cual no solo se afecta radiológicamente al paciente sino que se afecta económicamente al Servicio. Un indicador de calidad en este sentido, que se controla en la práctica, es el índice o número de rechazos de radiografías en un período de tiempo [28].

La calidad de la imagen médica de Rayos X según los parámetros anteriores está determinada por las características técnicas del equipo de adquisición, y una vez asumido este, por la selección de variables apropiadas en términos de corriente de tubo, kilovoltaje pico, tiempo de adquisición y filtrado escogido [29], así como un adecuado proceso de revelado de la película [17]. Todo esto debe estar sujeto a un estricto CC siguiendo normas y recomendaciones de fabricantes [4-11].

5. Selección de parámetros adecuados de adquisición

En los equipos de Rayos X hay tres indicadores o variables que nos expresan las características esenciales de la formación del haz de Rayos X:

- **Kilovoltaje (kV):** Se refiere a la diferencia de potencial entre cátodo y ánodo, que a su vez determina el poder de penetración de los Rayos X en el cuerpo del paciente y la energía a depositar en este. Es necesario conocer el rango de valores de kV para que la imagen no se vea demasiado oscura o demasiado clara. La relación que existe entre el kV y el contraste es inversa. El rango de kV para radiografías intraorales está entre 50 y 90, en dependencia de la morfología del paciente [22].
- **Kilovoltaje pico (kVp):** La máxima energía del espectro de Rayos X está determinada por el máximo kV o pico de tensión durante el ciclo de tensión. Este es uno de los factores de ajuste en estos equipos. El kVp es muy útil en el control de la radiación de salida de un tubo de Rayos X. Normalmente se asume que la radiación de salida es proporcional al cuadrado del kVp. Duplicar el kVp cuadruplica la exposición del tubo. Hasta hace poco, los equipos de Rayos X dentales eran fabricados para funcionar con niveles muy bajos de kilovoltaje, de 50 kVp o incluso menores [30]. Estos kilovoltajes se asociaban con exposiciones largas y dosis elevadas de radiación; por lo que los valores de kVp más elevados se están incorporando al mundo odontológico como medida para disminuir la dosis de radiación. Actualmente, a los dentistas se les aconseja trabajar con equipos que trabajen a 70 kVp. Este aumento en el kVp, es una forma simple de disminuir la cantidad de radiación empleada en la exploración radiológica. Aunque aumentando el kVp por encima de 70 se produce un espectro característico de radiación cada vez más alejado de la sensibilidad óptima de una película dental [28]. Es importante destacar, que aunque la dosis de radiación es relevante, lo fundamental para el diagnóstico odontológico es la calidad de la imagen obtenida. Imágenes de alto contraste se relacionan con valores bajos de kVp y son más apropiadas para el diagnóstico de algunos tipos de patología, como la caries dentales [20, 21]; mientras que valores inferiores de contraste ofertados por los equipos de 80 kVp, se dice que ofrecen mejor visualización del hueso de la cresta alveolar en lesiones originadas por la enfermedad periodontal [20, 21].
- **Miliamperes por segundo (mAs):** Los mAs relacionan la corriente aplicada al tubo con el tiempo (en segundos) de la adquisición de la radiografía, y constituyen otro parámetro que el operador ajustará en el equipo. El mAs influye directamente en el número de fotones de Rayos X usados

para producir la imagen, por esta razón afectan a la Relación Señal a Ruido y al contraste imagen. Duplicando este parámetro, por ejemplo, se mejora el contraste.

La selección de parámetros inadecuados redundará en una mala calidad de imagen y en muchos casos en la necesidad de repetir la radiografía, con la consecuente sobre exposición del paciente a las radiaciones y el incremento del riesgo radiológico de contraer un efecto estocástico [31] .

6. Otros elementos que contribuyen a la calidad de imagen durante la adquisición

6.1. Filtrado físico

El filtrado físico se refiere a una capa de material absorbente (preferentemente Al) que se ubica antes de que los Rayos X penetren al paciente. Se filtran los Rayos X con el objetivo de eliminar las radiaciones de muy baja energía, que no contribuyen de forma útil al contraste en la película, pero que significan una carga de radiación innecesaria para el paciente. Las recomendaciones oficiales de la Unión Europea sobre los valores de filtración necesarios para el funcionamiento de equipos radiológicos dentales intraorales, son de 1,5 mm de Al para equipos radiológicos que funcionen hasta con 70 kVp, aumentando el valor de la filtración 0,2 mm de Al por cada 10 kVp, ascendiendo hasta un máximo de 150 kVp.

6.2. Colimación de los Rayos X

La colimación garantiza acotar el campo de radiación que recibe el paciente. Tradicionalmente se ha utilizado un colimador redondo en radiología intraoral para proteger al paciente de los efectos de las radiaciones ionizantes [32]. Los fabricantes actuales establecen un diámetro máximo del cono de 6 cm sobre la piel del paciente. Sin embargo, un haz circular de este tamaño es un 135 % mayor en superficie que una película radiográfica convencional (3 x 4) cm. Está demostrado que el cambio de un colimador redondo (6 cm) a uno rectangular (3 x 4 cm) reduce la exposición a la radiación en un factor de cuatro, permitiendo disminuir la dosis administrada al paciente en un 60 % [33, 34].

7. Formación de la imagen latente en la película intraoral

La figura 6 muestra el proceso de revelado de una película convencional intraoral. La energía de la radiación emergente que sale del paciente y llega a la película radiográfica es absorbida en gran parte por cristales de halogenuros de plata de la película. Si observamos la película inmediatamente después de la exposición no veremos nada, esto es debido a que, aunque se ha producido un cambio en las uniones químicas de los halogenuros de plata, ésta no es visible a simple vista; existe por tanto una imagen latente que se debe convertir en imagen visible.

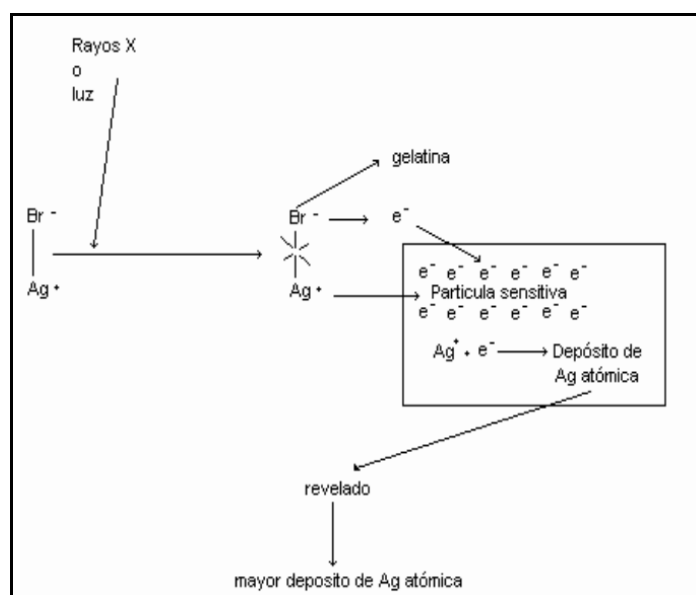


Fig 6: Transformación química en la película radiográfica intraoral.

Normalmente, los átomos constituyentes de los halogenuros de plata están unidos de forma iónica formando una red cristalina. La plata forma un ión positivo al ceder electrones mientras que el bromo y el yodo forman iones negativos al captar dichos electrones. Estos cristales no son tan rígidos, por lo que sus átomos pueden desplazarse bajo ciertas condiciones en el interior del cristal. En la superficie externa del cristal predominan los átomos de Br^- y de I^- por lo que el cristal, aunque neutro en su conjunto, tiene una carga eléctrica superficial negativa. Cuando la radiación x incide sobre la película, parte de ella va a interactuar con los átomos de esta, dando lugar a efectos fotoeléctricos [22] y/o a efectos Compton [22]. En ambos casos se produce una ionización y se liberan electrones de los átomos de bromo y yodo ya que los tienen en exceso (aunque también los de plata). Estos electrones

secundarios liberados recorren una determinada distancia en el interior del cristal y pueden durante su recorrido arrancar nuevos electrones terciarios de los átomos sobre los que inciden [35].

Los átomos de bromo y yodo al quedar libres emigran hacia la gelatina quedando deteriorada finalmente toda la estructura cristalina. En los lugares donde no han incidido los Rayos X se conserva intacta la estructura del cristal. A medida que los átomos de bromo y yodo desaparecen del cristal al ser neutralizados por perder electrones, los iones positivos de plata liberados son atraídos electrostáticamente por las partículas sensitivas y son neutralizados al llegar a estas y se combinan con los electrones, transformándose en plata atómica que queda localmente depositada. Esta plata atómica no es visible a simple vista, dada su pequeña cuantificación de átomos por cristal, sin embargo, el depósito de plata en estos lugares se aumentará durante el revelado, haciéndose así visible la imagen. Por ello, a estos centros se les ha denominado centros de la imagen latente.

Estos cristales con plata depositada en las partículas sensitivas adquieren una coloración negra durante el revelado, mientras que los cristales que no han sido irradiados conservan su estructura de red cristalina y se mantienen transparentes. La figura 6 muestra todo el proceso explicado.

8. Procesado de la imagen

El proceso de depósito de algunos átomos de plata metálica alrededor de la partícula sensitiva, ocurrido en algunos cristales como consecuencia de la acción de los Rayos X, se multiplica varios millones de veces durante el proceso de revelado hasta que todos los iones de plata se transforman en plata metálica convirtiéndose así la imagen latente en imagen visible [35].

Hay que tener en cuenta que nunca se puede compensar una exposición radiográfica defectuosa, con un cambio en las condiciones de revelado. Básicamente el proceso del revelado consta de las siguientes fases:

- ✓ Humidificación y revelado la película: Proceso durante el cual la imagen latente pasa a imagen visible.
- ✓ Baño en una solución ácida o "baño de paro".
- ✓ Fijado: Proceso durante el cual se disuelven y eliminan de la emulsión las sales de plata que no han sido expuestas a la radiación y se refuerza la estructura de la gelatina que se hace más sólida.

✓Lavado final.

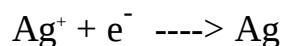
✓Secado.

8.1. Humidificación y revelado

El primer paso del proceso de revelado consiste en humedecer la película, mojándola en agua, para favorecer así que los compuestos químicos del líquido revelador penetren y alcancen uniformemente todas las partes de la emulsión.

Durante el proceso del revelado va a tener lugar una amplificación del proceso ya iniciado en la formación de la imagen latente, es decir, continúa y se multiplica la transformación de los iones de plata en plata metálica, que queda depositada alrededor de las partículas sensitivas, siendo el líquido revelador el compuesto químico encargado de llevar a cabo esta tarea.

Para transformar la plata iónica en plata metálica, el ión debe absorber un electrón, es decir:



En esta reacción química se ha producido una reducción del ión plata al ganar un electrón.

El compuesto químico que cede el electrón, posibilitando así la reducción de la plata, es el llamado revelador, siendo este un compuesto que cede electrones. La composición química exacta del líquido revelador y sus proporciones es un secreto celosamente guardado por los fabricantes de películas (Kodak, Agfa, etc.). Sabemos, sin embargo, que el componente principal del revelador es la hidroquinona y como secundario el mentol, en el revelado manual [16, 17]. Estos compuestos son reductores y por tanto tienen muchos electrones en su superficie exterior que pueden ser liberados con facilidad, neutralizando así los iones positivos de plata.

La película expuesta, y por tanto portadora de una imagen latente, contiene cristales de halogenuros de plata que no han sido expuestos y que conservan una carga electrostática negativa distribuida por toda su superficie. Los cristales expuestos tienen también una carga electrostática negativa en toda su superficie salvo en las proximidades de la partícula sensitiva donde ya ha comenzado el depósito de plata metálica. El revelador, al ser electrostáticamente negativo, tiene dificultades para atravesar la superficie y penetrar en el cristal, salvo en la zona de la partícula sensitiva de los cristales expuestos. En estos cristales expuestos, el revelador penetra en el cristal y ataca a los iones de plata reduciéndolos a plata atómica.

Al final del proceso de revelado, y si este ha sido correcto, el cristal expuesto se ha destruido completamente. En su lugar queda un grano negro lleno de plata metálica y se liberan hacia la gelatina los iones bromuro y yoduro disolviéndose en el revelador. Los cristales que no han sido expuestos a la radiación no se modifican. Sin embargo, normalmente el proceso del revelado no es perfecto del todo, de tal forma que algunos cristales expuestos quedan sin revelar y otros no expuestos son revelados, este hecho origina velo y disminuye la calidad de la imagen [35].

Para que el proceso del revelado sea óptimo, es decir, que solo sean reducidos a plata metálica los granos expuestos y no el resto, es preciso vigilar los 3 parámetros básicos que influyen directamente en las reacciones químicas que tienen lugar durante el mismo, estos parámetros son:

- 1.- Tiempo de contacto con el revelador.
- 2.- Temperatura del revelador 20° C (Procesado manual).
- 3.- Concentración o cantidad de revelador.

El aumento de cualquiera de estos tres parámetros va a condicionar la reducción de un mayor número de cristales no expuestos y, por el contrario, su disminución impide que sean revelados cristales expuestos. Los fabricantes de películas y líquidos de revelado nos indican los valores óptimos de tiempo, temperatura y concentración del revelador para que el proceso sea óptimo y el velo quede reducido al mínimo [35].

Otras sustancias que forman parte del líquido revelador son [17]:

- ✓ **Sustancias potenciadoras de la acción del revelador:** Es decir, un álcali, como es el carbonato de sodio o el hidróxido de sodio (sosa), estas sustancias son compuestos básicos que controlan el pH ya que el proceso del revelado se desarrolla en un ambiente alcalino.
- ✓ **Sustancias antivelo:** Limitan la acción del revelador a los cristales expuestos. Sin los restringentes se producirían depósitos de plata metálica, incluso en los cristales no expuestos, lo que originaría velo en la película debido al proceso de revelado. Los compuestos más utilizados como restringentes son el bromuro y el yoduro potásico.
- ✓ **Sustancias preservadoras o antioxidantes:** Evitan la oxidación del revelador al ponerse en contacto con el aire ya que esta disminuye sus propiedades reductoras. La oxidación se produce

a medida que se manipula el líquido y es posible reconocerla a simple vista observando el líquido reductor ya que este adquiere un color rojizo, ella es la responsable de que el líquido revelador, una vez abierto, solo dure 2 semanas. Para evitar esta oxidación deben cerrarse con tapón hermético los tanques contenedores del líquido revelador y pueden añadirse sustancias como el Sulfito de sodio, que evita la oxidación, manteniendo el líquido transparente.

✓ **Endurecedor de la gelatina:** Es la sustancia más utilizada para controlar el hinchado o reblandecimiento excesivo de la emulsión glutaraldehído.

8.2. Fijado

El proceso del fijado tiene lugar tras el del revelado y mediante el mismo se va a conseguir que la imagen permanezca estable y no se desvanezca con el transcurso del tiempo, obteniéndose lo que se conoce como una calidad de archivo. Para ello es necesario eliminar de la película los cristales no expuestos, pues de lo contrario no podríamos exponerla a la luz ya que se velaría.

Cuando la película se extrae del revelador, parte del mismo se encuentra embebido en la emulsión y continúa su acción reveladora, de tal manera que si no se detiene rápidamente su acción, terminará velando la película. Para ello, si el revelado es manual, se introduce la película en el denominado "baño de paro", que no es otra cosa que ácido acético (vinagre) o agua natural, que neutraliza y detiene la actividad de los compuestos reveladores que permanecen aún en la película [17].

Las sustancias que componen el líquido fijador son:

✓ **Sustancia limpiadora:** Elimina de la emulsión los cristales que no han sido revelados, ni expuestos. El compuesto más utilizado para este fin es el Tiosulfato de amonio, que reacciona con los iones de plata formando un compuesto estable y de esta forma deshace la estructura del cristal, sin afectar la plata metálica.

✓ **Activador:** Es el ácido acético, que neutraliza los restos que puedan quedar de revelador (actúa como "paro").

✓ **Endurecedor:** Cuya misión es acelerar el proceso de contracción de la gelatina, que se produce a medida que van siendo eliminados los cristales no expuestos, lo que origina un aumento de la

rigidez de la emulsión y facilita su posterior secado. Los compuestos más utilizados para este fin son el aluminato potásico, el cloruro de aluminio y el aluminato de cromo, siendo suficiente emplear unos solo de ellos.

✓ **Preservador o antioxidante:** Es el mismo utilizado en el líquido revelador, es decir, el Sulfito de sodio, y su misión es igualmente evitar la oxidación del líquido fijador.

8.3. Lavado

Tras el proceso de fijación debe lavarse la película con abundante agua con objeto sobre todo de eliminar el fijador retenido en la superficie de la película. Si el lavado no es adecuado puede ser la causa de la retención de fijador y el consiguiente deterioro de la imagen archivada [17].

8.4. Secado

En esta fase tiene una gran importancia el componente del fijador, el sulfato aluminico-potásico, que ayuda y prepara a la película para un rápido secado al aire.

