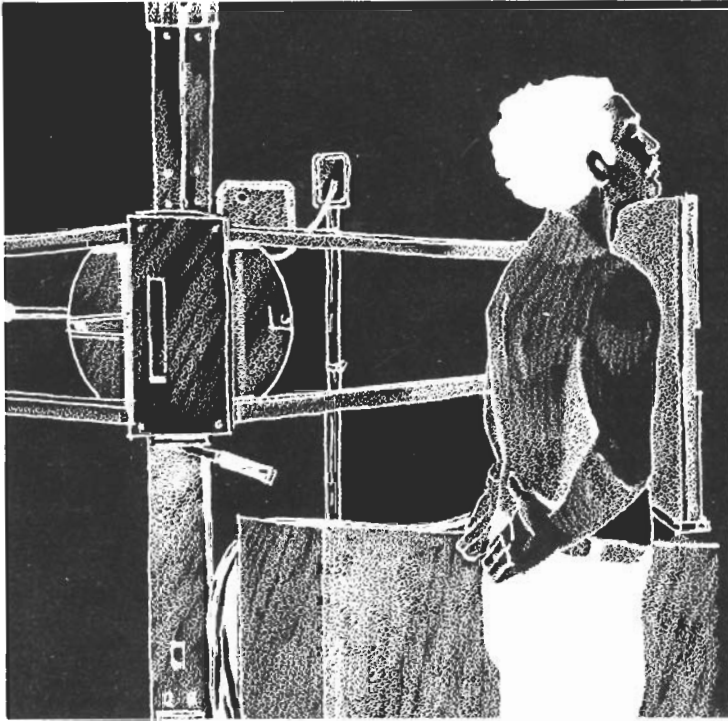


LA RADIOLOGIA Y LA ATENCION MEDICA PRIMARIA

P.E.S. Palmer



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

1978



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
525 Twenty-Third Street, N.W.
Washington, D.C. 20037, E.U.A.

**LA RADIOLOGIA
Y LA ATENCION MEDICA
PRIMARIA**

P.E.S. Palmer

1978

Publicación Científica No. 357

CONTENIDO

Introducción	1
Radiología de atención primaria: necesidad, localización, costo, planificación.....	2
Diseño, locales, material y suministro eléctrico de las salas de radiología, cámaras oscuras y oficinas	8
Protección contra las radiaciones: los locales, el paciente y el personal de radiología	16
Suministro de electricidad, selección de equipo, diseño, especificaciones y accesorios	21
Cámara oscura: chasis, pantallas, películas, equipo y revelado	38
Disposición de la sala de radiología y la cámara oscura	55
Capacitación de personal y mantenimiento de equipo	57

INTRODUCCION

Este manual se preparó en el convencimiento de que las instalaciones radiológicas sencillas para el diagnóstico pueden desempeñar una función muy valiosa en la asistencia médica de las poblaciones rurales. Se pretende demostrar que no es necesario que estas instalaciones sean costosas en lo que se refiere a locales o inversiones, que puede elegirse un equipo fácil de utilizar y que no se requiere un adiestramiento prolongado. Además la rapidez y eficacia con que los pacientes reciben tratamiento y se reincorporan al hogar o al trabajo, y la prevención de la propagación de enfermedades infecciosas identificadas primero con una radiografía torácica, compensarán con creces el costo.

Cabe preguntar si existen cifras que respalden este argumento. Se ha calculado que solo una tercera parte de la población mundial tiene acceso a la radiología para el diagnóstico, lo que probablemente es cierto. Por ejemplo, la encuesta realizada por la Organización Mundial de la Salud en el Oriente Medio a fines del decenio de 1960 reveló que en 10 países, con una población total de 50 millones de habitantes, había una unidad de diagnóstico por cada 70,000 personas. Una encuesta semejante llevada a cabo en América Latina en 1973, que abarcó a 180 millones de personas en 20 países, indicó un promedio de una instalación radiológica por 13,000 habitantes. Esas cifras han de compararse con las correspondientes a los Estados Unidos de América donde la proporción es de una instalación radiodiagnóstica por 1,800 personas. Pero incluso estas cifras se prestan a confusiones porque no muestran que la mayoría de las unidades radiológicas se concentran en las ciudades grandes y que en muchos países, aun en los que disponen de esos aparatos en el medio rural, en cualquier momento que sea, la proporción de los que están averiados llega hasta al 30%. Aproximadamente la mitad de la población de muchos países habita en zonas rurales (por ejemplo, América Latina y el Caribe), y alrededor de la mitad de los hospitales rurales de esas zonas no cuentan con aparatos de rayos X.

El médico que posee experiencia práctica en hospitales de atención médica primaria del medio rural conoce muy bien el valor de un aparato de rayos X y sabe que con mucha frecuencia esos aparatos están mal elegidos y resultan insatisfactorios por numerosas razones. Y sin embargo en el ejercicio de la profesión en las zonas rurales se observa que la mayoría de los pacientes sufren traumatismos, enfermedades del tórax y, en menor medida, afecciones abdominales agudas. El 80% o más de los enfermos podrían recibir un tratamiento

más apropiado después de un simple examen radiológico. Gracias a la tecnología moderna pueden producirse ciertos aparatos y técnicas radiológicas que permiten al personal auxiliar obtener radiografías de calidad constantemente aceptable y, lo que es tan importante, conservar y mantener en buen funcionamiento ese equipo.

Esta guía ofrece en términos simples toda la información necesaria para establecer instalaciones radiológicas en un hospital o consultorio rural o aislado. Se presentan varias opciones, de suerte que pueda hacerse la selección teniendo debidamente en cuenta las condiciones locales. También se incluyen normas sencillas de protección contra las radiaciones. Se ha procurado que todo el material sea lo más básico, sencillo y económico posible, y para casi todo puede utilizarse mano de obra y expertos locales, salvo el aparato de rayos X propiamente dicho y el equipo de revelado. También se sugiere la manera en que puede capacitarse al personal local, y se ofrece orientación para seleccionar el equipo radiológico.

Este folleto pretende únicamente servir de ayuda para la instalación de un aparato de rayos X para uso de un hospital o consultorio. A medida que aumenta el volumen de trabajo y sean más complejos los exámenes se necesitará un procedimiento distinto, pero ya entonces se habrán resuelto en un 80% o más los problemas de simple diagnóstico, y la mayoría de la población estará recibiendo la asistencia que merece, no como un privilegio sino como un derecho.

Se espera que este manual se convertirá en guía modelo de los administradores y planificadores de salud pública que participan en el diseño de pequeños hospitales, actualmente en proceso de planificación o construcción, para garantizar la prestación de servicios globales de salud a las comunidades todavía no atendidas de las zonas rurales y urbanas.

Se están preparando otros manuales semejantes sobre técnicas radiológicas y radiología básica para completar la serie.

RADIOLOGIA DE LA ATENCION PRIMARIA: NECESIDAD, LOCALIZACION, COSTO, PLANIFICACION

Instalaciones radiológicas de atención primaria

Estas instalaciones consisten en un sistema completo de rayos X para tomar radiografías en consultorios y hospitales rurales o aislados. (Los que se describen como de grado C y de grado D sin fluoroscopia.)

¿Por qué necesitan servicios de radiología las poblaciones rurales?

La mayoría de los problemas de salud de las poblaciones rurales se re-

fieren a traumatismos y enfermedades infecciosas. La mayor parte de los padecimientos se pueden tratar en un hospital o consultorio local, siempre que el diagnóstico sea exacto. Resulta más económico y eficaz tratar al paciente cerca de su domicilio que hacerle un diagnóstico erróneo o enviarlo a un hospital importante cuando la afección es relativamente simple. Por ejemplo, en el caso de una fractura, si se diagnostica inmediatamente con una radiografía, se puede proceder a la realineación y tratamiento debidos, ir verificando el proceso de curación y el paciente puede reincorporarse con más rapidez y eficacia a su trabajo, con un mínimo de invalidez. Solo las fracturas que no progresan de manera satisfactoria o que son realmente difíciles necesitan ser atendidas en un centro más importante.

Del mismo modo, el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del tórax son mucho más exactos cuando se basan en la radiografía en lugar del simple estetoscopio. Las infecciones torácicas, como la neumonía y la tuberculosis, constituyen una causa común de enfermedad aguda y crónica y de padecimientos recurrentes. En especial, la tuberculosis es una enfermedad común en la colectividad que tiene importancia para la salud pública y la economía. Con la ayuda de la radiografía, que permite distinguir entre una neumonía simple y la tuberculosis, se puede administrar el tratamiento preciso para cualquiera de esas afecciones. Además esta atención médica reduce la propagación de enfermedades y mejora el estado general de salud de la población.

La inversión en instalaciones de rayos X producirá un buen rendimiento a través de los años en forma de un diagnóstico rápido, tratamiento más eficaz, progresos en materia de salud pública y mejoramiento de la salud de la comunidad.

Enfermedades que pueden examinarse en una instalación radiológica de atención primaria

En el medio rural, la mayoría de los pacientes que consultan con el médico de atención primaria sufren traumatismos, enfermedades del tórax y afecciones abdominales agudas. Predominan entre estas condiciones los traumatismos de las extremidades y las enfermedades del tórax. Al 80% de estos casos le favorecerá el examen radiológico.

A continuación figura una lista breve e incompleta de ciertas afecciones para las que es útil el examen radiológico de atención primaria.

Traumatismos

Todas las fracturas de las extremidades: manos, brazos, hombros, caderas, piernas y pies.

Lesiones de la columna vertebral.

Lesiones craneales: hundimiento y fractura compuesta de los huesos del cráneo.

Fracturas de los huesos faciales y las mandíbulas.

Fractura de las costillas.

Tórax

Neumonía y todas las infecciones pulmonares agudas.

Tuberculosis y todas las infecciones pulmonares crónicas, especialmente la histoplasmosis, los hongos y las micosis.

Neumotórax traumático o espontáneo.

Efusiones pleurales: agudas, tuberculosas y amibianas. Empiema.

Efusiones debidas a insuficiencia cardiaca.

Abceso pulmonar: piógeno, amibiano, tuberculoso o fúngico.

Asma y enfisema.

Insuficiencia cardiaca: enfermedades valvulares específicas, miocarditis.

Pericarditis tuberculosa.

Aneurismas aórticos y enfermedad de la aorta.

Linfadenopatía del mediastino: linfoma, enfermedad de Hodgkin.

Carcinoma del pulmón.

Abdomen

Obstrucción intestinal aguda. Diferenciación entre las obstrucciones del intestino delgado y el grueso.

Embarazo: posición, anomalías fetales, embarazo múltiple.

Cálculos renales o vesicales.

Colelitiasis.

Abceso hepático y hepatomegalia.

Abcesos esplénicos.

Calcificación vesical (esquistosomiasis).

Pancreatitis crónica con calcificación.

Parásitos de los tejidos blandos calcificados.

Después de la inyección de material de contraste, enfermedades renales mayores y enfermedades de la vesícula biliar.

Afecciones diversas

Sinusitis.

Osteomielitis aguda o crónica.

Artritis: piógena, tuberculoide, reumatoide, etc.

Gangrena gaseosa.

Anomalías congénitas y afecciones endocrinas.

Deficiencias dietéticas.

Escorbuto, raquitismo.

Esta lista no está completa, y hay otras muchas condiciones en que la radiografía primaria serviría de ayuda al médico y al paciente.

Enfermedades que NO puede diagnosticar la radiología de atención primaria

- Enfermedades del tubo digestivo: disentería de cualquier clase.
 - Ulceración péptica.
 - Colitis.
 - Enfermedades malignas del tubo digestivo.
 - Cirrosis.
 - Vermes o parásitos intestinales.
- El cerebro. Hemorragia cerebral.
 - Hemorragia subaracnoide.
 - Tumor cerebral.
- Enfermedades vasculares y de los ganglios linfáticos.
 - Embolos periféricos.
 - Trombosis venosa.
 - Filariasis.
 - Aneurismas periféricos (salvo que estén calcificados).

Esta lista no está completa, pero el diagnóstico de esas afecciones requiere un equipo radiológico más complicado.

Localización de un servicio radiológico de atención primaria

No se pueden formular directrices absolutas a este respecto porque las condiciones del lugar de que se trate impondrán variaciones, aparte de que posiblemente surgirán numerosos factores significativos. Ahora bien, en general, serán aplicables las normas siguientes:

A. Debe disponerse de los servicios de un médico asignado al propio hospital o consultorio o que visite con regularidad siete veces por semana (grado C-D).

B. El servicio debe ser fácilmente accesible a los pacientes que lo necesiten en lugares que abarquen una importante población.

i) Nadie debe estar obligado a recorrer más de 50 km para llegar a la unidad; si la distancia es mayor los pacientes no comparecerán.

ii) Debe atenderse a una población de 10,000 habitantes o más.

iii) El servicio debe ser accesible durante todo el año.

iv) La comunicación telefónica con el centro de la zona y los medios de transporte deben ser satisfactorios.

C. Un servicio (que consista en un aparato de rayos X, su operador y una cámara oscura), puede atender a poblaciones de 10,000 a 100,000 habitantes.

Conviene, en la medida de lo posible, que solo practique cuatro exámenes por día, pero puede llegar a 25. Con la ayuda de otro técnico el mismo aparato y cámaras permitirán realizar 50 exámenes diarios.

¿Requerirá un equipo radiológico de atención primaria una formación especial y costosa de los médicos y otro personal?

Todos los médicos deben estar capacitados para interpretar la mayor parte de las radiografías tomadas en una instalación radiológica de atención primaria. Estas unidades constituirán una valiosa ayuda para diagnosticar enfermedades comunes, pero no las que son raras y confusas. El personal de radiología tendrá que recibir adiestramiento, pero no es difícil ni requiere mucho tiempo, sobre todo cuando se trata de personas que ya poseen ciertos conocimientos médicos básicos, como las enfermeras y las auxiliares (para el adiestramiento de este personal véase la pág. 57 y para el del médico la pág. 59). Se pueden preparar, etapa por etapa, manuales de funcionamiento de los aparatos y así se dispondrá de un apropiado material didáctico (1977).

Costo de unas instalaciones radiológicas de atención primaria

El costo exacto de esas instalaciones dependerá de las condiciones locales, el número de unidades adquiridas en cualquier momento y otras variables, pero no resultará tan elevado como podría parecer.

A. Los locales y las instalaciones de fontanería que se requieren son simples y para su construcción pueden utilizarse materiales y mano de obra locales (págs. 8-14).

B. El suministro eléctrico puede ser el del hospital o consultorio, y se ofrecen varias posibilidades. La adición de cables debe reducirse al mínimo (págs. 14-15).

C. El costo del equipo de rayos X oscilará entre EUA\$20,000 y \$25,000.

D. El equipo de la cámara oscura costará entre EUA\$5,000 y \$10,000 (1977).

Duración de este equipo

Con un volumen medio de trabajo de unos 10 exámenes diarios, o sean 3,000 al año, el equipo puede durar por lo menos 10 años y probablemente 15. Durante este período el costo de mantenimiento y de las piezas de repuesto no ha de ser excesivo.

Medidas que deben planearse para unas instalaciones radiológicas de atención primaria

Es posible que ciertos centros de salud, consultorios u hospitales existentes

constituyan el lugar ideal para unas instalaciones radiológicas de atención primaria, pero los cambios de población registrados desde que se construyeron aquellos locales pueden obligar a evaluar de nuevo la localización. También es preciso tener cierta idea del futuro crecimiento de la población. La disponibilidad de un médico o practicante bien capacitado es un requisito indispensable. Si durante la mayor parte del tiempo no se dispone de un médico o de un buen diagnosticador, una instalación radiológica de atención primaria representará un esfuerzo desperdiciado. De poco servirá al paciente una buena radiografía de una fractura o un caso activo de tuberculosis pulmonar en ausencia de una persona que pueda a) diagnosticar o b) tratar la enfermedad.

Organización de la planificación

- A. Examinar el mapa del país y el territorio de que se trate.
- B. Identificar la densidad y grupos de población.
- C. Marcar con un círculo las poblaciones de 10,000 habitantes o más en un radio de 50 km.
- D. Relacionar la población con las instalaciones de atención médica existentes.
- E. Relacionar la población con las carreteras, medios de transporte (autobuses, trenes, embarcaciones, etc.). Identificar cualquier obstáculo importante, como ríos desprovistos de puentes.
- F. Relacionar los posibles lugares para instalaciones de atención primaria con el hospital central y los depósitos de suministros y los principales centros regionales; determinar la facilidad de comunicación con estos centros, tanto en lo que se refiere a las personas como a los suministros.
- G. Identificar la población rural que NO tiene acceso a otros centros, independientemente de su densidad, y el número de habitantes que NO se beneficiarán del servicio.
- H. Localizar las densidades de población que excedan de 100,000 habitantes; tal vez se requieran dos unidades o dos centros, cada uno de ellos con una instalación radiológica.

Estos agrupamientos de población consistirían en:

i) Varios pueblos con un total de 100,000 habitantes, no muy separados. Hay que situar las instalaciones de atención primaria en el pueblo o centro comercial más importante, y con las mejores carreteras o servicio de autobús. La distancia máxima que debe recorrerse no ha de exceder de 30 km.

ii) Aldeas y pueblos mezclados, con una población total de 75,000 habitantes. El servicio de atención médica primaria debe estar situado en el sector más densamente poblado. La distancia máxima que debe recorrerse será de 40 km, más o menos.

iii) El promedio de habitantes rurales de granjas, poblados y pequeñas aldeas, que representen una población total de 50,000. El servicio de atención

primaria se situará en el mejor centro de comunicaciones (no necesariamente en la aldea central). Probablemente en la aldea más grande o entre las dos mayores. Distancia máxima que tenga que recorrerse, 50 km.

iv) Población rural dispersa, un total de 10,000 habitantes, sin acceso a otro servicio de atención médica primaria debido a la presencia de montañas o ríos y al mal estado de las carreteras. El servicio deberá situarse en el centro que, en todas las estaciones, sea el mejor. La distancia máxima que haya de recorrer será de 50 km, más o menos.

DISEÑO, LOCALES, MATERIAL Y SUMINISTRO ELECTRICO DE LAS SALAS DE RADIOLOGIA, CAMARAS OSCURAS Y OFICINAS

Localización de las instalaciones radiológicas de atención primaria en un complejo hospitalario existente o nuevo

Al considerar la selección del lugar no es necesario incluir, al principio, la protección radiológica. El lugar debe elegirse principalmente por su facilidad de acceso para todos los pacientes.

