

TEMA 12
EL REVELADO RADIOGRÁFICO
Miguel Alcaraz Baños

Objetivos:

1. Describir las fases del procesado automático de la película radiográfica.
2. Enumerar las dos sustancias reveladoras más importantes del líquido revelador.
3. Exponer las diferencias entre el revelado automático y el revelado manual en las técnicas actuales de radiodiagnóstico
4. Valorar la importancia del lavado en la conservación de la imagen radiológica.
5. Comentar la influencia del tiempo y de la temperatura del revelado sobre la imagen radiológica.
6. Comentar el test básico para valorar el efecto de la entrada de luz en el cuarto oscuro.

TEMA 12

EL REVELADO RADIOGRÁFICO

Miguel Alcaraz Baños

Una vez expuesta la película utilizada para la exploración de nuestro paciente, se dice habitualmente que la imagen esta latente, es una imagen estable y duradera pero invisible. Para conseguir una imagen visible esa película radiográfica debe revelarse en un procedimiento básicamente fotográfico y que se denomina el revelado o Procesado de la película radiográfica.

El procesado o revelado de la película radiológica se basa en una serie de reacciones químicas que básicamente recuerdan el proceso de revelado de cualquier película fotográfica normal. En la actualidad este proceso se realiza de forma automática en las denominadas Procesadoras de Película radiográfica; el procedimiento de revelado manual se utiliza exclusivamente en el procesado de la película radiológica intraoral, en donde cerca del 90% de las instalaciones dentales con este tipo de equipos lo realiza habitualmente.

El procesado automático de la película radiográfica se realiza en cuatro fases bien definidas para la obtención de la imagen visible (Fig.12.1):

- 1º.- Revelado: convierte la imagen latente en visible gracias al ennegrecimiento producido por el depósito de la plata metálica sobre el poliéster de la película.
- 2º.- Fijado: elimina los haluros de plata que no han reaccionado con los líquidos del revelador.
- 3º.- Lavado: elimina el exceso de todos los productos químicos utilizados.
- 4º.- Secado: elimina la humedad de la película para su visualización y almacenamiento.

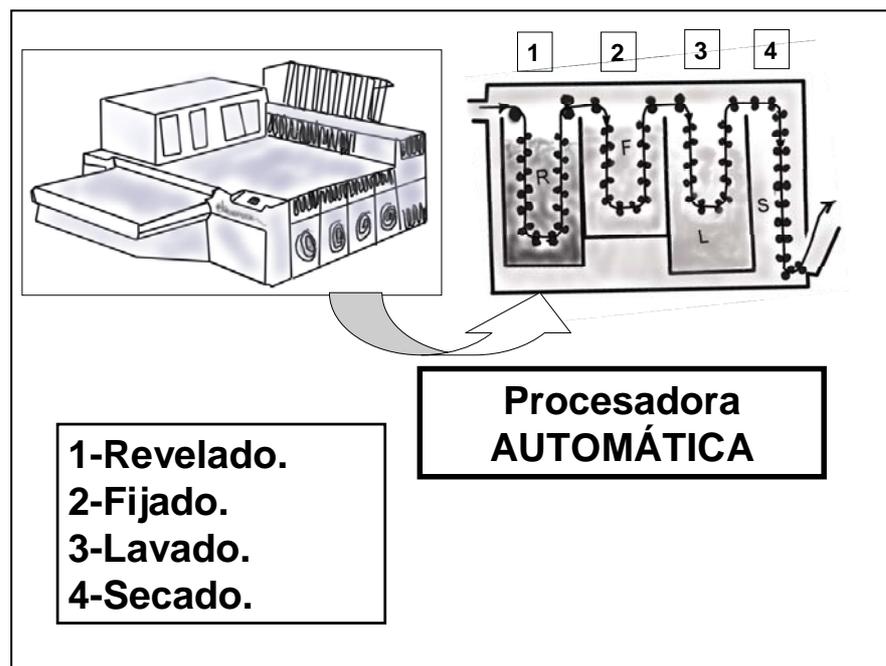


Fig.12.1: Fases del revelado radiográfico.

