

168

2000
AGOSTO
17/08
11:23
PLM



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

OBTENCION DE PLATA A PARTIR DEL RECICLADO DE LAS PELICULAS RADIOGRAFICAS DE DESECHO UTILIZADAS EN LA PRACTICA ODONTOLOGICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A

DYLCIA GISELA ORTEGA SANCHEZ

TUTOR: C.D. DANTE SERGIO DIAZ SUAREZ

ASESOR: DCO. FEDERICO HUMBERTO BARCELO SANTANA



MEXICO. D. F.

Dante S. D. S.

281370

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

| | |
|--|----|
| 1. Resumen | 1 |
| 2. Introducción..... | 2 |
| 3. Antecedentes..... | 3 |
| 3.1. Descubrimiento de los Rayos X..... | 3 |
| 3.1.1. Propiedades de los Rayos X..... | 4 |
| 3.2. Película Radiográfica..... | 5 |
| 3.3. Procesado de la Película Radiográfica..... | 8 |
| 3.4. Propiedades de la Película Radiográfica..... | 9 |
| 3.4.1. Películas Intraorales..... | 11 |
| 3.4.2. Películas Extraorales..... | 13 |
| 3.5. Descripción del Procesado Fotográfico..... | 16 |
| 3.5.1. Procesado Blanco y Negro..... | 19 |
| 3.5.2. Desechos Radiográficos..... | 19 |
| 3.5.3. Opciones de Reducción de Desechos..... | 19 |
| 3.5.4. Pasos para la Reducción de Desechos Radiográficos..... | 19 |
| 4. Residuos Peligrosos..... | 21 |
| 4.1. Introducción..... | 21 |
| 4.2. Aspectos Jurídicos..... | 21 |
| 4.2.1. Legislación en México..... | 23 |
| 5. Plata Recurso Renovable y Reciclable..... | 23 |
| 5.1. Recuperación de Plata..... | 25 |
| 5.2. Recuperación de Plata en la Solución Fijadora..... | 27 |
| 5.2.1. Reemplazo Metálico..... | 27 |
| 5.2.2. Recuperación Electrolítica..... | 29 |
| 5.2.3. Precipitación Química..... | 31 |
| 5.2.4. Intercambio de Iones..... | 32 |
| 5.2.5. Osmosis Reversible..... | 32 |
| 6. Polímeros..... | 33 |
| 6.1. Definición..... | 33 |
| 6.2. Clasificación de Polímeros..... | 33 |
| 6.3. Tereftalato de Polietileno (PET)..... | 34 |
| 6.4. Obtención del Tereftalato de Polietileno (PET)..... | 36 |
| 6.5. Características del Tereftalato de Polietileno (PET)..... | 36 |
| 6.6. Propiedades del Tereftalato de Polietileno (PET)..... | 37 |
| 6.7. Propiedades del Mylar y Terilene..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 6.8. Sugerencias para el Reciclado del Tereftalato de Polietileno Mylar y Terilene..... | 40 |
| 6.9. Reciclaje del Tereftalato de Polietileno (PET)..... | 41 |
| 7. Planteamiento del Problema | 43 |
| 8. Justificación..... | 44 |
| 9. Hipótesis..... | 45 |
| 9.1. Hipótesis Nula..... | 45 |
| 10. Objetivo General..... | 46 |
| 10.1. Objetivos Específicos..... | 46 |
| 11. Metodología de la Investigación | 47 |
| 11.1. Variables Independientes..... | 47 |
| 11.2. Variables Dependientes | 47 |
| 12. Materiales y Métodos..... | 48 |
| 13. Métodos de Prueba..... | 49 |
| 13.1. Métodos de Recolección de Datos | 50 |
| 13.2. Desarrollo Experimental..... | 51 |
| 13.3. Resultados..... | 60 |
| 14. Recursos Humanos | 63 |
| 14.1. Recursos Físicos | 63 |
| 14.2. Recursos Materiales | 63 |
| 15. Discusión..... | 64 |
| 16. Conclusión..... | 65 |
| 17. Propuestas | 66 |
| 18. Apéndice | 67 |
| 19. Glosario..... | 68 |
| 20. Bibliografía..... | 74 |
| 21. Anexo..... | 78 |

Gracias a Dios, por brindarme el privilegio de conocer a quienes brindo este fruto de mis años de estudio. Gracias por todo cuanto en mi humilde existencia significa tu divina presencia, Gracias Señor por este tan anhelado día .

A mis Titos que con su cariño, sabiduría, bondad ejemplo de integridad, me han enseñado y guiado para ser una persona con principios morales firmes.

A mi mamuchis, por ayudarme a conocer mis habilidades y enseñarme a no temer equivocarme, si no, aprender de ello; y a su incansable lucha al ser el timón de nuestro barco en altamar.

A mi padre, por enseñarme que no puedo cambiar el pasado,pero, puedo esperar un futuro con inmensurables bendiciones.

A mi hermanito Luis, por ser el torbellino de la familia y mostrarme que el mundo demasiado grande como para que se lo deje inexplorado.

A mi hermano Mayito, por enseñarme que con amor y fé lo imposible es soñar.

A Pebblez mi fiel compañera por permitir apreciar en su compañía la magia de las pequeñas cosas cotidianas de la vida.

A mi Pepino, Gracias por enseñarme que la felicidad no depende de lo que pase a nuestro alrededor, sino, de lo que llevamos en nuestro interior, y teniendo amor lo demás viene por añadidura.

A la Familia Medrano - Gudiño, por adoptarme como su hija, y apoyarme en éste mi último escalón para la culminación de mis sueños.

A la Familia Araiza por apoyarme y mostrarnos que el mañana será mejor , que la primavera se encuentra en camino y que los cielos volverán a ser azules.

A Adriana y Chucho, por ayudarme a creer que Dios nos quita lo que parece ser bueno para nosotros, con el objeto de darnos lo mejor.

A Tania y Enrique, por ayudarme a mantener viva esa niña que llevo dentro.

Al Dr. Barceló y a Dante, por transmitirme su sabiduría, y enseñarme que lo que más nos cuesta, es lo que se disfruta más.

Gracias Roro por ayudarme a terminar mi obra de arte y enseñarme todo sobre la tecnología.

A todas las persona que a lo largo de estos años han colaborado de una u otra forma a la realización de mis sueños.

1. RESUMEN

En la actualidad, el tema de reciclado de Productos de desecho originados de las diferentes actividades que el hombre realiza esta en voga, sin olvidar la obtención de materia prima y recuperación de recursos no renovables, resulta de vital importancia el mantenimiento del Equilibrio Ecológico.

Siendo así, que el Cirujano Dentista, no podía quedar excluido en la participación de la protección ambiental, pues el uso cotidiano de las películas radiográficas lo convierten en un generador de desechos, clasificados como peligrosos.

La presente investigación, se realizó para recuperar la plata contenida en las películas radiográficas de desecho, utilizadas en la práctica odontológica, así como el reciclado de la base la película, Tereftalato de Polietileno.(PET)

El primer paso fue la eliminación de la emulsión de la base de la película radiográfica con hipoclorito; posteriormente se llevaron a cabo diferentes métodos de recuperación de plata:

- Electrólisis.- La que no se pudo efectuar debido a la poca cantidad de plata contenida en la solución resultante.
- Filtrado.- El cual es el más recomendable por ser sencillo, económico y sin perjuicios aparentes para la salud.
- Evaporación.- No recomendable, debido a que es perjudicial para la salud y equilibrio del ecosistema pues el desprendimiento de gases tóxicos y la necesidad de control de la temperatura de evaporación.
- Fundición.- Este fue el método necesario para la obtención de plata sólida.

Concluyendo así que la recuperación de plata de las películas radiográficas de desecho es mínima pero necesaria abriéndose la posibilidad de reciclar la base de la película radiográfica (Tereftalato de Polietileno) vendiéndose está a empresas especializadas en la recuperación de este material.

Contribuyendo finalmente, con el mantenimiento del Equilibrio del Ecosistema, para el futuro de las próximas generaciones, siendo una razón imperante para el seguimiento de esta investigación.

2. INTRODUCCIÓN

El Cirujano Dentista emplea materiales que una vez utilizados resultan contaminantes (material punzo cortante, películas radiográficas, etc.), aunque los desechos radiológicos dentales constituyen sólo uno de los peligros potenciales, tiene importancia eliminarlos en forma adecuada, pues de lo contrario ocasiona problemas serios al medio ambiente. Para evitarlo muchos países han promulgado leyes que regulan la eliminación de residuos peligrosos. Estas leyes derivan con frecuencia del Acta Federal de Estados Unidos Resource Conservation and Recovery de 1976; así como el nacimiento de la ciencia del medio ambiente: que es la interacción entre el ambiente y el hombre.

Para tener una participación activa, los profesionales necesitamos de conocimientos: químicos, físicos y biológicos, que explican dichos procesos. (1,2)

En el campo de las ciencias de la salud, para establecer diagnósticos exactos, se cuenta con el apoyo de diferentes elementos auxiliares como las radiografías.

En Odontología las películas radiográficas se emplean de manera habitual, para la evaluación de los elementos anatómicos duros y blandos, una vez que han dejado de tener utilidad son desechadas sin ningún tratamiento en la Facultad de Odontología.

La presente investigación, tiene por objeto la obtención de la plata a partir del reciclado de las películas dentales de desecho utilizadas en las diferentes Clínicas de la Facultad de Odontología, disminuyendo la **contaminación**.

3. ANTECEDENTES

En 1895, Röntgen, trabajando con un tubo de **rayos catódicos**, observó que si colocaba una pantalla recubierta de platinocianuro de bario a una distancia del tubo, aparecía un efecto de **fluorescencia**; que ello era debido a una radiación procedente de las paredes del tubo, que como se desconocía su naturaleza se convino en denominar **Rayos X** (en honor a su descubridor llamados así mismo Rayos Röntgen).

Un haz de fotones de rayos X que atraviesa un objeto pierde intensidad (es atenuado) mediante absorción y dispersión de los fotones del haz primario. El patrón de los fotones que salen del objeto (los que no interaccionan con átomos del objeto) contiene información sobre la estructura y la composición del material absorbente. Para que esa información tenga utilidad diagnóstica debe ser registrada por el receptor de la imagen usado con más frecuencia en **Radiología** Dental es la película de rayos X. (3)

3.1. Descubrimiento de los Rayos X

Los Rayos X son radiaciones electromagnéticas, que transportan energía a través del espacio en forma de ondas viaja a la velocidad de la luz (3.00×10^8) en el vacío, la longitud de onda y el nivel de energía determina las propiedades individuales de cada radiación, los que tienen longitud de onda corta se pueden ionizar. Debido a la velocidad de las radiaciones electromagnéticas la relación entre **longitud de onda** y frecuencia se conoce como $C = T \times v$, donde C es la velocidad de la luz (m/seg), T longitud de onda(m), v frecuencia por segundo. Puesto que la velocidad es constante, la T de los rayos X esta entre 1 a 0.1 A (1 amstrong = 10^{-10} m). Un **electrón** libre, animado de gran velocidad, choca de un átomo pesado, con otro electrón satélite, haciéndolo pasar de una a otra de las órbitas profundas del átomo, se produce un desequilibrio energético dentro de él provocando ya sea, desaceleración o alto total del electrón que se manifiesta exteriormente como **energía cinética**. (4)

Los Rayos X fueron producidos por: (2)

Morgan en 1785.

Plucker en 1850.

Gerssler en 1860.

Hittorf en 1869.

Lenard en 1892.

Los investigadores observaron, que cuando un **fotón** interacciona con un átomo éste es llevado a un desequilibrio eléctrico. La energía de los fotones hace salir a uno o más electrones de sus órbitas. El electrón dispersado aunado al átomo inestable forma iones. Este proceso se llama **ionización**, siendo descubiertos por Roetgen en 1895. (5)

2.1.1. Propiedades de los Rayos X:

1. – Atravesar los cuerpos.
2. – Atacan las sales de plata (haluros) componente esencial de la radiografía.
3. – No son visibles.
4. – Excitan la fluorescencia de determinadas sustancias: base de la radioscopia.
5. – Capacidad de ionizar átomos o moléculas.
6. – Su absorción por los medios biológicos ocasiona modificaciones celulares: **irritabilidad**, inhibición o destrucción, según las dosis terapéuticas.
7. – Capacidad de penetración. (4,3)

Producen un efecto fotoquímico, ya sea síntesis, descomposición, **hidrólisis**, reducción, oxidación y cambios isoméricos; aún en el material “ Los especialistas en genética coinciden que incluso la más ligera exposición gonádica tendrá algún efecto en las generaciones futuras”. (OMS) (4). **Röntgen** Internacional (R) es una unidad de exposición que corresponde a la cantidad de radiación usada tanto en rayos X como en rayos gamma, de liberación por ionización de 0.001293 g. Equivalen a la masa de 1cm² de aire seco a 0° C y a 760 mm de presión. (6)

3.2. Película Radiográfica

ESTRUCTURA:

Como soporte de las capas para películas radiográficas se emplea hoy poliéster (tereftalato de polietileno) de 0.2mm de espesor, transparente y, a menudo coloreado con tinte azul.

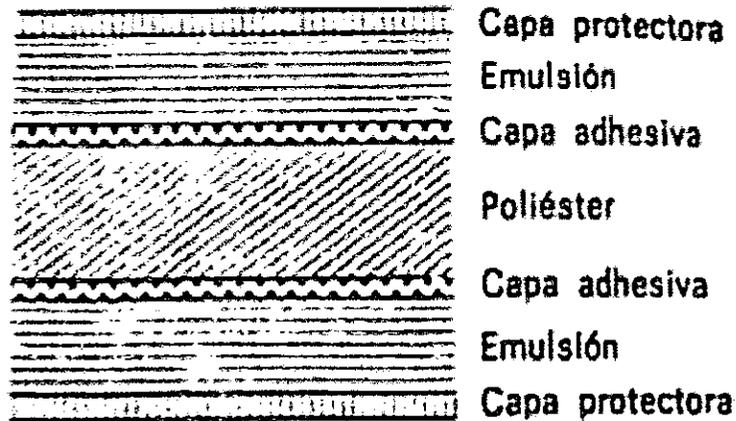
El tereftalato de polietileno es derivado del petróleo crudo, descubierto por J.T.Dickson y J.R.Whinfield en 1941. (3,7)

Sobre éste material de soporte se coloca por ambos lados plástico y gelatina formando una capa extremadamente delgada que asegura la adhesión de la emulsión sensible a la luz sobre el material de soporte. Estas capas de **emulsión** son altamente sensibles, de grano grueso y ricas en **contraste**; contienen principalmente más gelatina y haluros de plata. En las películas dentales que se utilizan sin hojas o pantallas de refuerzo, el contenido en plata es significativamente más alto para mejorar la absorción de los rayos. (3,9)

La visualización óptima del detalle diagnóstico se obtiene cuando la base de la película posee un tinte ligeramente azulado.;la base será capaz de soportar el contacto con las soluciones de revelado sin distorsionarse. (10)

Puesto que, al atravesar la capa de emulsión, es relativamente poca la energía que se hace fotoquímicamente activa; las películas muy sensibles son emulsionadas, esto es, cubierta por una capa por ambos lados, con la que se logra doblar el oscurecimiento logrado. Tales películas contienen 25 mg. de plata (Ag/cm^2), mientras que las películas normales contienen 11 mg de plata (Ag/cm^2). Sobre esta capa sensible a la luz se sitúa una capa protectora de gelatina muy endurecida.

La película consta de siete capas como se observa en la siguiente figura.



(Fig. 1) Estructura esquemática de una placa radiográfica. (2)

Composición: La película esta compuesta por dos elementos principales:

A) Emulsión: Esta a su vez esta compuesta por:

- Cristales de haluro de plata (fotocristales).
- Matriz gelatinosa (en la que están suspendidos los cristales).

Granos de haluro de plata:

- Bromuro de plata (en su mayoría)
- Yoduro de plata (menor cantidad).

La presencia de yoduro de plata aumenta mucho la sensibilidad de la emulsión, ya que los cristales de yoduro tienen un diámetro mayor que los bromuros de *plata* y eso reduce la dosis de radiación necesaria para obtener una imagen diagnóstica adecuada.

La **fotosensibilidad** de los cristales de haluro de plata, están suspendidos en la matriz de gelatina que se aplica a ambos lados de la base de soporte, la gelatina obtenida de hueso de vaca, nos ayuda a mantener uniformidad de los granos de plata. Durante el procesamiento de la película, la gelatina absorbe las soluciones de revelado lo que permite que las sustancias químicas entren en contacto con los granos de haluro de plata y reaccionen con ellos. (3,11)

Debido a que la película radiográfica es un objeto de manipulación considerable durante el procesamiento, se aplica un tapizado sobre la superficie de la emulsión que actúa como barrera protectora siendo una capa adicional de gelatina, añadida como supertapizada a la emulsión de la película. Protegiendo así a la película de cualquier arañazo, contaminación y presión de rodillo, si es procesada automáticamente. (4,3)

| PLATA (mg/cm ²) | BROMURO (mg/cm ²) | YODURO (mg/cm ²) | GELATINA (mg/cm ²) | SUPERTAPIZADO DE GEL (mg/cm ²) |
|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1.02 | 0.74 | 0.02 | 0.56 | 0.16 |
| 1.14 | 0.83 | 0.02 | 0.66 | 0.16 |

(tabla 1) La composición de una película comercial es Kodak (3)

Las emulsiones de las películas son esencialmente sensibles a los fotones de rayos X o de luz visible. La película destinada a ser expuesta por rayos X se conoce como película de *exposición directa*; como las intraorales.

Las películas de pantalla destinadas a ser utilizadas en combinación con pantallas intensificadoras que emiten luz visible, responsable de la mayor parte de exposición en este tipo de películas. (10)

B) Base:

La función de la base de la película es soportar la emulsión de gelatina y granos de haluro de plata sensibles a la luz. La película debe poseer flexibilidad apropiada para una manipulación sencilla. Tiene que ser uniformemente translúcida para no producir sombras en la radiografía resultante.

3.3. Procesado de las Películas Radiográficas

La película radiográfica es nuestro medio de registro, cuando el haz de fotones que sale de un objeto expone una película de rayos X, induce cambios químicos en los cristales de haluro de plata fotosensibles, presentes en la emulsión de la película, con los que interacciona. Esos cristales constituyen la *imagen latente* implica que los cambios químicos producidos por los rayos X convierten los cristales alterados en sensibles a la acción química del proceso de revelado, que transformará la imagen latente en imagen visible.

Revelador

Hace visible las imágenes latentes producidas en la emulsión de la película por la exposición a la radiación. El revelador contiene agentes reductores que químicamente reducen el bromuro de plata expuesto, a plata metálica de color negro, eliminando el bromuro.