Los pacientes que acudan al servicio radiológico procederán de todos los sectores del hospital y consultorios anexos. En el caso de un pequeño hospital rural corriente (de \pm 50 camas) la mayoría de los pacientes irán a pie al servicio de radiografía o serán pacientes ambulatorios. Otros comparecerán en silla de ruedas y en alguna ocasión serán llevados en camilla o incluso en una cama. Por eso la sala de radiología debe ser de fácil acceso desde el hospital o el consultorio de pacientes ambulatorios. No debe haber escaleras ni cualquier otro obstáculo que impida el libre movimiento de las camillas o las sillas de ruedas. El acceso desde el servicio quirúrgico constituye otra ventaja más.

Es importante que todas las salas de radiología (esencialmente tres: sala de rayos X, cámara oscura y oficina/almacén) sean contiguas. Conviene disponer de abastecimiento de agua fría y, de ser posible, caliente. Si existe una red de suministro eléctrico, la sala de radiología no debe estar muy alejada del transformador del conductor principal.

Salas necesarias para unas instalaciones radiológicas de atención primaria

Se necesitan tres salas: a) la sala de rayos X; b) la cámara oscura, y c) la oficina/almacén.

Si escasean los locales, la oficina/almacén es la menos esencial de las tres salas, pero se deberá conseguir otro lugar en el hospital para guardar las películas de rayos X utilizadas y no utilizadas, las sustancias químicas, etc.

Dimensiones sugeridas para las diversas salas

La sala de rayos X deberá tener una superficie de 18 m² (dieciocho metros

cuadrados) como mínimo. Si todas las dimensiones pueden aumentarse un metro o dos, la sala sera mucho más apropiada.

La cámara oscura deberá medir 5 m² (cinco metros cuadrados) y también será más conveniente si se añade a todas las dimensiones un metro o más.

La superficie de la oficina/almacén debe ser por lo menos de 8 m² (ocho metros cuadrados) y resultará más cómoda si sus dimensiones se amplían en uno o dos metros más.

Cuanto menor sea el tamaño de la sala de radiología más protección contra las radiaciones tendrá que añadirse a la construcción: en muchos hospitales rurales resultará menos costoso construir un local más amplio que aumentar el grosor de las paredes o el empleo de materiales diferentes. Los factores limitantes en la configuración de la sala de radiología son el tamaño del equipo y la protección contra las radiaciones. Por estas razones no puede ser menor de 18 m².

Los factores limitantes en el diseño de la cámara oscura son el tamaño del equipo de revelado y la necesidad de trabajar en una oscuridad casi absoluta. Se necesita espacio para separar el sector "seco" del "húmedo" donde están las sustancias químicas del revelado y se secan las películas.

El factor limitante en el tamaño del local para oficina y almacén son los estantes que se necesiten para los registros, las sustancias químicas y películas no usadas. El número de películas que tendrán que guardarse continuará aumentando. La mayoría de los hospitales grandes conservan las películas durante unos cinco años a partir de la última visita del paciente. Los consultorios de atención primaria al servicio de una población más estable tal vez prefieran mantener por un tiempo más prolongado esas películas. Constituyen una parte esencial del expediente médico del paciente y resulta casi imposible disponer de un espacio de la magnitud que se requiere.

La relación de las tres salas de radiología

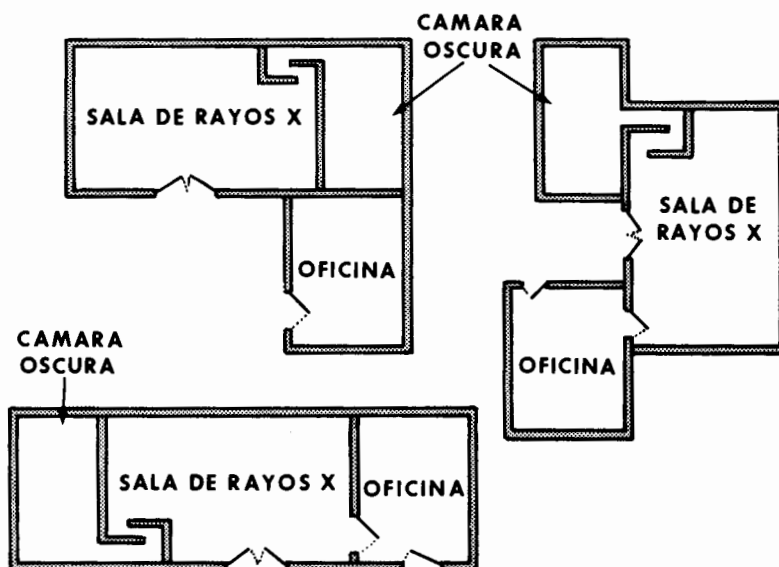
Hay numerosas opciones (véase figura 1) pero es indispensable que la sala de rayos X y la cámara oscura sean contiguas. Conviene que la oficina/almacén esté junto a la cámara oscura, pero puede también instalarse en frente o al lado de la sala de rayos X. En la figura 1 se presentan algunas de las posibilidades.

Materiales de construcción convenientes

Se puede utilizar casi cualquier material de producción local, siempre que reúna las condiciones siguientes:

- a) Impermeable e impenetrable al polvo.
- b) Firme, especialmente para el suelo.
- c) Duración de unos 20 años o más.

Figura 1



El potencial de protección contra las radiaciones varía según el material. La madera resulta menos satisfactoria: los ladrillos y el hormigón son ideales. También son convenientes las paredes de adobe gruesas. Asimismo se puede emplear madera con enlucido de yeso (de preferencia, dos o más capas), pero es menos satisfactoria que los ladrillos o el hormigón. En las páginas 16-17 se describe en detalle el grosor de las paredes que se requiere para la protección contra las radiaciones.

Requisitos que debe reunir el piso de la sala de rayos X

El piso debe ser firme y capaz de sostener el peso del generador de rayos X, el pedestal del tubo y la mesa de rayos X o la camilla del paciente. El equipo pesa 400 kg. El piso debe estar bien nivelado en toda la anchura de la sala y sectores localizados, de suerte que permita mover libremente el equipo y las camillas. También debe ser impermeable y lavable y protegido del polvo. Puede construirse con hormigón, madera, mosaico o cualquier otro compuesto duro.

Requisitos que deben reunir las paredes de la sala de rayos X

Es preciso que las paredes sean lo suficientemente sólidas como para sostener el peso del techo y la cubierta: han de tener por lo menos 2.5 m de altura, de preferencia tres; deben ser totalmente impermeables y resistentes al

agua y al viento y dos de ellas tendrán una o más ventanas; para su construcción se pueden emplear ladrillos, bloques de cemento armado y madera con enlucido de yeso. (Para el grosor exacto que proteja contra las radiaciones véanse págs. 16-17.)

Requisitos que debe reunir el techo de la sala de rayos X

El techo debe estar a una altura mínima de 2.5 m (de preferencia tres) del suelo. Se puede instalar un aparato de rayos X en cualquier sala, incluso sin cielo raso, pero es conveniente revestir el interior de la cubierta para evitar el polvo, los insectos, murciélagos y otros problemas semejantes. El techo no ha de sostener ningún peso, salvo cierta presión lateral cuando se emplea un tipo determinado de soporte del tubo. (Véase la figura 8 de la pág. 27.) La sala debe estar provista de alumbrado, preferentemente facilitado por el suministro eléctrico del hospital. Es mejor instalar tres o cuatro lámparas en la sala que una sola; unos 4 ó 6 tubos de luz fluorescente (en pares) de 1.2 m de largo aproximadamente resultan satisfactorios y económicos.

El techo puede construirse con cartón-yeso, madera, cartón de fibra prensada o cualquier otro material local apropiado.

Requisitos que debe reunir la cubierta de la sala de rayos X

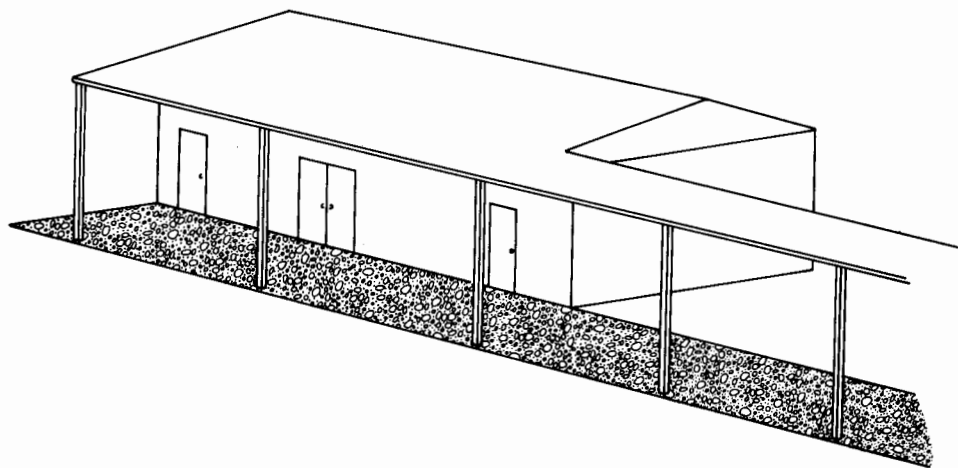
La altura interior mínima debe ser de 2.5 m, y por eso la del local debe llegar por lo menos a 3 ó 5 m. La cubierta debe estar bien ajustada y construida con material resistente a la intemperie porque la humedad causaría daños irreparables al equipo de rayos X. Puede emplearse cualquier material local conveniente, como madera, tejas, pizarra, capas gruesas de paja o metal corrugado, metal corrugado con paja, cartón alquitranado, asbestos, etc. El cieloraso o techo interior requiere un enlucido de yeso o cartón de pasta de madera, lo que es indispensable si se utiliza cubierta de paja. No existen normas de protección contra las radiaciones con respecto a la cubierta. La práctica local determinará la anchura de los aleros, la disponibilidad de los canales, etc. La cubierta debe prolongarse sobre las puertas de la sala de rayos X y de la cámara oscura y, de preferencia, estar unida al tejadillo de una entrada al hospital y al consultorio de pacientes externos (véase la figura 2).

Requisitos que deben reunir las puertas de la sala de rayos X y de la cámara oscura

Aunque no es absolutamente esencial, conviene que la sala de rayos X tenga una puerta, que debe ser de madera y, si está debidamente situada con respecto al equipo de rayos X, no exige ningún otro grosor específico para la protección contra las radiaciones (véase pág. 57.)

La cámara oscura requiere una puerta que debe ser impenetrable a la luz (véase pág. 13).

Figura 2



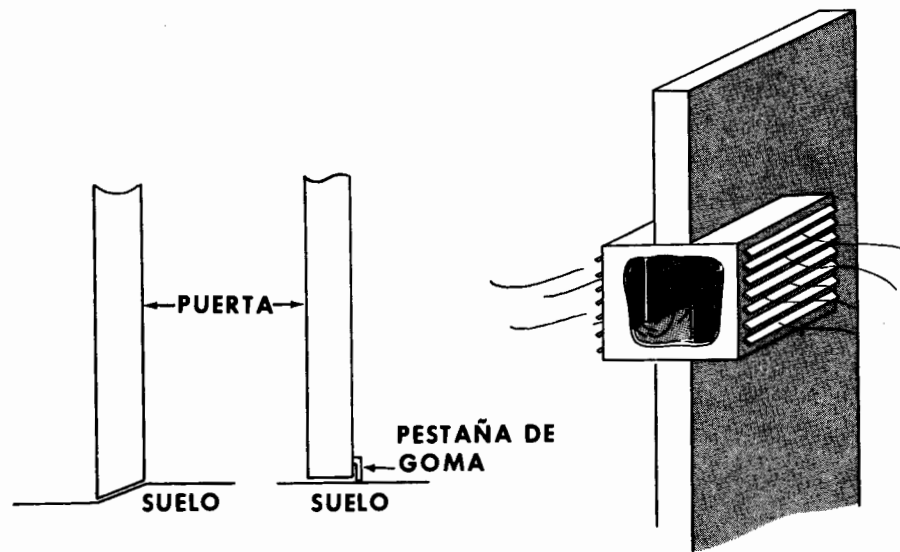
Ninguna de las puertas (de la sala de rayos X o de la cámara oscura) debe tener escaleras o cualquier otro impedimento. Conviene que su anchura mínima sea de 1.4 m en el caso de la sala de rayos X, a fin de que las camas o camillas puedan entrar sin dificultad: en la cámara oscura, una puerta de un metro de ancho permite instalar fácilmente el equipo.

Normas para la construcción de la cámara oscura

Las normas para la construcción de una cámara oscura son similares a las referentes a la sala de rayos X (véanse párrafos anteriores). En particular, el tabique que separa esta sala de la cámara oscura debe ofrecer cierta protección contra las radiaciones (véanse págs. 16-19). Aparte de este requisito, lo principal es que la sala sea impermeable y la cámara esté totalmente protegida de la luz. Una de las paredes exteriores deberá ser lo suficientemente sólida para permitir las instalaciones de fontanería; todas las paredes tendrán que sostener pesos de poca monta, como por ejemplo ventiladores, etc. En la construcción debe incluirse la instalación de un ventilador protegido o cualquier otro tipo de ventilación impenetrable a la luz. Conviene que la cámara tenga una ventana, que tampoco deje entrar la luz. La puerta, que será de madera, deberá reunir igualmente esta condición (véase figura 3).

La cámara oscura deberá estar provista de un piso impermeable, bien nivelado y de preferencia lavable. Como protección contra la humedad es útil instalar un desagüe de esquina junto a la pared exterior, el cual puede estar debajo o cerca del tanque de revelado. Cuando el suelo esté mojado o desnivelado pueden utilizarse plataformas móviles o tablonés de madera.

Figura 3



Aunque no es indispensable, conviene que la cámara oscura tenga cielo raso, para protección contra el polvo, insectos, etc.

¿Requiere una entrada especial la cámara oscura?

Para una cámara oscura pequeña de atención primaria bastará una puerta impenetrable a la luz, pero si el espacio lo permite puede incluirse una entrada de "trampa de luz": cuando el volumen diario de pacientes exceda de 10 conviene instalar este tipo de entrada sin puertas porque mejora la eficacia y la ventilación. Su diseño es sencillo como puede verse en la figura 4.

El pasillo de entrada debe tener, como término medio, un metro de ancho y ser paralelo a la cámara oscura, de suerte que se pueda instalar una

Figura 4



compuerta para chasis entre esa cámara y la sala de rayos X. Para que sea eficaz, el interior de esta trampa de luz debe pintarse de negro mate con una línea blanca de unos 3 cm de ancho en cualquiera de las dos paredes a la altura de la vista, a todo lo largo del pasillo. No se necesitan luces dentro del pasillo. El espacio no se pierde totalmente porque el techo de este pasillo puede rebajarse a 2 m, y la parte superior puede servir para almacenamiento.

Otro diseño en el que se utiliza una doble puerta para entrar en la cámara oscura, con un pequeño espacio intermedio, no resulta satisfactorio a menos que vaya acompañado de algún mecanismo de cierre interconectado. Este mecanismo suele ser complejo y para que funcione de manera adecuada requiere un buen mantenimiento. Las cortinas no protegen debidamente contra la luz; estas dos posibilidades dejan penetrar la luz en la cámara oscura cuando alguien entra de manera inesperada. Para la mayoría de las unidades de atención primaria basta con una sola puerta impenetrable a la luz.

Requisitos que deben reunir las paredes de la oficina/almacén

Este cuarto puede construirse con cualquier material local corriente, siempre que esté provisto de un piso firme capaz de sostener el peso de los estantes en que se colocan las películas de rayos X usadas y por usar, sustancias químicas, etc. Conviene, aunque no es indispensable, que el local tenga cielo raso, ventanas y una puerta relativamente protegida contra la intemperie.

Grosor de las paredes necesario para la protección contra las radiaciones en cualquiera de esos locales

Este aspecto se examina con detalle en la página 16 pero los ladrillos y bloques de cemento comunes generalmente son suficientes. Exáminese detenidamente la página 16.

Suministro eléctrico

El suministro eléctrico de la sala de rayos X dependerá del generador que se elija. Si se trata de una unidad que funciona con batería o una por descarga del condensador, se necesita un solo enchufe de 15 amp para recargar las baterías o el condensador. Si se emplea un generador de rayos X estándar hace falta un suministro eléctrico de la red principal y un disyuntor; la fuerza eléctrica requerida dependerá de la carga que exija la unidad de rayos X. En el prospecto del fabricante figura esta información. Aparte de este suministro principal conviene instalar por lo menos otro enchufe de 15 amp en cada una de las dos paredes largas de la sala de rayos X.

Para examinar casos de urgencia durante la noche se necesitará iluminación

artificial. En la sala de rayos X es preferible utilizar tres o cuatro lámparas individuales (o dos tubos de luz fluorescente) que una sola muy potente.

La descripción del suministro eléctrico de la cámara oscura figura en la página 48. Se necesitan por lo menos dos lámparas de luz inactiva y es conveniente un enchufe de más de 15 amp, especialmente si la temperatura ambiente desciende a menos de 19°C (65°F) y se prevé la utilización de algún calentador de agua.

El suministro eléctrico de la oficina debe permitir el alumbrado normal de un local, suficiente para iluminar los archivos de las películas. También se necesita un enchufe ordinario para los iluminadores de las películas de rayos X. (Los requisitos enumerados son exclusivamente los mínimos.)

El color del exterior de los locales

Puesto que en los tres locales habrá películas de rayos X que pueden dañarse con el calor, es preferible pintar de blanco o de otro color que refleje el calor en la parte exterior de los locales. Este es el único requisito exigido.

El color del interior de las salas

Todas las salas, inclusive la cámara oscura, deben ser de un color claro y alegre.

La sala de rayos X estará pintada de blanco o de color crema. Conviene que la pintura de las paredes sea brillante o semibrillante para fácil limpieza, y la del techo blanca o azul, de preferencia mate. Los pisos se pueden pintar de cualquier color apropiado pero han de ser fáciles de limpiar e impermeables.

La cámara oscura se pintará de color crema, blanco o rosa pálido: decididamente, no se necesita un color oscuro. La pintura será también brillante o semibrillante para facilitar la limpieza. El techo debe ser blanco, brillante o semibrillante. El piso, lavable y protegido contra la humedad, puede ser de cualquier color.

Para la oficina/almacén puede utilizarse el color que se desee.

Comunicación de las salas de radiología con el hospital

Los pacientes que se someterán al examen radiológico procederán de las salas del hospital y de la consulta externa. Por eso se requiere un pasillo sin escalones, suficientemente ancho para que pueda circular una cama, camilla o silla de ruedas. El piso debe ser de cemento, ladrillo, mosaico u otro material firme. El pasillo estará protegido por un tejadillo impermeable y provisto de aleros anchos. El pasillo puede tener dos paredes o solamente una en el lado por donde sopla el viento. Si este corredor está bien protegido del sol y la lluvia y continúa a lo largo de la sala de rayos X, la cámara oscura y la oficina

podrán servir de sala de espera. El material de construcción puede ser cualquiera de producción local, como paja, metal corrugado, madera, etc. (véase figura 5).