9. Dependencia del Contraste imagen del proceso de revelado

El contraste de una imagen está definido por la posibilidad de distinguir densidades ópticas distintas. Son muchos los factores que van a condicionar el contraste final de la imagen, algunos de estos factores son dependientes del tipo de emulsión de la película; por lo tanto, en función del tipo de película elegida esta proporcionará un realce mayor o menor al contraste final de la imagen.

El contraste de una película depende del tamaño y distribución de los cristales de los halogenuros de plata, de tal manera que las películas de alto contraste tienen unos granos de tamaño similar y están uniformemente repartidos en la emulsión, mientras que las películas de bajo contraste tendrán unos granos de tamaños muy distintos y su reparto no es uniforme [35].

10. Sensibilidad o rapidez de la película

La sensibilidad de una película depende también del tamaño del grano; así, las emulsiones de grano grueso son más sensibles y por tanto más rápidas para captar la imagen que las de grano fino. En

general los fabricantes ofrecen películas con dos o tres velocidades diferentes (rapidez): baja, media y alta sensibilidad.

Cuanta más alta es la sensibilidad de una película, menos exposición o cantidad de radiación se necesita para obtener una determinada densidad óptica. Las películas de doble emulsión son, en general, más rápidas que las monoemulsión. La tabla 1 compara dos tipos de películas utilizadas en radiografía intraoral.

Tabla1: Comparación (sensibilidad) de las películas utilizadas en radiografías intraorales.

Películas Intraorales	Sensibilidad D	Sensibilidad E
Resolución espacial	Buena	Muy Buena
Dosis típica impartida	0.5 mGy	0.25 mGy
Tiempos de exposición típicos	0.3 - 0.7 s	0.1 - 0.3 s

11. Densidad óptica de la película radiográfica intraoral

La densidad óptica se determina numéricamente mediante un densitómetro. De esta se deduce que el grado de ennegrecimiento es directamente proporcional a la exposición solamente dentro de un margen limitado de valores, por encima y por debajo de los cuales esto no se cumple [11]. La densidad no tiene unidades de medida.

En una radiografía las zonas que corresponden a estructuras que han producido poca atenuación del haz aparecerán más negras y con densidades comprendidas entre 2,5 y 3 [29]. Densidades de un valor superior son difícilmente distinguibles por el ojo humano, no observándose prácticamente diferencia entre ambos tonos de negro. Igualmente, densidades muy claras, por debajo de 0,25 también aportan una información de escaso valor diagnóstico, ya que resultan demasiado claras como para poder distinguir nada entre ellas.

Una película se dice que tiene una densidad adecuada cuando la mayoría de las densidades que integran la imagen se encuentran dentro del llamado rango útil. Las densidades útiles desde el punto de vista diagnóstico son aquellas que oscilan entre 0,25 y 2,5 [29]. Este rango de densidades ideales en una película se consiguen con una mayor o menor exposición dependiendo del tamaño del grano o, lo que es lo mismo, de la sensibilidad de la película.

12. Curva Característica de la película radiográfica intraoral

La curva característica es la forma más común de representar gráficamente la respuesta de una película a su exposición a la radiación (luz o Rayos X). Con todas las películas se puede confeccionar una curva característica (Figura 7) representando, en el eje de ordenadas, las distintas densidades que vamos obteniendo; en el eje de abscisas, el valor de la exposición relativa (los mAs, pues los kvp son fijos en la mayoría de los equipos de Rayos X intraorales) ya que la densidad es directamente proporcional a la exposición salvo en el "pie" (zona subexpuesta) y en el "hombro" (zona sobreexpuesta) de la curva [29].

Cada tipo de película tiene su propia curva característica y de su análisis podemos obtener información acerca del contraste, velocidad y latitud de la misma.

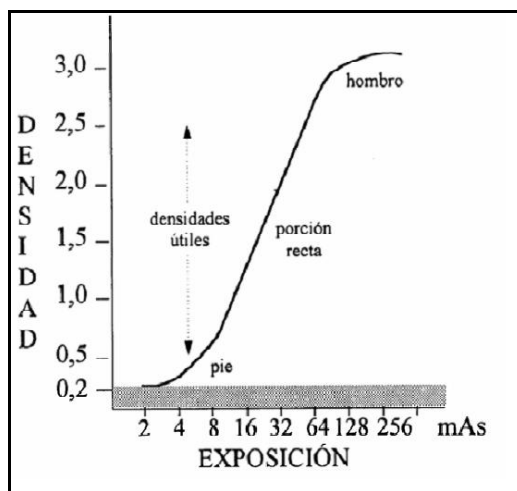


Fig 7: Curva característica de la película radiográfica intraoral.

Si examinamos una curva característica observamos que:

- ✓ La curva no empieza en el valor 0, sino en un determinado valor, llamado densidad de velo. El valor a partir del cual comienza a aparecer un ennegrecimiento como respuesta a la exposición se denomina valor umbral, normalmente este valor se encuentra entre 0,1 y 0,2. El valor de la densidad de velo aumenta con el tiempo de almacenamiento de las películas, así como con la temperatura, o con el hecho de que los almacenes estén mal protegidos de las radiaciones.
- ✓ La parte de la curva situada por encima del valor umbral y hasta el valor en el que la curva se hace recta se denomina pie, los valores más habituales del pie están entre 0,1 y 0,5.

- ✓ La curva se hace a continuación más inclinada y más recta, ascendiendo hasta una extensión que depende del tipo de película, así, hay películas que apenas tienen zona recta y su curva característica tiene forma de S. Es en esta zona donde la densidad es directamente proporcional a la exposición a la radiación, de tal manera que cualquier cambio en la exposición, por pequeño que sea, se traducirá en un aumento de la densidad. Es el tramo de la curva que aporta más información sobre las características de la película.
- ✓ La parte de la curva después de la zona recta es conocida como hombro y en ella los incrementos de exposición producen progresivamente aumentos menores de densidad y la curva se aplana hacia la densidad máxima, momento a partir del cual la curva comienza a decrecer. (una película muy expuesta a la luz o la radiación sale blanca en vez de negra).

13. Diseño de la instalación para adquirir y revelar radiografías intraorales

Para diseñar correctamente el sitio donde se ubicará un equipo de Rayos X intraoral hay que cumplir con una serie de criterios generales sometidos a estrictas normas:[3, 12, 13, 28].

- El servicio debe constar con:
 1. Sala de espera.
 2. Sala de Rayos X.
 3. Área de consola de control.
 4. Área de almacenamiento de películas.
 5. Cuarto oscuro.
 6. Área de interpretación.

13.1. Salas de Rayos X y consola de control

- En las instalaciones móviles, la delimitación de la zona controlada debe efectuarse mediante elementos estructurales o de construcción tales como pisos, paredes y techo. La sala de Rayos X y el área de ubicación de la consola de control del equipo deben quedar dentro de la zona controlada [36].
- Las dimensiones y accesos de una sala de Rayos X estarán de acuerdo con la guía mecánica del fabricante del equipo de Rayos X y deben ser suficientes para manejar con seguridad a pacientes

en camilla o en silla de ruedas, siempre y cuando se consideren estos casos en el programa de servicios.

- El diseño se debe efectuar de forma que no se dirija el haz directo de radiación hacia la consola de control, puertas de acceso o ventanas. Análogamente, se recomienda no dirigirlo hacia el cuarto oscuro, de lo contrario se debe contar con el blindaje adecuado.
- Se requiere que en el exterior de las puertas de las salas de Rayos X exista un letrero con el símbolo internacional de radiación ionizante, con la leyenda siguiente: “RADIACIONES - ZONA CONTROLADA”.
- Para Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (en lo adelante TOE) y para pacientes, la instalación debe contar con dispositivos de protección tales como mamparas, mandiles, collarines, protectores de tiroides, protectores de gónadas y todo aquel implemento que sea necesario de acuerdo con lo establecido en normas [31, 36].
- En la sala de Rayos X deben estar solamente los equipos y accesorios indispensables para los estudios programados.
- Para el blindaje es necesario realizar cálculos y las distancias se miden desde el equipo teniendo en cuenta la ley del inverso del cuadrado de la distancia que determinará la dosis. Las direcciones en las que el haz directo de Rayos X (primario) será usado dependen de la posición y orientación del equipo.

13.2. El cuarto de revelado

- El cuarto oscuro debe tener espacio suficiente para cargar y descargar películas, así como para colocar cajones para la película radiográfica puesta de canto.
- Debe existir un sistema de inyección y extracción de aire, de tal manera que exista una presión positiva dentro del mismo. Se recomienda el cambio del volumen total de aire del cuarto oscuro al menos 10 veces al día.
- Los tanques que contienen las sustancias químicas para el revelado de películas deben estar ubicados de tal manera que se evite salpicar películas secas y pantallas intensificadoras con dichas sustancias.
- El piso del cuarto oscuro debe ser anticorrosivo, impermeable y antideslizante.
- El techo del cuarto oscuro debe ser de un material que no se descame y debe evitarse la filtración de luz alrededor de las ventilaciones de aire.

- La puerta de acceso al cuarto oscuro debe garantizar que no haya penetración de luz.
- No debe existir entrada de luz en el cuarto oscuro, protegiendo las posibles entradas, cubriéndolas con guardapolvos o sellando con cinta adhesiva negra o con algún otro elemento de características similares.
- Los muros del cuarto oscuro deben tener un color claro mate y mantenerse en buen estado de acabado y conservación.
- Los muros de las áreas donde los productos químicos pudieran producir salpicaduras, deben cubrirse con pintura anticorrosiva de los colores establecidos por la norma [9].
- La lámpara de seguridad no debe rebasar la potencia máxima que indique el fabricante del filtro de seguridad de las películas en uso. Deberá estar colocada a una distancia de por lo menos 1.20 m por arriba de la superficie de las mesas de trabajo y con el tipo de filtro de lámpara de seguridad recomendado al tipo de película que permita al técnico trabajar con seguridad y sin dañar las películas radiográficas.
- En caso de requerirse más de una luz de seguridad, las proyecciones de los haces luminosos sobre la mesa de trabajo no deben superponerse, de modo tal que se tenga la visibilidad necesaria con el mínimo de velo para las películas.
- Como dentro del cuarto oscuro hay una línea de electricidad y una circulación de agua para los líquidos, se deberá prestar mucha atención al recorrido de los dos circuitos para no tener ningún riesgo de contacto entre ellos.
- Las paredes del cuarto oscuro deben estar protegidas contra las radiaciones y no deberán estar en la dirección principal de radiación de los equipos de Rayos X del departamento.
- De modo especial se atenderá este punto si se utiliza el cuarto oscuro para el almacenamiento de cantidades de películas superiores a las necesarias para trabajar durante una semana (hay que tener en cuenta que la dosis que produce velo es muy inferior a la dosis semanal permisible para el profesional técnico).
- El cuarto oscuro debe tener además, tanques para la preparación del revelador y el fijador, termómetro, para saber la temperatura de los líquidos, cronómetros, para determinar los tiempos que permanecen las películas en las soluciones químicas, además es recomendable tener sensitómetros y densitómetros, extractores de aire con su trampa de luz para sacar los gases de las químicas y marcadores de películas.

- Las paredes del cuarto oscuro deberán estar azulejadas hasta no menos de 1,80 metros con azulejos mates de colores claros, preferiblemente blancos y el resto de las paredes también estarán pintadas de colores claros mate.
- Las lámparas de iluminación del cuarto oscuro deben ser incandescentes, nunca fluorescentes.
- El cuarto oscuro debe tener 2 áreas bien definidas: la seca y la húmeda. En el área seca se guardan y manipulan las películas radiográficas antes de ser expuestas, se marcan, se descargan de los chasis radiográficos después de la exposición y se montan en los colgadores. En el área húmeda se realizan los trabajos de revelado, lavado intermedio, fijado y lavado final.
- La distancia mínima entre las lámparas de seguridad de las diferentes áreas del cuarto oscuro y las superficies de trabajo será no menor de 75 cm.

Con respecto a la ventilación y la calefacción, es suficiente respetar los siguientes consejos:

- ✓ La temperatura recomendada es de 20°C, permitiéndose 2°C de más o de menos (es obligatorio tener un termómetro en este cuarto).
- ✓ Controlar de manera estricta la presencia de polvo.
- ✓ Debe existir una buena circulación de aire, capaz de renovar varias veces en una hora el volumen total de aire del cuarto.
- ✓ La humedad debe estar alrededor del 50 %.

La figura 9 muestra un cuarto oscuro correctamente diseñado según normas [3, 36].

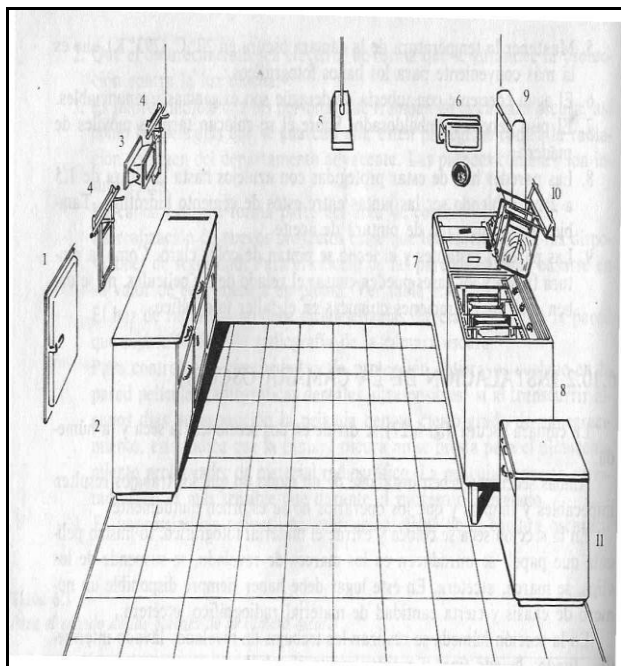


Fig 8: Distribución de las zonas de un Cuarto de Revelado de Rayos X.

1. Pasa placas.
2. Meseta del área seca para trabajar los chasis y almacenar las placas vírgenes.
3. Lámpara de seguridad del área seca.
4. Colgadores para los ganchos.
5. Lámpara de iluminación del cuarto oscuro.
6. Lámpara de seguridad del área húmeda.
7. Meseta del área húmeda con los tanques de revelado, fijado y enjuague.
8. Unidad de lavado.
9. Negatoscopio.
10. Colgadores para escurrir las placas.
11. Secadora de placas.
12. Extractor de aire con trampa de luz.

14. Aspectos generales de la Protección Radiológica en radiodiagnóstico dental

La PR se define como una disciplina científico-práctica, encargada de tomar medidas de tipo técnico-normativas, médico-sanitarias y administrativas que garanticen el trabajo seguro con la radiación ionizante, además de dedicarse a establecer todos los procedimientos para el cálculo de la dosis y evaluar los efectos perjudiciales de las radiaciones ionizantes [3]. Sus objetivos básicos son evitar la aparición de efectos determinísticos y disminuir al mínimo la probabilidad de aparición de un efecto estocástico. Este elemento también está estrictamente regido por normas internacionales para salas de imaginología médica con el empleo de radiaciones ionizantes [32].

La Comisión Internacional de Protección Radiológica establece que el sistema de protección frente a radiaciones ionizantes viene determinado por tres principios fundamentales: una correcta justificación clínica, un equipo adecuado al que se le realiza un programa de garantía de calidad y donde se optimiza la relación Calidad de imagen vs. Dosis y una limitación de las dosis máximas permitidas en dichas exploraciones para los TOE, no para los pacientes [13].

15. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Cuando las radiaciones ionizantes atraviesan los sistemas biológicos, interactúan eléctricamente con estos transfiriéndoles energía. Se producen reacciones físico-químicas entre las cuales las más relevantes son la ionización y la excitación de los átomos y moléculas del medio.

El efecto dañino a la salud de las radiaciones ionizantes depende: de la dosis absorbida, de su magnitud, distribución y del tiempo de exposición. El proceso de excitación y/o ionización en los tejidos suponen necesariamente, cambios en los átomos y moléculas de las células que las componen. Aunque solo sea, de manera transitoria se producen daños celulares y si estos no se reparan adecuadamente, puede ocurrir que las células afectadas mueran o que su reproducción se vea impedida, o bien, que se origine una célula viable modificada; todos estos cambios pueden tener serias implicaciones en su conjunto para el organismo [30, 32].

Si la pérdida del número de células de un órgano o tejido es lo suficientemente elevada, se traducirá en un daño susceptible de ser clínicamente observado, con pérdida del funcionamiento del tejido u órgano afectado. La probabilidad de que se produzcan tales daños oscila, desde nulo a dosis pequeñas a un aumento paulatino por encima de un determinado umbral de dosis, hasta poder llegar a una proporción de un 100% en dependencia de la dosis recibida.

Los efectos de las radiaciones ionizantes se han clasificado de varias maneras teniendo en cuenta distintas variables, pero en la actualidad la recomendada por las organizaciones internacionales tales como la UNSCEAR, la CIPR, el OIEA, OMS OPS es en efectos determinísticos y estocásticos [30]. La Radiología Dental se relaciona solo con los efectos estocásticos.