Las partes de la película que no se han oscurecido por un objeto durante la exposición, aparecen oscuras, por el número máximo de partículas de plata depositadas. (9,11)

Las partículas de plata no expuestas serán eliminadas por la solución fijadora, dejando zonas transparentes o claras. (9,11)

La solución reveladora esta formada por:

- Hidroquinona: Es la que aporta el contraste a la imagen.
- Bromuro de potasio: Es el frenador.
- Sulfito de sodio es conservador de la solución reveladora protegiéndola de la oxidación.
- Carbonato de sodio: Es el activador y ablanda la gelatina.
- Agua: Es el solvente. (3)

Fijador

Elimina el bromuro de los cristales expuestos, (de bromuro de plata) sin que afecte en forma sustancial a los cristales no expuestos. El bromuro de plata no revelado, proporciona un aspecto denso, opalescente, si se expone a la luz se oscurecerá. El tiosulfato de sodio elimina el bromuro de plata sin afectar la película. (2,9)

Composición:

- Hiposulfito de sodio: Es el agente fijador y solvente para el bromuro de plata no revelado.
- Ácido acético: Neutraliza el revelador en la película.
- Sulfito de sodio: Actúa como preservativo.
- Alumbre de potasio: Endurece la gelatina en la emulsión de la película.
- Agua: Solvente.

El procesado manual se realiza en recipientes de PVC, acero o loza. Las películas se fijan en soporte y se mueven con las manos. El secado se hace al aire o en armarios secadores adecuados.

El procesado tiene lugar en cuatro etapas: Tiene que estar a una temperatura de 20° C cada baño, el revelado (con un pH 10.5) tiene una duración de 4 minutos, después se procede al lavado intermedio con agua durante 15 segundos, para eliminar la emulsión de los restos de revelador, se fija la película (el fijador tiene un pH de 5). La velocidad del fijador esta determinado por el tipo de película, la concentración, la temperatura y el movimiento durante 10 minutos, después se lava por 20 segundos en agua de la llave. (3,4)

3.4 Propiedades de las Películas Radiográficas

Las podemos dividir en tres grupos:

Propiedades sensitométricas: Depende en general de la sensibilidad, de la degradación y formación del velado de las películas.

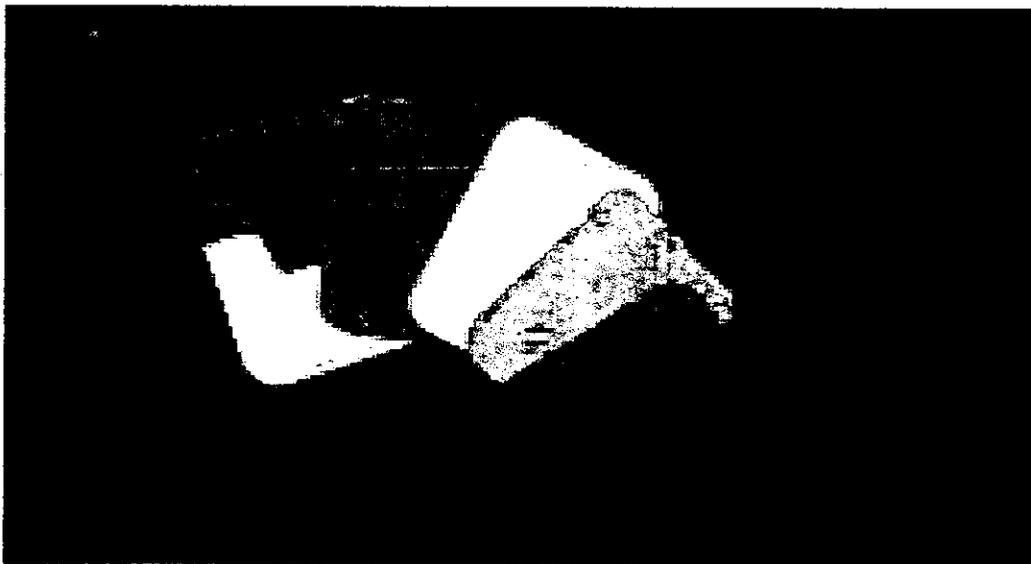
Propiedades que influyen en la definición de la imagen, la granulación del grano, y poder de resolución (borrosidad de la película).

Propiedades fisicomecánicas generales: Naturaleza de la superficie, esponjosidad en las soluciones de procesado y capacidad de procesado. (4,10)

Las películas con una sola capa de emulsión proporcionan imágenes más nítidas y se suele emplear cuando no importa la exposición. Ej. en aplicaciones industriales o para película duplicadora radiográfica. La aplicación actual de esta película, llamada de exposición directa es para uso intraoral donde sólo se exponen áreas pequeñas y necesita de resolución alta.

En la esquina de cada placa, se encuentra un pequeño punto elevado que se usa para orientar la película de este lado, dirige hacia el tubo de rayos X, y el lado que tiene la depresión, hacia la lengua. Al revelar la película nos mostrará de que lado es la película, derecho o izquierdo. (3,4,2)

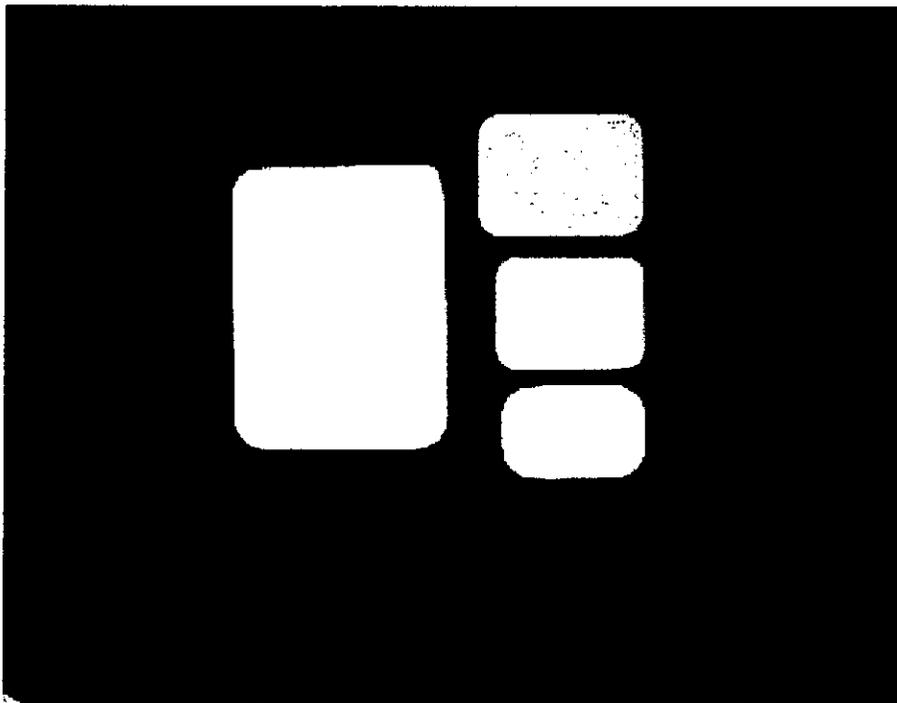
La película esta envasada como una lámina sencilla o doble en cada paquete. Cuando se usa paquetes con doble película, la segunda sirve como duplicado. La película se encuentra dentro de una envoltura de papel negro protectora y otra envoltura externa de plástico o papel blanco que debe ser resistente a la humedad. La envoltura exterior indica con claridad el lado de la película que debe dirigirse al tubo de rayos X. Entre las envolturas se incluye una hoja de plomo fina., esa capa se encuentra en el paquete sobre el lado posterior de la película (el más alejado del tubo), para proteger la película frente a la radiación retrodispersa (secundaria) que causaría niebla en la imagen.



(Fig. 2) Estuche de película radiográfica abierto. (3)

3.4.1 Películas Intraorales

La película intraoral se fabrica en varios tamaños para facilitar las distintas aplicaciones clínicas. Estas películas no difieren en cuanto a características intrínsecas, sino sólo en tamaño y el uso clínico. (10)



(Fig. 3) *Tamaños de la película radiográfica. Izquierda película para radiografía de Oclusión; arriba a la derecha, película para radiografía posterior en sujeto adulto; derecha centro, película para radiografía anterior en sujeto adulto; derecha abajo, película tamaño pediátrico (con envoltura de plástico).* (3)

Placa Periapical

Se usa para radiografiar coronas, raíces y las regiones periapicales de los dientes. Esta se presenta en tres tamaños: (2)

- * 0 para niños pequeños (22 x 35) mm).
- * 1 tamaño relativamente estrecho, se usa para proyecciones anteriores (24 x 40 mm).
- * 2 tamaño estándar empleado para los adultos (32 x 41 mm).

Placa de Mordida (Interproximal)

Se usa para radiografiar las porciones coronarias de los dientes superiores e inferiores en una imagen. Útil para detectar caries interproximales, crestas alveolares (en problemas parodontales) se usan: (2)

- * 0 niños (1 años a 5 años)
- * 1 niños (5 años en adelante)
- * 2 en adultos

Placa de Oclusión

Esta es aproximadamente cuatro veces mayor al tamaño 2 (mide de 57 x 76 mm). Se usa para visualizar áreas más grandes del maxilar superior o inferior, que no puede verse en una sola placa periapical. Su nombre se debe a que para colocarse se le pide al paciente que muerda un poco la radiografía, para sostenerla entre las superficies oclusales dentales. (3)

3.4.2 Películas Extraorales

Película de Pantalla. –

Las proyecciones extraorales usadas con más frecuencia en odontología son: panorámica, cráneo y cefalométrica. Tienen la emulsión más ligera que la anterior y son de procesado rápido.

(4)

Existen dos tipos:

Película sin Filtro.-

La emulsión es mucho más sensible a los rayos x, que a la luz, pueden tener doble emulsión volviéndola más veloz, menor exposición.

Película con Filtro. –

Su emulsión es sensible a la luz visible y específicamente a la luz azul del espectro de la luz visible, que es producida por la mayoría de los filtros. (8) Los tamaños más comunes en odontología son

13 x 18, 20 x 25 y 24 x 30 cm. (10)

Las películas con filtro se usan entre pantallas fluorescentes, las que están formadas por pequeños cristales de tungsteno cálcico u otros cristales de fósforo mantenidos juntos en una capa sobre una base firme.

Al chocar con estos cristales, los rayos X crean una luz azul que a su vez expone a la película con filtro, las pantallas se clasifican en:

1. Pantallas lentas o de detalle.
2. Pantallas medianas o velocidad media.
3. Pantallas de velocidad elevada o rápidas.

Los cristales de la emulsión son imperfectos:

En primer lugar

Contienen unos pocos iones de plata libre en los espacios situados entre las posiciones de la red cristalina. Se conocen como iones de plata intersticiales.

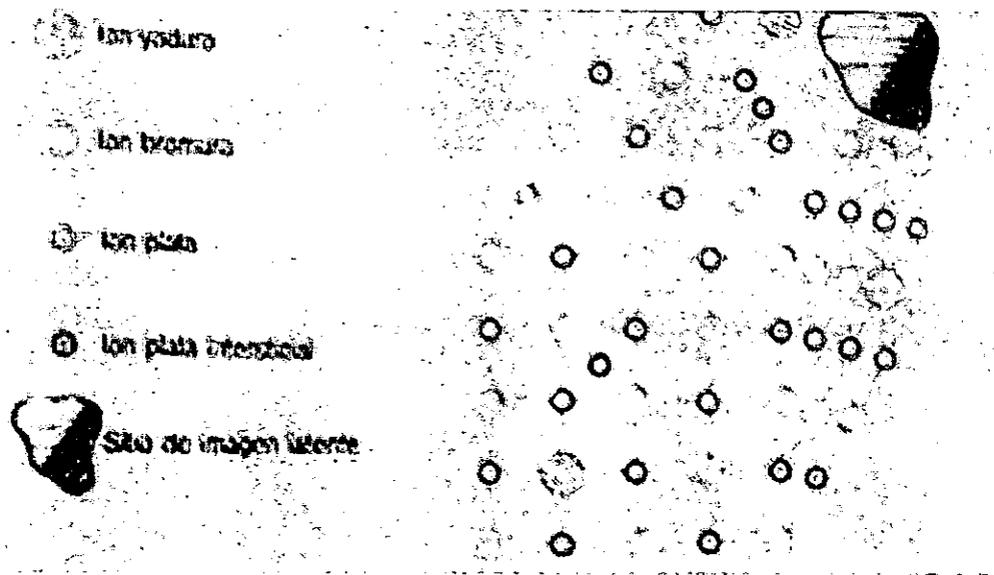
En segundo lugar

Existen distorsiones físicas en la disposición regular de los iones de plata y bromuro dentro de los cristales, causados por la presencia de átomos de yodo relativamente grandes que ocupan algunos de los lugares de bromuro.

En tercer lugar

Los cristales de haluro de plata son químicamente sensibilizados por la presencia de compuestos de azufre (añadidos) unidos a su superficie. Los compuestos de azufre no son una imperfección de la película, sino que interpretan un papel crítico en la formación de la imagen.

Junto con las irregularidades físicas en los cristales producidos por los iones yoduro, comprenden los sitios de imagen latente. Ellos inician el proceso de formación de la imagen al atrapar los electrones generados cuando es irradiada la emulsión. En cada cristal existen muchos de tales sitios de imagen latente. (3)



(Fig. 4) Un cristal de bromuro de plata en la emulsión de una película de rayos X contiene sobre todo iones plata y iones bromuro, con pequeñas cantidades de iones yoduro en una red cristalina. También existen iones de plata intersticiales libres y vestigios de sustancias químicas, que actúan como sitios de imagen latente. (3)

3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESADO FOTOGRÁFICO

El procesado de las películas fotográficas y papel, requieren, el uso de numerosos químicos, para el desarrollo y producción de lo que es finalmente, una buena fotografía.

El procesado fotográfico es dominado por las películas a colores, impresiones y diapositivas, y el 10% del mercado de procesado de blanco y negro.

Puesto que el procesado a color usualmente representa una producción de gran volumen, esto usualmente genera una larga corriente de desechos. El incremento en el mercado a colores lo da los mini- laboratorios, los cuales son máquinas instantáneas que ocupan poco espacio. Estas máquinas son usadas popularmente en los centros de desarrollo. El volumen de desechos de las máquinas instantáneas en los centros comerciales están siendo reducidos satisfactoriamente. (12,13)

3.5.1. PROCESADO BLANCO Y NEGRO

El Procesado blanco y negro tiene un grado medio de fotosensibilidad, siendo una **emulsión** compuesta por una fina capa, dispersa de cristales de haluro de plata, en la matriz de una gelatina, esta emulsión es aplicada en una capa aproximadamente de 1/1000 de una pulgada gruesa sobre el material de soporte, además del papel o película de plástico. Una breve exposición para pequeñas cantidades de luz produce un cambio químico en los cristales de haluro de plata expuestos, se convierten en plata metálica más rápido que los cristales no expuestos. (12,14,15)

Al enfocar la luz, a través de la cámara, el patrón de los cristales corresponde a la imagen de la cual la luz es reflejada. En este punto, los cristales de haluro de plata expuestos están en periodo de revelado. Cuando la película es inmersa subsecuentemente en la solución desarrollada, como solución **alcalina** reductora de agentes orgánicos, los cristales de haluro de plata expuestos son reducidos a plata metálica. (12,14,15)

La plata oscura produce una imagen negativa. Los agentes reveladores comúnmente usados son el metol (p-metilanofenol sulfato) y la hidroquinona (p-dihidroxibenceno) ó 1,4dihidroxibenceno. (12,14,15)

La química del revelador es extremadamente compleja, por Ej. la hidroquinona y el sulfito son componentes comunes del revelador (sulfito de sodio es uno de los mejores conservadores) es **oxidado** por un radical de semi-quinona, y esos reactivos con el sulfito mono y disulfonato

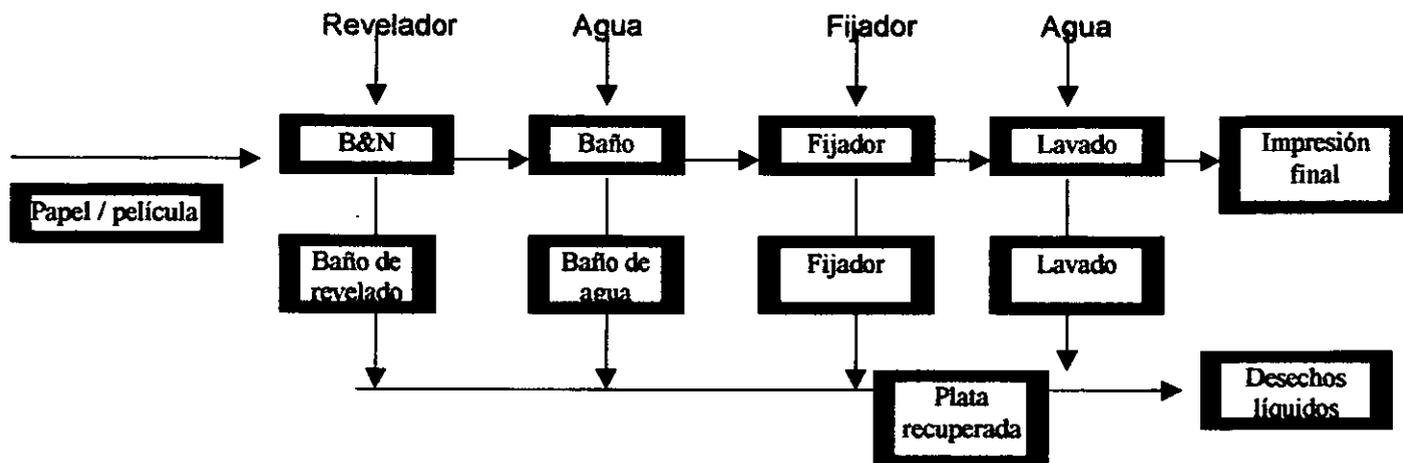
Esa reacción de estos productos aislados con la quinona, sulfato de sodio (Na_2SO_4), y algunos otros componentes asociados con otros ingredientes, metol, carbonato de sodio y bromuro de potasio. (12,14,15)

En el baño de revelador guardamos los cristales de haluro de plata no expuestos, que pueden ser convertidos en plata metálica, por la solución reveladora. Para prevenir esto, la acción, del revelador es detenida por la transferencia de la película de baño lento.

El baño lento, es una solución de ácido baja (usualmente ácido acético), la cual neutraliza cualquier resto alcalino de revelador sobre la superficie de la película o en la capa húmeda de gelatina.