PROTECCION CONTRA LAS RADIACIONES: LOS LOCALES, EL PACIENTE Y EL PERSONAL DE RADIOLOGIA

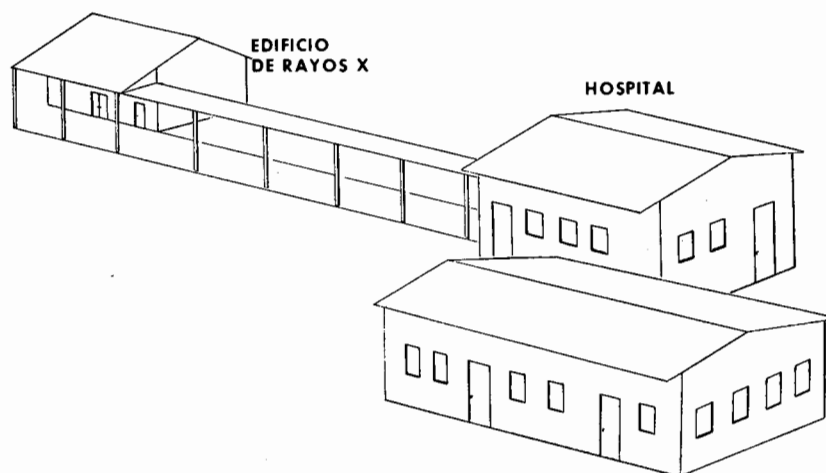
Costo probable de las medidas de protección y seguridad contra las radiaciones

En general la cantidad de irradiación en unas instalaciones radiológicas de atención primaria es tan pequeña que la protección contra las radiaciones no constituye un problema de mayor importancia. Si el diseño del local es apropiado (véase pág. 8) y se selecciona minuciosamente el material de construcción (véase pág. 17) no hay razón alguna para prever un costo adicional a ese respecto.

Grosor de las paredes para la protección contra las radiaciones

El grosor de las paredes dependerá en medida considerable de la situación de la sala en relación con otros edificios y de su tamaño. Si la sala está aislada y construida de manera que no permita que las personas se aproximen a una distancia de un metro de sus paredes exteriores, no se requiere ninguna protección especial; si el local se ha de construir con madera tal vez resulte más económico levantar una valla a su alrededor que emplear material de construcción de muros más pesado.

Figura 5



Las recomendaciones que figuran a continuación se basan en una sala de 6 x 4 m, como mínimo. Según el promedio de las cifras indicadas en varios manuales (como el Manual on Radiation Protection in Hospitals and General Practice, OMS, Ginebra, 1975) el grosor necesario del material se calcula en base de una exposición total a las radiaciones de 150 mA-minutos a la semana a 100 kV. (El número de miliamperios utilizados para cada exposición multiplicado por el número de segundos da los mAs para cada exposición. Los miliamperios-minutos por día pueden calcularse multiplicando el número de exposiciones diarias por la exposición media utilizada.) Unas instalaciones radiológicas de atención primaria que examinen alrededor de 10 pacientes al día, principalmente para afecciones del tórax y las extremidades, utilizarán menos de 17 mA-minutos por día a 100 kV, o a lo sumo 80 mA-minutos por semana. Esta cifra no llega a la mitad de la cantidad que sirve de base para los cálculos estándar en los departamentos de radiología con un gran volumen de trabajo. Aún estos cálculos son generosos porque parten del supuesto de una irradiación media de 100 mAs por paciente, y la estimación de la mitad de esa cantidad para unas instalaciones radiológicas de atención primaria se ajustaría más a la realidad. Ciertos cálculos recientes (British Journal of Radiology) han indicado que la utilización real de radiaciones cuando se mide con precisión suele ser mucho menor que la dosis teóricamente estimada.

Por consiguiente, en los servicios radiológicos de atención primaria es permisible utilizar una cifra de diseño basada en 1 mm de equivalente en plomo, lo que añade un considerable factor de seguridad y será satisfactorio por lo menos hasta que se examinen 30 pacientes al día; llegado ese momento se deben practicar pruebas para determinar si se requiere más protección. En muchos casos el valor de 1 mm de equivalente en plomo seguirá siendo suficiente.

Un mm de "equivalente en plomo" significa que un muro de hormigón vaciado, de un espesor aproximado de 8 cm, es lo que se exigiría como equivalente apropiado. Si se emplearan bloques de cemento de escorias o ladrillos sería necesario un grosor de unos 12 cm, según la intensidad del material utilizado. Muchos bloques de cemento tienen en el centro un espacio hueco, por eso el cálculo se refiere al grosor del cemento propiamente dicho y no a las dimensiones totales del bloque. Tal vez convenga advertir a los arquitectos que estas recomendaciones se basan en un hormigón vaciado estándar, con una densidad de 2.35 g/cm³. Si se emplea un material similar de densidad distinta al espesor requerido puede calcularse de la manera siguiente:

$$(\text{grosor del hormigón}) (2.35 \text{ g/cm}^3) = \frac{(\text{grosor del material similar})}{(\text{densidad del material similar})}$$

Para información más detallada, véase Medical X-ray and Gamma Protection, NCRP Report No. 34, 1970 y Handbook of Radiological Protection from Her Majesty's Stationary Office, Londres, 1971.

Sectores específicos de elevado riesgo de irradiación en los locales de radiología

Dentro de la sala de rayos X hay dos lugares específicos al respecto:

- La pared situada detrás del pedestal para radiografías torácicas.
- La pared de la cámara oscura (u otro lugar para almacenar películas radiográficas).

A reserva de que la unidad de rayos X esté en debida posición (página 55) no es necesario proteger especialmente la pared de la cámara oscura si está construida con ladrillos u hormigón de un espesor mínimo de 8 cm. En ningún momento el haz principal de rayos X debe apuntar hacia la pared de la cámara oscura, pues las radiaciones podrían velar las películas almacenadas. Si ello fuera inevitable por alguna razón especial, entonces el grosor de la pared deberá aumentarse al doble (16 cm). Este debe ser el espesor de toda la extensión del tabique que separa la cámara oscura (u otros lugares de almacenamiento de películas) y la sala de rayos X.

El haz principal de rayos X debe situarse de forma que cuando se tomen radiografías torácicas en posición erecta el haz apunte hacia otra pared que no sea la de la cámara oscura, es claro que surgirá un riesgo de irradiación en el lado más lejano de esta pared. Sin embargo, existen dos maneras de resolver este problema:

- a) Aumentar la protección como parte del pedestal del chasis para radiografías torácicas.
- b) Aumentar la protección en la propia pared detrás del pedestal.

Si se elige el primer método, el pedestal del chasis para radiografías torácicas (ya sea como una parte independiente o integrante de la unidad) debe llevar 2 mm de equivalente en plomo que cubra un sector del tamaño exacto al del chasis mayor disponible. Si se opta por el segundo procedimiento, es decir, el de reforzar la absorción de la propia pared, un sector de 2 m de altura por 1 de ancho, centrado inmediatamente detrás del pedestal del chasis para radiografías torácicas, habrá de tener los mismos 2 mm de equivalente en plomo, lo que puede obtenerse aumentando al doble el grosor del ladrillo o el hormigón (16 cm) o bien utilizando un laminado de plomo de 1 mm o de acero de 5 mm. (Conviene tener presente que en ciertas circunstancias el vidrio pulido de un grosor de 1 cm es equivalente a 1 mm de plomo, por debajo de 100 kVp, y constituye una protección muy satisfactoria contra las radiaciones.)

El procedimiento acabado de describir protegerá considerablemente al personal de la sala contigua (si el departamento de rayos X forma parte de un edificio ya existente) y permitirá a las personas permanecer en la parte exterior o apoyarse contra la pared de la sala de rayos X por un tiempo indefinido mientras la unidad está funcionando al ritmo normal de un servicio de atención primaria.

Conviene reiterar que esos cálculos ofrecen un margen de seguridad mucho mayor del que probablemente se necesite en unas instalaciones radiológicas de atención primaria. Resulta económico y sencillo incorporar esos detalles en el momento de la construcción y además permite aumentar el volumen de trabajo sin otras dificultades de local. Esas recomendaciones, basadas en un local de 6 x 4 m, pueden reducirse más si se aumenta en un metro las dimensiones, en ambos sentidos. Casi todos los materiales serán satisfactorios, con excepción de la parte detrás del pedestal del chasis para radiografías torácicas que necesitará la protección adicional descrita.

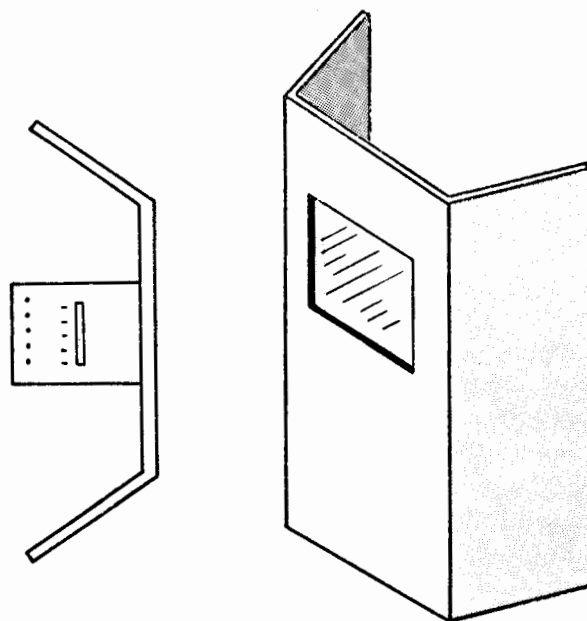
Protección del operador del aparato de rayos X

No debe hacerse ninguna exposición a los rayos X a menos que el operador y cualquier otra persona que esté en la sala (excluido el paciente) se encuentren detrás del tablero de mando. Si hay que sostener al paciente, la persona que le ayude deberá llevar ropas protectoras a base de plomo (véase pág. 20). El control radiológico debe concebirse de manera que el interruptor forme parte integrante de la unidad, y la protección debe incorporarse en el diseño del tablero de mando. Esta protección debe consistir en una mampara blindada de 1 mm de equivalente en plomo, de una anchura de por lo menos 75 cm delante del tablero de mando y extendiéndose 50 mm en cualquiera de los dos lados. Debe tener una altura de 2 m y estar provista de una ventanilla de vidrio de plomo con un equivalente en plomo de por lo menos 1 mm (de un tamaño aproximado de 25 x 25 cm), situada en el centro del tablero a la altura de los ojos a fin de que el operador pueda ver claramente sin necesidad de mirar por el borde de la pantalla mientras hace la exposición. El equipo debe estar instalado de manera que el haz de rayos X nunca apunte hacia el tablero de mando (véase pág. 55). Esta pantalla de control debe formar parte integrante del equipo, en lugar de ser una adición posterior, y no ha de poder separarse ni moverse independientemente del tablero de mando (véase figura 6).

Las ventanas en la sala de rayos X

Los cristales corrientes de las ventanas no proporcionan una gran absorción de las radiaciones. Sin embargo, no hay peligro de irradiación si la gente no deambula a una distancia de un metro de la ventana de una sala de rayos X común y corriente. Si los pacientes esperan fuera de la sala, la ventana en la parte exterior deberá estar a una altura de 2 m y en el interior por lo menos a 1.5 m sobre el nivel del suelo. Las ventanas son muy convenientes para la ventilación y la iluminación. Las de la cámara oscura deben ser impenetrables a la luz. Para ello tal vez baste con pintarlas densamente de negro; probablemente necesitarán postigos.

Figura 6



¿Es más económico aumentar el tamaño de la sala de rayos X o intensificar la protección en las paredes?

El material local de construcción y la disponibilidad de terrenos y mano de obra determinarán lo que sea más conveniente. En muchas zonas rurales resulta más económico que comprar láminas de plomo construir locales un poco mayores que los de tamaño mínimo mencionados (6 x 4 m). Es posible que los ladrillos de fabricación local cuesten poco, y una pared de ladrillo doble ofrece toda la protección que se requiera, incluso en lugares de tanta exposición como la cámara oscura y detrás del pedestal del chasis para radiografías torácicas. El aumento de la distancia es una de las mejores maneras de proteger contra las radiaciones porque la dosis que se recibe de un aparato de rayos X es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Por ejemplo, al apartarse dos pies, la irradiación disminuye en una cuarta parte (25%).

Vigilancia de la protección contra las radiaciones

Las normas y requisitos de seguridad formarán parte de la instrucción que reciba el operador de los aparatos de un departamento de radiología. La finalidad y el beneficio personal del empleo de películas dosimétricas constituirá un elemento esencial del programa de adiestramiento. Además debe

organizarse un servicio sistemático de películas dosimétricas desde el departamento central de radiología al servicio de toda la zona de la que esté encargado un radiólogo. Las películas dosimétricas pueden enviarse por correo o por medios de transporte terrestre o aéreo y deberán cambiarse con regularidad.

La experiencia ha demostrado que cuando una película radiométrica registra una dosis excesiva, probablemente se necesitará que el supervisor inspeccione las instalaciones radiológicas de atención primaria. Las preguntas por escrito o por teléfono raramente son suficientes, ya que los técnicos por su relativa inexperiencia, pueden perpetuar alguna deficiencia, fruto de la ignorancia, y desconocer la fuente de su exposición a las radiaciones. La investigación directa y el ejemplo resolverán la mayoría de estos problemas, y por eso deben figurar entre las obligaciones del servicio.

Un técnico inexperimentado tendrá fácilmente la impresión de que cualquier pregunta supone una crítica, más que una preocupación, para la persona interesada; por lo común, una visita personal permitirá disuadir de esa idea y obtener una mayor cooperación. Ahora bien, hay que insistir una vez más en que la cantidad de irradiación en unas instalaciones de atención primaria es pequeña porque se examina a un número relativamente pequeño de pacientes y el tipo de examen no genera unas radiaciones excesivas.

Otros artículos necesarios para la protección

Es preciso disponer de delantales a base de plomo impenetrables a los rayos X (.5 mm de equivalente en plomo) y guantes también a base de plomo (.3 mm de equivalente en plomo), que deberán utilizarse cuando la enfermera, una auxiliar o cualquier otra persona tengan que sostener al paciente y estén en el haz de rayos X durante la exposición. Estos artículos deberán guardarse en la sala de rayos X, al alcance de la mano para cuando se necesiten.

SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, SELECCION DE EQUIPO, DISEÑO, ESPECIFICACIONES Y ACCESORIOS

El suministro eléctrico para un servicio de radiología

Para la fuerza eléctrica que requiere un generador de rayos X se pueden emplear cuatro procedimientos:

- a) La electricidad de la red principal.
- b) El generador del hospital.
- c) Una unidad por descarga del condensador.
- d) Un suministro de batería autónoma.

Estos dos últimos métodos requieren un suministro eléctrico básico pero no un aumento de la carga durante la exposición.

a) La electricidad principal de la red de suministro puede utilizarse a una corriente alterna de 220 voltios o 110 voltios y a 50 ó 60 ciclos. Al hacer el pedido del equipo debe especificarse el suministro eléctrico disponible. Independientemente del voltaje o los ciclos de que se trate, el suministro debe ser constante, sin grandes variaciones en caso de fuerte carga o cuando el resto del hospital utiliza electricidad para esterilizar, cocinar, etc. En la sala de rayos X debe haber por lo menos 50 amps a 220 voltios o el equivalente. El transformador principal que suministre al hospital no debe estar muy alejado de las salas de radiología, a menos que pueda instalarse un cable grueso adicional. En la sala de rayos X se necesitará un fusible e interruptor de 50 amp para la conexión directa a este tipo de generador de rayos X. Ha de ser una conexión permanente y no debe haber otra carga eléctrica importante en el mismo circuito.

b) Muchos hospitales rurales generan su propia electricidad con un generador que funciona con diesel, gasolina o keroseno. La producción eléctrica debe ser igual a la antes descrita. Los problemas que surgen se deben a que los generadores pequeños experimentan muchas veces fluctuaciones que exceden de los límites admisibles, particularmente bajo una carga mínima. Así, la exposición efectuada de noche, cuando están encendidas todas las luces del hospital, puede rebasar la capacidad de la fuente de energía de la institución con la consecuente obtención de películas insatisfactorias. Con frecuencia ocurre una pérdida considerable de voltaje en el cable que va de un generador doméstico al hospital debido a que, para evitar el ruido y el olor molesto, se encuentra alejado del hospital. Antes de utilizar una fuente de energía de esta naturaleza es indispensable comprobar minuciosamente su producción y los factores de carga. Un aparato de rayos X no funcionará bien si la entrada de energía es variable.

c) En caso de duda entre utilizar la red eléctrica o energía generada en el hospital, tal vez resuelva el problema el empleo de una unidad de descarga por condensador (o un condensador de capacidad fija). Estas unidades almacenan electricidad que luego descargan en forma de energía constante para la generación de rayos X. Este sistema permite una poderosa exposición, aunque breve. Su producción tiene un límite y por eso debe recargarse inmediatamente (es decir, el generador local debe funcionar continuamente mientras el aparato esté en uso con los pacientes pues de lo contrario no puede recargarse para la exposición siguiente). La energía principal que requieren estas unidades radiológicas es baja y da buenos resultados.

d) Las unidades que funcionan con baterías poseen una considerable reserva de energía (por ejemplo, hasta 1,000 radiografías torácicas entre una recarga y la siguiente) y en cualquier momento del día o de la noche en que esté disponible la fuente de energía local puede recargarse. Para recargar estas baterías se necesita una carga pequeña de la red principal, pero constante. Si las baterías se mantienen cargadas y en buen estado pueden utilizarse en

cualquier momento, y su empleo es sumamente flexible. El suministro eléctrico que producen es muy uniforme.

Las baterías pueden ser de plomo o de níquel-cadmio, y ambas tienen sus ventajas e inconvenientes. Ambas necesitan un cuidado y mantenimiento constantes y, probablemente, tendrán que cambiarse cada tres o cuatro años, si no antes. Las baterías de níquel-cadmio deberían durar más que las de plomo pero su mantenimiento es más difícil. En efecto, se requerirá el desplazamiento de una persona del depósito central de mantenimiento para la reutilización cada tres o seis meses, según el uso que se le dé. Independientemente del tipo de batería que se elija, las especificaciones para la unidad de que se trate deberán ajustarse a las condiciones climáticas locales, especialmente en las regiones tropicales.

El procedimiento preferido

Si se dispone de un buen suministro eléctrico de la red principal o si el generador es grande y aguanta la carga, este es el mejor sistema. Si el suministro eléctrico presenta dificultades es preferible la unidad que funciona por batería y que indudablemente resultará satisfactoria.