Efectos estocásticos: Es aleatorio, probabilístico, se asume la no existencia de un umbral de dosis para su aparición. No obstante, al aumentar la dosis recibida, aumenta la probabilidad del riesgo de incidencia de estos efectos. Su severidad es independiente a la dosis. Dentro de estos efectos se encuentran, solamente, la carcinogénesis (cánceres radioinducidos) y los efectos genéticos radioinducidos.

La tabla 2 nos ofrece una idea de las dosis que recibe un paciente durante una radiografía intraoral.

Tabla 2: Dosis más comunes recibidas en Radiología Dental.

<i>Tipo de examen.</i>	<i>Dosis promedio según el órgano (mGy)</i>			
	<i>Útero</i>	<i>Mama</i>	<i>Médula ósea</i>	<i>Tiroides</i>
Rayos X intraoral.	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,03

Los equipos actuales de 70 kVp recomendados por la Unión Europea para dentistas, probablemente representan el compromiso más razonable en términos de limitación de dosis y de eficacia diagnóstica [4]. Recientemente se ha descrito [37], que la utilización de equipos que disponen de valores de kilovoltaje comprendidos entre 45 y 55 kVp utilizan dosis medias de 6,36 mGy, cifra muy superior a los 2,89 mGy que emplean los equipos que funcionan con kilovoltajes de 60-70 kVp [37] describen que la dosis de radiación superficial se podría disminuir hasta en un 25 % utilizando Intrex (o aparatos similares), ya que la media de las energías de las radiaciones se aproximan al espectro óptimo de sensibilidad de las películas dentales sin hoja de refuerzo [38].

16. Aspectos generales del Control de Calidad en el Servicio de Radiología Dental

Desde que se decide captar una estructura anatómica o patológica hasta que se realiza el diagnóstico sobre la imagen obtenida, se realiza una compleja actividad en la que están implicados diferentes procesos físicos, equipos y especialistas. A cada posible fallo en alguno de estos elementos cabe asociar un detrimento en la calidad de la imagen final, un aumento en la dosis de radiación que recibe el paciente, o ambos efectos [38].

El personal implicado en una instalación de radiodiagnóstico deberá organizarse para asegurar que las imágenes producidas por dicha instalación tengan una calidad suficientemente elevada que permita obtener en todo momento la información de diagnóstico adecuada, al menor coste posible y con la mínima exposición del paciente a radiaciones ionizantes [38]. Parte de estas observaciones constituyen la definición de “Programa de Garantía de Calidad” normado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de ella pueden resaltarse algunas ideas:

1º.- Es preciso realizar un esfuerzo organizado, lo cual requiere una participación real de todo el personal implicado en la instalación. El éxito del Programa de Garantía de Calidad exige una delimitación de responsabilidades asignadas dentro del mismo, aprobadas y supervisadas por una autoridad responsable.

2º.- Es preciso garantizar que los requisitos en cuanto a calidad de imagen, dosis o costes, se cumplan de forma continuada por lo que será esencial realizar controles de calidad de forma periódica.

3º.- Deben arbitrarse procedimientos para evaluar la calidad de las imágenes obtenidas en las diferentes instalaciones. En este sentido pueden realizarse simulaciones con objetos de prueba y maniqués, o bien valoraciones sobre imágenes de pacientes [21].

4º.- Para valorar el cumplimiento del principio de optimización de dosis que recibe el paciente, será preciso arbitrar procedimientos de medida adecuados; ello se podría realizar haciendo un muestreo de forma periódica de las dosis impartidas a los pacientes en las diferentes salas y para los estudios más significativos [39].

5º.- Las exploraciones deben realizarse al menor coste posible, lo cual implica conocer la repercusión económica de cada estudio, al menos de forma aproximada.

Debe controlarse además la calidad del funcionamiento de todos los equipos y resultados del trabajo, deben registrarse dichos resultados por un número específico de años y todo el sistema debe someterse a auditorías externas periódicas, que den fe de que se mantiene la calidad establecida y se desarrollan buenas prácticas [8].

Las Pruebas de Control de Calidad normadas internacionalmente [3-8, 10, 17, 36] que garantizan el correcto funcionamiento del Servicio de Radiología Dental son:

Pruebas de CC al equipo de Rayos X intraoral.

- ✓ Calidad del haz de Rayos X.
- ✓ Prueba de exactitud y reproductibilidad del kilovoltaje.
- ✓ Exactitud y reproducibilidad del tiempo de exposición.

- ✓ Reproducibilidad del Rendimiento.
- ✓ Prueba de linealidad de la dosis con el tiempo de exposición.
- ✓ Prueba de exactitud del temporizador.
- ✓ Mínima distancia foco-piel.
- ✓ Prueba del tamaño del campo.

Pruebas de CC al cuarto de revelado.

- ✓ Inspección visual del cuarto de revelado.
- ✓ Chequeo de la temperatura.
- ✓ Chequeo de la humedad relativa.
- ✓ Chequeo del nivel de radiación de fondo.
- ✓ Prueba de velado por luces de seguridad y/o entrada de luz blanca en el cuarto oscuro.
- ✓ Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro.
- ✓ Temperatura de los reactivos químicos.
- ✓ Tiempo óptimo de revelado.
- ✓ Control sensitométrico.
- ✓ Análisis de la tasa de rechazo.

17. Conclusiones del capítulo.

De lo anteriormente expuesto se concluye que:

- La adquisición de imágenes médicas en los Servicios de Radiología Dental es un proceso complejo desde el punto de vista técnico y organizativo; y está sujeto a normas y procedimientos estrictos.
- Para garantizar un servicio de calidad a los pacientes que implique, tanto buena calidad de imagen diagnóstica como el menor daño radiológico posible, se debe asegurar tanto un correcto estado en la técnica de adquisición, como un adecuado procesamiento de la película radiográfica, además de cumplir con las recomendaciones para una Protección Radiológica eficiente.
- Para asegurar la calidad del servicio, se necesita contar con un Sistema de Garantía de Calidad para el mismo, que incluya un adecuado Control de Calidad.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe la metodología para realizar el diagnóstico técnico-radiológico del Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara. Seguidamente se describen las Pruebas de CC que se realizaron al cuarto de revelado; su procedimiento, frecuencia de realización, materiales empleados, tolerancias recomendadas por fabricantes, así como la descripción explícita de las acciones a aplicar en caso de resultados que no se correspondan con los normados.

2.1. Diagnóstico del Servicio de Radiología Dental

El siguiente cuestionario, tuvo como objetivo fundamental evaluar el desempeño técnico-radiológico del Servicio de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara de acuerdo a las principales normas consultadas. Dichas preguntas fueron aplicadas a todo el personal de la instalación que guarda relación directa con el Servicio muestreado.

Cuestionario para el diagnóstico técnico-radiológico y respecto al procesamiento de las películas de los Servicios de Radiología Dental

2.1.1. Preguntas de carácter técnico que miden la calidad del servicio [4, 5, 12].

1. ¿Existe un programa de Aseguramiento de Calidad en el Servicio?
2. ¿Se capacita al personal para su función técnica?
3. ¿Existen expertos dentro del Servicio en temas relacionados con la calibración y la Garantía de Calidad?
4. ¿Existe un calendario de mantenimiento, calibración, verificación y reparaciones de los equipos?
5. ¿Se calibran y verifican los instrumentos?
6. ¿Existen las especificaciones técnicas de los equipos de Rayos X dental y protocolos? ¿Están disponibles para el personal y se consultan frecuentemente?
7. ¿La instalación satisface las normas de construcción IEC, ISO, CCEEM, u otras equivalentes?

8. ¿Existe un procedimiento eficaz para la detección de fallas inmediatas y la minimización del error humano?
9. ¿Existen documentos de cada Procedimiento o Protocolo de diagnóstico?
10. ¿Se realizan auditorias periódicas a todos los elementos del servicio?
11. ¿El estado del equipamiento es adecuado?
12. ¿Existen procedimientos de CC documentados?
13. ¿Se registran los resultados de todos los procedimientos?

2.1.2. Preguntas sobre el estado del cuarto de revelado y el procesamiento de las películas radiográficas dentales [3, 16, 17].

1. ¿Existe un programa de Aseguramiento de la Calidad para garantizar el correcto procesado de la película radiográfica intraoral?
2. ¿Se encuentra capacitado el personal para el cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Cuenta el cuarto de revelado con las condiciones mínimas necesarias normadas para el correcto procesamiento de la película radiográfica dental?
4. ¿Se usa el líquido revelador por períodos de tiempo menor que un mes?
5. ¿Se usan líquidos en perfecto estado para el revelado y fijado de las películas radiográficas intraorales?
6. ¿Se siguen las instrucciones recomendadas por los fabricantes para la preparación de los líquidos de revelado y fijado:
 - Proporción /Concentración?
 - Temperatura de preparación?
 - Tiempo de espera para su uso?
7. ¿Son almacenadas las películas radiográficas intraorales previo a su uso fuera del cuarto de revelado?
8. ¿Se siguen las instrucciones recomendadas por los fabricantes de películas para el revelado y fijado de las mismas?
9. ¿Se corresponden los líquidos utilizados en el procesado de las películas radiográficas con los recomendados por el fabricante de cada película?

10. ¿Existe un sistema de inyección y extracción de aire en el cuarto oscuro?
11. ¿Se corresponde el filtro utilizado al recomendado por el fabricante de la película?
12. ¿Se realiza la limpieza del área de trabajo periódicamente?
13. ¿La zona seca y la zona húmeda se encuentran suficientemente separadas?
14. ¿Existe un sistema de agua circulante para el enjuague de las películas radiográficas?
15. ¿Se encuentra protegido el cuarto de revelado de filtraciones de luz?
16. ¿La elección de los tiempos de revelado y fijado de las películas radiográficas está condicionada por :
 - Recomendación del fabricante de la película radiográfica?
 - Recomendación del fabricante de las soluciones químicas?
17. ¿Se corresponde la temperatura de las soluciones químicas con las recomendadas por los fabricantes?
18. ¿Se corresponden los tiempos de revelado de las películas radiográficas con los recomendados por los fabricantes de:
 - Película radiográfica intraoral?
 - Líquidos de revelado y fijado?
19. ¿Se corresponden los tiempos de fijado de las películas radiográficas con los recomendados por los fabricantes de:
 - Película radiográfica intraoral?
 - Líquidos de revelado y fijado?
20. ¿Se encuentran los tiempos de exposición de las películas radiográficas dentro del rango especificado por el fabricante de cada película?
21. ¿Se trabaja sobre el índice de rechazo de las radiografías para mejorar la calidad del Servicio?
22. ¿Se mide y controla la temperatura y humedad del cuarto de revelado?
23. ¿Las lámparas de seguridad se encuentran a la distancia establecida de la mesa de trabajo y cumplen con la potencia normada?
24. ¿Se encuentra limitado el acceso al cuarto de revelado?

25. ¿Se conoce el tiempo óptimo de revelado para cada tipo de película utilizada en el departamento?
26. ¿Se conoce el tiempo de manipulación segura dentro cuarto de revelado?
27. ¿Se mide y controla la temperatura de las soluciones químicas del cuarto de revelado?
28. ¿Se mide y controla el pH de las soluciones químicas del cuarto de revelado?
29. ¿Los muros del cuarto de revelado son de color claro mate y presentan niveles altos de opacidad?
30. ¿Se mide y controla el nivel de radiación dentro del cuarto de revelado?
31. ¿Se corresponden siempre las películas radiográficas utilizadas con el tipo de estudio indicado?
32. ¿Se registran los resultados de cualquier procedimiento que se aplique al cuarto de revelado?
33. ¿Es sumergida la película en agua antes de someterla al revelador?

2.1.3. Preguntas relacionadas con el estado de la Protección Radiológica en el Servicio[3, 13, 31].

1. ¿Existe un protocolo de Protección Radiológica?
2. ¿Se capacita al personal para funciones de Protección Radiológica?
3. ¿Existe permiso o licencia de trabajo?
4. ¿Se justifica cada práctica?
5. ¿Se optimiza cada práctica?
6. ¿Se limitan las exposiciones de los TOE y el público?
7. ¿Se cumplen los niveles de referencia recomendados para cada estudio en pacientes?
8. ¿Existen dosímetros personales para los TOE?
9. ¿El controlador de disparo de Rayos X se encuentra suficientemente alejado del equipo y es accionado desde una zona protegida?
10. ¿Se leen los dosímetros?
11. ¿La sala de Rayos X se encuentra completamente blindada?
12. ¿Las dosis de los TOE son conocidos por el personal?
13. ¿Existe conocimiento, al menos aproximado, de las dosis que reciben los pacientes para cada estudio y del promedio de la dosis de entrada en la superficie del paciente en cada uno?
14. ¿Se conoce la dosis por unidades de superficie y longitud?
15. ¿Se restringen las dosis a voluntarios, visitantes, familiares, niños y adultos?
16. ¿Existen registros de dosis?
17. ¿Se determina la kerma en aire por cada tiempo de exposición?

18. ¿Se guardan los expedientes radiológicos con el control de las dosis de los TOE y el seguimiento a su salud?
19. ¿Se controla el acceso a las áreas de trabajo?
20. ¿Existe señalización en las áreas de trabajo?
21. ¿Se clasifican las zonas de trabajo y se delimita la controlada y la supervisada?
22. ¿Está contemplado un plan de emergencia radiológica donde se incluyan todos los sucesos anormales posibles?
23. ¿Existen medios de protección?
24. Para minimizar las dosis:
 - a) ¿Se restringe el área a irradiar y se selecciona un receptor de imagen adecuado?
 - b) ¿Se disminuyen los tiempos de exposición de acuerdo al estudio a realizar?
 - c) ¿Se utiliza el collarín de tiroides?
 - d) ¿Se utiliza delantal plomado en TOE?
 - e) ¿Se incluyen elementos que garanticen optimizar la calidad de imagen (CI)?
 - f) ¿Se contabiliza el índice de rechazos?
 - g) ¿Se trabaja sobre el índice de rechazo para mejorar la calidad de imagen y disminuir la dosis al paciente?
 - h) ¿Cuando se calibra el sistema se caracteriza kVp y capa hemirreductora?
 - i) ¿Se coloca el tubo de Rayos X a la distancia recomendada para su kVp?

2.2. Pruebas de CC al cuarto de revelado

A continuación describimos las Pruebas de CC normadas[3, 6-8, 10, 17] y realizadas en el marco de esta tesis al cuarto de revelado del Servicio estudiado.

2.2.1 Evaluación visual del cuarto de revelado [3, 8].

Objetivo: Evaluar la ubicación y dimensiones del cuarto oscuro, la distribución de las zonas de trabajo, la ubicación de las luces de seguridad, del interruptor de luz blanca. Verificar el revestimiento de las paredes y el piso, la existencia y funcionamiento del sistema de ventilación, así como la limpieza y el nivel de radiación en el cuarto oscuro.

Indicador: Color y opacidad de muros, distancias y equivalente de dosis ambiental.

Frecuencia mínima: Inicial, diaria (solo limpieza y circulación de aire), anual y después de cambios.

Acciones e interpretación de resultados.

a) Dimensiones y distribución de las áreas de trabajo.

- ✓ Evaluar si las dimensiones del cuarto oscuro y de las zonas de tránsito y desplazamiento son adecuadas para un trabajo funcional (organizado, sin saturación del servicio, cómodo y seguro para los técnicos), de acuerdo con el flujo habitual de pacientes.
- ✓ Verificar si las zonas seca y húmeda están suficientemente separadas para evitar la contaminación de la zona seca con líquidos de procesamiento y garantizar la integridad de las películas y los chasis.
- ✓ Verificar si las dimensiones de la zona de descarga de chasis son suficientes para una operación apropiada (sin provocar daños en la película.)
- ✓ Registrar las no conformidades en el cuadro de resumen de la fecha.

b) Verificación del recubrimiento de superficies, limpieza, circulación de aire y nivel de radiación del cuarto oscuro.

- ✓ El revestimiento de las paredes debe ser resistente a las sustancias químicas de procesamiento en las zonas cercanas a la manipulación de estas.
- ✓ El color de los muros debe ser claro mate (opaco).
- ✓ El piso debe ser antideslizante, impermeable y anticorrosivo.
- ✓ Las diferentes zonas deben estar limpias.
- ✓ No debe percibirse un fuerte olor a líquido de revelado (esto es signo de una deficiente extracción y/o inyección de aire).
- ✓ El nivel de radiación no debe superar 20 $\mu\text{Gy/semana}$.

c) Verificación de luces de seguridad y blanca.

- ✓ Verificar si $d \geq 1,20 \text{ m}$ (d: distancia mínima de filtros a la mesa donde son descargadas las películas.)
- ✓ Verificar que la potencia de las luces de seguridad sea ($P \leq 25 \text{ W}$).
- ✓ Los filtros deben estar en buen estado (ausencia de ralladuras, deformaciones, fisuras, etc.).