Siguiendo el baño, la película es sumergida en el fijador que solubiliza y remueve los restos no revelados de las sales de plata, interpretando la imagen permanente en la película. (12,14,15,16)

La solución fijadora, adherida a la película puede ser removida en el paso final al enjuagarla. La película, ahora, contiene una imagen negativa de escena que tomamos con la cámara. La impresión positiva es preparada por la exposición de una capa de papel fotosensible a la luz del foco, pasando la imagen a través del negativo de la película.



(Fig. 5) El papel es procesado a través de una operación similar (revelador, agua, fijador y enjuague con agua).

(12,14,15,16)

A mayor cantidad de películas procesadas, la concentración de varios productos, que reaccionaron gradualmente, son vertidos en el revelador. Los iones de plata y bromuro removidos del revelador se acumulan en la solución fijadora, en el agua son gradualmente neutralizados.

En este punto, la **solución** no se puede volver a usar así que se descarta; el enjuague final es usualmente dado con agua de la llave.

Esto resultará una pequeña cantidad de plata y los otros componentes del fijador pueden ser desechados al enjuagarse con agua. El procesado de los negativos blanco y negro requieren dos pasos de revelado con un paso intermedio de blanqueamiento.

La solución blanqueadora para el procesado contiene dicromato de sodio, el blanqueador usado es un desecho peligroso por el contenido de cromo. (12,14)

3.5.2. DESECHOS RADIOGRÁFICOS

En el campo odontológico, las radiografías son de uso habitual, lo cual genera una cantidad importante de desechos colocándolos como desechos peligrosos; que es aquel que al menos, presenta una de las siguientes características: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-infeccioso. (CRETIB) (23,17,18,19)

3.5.3. OPCIONES DE REDUCCIÓN DE DESECHOS PARA FOTOPROCESADOS

Existen diversos métodos de reducción de desechos de fotoprocésado. Los podremos clasificar de acuerdo al foco de reducción y reciclado o investigaciones a realizar. Actualmente a las compañías encargadas de esto se les ha brindado una continua educación a cerca de la reducción de los desechos así como la prevención.

3.5.4. PASOS PARA LA REDUCCIÓN DE DESECHOS RADIOGRÁFICOS

Los siguientes pasos prácticos son aplicados para todos los tamaños de foto procesado, para reducir los desechos. Esto no requiere de mucha inversión y pueden ser probados en múltiples negocios.

- Inventarios de los químicos de procesado usados después de la fecha de **expiración**.
- Utilizar la cantidad necesaria de las soluciones de procesado de acuerdo al procesado real.
- Usar tapaderas flotantes o bolas con tanques de solución reveladora para prevenir su oxidación así como su **evaporación**.
- Improvisar un control de calidad para todos los procesos previniendo así la emisión innecesaria.

Los rodillos de goma pueden ser usados en el sistema manual como automático, para limpiar el exceso de líquido del papel de la película, reduciendo químicos transportados de un baño a otro por un 75% o más. (12)

El material de sustitución del proceso químico, por un material alternativo, que reduzca la cantidad de desechos o disminuya los peligros para la sociedad. Oportunidades de este tipo de reducción de los desechos de foto-procesado son limitadas, hasta más caras, de baja calidad o de efectos indeseables.

Las fábricas de químicos fotográficos pueden sustituir los reveladores con nuevos procesos, los cuales disminuiría la cantidad y toxicidad de desecho por ejemplo, el ferricianida puede ser reemplazado por el EDTA (Ácido etilendiaminetetracético) complejo, resultando menos tóxico (20).

A continuación una tabla con los principales desechos y métodos para reducirlos:

| DESECHOS LÍQUIDOS | MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE DESECHO |
|-------------------|---------------------------------|
| Desechos líquidos | Usar ventanilla para enjuague |
| | Usar tuberías de vidrio en lab. |
| | Regenerar blanqueador |
| Químicos | sitios fríos y oscuros |
| | Papel a T ° fría |
| Expirados | Recuperar la plata |
| Desechos sólidos | Reciclar cartuchos y carretes |
| | Usar cepillos en tanques |
| Emisión de aire | |

(Tabla 2) Tipo de desechos y métodos para reducirlos (21)

4. RESIDUOS PELIGROSOS

4.1. Introducción

El tema de los **residuos peligrosos**, su minimización y control, es algo creciente importante a la luz de las necesidades concurrentes de protección ambiental y competitividad. (24)

De hecho, abordar la problemática de residuos peligrosos significa examinar a fondo procesos, productos, tecnologías, insumos, diseño y administración de calidad en las empresas como en instituciones de salud. Para esto se presentan salidas intermedias en forma de residuos, que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas o inflamables y biológico-infecciosas (CRETIB). Estos están incluidos en la clasificación de residuos peligrosos. (24)

Las principales operaciones unitarias que utiliza la industria para procesar sus insumos, como un enfoque que permite entenderla lógica de generación de residuos de manera integrada a los procesos industriales. (24)

Para cada operación, como puede ser la **centrifugación**, **condensación**, **decapado**, **crystalización**, etc., se determinan sus mecanismos básicos y los residuos que generan, clasificándolos en aguas de proceso, arenas, tierras, polvos, breas, cabezas, colas, carbón activado, **catalizadores** gastados, disolventes, efluentes tratados, envases y empaques, escorias, líquidos residuales, soluciones gastadas, lubricantes gastados, residuos de proceso.

El diagnóstico se integra por los inventarios de generación de residuos, además de que este un análisis de las condiciones institucionales que hacen que el manejo de residuos peligrosos en México sea sumamente limitado.

Entre ellos se enumeran: una opinión pública desinformada, normatividad incompleta, inspección y vigilancia insuficientes, altos costos en la concertación entre la industria y las tres instancias de gobierno, falta de incentivos para la reducción y el manejo adecuado de residuos industriales, incertidumbre social y falta de información. (24)

Las repercusiones ambientales y el daño que los residuos peligrosos pueden causar: impactos ecológicos en *ecosistemas* y recursos hídricos, riesgos de salud ambiental y por accidentes o *contingencias*.

El estudio de estos efectos analiza algunos de los procesos naturales más relevantes en el movimiento de sustancias tóxicas y de residuos peligrosos en el ambiente, como son la *lixiviación*, *absorción - desorción*, *volatilización* y *bioacumulación*. (24)

Como punto de partida para el establecimiento de estrategias realistas, se revisan los obstáculos a la implantación de medidas de minimización de residuos industriales en empresas, como son aspectos culturales y organizativos, inercias al cambio, una regulación inadecuada y limitaciones económicas. (24)

4.2. Aspectos Jurídicos

El marco jurídico, que define las regulaciones en materia de residuos peligrosos, está señalado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (L.G.E.E.P.A.), que entró en vigor marzo 1988, así como el Reglamento Federal para el Control de los Materiales y Residuos Peligrosos, y varias normas técnicas ecológicas. (25,26)

Con el fin de desarrollar medidas específicas para el control y solución de los materiales y residuos peligrosos se lleva a cabo una relación de los materiales y residuos peligrosos producidos, su volumen y su posible peligrosidad.

Para esto se debe conocer la definición de material y residuo peligroso. (25,26)

MATERIAL PELIGROSO Es aquel que por sus características físicas y fisicoquímicas antes de ser utilizadas y durante su proceso y uso, ya sea en la industria, en los laboratorios, etc., presentan un riesgo para la salud de los seres vivos y el equilibrio ecológico, no obstante que si son manejados adversamente podemos atenuar su peligrosidad. (20,1)

RESIDUO O DESECHO PELIGROSO es todo aquello cuyo estado físico y que por sus características; corrosivas, explosivas, tóxicas, venenosas, inflamables, biológico infecciosas o irritantes presentan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente

(L.G.E.E.P.A.), también lo definiremos como aquello cuyo generador; ya no lo considera reutilizable y que en ocasiones es almacenado en espera de poder obtener un beneficio económico más adelante, o bien que desecha o intenta deshacerse de él, de una manera eficiente. (20,1)

Los residuos peligrosos comprenden:

1. Los residuos aislados, mezclados o en solución pueden presentarse en estado sólido, líquido o en forma de lodo y son generados como "subproductos del proceso".
2. Los residuos resultantes de "operaciones unitarias".
3. Los residuos que se generan del almacenamiento, transporte, confinamiento o tratamiento final de los residuos anteriores.
4. Todos aquellos materiales con la característica de que sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas representan un peligro para la salud humana y los ecosistemas.
5. En muchos casos, podrían también convertirse en residuos peligrosos, las materias primas que *caduquen* o se deterioren durante el tiempo de su *almacenamiento*, comercialización y envío, los que se dejan de usar.
6. Los residuos que son generados en las actividades que se desarrollan; en las actividades públicas o dentro de los hogares. (20)

4.2.1. Legislación en México

En 1971, se publicó el Diario Oficial de la Federación, la Ley Federal de Prevención y Control de la contaminación, estableciendo los procedimientos necesarios para aplicarse a los residuos peligrosos. Dentro de las actividades a realizar, se pretende ejercer control sobre la generación, transporte, industrialización y confinamiento de los residuos por lo cual se publica en el Diario Oficial de la Federación, el 25 de Noviembre de 1988, el Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos. Emitida el 28 de Enero de 1988. (20,26)

NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

| CLAVE | REGULACIÓN | FECHA DE PUBLICACIÓN |
|-----------------|--|----------------------|
| NOM-052-ECOL-93 | Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. | 22-Oct-93 |
| NOM-063-ECOL-93 | Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción de metales pesados de los residuos peligrosos, para determinar su toxicidad al ambiente. | 22-Oct-93 |
| NOM-064-ECOL-93 | Establece el procedimiento para determinar la toxicidad de la extracción de metales pesados para los residuos peligrosos, de conformidad con la Norma NOM-063-ECOL-93. | 22-Oct-93 |
| NOM-065-ECOL-93 | Establece los requisitos que deben cumplirse para dar cumplimiento al procedimiento de extracción de metales pesados de los residuos peligrosos. | 22-Oct-93 |
| NOM-066-ECOL-93 | Establece los requisitos que deben cumplirse para dar cumplimiento al procedimiento de extracción de metales pesados de los residuos peligrosos. | 22-Oct-93 |
| NOM-067-ECOL-93 | Establece los requisitos que deben cumplirse para dar cumplimiento al procedimiento de extracción de metales pesados de los residuos peligrosos. | 22-Oct-93 |
| NOM-068-ECOL-93 | Establece los requisitos para la generación de un plan de manejo de residuos peligrosos. | 22-Oct-93 |
| NOM-069-ECOL-93 | Establece los requisitos que deben cumplirse para dar cumplimiento al procedimiento de extracción de metales pesados de los residuos peligrosos. | 22-Oct-93 |
| NOM-087-ECOL-95 | Separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológicos infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica. | 7-Nov-95 |

Norma Oficial de la Federación. (26)

(Tabla 3) En la siguiente escala del marco jurídico, se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de residuos peligrosos. (26)

5. LA PLATA RECURSO RENOVABLE Y RECICLABLE

5.1. Recuperación de Plata

La plata metálica comercial se maneja en unidades de onzas Troy (1 Troy = 31.10gr.). En años recientes los precios oscilaban entre \$40 y \$60 para una onza Troy, esto durante la fiebre especulativa de 1980, el precio alcanzado \$500 por onza Troy, después el mercado se colapso.

De esta manera, si el precio del mercado donde \$60 por onza, y un contenido afluyente de 31mg/L plata, el potencial recuperado del valor de la plata puede ser de 0.60 pesos por litro o cerca de 2.40 pesos por galón. La plata recuperada del fotoprocesado, requiere un procesado adicional, convirtiéndola en una oferta menor que el precio del mercado, para recuperar la plata. (12)

Los focos de mayor recuperación de plata son: soluciones de fotoprocesado, enjuague de agua para películas, películas de sobra y desechos de papel de impresión. La plata en este material, existe como haluro insoluble de plata, el complejo tiosulfato de *plata* soluble, ion plata, o plata elemental dependiendo del tipo de proceso y plataforma en donde se lleva a cabo el proceso de recuperación de plata. (12)

El 80% del total de plata, es procesada de las películas positivas de blanco y negro, sólo el 100% de la plata es procesada en color, al finalizar en la solución fijadora o blanqueadora. La plata esta presente en el agua, al seguir el fijador al cargar con ella.

La cantidad de plata, en el enjuague es una pequeña fracción de la que se encuentra en el fijador o blanqueador, puede ser recuperada en volúmenes altos de agua, para enjuague, ya usada. Existe una variedad de equipos y tamaños para recuperar. (12)

| TIPO DE PELÍCULA | CONTENIDO DE PLATA (mg/cm ²) | TIPO DE PELÍCULA | CONTENIDO DE PLATA (mg/cm ²) |
|------------------------------|---|-----------------------------|---|
| BLACK/WHITE FILM | | COLOR FILM | |
| Photofinishing | 0.0105 | REVERSAL PROCESS E-6 | |
| Low speed-ISO32 | 0.0073 | Low speed | 0.0122 |
| Medium speed-ISO 125 | 0.0104 | Medium speed | 0.0121 |
| Highspeed-ISO320-400 | 0.0156 | High speed | 0.0149 |
| Ultra fast-ISO 1250 | 0.0264 | Duplicating | 0.0121 |
| Black/white prints | 0.0024 | | 0.0020 |
| | | Duratransdisplay4022 | |
| COLOR FILM | | MOTION PICTURE FILM | |
| NEGATIVE PROCESS C-41 | | Ektachrome | 0.0095 |
| Kodacolor II | 0.0169 | Kodachrome | 0.0142 |
| Vericolor II | 0.0208 | Negative film | 0.0210 |
| Kodacolor 400 | 0.0278 | Print | 0.0050 |
| KodacolorHR Discfilm | 0.0288 | Intermediate | 0.0081 |
| KodacolorVR Discfilm | 0.0263 | Internegative | 0.0096 |
| Kodacolor VR200,400 | 0.0268 | REVERSAL FILMS | |
| Kodacolor VR 100 | 0.0187 | Kodachrome | 0.0137 |
| Vericolor III | 0.0244 | Ektachrome | 0.0162 |
| Vericolor Slide/print | 0.0088 | Print | 0.0098 |
| Reversal process K-14 | 0.0152 | Intermediate | 0.0133 |

(Tabla 4) Plata contenida en las películas (mg/cm²) (12)

NOTA: Estimado en cuanto a contenido de plata. (12)

5.2. Recuperación de Plata en la Solución Fijadora

De los métodos más comunes, de recuperación de plata del fijador y blanqueador, es procesando las soluciones que son: reemplazo del metal, recuperación electrolítica, y contaminación química.

El intercambio de iones y la *osmosis* reversible son otros métodos que pueden ser usados. Esto es adecuado sólo para soluciones de plata diluidas semejantes al lavado con agua.

Algunas veces el separador del fijador, es usado en proceso especial para reducir la posibilidad de un interproceso de *contaminación*, el cual puede ocurrir al quitar la plata del fijador, el que será reciclado para el fotoprocésado. (12)

5.2.1. RECUPERACIÓN POR REEMPLAZO METALICO

Ocurre cuando un metal sólido activo, semejante al hierro, entra en contacto con una solución, que contenga iones menos activos del metal, semejantes a la plata. Los iones de plata desplazan de su estado sólido a los iones de los metales más comunes.

La plata disuelta, se presenta en forma de tiosulfato complejo, el que es reactivo con el metal sólido. (12,21)

Hipotéticamente hablando, el zinc y aluminio se usa para reemplazar los metales, ambos tienen desventajas; el zinc no se usa debido a su toxicidad y alto costo, el aluminio desprende gas de hidrógeno simultáneamente el cual puede provocar una explosión, corriendo el riesgo de no poderlo controlar. Pero por su conveniencia y economía la fibra de acero es usada con más frecuencia. (12,21)

| MÉTODO | VENTAJAS | DESVENTAJAS | MÉTODO | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|----------------------------|--|---|-----------------------|--|---|
| Reemplazo metálico | Bajo costo | El fijador reciclado es inadecuado. | Osmosis Reversible | Se puede recuperar otros químicos | Alto costo |
| | Se puede recuperar el 95% de plat | No reduce la concentración de la plata | | El agua purificada es reciclable. | Difícil manejo. |
| | No requiere instalación eléctrica. | La carga metálica se retira con facilidad obtener la plata. | Intercambio De Iones | Se logra de 0.1 a 2.0mg/L de plata | Sólo se realiza por dilución. |
| | El sistema puede ser manual ó mecánico. | | Precipitación Química | El 100% de la plata disuelta se precipita. | Accidentalmente se acidificar la sin. y producir ácido sulfhídrico |
| Recuperación electrolítica | Bajo costo por de Plata recuperada, en operaciones a gran escala | Alto costo del equipo electrolítico. | | Bajo costo | Tiempo de sedimentación prolongados |
| | Aumenta la vida útil de los fijadores de tiosulfato de Sodio. | Requiere de control ente para asegurar una operación adecuada. | | Sistema sencillo (no es eléctrico). | Remoción de partículas sólidas del fijador es problemática. |
| | Es un proceso limpio y produce barras de Plata de un alto grado de pureza. | Su eficacia puede no ser tan alta a menos que este bien controlado. | | | Exige almacenamiento de sustancias que contaminan potencialmente el proceso fotográfico |
| | | | | | El fijador reciclado es inadecuado |

(tabla 5) Comparación de los diferentes métodos de recuperación de plata (12,21)

En la práctica el fijador desechado se trata en dos recipientes en serie. El primero remueve la plata a granel, y el segundo limpia o pule la solución del primero. (22) Este también es un factor seguro de la primera unidad al sobrecargarse. Cuando el primero está exhausto el segundo toma el lugar del primero y otra unidad fresca reemplaza al segundo. (22)

El suplente recomendado cambia cuando la plata en la solución del primer recambio alcanza 25% de la concentración líquida. (22) La concentración de plata en la solución del bote es de 40 a 100 mg/L, sobre el sistema de vida, contra un rango de 0.1 a 50 mg/L. Al fijador que se la ha extraído toda la plata, por este proceso no puede ser reciclado, pues se encuentra a una concentración excesiva de hierro en la solución (alrededor de 4000 mg/L).