Selección del equipo

Existe una gran variedad de equipo de rayos X, pero todas las unidades constan esencialmente de cinco partes principales que deben examinarse por separado. Ahora bien, han de adquirirse del mismo fabricante y, en la medida de lo posible, debe estandarizarse el equipo en toda la zona.

- a) El generador de energía y su control.
- b) El pedestal del tubo.
- c) La mesa radiológica del paciente.
- d) Los chasis y las pantallas.
- e) Los tanques de revelado y el equipo de la cámara oscura.

Selección del generador y control

Los generadores se clasifican en función del mA (miliamperaje) y del kV (kilovoltaje) que producen. El miliamperaje proporciona la "brillantez" o la fuerza para la exposición radiológica y el kilovoltaje altera la penetración de los rayos X en el paciente.

Es indispensable que el tiempo de exposición de los enfermos—adultos o niños—sea relativamente breve. Ello supone que el generador ha de tener energía suficiente porque todas las exposiciones radiológicas son una combinación de miliamperios (mA) y tiempo (segundos). Por consiguiente, la potencia entregada por el generador debe ser de un mínimo de 100 mA durante 0.1

segundos por lo menos y a 100 kV. Conviene que la unidad sea más poderosa, si bien ello aumentará su costo y el del suministro eléctrico requerido.

Hay que advertir muy especialmente que el generador ha de producir 100 mA y 100 kV simultáneamente durante 0.1 segundos por lo menos. Muchos generadores baratos producirán 100 mA a un kV más bajo (v.g., 100 mA a 60 kV) o 100 kV a un miliamperaje más bajo (v.g., 100 kV a 50 mA). Estas posibilidades no son aceptables, y la capacidad energética debe ser de 100 mA a 100 kV, como mínimo garantizado, especificado como un mínimo de 11 kilovatios.

El tipo preferido de generador y control

Estos artículos pueden constituir una sola unidad (como en los aparatos de rayos X móviles) o dos unidades que pueden instalarse en diferentes lugares de la sala. Cuando se venden como una sola unidad pueden ser móviles o fijos, sin embargo, estos últimos son preferibles. Si se suministran en dos unidades, el generador (llamado también transformador) será probablemente fijo y el control estará provisto de ruedas. Se recomienda que el control también quede fijo. El hecho de que el equipo no pueda moverse garantiza el mantenimiento de la colocación más satisfactoria de la sala y además reduce el peligro de irradiación para los operadores relativamente inexpertos.

En la medida de lo posible, conviene elegir el equipo fijo.

Control del kV y mA y regulación del kilovoltaje

El control del kV y mA debe estar separado y ser independiente. Cualquier conexión (salvo la referente a la protección del tubo contra la sobrecarga) es inadmisibles. Se requiere un mínimo de tres reguladores de kV con una variación entre ellos de más de 22%, por ejemplo 100 kV, 75 kV, y 50 kV. Muchos controles tienen otros reguladores de 5 ó 10 kV que son aceptables siempre que al cambiar no se altere automáticamente el miliamperaje disponible.

Control de la duración de la exposición

Los cronómetros pueden ser electrónicos o mecánicos: los primeros poseen más precisión pero deben ser de estado sólido. El interruptor de tiempo debe permitir exposiciones de 0.2 a ± 5 segundos. Debe haber un cambio a un intervalo de 0.2 a 1 segundo y después a un intervalo de 0.5 segundos.

El miliamperaje debe estar indicado por un disco, un sistema de iluminación o de alguna manera que permita al operador conocer exactamente la energía disponible en cualquier duración determinada de la exposición. En algunos aparatos el miliamperaje y el tiempo (el mA y los segundos, o sea "mA-segundos") están vinculados y cuando se altera el cronómetro se altera también

el mA, lo que significa comúnmente que el generador se fija a un miliamperaje estándar y solo el tiempo varía. Pueden aceptarse reguladores de mA alternos, tales como de 25 mA, 50 mA, 100 mA, controlados por un interruptor independiente, pero ello dificulta un poco más el funcionamiento.

Si hay posibilidad de escoger, son preferibles los aparatos que solo tienen un regulador de mA y un tiempo variable.

Soportes del tubo de rayos X disponibles

Hay cinco modelos básicos de tubos de esta clase.

- a) Los integrados con la unidad de control y el transformador (como una unidad móvil estándar).
- b) Una columna montada sobre rieles únicamente en el piso.
- c) Una columna montada sobre rieles en el piso y otro riel en el techo.
- d) Una columna fija con un tubo que gira alrededor de un eje central (un brazo en forma de "C" o "U").
- e) Una columna acoplada a la mesa de rayos X.
- f) Un soporte suspendido del techo sobre rieles.

Este último modelo (inciso f) puede descartarse para unas instalaciones radiológicas de atención primaria, pues supone un techo muy reforzado, capaz de sostener un peso de 400 kg. Además, el aparato resulta más complejo y costoso y exige un mayor mantenimiento. Es muy conveniente para los hospitales grandes pero no para los servicios de atención primaria.

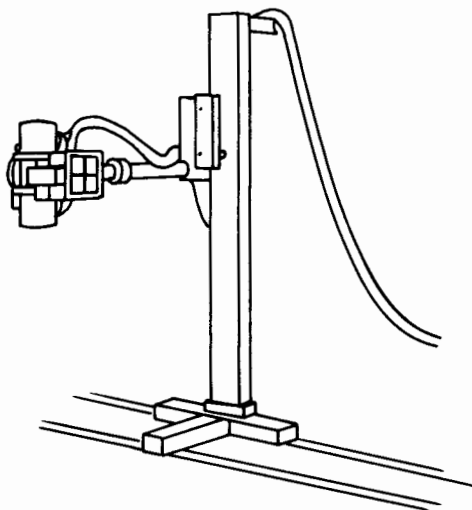
¿Cuál es el mejor soporte del tubo?

Eliminando el soporte suspendido del techo, los demás tienen sus ventajas e inconvenientes.

a) Un aparato móvil completo, con generador, control y pedestal integrados resulta sencillo y se elige con frecuencia. Los inconvenientes principales residen en que necesita separarse de la mesa y colocarse en posición para los exámenes torácicos. No puede centrarse tan fácilmente sobre el paciente y, a menudo, es mayor la irradiación dispersa a la que se expone el operador. Puesto que el tubo puede descentrarse del chasis muy fácilmente y el aparato puede ir de un lugar a otro de la sala, se dificulta el control de los peligros de irradiación. En cambio posee la ventaja de que puede utilizarse en otros sectores del hospital, pero en el caso de un servicio de atención primaria probablemente es mejor llevar al paciente al departamento de radiología que proceder a la inversa. Este soporte del tubo es el menos aceptable de los existentes.

b) Una sola columna puede montarse enteramente sobre rieles en el piso, y estará provista de tres ruedas dispuestas en forma triangular (véase figura 7); si la columna debe circular libremente por la sala, el piso debe ser fuerte,

Figura 7



totalmente nivelado y exento de polvo. Los rieles pueden sobresalir del suelo o estar empotrados. Esto último es preferible porque permite circular las camillas por toda la sala de rayos X, pero su limpieza e instalación resultan más difíciles. Una columna de este tipo permite un movimiento del tubo razonablemente estable.

c) La columna única puede montarse sobre un riel en el suelo (que sobresalga o quede hundido) que aguante todo el peso, y la parte superior de la propia columna se acopla a un riel del techo lo que permite una estabilidad lateral (véase figura 8). El cielo raso o techo interior no sostiene ningún peso, pero las fuerzas laterales son importantes. Los rieles del cielo raso y del suelo en toda su longitud deben ser paralelos al techo; cualquier variación de altura conducirá a una inestabilidad. Estos soportes del tubo que van del piso al techo son ajustables en un margen de 280 a 400 cm. Su instalación exige meticulosidad y ciertos gastos, y el soporte está expuesto a descarrilarse, con la posibilidad de causar daños al paciente y al operador, así como al tubo y la propia columna. Con una instalación esmerada el soporte queda bien asegurado, pero es necesario contar con mano de obra y material adecuados y disponibles en el lugar.

d) El tubo de rayos X puede sostenerse en un extremo de un brazo en forma de "C" o de "U" apoyado sobre una sola columna. Exactamente frente al tubo en el otro extremo del brazo en forma de "C" o de "U" se encuentra el portachasis. La columna vertical puede fijarse en el suelo y afianzarse contra la pared o el techo (véase figura 9). La fijación en el piso sin el apoyo en el techo o la pared no es suficientemente rígida. Por lo común la pared resulta satisfactoria para ese propósito.

Figura 8

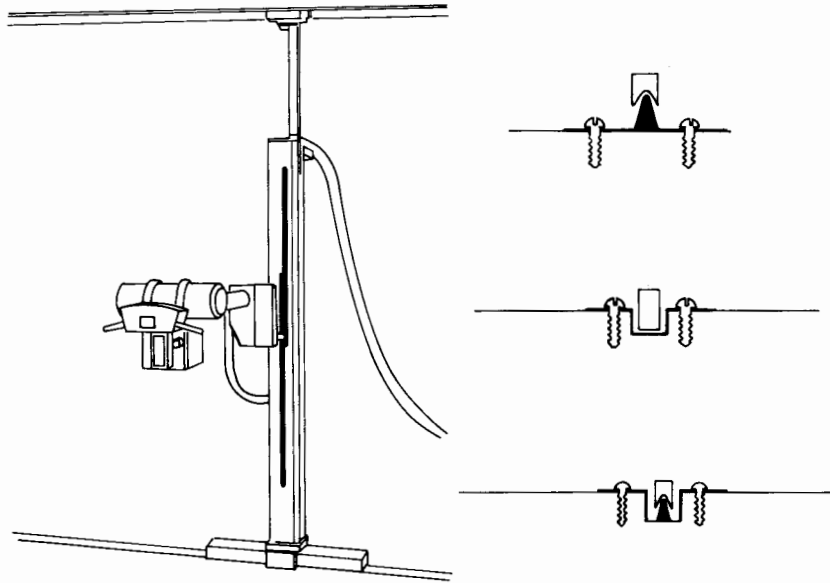
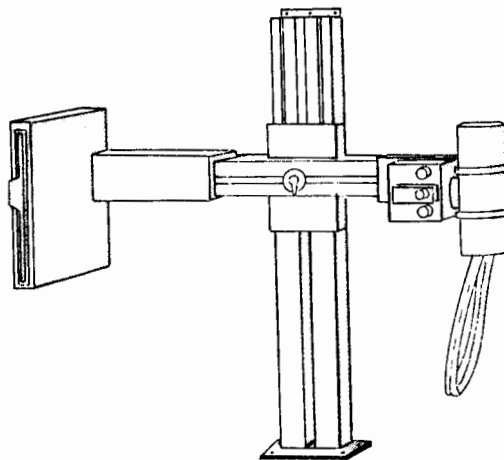


Figura 9



Este modelo de pedestal del tubo posee muchas ventajas. Es rígido, no exige un piso totalmente nivelado fuera de la placa de fondo de la columna y puede instalarse fácilmente sin tener en cuenta las vigas del techo, etc. Permite examinar al paciente sentado, de pie o acostado en una mesa con el haz en cualquier dirección. El tubo se centra exactamente con la película y queda fijo,

de suerte que se elimina el error técnico en cualquiera de los dos planos. La distancia entre el tubo y la película puede fijarse de manera análoga. La fabricación y mantenimiento de este modelo son sencillos y la cantidad de piezas movibles queda reducida al mínimo. Es el mejor modelo disponible para las instalaciones de atención médica primaria.

e) El pedestal del tubo puede consistir en una columna que forme parte integrante de un lado de la mesa de rayos X, movable a todo lo largo de la propia mesa. Requiere que la mesa se fije en el piso y esté bien construida; el modelo es excelente, rígido y simple (figura 10). El suelo debe estar bien nivelado y poseer la suficiente firmeza para sostener el peso combinado. El portapelícula puede acoplarse a la columna de manera que permita un centrado preciso en la dirección del haz vertical pero no puede haber conexión alguna entre el tubo y el soporte para las radiografías torácicas cuando el paciente está en posición erecta. La instalación y mantenimiento de este modelo no ofrecen dificultad y ocupa el segundo lugar en el orden de preferencia después del de brazo en forma de "C" o de "U" (párrafo d).

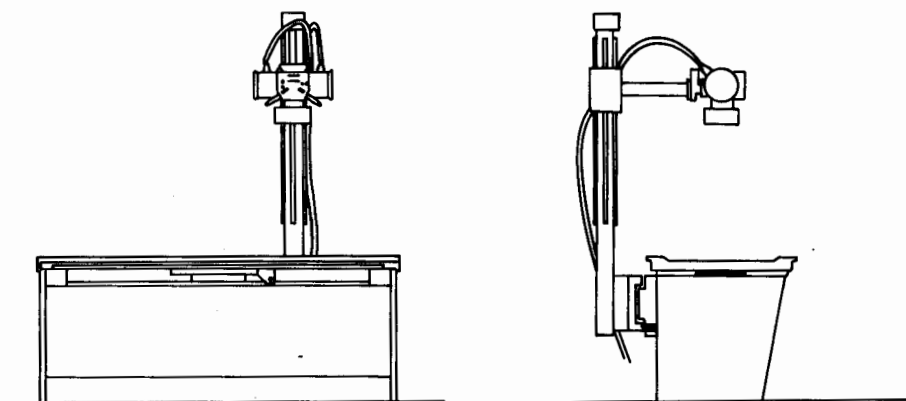
Conviene advertir que los modelos descritos en los párrafos a), b), c) y e) requieren un portachasis separado para los exámenes torácicos. El descrito en el párrafo d) no exige este requisito.

Movimientos necesarios del tubo

El tubo debe poder utilizarse para pacientes en dos posiciones: horizontal y vertical.

Los tubos han de permitir también el examen sobre la mesa de rayos X o la camilla cuando el paciente está en posición horizontal y el haz atraviesa la

Figura 10



mesa en dirección transversal. Por consiguiente son tres las direcciones básicas del haz: vertical, horizontal y transversal horizontal (véase figura 11).

Es necesario que el tubo se pueda fijar a cualquier altura; con una columna estándar, montada sobre rieles o acoplada a la mesa del paciente, el haz lateral horizontal requerirá una rotación de la columna de 90° y el eje del tubo también de 90°. El brazo en forma de "U" puede ofrecer estas vistas con solo dos movimientos pero necesita una mesa móvil para la vista lateral horizontal (véase figura 12).

¿Cómo se sostiene el peso del tubo?

Todos los pedestales de tubo deben tener movimiento en dirección vertical, y como estos tubos son muy pesados necesitan equilibrarse de alguna forma. A este respecto hay dos principios básicos: a) los contrapesos y b) los muelles.

Los primeros consisten en pesas simples de plomo o acero unidas al cable de una polea en la parte superior de la columna. Puede haber una sola polea o varias de relación regulable.

Los muelles pueden ser de tensión variable o fija y estar unidos a la base de la columna conectados a un cable de una polea o bien suspender directamente el pedestal desde la parte superior de la columna (véase figura 13).

La primera de estas posibilidades con contrapesos simples, ofrece más confianza y podrá alterarse con mayor facilidad en cuanto al equilibrio, si después el tubo se sustituye por otro. Los muelles acoplados a un cable funcionan bien pero pueden aflojarse y no es tan fácil ajustarlos. El soporte directo con un muelle es a la larga menos satisfactorio y estable.

El soporte de brazo en forma de "C" o de "U" ofrece las mismas posibilidades de contrapeso, y son preferibles las pesas simples en el cable con

Figura 11

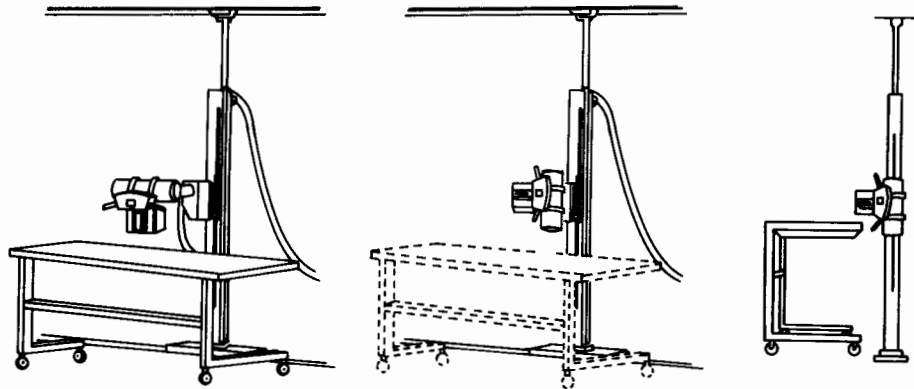


Figura 12

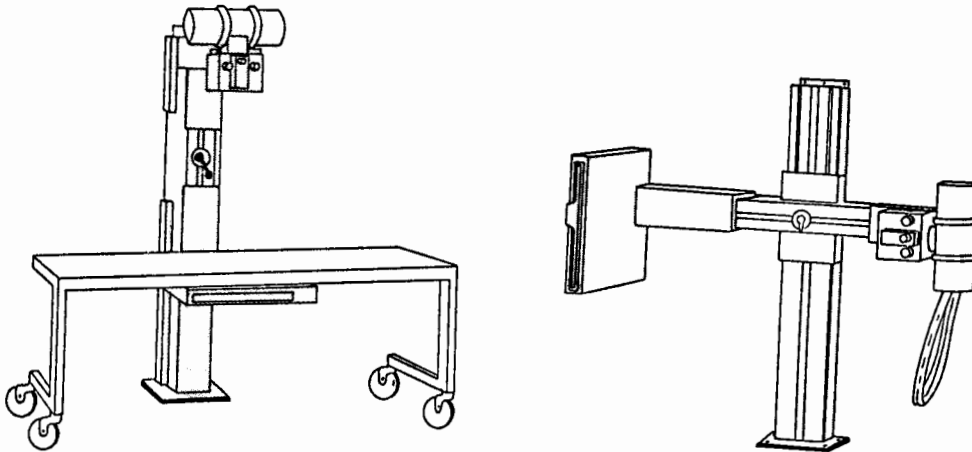
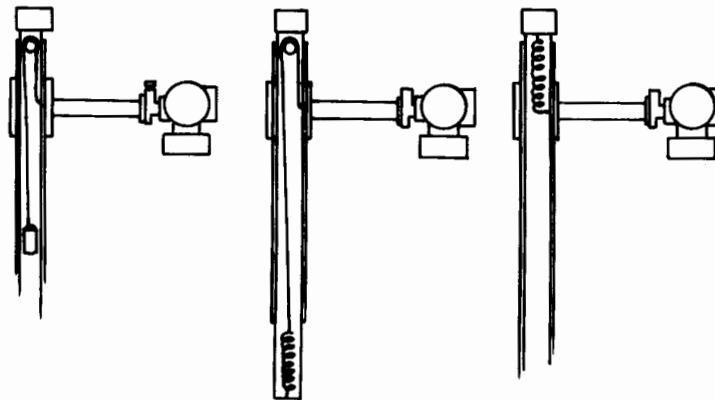


Figura 13



una polea sola o diferencial. Tal vez convenga que esas unidades estén provistas de dos cables y contrapesos. En cualquiera de los modelos los cables pueden sustituirse por cadenas puestas sobre una polea dentada, lo que es igualmente aceptable.