- ✓ Verificar que el filtro utilizado corresponde al recomendado por el fabricante de la película. Todas las lámparas deben estar correctamente filtradas, poniendo especial atención en el color de los filtros. Cuando se trabaje con películas muy sensibles como las de emulsión azul, deben usarse filtros de color rojo; mientras que si se utilizan siempre películas sensibles al verde puede colocarse un filtro de luz amarilla.
- ✓ Si existe más de una lámpara, verificar que las áreas iluminadas por ellas no se superpongan, ya que el nivel de iluminación en estas zonas puede ser lo suficientemente elevado como para provocar el velado de las películas.
- ✓ El interruptor de luz blanca debe estar ubicado en lugares donde no pueda ser accionado involuntariamente.

d) Verificación del almacenamiento de películas en uso, chasis y reactivos.

- ✓ Las cajas de películas deben estar ubicadas en posición vertical y organizadas en orden cronológico de acuerdo con su fecha de vencimiento.
- ✓ Las condiciones ambientales deben cumplir las especificaciones del fabricante de las películas y de los reactivos, incluyendo el nivel de radiación.

2.2.2. Chequeo de la Temperatura del cuarto de revelado [3, 8].

Objetivo: Chequear que se cumplen las condiciones normadas.

Tolerancias: 20-25° C (se sugiere seguir los límites marcados por las casas fabricantes de películas)

Material: Termómetro.

Frecuencia: Trimestral.

Observaciones: La prueba deberá ser esencial, con carácter obligatorio en el caso de que se constate que las películas permanecen en el cuarto oscuro durante intervalos prolongados de tiempo.

2.2.3. Chequeo de la humedad relativa del cuarto de revelado [3, 8].

Objetivo: Chequear que se cumplen las condiciones normadas.

Tolerancias: 40 - 60 % (se sugiere seguir los límites marcados por las casas fabricantes de películas).

Material: Higrómetro.

Frecuencia: Trimestral.

2.2.4. Chequeo del nivel de radiación de fondo del cuarto de revelado [3, 8, 18].

Objetivo: Chequear que se cumplen las condiciones normadas.

Clasificación: Complementario.

Tolerancias: < 20 mGy/semana por encima del fondo

Material: Dosímetros de área.

Frecuencia: Anual/ Inicial, tras cambios, T. estimado: 30 min

Observaciones: Puede realizarse una dosimetría con lectura bimensual. La medida deberá ser esencial si existen paredes comunes a salas de Rayos X. La tolerancia se asigna con carácter general; en el caso de películas con respuesta crítica a la radiación se seguirán las indicaciones del fabricante.

2.2.5. Prueba de velado por luces de seguridad y/o entrada de luz blanca en el cuarto oscuro[3, 8].

Clasificación: Esencial.

Equipos y accesorios:

- ✓ Película virgen.
- ✓ Tira sensitométrica del tipo de película más rápida utilizada en el departamento.
- ✓ Pliego de cartón o papel opaco.
- ✓ Densitómetro.
- ✓ Cronómetro.

Procedimiento:

- 1) En el cuarto oscuro, con las lámparas de seguridad apagadas, y después de haber esperado suficiente tiempo para acostumbrar la vista al nivel de oscuridad natural del local, tomar la tira sensitométrica (obtenida según el epígrafe 2.2.11. o con sensitómetro) y colocarla sobre el puesto de trabajo.
- 2) Colocar el pliego de cartón de modo que cubra solo una mitad de la tira sensitométrica (cubriendo todos los pasos de densidades ópticas)
- 3) Encender las lámparas de seguridad y esperar 2 minutos.
- 4) Procesar la tira de modo usual.

Interpretación y acciones: Analizar detenidamente la imagen sobre un negatoscopio. Verificar si existen diferencias entre alguno de los pasos de la tira entre la zona expuesta a las luces de seguridad y la zona

que ha permanecido tapada. Con el densitómetro, medir la diferencia de densidad entre ambas zonas para cada paso, verificar que no exceda las tolerancias establecidas.

En caso de incumplimiento se debe identificar las posibles causas de error y tomar las acciones correctivas pertinentes. Los errores están frecuentemente relacionados con la ubicación y/ filtración de las lámparas, la potencia de las bombillas o la hermeticidad del local.

Tolerancias: No debe observarse a simple vista diferencias en la densidad de ningún paso de la tira sensitométrica.

Para las mediciones con densitómetro la diferencia de densidad óptica (DDO) entre ambas zonas para cualquier paso de la tira sensitométrica deberá cumplir: $DDO \leq 0,05$

2.2.6. Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro [3, 8].

Clasificación: Esencial.

Objetivo: Asegurar que no exista ninguna entrada de luz en el cuarto oscuro que pueda provocar el velado de las películas radiográficas.

Frecuencia: Inicial, semestral, cuando se realicen reparaciones del sistema de ventilación u otra parte del cuarto oscuro que pueda originar la entrada de luz al local.

Personal: Técnico.

Equipos y accesorios: Tiza u otro tipo de marcador.

Procedimiento:

- 1) Cerrar la puerta del cuarto oscuro y con todas las luces apagadas, esperar 10 minutos hasta que se acostumbre al nivel de oscuridad natural que existe en el local manteniendo todas las luces apagadas.
- 2) Inspeccionar cuidadosamente si existe alguna entrada de luz alrededor de la puerta, en el falso techo, extractores de aire o alguna instalación de tuberías.
- 3) Con tiza u otro marcador apropiado señalar las zonas donde exista alguna entrada de luz.

Interpretación y acciones: A un nivel normal de iluminación, cubrir las zonas marcadas, bloqueando la entrada de luz. Luego repetir los pasos 1 y 2 del procedimiento y comprobar la efectividad del trabajo.

Tolerancias: Todas las zonas donde exista entrada de luz deben ser cubiertas antes de continuar el trabajo.

2.2.7. Temperatura de los reactivos químicos [6, 17].

Clasificación: Esencial.

Objetivo: Comprobar que la temperatura de los líquidos concuerdan con las recomendadas por el fabricante para asegurar que las radiografías dentales tengan un contraste adecuado.

Frecuencia: Diaria, antes de comenzar el trabajo.

Personal: Técnico.

Equipos y accesorios: Agitadores, termómetro.

Procedimiento:

- 1) Homogenizar las soluciones con sus correspondientes agitadores y esperar unos minutos.
- 2) Medir y anotar la temperatura del revelador (T_{rev}), el fijador (T_{fij}) y el agua de enjuague (T_{enj})

Interpretación y acciones: Comprobar que la temperatura de los líquidos se corresponde con la recomendada por el fabricante. Cuando alguno de los valores esté fuera de los límites correspondientes se deben tomar acciones correctivas antes de comenzar a revelar las películas clínicas.

Tolerancias: $T_{rev} = T_{fabricante} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{fij} = T_{fabricante} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$

$20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{enj} \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ph: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante.

2.2.8. Tiempo óptimo de revelado [6, 17].

Esta prueba se realiza en aquellos servicios donde se utiliza revelado manual.

Clasificación: Conveniente.

Objetivo: Determinar el tiempo de revelado que se requiere para obtener imágenes con una densidad y contraste apropiados.

Frecuencia: Semanal, cada vez que se cambien los líquidos o se introduzca un nuevo lote de películas de la misma marca y tipo o de diferente marca y/o tipo.

Personal: Técnico.

Equipos y accesorios:

- ✓ 6 tiras sensitométricas de prueba.
- ✓ Termómetro, cronómetro.
- ✓ Colgadores de películas, agitadores.

Procedimiento:

- 1) Homogenizar las soluciones con sus correspondientes agitadores. Medir y anotar la temperatura; esta se debe corresponder con la temperatura a la que, como promedio, se procesan las películas.
- 2) Colocar en colgadores independientes las 6 tiras sensitométricas de prueba e introducirlas todas en el revelador a una misma vez.
- 3) Después de 1 minuto extraer la primera tira y colocarla en el fijador.
- 4) Extraer una a una el resto de las tiras a intervalos de 2 minutos y completar el proceso en el modo usual. La distribución de los tiempos de revelado quedará de la siguiente forma:

Tira 1: 1 min. de revelado.

Tira 2: 1,5 min. de revelado.

Tira 3: 2 min. de revelado.

Tira 4: 2,5 min. de revelado.

Tira 5: 3 min. revelado.

Tira 6: 3,5 min. de revelado.

- 5) Montar todas las tiras juntas en un negatoscopio para compararlas.

Interpretación y acciones: Observar el ennegrecimiento existente en los pasos de cada tira. El tiempo óptimo de revelado es el que se corresponde con la tira que posea mayor diferencia de densidades entre el primero y segundo escalón (v+b y primer paso expuesto), distinguiéndose todavía los 2 últimos escalones. Anotar los resultados y conservar la tira seleccionada para futuras comparaciones. Si se dispone de sensitómetro y densitómetro la evaluación será más exacta.

2.2.9. Control sensitométrico [6, 8].

Los cambios en el proceso de revelado influyen en la calidad de las imágenes, es por ello que al monitorear parámetros sensitométricos se procura la información básica para determinar las condiciones óptimas de revelado. En esta prueba se describen dos procedimientos: el primero (A), para establecer los

parámetros de control, los cuales dependerán de la marca de los líquidos y de la calidad de su preparación; y el segundo (B), para seguimiento en el tiempo de los mismos, que permite comprobar que los líquidos mantengan el nivel de actividad requerido para garantizar la calidad de las imágenes clínicas.

Clasificación: Esencial

Objetivo: Verificar que los líquidos trabajan correctamente, de acuerdo con las especificaciones establecidas por el fabricante.

Frecuencia:

Procedimiento A: Al inicio de un programa de Control de Calidad, cuando vaya a utilizarse una nueva marca y/o tipo de película o de revelador. Su duración es de 5 días.

Procedimiento B: Diario, antes de comenzar el trabajo.

Personal: Técnico.

Equipos y accesorios:

- ✓ Sensitómetro y densitómetro calibrados.
- ✓ Caja de películas radiográficas del tipo que se emplean en el departamento.
- ✓ Agitadores, termómetro.

(A) Establecimiento de los parámetros de control.

Procedimiento:

- 1) Separar la caja de películas que se empleará en los controles y anotar sus datos fundamentales (marca, tipo, lote, número de la emulsión, etc.).
- 2) Vaciar los tanques y limpiarlos con agua, al igual que los colgadores.
- 3) Preparar los líquidos según las instrucciones del fabricante.
- 4) En el cuarto oscuro, con las lámparas de seguridad apagadas, y después de haber esperado suficiente tiempo para acostumbrar la vista al nivel de oscuridad natural del local, tomar varias películas, cortarlas en tiras de 5 cm de ancho aproximadamente y colocarlas nuevamente en la caja.
- 5) Homogenizar las soluciones y medir su temperatura, así como la del tanque de enjuague. Estas deben coincidir con las recomendadas por el fabricante. Anotar los resultados.

- 6) Tomar de la caja una de las tiras preparadas, exponerla con el sensitómetro y revelarla inmediatamente.
- 7) Con el densitómetro, leer y anotar la densidad óptica (DO) de cada paso de la tira sensitométrica obtenida, incluyendo la zona que no fue expuesta con el sensitómetro.
- 8) Realizar las operaciones 6 y 7 durante cinco días consecutivos. Procurar que las condiciones de revelado sean similares para las 5 tiras procesadas.
- 9) Determinar el promedio de densidad para cada paso a partir de la lectura de las 5 tiras.
- 10) Determinar el promedio de densidades de la zona no expuesta de cada tira. Este es el nivel de $v+b$ de la película.
- 11) Determinar el paso con promedio de densidad más próximo a $1.00 + (v+b)$. Este será el escalón de densidad media (D_m). (Comúnmente se refiere este paso como índice de velocidad de la película).
- 12) Determinar los pasos con promedio de densidad más cercana a $2.00 + (v+b)$ y el más cercano, pero no menor que $0.25 + (v+b)$. Calcular la diferencia de densidades entre estos pasos:

$$DDO = DO_{[2 + (v+b)]} - DO_{[0.25 + (v+b)]} \quad (2)$$

- 13) Anotar los valores de D_m , DDO y $v+b$ en las hojas de datos. Estos se utilizarán como parámetros de control para la evaluación sistemática de los líquidos.

Control sistemático. (B)

Procedimiento:

- 1) Medir y anotar la temperatura de los líquidos.
- 2) Tomar una tira de la caja de películas que se reservó para esta prueba, exponerla con el sensitómetro y revelarla como de costumbre.
- 3) Con el densitómetro, leer y anotar la densidad óptica de los tres pasos determinados en las operaciones 11) y 12) del procedimiento (A), así como el valor de $v+b$.
- 4) Determinar los valores de D_m y DDO.
- 5) Anotar los resultados en las hojas de datos.

Interpretación y acciones:

Comparar los valores de D_m , DDO y $v+b$ que se van obteniendo en el control sistemático (procedimiento B), con los parámetros de control determinados en el procedimiento (A). Comprobar que estos se encuentren dentro de los límites de las tolerancias establecidas. Observar además si existe alguna tendencia a la variación de estos valores, aún cuando no se excedan los límites de control. Será necesario, en cualquier caso, tratar de encontrar la causa de este comportamiento y corregirla.

Cuando alguno de los parámetros esté fuera de los límites correspondientes, se deben tomar acciones correctivas antes de comenzar a revelar las películas clínicas. Las fuentes de error están generalmente relacionadas con uno o varios de los factores siguientes: temperatura incorrecta del revelador, preparación inadecuada de los líquidos (mayor o menor concentración de la requerida), o tasas de recambio inadecuadas. También el incremento del nivel $v+b$ es un indicador del "agotamiento" o contaminación del revelador.

Una vez detectada y corregida la falla, realizar nuevamente la prueba y comprobar la efectividad del trabajo. Anotar la causa de la falla en las hojas de datos.

Si no se posee sensitómetro y densitómetro, este análisis puede realizarse con tiras sensitométricas fabricadas y realizar una evaluación cualitativa del estado de los líquidos

Debe compararse la nueva tira con otras obtenidas anteriormente (puede usarse como patrón la tira que se obtuvo en la prueba del tiempo óptimo de revelado) y observar las variaciones que hayan ocurrido en la densidad de la misma, fijando la atención en el primero y el último pasos expuestos, así como la zona no expuesta a la radiación.

Tolerancias:

$$(A) \quad v+b \leq 0.3 \text{ DO}$$

$$(B) \quad v+b \leq v+b_{(\text{control})} + 0.05 \text{ DO}$$

$$DDO = DDO_{(\text{control})} \pm 0.15 \text{ DO}$$

$$D_m = D_{m(\text{control})} \pm 0.15 \text{ DO.}$$

2.2.10. Análisis de la tasa de rechazo [6, 8, 17].

Objetivo: Crear un registro de las películas rechazadas y sus motivos para un posterior análisis e implementar las acciones para su corrección.

Indicadores: porcentaje de rechazo.

Frecuencia: mensual.

Interpretación de los resultados y conclusiones

- ✓ Tasa de rechazo óptima $\leq 5\%$.

2.2.11. Construcción de una tira sensitométrica [8].

Equipos y accesorios: Chasis con pantalla intensificadora, película virgen, plancha de plomo, tijeras.

Procedimiento:

- 1) Fijar el chasis cargado a la mesa para la exposición.
- 2) Centrar el tubo sobre el chasis a una distancia foco-chasis de 1 m.
- 3) Dividir imaginariamente el chasis cargado en 6 tiras y colocar la plancha de plomo sobre el chasis de manera que solo quede descubierto el primer paso.
- 4) Efectuar una exposición usando factores de exposición bajos (Ej. 70 kVp y 7 mAs). Estos parámetros pueden ajustarse si las densidades producidas sobre la película no son satisfactorias. El objetivo es tener densidad óptica igual a 1 en el centro de la película.
- 5) Mover la plancha de plomo hasta descubrir el próximo paso y realizar una exposición sin variar los parámetros. Repetir la operación para los cinco primeros pasos de la película, el último debe permanecer cubierto para determinar con él, el nivel de velo-más-base presente en la película (se recomienda un total de 6 pasos).
- 6) Cuando se complete la exposición, cortar la película en tiras de 2-3 cm de ancho. Esta tarea (en el cuarto oscuro) debe hacerse de tal forma que cada tira contenga todos los pasos. Almacenar la colección de tiras en una caja que se destinará solo para este fin y mantenerlas en el cuarto oscuro listas para el uso.

2.3. Conclusiones de capítulo.

Durante el desarrollo de esta tesis se aplicó el cuestionario de preguntas diseñado para diagnosticar el estado técnico-radiológico del Servicio en correspondencia con normas internacionales. Además, se realizaron las pruebas de CC:

- ✓ Evaluación visual del cuarto de revelado.

- ✓ Temperatura de los reactivos químicos.
- ✓ Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro.
- ✓ Análisis de la tasa de rechazo.
- ✓ Chequeo de la Temperatura del cuarto de revelado.