Para una operación efectiva, el pH de la solución, pasando a través del reemplazo metálico varía de un 4 y un 6.5; siendo lo óptimo entre 5 y 5.5. Por debajo de un pH de 4, la disolución del acero es rápido también sobre pH de 6.5 las relaciones de reemplazo pueden ser lentas incluso esa plata se remueve incompletamente. De esta manera el control adecuado del pH es importante para la recuperación de la plata. El *metal* reemplazado en los botes se pudo recuperar cerca del 85% de plata contaminada, el que se procesa para producir plata metálica pura. (20)

5.2.2. Recuperación Electrolítica

Es la descomposición química de una sustancia líquida por medio de la corriente eléctrica cuando las terminales de una batería o cualquier otra fuente de corriente directa se conecta a los alambres metálicos y estos se introducen dentro de la disolución acuosa de un *electrolito* la corriente fluirá a través de la disolución; como resultado de este paso de corriente se efectuarán reacciones químicas en la superficie de los electrodos sumergidos en la disolución. (1,17)

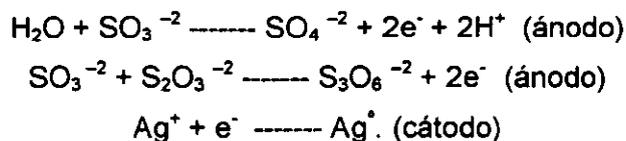
Los electrones cargados negativamente se mueven de la batería hacia su terminal negativa, y los electrones que están sobre él reaccionan con el material que lo rodea.

En la terminal cargada positivamente (cátodo), los materiales en disolución reaccionan con él cediéndole sus electrones.

Estos electrones pueden regresar a la batería, completando el circuito electrónico. Así, la electrólisis es un grupo de reacciones en el **ánodo** (-) y en el **cátodo** (+) que implica la sesión de electrones entre los materiales en la disolución y los electrodos. (1,17)

Tales reacciones de sesión de electrones se conoce como **oxidación** (pérdida de electrones) o **reducción** (ganancia de electrones), y siempre ocurre simultáneamente. En este método la solución de plata pasa entre dos electrodos controlados con corriente eléctrica las láminas de plata quedan fuera del cátodo como metal puro. Este método de recuperación de plata se aplica directamente a la corriente cruzada por dos electrodos en la solución portadora de plata. Los depósitos de plata metálica en el **cátodo**. (1,17)

El sulfito y tiosulfato son oxidados en el ánodo

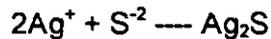


Aproximadamente 1g de sulfito de sodio es oxidado para este gramo de plata depositado. La considerable agitación y el largo de las superficies plateadas pueden conseguir una eficiencia de recuperación de plata arriba de un 90-98% pura. (1,17) Los niveles inferiores de plata usualmente resultan de la aplicación de la unidad de disminución progresiva pues la concentración de plata en la solución es mínima. (1,17)

Los cátodos son removidos periódicamente y la plata metálica es retirada. El sistema de recuperación electrolítica nos permite recuperar a cerca del 90% de la plata recuperable. Requiere el tomar el control de la densidad de la corriente en la celda pues la alta densidad ocasiona sulfidización. La sulfidización es la descomposición del tiosulfato en sulfide en el cátodo el cual contamina el depósito de plata y reduce la eficiencia de recuperación. La alta concentración de plata, la alta densidad de la corriente puede estar sin sulfidizar. Por lo tanto, la **densidad** de la corriente debe ser reducida. (1,17)

5.2.3. Precipitación Química

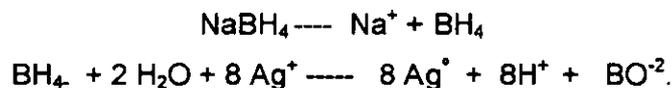
Es un método muy usado y de bajo costo para recuperar plata. Esta es usada en la mayoría por fábricas de equipo fotográfico pero, usualmente fotoprocadores. Las dos primeras desventajas es que son extremadamente tóxicos el gas de hidrogeno sulfihídrico (H₂S) que puede producir, y resultando de las aguas residuales tiene que ser manejado como desecho peligroso. Una tercera desventaja es que la recuperación de plata de las aguas residuales se dificulta más que otros métodos. El Sulfito de Sodio forma sulfito de plata para precipitarse fácilmente de las soluciones de desecho del fijador.



El sulfito de plata es producto con una solubilidad de 10⁻⁵⁰ siendo este una de las sustancias más solubles que se conocen. (16,17)

La precipitación acarreadora, fuera en una medida *alcalina* para evitar la generación de H₂S.(ácido sulfihídrico)

El sulfito de plata tiende a formar suspensiones coloidales, que van a dificultar la filtración y se solidifican en el centro generando una densidad extrema como sea el *filtro* de tierras de diatomeas puede usarse como filtro improvisado. (12). El borohidrato de sodio (NaBH₄) es muy útil en caso de filtración de plata:



El método del borohidrato requiere la cuantificación *estequiométrica* para completar la reacción mientras tanto la precipitación del sulfito de Sodio requiere del uso en exceso de químicos el borohidrato también reduce algunos otros metales semejantes al Cadmio, Plomo y Mercurio.

La mayor diferencia entre estos dos procesos es el resultado de la cantidad de plata. El borohidrato de sodio produce plata del 96 al 98% pura. Otro método que reduce las concentraciones de plata de 0.1 mg/L en los desechos de agua del fijador.

Cuando el sulfito de sodio es usado, el pH se mantiene en 7 para evitar la formación de H_2S . El pH óptimo para el borohidrato de sodio precipitado es de 5.5 a 6.5 Usualmente las soluciones se activan con el sulfito de sodio o borohidrato de sodio, los que no son reutilizados en los procesos fotográficos. (17,16)

5.2.4. Intercambio de Iones

Es el intercambio de los iones entre una resina sólida y una líquida. Una variedad de resinas débiles y fuertes sin iones (aniónico) son efectivas para la recuperación de plata.

El complejo tiosulfato de plata tiene una afinidad con las resinas haciendo difícil la recuperación de plata y la regeneración de la resina. Otros problemas incluyen el que la resina se convierta en tapón que queda suspendido en el contenido, semejante a la gelatina, pero esta puede ser disuelta por un equipo diseñado para esto. Algunas unidades de intercambio de iones producen una concentración de plata vertida menor a 0.01 ppm, recuperando el 98%. (20) Las unidades de alta capacidad pueden procesar hasta 500 galones por hora.

5.2.5. Osmosis Reversible (RO)

En esta técnica, los desecho de la corriente de agua están bajo una presión sobre la superficie de una membrana selectivamente permeable. Las moléculas pasan a través de la membrana y otros constituyentes detrás. La extensión de separación es determinada por la superficie de una membrana química, tamaño del poro, presión del fluido y las características del agua desechada. La plata puede ser recuperada del resultado de concentración por los métodos de recuperación de plata convencional. Este proceso reporta que se puede recuperar el 90% de la plata.

Los problemas que se presentan incluyen la descomposición de la membrana y el crecimiento biológico estos problemas se pueden aliviar con el control y el mantenimiento, pues por la descomposición de la membrana se requiere un reemplazo de esta la cual tiene un alto costo.

Este problema se soluciona instalando un filtro de arena. La osmosis reversible requiere de más inversión de capital que muchos otros métodos de recuperación.

6. POLÍMEROS

6.1. Definición

Los *polímeros* son moléculas orgánicas gigantes, que tienen un peso molecular de 10,000 a 1,000,000 g/g.mol. La polimerización es el proceso por el cual se unen pequeñas moléculas gigantes. Conforme aumenta el tamaño del polímero, se incrementa el punto de *fusión* o reblandecimiento y el polímero se hace más resistente. (28,29)

A menudo llamados *plásticos*, los plásticos son notables por su baja densidad y su uso como aislantes, tanto térmicos como eléctricos. Son reflectores pobres de la luz, tendiendo a ser transparentes o translúcidos (en secciones delgadas). Finalmente algunos son flexibles y están sujetos a deformación. Es un material no metálico formado por *macromoléculas* compuestas de muchas unidades repetitivas; el término técnico para plásticos. (28,29)

6.2. Clasificación de los Polímeros

Se pueden clasificar de acuerdo a:

* MECANISMOS DE POLIMERIZACIÓN

Los *polímeros por adición* se producen uniendo *covalentemente* las moléculas, formando cadenas que pueden tener miles de elementos moleculares en su longitud. Los *polímeros por condensación o polimerización de crecimiento gradual* son producidos cuando se unen dos o más tipos de moléculas mediante una reacción química que libera un producto colateral, como el agua.

Este problema se soluciona instalando un filtro de arena. La osmosis reversible requiere de más inversión de capital que muchos otros métodos de recuperación.

6. POLÍMEROS

6.1. Definición

Los *polímeros* son moléculas orgánicas gigantes, que tienen un peso molecular de 10,000 a 1,000,000 g/g.mol. La polimerización es el proceso por el cual se unen pequeñas moléculas gigantes. Conforme aumenta el tamaño del polímero, se incrementa el punto de *fusión* o reblandecimiento y el polímero se hace más resistente. (28,29)

A menudo llamados *plásticos*, los plásticos son notables por su baja densidad y su uso como aislantes, tanto térmicos como eléctricos. Son reflectores pobres de la luz, tendiendo a ser transparentes o translúcidos (en secciones delgadas). Finalmente algunos son flexibles y están sujetos a deformación. Es un material no metálico formado por *macromoléculas* compuestas de muchas unidades repetitivas; el término técnico para plásticos. (28,29)

6.2. Clasificación de los Polímeros

Se pueden clasificar de acuerdo a:

* MECANISMOS DE POLIMERIZACIÓN

Los *polímeros por adición* se producen uniendo *covalentemente* las moléculas, formando cadenas que pueden tener miles de elementos moleculares en su longitud. Los *polímeros por condensación* o *polimerización de crecimiento gradual* son producidos cuando se unen dos o más tipos de moléculas mediante una reacción química que libera un producto colateral, como el agua.

- ESTRUCTURA DEL POLÍMERO

Los *polímeros lineales* forman largas cadenas que contienen miles de *moléculas*. Estas moléculas pueden ser formadas por una reacción de adición o de condensación. Los *polímeros de red* son estructuras reticulares tridimensionales producidos mediante un proceso de enlaces cruzados que implica una reacción de adición o condensación. (29)

- COMPORTAMIENTO DEL POLÍMERO

El método comúnmente usado para describir los polímeros es a través de su comportamiento cuando son calentados. Los *polímeros termoplásticos* como su nombre lo indica, se comportan de manera plástica a elevadas temperaturas. Más aún, la naturaleza de su enlace no se modifica cuando la temperatura se eleva. Por ejemplo, los polímeros termoplásticos pueden ser conformados a temperaturas elevadas, enfriados, y recalentados o reconformados sin afectar el comportamiento del polímero. Los polímeros termoplásticos son lineales. (29)

Los *polímeros termoestables* son polímeros de red, formados por una reacción de condensación. Estos polímeros no pueden ser reprocesados después de que han sido conformados, debido a que parte de las moléculas producto secundario de la reacción de condensación ha salido del material.

Los *elastómeros* (cauchos o *hules*) tienen un comportamiento intermedio pero, lo más importante, tienen la capacidad de deformarse elásticamente en alto grado sin cambiar permanentemente su forma. (29)

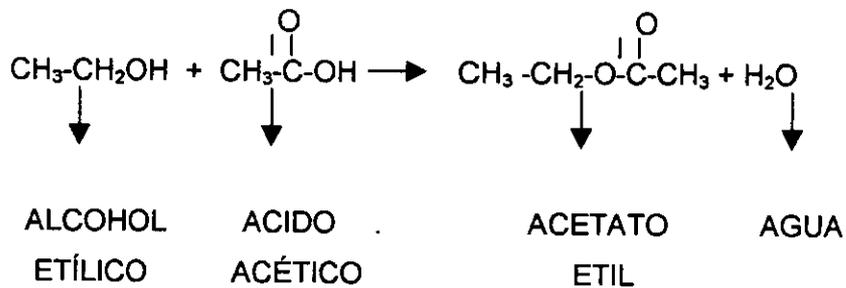
6.3. Tereftalato de Polietileno (PET)

El tereftalato de polietileno es derivado del petróleo crudo, descubierto por J.T.Dickson y J.R.Whinfield en 1941, algunas de sus características son: (3,7)

- precio accesible
- liviano
- cristalino (claro para los rayos X)
- resistencia al impacto

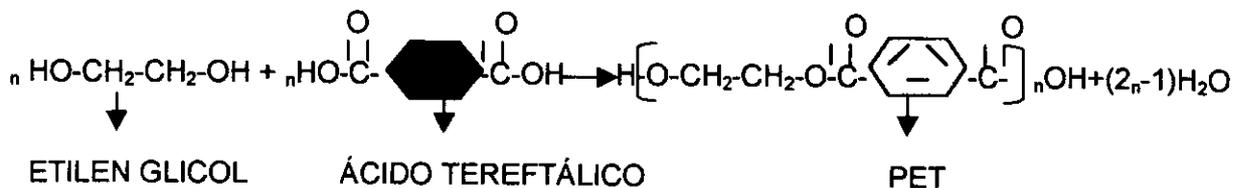
- impermeabilidad
- traslucido

Presenta absoluta inocuidad, con respecto a la **ecología** pues no emite ningún gas tóxico a la atmósfera, aún al **incinerarlo** tiene la garantía de calidad total.



(Fig.7) Es un polímero lineal en su estructura y poliéster según su formación química: (31)

donde el grupo ester es $-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$, y el agua es eliminada. Los otros químicos no pueden formar un **poliéster**, porque ellos tienen sólo un grupo funcional de estos. Cuando los dos reactantes de estos son bifuncionales, se forma un polímero lineal como el PET: (31)

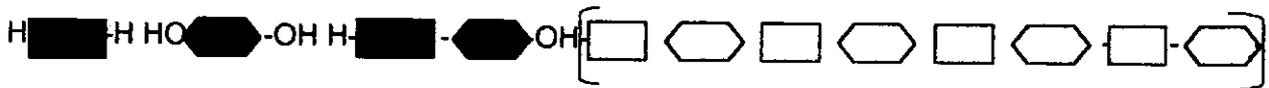


(Fig. 8) Formación del PET (31)

6.4. Obtención del Tereftalato de Polietileno (PET)

Se hace por medio del proceso de *polimerización de crecimiento gradual* llamado así debido a que la reacción se lleva a cabo por etapas, su nombre anterior era *polimerización por condensación*, porque las reacciones químicas de la esterificación se denominan reacciones de condensación y se distinguen por la eliminación de una molécula pequeña, en este caso de agua. El nombre preferido actualmente es el de *polimerización de crecimiento gradual*.

Según la figura, este tipo de reacción, entre un ácido **bifuncional** y un alcohol bifuncional (llamado glicol) conduce a la formación de un poliéster. En el ejemplo se forma el PET, que es el más importante de este tipo de polímeros. (29)



(Fig. 9) Polimerización por crecimiento gradual de un poliéster. (29,28)

6.5. Características del Tereftalato de Polietileno

1. - Naturaleza **hidrofóbica** (humedad recuperada de 65% de relativa humedad y 20° C-0.5%)
2. - Excelente resistencia para la luz o diferentes condiciones del clima.
3. - Excelente resistencia a la acción de solventes químicos y algunos reactivos químicos particularmente ácidos.
4. - Indiferencia a la polilla, hongos y otros microorganismos.
5. - Buena recuperación al dilatarlo o doblarlo, considerable retención de propiedades a las altas temperaturas.
6. - Habilidad para tomar una forma permanente a la influencia de un golpe. (7)

6.6. Propiedades del Tereftalato de Polietileno. (PET)

| | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| ESTRUCTURA | cristalina | Utilización de la temperatura | - min: -4 - max: 212 |
| Densidad Específica | 1.37 | Punto de Fusión | 480 |
| Índice de absorción de agua | 0.15% | Coefficiente de expansión | 0.000039 |
| Elongación | 70% | ARC Resistencia | 80 |
| Resistencia a la Tensión | 6600psi | Resistencia dielectrica | 20 Kv/mm |
| Resistencia a la Compresión | 14000psi | TRANSPARENCIA | |
| Resistencia Flexural | 16000psi | Resistencia a rayos UV | buena |
| Modulo Flexural | 400000psi | RESISTENCIA QUÍMICA | |
| Impacto | 0.8lbs/pul(IZODft) | ácidos | buena |
| Dureza | R120 | alcalinas | buena |
| FABRICACIÓN | | solventes | buena |
| Soldadura | buena | | |
| Soldadura por ultra-Sonido. | buena | | |
| Trabajado mecánico | buena | | |
| Deflexión de la temperatura | - @ 66psi:330 - @ 264psi:212 | | |

(Tabla 6) Propiedades del tereftalato de polietileno (36)

Su versatilidad en múltiples usos industriales, como ropa, en 1976 Du Pont y Cincinati Milacron comenzaron el mercadeo del nuevo sistema RHB usado para elaborar botellas de PET para la Pepsi-Cola.

En Estados Unidos las fibras del PET son fabricadas por E.I. Du Pont de Nemours & Co., Inc., con el nombre de "Dacron". En Inglaterra la contraparte es el "Terylen" que es fabricado por Imperial Chemical Industries, Ltd. La combinación de estas fibras nos dan un sin numero de usos industriales ya sea para camisas, trajes, vestidos, etc. (8)

La combinación de las **propiedades**, en ocasiones empleadas en las películas hechas en su mayoría por poliésteres lineales los que tienen múltiples aplicaciones sin sustituir los componentes tradicionales, las películas son manufacturadas por I.C.I. Ltd. en el Unite Kingdom es registrada con el nombre de *melinex* y en U.S.A. lo registraron como *mylar* y *Cronar*, pues tiene diferentes nombres según el país. En la actualidad la película está compuesta en su mayoría por poliéster. (3)

El melinex es resistente, transparente y flexible con propiedades de baja absorción de agua, estabilidad dimensional similar a las fibras de poliéster, este de igual forma resistente a las grasas, aceites y algunos químicos, y presenta baja permeabilidad a los gases y sustancias olorosas. (3)

Las propiedades del PET son empleadas en aplicaciones eléctricas, como aislar cables, transformadores y rollos. Así como en cintas magnéticas y adhesivas, en revestimiento de mangueras, cintas de máquina de escribir y materiales especiales de empaque. (8)

6.7. Propiedades Generales del MYLAR y TERILENE (PET) en las películas (8)

| PROPIEDAD | MYLAR | TERYLENE |
|---------------------------------------|--|---|
| Punto de fusión | 250°C-255°C | 265°C |
| Gravedad Especifica | 1.38-1.39 | 1.39 |
| PROPIEDADES MECANICAS | | |
| Resistencia a la tensión | 17,000- 25,000 psi | 25,000 psi |
| Resistencia al Impacto | 70 Kg/cm | == |
| Elongación a pto. de ruptura | 70-130% | 50% |
| Resistencia de Flexibilidad | == | 14,000psi |
| PROPIEDADES ELECTRICAS | | |
| Resistencia al aislamiento | 900-1,000meg/mics(130°C) | == |
| | 90 - 100 meg/mics (150°C) | |
| PERMEABILIDAD Y ABSORCIÓN | | |
| A LA HUMEDAD | | |
| Absorción de Humedad | 0.3%(inmersión en agua a 25°C por 1 semana) | 0.5% por peso(prolongando la inmersión en agua) |
| Permeabilidad de vapor de agua | 160gm/100sq.m/hr (39.5°C) | 30gm/sq.m./dia (38°C,90% de relativa humedad) |
| Permeabilidad de Oxígeno | 0.90gm/100 sq.m./hr | == |
| PROPIEDADES VARIAS | | |
| Resistencia a los solventes Orgánicos | Tiene excelente resistencia a los solventes orgánicos, grasas y aceites, se usa como barniz eléctrico. | Buena resistencia para los ácidos minerales |
| Contracción | 3-5%(150°C) | == |
| Transmisión de la luz | Mayor que 90% de la luz incidente en la visible | == |
| | ble del espectro | |
| Resistencia a los hongos | Muy buena, pues no lo invade | Muy buena, pues no lo invade |
| Flameabilidad | Es inflamable pero se produce con dificultad. | Es inflamable pero se produce con dificultad. |

(Tabla 7) Descripción de las propiedades del Mylar y Terilene.