12.1. EL REVELADO DE LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA

El revelado de la película radiográfica es la primera fase del procesado y convierte la imagen latente del paciente en una imagen visible, en base al depósito y fijación de la plata metálica formada por la reacción de los halogenuros de plata con el líquido revelador (de color negro) y a su depósito sobre el poliéster que es el soporte) de la película. Es la primera fase del procesado que se realiza en procesadoras automáticas en el cuarto oscuro, ya que se precisa la manipulación de la película y ésta es sensible a la luz (Fig.12.2), o bien en procesadoras denominadas Luz-Día que realizan el intercambio de las películas en el chasis en su interior, por lo que así quedan protegidas también de su exposición a la luz (Fig.12.3)

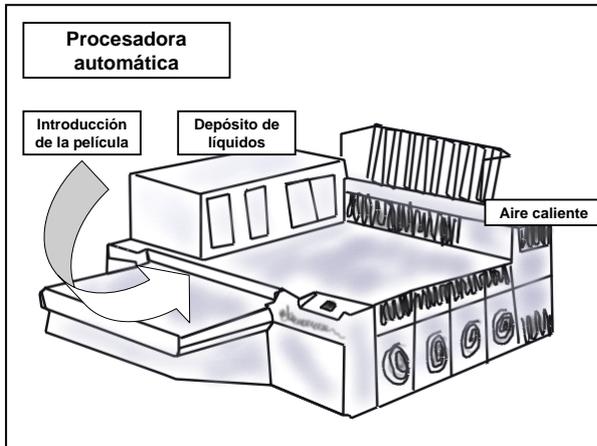


Fig.12.2: Reveladoras automática de cuarto oscuro.

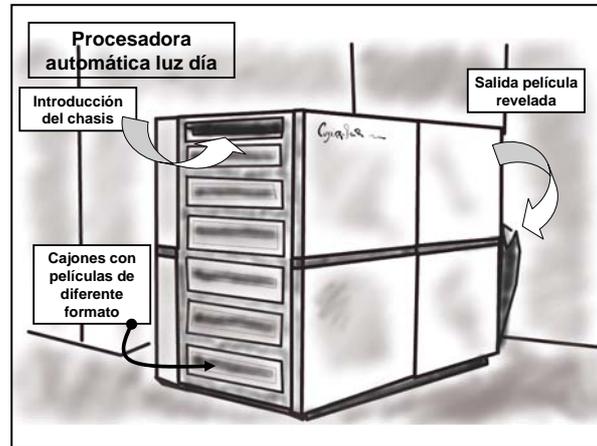
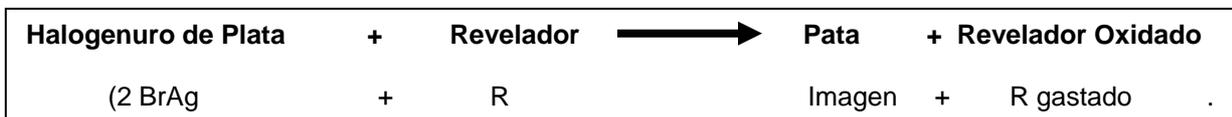


Fig.12.3.: Procesadora Luz-día.

Básicamente la reacción que ocurre en el tanque del revelador es una reacción REDOX (una reacción de oxidación y reducción), en donde el halogenuro de plata se reduce para formar plata metálica y el líquido revelador se va oxidando para conseguir la obtención de la plata metálica; e se depositará sobre el poliéster dando lugar a manchas oscuras más o menos densas que constituyen la escala de grises de la película radiográfica:



Así pues, la plata se reduce a plata metálica y se fija al poliéster de la película radiográfica y el líquido revelador se oxida volviéndose de color amarillo/parduzco y perdiendo progresivamente su actividad.