Las siguientes pruebas normadas no pudieron ser realizadas al cuarto oscuro por no contarse en la provincia con los instrumentos y recursos necesarios para su realización:

- ✓ Control sensitométrico.
- ✓ Tiempo óptimo de revelado.
- ✓ Prueba de velado por luces de seguridad y/o entrada de luz blanca en el cuarto oscuro.
- ✓ Chequeo del nivel de radiación de fondo del cuarto de revelado.
- ✓ Chequeo de la humedad relativa del cuarto de revelado.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se realiza el análisis y discusión de los resultados obtenidos tanto de la aplicación del diagnóstico al Servicio de Radiología Dental monitorizado como de las Pruebas de CC realizadas al cuarto de revelado y al procesamiento de las películas radiográficas, tomando en consideración lo establecido en normas nacionales e internacionales y especificaciones de fabricantes[3, 6, 8, 17, 18, 40-44]. También se ofrecen un conjunto de recomendaciones al Servicio de Radiología Dental monitorizado para conformar, en el futuro, un programa de Aseguramiento de Calidad en el mismo, adaptado a sus condiciones concretas.

3.1. Resultados del Diagnóstico del Servicio de Radiología Dental

Se aplicó el cuestionario de “Preguntas” a personal médico, paramédico, tecnólogos y técnicos del Servicio de Radiología Dental visitado, según corresponde a cada función. A continuación se muestran los resultados de la aplicación de dicho cuestionario en las tablas 1 ,2 y 3, así como un resumen de los elementos más significativos del diagnóstico.

Tabla 3: Resultados de las preguntas de carácter técnico que miden la calidad del servicio

Preguntas	Servicio
1. ¿Existe un programa de Aseguramiento de la Calidad en el departamento?	No
2. ¿Se capacita al personal para su función técnica?	Sí
3. ¿Existen expertos dentro del Servicio en temas relacionados con la calibración y la Garantía de Calidad?	No
4. ¿Existe un calendario de mantenimiento, calibración, verificación y reparaciones de los equipos?	Sí
5. ¿Se calibran y verifican los instrumentos periódicamente?	No
6. ¿Existen las especificaciones técnicas de los equipos de Rayos X dental? ¿Están disponibles para el personal y se consultan frecuentemente?	No/No
7. ¿La instalación satisface las normas de construcción IEC, ISO, CCEEM, u otras equivalentes?	Sí
8. ¿Existen documentos de cada Procedimiento o Protocolo de diagnóstico?	No

9. ¿Existe un procedimiento para la detección de fallas inmediatas y la minimización del error humano?	Sí
10. ¿Se realizan auditorias periódicas a todos los elementos del servicio?	No
11. ¿El estado del equipamiento es adecuado?	Sí
12. ¿Existen procedimientos de CC documentados?	No
13. ¿Se registran los resultados de todos los procedimientos?	No

Tabla 4: Resultados de las preguntas sobre el estado del cuarto de revelado y el procesamiento de las películas radiográficas dentales

Preguntas	Servicio
1. ¿Existe un programa de Aseguramiento de la Calidad para garantizar el correcto procesado de la película radiográfica intraoral?	No
2. ¿Se encuentra capacitado el personal para el cumplimiento de sus funciones?	Sí
3. ¿Cuenta el cuarto de revelado con las condiciones mínimas necesarias para el correcto procesamiento de la película radiográfica dental?	Sí
4. ¿Se utiliza el líquido revelador por períodos de tiempo menores que un mes?	No
5. ¿Se usan líquidos en perfecto estado para el revelado y fijado de las películas radiográficas intraorales?	No
6. ¿Se siguen las instrucciones recomendadas por los fabricantes para la preparación de los líquidos de revelado y fijado: Proporción /Concentración? Temperatura de preparación? Tiempo de espera para su uso?	Sí No No
7. ¿Se almacenan las películas radiográficas intraorales previo a su uso fuera del cuarto de revelado?	No
8. ¿Se siguen las instrucciones recomendadas por los fabricantes de las películas para el revelado y fijado de las mismas?	No
9. ¿Se corresponden los líquidos utilizados en el procesado de las películas radiográficas con los recomendados por el fabricante de cada película?	No
10. ¿Existe un sistema de inyección y extracción de aire en el cuarto oscuro?	No
11. ¿Se corresponde el filtro utilizado al recomendado por el fabricante de las películas?	Sí
12. ¿Se realiza la limpieza del área de trabajo periódicamente?	Sí

13. ¿Existe en sistema de agua circulante para el enjuague de las películas radiográficas?	Sí
14. ¿La zona seca y la zona húmeda se encuentran suficientemente separadas?	No
15. ¿Se encuentra protegido de filtraciones de luz el cuarto de revelado?	No
16. ¿La elección de los tiempos de revelado y fijado de las películas radiográficas está condicionada por : Recomendación del fabricante de la película radiográfica? Recomendación del fabricante de las soluciones químicas?	No No
17. ¿Se corresponde la temperatura de las soluciones químicas con las recomendadas por los fabricantes?	Sí
18. ¿Se corresponden los tiempos de revelado de las películas radiográficas con los recomendadas por los fabricantes de: Película radiográfica intraoral? Líquidos de revelado y fijado?	A veces A veces
19. ¿Se corresponden los tiempos de fijado de las películas radiográficas con los recomendados por los fabricantes de: Película radiográfica intraoral? Líquidos de revelado y fijado?	A veces A veces
20. ¿Se encuentran los tiempos de exposición de las películas radiográficas dentro del rango especificado por el fabricante de cada película?	No
21. ¿Se trabaja sobre el índice de rechazo de las radiografías para mejorar la calidad del servicio?	No
22. ¿Se mide y controla la temperatura y humedad del cuarto de revelado?	No
23. ¿Las lámparas de seguridad se encuentran a la distancia establecida de la mesa de trabajo y cumplen con la potencia normada?	No
24. ¿Se encuentra limitado el acceso al cuarto de revelado?	Sí
25. ¿Se conoce el tiempo óptimo de revelado para cada tipo de película utilizada en el departamento?	No
26. ¿Se conoce el tiempo de manipulación segura dentro cuarto de revelado?	No
27. ¿Se mide y controla la temperatura de las soluciones químicas del cuarto de revelado?	No
28. ¿Se mide y controla el pH de las soluciones químicas del cuarto de revelado?	No
29. ¿Los muros del cuarto de revelado son de color claro mate y presentan niveles altos de opacidad?	Sí
30. ¿Se mide y controla el nivel de radiación dentro del cuarto de revelado?	No
31. Se corresponden siempre las películas radiográficas utilizadas con el tipo de estudio indicado?	No

32. ¿Se registran los resultados de cualquier procedimiento que se aplique al cuarto de revelado?	No
33. ¿Es sumergida la película en agua antes de someterla al revelador?	No

Tabla 5: Resultados de las preguntas sobre el estado de la Protección Radiológica en el Servicio

Preguntas	Servicio
1. ¿Existe un protocolo de Protección Radiológica?	No
2. ¿Se capacita al personal para funciones de Protección Radiológica?	No
3. ¿Existe permiso o licencia de trabajo?	Sí
4. ¿Se justifica cada práctica?	A veces
5. ¿Se optimiza cada práctica?	No
6. ¿Se limitan las exposiciones de los TOE y el público?	No
7. ¿Se cumplen los niveles de referencia recomendados para cada estudio en pacientes?	A veces
8. ¿Existen dosímetros personales para los TOE?	Sí
9. ¿El controlador de disparo de Rayos X se encuentra suficientemente alejado del equipo y es accionado desde una zona protegida?	Sí
10. ¿Se leen los dosímetros periódicamente?	Sí
11. ¿La sala de Rayos X se encuentra completamente blindada?	No
12. ¿Las dosis de los TOE son conocidos por el personal?	No
13. ¿Existe conocimiento, al menos aproximado, de las dosis que reciben los pacientes para cada estudio y del promedio de la dosis de entrada en la superficie del paciente en cada uno?	No
14. ¿Se conoce la dosis por unidades de superficie y longitud?	No
15. ¿Se restringen las dosis a voluntarios, visitantes, familiares, niños y adultos?	Sí
16. ¿Existen registros de dosis?	No
17. ¿Se determina la kerma en aire por cada tiempo de exposición?	No
18. ¿Se guardan los expedientes radiológicos con el control de las dosis de los TOE y el seguimiento a su salud?	No
19. ¿Se controla el acceso a las áreas de trabajo?	Sí
20. ¿Existe señalización en las áreas de trabajo?	Sí
21. ¿Se clasifican las zonas de trabajo y se delimita la controlada y la supervisada?	Sí
22. ¿Está contemplado un Plan de Emergencia Radiológica donde se incluyan todos los sucesos anormales posibles?	Sí
23. ¿Existen medios de protección?	Sí

24. Para minimizar las dosis:	
a) ¿Se restringe el área a irradiar y se selecciona un receptor de imagen adecuado?	Sí
b) ¿Se disminuyen los tiempos de exposición de acuerdo al estudio a realizar?	No
c) ¿Se utiliza el collarín de tiroides?	No
d) ¿Se utiliza delantal plomado en TOE?	No
e) ¿Se incluyen elementos que garanticen optimizar la calidad de imagen (CI)?	No
f) ¿Se contabiliza el índice de rechazos?	No
g) ¿Se trabaja sobre el índice de rechazo para mejorar la CI y disminuir la dosis al paciente?	No
h) ¿Cuándo se calibra el sistema se caracteriza kVp y capa hemirreductora?	No
i) ¿Se coloca el tubo de Rayos X a la distancia recomendada para su kVp?	No

A partir del diagnóstico realizado deben resaltarse algunos elementos importantes:

- ✓ No se cuenta en la instalación hospitalaria con un programa de Aseguramiento de Calidad y no se realizan pruebas de CC al equipamiento, ni al cuarto de revelado.
- ✓ No existe certificación sobre la calidad del desempeño del Servicio, ni sobre las dosis que reciben los pacientes. No obstante, se detectan rechazos en múltiples radiografías.
- ✓ El Servicio cumple con algunos de los Requerimientos de Aseguramiento de Calidad que establecen las normas [8, 12], pero en esencia se trabaja en base a la experiencia y no por procedimientos y protocolos documentados.
- ✓ El personal recibe cierta capacitación para su trabajo y las responsabilidades están delimitadas, pero la capacitación debe de sistematizarse a cada nivel implicado tanto en los aspectos técnicos como de PR.
- ✓ No existe una cultura de la calidad que represente el compromiso con las “buenas prácticas”, de hecho la calidad de las radiografías es solo un concepto empírico en el Servicio y en base a esto se constatan en la práctica altos índices de rechazos de radiografías.
- ✓ Existe una situación muy deficiente en cuanto al cumplimiento de los Principios de la PR y no existe un programa de PR en el departamento.
- ✓ Faltan un conjunto de equipos, dispositivos y recursos para realizar la totalidad de las Pruebas de CC normadas, fundamentalmente los que abarcan el aspecto de análisis de las dosis impartidas en los departamentos.
- ✓ Respecto al monitoreo de la calidad de imagen que se obtiene, en primera instancia, quien determina si se rechaza o no una radiografía, es el propio técnico que la realiza, a partir de su experiencia en la apreciación visual subjetiva de la calidad de imagen. En un momento posterior, cuando el facultativo

evalúa dicha radiografía, también pudiera mandar a repetirla si no cumple con requerimientos mínimos que permitan hacer un diagnóstico a partir de ella, según el criterio médico, no existiendo un mecanismo de control intermedio y externo al que realiza la radiografía, que al menos aleatoriamente chequee este aspecto por algún método objetivo o subjetivo científico descrito en la literatura técnica.

Las figuras 9, 10 y 11 resumen visualmente los resultados del diagnóstico realizado al Servicio de Radiología Dental de la institución monitorizada. Los resultados de carácter negativo resumen las insuficiencias detectadas en la entidad, mientras que los positivos representan situaciones donde se aplica lo normado [4-6, 8, 12, 13, 17].

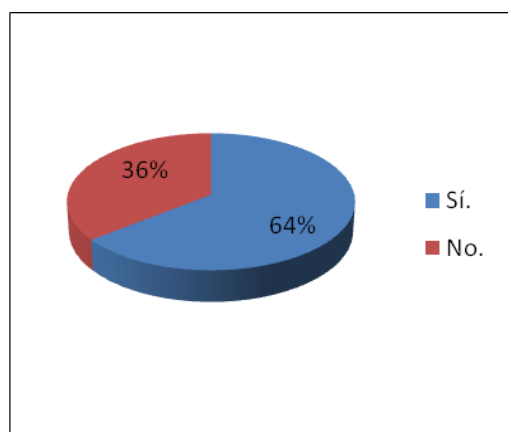


Fig 9: Preguntas técnicas que miden la calidad del servicio.

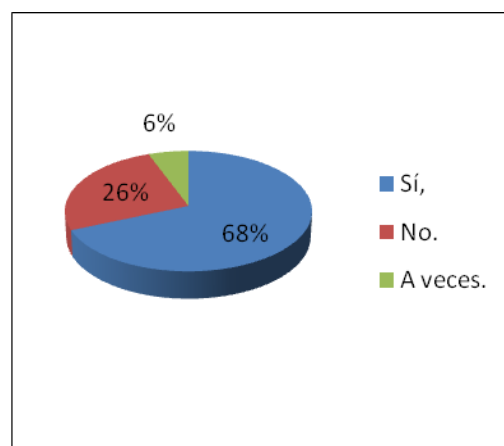


Fig 10: Preguntas relacionadas con el estado del Cuarto oscuro y el procesamiento de las películas intraorales.

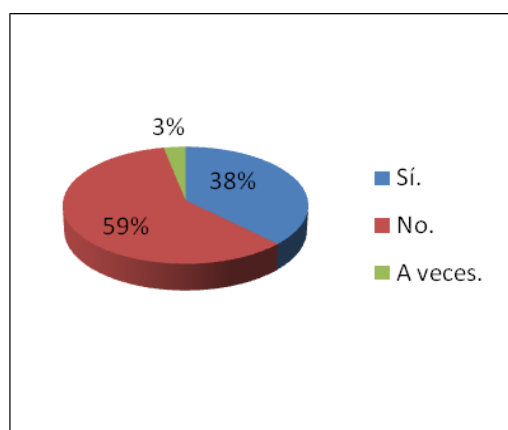


Fig 11: Preguntas relacionadas con la PR en el Servicio.

3.2. Resultados de las Pruebas de Control de Calidad realizadas al cuarto de revelado

3.2.1. Inspección física de la instalación

- El cuarto de revelado del Departamento de Radiología Dental de la Clínica de Especialidades de Santa Clara presenta dimensiones 1.25 m de ancho y 2.50 m de largo, con un área de 3.125 m². Estas dimensiones son adecuadas para las maniobras a realizar dentro de la instalación existiendo espacio suficiente para que el técnico de Rayos X cumpla adecuadamente con sus labores dentro del local.
- La zona húmeda no se encuentra suficientemente separada de la zona seca, aumentando así el posible derrame de soluciones químicas sobre las películas y la meseta de trabajo.
- La meseta, donde son descargadas las películas, es limpiada todos los días en varias ocasiones, evitando acumulación de polvo, suciedad y salpicaduras de los líquidos, que pueden provocar artefactos en las radiografías. En cuanto a la limpieza del piso y las paredes exteriores, esta no se realiza de manera periódica, constatándose zonas sucias.
- No se cuenta con un sistema de extracción e inyección de aire, percibiéndose dentro del local un fuerte olor a los líquidos y aumentándose la probabilidad de opacidad de la película provocada por la acumulación de los gases contaminantes desprendidos por los reactivos.
- No existen luces blancas, que comúnmente son recomendadas para poder realizar correctamente la limpieza, preparar los líquidos y evitar accidentes.
- El color de las paredes es mate claro, presenta altos niveles de opacidad, cumpliendo con la norma [3] y evitando la refracción de los haces de luz filtrados a través de las hendiduras del falso techo.
- El lavadero se encuentra en buenas condiciones, conformado por 3 estanques (revelador, fijador, agua). El agua de enjuague se mantiene circulando.
- El cuarto de revelado no cuenta con los instrumentos necesarios para la medición constante de indicadores como la temperatura y el nivel de radiación, de suma necesidad para este Servicio, puesto que las películas, previo a su uso, son almacenadas dentro del cuarto oscuro.
- Solo existe una luz de seguridad, con filtro rojo; adecuado para las películas usadas en el departamento; esta dista solo a 30 cm de la zona donde son descargadas las películas, incumpliendo con los 1.20 m establecidos por la norma [3] y elevando la probabilidad de velado de las radiografías.
- En el departamento se utilizan 3 tipos de películas: Agfa, Kodak y Kodak Occipital; cabe destacar que las Kodak Occipital son adaptadas a películas intraorales, a fin de satisfacer la demanda existente en el Servicio, pero esto no es un procedimiento normado.
- En general, el cuarto cumple con las condiciones mínimas necesarias para el procesamiento de las radiografías intraorales.

3.2.2. Temperatura del Cuarto de revelado

Se realizó la medición de temperatura en el cuarto oscuro durante 4 sesiones de trabajo, obteniéndose los resultados mostrados en la figura 12.