6.8. Sugerencias para el Reciclado del Tereftalato de Polietileno (película mylar)

Usos Eléctricos

Se puede usar como capacitadores dieléctricos, cinta de aislar, aislante de alambre magnético, capa aislante refacción para herramientas. (8)

Usos No Eléctricos

Base magnética para cassettes, cobertores protectores, forro para cuchillos, tambores, fibras, hilos metálicos, laminados industriales de hojas metálicas, papel, láminas decorativas (8)

Reemplazo de Vidrio

Ventanas contra lluvias, vidrios de plástico para edificios de agricultura, invernadero, etc. (8)

Empaquetado Especial

Empaque de artículos médicos y otros artículos que requieren esterilización del paquete, protectores de caja de cosméticos, inserciones transparentes para ventanas, la película mylar como paquete para productos que requieren protección de la luz o requieren una envoltura que tenga permeabilidad baja al vapor de agua, vapores orgánicos (Ej. olores y sabores), gases

Ejemplo de algunos productos semejantes a: barras de chicle, películas fotográficas, polvos higroscópicos, sopas deshidratadas, jugos concentrados congelados, cigarros, cremas y margarinas. (8)

6.9. Reciclaje del Tereftalato de Polietileno (PET)

La importancia del **reciclado** es conocida por la Kodak, donde el material bruto es reciclado tempranamente en este siglo

En 1920, la recuperación y reutilización de la plata así como la fabricación de solventes se realizaba con regularidad. En 1950, Kodak comenzó a fabricar una película de acetato y reciclarlas en las diferentes plantas de fabricación. En 1970, Kodak fabricó el primer poliéster(PET) plástico reciclado con facilidad en Estados Unidos. (32,33)

El reciclado tiene el propósito de reducir con prevención la contaminación. En 1998, 317 millones de libras de solventes y 229 millones de libras de desechos sólidos no peligrosos fueron reciclados en el parque Kodak. Más de 20 millones de onzas de plata son recuperadas anualmente en el parque Kodak. (34)

En el parque Kodak, se hace el esfuerzo para minimizar los desechos en el departamento de recuperación siendo una inversión al mismo tiempo los desechos que se pueden reciclar una fracción se vende a pequeñas empresas a un buen precio. En 1998, aproximadamente un millón de libras de mobiliario y equipo encontró nuevos usos para los desechos y se vendieron a las empresas pequeñas para su reciclado. (34) En 1998, el porcentaje de consumo, arrojó datos de botes de películas de 35mm, y también tereftalato de polietileno (PET) y bases de acetatos de celulosa de las películas, creció, resultando su uso aproximado en 43 millones de libras del material que ha sido utilizado. (34)

DESHECHOS SÓLIDOS RECICLABLES

| MATERIAL RECICLABLE | 1998 | Promedio de 5 años ('94 - '98) |
|---------------------|------|--------------------------------|
| Papel | 26.3 | 29.0 |
| Plásticos (PET) | 51.7 | 46.1 |
| Meta | 18.4 | 19.6 |
| Madera | 3.5 | 7.5 |

(Tabla 8) Desechos sólidos reciclables (millones de libras) (34)

Los paquetes de las radiografías dentales fueron rediseñadas para reciclarse con facilidad. En vez de cartón y plástico, el paquete consiste en un delgado punta para abrir y tereftalato de polietileno(PET) plástico que es fácil de reciclar.

México cuenta con unas 3,000 empresas transformadoras del plástico, de las cuales 60% son micro, 24% pequeñas, 12% medianas y 4% grandes.

Sin embargo, el reciclamiento del plástico es muy difícil por ser un producto comparativamente barato, y el costo entre material virgen y reciclado es casi igual. (35)

DEGRADACIÓN QUÍMICA

La degradación del PET puede ser termal, la que en la actualidad todavía es estudiada extensivamente. El crecimiento de los grupos carboxilos al final, la producción de acetaldehído y color, así como la disminución de la viscosidad son rutas para medir la extensión de degradación del PET.

(Tabla 9) Empresas dedicadas al reciclaje de películas como líquidos radiográficos.

| EMPRESA | DOMICILIO | ESTADO | MUNICIPIO |
|---------------------------------|--|--------|-------------------|
| ALEJANDRO ROQUE MONROY | Norte 88-A N° 5919 Col Gertrudis Sanchez, C.P. 07830, Tel. 57603906 | D.F. | Gustavo A. Madero |
| BLAS SAN JUAN MARTINEZ | Calle Sauce N°219 Col. Palmillas C.P. 50200 | MEXICO | Toluca |
| DEFORX, S.A. DE C.V. | Nautla N°64 NAVE 6-F, Col. San Juan Xalpa, C.P. 09850, Tel. 56141313 | D.F. | Iztapalapa |
| REMCO DE MEXICO S.A. DE C.V. | Av. Juarez Escutia Mz. 18 Lote 1, Col. Dario Martinez Palacios C.P. 56560, Tel. 59740847 | MÉXICO | VALLE DE CHALCO |

7. – Planteamiento del Problema

Las películas radiográficas, son indispensables para la práctica odontológica y son desechadas, después de ser utilizadas en las distintas Clínicas de la Facultad de Odontología; lo que la coloca como un contaminante más del Medio Ambiente . Estas contienen plata, que es un recurso no renovable y de alto costo, el cual puede ser recuperado para su reutilización, así como el Tereftalato de Polietileno que se usa como base de las películas radiográficas.

8. – Justificación

Siendo la plata (Ag), un recurso no renovable, de alto costo, el reciclado de ésta, a partir de las películas radiográficas de desecho, tiene ventajas: económicas, disminución sustancial de la contaminación, así como tranquilidad moral (ética).

9. – Hipótesis

Es posible, la recuperación de plata de las películas radiográficas de desecho; originadas de las diferentes Clínicas de la Facultad de Odontología, desprendiendo los haluros de plata presentes en dichas películas con el método electrolítico.

9.1. – Hipótesis Nula

No es posible, la recuperación de plata de las películas radiográficas de desecho; originadas de las diferentes Clínicas de la Facultad de Odontología.

10. – Objetivo General

Crear un sistema para la recuperación de plata y su viabilidad a partir de las películas radiográficas de desecho que son utilizadas en las distintas clínicas de la Facultad de Odontología.

10.1. Objetivos Específicos

- Desprendimiento de haluros de plata mediante una solución de blanqueador (hipoclorito) comercial.
- Recuperación de plata mediante electrolisis.
- Recuperación de plata mediante filtrado.
- Recuperación de plata mediante evaporación.
- Recuperación de plata mediante fundido.

11. – Metodología de la Investigación.

La presente investigación es un estudio experimental y transversal.

11.1. SELECCIÓN DE VARIABLES

11.1.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

* Métodos de Recuperación de la Plata electrólisis, evaporación y fundición.

11.1.2. VARIABLES DEPENDIENTES

* Calidad y cantidad de la plata recuperada.

12. Materiales y métodos.

1. 500 Películas radiográficas panorámicas de desecho y 10 radiografías periapicales.
2. 5L Blanqueador comercial. (cloralex con hipoclorito al 6%)
3. Probeta graduada de 100 ml.
4. Tres recipientes de vidrio.
5. Microscopio Metalográfico, Ernest Leitz Wetzlar-Germany.
6. Rollo de película b/n de 24 exposiciones.
7. Cubrebocas.
8. Porta-objetos.
9. Cubre-objetos.
10. Cronómetro Cole Palmer.
11. Balanza analítica, OHAUS-Modelo GA 200N serie 1299, Corp.Florham, Park NJ 07932.
12. Máquina electrolítica, SR Silver Recovery Sistem. Drew Products Berkeley, California.
13. Gotero.
14. Agua bidestilada.
15. Computadora.
16. Guantes de látex gruesos.
17. Lentes de protección.
18. Pajillas para concentración de plata y pH. (Merckoquant)
19. Papel Filtro circular de 12.5 cm Whatman.
20. Horno al vacío, Felisa, 60 ° C.
21. Horno para desencerrado, West Instruments de México S. A. de C. V., 1,200 ° C.
22. Crisol de grafito.
23. Matraz de 200ml.
24. Cubeta con capacidad de 19L.
25. Embudo de vidrio.
26. Recipiente de vidrio.

13. Métodos de Prueba

1. Desprendimiento de plata

2. Disolución: Se colocan las películas radiográficas

(desechadas) en una solución de agua bidestilada y hipoclorito al 6%, haciendo que la plata se precipite en el fondo del recipiente, posteriormente se colocará en la máquina para someterla a la electrólisis.

3. El método de recuperación de plata por medio de la electrólisis, la plata será eliminada de la emulsión haciendo pasar una corriente eléctrica directa, bien controlada, entre dos electrodos, un cátodo y un ánodo, suspendidos en la solución. Al hacerlo la plata se deposita en el cátodo en forma de un recubrimiento de plata casi pura. Los cátodos se retiran periódicamente para retirar la plata adherida a ellos.

Se determinó la cantidad idónea de hipoclorito con la que se logró el desprendimiento más rápido de los haluros de Ag. de las películas radiográficas de desecho. Con la siguiente metodología: (prueba piloto)

Se utilizaron tres radiografías colocándose una en cada frasco, será usado un blanqueador en una concentración del 6% activo, recipiente de hipoclorito con una capacidad de 500 ml.

Los frascos serán etiquetados del 1-3.

En el frasco Nº 1 se colocarán 60 ml de H₂O y 1.5 ml de Cl al 6%

En el frasco Nº 2 se colocarán 60 ml de H₂O y 3 ml de Cl al 6%

En el frasco Nº 3 se colocarán 60 ml de H₂O y 5 ml de Cl al 6%

4. La emulsión obtenida de cada frasco serán observadas al microscopio a diferentes aumentos. Una vez obtenidas las emulsiones se tomarán microfotografías de cada emulsión.

13.1. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se elaboraron las siguientes tablas para recolectar la información obtenida.

| Fecha Día/mes/año | Nº de Radiografías | Hora de sumergirla (min.) | Hora de Retirarla (min.) | pH | Cantidad de plata (g/L Ag.) |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|----|-----------------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Papel filtro (g) | Papel filtro Con solución Filtrada (g) | Papel filtro Con solución Evaporada (g) | resultados |
|---------------------|--|---|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

13.2. Desarrollo Experimental

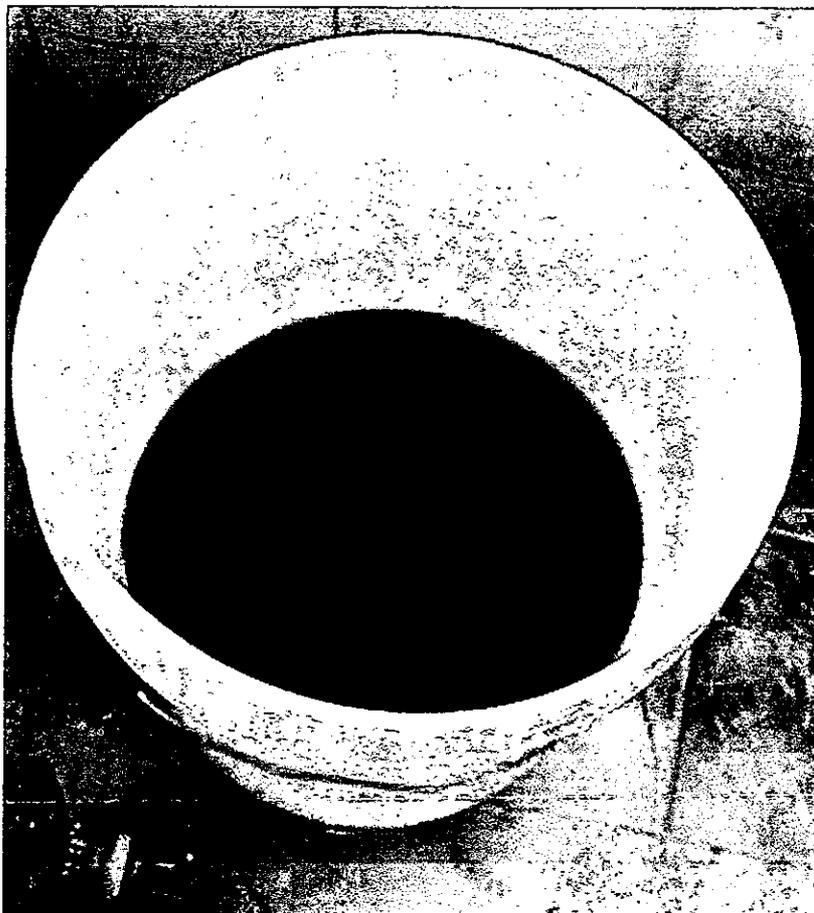
DESPRENDIMIENTO DE LA EMULSIÓN

Se colocaron 12L de Agua bidestilada en la cubeta y 1L de hipoclorito (6%), posteriormente se introdujeron las radiografías para eliminar la emulsión del tereftato de polietileno (PET), tomando el tiempo en que la emulsión se desprendía de la película con un cronometro.



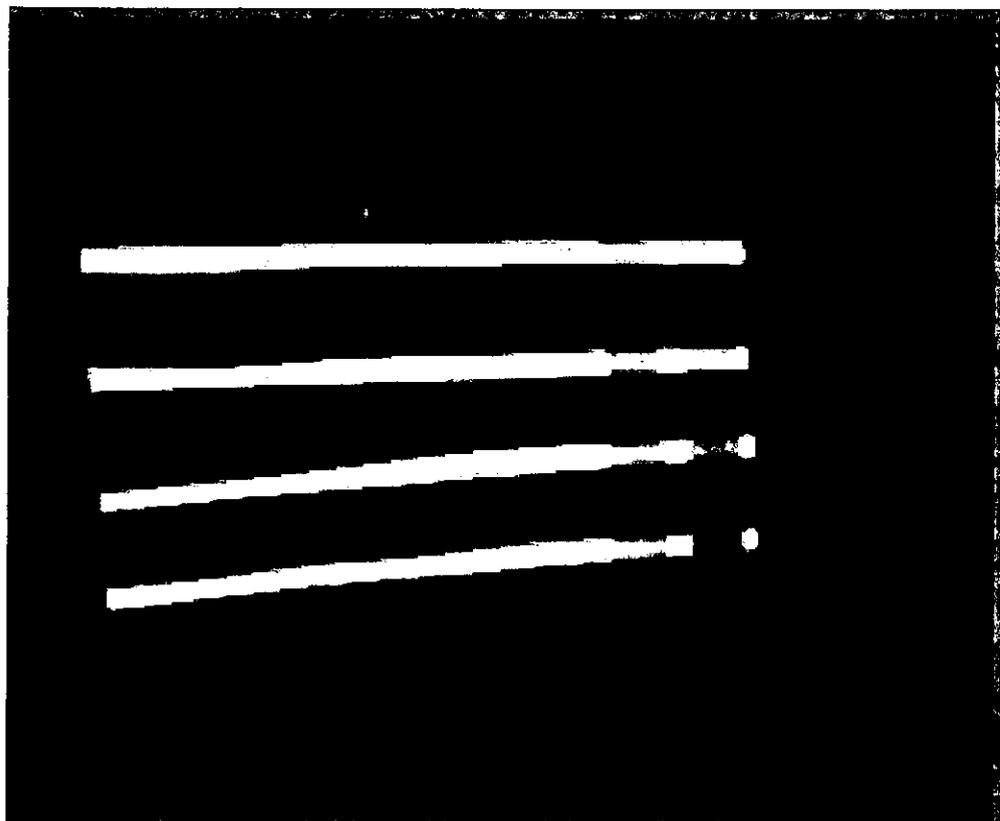
(Fig.10) *Radiografías Panorámicas de Desecho.*

Una vez que la emulsión se ha desprendido de la película y ya no se efectúa su desprendimiento con facilidad, pues la disolución esta saturada, se agregaron 2L de agua bidestilada, sin que sucediera algún cambio.



(Fig.11) Cubeta con la disolución saturada.

Se procede a medir la cantidad de plata que se encuentra en la disolución con las pajillas indicadoras.



(Fig.12) pajillas indicadoras.

RECUPERACIÓN DE LA PLATA

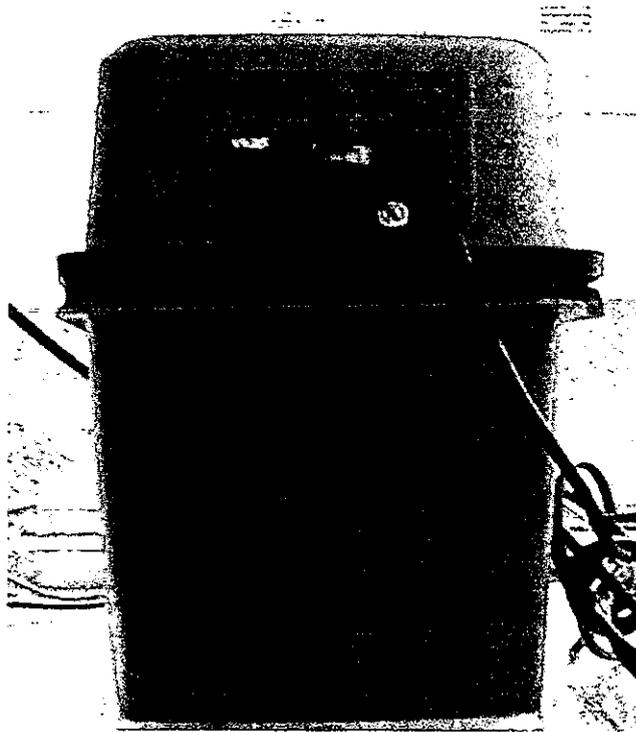
La recuperación de la plata se llevó a cabo por medio de tres métodos :

a) ELECTRÓLISIS

Es la descomposición química de una sustancia líquida por medio de la corriente eléctrica cuando las terminales de una batería o cualquier otra fuente de corriente directa se conecta a los alambres metálicos y estos se introducen dentro de la disolución acuosa de un electrolito la corriente fluirá a través de la disolución; como resultado de este paso de corriente se efectuarán reacciones químicas en la superficie de los electrodos sumergidos en la disolución. (1,17)

Los electrones cargados negativamente se mueven de la batería hacia su terminal negativa, y los electrones que están sobre él reaccionan con el material que lo rodea.