El líquido Revelador es una disolución de diferentes productos que varían tanto en componentes como en sus concentraciones de una marca a otra, constituyendo secretos comerciales para mantener sus niveles de calidad y estándares comerciales. En esencia, los elementos más característicos que se emplean en la fabricación del líquido revelador (Fig.12.4) son los siguientes:

1. **Disolventes:** el disolvente universal es el agua. Disuelve e ioniza todos los productos químicos que se incluyen en el líquido revelador. La emulsión fotográfica de la película también absorbe agua y se hincha y dilata permitiendo la entrada de las sustancias del revelador y ponerse en contacto con los cristales de halogenuros de plata.
2. **Reveladores:** es el compuesto capaz de producir la reducción de la plata a costa de aceptar los electrones que le arranca y teniendo como consecuencia su oxidación. Los dos agentes reveladores utilizados son la hidroquinona y la fenidona.
3. **Activadores:** generalmente aumentando el pH del medio se consigue acelerar el proceso, por lo que suelen usarse bases utilizadas con este propósito.
4. **Preservadores.** son antioxidantes que reducen la oxidación del revelador mientras que consiguen aumentar también el pH del medio
5. **Retardadores:** también denominado antivelo, ya que van a intentar proteger a los granos de halogenuro de plata que no se han expuesto a la radiación para que no reaccionen con el líquido revelador y no ennegrezcan la densidad de base.

6. **Endurecedores:** Evitan la hinchazón excesiva de la gelatina y la protegen de la acción mecánica de los rodillo de transporte.
7. **Antiespumantes:** suelen ser diferentes tipos de quelatos

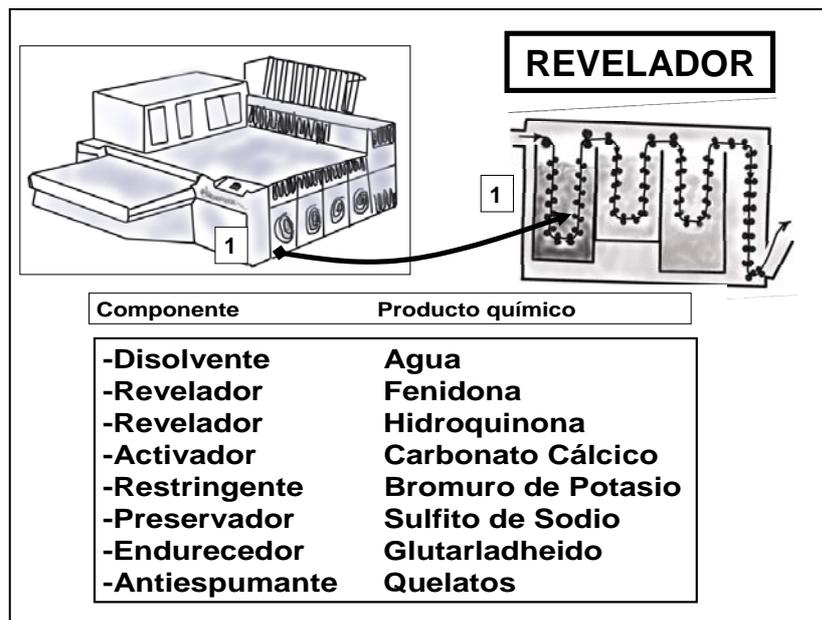


Fig.12.4: Componentes del líquido revelador.

En la procesadora automática existe además una bomba de refuerzo, ya que durante el revelado continuado se produce un desgaste de las sustancias activas que es necesario ir reponiendo gradualmente para mantener la velocidad de las reacciones químicas del liquido revelador. Por ello, generalmente se recoloca un contenedor o botella externa para ir restableciendo la actividad y los volúmenes del liquido revelador.

Cuando la película sale del tanque del revelador la gelatina hinchada como una esponja retiene gran cantidad de revelador, los rodillos escurridores eliminan gran parte del exceso de revelador y evita la alteración del líquido fijador.