Las temperaturas se encuentran dentro del rango establecido por las normas internacionales (20-25 °C) [8, 17]. Sin embargo; las películas Kodak (y Kodak occipital) según sus fabricantes [40, 42] deben permanecer almacenadas en ambientes entre los 10 °C y 24 °C. Las Agfa por su parte, deben almacenarse en ambientes con temperatura inferior a los 23 °C, según las especificaciones de su fabricante [41]. Para este caso se constata que la media de temperatura del local es de 22.6 °C y se han reportado temperaturas superiores a los 23°C, las que pueden afectar la integridad de la dichas películas radiográficas), por lo que se sugiere almacenar estas películas fuera del cuarto de revelado.

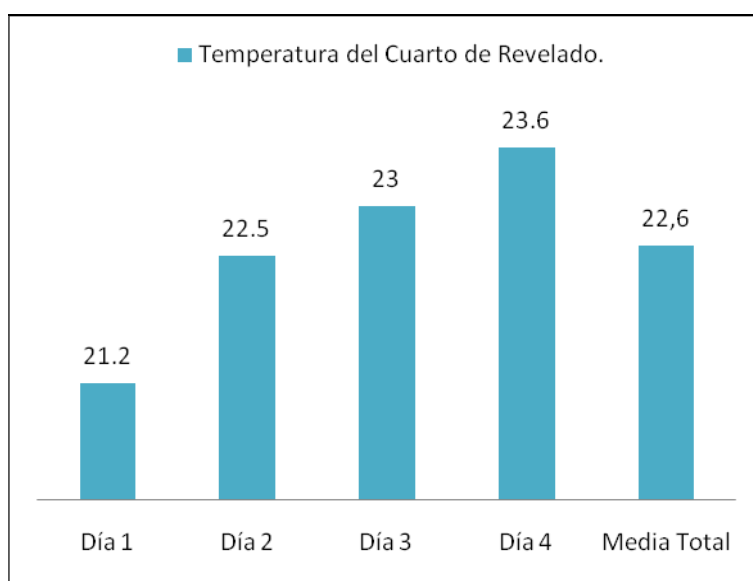


Fig 12: Temperatura del Cuarto de Revelado (°C).

3.2.3. Prueba de hermeticidad del cuarto de revelado

Después de esperar 10 minutos en total oscuridad, se observan pequeñas filtraciones de luz blanca en los bordes del falso techo y la parte inferior de la puerta de entrada del cuarto oscuro. Los haces de la luz filtrada sin embargo, no se superponen sobre la zona donde son descargadas las películas radiográficas, disminuyendo el riesgo de velado eminente de las mismas durante su procesamiento en el cuarto de revelado [8].

3.2.4. Tiempo de fijado

Se realizó la medición del tiempo en que permanecían las películas radiográficas dentro del líquido de fijado. Los resultados obtenidos son mostrados en la figura 13, donde se puede apreciar que el tiempo medio varía desde 5,04 minutos hasta 7,49 minutos, con una media total de 6,10 minutos. Cabe destacar que todos los tiempos de fijado se encuentran dentro del rango establecido por el fabricante del líquido fijador (5 – 10 minutos) [43], sin embargo, cuando las películas son sometidas a tiempos de 2 minutos, establecidos por los fabricantes de las películas Agfa y Kodak) [40-42], los resultados no son satisfactorios, observándose una notable falta de transparencia en la película intraoral, pérdida de contornos y bordes (obsérvese figura16), además de velos en algunas partes, producto de que no todos los cristales no expuestos han sido eliminados y su exposición a la luz favorece el velado de los mismos) [17]. En cambio, si los tiempos de fijado aumentan en exceso (5 minutos aproximadamente) por encima del valor establecido por el fabricante del líquido) [43], se produce una degradación de los cristales que han sido expuestos en menor grado, apreciándose películas con zonas claras y parcialmente transparentes con bajos niveles de detalle y contraste (obsérvese figura15). Se recomienda utilizar los tiempos establecidos por el fabricante del líquido fijador para un correcto fijado de las películas, determinando 6,16 minutos como tiempo óptimo. La figura 14 muestra los tiempos óptimos de fijado para cada marca de película intraoral utilizada en el departamento, que fueron determinados mediante este estudio. Respecto a las películas Kodak occipital (adaptadas a intraoral por necesidad del Servicio), se constata que el tiempo promedio de fijado es de 4,11 minutos, el cual posee una diferencia de más de 3 minutos respecto al tiempo óptimo de fijado para estas películas, por lo que se recomienda un aumento considerable de este tiempo para notar mejoras en el fijado.

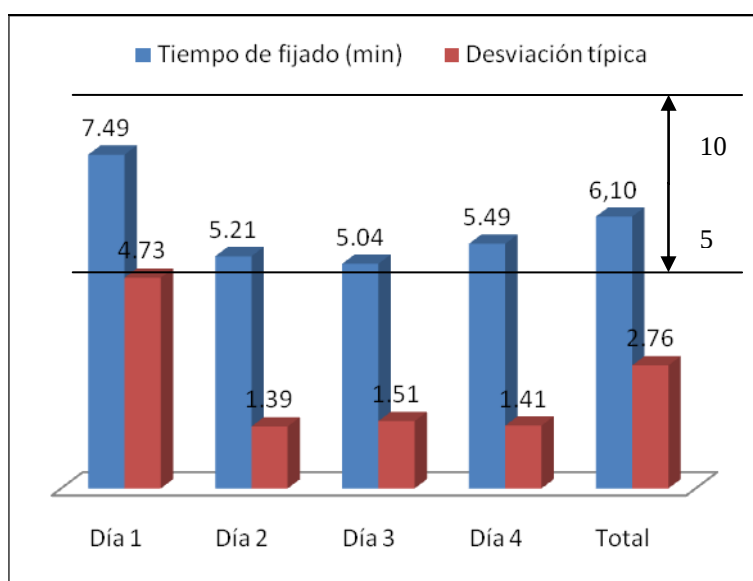


Fig 13: Tiempo de fijado.

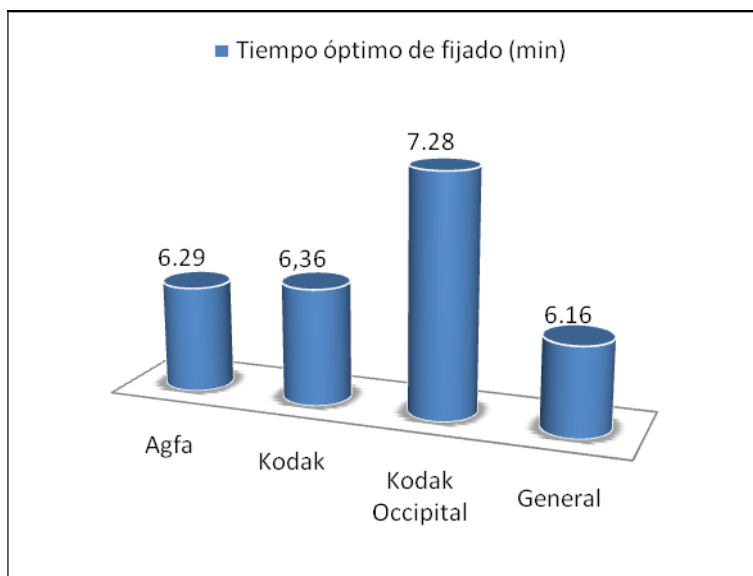


Fig 14: Tiempo óptimo de fijado (min).



Fig 15: Radiografía intraoral que ha estado demasiado tiempo en el fijador.



Fig 16: Radiografía intraoral que ha estado muy poco tiempo en el fijador.

3.2.5. Tiempo de revelado

Los resultados de la medición de los tiempos de revelado de las películas intraorales, se muestran en la figura 17. Puede apreciarse que los tiempos medios de revelado para cada tipo de película utilizada en la entidad están comprendidos entre 2.56 minutos y 3.41 minutos con una media total de 3.32 minutos. Como puede percibirse, dichos tiempos no se encuentran dentro del rango de tiempos recomendados por el fabricante del líquido de revelado (4 – 6 minutos) [44].

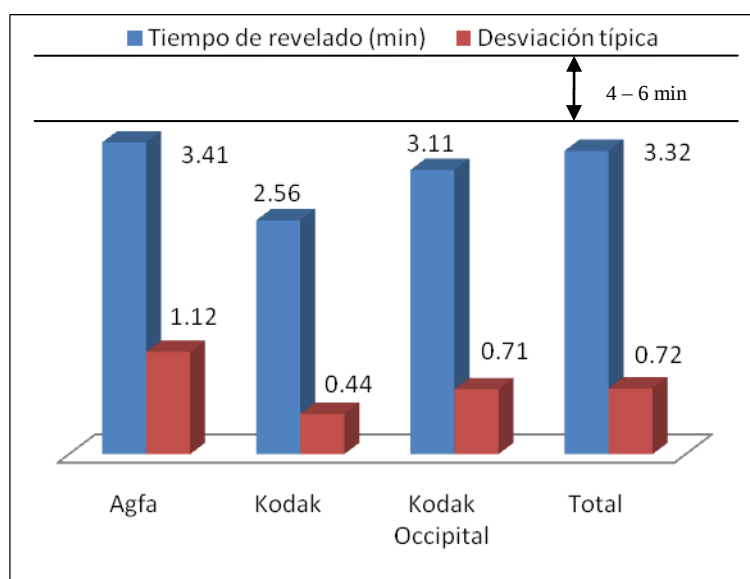


Fig 17: Tiempo de revelado (min)

A partir del estudio de los tiempos en que permanece en el revelador cada marca de película se conformó un gráfico de Tiempos de revelado (min) vs. Calidad de la radiografía (obsérvese figura 18), donde se muestra una medida cualitativa de la calidad de cada película intraoral con el respectivo tiempo medio que debe permanecer la misma en el revelador, para corresponder a cada tipo de calidad) [40-42]. Cabe destacar que las películas Agfa y Kodak Occipital, al ser reveladas con el líquido de procedencia china utilizado en la entidad, adquieren óptima calidad cuando permanecen en el mismo entre 4.30 y 5.40 min aproximadamente.

Así se comprueba que la óptima calidad de las películas depende en este caso de las recomendaciones del fabricante del líquido revelador [44]. Si se utilizaran los líquidos recomendados por el fabricante de estas películas, los tiempos de revelado oscilarían alrededor de los 2 minutos [40-42]. En nuestro caso, si se utiliza ese tiempo en la práctica, se constata que las radiografías son rechazadas o presentan calidad media, en el mejor de los casos. Esto se debe a que no todos los iones de plata expuestos han sido transformados en plata metálica, obteniéndose ínfimos niveles de contraste en las películas, que podrían llegar a afectar el correcto diagnóstico [20].

Las películas intraorales Kodak por su parte, si son sometidas a los tiempos establecidos por el fabricante del líquido chino son rechazadas, producto de que estos tiempos se consideran excesivos para la alta sensibilidad de dichas películas, que además, según su fabricante, son compatibles con todos los equipos de diagnóstico por Rayos X existentes, mostrando estabilidad y consistencia en diferentes condiciones de procesado [40].

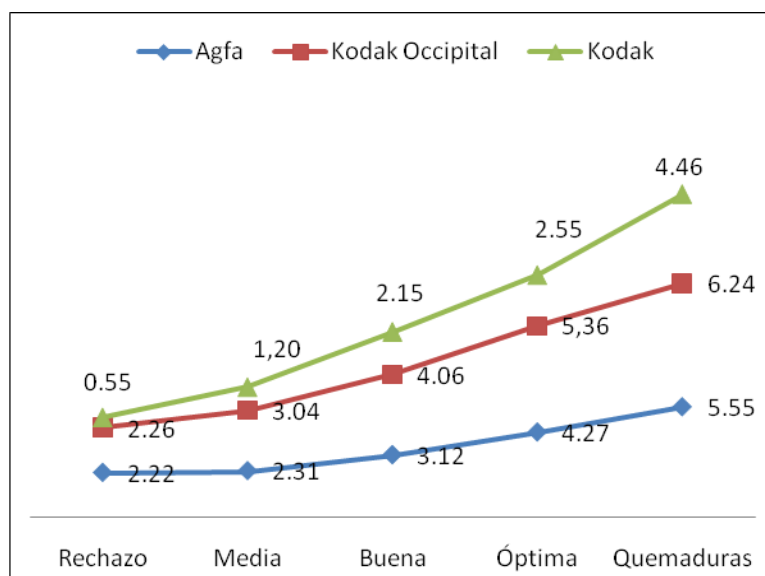


Fig 18: Tiempos de revelado (min) vs. Calidad de la radiografía.

Debemos añadir en esta parte del análisis, que detectamos otra insuficiencia en el proceso de revelado. Se constata en la práctica que las radiografías no son sumergidas en el agua antes de someterlas al efecto del líquido de revelado, privando a la película de una penetración uniforme de los compuestos químicos del revelador en las partes de la emulsión [17].

3.2.6. Temperatura de enjuague

La temperatura del agua de enjuague fue medida en cuatro sesiones de trabajo. Los resultados mostrados en la figura 19, corroboran que las temperaturas medidas se corresponden con las normadas ($20^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{enj}} \leq 30^{\circ}\text{C}$) [17].

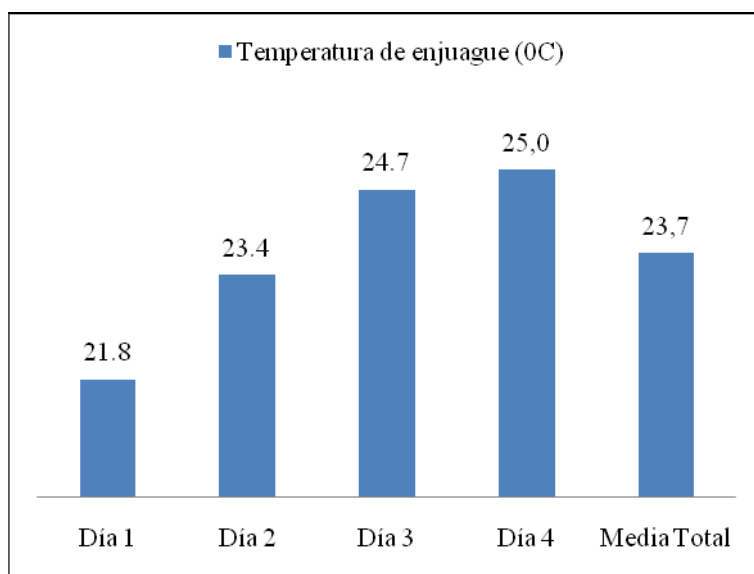


Fig 19: Temperatura de enjuague ($^{\circ}\text{C}$).

3.2.7. Temperatura del líquido de fijado

La temperatura del fijador fue medida en cuatro sesiones de trabajo. Los resultados mostrados en la figura 20, corroboran que las temperaturas medidas se corresponden con las normadas (rango correcto) [17].

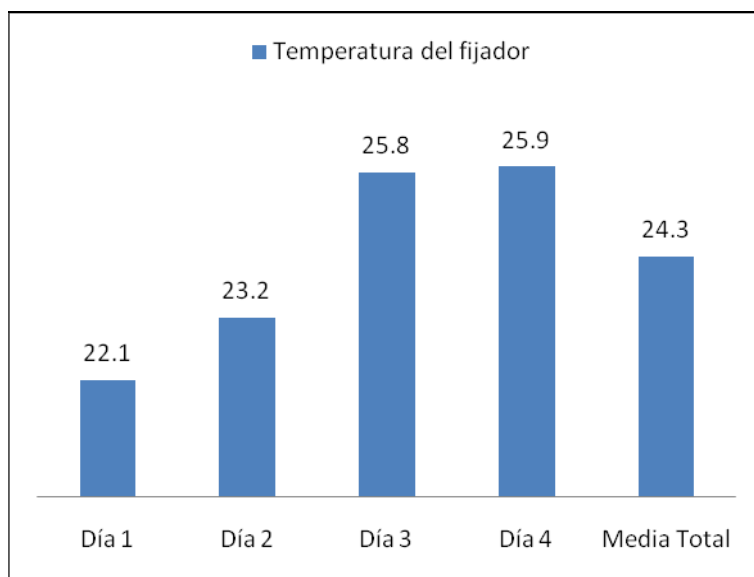


Fig 20: Temperatura del fijado ($^{\circ}\text{C}$).

3.2.8. Temperatura del líquido de revelado

La temperatura del líquido de revelado fue medida igualmente en 4 sesiones de trabajo. Los resultados obtenidos son mostrados en la figura 21, donde puede apreciarse una variación entre los 23°C y 26°C aproximadamente, con una media total de 24.6°C . La temperatura del líquido de revelado es de suma importancia en el procesamiento de una película radiográfica, puesto que de su valor depende el tiempo de revelado de la película [17]. La relación entre dichos parámetros es directamente proporcional, un aumento de la temperatura de la solución química, produce un aumento en la acción del revelador, elevando la sensibilidad y el contraste en la película, pero también el nivel de velo de la misma [17]. Por ejemplo: Para una temperatura de referencia 20°C , las películas presentan niveles de sensibilidad, contraste y velo previamente definidos. Un aumento de 2°C en la temperatura, producirá un aumento del 10% en su sensibilidad y contraste, y de 0.02 en su nivel de velo. Si la temperatura disminuye 2°C se producirá el mismo cambio en la película, pero de manera inversa [17]. Teniendo en cuenta lo anterior, los fabricantes recomiendan como temperatura óptima para el revelado 20°C [40-42].