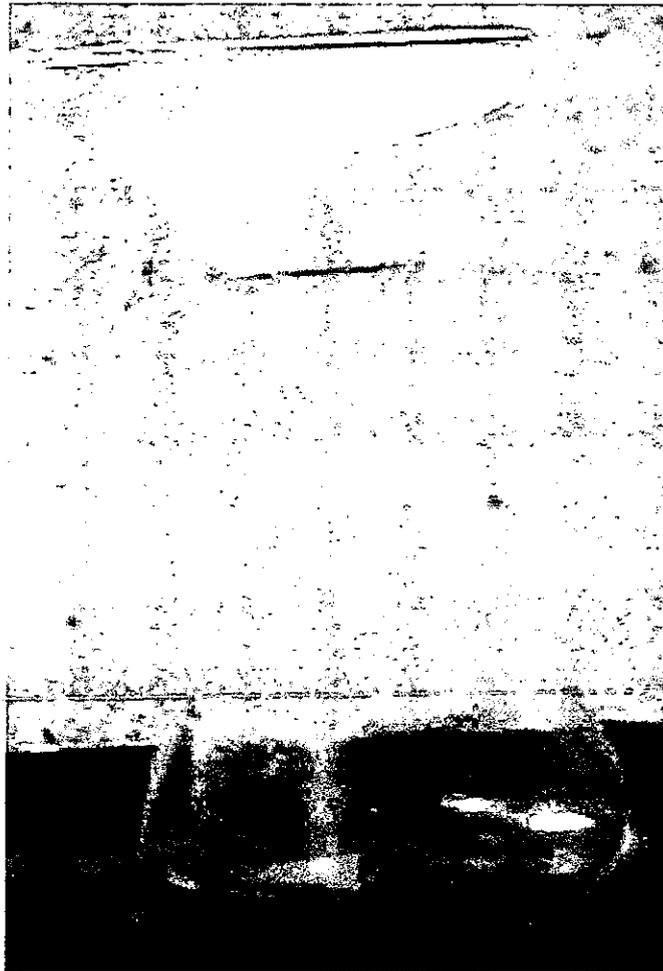
En la terminal cargada positivamente (cátodo), los materiales en disolución reaccionan con él cediéndole sus electrones. No se pudo realizar la recuperación de plata con la máquina electrolítica debido a que la plata recuperada fue muy poca, y la literatura no recomendaba el uso de esta.



(Fig. 13) Máquina Electrolítica

b) FILTRACIÓN

Es la separación de sólidos de un líquido y se efectuó haciendo pasar el líquido a través del medio poroso en este caso papel filtro. Los sólidos, la plata queda detenida en la superficie del papel filtro.



(Fig. 14) Matraz y embudo con filtro antes de filtrar la disolución..

PESADO

Una vez filtrada y evaporada la disolución, continuamos con el pesado del papel filtro, el que no tenía residuos de plata, para usarlo como parámetro, así como los que tenían plata, para comparar los diferentes pesos obtenidos y de esta forma estimar la cantidad de plata recupera.



(Fig. 15) Balanza con papel filtro

c) EVAPORACIÓN

En esta operación es necesario dar calor a la disolución para que llegue a su temperatura de ebullición y proporcionar el calor suficiente para que se evapore la disolución. En la evaporación la disolución concentrada es el producto final deseado en este caso la plata y cristales del hipoclorito. Para esto se colocó la disolución en un recipiente de vidrio con un papel filtro al fondo del recipiente, el cual se metió después al horno de vacío por cuatro horas a 55° C.



(Fig. 16) Horno al vacío, utilizado para el proceso de evaporación.

Para poder evaporar la disolución se colocó un papel filtro de 10 x 10 cm en recipiente de vidrio para que al evaporarse la disolución la plata se quedará en dicho papel.



(Fig. 17) Recipiente de vidrio con papel filtro con 1 hora de estar en el horno.

d) FUNDICIÓN

Es el proceso de fusión en el cual los materiales que se forman conforme se suceden las reacciones químicas, se esperan en dos o más capas. La fundición con frecuencia se lleva implícita una etapa previa de quemado en el mismo horno. Dos de las capas más importantes que se forman la fundición son el metal fundido y materiales de desecho. En el primero está formado en su totalidad por un metal. En este caso utilizamos un horno a 960°C pues es el punto de fusión de la plata, por cinco horas logrando así su fusión.



(Fig.18) Horno de Fundición cerrado a 960°C .

13.3. RESULTADOS

* Al colocar los 12L de agua bidestilada y 1L de hipoclorito (al 6%) en la cubeta a la cual se le agregaron 2L después ya que estaba saturada, se introdujeron las radiografías panorámicas de la siguiente forma: (ver anexo Fig. 19)

(Tabla N° 10)

| FECHA (DÍA/MES/AÑO) | N ° DE RADIO- GRAFÍAS | HORA QUE SE INTRODUJO (MIN.) | HORA QUE SE RETIRARON (MIN.) | pH | CANTIDAD DE PLATA (g/L Ag.) |
|------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----|-----------------------------------|
| 26/04/00 | 15 | 11:45 | 12:15 | 5 | 0 |
| 26/04/00 | 16 | 12:29 | 12:35 | 5 | 0 |
| 26/04/00 | 17 | 12:35 | 12:37 | 5 | 0 |
| 26/04/00 | 18 | 12:39 | 12:40 | 5 | 0 |
| 26/04/00 | 19 | 12:42 | 12:43 | 7 | 0.5 |
| 26/04/00 | 20 | 12:44 | 12:45 | 7 | 0.5 |
| 26/04/00 | 21 | 12:46 | 12:47 | 7 | 0.5 |
| 26/04/00 | 22 | 12:48 | 12:50 | 8 | 0.5 |
| 26/04/00 | 23 | 1:00 | 1:03 | 8 | 0.5 |
| 26/04/00 | 24 | 1:09 | 1:12 | 8 | 0.5 |
| 26/04/00 | 25 | 1:14 | 1:16 | 8 | 0.5 |

(Tabla N° 11)

| FECHA (DÍA/MES/AÑO) | N ° DE RADIO- GRAFÍAS | HORA QUE SE INTRODUJO (MIN.) | HORA QUE SE RETIRARON (MIN.) | pH | CANTIDAD DE PLATA (g/L Ag.) |
|------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----|-----------------------------------|
| 27/04/00 | 15 | 12:04 | 12:10 | 8 | 0.5 |
| 27/04/00 | 30 | 12:10 | 12:18 | 8 | 0.5 |
| 27/04/00 | 45 | 12:29 | 12:38 | 8 | 0.5 |
| 27/04/00 | 60 | 1:04 | 1:11 | 8 | 0.5 |
| 27/04/00 | 75 | 1:11 | 1:15 | 8 | 0.5 |
| 27/04/00 | 80 | 1:23 | 1:45 | 8 | 0.5 |

(Tablas N ° 10 y 11) Indica el tiempo de eliminación de la emulsión de las películas radiográficas.

* La tabla N° 12 Nos presenta el total de PET que se obtuvo, así como el pH y cantidad de plata presente en la disolución. (ver anexo Fig. 20, 21 y 22)

(Tabla N° 12)

| FECHA (DÍA/MES/AÑO) | TOTAL DE RADIOGRAFÍAS EN LA DISOLUCIÓN | TOTAL DE RADIOGRAFÍAS SIN ELIMINAR LA EMULSIÓN | TOTAL DE PET | pH | CANTIDAD DE PLATA (g/L Ag.) |
|------------------------|---|---|--------------------|----|-----------------------------------|
| 28/04/00 | 80 | 44 | 43 | 8 | 0.5 |

(Tabla N° 12) resultados de la disolución de la emulsión de las radiográficas y obtención del tereftalato de polietileno (PET).

* La tabla N° 13 muestra el peso del papel filtro, al usar los diferentes métodos de recuperación de plata: filtración y evaporación. (ver anexo Fig. N° 31-33)

(Tabla N° 13)

| PESO PAPEL FILTRO (g) | PESO PAPEL FIL- TRO DE DISOLUCIÓN FILTRADA (g) | PESO PAPEL FILTRO DE DI SOLUCIÓN EVAPORADA. (g) |
|-----------------------------|--|---|
| 1.2062 | 1.3302 | 2.6278 |
| 1.1742 | 1.3886 | 2.5217 |
| 1.1917 | 1.3014 | |
| 1.1536 | 1.2848 | |
| | 1.1674 | |
| | 1.3088 | |
| | 1.3878 | |

(Tabla N° 13) Muestra el peso del papel filtro, usado en los diferentes procesos de recuperación de la plata.

La tabla N° 14 Nos presenta el total de plata recuperada, de los diferentes métodos de recuperación de plata durante la investigación. (ver anexo Fig. 34,35)

(Tabla N° 14)

| PESO PAPEL FILTRO LIMPIO (g) | TOTAL DE PLATA RECUPERADA DE DI- SOLUCIÓN FILTRADA (g) | TOTAL DE PLATA RECUPERA DA DISOLUCIÓN EVAPORADA. (g) |
|------------------------------------|---|--|
| 1.16938 | 0.9873 | 1.8278 |

(Tabla N° 14) Muestra la plata recuperada en los diferentes métodos de recuperación.

14. Recursos Humanos

1 Director

1 Asesor

1 Investigador.

14.1 Recursos Físicos

Laboratorio de Materiales Dentales de la División de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología.

14.2 Recursos Materiales y Financieros

Radiografías de desecho, proporcionadas por la Facultad de Odontología UNAM, clínicas periféricas, clínicas de la División de estudios de Posgrado e Investigación y Laboratorio de Materiales Dentales.

15. DISCUSIÓN

En base a la literatura consultada (*Eastman Kodak*), se muestra una microfotografía de los granos de haluro y bromuro de plata que se encuentran en las películas radiográficas, (3) al compararlas, con las microfotografías tomadas a la disolución resultante de la investigación, se observaron características similares a las de dichos cristales. (ver anexo Fig. 23-27,29 y 30)

No se realizó la recuperación de plata en la máquina electrolítica, debido a la poca cantidad de plata recuperada, pues la máquina podría descomponerse y no se hubiera obtenido mucha plata, estudios realizados con anterioridad recomiendan esto. (19)

El filtrado es uno de los métodos más efectivo así como económico, pues requiere de un procedimiento sencillo y no nocivo para la salud; a comparación de los otros métodos como la evaporación que por el desprendimiento de gases causa irritación; además de que el papel filtro y la plata se quemaron, recuperando así poca plata y de baja calidad. (ver anexo Fig.31-35)

16. CONCLUSIÓN

De acuerdo a la información y resultados obtenidos en esta investigación y a la preocupación por el deterioro del medio ambiente, ya que afecta a la salud, el bienestar y perspectivas de desarrollo se llego a las siguiente conclusión:

Las películas radiográficas usadas de manera habitual, se pueden reciclar, recuperando así la plata que se encuentra en dichas películas radiográficas, a pesar que es mínima la cantidad de plata que se encuentra en ellas es conveniente su recuperación. Así como el tereftalato de polietileno (PET) que sirve como base de está, utilizándose en la elaboración de carpetas, fólderes, etc.; siendo este un proceso económico, viable y no contaminante, pues requiere de materiales no muy costosos para llevarlo a cabo y de un proceso sencillo. El tereftalato de polietileno se puede vender a empresas que se encargan de reciclarlo las que ya han sido citadas anteriormente.

Dos de los métodos utilizados de la recuperación de plata, no fueron efectivos, como el método de evaporación, debido a que la disolución contenía hipoclorito el que era muy tóxico y por tanto dañino para la salud; además de que se quema el papel filtro y parte de la disolución impidiendo la recuperación de la plata, el método de la electrólisis no se pudo usar debido a que la baja cantidad de plata contenida en las películas no lo permitió pues por referencia de la literatura la máquina se podría dañar.

El método de filtrado resultó ser sencillo y económico, aunque lento al filtrarse, pero se obtiene un poco más de plata; la fundición es un método necesario para la obtención de la plata, pues éste hace que los cristales que obtuvimos se fundan convirtiéndose en un sólido más grande.

17. PROPUESTAS

- 1. Promover la minimización de desechos radiográficos, los riesgos inherentes a su manejo y disposición final, básicamente incentivando al estudiante como al profesional.**
- 2. Fomentar la recuperación de las películas radiográficas de desecho, principalmente para su reciclaje o disposición final controlada.**
- 3. Promover la activación del Programa de Reciclado del Líquido Radiográfico Fijador.**
- 4. Apoyar el desarrollo de los procesos de reciclado, manejo y disposición final de los residuos peligrosos desechados en las diferentes Clínicas de la Facultad de Odontología.**
- 5. Promover la recuperación de la plata e investigar su posible reutilización.**

18. APÉNDICE

Unidades de medición y factores de conversión.

- 25.4 mm = 1 pulgada.
- 1 angström = 10^{-10}
- 1 micra = 1 milésima parte de un milímetro = .001 mm
- metros = 1×10^{-4} micras
- ppm. = partes por millón
- $(^{\circ}C \times 1.8) + 32 = ^{\circ}F$
- $^{\circ}F - 32 = ^{\circ}C$
1.8
- 1 N = 0.102 Kgf = 0.0225 libra de fuerza = Lbf
- $1 \text{ MN/m}^2 = 10.2 \text{ Kgf/cm}^2 = 145 \text{ libras sobre pulgada cuadrada (Psi)}$
- 453.59 g = 1 libra
- 1 Mega pascal = Mega Newton/metro cuadrado (MN/m^2) = (Mpa)
- Velocidad de la luz = 3.00×10^8
- m/seg = 300.000 Kg/seg
- 1 Roentgen 2.08×10^9 iones en 1 ml de aire
- 1 galón = $3.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

19. GLOSARIO

Absorción. Es una operación unitaria ampliamente utilizada en la industria química para la purificación de corrientes gaseosas.

Adsorción. Es una operación de transferencia de masa. Comprende el contacto de líquidos o gases con sólidos donde hay una separación de componentes de una mezcla líquida o gaseosa por adherencia a la superficie del sólido.

Ácido. Sustancia, molécula o ión, que puede aceptar un par de electrones de otra molécula.

Alcalino. Agentes que neutralizan lo ácido.

Almacenamiento. Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos.

Anión. Ion negativo.

Ánodo.(-) El electrodo que suministra electrones a un circuito externo.

Átomo. Cantidad más pequeña de un elemento químico que puede entrar en combinación.

Base. Sustancia que puede compartir su par electrónico.

Bifuncional. Molécula que tiene dos sitios reactivas para unirse con moléculas adyacentes.

Catión. Ion positivo.

Cátodo.(+) El electrodo que recibe electrones de un circuito externo.

Caducidad. Perecedero, poco usable.

Catalizador. Sustancias que tienen el efecto de aumentar la velocidad de una reacción química, sin sufrir un cambio químico neto.

Centrifugación. Es la operación por la cual se utiliza la fuerza centrífuga para separar los líquidos de los sólidos.

Cristalización. Es una operación que consiste en obtener sólidos en forma cristalina a partir de una solución líquida saturada.

Condensación. Es la operación por la cual se hace pasar una sustancia en forma de vapor, al estado líquido por medio de la transferencia de calor.

Confinamiento. Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos que garantice su aislamiento definitivo.

Contaminante. Toda materia o energía en cualquier de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición.

Contingencia. Posibilidad de que una cosa suceda o no suceda, riesgo o peligro.

Contraste. Técnica usada para hacer visibles detalles no coloreados.

Corrosivo. Se considera que una sustancia es corrosiva cuando es capaz de descomponer a otras. En función de la liberación de hidrógeno, degrada químicamente a los materiales con los cuales entra en contacto.

Decantación. Es una operación para separar líquidos de diferentes densidades, el proceso se lleva a cabo cuando los líquidos a separar reposan un lapso de tiempo para que se deformen las dos fases; cuando se logra esto se abren las válvulas del decantador para separara el líquido más denso y ligero.

Decapado. Tiene por objeto eliminar la capa incrustante de óxidos u otros materiales de las superficies metálicas. Consiste en la incandescencia e inmersión en un baño de ácido sulfúrico diluido de las materias a tratar, seguida de un baño de vapor, otro de ácido sulfúrico y por último de otro baño de agua para llegar a un secado.

Densidad (g/cm^3). Es la cantidad de una cualidad intrínseca de una sustancia por unidad de volumen.

Destilación. Es un proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla volátil por medio de transferencia simultánea de calor y masa.

Dieléctrico. Un aislante, material que puede colocarse entre dos electrodos sin que presente conducción.

Difracción. (rayos X) Desviación de haz de rayos X producida por átomos regularmente espaciados.

Disposición Final. Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

Dureza. Resistencia a la penetración

Ecología. Es el estudio de las acciones recíprocas entre sistemas vivos y su medio ambiente.

Ecosistema. Son los organismos vivos y la materia inerte con la que actúa en reciprocidad.

Elastómero. Polímero con una gran deformación. Esta deformación proviene del desenredamiento de la cadena polimérica.

Electrón. Partícula elemental, estable, de carga electronegativa.

Electrodo. Es el punto o superficie de contacto entre conductores y electrolíticos y metálicos.

Electrolito. Medio conductor a través del cual los iones se mueven constituyendo una corriente en una celda electroquímica.

Elongación(%). Alargamiento total, expresado en porcentaje de una probeta durante una prueba o ensayo de tensión, generalmente hasta la ruptura.

Emulsión. Suspensión permanente de dos líquidos inmiscibles, en presencia de un agente emulsivo; las partículas en suspensión son muy pequeñas, por lo general de una micra de diámetro.

Energía Cinética. Energía que posee un cuerpo en movimiento.

Enlace Covalente. Enlace interatómico creado cuando dos átomos adyacentes comparten un par de electrones.

Esfuerzo de Fluencia. Esfuerzo aplicado a un material que provoca una deformación plástica permanente.

Estequiometría. Es el cálculo de los pesos relativos de las sustancias en los compuestos que toman parte en una reacción química.