12.2. EL FIJADO DE LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA

Durante esta fase del procesado radiográfico se pretenden eliminar los granos de halogenuro de plata no expuestos a radiación ionizante pero que todavía permanecen en la capa de emulsión de la película radiográfica; además, se debe volver a endurecer la emulsión y las gelatinas restantes para que la película resta la abrasión mecánica, el secado con aire caliente y su posterior almacenamiento. Los componentes básicos de la disolución del líquido fijador (Fig.12.5) son los siguientes:

1. **Disolvente:** el agua se encarga de llevar a todos los lugares los elementos químicos del líquido fijador.
2. **Fijador:** es el que elimina los granos de halogenuro de plata no expuestos de la gelatina y le da un aspecto transparente a esas zonas.
3. **Preservador:** ayuda a mantener activas las sustancias fijadoras.
4. **Endurecedor.** evita que la película se hinche demasiado
5. **Acidificador:** se utiliza el ácido acético para neutralizar los restos de revelador que puedan pasar con la película radiográfica.
6. **Tampones:** para mantener el pH del líquido revelador.

También aquí es necesario ir reponiendo las sustancias químicas que se van gastando o neutralizando en las reacciones y mantener el volumen de agua necesario dentro del tanque del fijador.

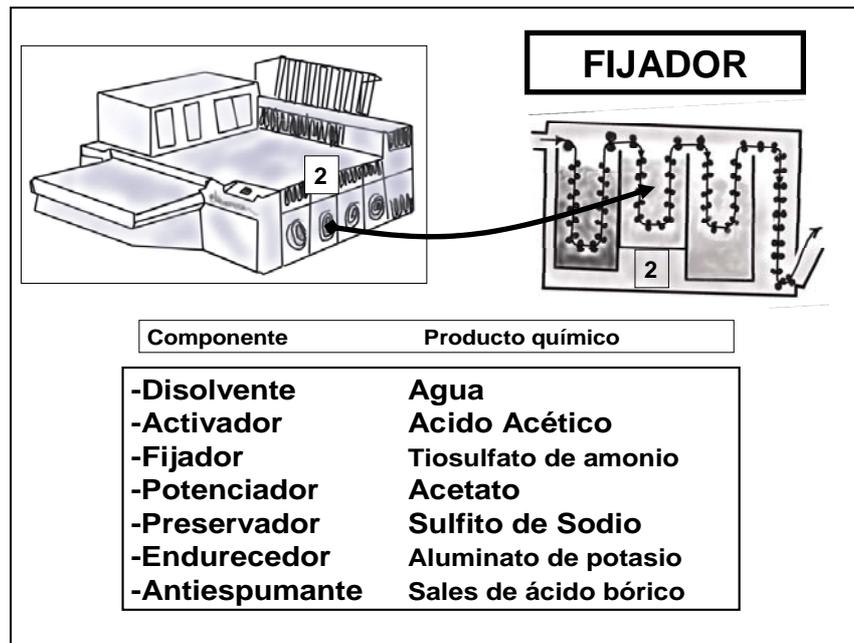


Fig.12.5.: Componentes Del líquido fijador.

12.3. EL LAVADO DE LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA

El lavado en agua corriente elimina todos los residuos químicos de la película y evita la decoloración de la misma. Uno de los requisitos básicos de la película radiográfica es que pueda ser archivada para su estudio, incluso tras mucho tiempo de su obtención. El lavado radiográfico elimina los "hiposulfitos" producidos durante el fijado de la película radiográfica y evita, que con el paso del tiempo, estos vayan provocando una decoloración de las densidades obtenidas e incluso la atenuación o desaparición de la escala de grises manifestada inicialmente durante el revelado de la película (Fig.12.6.).