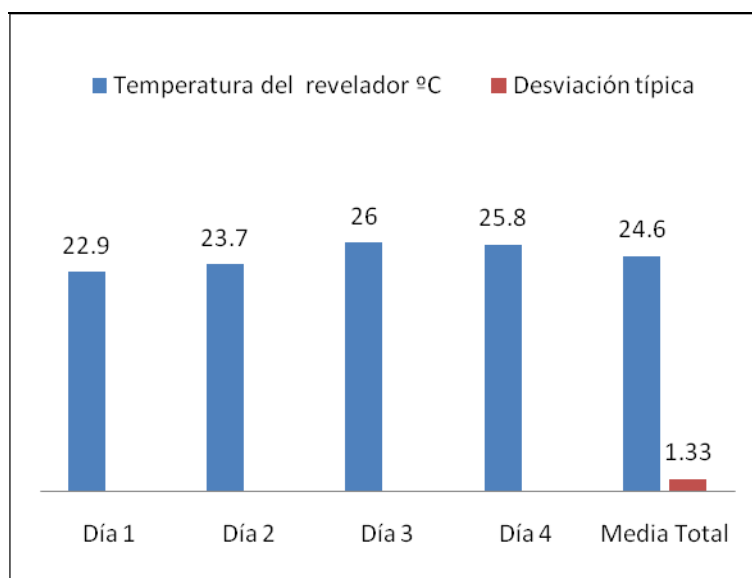


Fig 21: Temperatura del revelador (°C).

La tabla 6 muestra los valores de tiempo recomendados por los fabricantes de las películas Kodak con el correspondiente tiempo de revelado a aplicar [40]. Debido a la variación de la temperatura del líquido revelador en este Servicio, se recomienda realizar la medición de temperatura todos los días antes del inicio del trabajo, para determinar el tiempo de revelado correcto. A continuación se muestra en la figura 22 un estudio realizado a estas películas, donde se pueden apreciar los tiempos medios de revelado de las mismas y la temperatura a la que se encontraba el revelador, así como el tiempo de revelado que se corresponde con la temperatura medida según los datos ofrecidos por el fabricante.

Tabla 6: Temperatura del revelador (°C) vs. Tiempo de revelado (min).

Temperatura en °C	18	20	22	24	26
Tiempo de revelado (min)	6	5	4	3	2

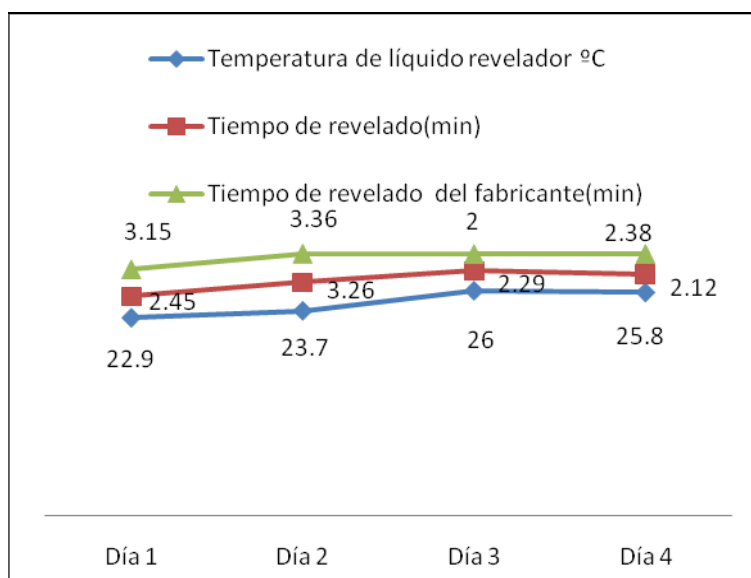


Fig 22: Tiempo de revelado utilizado vs. Tiempo de revelado recomendado por el fabricante de la película Kodak.

A partir del análisis del gráfico anterior puede constatar que el tiempo de relevado real de las radiografías Kodak en el servicio monitorizado difiere, en el caso más extremo, en 30 segundos con el tiempo normado por el fabricante a partir de la temperatura medida [40]. Lo anterior demuestra que las radiografías Kodak son compatibles con el líquido revelador usado en el departamento [44]. Dichas películas han presentado en nuestro estudio una tasa de rechazo de 0%.

En cambio, para las películas Agfa y Kodak occipital, se establece 20 °C como temperatura correcta para el revelador [41, 42]. En ambos casos se recomienda seguir los tiempos de revelado óptimos ofrecidos en la figura 18 debido a que, en las mediciones realizadas, la temperatura del revelador no se corresponde con la temperatura ofrecida por los fabricantes de dichas películas [41, 42]. En nuestro estudio, como mostraremos a continuación, encontramos mayores tasas de rechazo para estas películas.

3.2.9. Tasas de rechazos

Para el análisis de las tasas de rechazo de radiografías intraorales del servicio se evaluaron 213 radiografías de las tres marcas utilizadas en el departamento, utilizando las estadísticas hospitalarias. Las figuras 23, 24, 25 y 26 muestran las tasas de rechazos por película y del Servicio en general.

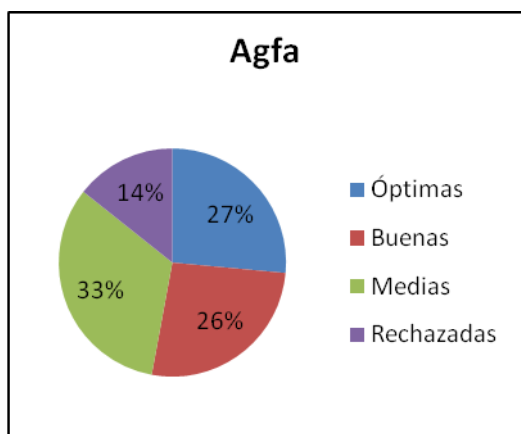


Fig 23: Tasa de calidad para películas intraorales Agfa.

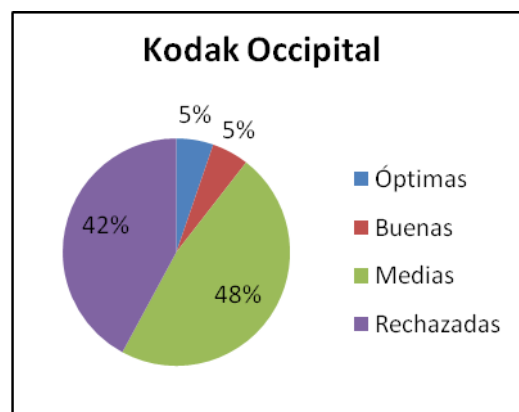


Fig 24: Tasa de calidad para películas intraorales Kodak Occipital.

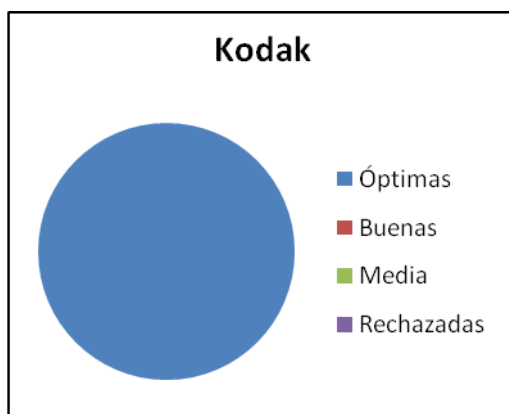


Fig 25: Tasa de calidad para películas intraorales Kodak.

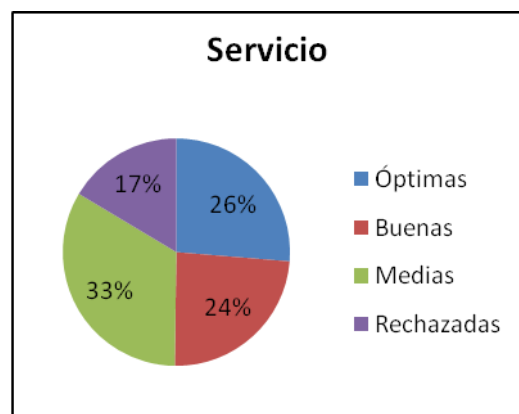


Fig26: Tasa de calidad del Servicio.

De los resultados obtenidos puede inferirse que las tasas de rechazo de las radiografías Agfa y Kodak occipital se encuentran muy por encima de la tasa de rechazo del 5 % normada [6, 8, 17]. Con índices de 14.29 % y 42.10 % respectivamente, dichas tasas se consideran excesivas, por lo que se requiere de un análisis causal. Las películas Kodak en cambio presentan una tasa de rechazo de 0%.

Del análisis de las radiografías Agfa y Kodak occipital rechazadas se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 27 y 28.

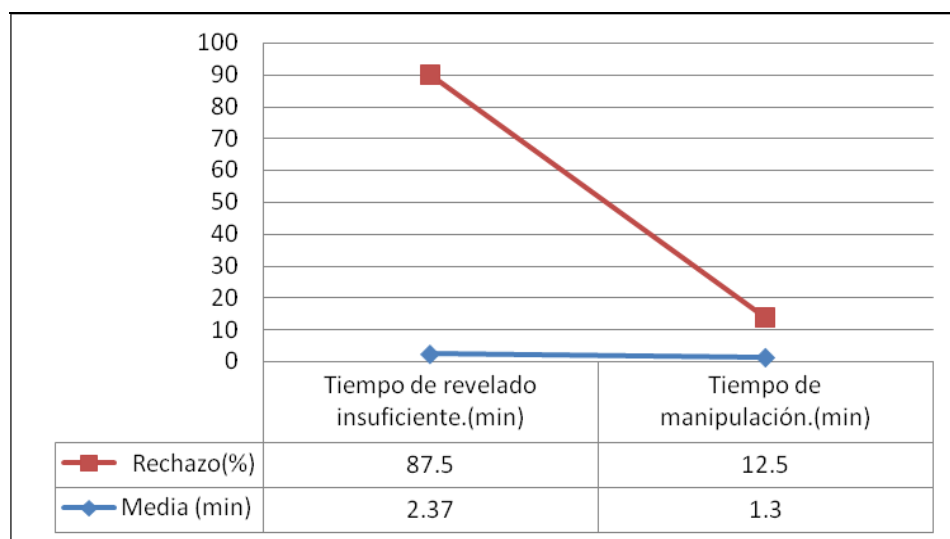


Fig 27: Causas de rechazo de las radiografías Kodak Occipital.

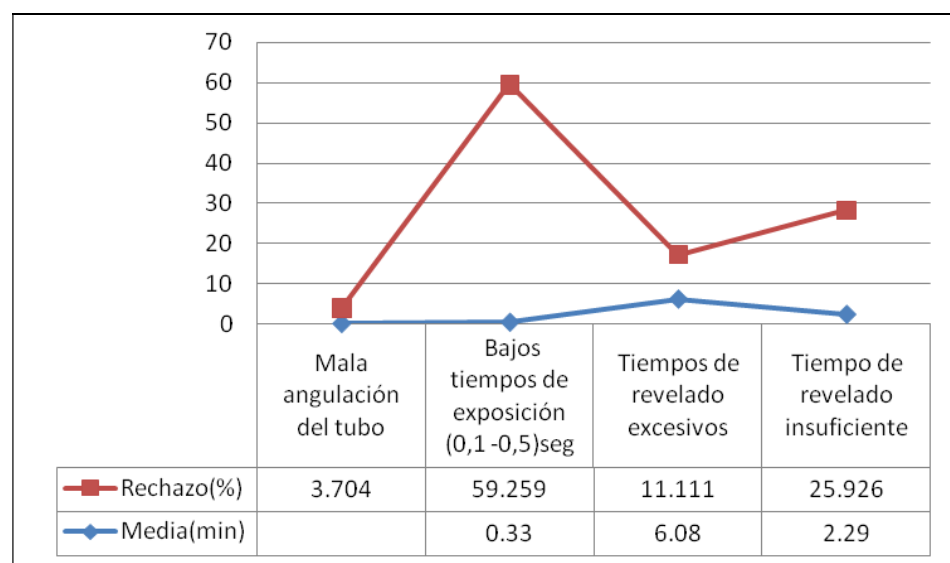


Fig 28: Causas de rechazo de las radiografías Agfa.

El rechazo de las películas Kodak occipitales está dado fundamentalmente por insuficientes tiempos de revelado, reportándose una media de 2.37 minutos para las películas rechazadas. Dicha media difiere en al menos 1,30 minutos aproximadamente, con el tiempo requerido para adquirir radiografías de buena calidad y en 3 min para la obtención de una óptima calidad según nuestro estudio. No obstante, estas películas occipitales son adaptadas a intraorales para satisfacer la demanda de la entidad, dada la

carencia existente de películas originales suficientes. En este caso, es necesario aplicar las siguientes recomendaciones en el procesamiento de las mismas:

Los tiempos de revelado deberán fijarse de acuerdo con los resultados de la figura 18, escogiendo los necesarios para asegurar una calidad óptima.

- Los tiempos de exposición no deben ser menores de 1 segundo.
- El tiempo de manipulación debe ser el menor posible y no debe exceder nunca los 40 segundos.

En cuanto a las películas Agfa rechazadas, el 59.26 % de estas fueron rechazadas debido a que son sometidas a cortos tiempos de exposición, entre 0.1 y 0.5 segundos, registrándose una media de 0.33 segundos. Aunque estos tiempos se encuentran dentro del rango recomendado por el fabricante de dichas películas [41], en la práctica se constata que los tiempos en que permanecen en el revelador, no son proporcionales a los tiempos de exposición a que son sometidas, además de que la solución química recomendada para el revelado de las radiografías Agfa [41], no es la usada en la institución.

En la figura 29 se muestran los tiempos de revelado necesarios para asegurar radiografías de media, buena y óptima calidad, que hayan sido expuestas por períodos de tiempo entre los 0.1 y 0.5 segundos. Se aprecia que entre 0.1 y 0.16 segundos no se obtienen radiografías de buena, ni de óptima calidad, solo de calidad media en el mejor de los casos, la que es adquirida cuando se someten las películas a tiempos prolongados de revelado cercanos a los 6 minutos, que solo provocarían demoras en el funcionamiento del servicio, y pudieran conducir a un diagnóstico erróneo dado el nivel de su calidad. Teniendo en cuenta esto se recomienda no exponer películas a tiempos dentro de este rango.

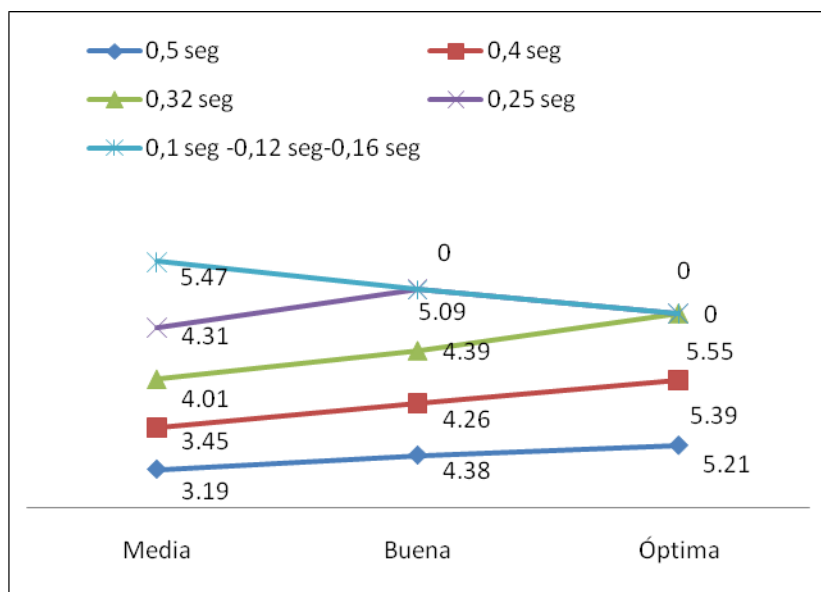


Fig 29: Tiempos de revelado vs. Calidad de la radiografía Agfa.

Otra causa de rechazos en estas películas fue el insuficientes tiempo de revelado (25.93 % de las películas Agfa fueron rechazadas). Las mismas tuvieron un tiempo medio en el revelador de 2,29 minutos, lejos de los 4.27 minutos recomendados para un óptimo revelado mostrado en la figura 18. El 11.11 % de las radiografías rechazadas, presentaron quemaduras, debido a excesivos tiempos en el revelador que sobrepasaban los 5.55 minutos. Sin embargo, un 3.70 % de los rechazos no fue debido al procedimiento de revelado, sino a una incorrecta adquisición, como se apreció en la figura 28; en este caso, de una mala angulación del tubo de Rayos X en el momento de la adquisición de la imagen [4]. Para evitar este tipo de errores se aconseja el empleo de la tabla 8 donde se establecen los ángulos adecuados para cada tipo de molar y un mejor entrenamiento del personal que las realiza [28].