Estructura. Relaciones geométricas de los componentes de la materia.

Ética. Parte de la filosofía que trata de la moral y las obligaciones del hombre.

Evaporación. En esta operación es necesario dar calor a la ebullición para que llegue a su temperatura de ebullición, y proporcionar el calor suficiente para que se evapore la disolución.

Explosivo. Químico que causa repentinamente, casi instantáneamente liberación de energía, gas, presión, y calor cuando es sujeto a un estímulo repentino, de calor o altas temperaturas.

Filtración. Es la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio poroso.

Filtro. Materia porosa a través de la cual se hace pasar un líquido para depurarlo.

Fluorescencia. Luminiscencia que ocurre inmediatamente después de una oxidación.

Fotón. Es un cuanto de luz.

Fotoquímico. Parte de la química que estudia las relaciones entre las radiaciones y reacciones químicas.

Fusión. (calor de) Energía térmica necesaria para fundir un sólido cristalino.

Hidrofóbico. Sustancias no compatibles con el agua.

Hidrólisis. Descomposición de una sustancia por reacción con el agua.

Hule. Es un material polimérico con una elevada deformación elástica de procedencia.

Incineración. Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada.

Inflamable.

Ion. Es un átomo que posee carga debido a que ha adquirido o cedido electrones.

Ionización. Proceso de extracción (o adición) de electrones a átomos neutros.

Irritante. Cualquier químico que no es corrosivo, pero que causa una inflamación reversible en tejidos vivos por acción química en el sitio de contacto.

Lixiviación. Es la transferencia de un componente soluble de un sólido a un disolvente adecuado.

Longitud de Onda. Distancia entre dos puntos correspondientes a una misma fase en dos ondas consecutivas.

Mero. La unidad repetitiva más pequeña en un polímero.

Metal. Grupo de materiales que presentan características generales de buena ductilidad, resistencia mecánica y conductividad eléctrica y térmica.

Modulo de Elasticidad. Esfuerzo por deformación unitaria.

Molécula. Grupos finitos de átomos unidos por fuerzas de atracción intensas. El enlace entre moléculas es débil.

Ondas electromagnéticas. Ondas producidas en fenómenos de tipo electromagnético que se propagan a la velocidad de la luz.

Orbital. Probabilidades ondulatorias de los electrones atómicos y moleculares.

Osmosis. Es el transporte de masa de disolvente a través de una membrana semipermeable desde una solución diluida hacia una mayor concentración.

Oxidación. Reacción de un metal con un oxígeno para producir un óxido metálico. Esto ocurre con más frecuencia en hidrólisis a altas temperaturas.

pH. Abreviatura que indica la acidez de una disolución. Son ácidas las soluciones de pH entre 0 y 7 ; alcalinas entre 7 y 14; neutras, aquellas cuyo pH es 7.

Plásticos. Materiales formados predominantemente por elementos o compuesto no metálicos (vease polimeros). Resinas orgánicas moldeables.

Poliéster. Polímero con segmento.

Polimerización por adición. Es aquella polimerización que se realiza por adición secuencial de monómeros.

Polímero. Material no metálico formado por macromoléculas (grandes) compuestas de muchas unidades repetitivas; el término técnico para plásticos.

Polímero por Adición. Cadenas de polímeros constituidas por monómeros de adición, sin crear un producto secundario.

Polimerización por Condensación. Cadenas de polímeros constituidas por una reacción química entre dos o más moléculas, produciendo un producto secundario.

Propiedades. Atributos cuantitativos de los materiales, Ej. densidad, resistencia, conductividad.

Radiología. Ciencia que trata de las radiaciones en cuanto pueden ser aplicadas, al pronóstico, diagnóstico o tratamiento de las enfermedades.

Rayos X. Radiación electromagnética producida por cambios en la estructura electrónica de los átomos.

Reactivo. Es aquella sustancia que al entrar en contacto con aire o agua, o a causa de un movimiento, sufre cambios químicos y físicos que pueden estar acompañados por la liberación repentina de energía. Esta energía puede ir desde la efervescencia hasta una explosión violenta.

Reciclaje. Método de tratamiento que consiste en la transformación de residuos con fines productivos.

Recolección. Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final.

Reducción. Eliminación de oxígeno de un óxido; la disminución en el nivel de valencia de un elemento.

Resistencia. Resistencia a los esfuerzos mecánicos.

Resistencia al Impacto. Una medida de la energía necesaria para que se produzca falla mecánica.

Resistencia a la tensión. Esfuerzo que corresponde a la carga máxima en una prueba de tensión.

Resistencia a la Ruptura. Esfuerzo en la fractura.

Reuso. Proceso de utilización de los residuos peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

Roentgen. El Roentgen (R) es una medida de exposición a la radiación usada tanto en rayos X como gamma. Un R produce 2.08×10^9 iones pares en /ml de aire. El miliroentgen (mR) es la unidad usual en radiación de bajo nivel.

Solución. Una sola fase que contiene más de un componente.

Solvente. El componente mayoritario de una solución.

Tamaño de Grano. Diámetro de grano estadístico en una sección transversal al azar.

Tenacidad. Una medida de la energía necesaria para que se produzca falla mecánica.

Termoestables. Grupo especial de polímeros que normalmente son muy frágiles.

Termoplásticos. Plásticos que se ablandan y que pueden moldearse por efecto del calor. Se endurecen por enfriamiento, pero reablandan nuevamente durante ciclos de calentamiento subsecuentes.

Trabajo Mecánico. Conformación por medio de fuerza.

Tóxico. Cualquier sustancia que causa daño a tejido vivo, deterioro del sistema nervioso central, enfermedad severa, y en casos extremos la muerte.

20. BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz Suarez Dante Sergio. Propuesta de un Programa de Seguridad, Control y Manejo de Materiales de uso cotidiana, Altamente contaminantes en la Práctica Odontológica. Tesis, México D.F. 1996, UNAM.
2. Rita A. Mason, Guía para la Radilología Dental. Cap.3pág. 14- 17, Cap.4pág.22.,Cap.5 pp.32.Edit. El Manual Moderno S.A. 1979
3. Paul W Gonz Bb., D.D.S., Sm., Radiología Oral, Principios e Interpretación, Cap.5 pp. 79-96, Cap.7 pp.107,11,120-122.3ra Edit Mosby/Doyma Libros 1995.
4. H. Guy Poyton. Radiología Bucal,Cap.2 pp. 1- 25, Edit Interamericana 1992 .
5. Louis J.Boucher,Odontología: Guía para el Exámen Profesional, Cap.24 pp.654,Edit.Interamericana S.A. de C.V. 1982.
6. Arthur Wvehrmann D.N.O., A.B., Radiologia Total.Cap.1 pp.24-26, 33-34.Cap. 10 pp.241-243,Cap.9 pp. 231.Edit Salvat 1983 3ra Ed.
7. P.H.D,M.SC. Y J.A RHYS,M.SC.,A.R.I.C.,F.P.I., Polyesters Vol I,Saturated Polymers,I Goodman Published for The Plastics Institute 1965;New York,Cap.1 pp.7,9.
8. Bjorksten Research Laboratories, Inc., Polyesters and their aplications,Madison Wisconsin 1956, Edit. Reinhold Publishing Corporation,Cap.I pp. 215-223.
9. Friedrich Anton Pasler, Radiología Odontológica,Cap.1 pp116, Cap.2 pp.26-35 Edit.Interamericana 1986.
10. Stafne,Diagnóstico Radilógico en Odontología.Cap.25 Cap. 25 pp. 469-476. Edit. Médica Panamericana S.A. 1987.

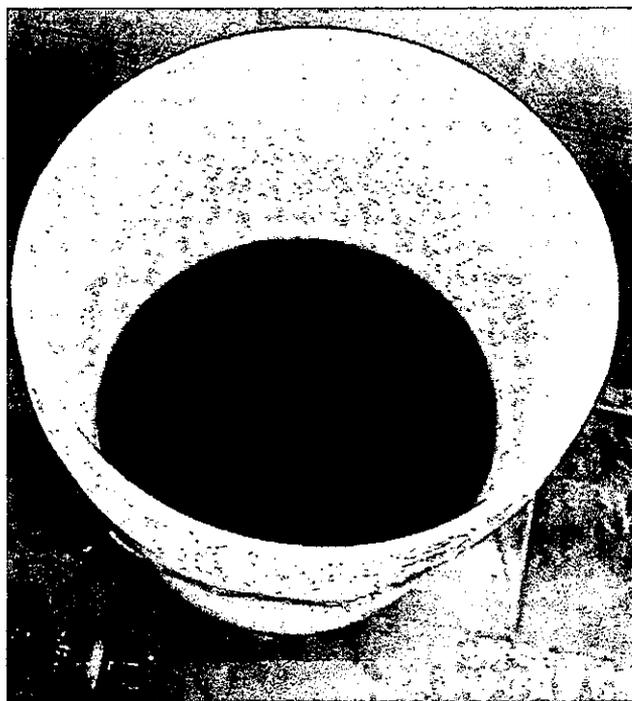
11. Recaredo A. Gómez Mataldi, Radiología Odontológica, Edit. Mundi S.A.I.C. y F. 1979, Cap. 2, pp. 16-20, 22.
12. Arthur D. Little, Inc., Photoprocessing Industry Report to California Department of Health Services, Alternative Technology Section, Toxic Substances Control Division. Calif. DHS. 1989^a Waste Audit Study
13. Jacobs Engineering Group, Commercial Printing Industry. Report to California Department of Health Service Alternative Technology Section, Toxic Substances Control Division Calif. DHS. 1988. Waste Audit Study
14. Henn, R.W. Development and after process. In: Neblette's Handbook of photography. 1977; 7th Edit., pp. 113-126. Van Nostrand.
15. Locker, D.J.; Photography In: Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 1972., 3rd Ed. Vol. 17. pp. 611-656.
16. Umberger, J.Q.. Photographic Chemistry In: SPSE Handbook Photographic Science and Engineering. 1973; pp. 501-591. John Wiley and Sons
17. Eastman Kodak Company.. Recovering Silver from Photographic Materials. Publication J-1; 1980b.
18. USEPA., Waste Minimization Opportunity Assessment Manual Hazardous Waste Engineering. Research Laboratory, Cincinnati 1988, Ohio, EPA/7-88/003, pp. 251-267.
19. Curso de Odontología, Salud y Medio Ambiente Memorias. Facultad de Odontología. Sistema Universitario Abierto., UNAM Mayo-Junio 1995.
20. Caracterización y Muestreo de Materiales y Residuos Peligrosos CRETIB Cap. 1 pp. 1-3, Cap. 3 pp. 21-34.

21. Norma ISSTE/HR/001-94: Manejo de los Residuos Sólidos en Hospitales Regionales, Cap3 pp 12.
22. Eastman Kodak Company.Choices-choosing The Right Silver, Recovery Method for your needs. 1989c.Publication J-21.
23. Freeman,H.M.1990.Hazardous Waste Minimization.McGraw-H,11publishing Co.,pp. 123-124.
- 24 <http://www.ine.gob.mx/dgra/normas/respellindex.html>.Presentacióny Síntesis,pp.12.26/05/00.
25. Diario Oficial de la Federación,7-Nov.-95.Normas Oficiales Mexicanas para la Protección Ambiental NOM-087-ECOL-93 (Aclaración: 7/Marzo/97)pp. 3-4.26/05/00:
26. <http://www.ine.gob.mx/dgra/normas/res-pellindex.html>. Aspectos Jurídicos-Normativos y Cumplimiento de la Ley. pp.1.26/05/00.
27. <http://www.ine.gob.mx/dgra/normas/respellindex.html>.NormasparalaProtecciónAmbiental. 26/05/00.
28. Lawrence H. Van Black, Materiales para Ingeniería, ,1982 Edit Continental,S.A. de C.V.México.Cap.2 pp.87.
29. ,Donald R. Askenland, La Ciencia e Ingeniería de los Materiales Grupo Editorial Iberoamerica S.A. de C.V. México 1987,Cap.12 pp.328,329.
30. PolyRed User`s Manual.Polimerization Research Engineering Research Group, Published for Wisconsin University1995.Cap.3. pp. 115-120.
31. George Odian, Principles of Polimerization,2Ed. John Wiley & Sons 1991.Cap.1. pp.13.

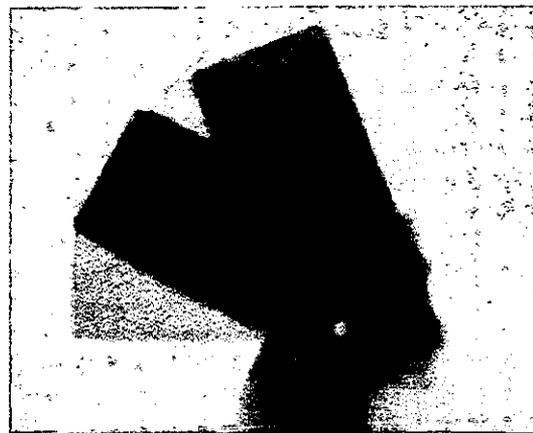
32. <http://Kodak.com/country/US/en/corp/enviroment/program/supply>. Supply Chain Operations & Manufacturing,29/05/00.
33. <http://Kodak.com/country/US/en/corpEnvitorpt/bedrock3EnviromentalLeadership>,29/05/00
34. <http://Kodak.com/country/US/en/corp/enviroment/1998/kodakpark/pollutionPrev>. Pollution Prevention and Waste Minimization,29/05/00.
35. <http://www.unam.mx/EI> Economista,Nota,8/06/00.

21. ANEXO

* De las 44 radiografías no se eliminó la emulsión completamente debido a que la solución estaba muy saturada como se puede observar en la cubeta.

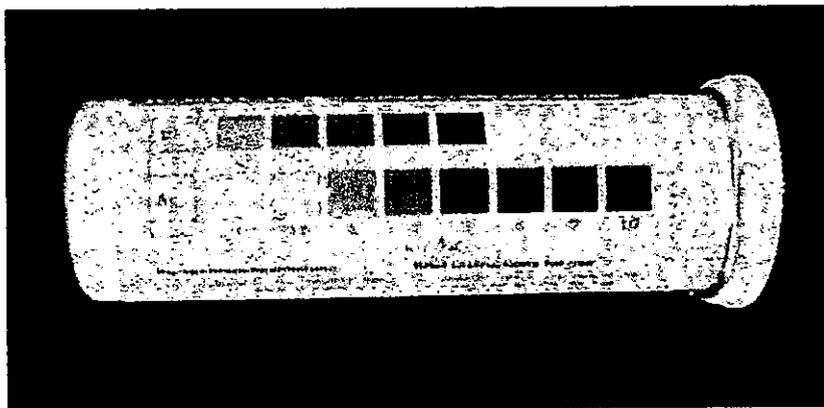


(Fig. 19) Nos muestra la saturación de la solución.

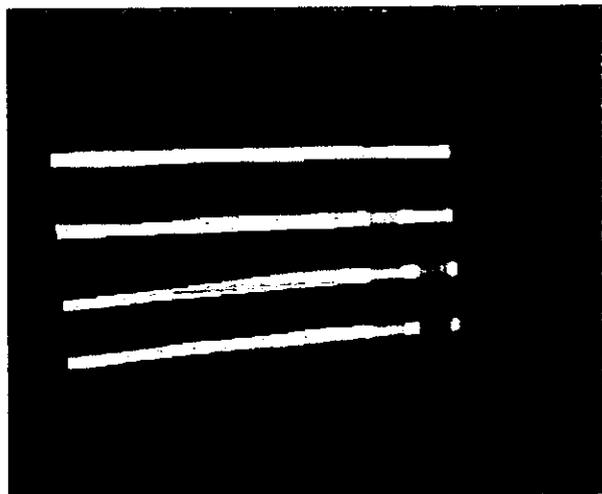


(Fig. 20) El tereftalato de polietileno es una base de color azul como se observa en la figura así queda una vez eliminada la emulsión.

* Después de esto se procedió a medir la disolución con las pajillas indicadoras, dándonos los resultados anteriormente descritos. Sumergiendo la pajilla por 1 segundo dentro de la disolución se retira el exceso de líquido y se compara con el colorímetro después de 30 segundos.



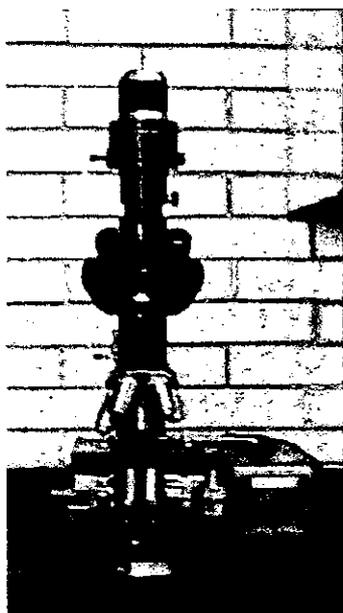
(Fig. 21). Colorímetro con el que se compararon las pajillas indicadoras.



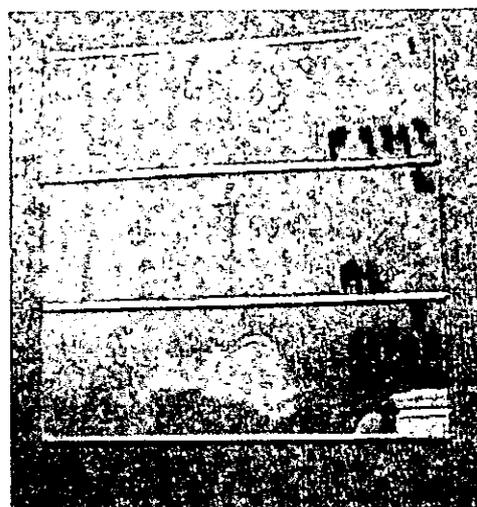
(Fig.22) pajillas indicadoras, en orden ascendente de arriba hacia abajo la primera tiene 0g/L Ag y un pH de 4, la segunda tiene un pH de 7 y 0g/L Ag, la tercera tiene un pH de 8 y 7g/L Ag y la cuarta tiene un pH de 8 y 8g/L

Ag.