Control de los movimientos del tubo

Los movimientos del pedestal del tubo en dirección vertical y rotatorios se controlan por frenos de dos clases principales: a) frenos de fricción que funcionan mediante un tornillo simple o un mecanismo electrónico, y b) un cierre de posición fija.

Los frenos de fricción funcionan mejor con tornillos simples, utilizando extensas superficies de contacto provistas de manecillas o tiradores grandes para girar el tornillo. Los frenos electromagnéticos son más complicados y requieren más trabajo de mantenimiento y reparación. En general resultan menos eficaces, recogen polvo y pelusa y no se puede confiar en que respondan debidamente. Por añadidura suponen un suministro eléctrico constante en un circuito auxiliar aún cuando se interrumpe el funcionamiento del generador. Sin un generador los frenos no funcionan. No poseen ninguna ventaja sobre los frenos de tornillo y, por su complejidad, no resultan apropiados para las instalaciones de atención primaria.

Los cierres de posición fija, v.g., a distancias previamente determinadas, actúan como un perno que se encaja en un orificio o tope. Funcionan bien y con precisión en la posición vertical del brazo en "U", pero no resultan satisfactorios para tomar radiografías en posición erecta. Puesto que la estatura del paciente varía de manera considerable se necesitarían demasiados puntos de encaje para fijar la posición del brazo.

Modelos de mesas radiológicas

Los diseños de estas mesas son fundamentalmente dos: a) las mesas fijas y b) las mesas móviles. Las primeras consisten en un tablero plano y translúcido a los rayos X generalmente de unas dimensiones de poco menos de dos metros de largo por 60 cm de ancho. Deben ser lo suficiente robustas para sostener pacientes que pesen 120 kg sin que ocurra una deformación apreciable. El tablero puede estar montado sobre cuatro patas (una en cada esquina) o sobre dos con un brazo voladizo. El modelo de cuatro patas es más rígido, se presta menos a deformación y puede fijarse en el piso.

Las mesas móviles, del mismo modelo básico y de iguales dimensiones, vienen montadas en cuatro patas provistas de ruedas o sobre un soporte de brazo en voladizo doble, también con cuatro ruedas. El modelo de cuatro patas es preferible y tiene menos probabilidades de deformarse.

Cada una de las ruedas debe estar provista de un freno de fricción simple que se hace funcionar con el pie mediante un mecanismo sencillo y han de tener por lo menos 5 cm de diámetro y llevar las correspondientes llantas de goma.

Ninguno de los dos modelos—fijo o móvil—tendrá travesaños a lo largo para que no impidan el libre acceso debajo de la mesa. Ambos modelos llevan una bandeja debajo del tablero que sostiene al chasis. Encima de la bandeja irá una rejilla fija o móvil (véase figura 15 pág. 33).

Cualquiera de los dos modelos sirve para los diversos soportes del tubo. El brazo en forma de "U" requiere, para mayor eficacia, un soporte móvil para el paciente.

Radiografías torácicas en posición erecta. El pedestal del chasis

Todos los modelos de pedestal del tubo, salvo el del brazo en forma de "U", requieren un portachasis vertical independiente para tomar radiografías torácicas. Cualquier diseño debe reunir las cuatro condiciones básicas que se enumeran a continuación:

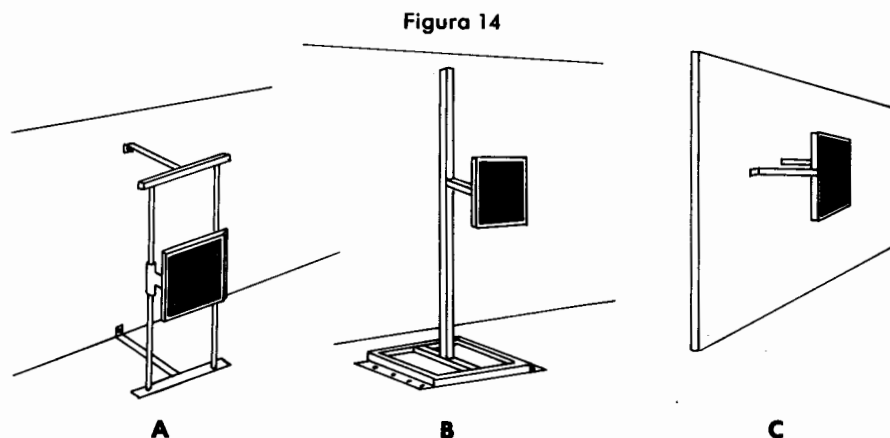
- a) Resistencia suficiente para sostener al paciente.
- b) Rigidez y estabilidad.
- c) Capacidad para sostener un chasis de tamaño normal (para radiografías torácicas) y altura ajustable.
- d) Incorporación de una rejilla fija o movable y posibilidad de llevar los chasis delante o detrás de la rejilla.

En la figura 14 se presentan varios modelos:

- A. Fijos en el suelo y la pared.
- B. Movibles.
- C. Montados en la pared (de altura ajustable).

Pueden apoyarse sobre el suelo y asegurarse con una abrazadera en la pared. Muchos de los pacientes que acudirán a someterse a una radiografía torácica estarán enfermos, débiles y faltos de equilibrio y se apoyarán en el portachasis, razón por la cual este debe ser lo suficiente fuerte para sostener, sin perder estabilidad, una carga de incluso 50 kilos. La unidad que se ajuste a la pared debe estar a una distancia que permita al paciente extender los brazos alrededor del portapelícula para apoyarse. Para ello se pueden colocar otros bloques de madera entre el portachasis y la pared, pero cualquier que sea el método que se use deben estar bien asegurados.

El pedestal con brazo en forma de "U" lleva su propio portachasis en posición horizontal para los exámenes torácicos. No requiere ningún soporte



de pared por separado y tiene la ventaja de que el tubo está permanentemente centrado en la posición precisa y a la altura exacta cuando el paciente está delante del chasis para radiografías torácicas.

Cuando hay posibilidad de elegir es preferible un soporte del chasis apoyado en el suelo y asegurado también en la pared. En su defecto conviene optar por los que se montan en la propia pared. No se debe elegir el modelo movable.

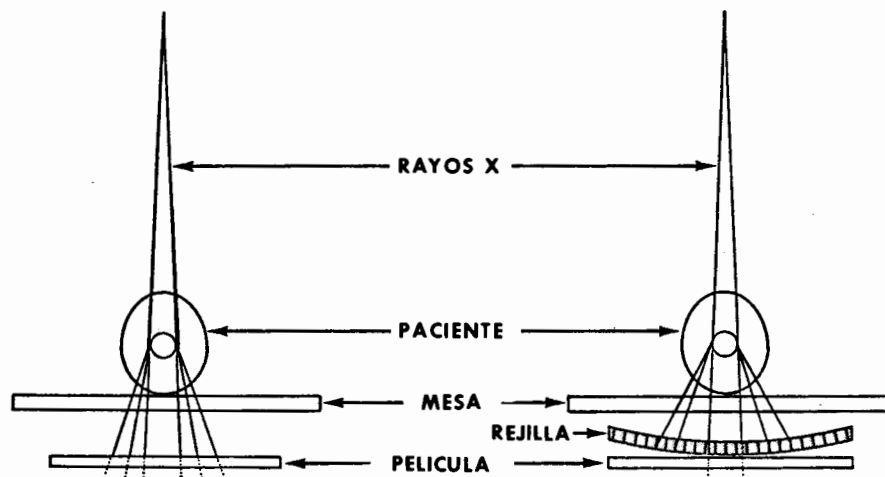
Algunos de los portachasis para radiografías torácicas permiten cambiar la posición vertical del chasis en horizontal, pero esto no es necesario para un servicio de atención médica primaria. Además supone un mayor conocimiento técnico del que normalmente poseerá el operador. Por otra parte, solo puede utilizarse con un soporte de tubo que vaya del suelo al techo o con riel en el piso y pueda atravesar la sala de rayos X hasta el lugar del chasis para radiografías torácicas. Viene a complicar más las unidades, y no se recomienda para las instalaciones de atención primaria.

La rejilla

Cuando un haz de rayos X atraviesa al paciente, algunos de estos rayos se dispersan en distintas direcciones y si estos rayos aberrantes llegan a la película pueden deformar y deteriorar la imagen. La rejilla consiste en una tela metálica que absorbe casi toda la irradiación dispersa. Se denomina propiamente "rejilla antidifusora".

Las rejillas permiten que los haces directos solo lleguen hasta la película y absorban las radiaciones dispersas (véase figura 15).

Figura 15



Se fabrican varias clases de rejillas a base del número de ranuras por cm y el grosor de la propia rejilla. Pueden ser planas o enfocadas (curvas con un radio estándar, como de 1 m, 1.8 m, etc.). Están siempre en posición o incorporadas en un mecanismo "Bucky" que permite moverlas hacia los lados y hacer borrosa su imagen durante la exposición. Este movimiento puede accionarse por medios mecánicos o eléctricos con un botón de mando.

Para las unidades de atención primaria es preferible la rejilla fija simple. No necesita el complejo mecanismo que requiere una rejilla "Bucky" o movable.

Empleo de la rejilla

La rejilla antidifusora constituye un elemento necesario cuando se trata de exámenes del abdomen, el cráneo, la columna vertebral, la pelvis, los muslos y hombros y rodillas de tamaño grande. También pueden emplearse para las radiografías torácicas, especialmente en pacientes de talla grande. En ningún caso se necesitan las rejillas para los exámenes de los codos, las manos y los pies.

Tipo de rejilla que debe adquirirse

Se recomienda una rejilla de 32 líneas por cm, una relación de altura/separación de 8:1 y que se enfoque a ± 140 cm. Esta rejilla es apropiada para cualquier examen a distancias normales de 1 a 1.8 m. Si se opta por el pedestal del tubo con brazo en "U", puede utilizarse una distancia fija ánodo-película y la rejilla debe ajustarse exactamente a esta distancia. Sus dimensiones deben ser iguales a las de la película de mayor tamaño, por lo común 38 x 43 cm.

Todas las rejillas deben manipularse con gran cuidado; si se doblan quedan inservibles y si se dejan caer se dañan fácilmente. Deben suministrarse envueltas en plástico para su protección o formar parte de un chasis. Si se manipulan debidamente durarán por tiempo indefinido.

Tubos de rayos X disponibles

Hay dos tipos básicos de tubo de rayos X: a) el de ánodo fijo, y b) el de ánodo rotatorio. Ambos son tubos al vacío.

El tamaño del punto focal del tubo de rayos X y la velocidad de la exposición determinan la calidad de la radiografía. Ambos factores están inversamente relacionados con la capacidad del tubo para absorber y enfriar toda la energía que produce el generador de rayos X y que se transmite del cátodo al ánodo. Cuanto más alta sea la energía (es decir, los valores mAs y kV) más se calentará el ánodo y mayor será el tamaño del punto focal que se requiera para absorber el calor. El ánodo rotatorio consiste esencialmente en un disco giratorio que utiliza como foco únicamente un segmento periférico que cambia rápidamente.

Su capacidad de absorción del calor es mucho mayor que la del tubo de ánodo fijo. Este último es sencillo y resistente pero de baja capacidad térmica; por eso requiere el punto focal de mayor tamaño, generalmente de 2 mm o más para permitir exposiciones del orden de 100 mA, 100 kV. El ánodo rotatorio es mucho más complejo pero mucho más eficaz y puede tener un punto focal de menor tamaño, del orden de 0.8 mm, que produce una imagen radiográfica considerablemente mejor. Los tubos de rayos X pueden ir provistos de un foco doble, de tamaño distinto o similar. En una unidad de atención médica primaria el tubo de dos focos del mismo tamaño, con un procedimiento sencillo para cambiar de uno a otro, ofrece ciertas ventajas. El "foco" es la pieza del tubo que a menudo falla, y así el doble foco prolonga la vida del tubo.

Selección del tubo de rayos X

Se recomienda, a pesar de su mayor costo y complejidad, el tubo de ánodo rotatorio. En la práctica, un buen tubo moderno de este tipo excederá de 50,000 exposiciones y durará muchos años en las condiciones de un servicio de atención primaria. Hay que pedir al proveedor una garantía para un número mínimo de exposiciones (generalmente 20,000) que deben registrarse en un contador que forme parte de la coraza del tubo.

Requisitos que deben reunir los tubos de rayos X

Todos los tubos de rayos X deben ajustarse a las normas de protección contra las radiaciones y la electricidad establecidas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) y la Comisión Internacional Electrotécnica (CIE).

Protección del tubo de rayos X contra la exposición excesiva accidental

La combinación de miliamperaje y segundos que pueden utilizarse en cualquier momento con un tubo determinado de rayos X está limitada por la capacidad del tubo para absorber el calor. Por consiguiente todos los generadores y controles deben contar con una protección automática del tubo. De esta manera se evita, mecánica o electrónicamente, la sobrecarga. Este mecanismo para la sobrecarga no debe estar provisto de un fusible que tenga que reponerse sino de un interruptor automático que pueda volver a ponerse en funcionamiento fácilmente. La mayoría de las unidades de control cuentan con un sistema mecánico sencillo que no requiere reajuste sino que evita la exposición excesiva. El fabricante o el ingeniero pertinente pueden adaptar ese dispositivo al tubo de que se trate. Las instalaciones radiológicas de atención primaria no tienen necesidad de los medios más complejos para proteger de la sobrecarga al tubo que se utiliza contra las exposiciones demasiado frecuentes y la consecuente generación de calor.

El tablero de mandos

El tablero de mandos debe contener lo siguiente:

- a) Un botón que indique si el aparato está conectado.
- b) Los dispositivos de tiempo y mA.
- c) Los dispositivos de kV.
- d) Si la unidad funciona con batería o condensador, deberá haber una indicación de que la carga disponible es suficiente o de que se necesita recarga.
- e) En la unidad del condensador o batería, debe figurar una indicación de que se está recargando o que ha terminado de recargarse.

Toda esta información se indicará con señales positivas en un disco o con dispositivos de medición o luces también de indicación positiva. La luz que da la señal de "desconectado" cuando la unidad está en condiciones de funcionar podría crear confusión por que la bombilla pudiera estar defectuosa. La luz debe siempre indicar "conectado" es decir, tener un significado positivo.

El botón que controla la exposición del aparato de rayos X debe formar parte integrante del tablero de mandos para que no exista oportunidad alguna de exposición desde ningún lugar salvo detrás del área de control.

Como ya se ha advertido (pág. 20), debe incorporarse también en la unidad de control una pantalla protectora.

Requisitos especiales en cuanto a la exposición que deben reunir los tubos de ánodo rotatorio

Nunca debe procederse a la exposición a menos que el ánodo de un tubo anódico rotatorio gire de manera satisfactoria, generalmente de 2,800 revoluciones por minuto. Por consiguiente, el interruptor de control debe incluir un mecanismo protector que ponga en marcha el rotor del ánodo y solo permita la exposición cuando se alcance la velocidad precisa. Se puede añadir en el tablero de mandos otra señal luminosa que indique que el tubo está en condiciones de funcionar, pero este accesorio no es indispensable; resulta más conveniente el interruptor que impide la exposición prematura.

Requisitos que deben reunir los cables de rayos X

Los cables de alta tensión que conectan el tubo de rayos X con el generador deben ajustarse a las normas de la CIE y ser apropiados al clima local, especialmente en las regiones tropicales. Igualmente deben ser de muy buena calidad y a prueba de descargas. La longitud requerida dependerá de la colocación del equipo en la sala de radiología pero debe permitir el libre movimiento del tubo de rayos X, para lo cual se pedirá al proveedor que facilite cables de una longitud suficiente. Todas las conexiones en cada uno de los extremos de los cables deben ser de modelo estándar e intercambiables.

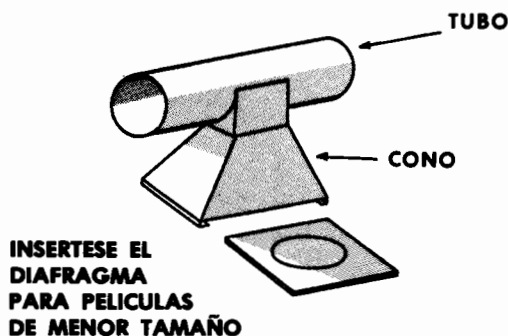
“Conos” y “colimadores”

Las radiaciones difusas, que son las que se reflejan o desvían desde el cuerpo del paciente, constituyen una importante fuente de peligro para el personal y, con frecuencia, para otros pacientes. Asimismo, estas radiaciones reducen la calidad de la radiografía. Por eso el haz de rayos X debe quedar restringido a la dirección exacta requerida. Para ello se pueden utilizar conos de metal o diafragmas ajustables (“colimadores”) que se acoplan a los tubos de rayos X (véase figura 16).

Los tubos suministrados a una instalación de atención médica primaria deben llevar conos o colimadores, de preferencia de un modelo en el que nada más el personal de mantenimiento pueda separarlos del tubo. Los conos consisten en dispositivos de metal que limitan el haz de rayos para que cubra exactamente las dimensiones del chasis normal cuando la distancia entre el tubo de rayos X y el paciente es la distancia estándar. Cuando se trate de chasis más pequeños se pueden emplear conos de menor tamaño. Desafortunadamente la posibilidad de cambiar el cono significa que en alguna ocasión no se repondrá y se tomarán radiografías sin ninguna limitación del haz. Hay un modelo que permite que el cono permanezca en su lugar, y el diámetro del campo se modifica cambiando un pequeño diafragma en la parte superior. Ningún procedimiento es tan satisfactorio como un colimador que puede ser ajustable u ofrecer dos o tres posibilidades en cuanto a los tamaños del campo. No puede separarse del tubo: la unidad de brazo en forma de “U” que utiliza una distancia fija permite la máxima protección porque se requiere el mismo tamaño de campo en cualquier posición del tubo o del paciente, y el número de tamaños de chasis puede limitarse.