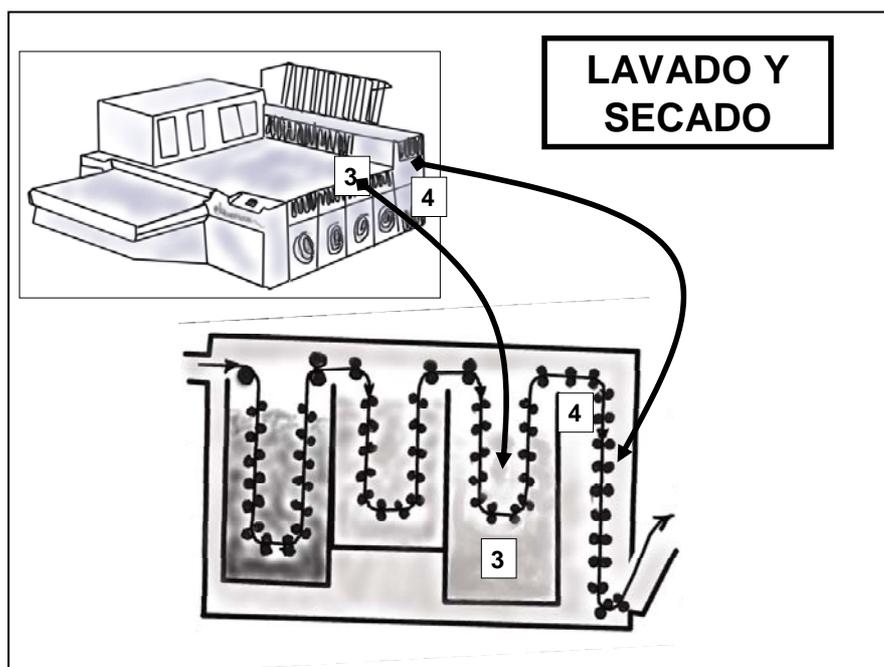


Fig.12.6.: Lavado y secado de la película radiográfica.

Los problemas en el lavado radiográfico son los más frecuentes del procesado automático y pasan generalmente desapercibidos, ya que sus efectos negativos no pueden visualizarse sobre la imagen hasta semanas después de su obtención, provocando que la mayoría de las imágenes archivadas permanezcan con una calidad radiológica adecuada.,

12.4. EL SECADO DE LA PELÍCULA RADIOGRÁFICA

Un ventilador proporciona aire caliente en la sección de secado. La temperatura se deberá mantener en los niveles más bajos posibles en los que se consiga un secado completo, adecuándose a las recomendaciones del fabricante.

En radiodiagnóstico, todavía se utiliza el revelado manual en determinadas ocasiones. En la práctica sólo se utiliza sistemáticamente en el revelado de la película intraoral y excepcionalmente en el revelado de la película radiográfica obtenida tras realizar una Ortopantomografía o radiología panorámica, ambas situaciones características del radiodiagnóstico Odontológico o Dental. La diferencia fundamental entre los dos procedimientos de revelado de la película radiográfica esta en el tipo de líquidos utilizados y su concentración, así como los tiempos necesarios en cada una de las fases del procesado descritas (Fig.12.7 y Fig.12.8)

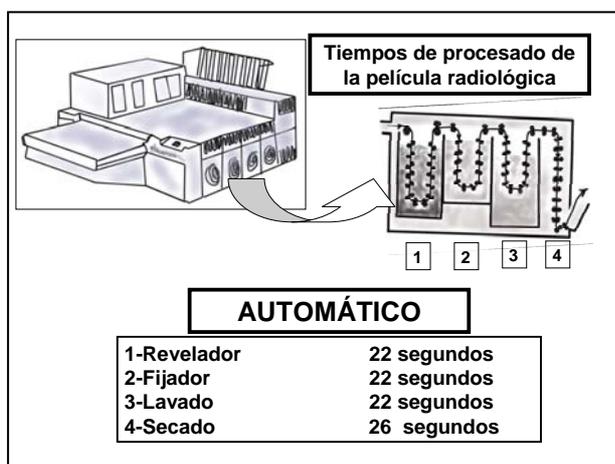


Fig.12.7: Fases y tiempos en Reveladoras automática.

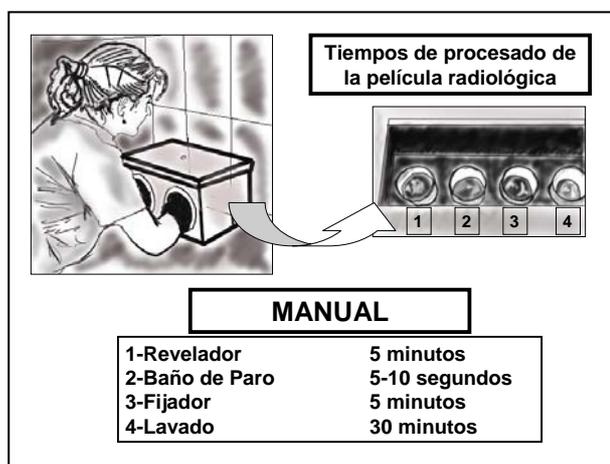


Fig.12.8.: Fases y tiempos en revelado manual.