3.2.10. Tiempos de exposición

Los tiempos de exposición aplicados en la obtención de las imágenes radiográficas intraorales en el Servicio de Radiología Dental monitorizado se encuentran entre los 0,1 segundos y 1.08 segundos, con una media total de 0,92 segundos.

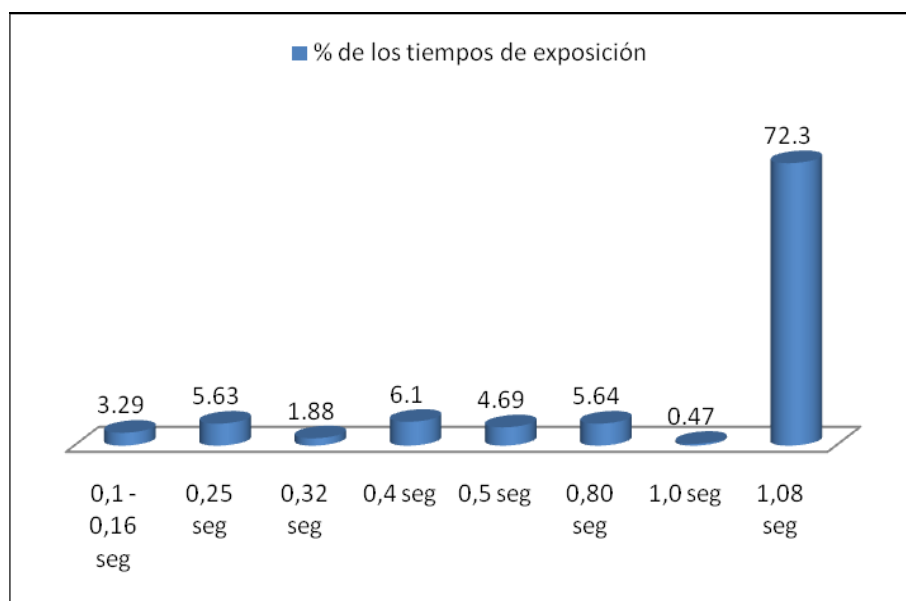


Fig 30: Distribución de los tiempos de exposición usados en la entidad.

La figura 30 presenta el porcentaje de utilización de cada tiempo de exposición en el Servicio. Puede observarse que el 72.3 % de las radiografías son expuestas a tiempos de 1.08 segundos, siendo este, el único tiempo fijado en la exposición de las películas. Los otros tiempos fueron seleccionados para la realización de esta investigación. Según los fabricantes de las películas Kodak y Agfa, los tiempos de exposición para un equipo de Rayos X de 70 kVp y 7 mA deben encontrarse entre 0,10 y 0,40 segundos [40-42]. Para las Kodak occipital (adaptadas a intraoral) recomendamos de 0,8 a 1,0 segundos, debido a que dichas películas no son realmente diseñadas para el uso que actualmente se les está dando en el departamento monitoreado. De lo anterior podemos inferir que los tiempos usados en la exposición se encuentran muy por encima de los recomendados [40-42] y generan mayores dosis de radiación al paciente y a los TOE. Aunque en la práctica bajos tiempos de exposición se relacionan con radiografías rechazadas en este Servicio, si se someten estas radiografías a los tiempos de revelado recomendados para pequeños tiempos de exposición, se lograrían buenas y óptimas películas para el diagnóstico, aunque ciertamente con un mayor consumo de tiempo para el Servicio. En la tabla 8 se muestra la exposición en segundos recomendada por los fabricantes de Agfa y Kodak para cada molar, además del ángulo del tubo de Rayos X, para una correcta adquisición con mínima exposición.

Tabla 8: Tiempos de exposición recomendados para radiodiagnóstico intraoral.

Zona del diagnóstico	20 cm	30 cm	Ángulo Vertical (Grados)
Maxilar			
Incisivos	0,12	0,25	+40
Colmillos	0,16	0,32	+45
Premolares	0,16	0,32	+30
Molares	0,20	0,40	+20
Mandíbula			
Incisivos	0,10	0,20	-15
Colmillos	0,12	0,25	-20
Premolares	0,12	0,25	-10
Molares	0,16	0,32	-5

3.3. Recomendaciones generales para al Servicio monitorizado

Al equipo de Rayos X

- ✓ Desarrollo de un programa de Aseguramiento de Calidad de acuerdo con las necesidades del departamento, que contenga las especificaciones técnicas del equipo de Rayos X establecidas por su fabricante, un manual de detección de las fallas comunes y procedimientos para su solución, la especificación de las Pruebas de Control de Calidad que deben ser aplicadas, así como una guía para la calibración del equipo y los instrumentos que se utilizan en las Pruebas de CC. Se debe crear un registro, donde sean plasmados todos los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, así como las deficiencias detectadas en la técnica, para su posterior revisión, corrección y evidencia ante auditorías. Se debe además, capacitar al personal para realizar sus funciones y verificar esto con una periodicidad al menos anual. Se debe chequear la calidad de imagen, al menos aleatoriamente, por métodos objetivos de densitometría-sensitometría, por personal independiente del técnico que realiza el examen.

Al cuarto de revelado

- ✓ El Programa de Aseguramiento de la Calidad a confeccionar debe incluir el revelado de las películas. Debe contener las Pruebas de CC a desarrollar al cuarto oscuro y al procesamiento de la película radiográfica intraoral, así como la capacitación y comprobación de conocimientos anual de los técnicos que realizan la tarea.
- ✓ Debe contener además, una guía de trabajo para el correcto procesamiento de las películas, que incluya las especificaciones de: tiempo de revelado, tiempo de fijado, temperatura de los líquidos y el filtro a utilizar que recomienda cada fabricante de película.
- ✓ Se debe consultar el modo de preparación de los líquidos de procesamiento de la película que brinda el fabricante antes de su elaboración.
- ✓ Se debe medir la temperatura de los líquidos antes de iniciar el trabajo cada día y establecer según las normas de los fabricantes, los tiempos de procesamiento que se correspondan con la temperatura medida.
- ✓ Se deben evaluar las condiciones que requiere cada tipo de película en el procesamiento.
- ✓ Se debe crear un registro, donde sean plasmados los resultados de los procedimientos aplicados y las deficiencias encontradas en el Servicio, para su posterior evaluación, corrección y evidencia ante auditorías.

Para la PR de TOE y pacientes

- ✓ Establecer un programa de PR en la instalación de acuerdo con las normas de la OMS y el OIEA [8, 13].
- ✓ Elaborar un Manual para la optimización de la calidad de imagen vs. dosis al paciente, y el uso de los medios de Protección Radiológica.
- ✓ Realizar un seguimiento de la dosis de radiación en los TOE.
- ✓ Capacitar al personal en temas de PR y comprobar anualmente sus conocimientos.

Además, todo el Sistema debe ser sometido a auditorías internas y externas anualmente.

3.4. Conclusiones del capítulo

Del análisis de los resultados obtenidos podemos concluir que los altos índices de rechazo de radiografías intraorales en el Servicio de Radiología Dental monitorizado se deben principalmente a un deficiente procesamiento de la película radiográfica. Las pruebas de CC realizadas al cuarto de revelado y al procesamiento de las películas, arrojaron algunos resultados negativos debidos a la ausencia de un programa de Aseguramiento de la Calidad. Dichas deficiencias radican fundamentalmente en un modo de trabajo del técnico basado en su experiencia y no en la aplicación de las recomendaciones que brinda el fabricante de los productos utilizados y el seguimiento estricto de las normas. Se comprueba además en la práctica, la notable diferencia de compatibilidad entre las películas y líquidos utilizados en el Servicio. Para solución de dichos problemas, se recomienda la aplicación de los parámetros e indicaciones resultantes de este estudio, las cuales se adecuan a las condiciones y exigencias propias de este Servicio y garantizan imágenes de óptima calidad.

CONCLUSIONES

- ✓ Como resultado del análisis de las Pruebas de CC normadas internacionalmente para los Servicios de Radiología Dental se observó que existen en Santa Clara condiciones para realizar periódicamente las pruebas de:
 - Exactitud y reproductibilidad del kilovoltaje.
 - Exactitud y reproductibilidad del tiempo de exposición.
 - Mínima distancia foco-piel.
 - Exactitud del temporizador.
 - Tamaño del campo.
 - Integridad de las vestimentas de protección individual.
 - Evaluación visual del cuarto de revelado.
 - Temperatura de los reactivos químicos.
 - Prueba de hermeticidad del cuarto oscuro.
 - Análisis de la tasa de rechazo.
 - Chequeo de la Temperatura del cuarto de revelado.
- ✓ Los problemas detectados durante el diagnóstico técnico-radiológico realizado al Servicio monitorizado se deben a la inexistencia de un programa de Aseguramiento de la Calidad y de Protección Radiológica en el mismo.
- ✓ Como resultado de la aplicación de las Pruebas de CC al cuarto de revelado y al procesamiento de las películas radiográficas intraorales, se determinó que el alto índice de rechazo de las mismas en el Servicio monitorizado está dado fundamentalmente por un deficiente procesamiento de las películas radiográficas existentes.

- ✓ Las recomendaciones elaboradas para mejorar el Servicio monitorizado servirán como base científica para el desarrollo de un Sistema de Garantía de la Calidad en el Departamento monitorizado y en esencia contempla elementos técnicos del manejo y mantención de los equipos, el modo correcto de desarrollar el revelado de las películas disponibles y las medidas para mejorar el estado de la Protección Radiológica.

RECOMENDACIONES

- ✓ Sensibilizar a las autoridades competentes de la provincia para que, a partir de los resultados de este estudio, se realicen esfuerzos por adquirir los medios necesarios para la realización de todas las Pruebas de CC normadas, tanto a los equipos de Rayos X intraorales de la provincia, como a los cuartos de revelado, o garanticen que la autoridad reguladora nacional realice al menos una vez al año aquellas pruebas que requieren de recursos carentes en la provincia.
- ✓ Aplicar los resultados de esta investigación en la confección de un programa de Aseguramiento de la Calidad en Radiología Dental para el Servicio monitorizado y el resto de los existentes en la provincia.
- ✓ Estimular a los directivos hospitalarios a realizar esfuerzos para garantizar que se cumplan las condiciones normadas para la PR en estas instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Rayos X," in *Evolución de los Rayos X*: Sociedad Española de Física Médica, 2001.
- [2] P. Sprawls, "X-Ray Tube Heating and Cooling," in *Physical Principles of Medical Imaging*, Second Edition ed, pp. 127-140, 2003.
- [3] "Protección Radiológica," in *Criterios para la aceptabilidad de instalaciones radiológicas. (Cuarto de Revelado)*: Comisión of the European Communities, 1997, pp. 83-90.
- [4] "Comisión Electrónica Internacional "Quality Assurance Diagnostic X Ray Equipment " in *Acceptance tests*, 2006.
- [5] "Equipos de Rayos X dentales.," in *Capítulo II: Control de Calidad al equipo de Rayos X intraoral*. Publication IEC 60601-2-32 (Geneva: IEC). International Electrotechnical Commission, 2000, pp. 52 - 81.
- [6] M. Beneyto, "Control de calidad en instalaciones de radiodiagnóstico dental.." vol. 28: Revista Europea de Odontoestomatología 2009, pp. 29-41.
- [7] M. Beneyto, J. Porlán, and S. Iniesta, "Radiation protection and quality assurance in dental radiology," in *Intraoral Radiography: Nuclear Medicine and Radiotherapy*, 2001.
- [8] OMS and OPS, "Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico.," in *Pruebas de Control de Calidad al Cuarto de Revelado*: Publicación Científica n 469, 1998.
- [9] "Quality Assurance in Diagnostic Radiology," World Health Organization, Geneva 1982.
- [10] M. Beneyto, "Evolución de la Radiología Dental intraoral tras la instauración de la nueva legislación de control de calidad," Ediciones Científicas, 2003.
- [11] M. Brown, "Advances in dental imaging.," Ediciones Científicas, 2001, pp. 23-35.
- [12] "Consultores de Sistemas de Gestion de Calidad y la utilizacion de sus Servicios ISO 10019 ", Agosto 2005.
- [13] " International Atomic Energy Agency," in *NBS Seguridad 115* Vienna: OIEA 1995.

-
- [14] A. Ojeda, "Diagnóstico Radiológico de los Departamentos de Rayos-X de los Policlínicos de Santa Clara": Tesis de pregrado. CEETI. Universidad Central de Las Villas "Marta Abreu", 2010.
- [15] F. Rojas, "Propuesta de mejoras al Control de Calidad del Equipamiento del Departamento de Radiología del Hospital Arnaldo Milián Castro,," Tesis de pregrado. CEETI. Universidad Central de Las Villas "Marta Abreu", 2008.
- [16] M. Beyneto, "Proceso de revelado radiográfico dental en la práctica clínica de la comunidad autónoma de la Región de Murcia," XXX Reunión anual del centro de estudios odonto-estomatológicos, Murcia 2006.
- [17] H. Maine, "Procesamiento de la película radiográfica intraoral," Health Imaging Division, 2010.
- [18] OMS, "Cuarto de Revelado. Aspectos generales,," Editorial AC, 2005.
- [19] M. Passler, "Diagnóstico Radiológico Oral,," Salvat Barcelona, 2010.
- [20] S. Webber and W. Benton, "Diagnostic variations in radiographs,," Editorial AC, 2008.
- [21] S. White and K. Mosby, "Radiología Oral Principios e Interpretación," 4 ed Ediciones Harcourt, 2001.
- [22] P. Sprawls, "Physical Principles of Medical Imaging " in *X-Ray Image Formation and Contrast*, Second ed: Medical Physics Publishing, 2003, pp. 171-180
- [23] P. Sprawls, "Physical Principles of Medical Imaging," in *X Ray Production: Medical Physics Publishing*, 2003, pp. 97 - 107.
- [24] P. Sprawls, "Physical Principles of Medical Imaging," in *Radiation Penetration: Medical Physics Publishing*, 2003, pp. 159 -170.
- [25] D. Verdonchot, "New film for intraoral radiography," Editorial McGraw-Hill, 2010.
- [26] P. Sprawls, "Physical Principles of Medical Imaging," in *Blur, Resolution and Visibility of Detail*, Second ed: Medical Physics Publishing, 2003, pp. 197-205.
- [27] I. Miller, J. Freud, and R. Johnson, "Probabilidad y Estadísticas para Ingenieros Tomo I," La Habana: Editorial Félix Varela, 2005.
- [28] E. Whaites, " Fundamentos de Radiología Dental," 4 ed University of London, UK, 2008.
- [29] N. Hirschman, "Justification in dental radiology," Editorial McGraw-Hill 1999, pp. 20-28.

- [30] S. White, "Assessment of radiation risk from dental radiography": *Dentomaxillofac Radiol*, 2005.
- [31] P. Mark, "Radiation Protection in Dentistry. Code of practice & Safety Guide," *Radiation Protection* 10, 2012.
- [32] "Sources and Effects of Ionizing Radiation," United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 New York, United Nations General Assembly, 2000.
- [33] J. Winkler, "Influence of rectangular collimation and intra-oral shielding on radiation dose in dental radiography," *J Am Dent Assoc*, 2010, pp. 25-32.
- [34] B. Stenstrom and Henrikson, "Absorbed doses from intraoral radiography with special emphasis on collimation dimensions," *Swed Dent* 2008., pp. 5-9.
- [35] P. Sprawls, "The Photographic Process and Film Sensitivity," Medical Physics Publishing, 2003, pp. 207-226.
- [36] "Radiation Protection and quality assurance in Dental Radiology.," in *Radiation Protection* vol. 8: European Commission., 2005, pp. 25-72.
- [37] Svenson, Soderfeldt, and Grondahl, "Attitudes of Swedish dentists of the choice of dental X-ray film and collimator for oral radiology.," *Dentomaxillofac Radiol*, 2010, pp. 31-36.
- [38] Wall and Kendall, "Collective doses and risks from dental radiology," *Br J Radiol*, 1983, pp. 51-60.
- [39] O. Delgado, O. Fernández, and F. Leyton, "Manual de Protección Radiológica y de buenas prácticas en Radiología Dento-Maxilo-Facial.," Instituto de Salud Pública, 2010.
- [40] "Hoja de datos técnicos. Película Dental Kodak Insight," www.kodak.com/dentalfilm, 2011.
- [41] "Hoja de datos técnicos Agfa Dentus," www.agfafilms.com, 2011.
- [42] "Hoja de datos técnicos. Película Dental Kodak Occipital.," www.kodak.com/dentalfilm, 2011.
- [43] "Líquido Fijador.Especificaciones del fabricante.," www.luckyfilm.com, 2012.
- [44] "Líquido Revelador.Especificaciones del fabricante.," www.luckyfilm.com, 2012.