Los colimadores de los grandes departamentos de radiología contienen múltiples obturadores y un sistema de iluminación junto con espejos que definen claramente el tamaño del campo que se utiliza. Pero se trata de meca-

Figura 16



nismos complejos, que pueden ser poco exactos y causar muchas dificultades; puede ocurrir que la bombilla tenga que reemplazarse. No se recomiendan para los servicios de atención primaria.

Colocación del tubo de rayos X en dirección a la región precisa del paciente

Los tubos provistos de conos indican claramente la región que se examinará colocando simplemente el cono (son, como término medio, de unos 30 cm de largo) sobre el paciente. Los tubos con colimador necesitarán un puntero que pueda apartarse del haz de rayos. Los operadores de aparatos de rayos X pueden aprender fácilmente a "centrar" (véase figura 17).

Ya se ha hecho referencia a los colimadores provistos de un haz luminoso, los que no se recomiendan por su complejidad y problemas de mantenimiento.

CAMARA OSCURA: CHASIS, PANTALLAS, PELICULAS, EQUIPO Y REVELADO

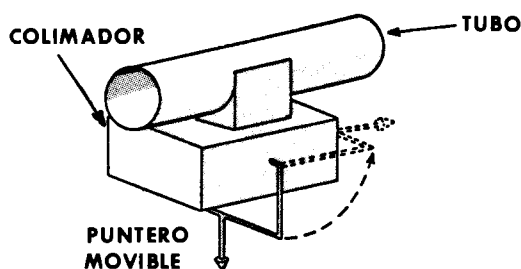
Tamaño y tipo de chasis que deben elegirse

Las películas de rayos X se utilizan en chasis que deben ser impenetrables a la luz. Dentro del chasis hay dos pantallas fluorescentes (véase pág. 39) entre las que está colocada la película. Estas pantallas fluorescen cuando se irradian y la película queda expuesta por la luz de esas pantallas. Por eso las películas radiológicas tienen emulsión en ambas caras.

Los chasis deben reunir las condiciones siguientes:

- a) Han de ser resistentes y rígidos, sin ninguna encorvadura.
- b) Ejercer una presión firme y un buen contacto entre la película y ambas pantallas.
- c) Ser totalmente opacos.
- d) Fáciles de abrir en la oscuridad.
- e) Duraderos.

Figura 17



Para las unidades de atención primaria se recomiendan chasis metálicos, que suelen durar por lo menos entre cinco y siete años. Los chasis de plástico son excelentes pero su empleo es demasiado reciente (1977) para conocer su durabilidad, especialmente en climas tropicales.

Los chasis provistos de resortes planos de acero sujetos al centro del dorso que se encajan en el reborde aseguran una presión uniforme de la pantalla con la película, figura 18.

Este modelo es el mejor y más duradero y permite aplicar la mejor presión. La placa posterior del chasis debe ser de acero y absorber sistemáticamente las radiaciones. Las pantallas se montan en el chasis sobre un fieltro a fin de absorber la presión. Las bisagras deben extenderse a todo lo largo de un lado del chasis. El otro tipo de chasis provisto de bisagras pequeñas y sujetadores no suele ser tan duradero.

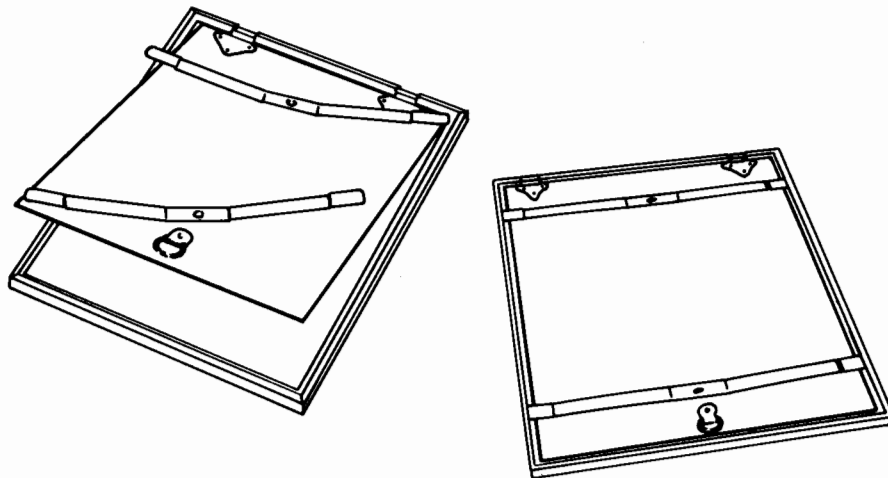
La única pieza del chasis (aparte de las pantallas) que debe reponerse es el fieltro porque puede comprimirse en exceso, adquirir hongos o enmohecerse; su duración es de unos tres o cuatro años.

Pantallas fluorescentes

Las pantallas fluorescentes consisten en una superficie plana, a menudo de una especie de cartón, revestido de sustancias químicas, fluorescentes cuando los rayos X inciden sobre ellas. Se usan dos pantallas: una anterior (en el lado del paciente) y otra posterior. Hay numerosas combinaciones químicas pero las principales pueden agruparse en las tres categorías siguientes:

- a) Pantallas rápidas o de alta velocidad.

Figura 18



b) Pantallas medianas o normales.

c) Pantallas de alta definición, es decir, pantallas lentas que ofrecen considerable detalle.

Lamentablemente los fabricantes no emplean la misma terminología y, por eso, una pantalla denominada de "alta velocidad" por una empresa puede ser la misma que otro fabricante califica de "velocidad mediana". Las pantallas de alta velocidad no requieren tanta luz para una exposición satisfactoria pero ofrecen menos detalles porque el grano es más grueso; las de velocidad mediana ofrecen una imagen bien detallada a niveles de irradiación moderados; las de alta definición o lentas muestran la imagen con excelente detalle, con un grano muy fino, pero requieren mucha más irradiación por exposición.

Las pantallas de alta definición no están indicadas para un servicio de atención primaria, ni tampoco sería adecuado emplearlas con el generador disponible. Conviene utilizar la pantalla de velocidad mediana, la que debe ser ensayada en el servicio central para determinar su calidad, definición, contraste y variación real de la exposición. Todas las pantallas y películas deben ser estandarizadas.

En la actualidad (1977) las pantallas de tierras raras son más costosas pero más rápidas y ofrecen una definición moderada, aunque satisfactoria. Si su costo no resulta excesivo, estas pantallas son una solución excelente para las unidades de atención médica primaria, si bien no representan, por ningún concepto, un elemento esencial. Las pantallas de velocidad mediana o alta, menos costosas, son totalmente satisfactorias.

El polvo, las sustancias químicas, la manipulación, los rasguños, etc., dañan las pantallas dentro del chasis y necesitarán limpiarse todas los meses con un paño suave y un poco de agua jabonosa, dejándolas secar totalmente antes de volver a insertarlas y cerrar el chasis. (Sígase las instrucciones del fabricante.) En las condiciones de los servicios de atención primaria deberían durar tres o cuatro años pero a veces tendrán que sustituirse porque al sufrir ciertos daños aparecen marcas en la película que pueden interpretarse erróneamente como una manifestación patológica o, por el contrario, encubrir alguna anomalía del paciente.

Elección de las películas

En la actualidad la mayoría de las películas radiográficas se fabrican a base de poliéster y son las que se recomiendan. Se encuentran en el mercado películas de varias clases de velocidad, a saber: a) rápidas; b) normales, y c) lentas.

Por lo común, cuanto más rápida es la película menor es la definición. Se recomienda una película de velocidad normal o mediana. Aunque, como ya se ha advertido, varios fabricantes emplean terminología diferente para describir sus productos; debe pedirse una película comprendida en el margen de

velocidad mediana. Todas las películas han de utilizarse con pantallas, y es necesario ensayar en el departamento radiológico central la verdadera combinación de pantalla y película para confirmar su calidad, velocidad y conveniencia. Las películas, chasis y pantallas deben ser estandarizadas para todas las unidades de atención primaria.

Se puede proceder a la exposición de películas de rayos X sin pantallas, mediante las radiaciones directas. El empleo de películas sin pantalla requiere que estas se distribuyan en envases opacos. Ofrecen un excelente detalle pero necesitan una exposición mucho más prolongada en comparación con las películas utilizadas con pantalla. Las técnicas de película sin pantalla son particularmente útiles para el examen de las muñecas, las manos y los pies, pero casi para nada más. Este tipo de película puede emplearse en un servicio de atención primaria pero su adopción dependerá de la pericia del operador y la cantidad y tipo de trabajo. Las películas sin pantallas no son de modo alguno indispensables, aumentan las complicaciones técnicas, exigen suministros adicionales y pueden dar lugar a exposiciones erróneas.

El calor y la humedad pueden dañar las películas de rayos X y, naturalmente, quedan veladas con la luz o las radiaciones externas.

Duración de las películas almacenadas

La duración de una película dependerá de las condiciones de almacenamiento, particularmente de la temperatura y la humedad. En unas instalaciones de atención primaria no se puede calcular la duración de las películas hasta que hayan sido ensayadas. Aun en las condiciones del trópico, las películas de buena calidad pueden durar seis meses sin deterioro apreciable, y en climas menos extremados pueden conservarse hasta un año. Se sugiere que antes de hacer un pedido importante se ensayen las películas en la forma descrita a continuación.

Deben obtenerse del proveedor varias cajas de películas de diferentes tamaños, y de cada caja se sacarán unas cuantas películas que, colocadas en un chasis normal, se someterán a una combinación de exposiciones conocida. Luego las cajas se volverán a cerrar herméticamente y se depositarán en los estantes de la oficina/almacén del hospital de atención primaria y, al cabo de tres meses y después de seis, deberán exponerse otras películas teniendo en cuenta los mismos factores. A continuación el radiólogo hará la comparación con las películas nuevas originales.

Los fabricantes pueden suministrar películas en "paquetes tropicales" con embalaje y envolturas especiales apropiados para el calor y la humedad excesivos. Se recomiendan las cajas de 25 películas, aunque pueden encargarse películas de mayor tamaño (para radiografías torácicas) en cajas de 50 si la unidad de atención primaria examina a un número de pacientes por semana suficiente para originar un rápido uso de película. En cada caja debe figurar

la fecha de entrega y de caducidad de la película. A los efectos de protección, las películas no utilizadas deben almacenarse en posición vertical (como los libros) y no en cajas superpuestas; por eso hay que disponer de estantes.

Tamaño de las películas y los chasis

Existe una gran variedad de tamaños de películas pero en su mayoría no se necesitan en una instalación de atención primaria. Solo se requieren dos tamaños de películas: el grande (35 x 43 cm) y el mediano (24 x 30). Los chasis deben ajustarse a estos tamaños de película, lo que simplificará los trabajos de la cámara oscura y los exámenes radiológicos y, además, permitirá economizar gastos, figura 19.

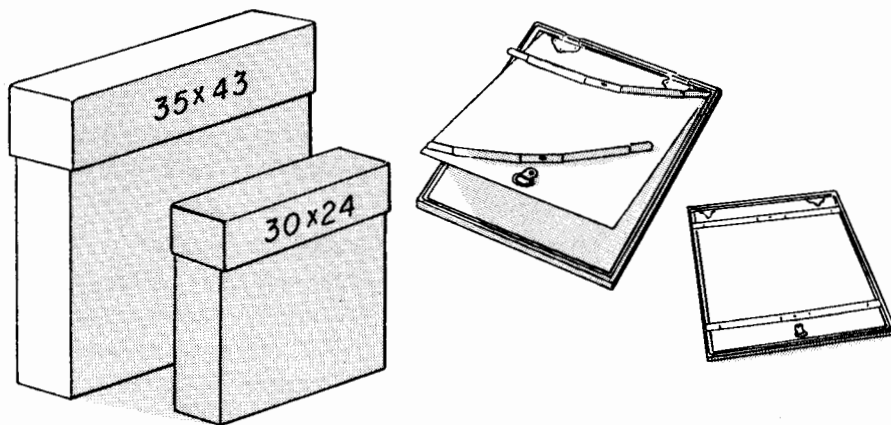
¿Pueden hacerse dos exposiciones en la misma película?

Este procedimiento puede emplearse para dos exposiciones del mismo brazo, mano, muñeca, etc., siempre que se cubra parte de la película con trozos de caucho plomado (0.5 mm de equivalente en plomo). En cada departamento deberá haber tres o cuatro piezas de caucho plomado de 12 x 30 cm.

Equipo necesario para la cámara oscura

En la cámara oscura se necesita un tanque principal de revelado junto con otros dos para las sustancias químicas instalados dentro del primero. También se debe contar con una mesa de trabajo "en seco", lámparas de seguridad, colgadores de películas, compartimientos para guardar películas, un marcador de

Figura 19



películas y, si se emplean sustancias químicas en polvo, dos tanques auxiliares o cubos para la mezcla junto con las correspondientes varillas agitadoras.

Revelado de las películas

Hay dos clases fundamentales de revelado: el automático y el manual.

No es probable que un servicio radiológico de atención primaria necesite un sistema de revelado automático. Si el consultorio del hospital contara con dos o tres médicos, y los pacientes examinados diariamente excedieran de 20 ó 30 y el suministro de agua y electricidad fuera suficiente, se podría considerar el empleo de ese equipo. Su limitación principal no estriba en el costo sino en la complejidad, y el agua y la electricidad constituyen necesidades críticas. Además requiere un servicio regular de mantenimiento y solo resulta económico si todos los días se revelan numerosas películas. Existen diferentes marcas de este equipo, y su tamaño y capacidad también varían. Ninguna instalación funcionará debidamente si la temperatura ambiente del agua es inapropiada, la presión del agua insuficiente y el voltaje está sujeto a fluctuaciones considerables. Los reveladores automáticos tienen la ventaja de que su funcionamiento es sencillo, los resultados uniformes y producen una película completa y seca.

El revelado manual es el procedimiento tradicional, particularmente en las instalaciones de atención primaria. Las necesidades son menos críticas y más flexibles. Es fácil de enseñar y requiere poco trabajo de mantenimiento. Produce una película húmeda que debe secarse y durante este proceso pueden originarse defectos. Cuando el volumen de pacientes diarios no excede de 10 ó 20 no se justifica económicamente otra forma de revelado.

Tanques de revelado

En cuanto al tanque principal existen tres posibilidades:

- a) El construido con hormigón de producción local.
- b) El de acero inoxidable.
- c) El de una composición de plástico.

La tercera opción debe descartarse. Hoy se encuentran tanques de plástico baratos pero que duran poco, se tuercen, en particular con el calor, y se deterioran fácilmente y, por añadidura, no son fáciles de manipular cuando están llenos. No se recomienda este tipo de tanque.

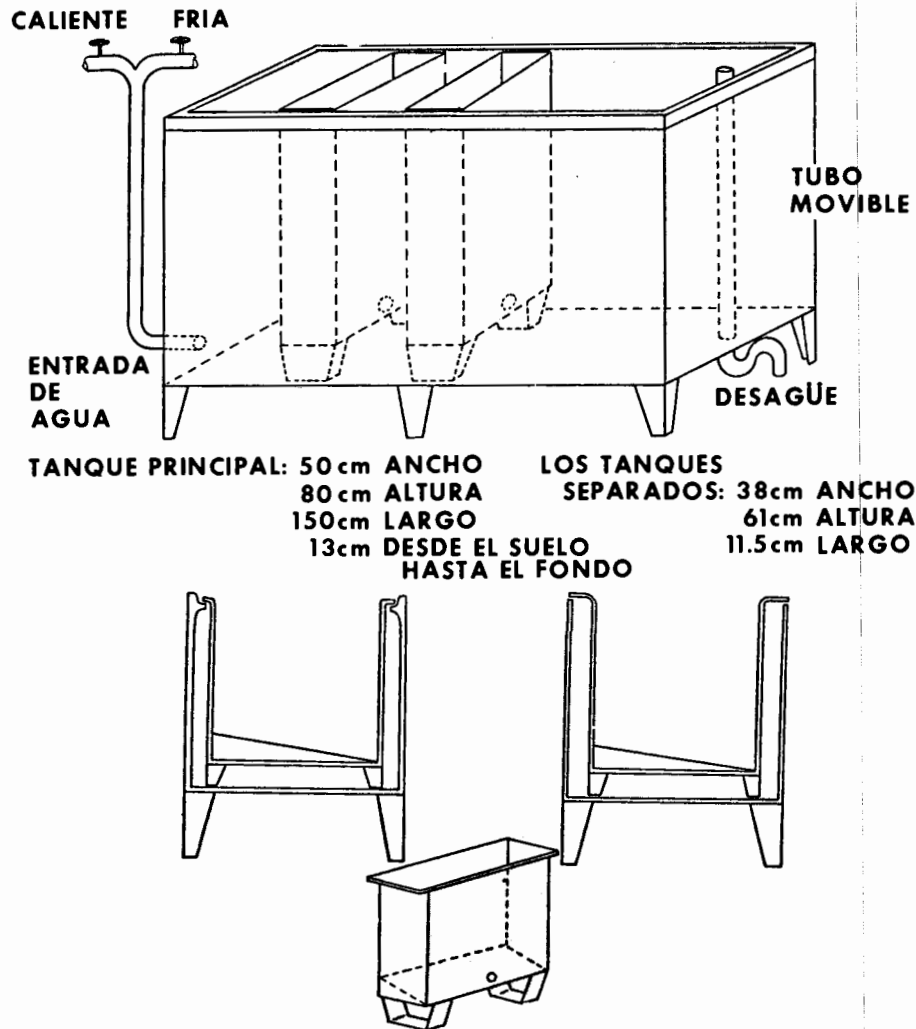
El tanque de hormigón de fabricación local es satisfactorio. Su superficie interior debe ser lisa y, en la medida de lo posible, el borde, así como el lado en que se efectúan las operaciones, deben estar recubiertos de mosaico. A continuación se mencionan los tamaños de los tanques.

Conviene utilizar de preferencia tanques de acero inoxidable de fabricación

comercial, de calibre 18 y resistentes a las sustancias químicas. Cualquier otra clase de acero inoxidable se perfora antes de un año cuando se emplea para sustancias químicas radiológicas. El acero de buena calidad exige un mayor desembolso, pero en cambio dura indefinidamente (por ejemplo, el tipo AISI* 316 ó 317). Estos aceros deben soldarse con electrodos del número del mismo tipo.

En la figura 20 se indican las dimensiones del tanque de cemento o de acero. El suministro de agua debe entrar por uno de los extremos, de preferencia

Figura 20



* AISI = American Iron and Steel Institute, 1000 16th Street, N.W., Washington, D.C., 20036, EUA.

con un grifo o llave de control instalada encima del tanque. Si el clima local alcanza una temperatura suficientemente fría y se dispone de instalaciones de agua caliente, esta debe entrar por el mismo grifo. Mientras se utilice el tanque se debe dejar correr el agua, que se eliminará por un tubo de desagüe en el extremo opuesto, como se muestra en la figura 20. Los grifos deben estar colocados de manera que no constituyan un impedimento cuando las películas se retiren del tanque.