En términos generales se considera un procesado óptimo cuando:

- se obtienen los valores determinados previamente en la curva característica (sensibilidad, contraste, velo y densidad máxima).
- cuando no se han producido imágenes técnicas indeseables o artefactos en la escala de grises diagnósticas.
- perduran en los archivos con sus características de imagen estables.

Por ello, las medidas que se deben realizar consisten en seguir las condiciones y recomendaciones del fabricante, o de su modificación técnica fundamentada en lo referente a:

- a) Tiempos de procesado.
- b) Sustancias químicas recomendadas.
- c) Temperaturas de la procesadora
- d) Mantenimiento de la procesadora
- e) Control de calidad de la procesadora automática.

a) Tiempos del procesado:

Los tiempos actuales en hacer un recorrido completo automatizado de la película radiográfica, desde su introducción por la bandeja de entrada hasta su salida una vez seca oscilan entre 45 y 210 segundos en las procesadoras automáticas actuales, aunque la mayoría utilizan ciclos de 90 segundos (Fig.12.7). Estos tiempos de transporte están producidos por la velocidad de rotación de los rodillos internos encargados de ir movilizand

líquidos y concentraciones se establecen para que durante esos segundos se obtengan las características sensitométricas previamente fijadas como las más adecuadas.

Aumentar el tiempo (procesadoras de tiempo expandido), permite aumentar la sensibilidad y el contraste de la película radiográfica, sin aumento significativo del velo y reduciendo un 35 % la dosis administrada al paciente; por ello es una técnica que se utiliza en unidades de mamografía que emplean habitualmente película de una sola cara de emulsión fotográfica (emulsión simple), con lo cual se aumenta las posibilidades diagnósticas de la mamografía. Sin embargo, no es una técnica recomendada para las películas de doble emulsión fotográfica, por lo que en radiodiagnóstico general los esfuerzos van destinados a conseguir concentraciones y procesados que disminuyen el tiempo de obtención de la imagen radiológica sin limitar la calidad de la imagen obtenida.

b) Sustancias químicas:

Es indispensable recurrir a las recomendaciones establecidas por los fabricantes, con especial atención a la realización de las concentraciones adecuadas y conociendo que el cambio de marcas o concentraciones pueden producir diferencias significativas en el procesado de la película radiográfica, ya que las concentraciones y elementos químicos de diferentes marcas suelen presentar elementos y concentraciones diferentes. Esta diversidad refuerza la necesidad de utilizar los parámetros de la curva característica para el control del revelado radiográfico.

c) Temperaturas de la procesadora:

Habitualmente la temperatura del líquido revelador debe estar en 34.5 ± 1.1 °C para realizar todo el proceso de reacciones químicas de forma adecuada y constante. Cuando la temperatura es menor (líquidos fríos) la sensibilidad/velocidad/rapidez de la película se reduce y habrá que aumentar la dosis de radiación empleada para conseguir las mismas densidades ópticas. Por el contrario, si la temperatura es más alta (líquidos calientes) aumenta, en principio el contraste y la sensibilidad de la película, pero también lo hace el velo y se alteran más rápidamente las características del revelador.

d) Mantenimiento de la procesadora

La limpieza y el mantenimiento preventivo de las procesadoras automáticas es fundamental. Desde el punto de vista del técnico radiólogo la procesadora ha simplificado enormemente su trabajo, disminuyendo las necesidades de trabajar muchas horas en el cuarto oscuro; sin embargo la limpieza sobre todo de los rodillos de la procesadora en los que se depositan e incrustan diversos tipos de materiales, provocan rasguños y arañazos en la película radiográfica que son uno de los defectos más habituales en las imágenes radiológicas. La limpieza de dichos rodillos depende del grado de utilización de cada procesadora, pero una limpieza semanal sería una actitud suficiente para llegar a eliminar este tipo de defectos.

