TEMA 16
CRITERIOS GENERALES SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Miguel Alcaraz Baños

Objetivos generales

1. Describir los objetivos de la Protección Radiológica.
2. Explicar el Sistema de Protección Radiológica.
3. Justificar la utilización de los rayos X en radiodiagnóstico.
4. Exponer en qué consiste la optimización.
6. Describir algún ejemplo de la relación coste-beneficio aplicado a la protección radiológica.
7. Exponer el concepto ALARA.
8. Definir el término "personal profesionalmente expuesto".
9. Enumerar los límites en la legislación nacional para el personal profesionalmente expuesto y para los miembros del público.
10. Exponer los límites de dosis para el personal femenino.
11. Conocer los límites de dosis para los menores de 18 años.
14. Establecer la clasificación del personal profesionalmente expuesto en función del riesgo.
1. Establecer la clasificación de las zonas de trabajo según su nivel de riesgo.
2. Explicar en qué consiste la vigilancia de zonas.
3. Describir las señalizaciones reglamentarias de las zonas de trabajo, en función del riesgo.
4. Exponer los requisitos para el acceso a las diferentes zonas de trabajo desde el punto de la dosimetría personal.
5. Determinar quién tiene acceso a la información dosimétrica del trabajador profesionalmente expuesto.
6. Explicar los objetivos de la vigilancia médica previa y periódica de los profesionalmente expuestos.
9. Discutir el efecto que pueden tener sobre el blindaje algunos elementos constructivos tales como ventanas de vidrio, juntas de puertas, uniones, puertas y guías para entrada de cables y tuberías.
10. Expresar estimaciones de la protección que producen las mamparas, delantales, guantes, vidrios convencionales y plomados, gafas plomadas y protectores para pacientes.
11. Enumerar las infracciones y sanciones expuestas en las leyes de Protección Radiológica.

TEMA 16
CRITERIOS GENERALES SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Miguel Alcaraz Baños

La utilización creciente de las radiaciones ionizantes en diferentes campos ha hecho necesario incrementar las medidas de protección radiológica con objeto de proteger a los individuos, sus descendientes y la humanidad en su conjunto, contra los riesgos que se derivan de las actividades humanas, que por las características de los materiales y equipos que se utilizan, pueden implicar irradiaciones.

El ***objetivo de la protección radiológica*** *es prevenir la incidencia de los efectos deterministas (los que se pueden eliminar completamente) y limitar la probabilidad de los efectos no deterministas (los que no se pueden eliminar completamente) a niveles considerados aceptables* por comparación con los riesgos que implican otras actividades humanas.

El número de personas expuestas a las radiaciones ionizantes será siempre el menor posible. Se deben tomar las medidas necesarias para conseguir que las dosis recibidas por los trabajadores profesionalmente expuestos, el público y los pacientes, sean las más bajas posibles. En cualquier caso, las dosis recibidas por los trabajadores expuestos y el público, siempre han de ser inferiores a los límites de dosis legales establecidas.

16.1.- EL SISTEMA DE PROTECCION RADIOLOGICA.

La filosofía de actuación de la Comisión Internacional de Protección radiológica (ICRP) parte del objetivo principal de la Protección Radiológica: prevenir la ocurrencia de efectos no estocásticos perjudiciales y limitar la probabilidad de incidencia de efectos estocásticos hasta valores que se consideran como aceptables. Se establece así un **"Sistema de Protección Radiológica"** basado en tres requisitos fundamentales (Fig.10.1): justificación, optimización y limitación de la dosis individual.