El tubo de desagüe debe ser movable y la instalación ha de permitir que el agua fluya desde el extremo que contiene los tanques de las sustancias químicas y salga del extremo más alejado, el sector de lavado.

Los tanques de las sustancias químicas

El tanque principal debe contener otros dos tanques separados para el revelador y el fijador. Como en el caso del tanque principal, el acero inoxidable de alta calidad para las sustancias químicas radiológicas es, a la larga, el material más económico. Si el tanque principal es de hormigón, se puede utilizar acero o plástico para los otros tanques, pero es preferible el primero. En la figura 20 se indica el tamaño aproximado de los tanques pero han de quedar firmemente ajustados en el tanque principal. Cada tanque ha de tener una base en declive hacia el desagüe y debe quedar asentado sobre el piso del tanque principal, bien fijo, apoyándose en los lados del tanque principal. Estos tanques deben estar totalmente rodeados de agua.

Los tanques contenidos en el recipiente principal deben tener unas dimensiones suficientes para dar cabida a los colgadores de película de tamaño grande (35 x 43 cm). Los tanques admiten cinco o seis películas al mismo tiempo; cuando el volumen de pacientes exceda de tres o cuatro por hora, se necesitará otro tanque de fijado. Las películas permanecerán en el tanque de revelado por espacio de tres a cinco minutos, a temperatura estándar, mientras que en el de fijado el tiempo será el doble. A medida que aumente el volumen de trabajo se necesitará más espacio para el fijado y habrá que instalar otro tanque. El espacio para el lavado, que aparece en el diagrama, tendrá capacidad para 30 o más películas puestas en los colgadores y, por lo común, el tiempo de lavado será por lo menos de una hora.

Solución humectante

En las instalaciones de atención primaria no está indicado el empleo de una solución humectante porque viene a complicar los trabajos, exige otro tanque y no tiene ningún propósito útil.

Control de la temperatura del agua

Raramente resulta práctico en unas instalaciones de atención primaria enfriar con refrigerador el agua corriente. Este refrigerador requiere un gran suministro de electricidad, su precio es elevado y su uso costoso. Asimismo, su mantenimiento es muy exigente. Por lo tanto conviene ajustar las sustancias químicas a la temperatura ambiente media del agua. Pueden emplearse sustancias químicas radiológicas dentro de dos márgenes de temperatura estándar, originariamente ideadas para las temperaturas del revelado manual y automático. Las temperaturas son las siguientes:

65-75°F	Sustancias químicas estándar	18-24°C
80-105°F	Sustancias químicas para el revelado automático	27-40.5°C

Dentro de cada categoría hay una temperatura óptima, v.g., 20°C para la primera, y esta requerirá 5 ó 3.5 minutos de revelado, según la sustancia química de que se trate. La temperatura se medirá con un termómetro sencillo en cuanto comience el revelado; un gráfico simple puede indicar el tiempo preciso de revelado, medido con un cronómetro de cámara oscura. Por ejemplo, si se requieren cinco minutos a 20°C, se necesitarán cuatro a la temperatura de 21° y seis a la de 19°. Se puede preparar una escala para el tiempo-temperatura de revelado dentro de cada margen de temperatura, y se debe enseñar a los técnicos la estricta observancia de lo que indican esos gráficos.

En ciertos países las temperaturas de invierno y de verano pueden ser tan distintas que obliguen a utilizar diferentes sustancias químicas según la época del año. También puede ocurrir que el considerable descenso de la temperatura durante la noche exija el calentamiento de esas sustancias. En una situación de urgencia se puede resolver este problema llenando de agua muy caliente un recipiente apropiado, como una botella de vidrio o una bolsa de goma, y sumergiéndolo en el tanque de revelado. El efecto no dura pero el procedimiento es útil para ciertas ocasiones. Solo en el caso que haya que calentar el tanque principal mediante la adición de agua caliente para un gran número de pacientes, deberá considerarse el suministro de agua caliente o la instalación de un calentador de inmersión.

Se dispone de calentadores de inmersión eléctricos, especialmente diseñados para las sustancias químicas radiológicas. Estas sustancias destruyen muy rápidamente la cubierta del calentador si se utiliza un aparato doméstico de inmersión corriente; solo es satisfactorio el tubo específicamente diseñado. Su empleo supone un suministro eléctrico apropiado.

En resumen, por lo regular se optará por las sustancias químicas apropiadas para el clima local, en lugar de tratar de ajustar la temperatura de las soluciones a la sustancia química.

Empleo de sustancias químicas líquidas o en polvo

En cuanto a los resultados, no hay mayor diferencia entre las sustancias químicas líquidas o en polvo. El costo y las condiciones locales indicarán las que deben elegirse.

Las sustancias químicas líquidas tienen la ventaja de que se mezclan fácilmente y son limpias y eficaces. Permiten lograr una solución estándar con gran precisión y escasas posibilidades de error. Ocupan un poco más espacio que las que vienen en polvo.

Las sustancias químicas en polvo necesitan mezclarse totalmente y tal vez requieran cubetas o tanques de plástico especiales, con las correspondientes varillas agitadoras. Se pueden emplear, como varillas, mangos de escoba u otro palo semejante. Todo este proceso produce olores desagradables y la operación de mezcla debe hacerse fuera de la cámara oscura. Esos polvos químicos pueden distribuirse en envases plásticos o de lata. Las bolsas de papel se deterioran si se mantienen cierto tiempo almacenadas.

Sea cual fuere la forma que se elija, las sustancias químicas deben expedirse en paquetes cuyo contenido se ajuste exactamente al tamaño de los tanques que se utilicen. Es preferible que un paquete o una botella contenga una cantidad de sustancia química—para revelado o fijado—suficiente para un tanque. La estandarización evita errores.

Por último, si el costo lo permite, deben elegirse sustancias químicas líquidas concentradas.

Frecuencia con que deben renovarse las sustancias químicas de revelado

Las sustancias químicas en forma de concentrados líquidos o en polvo no se diferencian en cuanto a su duración media. Con el uso corriente y un volumen de 5 a 10 pacientes por día el contenido del tanque de sustancias químicas tendrá que cambiarse cada mes. En este intervalo los tanques de revelado y fijado tendrán que terminarse de llenar y por eso siempre hay que tener una reserva de ambas sustancias.

Transcurridas seis semanas las sustancias químicas dejan de ser satisfactorias, aun cuando no se hayan utilizado. Este debe ser el intervalo máximo entre un cambio y el siguiente.

Muchos fabricantes ofrecen un "repuesto", es decir, una solución que permite mantener el equilibrio apropiado de las sustancias químicas mientras se utilizan. Pero en la práctica esto es un lujo superfluo. En las unidades de atención primaria los tanques pueden mantenerse llenos mediante un simple proceso de reposición, utilizando sustancias químicas que concuerden con las de cada tanque. El empleo de "repuesto" añade otra clase más de sustancia química y aumenta las posibilidades de error.

Como ya se ha advertido, en las instalaciones radiológicas de atención primaria no cabe el empleo de soluciones humectantes (véase pág. 45).

La mesa de trabajo en el sector "seco"

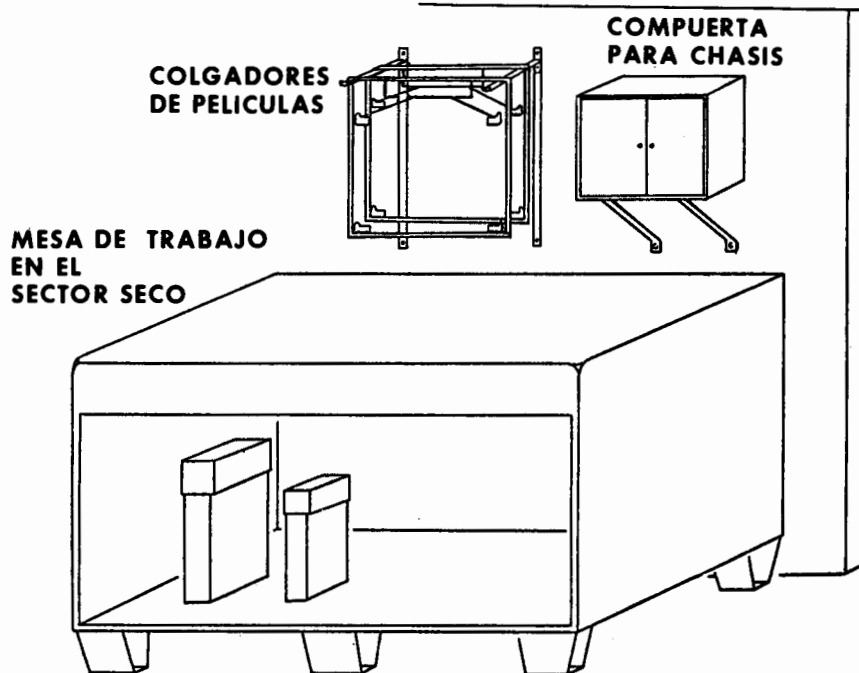
En esta mesa de la cámara oscura se cargan los chasis con las películas y estas se retiran del chasis después de la exposición. El mejor lugar para colocarla es debajo de la compuerta para chasis, contra la pared de la sala de rayos X (véase figura 21).

Las mesas de trabajo deben tener una altura de 75 cm y 130 cm de longitud por 50 cm de profundidad. El tablero debe ser liso, de madera pulida, vinilo, mosaico o formica y de color rojo o azul intensos (los colores claros pueden velar las películas). Debajo de la superficie de trabajo habrá un estante lo suficientemente espacioso para guardar en posición vertical las cajas de películas radiológicas. Para ello se requiere un estante de 40 cm, como mínimo, que sea lo suficiente resistente para aguantar un peso considerable.

Las lámparas de la cámara oscura

La cámara oscura necesita una o dos lámparas de seguridad con filtros

Figura 21



de vidrio de un color que no vele las películas expuestas a esa luz durante un breve tiempo. El color normal de los filtros es marrón rojizo. Se deben seguir las instrucciones del fabricante de películas respecto a los filtros. De manera especial, nunca debe excederse de los vatios recomendados para la bombilla de la lámpara de seguridad. Es un error común utilizar una bombilla que produce una luz demasiado intensa, que vela las películas y además calienta en exceso la lámpara de seguridad y quiebra a menudo el vidrio del filtro.

Tipos de lámparas de seguridad

Hay dos tipos básicos de lámparas de seguridad:

- a) Las de haz indirecto suspendidas, tipo 1
- b) Las de haz directo suspendidas, ajustadas a la pared, tipo 2, o al techo, tipo 3 (véase figura 22).

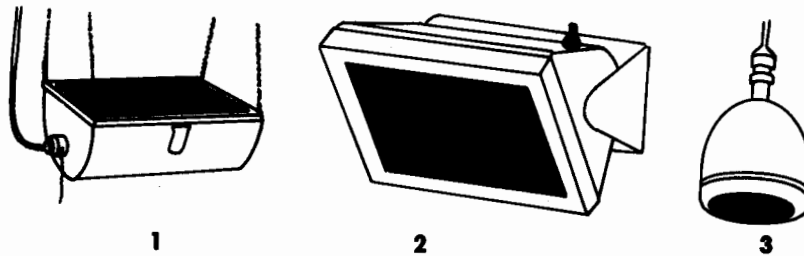
Por lo común la luz de haz directo (tipos 2 y 3) debe estar directamente por encima de la mesa de trabajo (del sector seco), y la central, de haz indirecto (tipo 1) debe colgar del techo. Si es necesaria alguna otra lámpara cerca de la unidad de revelado deberá colocarse encima de los tanques de las sustancias químicas pero de manera que no permita que las películas puedan sostenerse delante de ella (a fin de evitar el revelado visual que requiere mucha más experiencia). En esta posición las películas no toparán con la luz cuando se saquen del baño.

Manera de suspender las películas en las sustancias químicas

Después de la exposición, las películas se sacan del chasis en la cámara oscura y se cuelgan con pinzas en bastidores de acero inoxidable. Hay dos clases principales de bastidores: a) bastidores de ranura y b) bastidores de pinzas.

El primer modelo en el que la película se sujeta en una ranura siempre deja marcas alrededor del borde de la película y no la asegura bien. En efecto, las películas pueden caer del bastidor mientras están en el tanque o cuando se secan.

Figura 22



El tipo de colgador de pinza sostiene a presión las películas. Estos colgadores deben ser de acero inoxidable de alta calidad, en cuyo caso durarán muchos años.

Cantidad de chasis y bastidores que deben suministrarse

Una instalación radiológica de atención primaria que examine entre 5 y 10 pacientes al día necesita dos, o a lo sumo tres, chasis grandes (35 × 43 cm) y tres o, como máximo, cuatro de tamaño mediano (25 × 30 cm).

Se recomienda que el servicio disponga de una docena de bastidores de los tamaños mencionados; si se sabe que el consultorio tendrá un volumen de trabajo excepcional en ciertos días, como por ejemplo cuando una vez a la semana se ofrece sistemáticamente consulta para el examen torácico y durante la cual se someterán a los rayos X entre 10 y 15 pacientes, habrá que aumentar al doble los bastidores, por lo menos a 24 de cada tamaño. Puesto que son relativamente económicos vale más que sobren que no que falten.

Secado de las películas

Las películas pueden secarse en la cámara oscura o en secadoras eléctricas. Estas últimas requieren un suministro eléctrico considerable y, mientras el número de radiografías diarias no aumente notablemente, las instalaciones de atención primaria no necesitan este aparato. Llegado el momento, conviene más comprar un revelador automático.

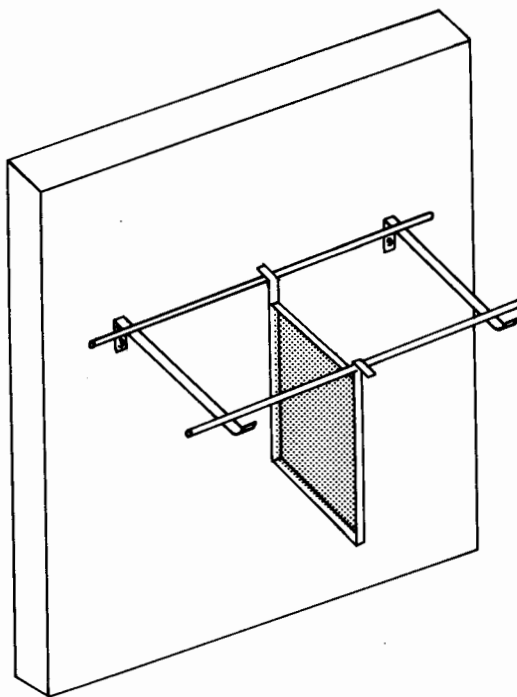
Se puede construir fácilmente un secadero que deberá colocarse en la pared de enfrente de la mesa de trabajo en el sector "seco", contiguo a los tanques del sector "húmedo" (figura 23).

Este secadero consistirá en dos barras paralelas de madera, bronce o acero inoxidable, situadas a una altura que no cause ningún impedimento. Debajo de este secadero, en el suelo que debe ser impermeable, se colocará otro tanque que recoja el líquido que escurre de las películas, si no tiene un buen drenaje. Las películas mientras se escurren sueltan residuos químicos aún después del lavado, por eso la superficie o el tanque recogedor deberá estar en condiciones de aceptar la contaminación química. Si las dimensiones de la cámara oscura no permiten instalar el secadero, este se colocará en otro cuarto que no esté demasiado expuesto al polvo ni a los insectos, pues de lo contrario ello afectaría a las películas.

Traslado de los chasis desde la sala de radiología a la cámara oscura

Un técnico puede, sencillamente, llevar los chasis de una sala a otra, en cuyo caso la de rayos X debe estar contigua a la cámara oscura. Sin embargo,

Figura 23

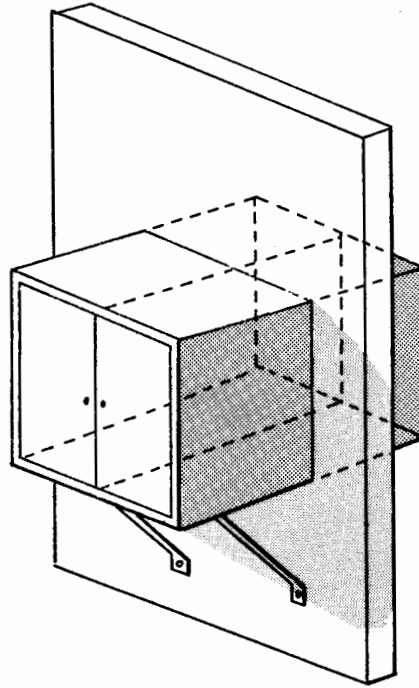


se recomienda la instalación de una "compuerta para el chasis" simple en el tabique que separa la cámara oscura y la sala de rayos X. Esta compuerta permite almacenar sin riesgo los chasis y mejora la eficacia. Las puertas de la compuerta que dan a la sala de rayos X deberán tener una protección adicional de plomo o equivalente.

Las compuertas para chasis que se encuentran en el mercado son de metal, con puerta doble y divididas en la parte interior en compartimientos de "entrada" y "salida". El sistema de cierre de estas puertas solo permite abrir un par de ellas en cualquier momento, de suerte que la luz no penetra en la cámara oscura. Estas compuertas, en general bien construidas, son pesadas particularmente cuando contienen los chasis. Si se trata de una pared corriente, necesitará reforzarse (figura 24).

Hay también la posibilidad de obtener una compuerta sencilla de construcción local, que consista en una caja colocada a través de la pared, con los correspondientes compartimientos y una sola puerta balanceada en cualquiera de los dos extremos que se mueva en dirección vertical. Encima y paralelo a la caja habrá un tubo por el cual pueda deslizarse una varilla de latón. Este movimiento queda restringido a tres o cuatro cm en cualquiera de las dos direcciones. Cuando se baja la puerta, la varilla sobresale en uno de los extre-

Figura 24



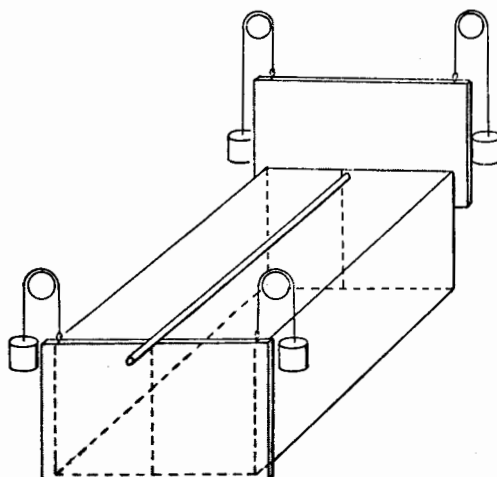
mos por la parte superior de la puerta pero permite levantar verticalmente la otra puerta para que quede abierta. Con la puerta levantada la varilla no puede empujarse hacia atrás y la otra puerta permanece cerrada. Únicamente cuando se cierre la primera puerta se podrá empujar la varilla de nuevo y se abrirá la otra. Todas las puertas deben tener una anchura suficiente para sobresalir de la caja y deben ser impenetrables a la luz. Para mantener el equilibrio se pueden utilizar pesas o poleas corrientes. En el lado de la sala de radiología se puede añadir un laminado de caucho plomado, de un grosor de uno o dos mm, para mayor protección. Los contrapesos tendrán que ajustarse para equilibrar esta adición (figura 25).