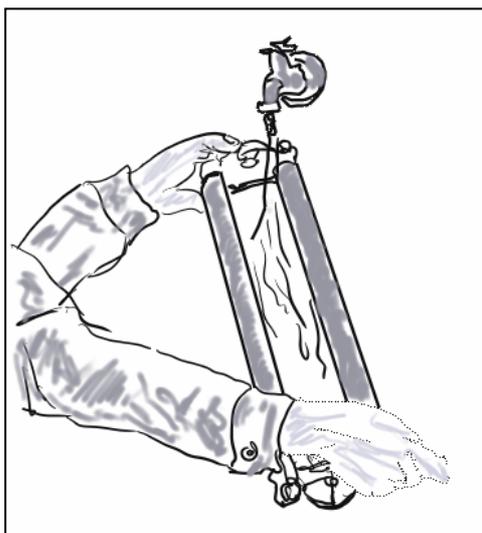


Fig.12.9.: limpieza semanal de los rodillos

e) Control de calidad del procesado automático de la imagen radiológica.

Básicamente se realiza mediante la obtención de la Curva característica de la película radiográfica y de diferentes test de control de calidad que veremos en próximos temas.

Por último cabe destacar que la industria fotográfica consume el 35% de toda la plata utilizada mundialmente, por lo que el interés de recuperar los restos no utilizados o innecesarios es un objetivo medioambiental y económico de enorme interés. Las películas radiográficas son las que emplean mayor cantidad de plata, una película normal lleva 9 gramos de plata por metro cuadrado aproximadamente. Con el procesado de la película esta plata se ha redistribuido tanto en el como ennegrecimiento en la película radiográfica (halogenuros expuestos a radiación ionizante) como en el líquido fijador (granos de halogenuro de plata que no se han expuesto a radiación ionizante), aunque una pequeña parte también se pierde en el agua de lavado. La recuperación de la plata tanto del líquido fijador como de las películas rechazadas o inservibles comporta una recuperación de una gran cantidad de plata, lo que supone una forma de recuperación de ingresos económicos como de preservación del medio ambiente.

12.5. EL CUARTO OSCURO.

El cuarto oscuro ha de ser la estancia más cuidada y limpia de toda la Unidad o servicio de Radiodiagnóstico, en donde se debe dar prioridad a la comodidad y a la seguridad, ya que se ha de trabajar en plena oscuridad o solo con los filtros de luz de seguridad. Por ello, ha de estar siempre libre de trastos y de material que no se utilice con asiduidad. Sin embargo, en la práctica es todo lo contrario, constituyen el almacén en donde se van acumulando todo tipo de cosas innecesarias.

Su situación ha de ser la más céntrica y próxima posible a las salas de exploración con las que se relaciona habitualmente, además de tener un fácil y cómodo acceso, por la cantidad de veces que se va a visitar durante una sesión de trabajo. Es valioso que haya un continuo contacto entre todas las salas radiográficas y el interior del cuarto oscuro, por lo que conviene instalar un sistema de intercomunicación que sirva de enlace entre todas las salas.

La entrada al cuarto oscuro debe hacerse mediante un sistema totalmente hermético al paso de luz y de las radiaciones, como por ejemplo: sistema de acceso antiluz, laberinto con tabiques rebatibles, sistema de dos puertas o de puerta única con avisador luminoso. Todo cuarto oscuro ha de tener, una luz blanca adecuada que posibilite los trabajos que se llevan a cabo de almacenaje o limpieza.

Las emulsiones radiográficas comunes son sensibles a la radiación ultravioleta, a la luz azul y a la luz verde, a esta última tan sólo las películas más recientes, teniendo una sensibilidad muy reducida a los demás colores. Por esto se utiliza comúnmente una luz de seguridad de emisión roja o rojo-anaranjada. Las películas pancromáticas rápidas y las películas de color deben manipularse y procesarse en total oscuridad.