* Se realiza una preparación de la emulsión que se formo para comprobar la existencia de haluros de plata y bromuros de plata, tomando fotos al microscopio metalográfico y comparando las microfotografías tomadas con las que la literatura presenta. (3)

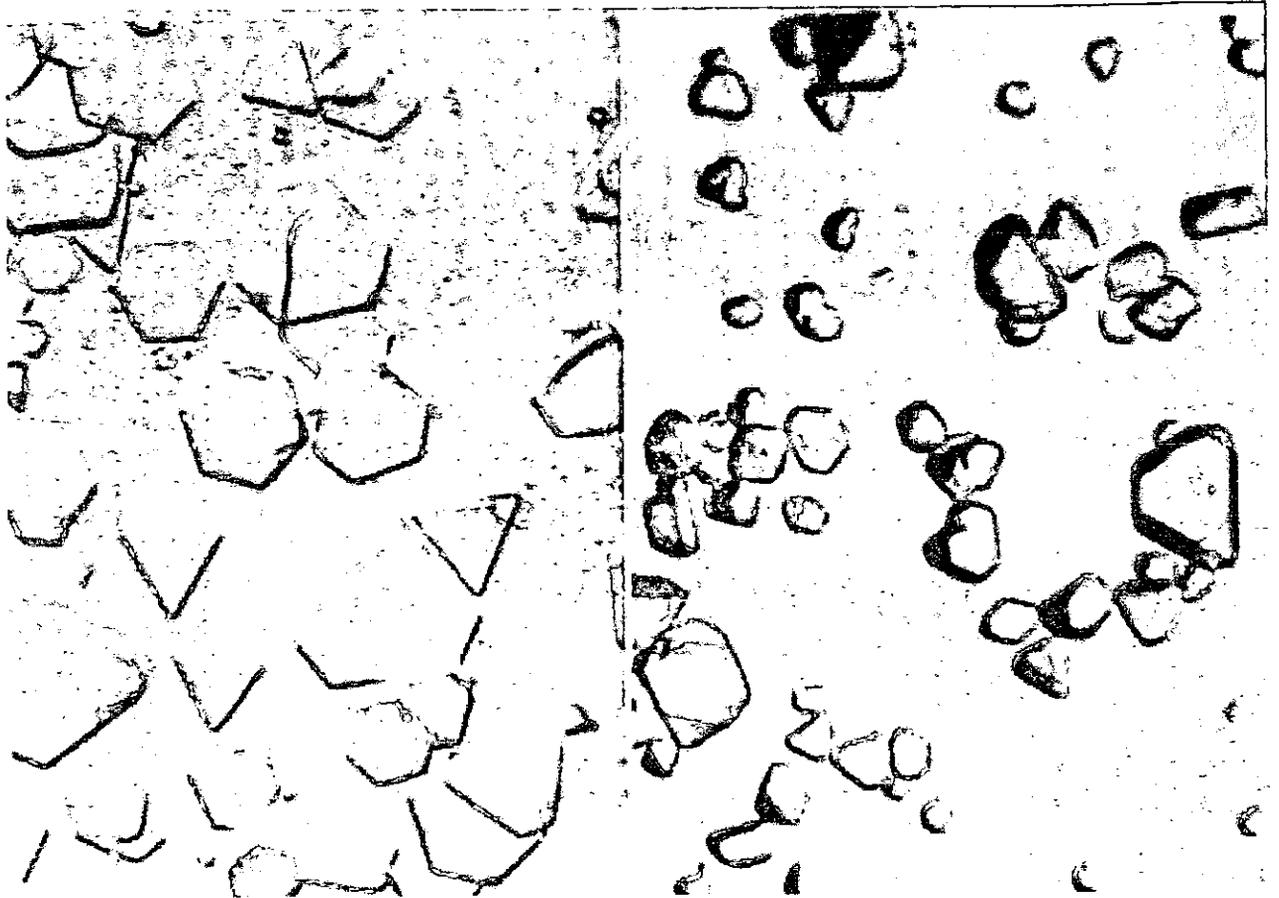


(Fig. 23) Microscopio Metalográfico.



(Fig. 24) Porta objetos con preparación tomado de la disolución.

Se tomaron varias fotografías a diferentes aumentos con el fin de tener una mejor prueba de la existencia de haluros de plata y bromuros de plata de las películas radiográficas. La siguiente fotografía fue tomada de la literatura sirviendo como parámetro, con las tomadas durante la investigación.



(Fig. 25) Los granos T de haluro de plata en una emulsión de película T-Mat, **A**, son mayores y más planos que los cristales más gruesos y menores en una emulsión de película convencional, **B**. Nótese que las superficies planas de los granos T están orientadas paralelas a la superficie a la superficie de la película, frente a la superficie de la película, frente a la fuente de radiación.(Cortesía de Eastman Kodak, Rochester NY.) (3)



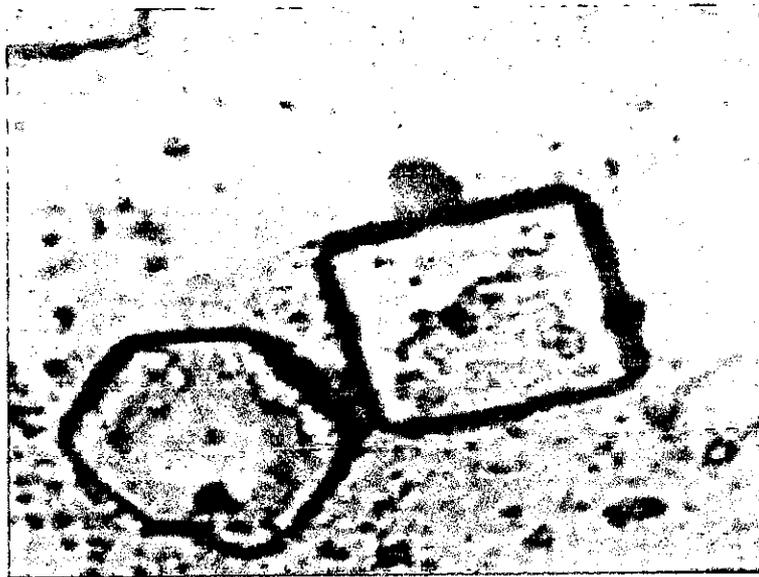
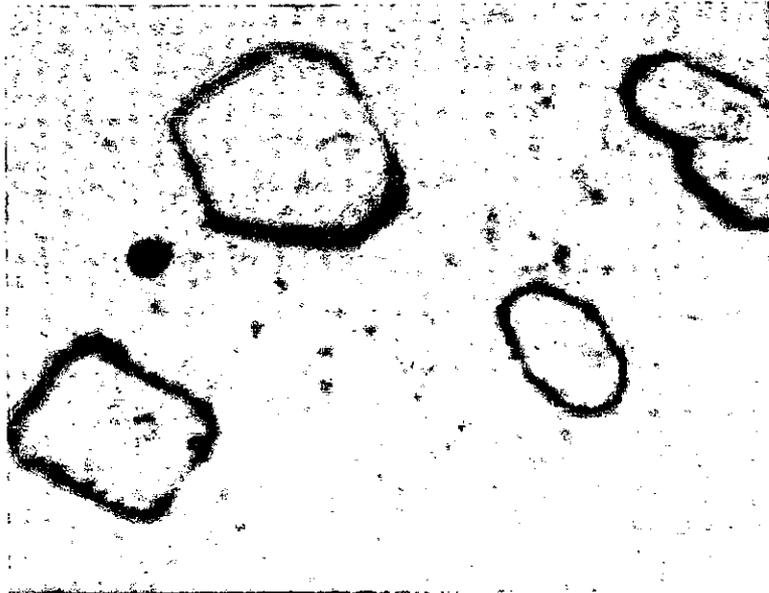
(Fig. 26) Tomada a 500x (10seg.) de las muestras de prueba.



(Fig. 27) Tomada a 500x (10seg.) Esta fotografía se tomo de la muestra #1 que contenía radiografías periapicales en 60ml de agua y 1.5 ml. De hipoclorito al 6%.



(Fig.28) Frascos de pruebas piloto de izq. a der. frasco #1
60ml.de agua y 1.5ml de hipoclorito(6%), frasco #2 60ml. de agua y 3ml. de hipoclorito(6%), frasco #3 60ml. de
agua y 5ml. de hipoclorito (6%).



(Fig.29 y 30) Tomadas a 1000x de la disolución de la cubeta.

b) FILTRACIÓN

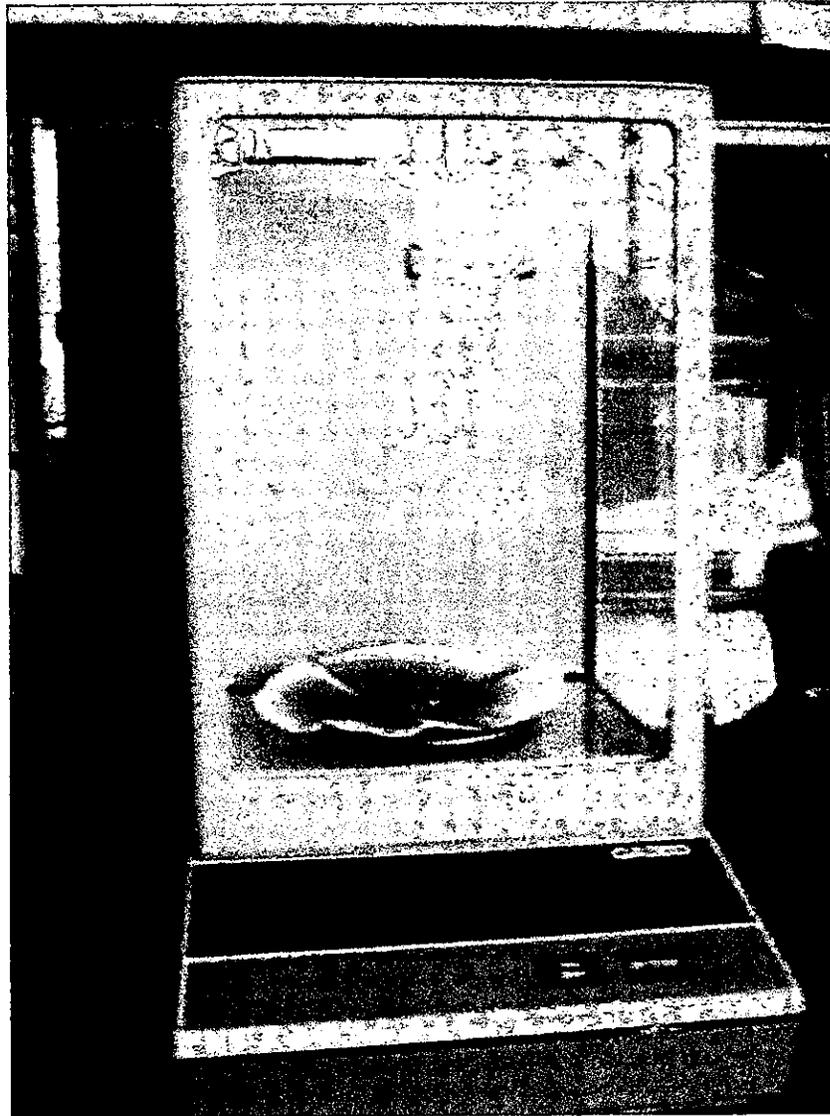
Es la separación de sólidos de un líquido y se efectuó haciendo pasar el líquido a través del medio poroso en este caso papel filtro. Los sólidos, la plata y algunos cristales de hipoclorito, quedan detenidos en la superficie del papel filtro.



(Fig. 31) El filtro con la disolución de plata, en la superficie se observa los residuos de plata y en el matraz los residuos filtrados.

PESADO

Una vez filtrada y evaporada la disolución continuamos con el pesado del papel filtro el que no tenía residuos, para usarlo como parámetro, como los que tenían la plata, comparando así los diferentes pesos obtenidos.



(Fig.32) Balanza con papel filtro de superficie cubierta por plata.

b) EVAPORACIÓN

En esta operación es necesario dar calor a la disolución para que llegue a su temperatura de ebullición y proporcionar el calor suficiente para que se evapore la disolución. En la evaporación la disolución concentrada es el producto final deseado en este caso la plata y cristales del hipoclorito. Para esto se colocó la disolución en un recipiente de vidrio con un papel filtro al fondo del recipiente, el cual se metió después al horno de vacío por cuatro horas a 55° C de vacío.

En este proceso se quemó el papel filtro, además que por contener la solución hipoclorito es un tanto tóxico además de que al quemarse nos impidió la recuperación de plata.

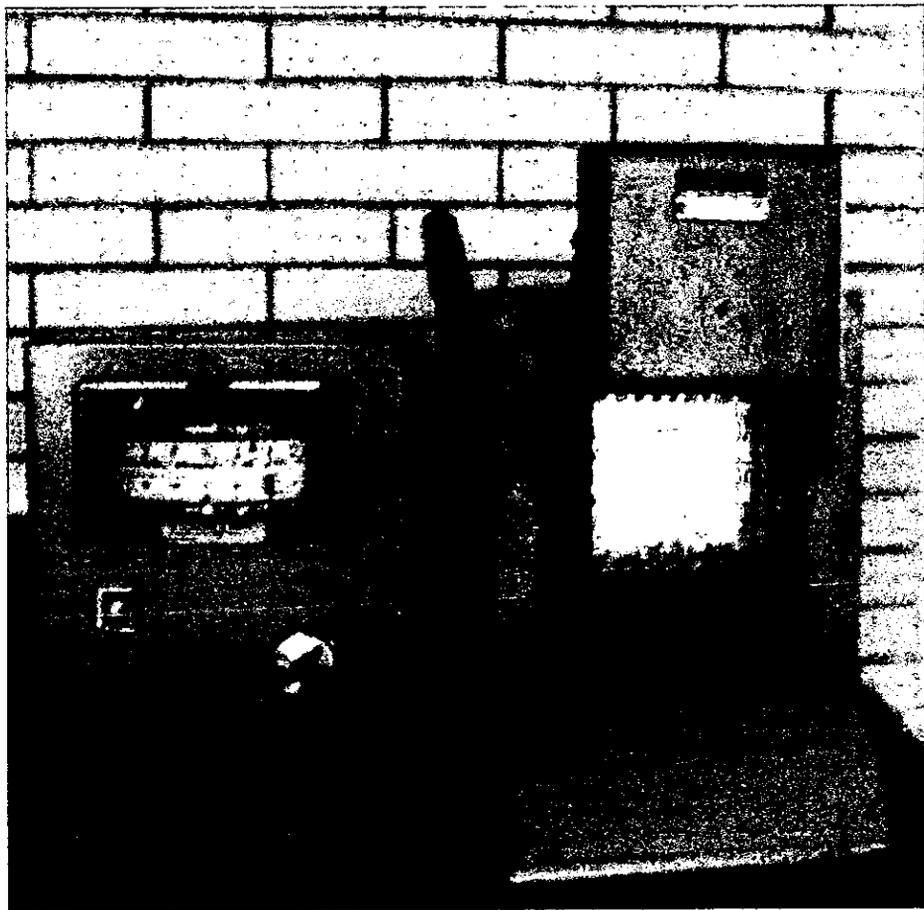
El papel al llevar cuatro horas de estar en el horno se quemó , así como la plata que estaba ahí . Este método resulta peligroso pues los gases que despiden al evaporarse la disolución son en su mayoría de cloro los que producen daños a la salud como irritación en la nariz, tos, etc.



(Fig. 33) Recipiente de vidrio con papel filtro quemado y plata quemada.

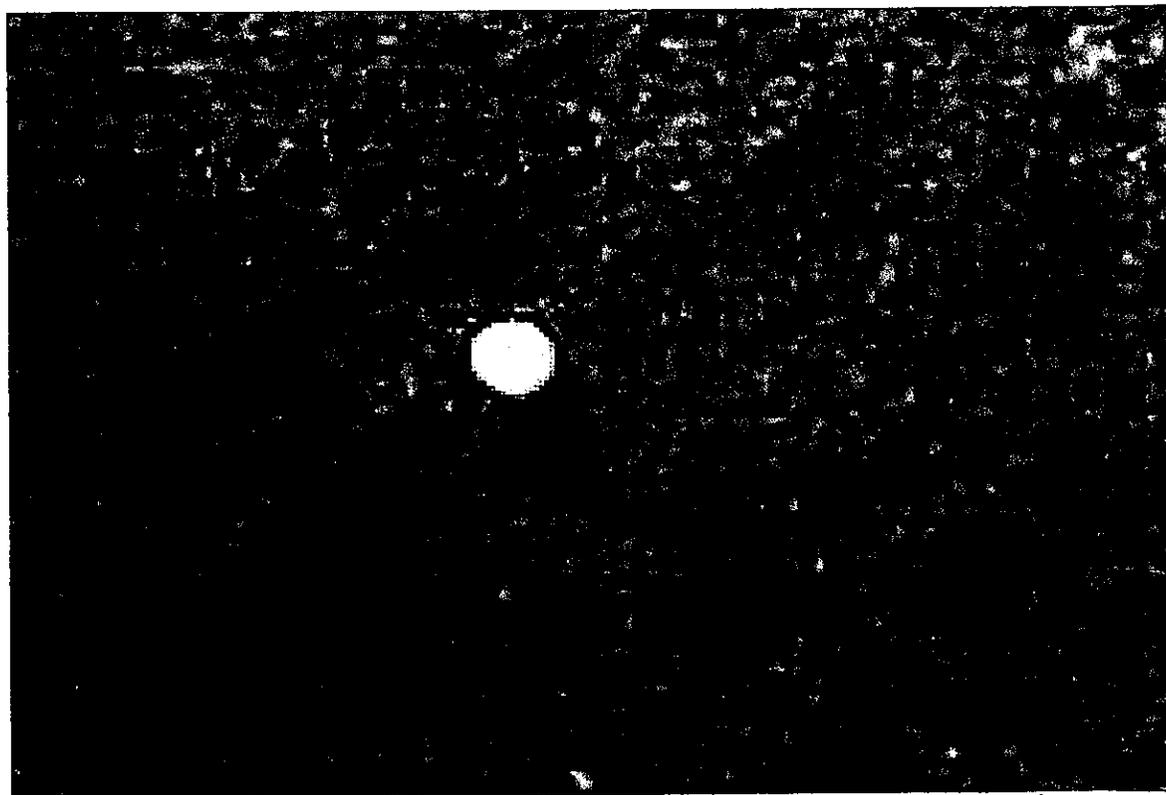
d) FUNDICIÓN

Es el proceso de fusión en el cual los materiales que se forman conforme se suceden las reacciones químicas, se esperan en dos o más capas. La fundición con frecuencia se lleva implícita una etapa previa de tostación en el mismo horno. Dos de las capas más importantes que se forman la fundición son el metal fundido y materiales de desecho. En el primero está formado en su totalidad por un metal. En este caso utilizamos un horno a 960°C pues es el punto de fusión de la plata, por cinco horas logrando así su fusión.



(Fig.34) Horno de desencerado, en el que se fundió la plata.

Los resultados nos muestran que si hay una recuperación de plata, acorde a la cantidad que contiene cada película radiográfica. Si se realizará de forma industrial se obtendría una mayor cantidad.



(Fig. 35) Plata recuperada de las películas radiográficas