Identificación de las películas

Las películas pueden marcarse con un nombre y, si fuese necesario, el número del paciente, utilizando para ello un lápiz en la cámara oscura, antes del revelado. Una vez terminado este proceso y secadas las películas, puede repasarse con lápiz blanco el nombre inscrito.

Otro procedimiento más rápido y seguro consiste en marcar fotográficamente las películas, de suerte que el nombre aparezca en la esquina de la

Figura 25



película. Se dispone de marcadores comerciales de películas, y los chasis pueden adaptarse al procedimiento, protegiendo una esquina contra la exposición. El nombre del paciente se inscribe en papel transparente en la cámara oscura y se inserta debajo de la película por encima de una pequeña lámpara que centellea para tomar la imagen fotográfica.

Se trata de un equipo de poco precio y el proceso es sencillo y, cuando hay que examinar a más de cuatro o cinco pacientes al día, resulta muy útil. Debe colocarse en uno de los extremos de la mesa de trabajo en seco.

La oficina/almacén

La tercera sala de una instalación radiológica de atención médica primaria es la oficina/almacén que debe estar al lado o muy cerca de la sala de rayos X y de la cámara oscura (véase figura 1, pág. 10). Su tamaño es potestativo pero se requiere un mínimo de 8 m², de preferencia 10 m² o más. Este compartimiento puede utilizarse para los propósitos siguientes:

- a) Verificar y examinar las radiografías cuando estén reveladas.
- b) Archivar la información radiológica de los pacientes.
- c) Almacenar películas radiológicas usadas y por usar.
- d) Almacenar sustancias químicas y envolturas de películas.
- e) Almacenar ropa blanca, batas, etc.

La proximidad de este cuarto a la sala principal de rayos X y la cámara oscura permitirá al médico examinar las películas en otro lugar distinto de la cámara oscura o de la propia sala de rayos X. En la mesa de la oficina debe

haber un visor fluorescente de tres o cuatro paneles, provisto de una bandeja para que escurran las películas húmedas. De esta manera el médico podrá examinar películas húmedas y secas.

Registros que deben llevarse en un departamento de radiología

Es preciso llevar alguna clase de registro de cada paciente examinado. Es indispensable un simple "libro diario", en el que se inscriba en cada línea el nombre del paciente, la fecha y el examen; en la medida de lo posible se incluirá también el número del hospital. Las radiografías deben conservarse durante cinco años, y si es posible más, y conviene archivarlas bajo el número del hospital o bajo el nombre del paciente, por orden alfabético. No se necesita un registro complicado, pero debe llevarse no solo para referencia de los pacientes sino para disponer de información acerca del número y tipo de exámenes anuales.

Almacenamiento de las películas de los pacientes

Las películas radiológicas terminadas deben guardarse en envolturas especiales que sean uno o dos centímetros mayores que el de la radiografía, o sea aproximadamente 38 × 45 cm. No son necesarias envolturas de otro tamaño. En la oficina/almacén deben instalarse estantes que permitan colocar en posición vertical las películas. Estas envolturas de películas radiológicas pesan mucho y por eso los estantes deben ser resistentes, con un soporte interior y una separación cada 25 cm. No hace falta que sean de tablas sólidas sino que pueden construirse con listones cuadrados de madera. La resistencia constituye un factor decisivo en la selección del material.

Almacenamiento de las películas radiológicas no utilizadas

Si el espacio lo permite, estas películas se guardarán en la cámara oscura y las que no tengan cabida se depositarán en la oficina/almacén. Sea cual fuere el local para almacenamiento, las paredes han de tener un espesor suficiente para evitar que las radiaciones velen las películas. Las películas deben estar colocadas por encima del nivel del suelo, protegidas de la humedad, en posición vertical y en el sector más fresco y oscuro; en cada caja debe figurar la fecha de entrega y la de caducidad. A fin de evitar el almacenamiento prolongado en exceso de las películas, con su consecuente desperdicio, es preciso establecer un sistema rotatorio de las mismas. Siempre que el depósito central entregue con regularidad las películas, normalmente basta un suministro de tres meses.

En la oficina/almacén debe haber una reserva para tres meses de las sustancias químicas de revelado en envases de plástico o de lata, hay que evitar las

envolturas de papel para estas sustancias. Las sustancias químicas pueden colocarse directamente en el suelo—si está seco—debajo de la estantería pero alejadas de las películas para evitar cualquier daño. Cuando se mantienen en las condiciones debidas, las sustancias químicas tienen una duración excelente.

DISPOSICION DE LA SALA DE RADIOLOGIA Y LA CAMARA OSCURA

Colocación del equipo de rayos X en la sala de radiología

La disposición de una sala de diagnóstico radiológico se basa en los cuatro principios siguientes:

- a) El tubo de rayos X *nunca* debe apuntar hacia la unidad de mandos.
- b) El tubo de rayos X *nunca* debe apuntar hacia la cámara oscura.
- c) El tubo de rayos X *nunca* debe apuntar hacia las ventanas o puertas.

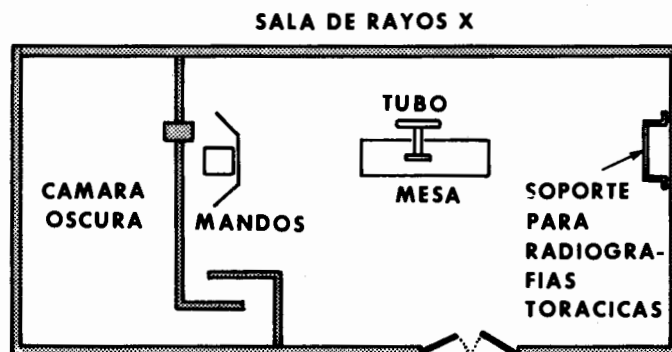
Aunque algunas veces esto es inevitable, sobre todo durante una radiografía lateral en posición transversal a la mesa, mientras se está tomando este tipo de radiografía *nadie* debe estar cerca de una puerta o ventana.

d) Los mandos deben estar a la mayor distancia posible de la mesa radiológica.

El peligro principal de irradiación en una sala de rayos X son las radiaciones difusas, puesto que el haz primario se controlará con el empleo de conos o colimadores apropiados (véase pág. 37). La radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, y esta última es el factor individual más importante en la protección radiológica (véase figura 26).

El tamaño de la sala y el diseño del equipo indicarán la posición en que debe colocarse cada componente del equipo propiamente dicho. Lo primero

Figura 26



que debe instalarse es el portachasis para radiografías torácicas que se colocará en la pared que esté más alejada de la cámara oscura. Luego, se pondrá el soporte del paciente en una posición que cuando el tubo de rayos X se encuentre inmediatamente sobre el extremo de la mesa, esté a una distancia exacta de 1.6 m de la película en el portachasis. Esto sitúa el lugar de la mesa, que se colocará paralela a la pared más larga de la sala. Una línea descendente hacia el centro de la mesa debe estar en exacta alineación con otra similar ascendente hacia el centro del portachasis torácico.

Entre el soporte del tubo y la pared de la sala habrá normalmente una distancia de 60 cm. La pared será, generalmente, la situada enfrente de la puerta de entrada. Esta disposición en una sala de tamaño corriente ofrece un amplio espacio para maniobrar las camillas y sillas de ruedas, e incluso las camas, alrededor de la mesa radiológica y debajo del tubo de rayos X. Si se utilizan rieles para el tubo, estos deben estar en el lado alejado de la mesa, entre esta y la pared. La superficie del lado de la puerta debe estar libre de cualquier obstáculo.

Si se elige el modelo de brazo en forma de "U", deberá colocarse con el tubo en posición horizontal de forma que el portachasis quede cerca de la pared del extremo de la sala de rayos X. Esto sitúa a toda la instalación, y la columna debe estar a una distancia de 60 cm de la pared que tenga detrás. Posiblemente una unidad de brazo en forma de "U" ocupa un poco menos espacio y a veces está sostenida por unos soportes en la pared, con lo cual se reduce el espacio a 40 cm.

El generador y el control deben estar lo más alejados posible de la mesa: Si el generador constituye un elemento aparte, puede colocarse contra la pared exterior. El mando ocupará un lugar lo más cercano posible a la pared de la cámara oscura.

Esta disposición de la sala radiológica se ajusta a nuestros principios básicos. El tubo de rayos X *nunca* apuntará hacia el sector de mando ni hacia la cámara oscura, y las distancias serán las mayores posibles. Solo ocasionalmente la vista horizontal a través de la mesa permitirá que el tubo apunte hacia la puerta.

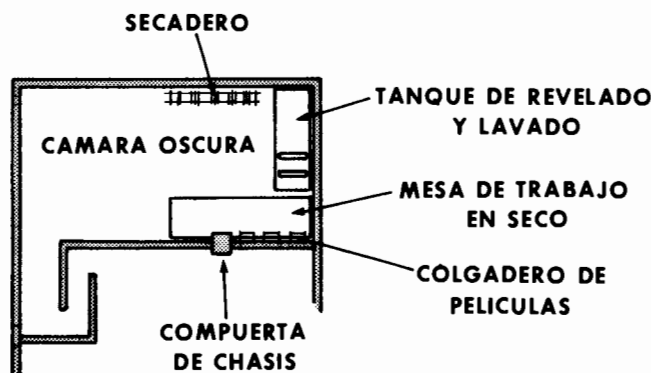
Colocación del equipo en la cámara oscura

La situación de la sala de rayos X y la puerta de entrada determinarán la colocación de la cámara oscura.

El mejor lugar para la mesa de trabajo "en seco" es debajo de la compuerta del chasis, contra la pared de la sala de rayos X (véase figura 27).

Por lo común la unidad de revelado estará junto a una pared exterior a fin de facilitar las instalaciones de fontanería. Las tuberías de desagüe del tanque principal de revelado deben ser de porcelana o de barro cocido o bien de plástico de calidad especial (las tuberías corrientes de metal tendrían, a los

Figura 27



pocos meses, fugas causadas por las sustancias químicas). Por consiguiente, el tanque principal debe estar a unos pocos centímetros de la pared. El secadero puede colocarse en la pared de enfrente de la mesa de trabajo "en seco". Si no resulta muy costoso, conviene utilizar mosaico para la parte de atrás de la mesa de trabajo y el secadero.

Hay que seguir un orden lógico de sucesión en las operaciones, es decir, desde la mesa de trabajo en seco al revelado, enjuague intermedio, fijado y lavado, después de lo cual las películas pasan al secadero.

Las lámparas de seguridad deben montarse de manera que una quede sobre la mesa de trabajo en seco y la otra en el centro. Deben controlarse con interruptores de tirador porque puede ocurrir que el técnico o el operador tenga las manos mojadas. Todos los interruptores de este cuarto deben estar en el interior. Si se usa el marcador de películas, este debe estar en la mesa de trabajo en seco.

CAPACITACION DE PERSONAL Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO

Capacitación de personal para unidades radiológicas de atención primaria

Hay dos categorías de personal que puede ser adiestrado para los trabajos radiológicos:

- a) El que ya posee conocimientos médicos y, por lo tanto, anatómicos, y
- b) El que no posee estos conocimientos.

El perteneciente a la primera categoría (enfermeras, auxiliares, asistentes) generalmente puede prepararse en el término de seis a ocho semanas para producir buenas radiografías normales con casi cualquier equipo sencillo, como el

acabado de describir. El que no posea esta formación previa tendrá que recibir ciertas enseñanzas de anatomía, lo que supondrá otro período de seis a ocho semanas. Un conocimiento básico de la anatomía ósea es indispensable.

Lugar en que debe ofrecerse el adiestramiento

El mejor lugar para el adiestramiento que ofrece una actividad de trabajo y supervisión apropiadas es el departamento central de radiología. Ahora bien, es preciso que el aprendizaje se haga con un equipo idéntico al que se instalará en el servicio radiológico de atención primaria. Las enseñanzas serán eminentemente prácticas, sin pretender una comprensión del sistema. El personal tendrá que aprender paso a paso cada procedimiento y recordarlo a su manera, con la colocación del equipo y las personas y las técnicas previamente prescritas para cada examen. Para el revelado debe ajustarse el tiempo y temperatura prescritos; y no lograrán una capacitación satisfactoria si el equipo empleado no es exactamente igual al que oportunamente tendrán que utilizar. Así, se podrán establecer procedimientos uniformes y seguirlos al pie de la letra, aunque no se comprendan totalmente.

Una vez terminado este adiestramiento básico, se deberá enviar un técnico con experiencia a la unidad radiológica de atención primaria para que trabaje con el personal recién adiestrado durante un período de dos o tres semanas y supervise todos los aspectos de la labor cotidiana. Estas visitas tienen un doble propósito, o sea, que sirven para completar el adiestramiento del personal y para verificar si el equipo de la unidad está en condiciones de funcionamiento satisfactorias. Igualmente permite al instructor familiarizarse con cualquier variación local, y cuando surja alguna dificultad el operador inexperto podrá pedir por teléfono o por escrito asistencia de alguna persona del departamento central que conozca los problemas de la unidad en cuestión. De esta manera se podrá ahorrar un largo viaje para resolver problemas de relativamente menor importancia.

Mantenimiento del nivel de trabajo

Una vez terminado el adiestramiento y la instalación esté funcionando de manera satisfactoria, todavía será necesaria la visita semestral regular de un supervisor a cada unidad de atención primaria. Este procedimiento estimulará y mantendrá un nivel apropiado, permitirá inspeccionar el trabajo y el equipo y continuar la instrucción, así como efectuar una evaluación de cada individuo. En la mayoría de las instalaciones de atención primaria la persona encargada de tomar las radiografías desempeñará otras funciones que probablemente le ocupen más de la mitad del tiempo, por ejemplo una enfermera o una auxiliar. A medida que aumente el volumen de trabajo radiológico este porcentaje puede variar, y es posible que un buen técnico de atención primaria desee

progresar después de recibir el debido adiestramiento radiográfico con el complejo equipo del hospital central. Conviene fomentar estas aspiraciones, con posibilidades de ascenso en la carrera.

Capacitación especial de los médicos

El médico que vaya a trabajar en un servicio de atención primaria debe recibir cierto adiestramiento, durante la época de estudiante o después de recibir el título, acerca del funcionamiento, posibilidades y limitaciones del equipo de rayos X para instalaciones de atención primaria. Debe conocer también cómo funciona el equipo y lo que puede o no puede hacer. La misma importancia reviste la instrucción sobre la interpretación de radiografías estándar que se enseña a los técnicos y familiarizarse con ellas. Son muy convenientes las visitas sistemáticas ulteriores del especialista en radiología de la zona, preferentemente cada seis meses, para inspeccionar las instalaciones radiológicas de atención primaria. Lo ideal sería que estas visitas coincidieran con las del técnico supervisor, a fin de examinar la técnica de las películas y discutir el diagnóstico con el médico local. La educación continua y el estímulo representan una valiosa inversión. El aislamiento favorece los malos hábitos involuntarios del técnico o del médico y perpetúa los errores. En cambio el contacto exterior despierta el interés y renueva los conocimientos.

Actividades de mantenimiento

Estas actividades dependerán en gran parte del equipo que se elija y de que funcione con batería o con electricidad de la red principal (pág. 21). El volumen de trabajo diario influirá también en los problemas de mantenimiento. Muchas instalaciones de atención primaria solo necesitan una visita al año para el mantenimiento del equipo. Las principales fuentes de avería son el tubo y las baterías. Los cronómetros, las bombillas indicadoras y, ocasionalmente, los instrumentos de medición necesitarán reparación o tendrán que reponerse. Después de unos años de funcionamiento tal vez empiecen a funcionar mal los interruptores, especialmente en regiones tropicales. No obstante, el equipo bien construido continuará produciendo radiografías sin mayor preocupación o atención durante muchos años. El técnico de atención primaria puede aprender ciertos trabajos sencillos de mantenimiento como la lubricación de las ruedas de las poleas y piezas móviles, ajuste de los tornillos, etc., lo que podrá verificarse en la inspección sistemática del supervisor cada seis meses.

Organización de un servicio de mantenimiento

Cualquier avería del equipo debe comunicarse por teléfono al supervisor de la zona y al ingeniero del servicio central. A menudo el problema puede

identificarse por teléfono. Los operadores sin experiencia pueden cometer errores simples e incluso olvidarse de conectar la corriente eléctrica. Es indispensable contar con un depósito central provisto de piezas de repuesto, por lo menos las enumeradas a continuación:

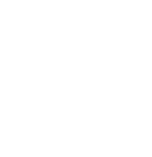
Tubos de repuesto, cables, cronómetros, reveladores, bombillas, interruptores, interruptores automáticos, baterías y condensadores.

La localización del ingeniero de mantenimiento y del depósito a su disposición dependerá de la configuración del terreno y de las dificultades de transporte.

Capacidad de ampliación de un servicio de atención primaria

Una instalación radiológica completa (sala de rayos X, cámara oscura y oficina/almacén) puede funcionar 12 horas o más diarias: sus limitaciones de producción dependen más del personal que del equipo. Con un equipo sencillo se puede realizar el 80% de los procedimientos radiográficos que requiere un hospital de atención primaria (pág. 2). No permite la fluoroscopia y por eso no pueden practicarse exámenes gastrointestinales y vasculares. Con el empleo intravenoso de material de contraste se puede examinar satisfactoriamente el riñón y la vesícula biliar. Por consiguiente, una instalación de esta naturaleza puede satisfacer las necesidades radiológicas de tres o cuatro médicos, pero si aumenta el volumen de trabajo se necesitará más personal técnico. Cuando los pacientes examinados exceden de 20 al día se requerirá otro técnico en la cámara oscura y dos técnicos de rayos X. El técnico de la cámara oscura puede realizar también trabajos de oficina.

El crecimiento del hospital o consultorio no supone necesariamente la instalación de nuevo equipo radiológico. Las instalaciones radiológicas de atención primaria constituirán una firme base para la ampliación de todo el servicio hospitalario.



Precio: EUA \$3.50