La iluminación de seguridad dentro del cuarto oscuro suele estar compuesta por dos luces, una encima de la mesa de la zona seca y otra encima de la zona húmeda o bandeja de entrada de las películas en las procesadoras automáticas. Deben estar entre 1 y 1,5 m. por encima de las zonas de trabajo; no obstante se manipularán las películas el menor tiempo posible y, sobre todo. Si éstas están ya expuestas, pues es cuando la imagen es más sensible a la formación de velo en sus tonos medios.

Estos filtros están compuestos por una capa de gelatina coloreada que se deposita directamente sobre un lado de una placa de vidrio y se protege con una capa de laca de plástico endurecida. En este caso, hay que cerciorarse de que el filtro esté correctamente orientado en la lámpara de seguridad, para evitar efectos indeseados. Aunque se reúnan todos estos requisitos es conveniente asegurarse de las posibilidades de producir velo que tiene nuestro sistema de iluminación de seguridad haciendo esta sencilla prueba: primero se hace una exposición corta, con pantallas intensificadoras; luego, dentro del cuarto oscuro y con todas las luces de seguridad encendidas, se coge la película y se mete en un sobre opaco; a continuación se irá sacando por tramos sucesivos, manteniendo cada tramo expuesto a la luz de seguridad durante, un cierto período de tiempo (por ejemplo: 240, 180, 120, 60, 30, 15, 0 segundos).

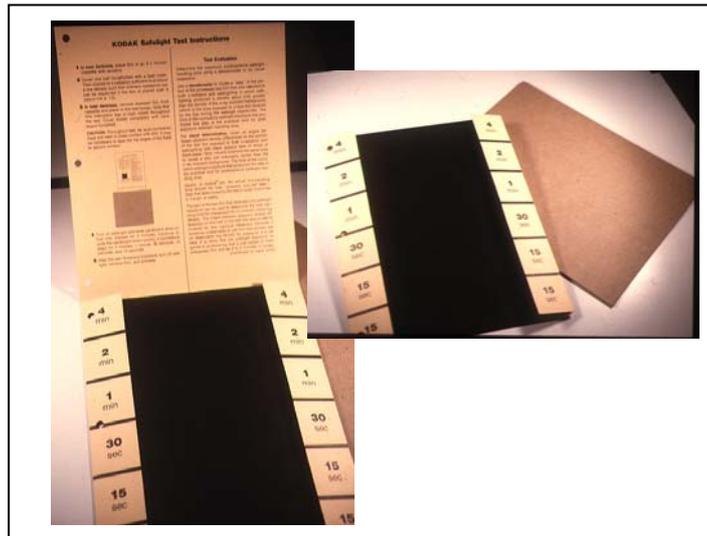


Fig.12.9.: Test de control de luz en la zona de trabajo del cuarto oscuro.

Una vez revelada la película observaremos el ennegrecimiento dispuestos en bandas paralelas producidas por la exposición a las entradas de luz. Si la banda correspondiente a los 40 segundos no presenta velo el sistema de alumbrado de seguridad es adecuado, ya que es el tiempo máximo utilizado en la manipulación de una misma película en el cuarto oscuro. El velo0 determinado en estas condiciones esta producido por:

- a) La distancia de la luz a la película.
- b) La potencia de la lámpara de seguridad utilizada.
- c) La sensibilidad espectral de la película.
- d) El tiempo que la película va a estar expuesta a la luz.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA.

PIZZUTIELLO, R.J. y CULLINAN, J.E. (1999).- *Introducción a la Imagen radiográfica Médica*”. *División Diagnóstico por Imagen*, Kodak, Valencia

GARATE ROJAS, M (1988).- *Fundamentos de la Técnica radiológica*. Agfa-Gevaert-Ancora ediciones médicas, Barcelona

BUSHONG, S. (1998).- *Manual de radiología para técnicos. Física, Biología y Protección Radiológica* (6ªed.). Harcourt & Brace, Madrid.

ALCARAZ BAÑOS, M. (2002).- *Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia, (pp. 21-36).

GONZÁLEZ RICO, J., DELABAT, R, y MUÑOZ, C. (1996). *Tecnología Radiológica*. Paraninfo, Madrid