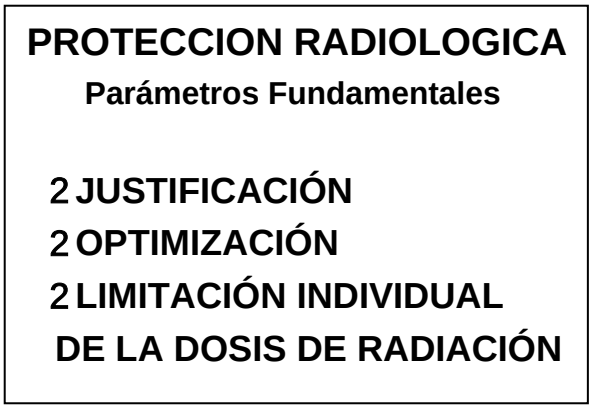

Fig.16.1. Sistema de Protección Radiológica

1) Justificación:

Este primer requisito establece que ninguna práctica que origine exposición humana a la radiación debería ser autorizada salvo que su introducción produzca un beneficio neto positivo, teniendo en cuenta los perjuicios que la exposición a las radiaciones pueda implicar.

La justificación se basa en el análisis coste-beneficio. Se considera que los costes incluyen todos los aspectos negativos de la actividad como los daños a la salud o al medio ambiente. En cuanto a los beneficios, deben incluirse todos los que benefician a la sociedad y no solamente a un grupo de personas o un individuo en particular.

La necesidad de cuantificar tanto los beneficios como los riesgos producidos por la radiación ionizante da origen al concepto **"detrimento**": probabilidad del daño producido como consecuencia de la exposición a radiaciones ionizantes, teniendo en cuenta no solo la probabilidad de manifestación de los efectos sino también su gravedad.

Algunos componentes del detrimento y el beneficio que producen las radiaciones son de naturaleza subjetiva y no son fácilmente constatables. Es necesario para su cuantificación introducir juicios de valor en el análisis **coste beneficio** y ello supone la participación de las autoridades competentes, organismos gubernamentales así como la consideración de las opiniones representativas de los diversos sectores de la población.

El beneficio neto (B) de una actividad se define mediante la expresión matemática (Fig.10.1):

$$B = V - (P + X + Y)$$

(V) es el beneficio bruto de la actividad que incluye el valor del producto resultante, el de los beneficios sociales evidentes y no evidentes y los beneficios de cualquier otra índole.

(P) representa los costes de producción, incluidos los costes para la sociedad de las lesiones no radiológicos.
(**X)** es el coste de la protección radiológica.
(Y) es el coste para la sociedad del detrimento radiológico expresado en términos monetarios (euros).

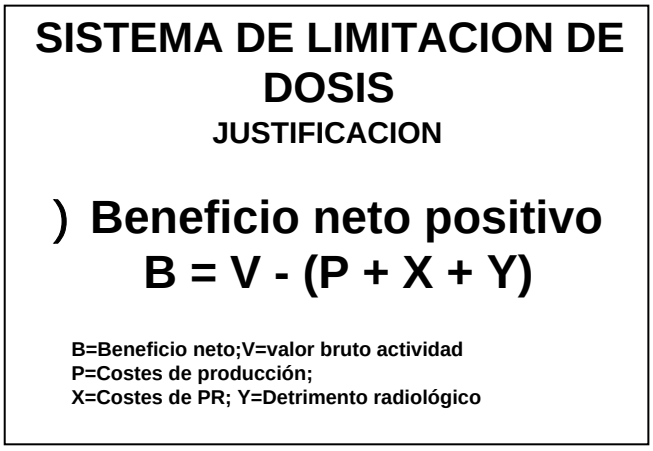

Fig.16.2. Justificación

Afortunadamente, en radiodiagnóstico la justificación del empleo de las radiaciones resulta mucho más fácil. Por ello, la necesidad de la información diagnóstica para la elección de un tratamiento determinado supone suficiente justificación para la sociedad en su conjunto y para el propio enfermo en particular.

2) Optimización:

La finalidad de este requisito es mantener todas las exposiciones a las radiaciones ionizantes ***"tan bajas como sea razonablemente alcanzable"***, teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas aplicables en una determinada comunidad.

A esta filosofía operativa se la conoce con el nombre de **criterio ALARA** (del inglés *As Low As Reasonably Achievable*). El criterio ALARA corresponde al nivel de dosis equivalente del conjunto de personas expuestas, por debajo del cual, el coste de cualquier medida adicional de protección radiológica sería mayor que el valor de la reducción del detrimento para la salud que con ella se conseguiría.

Para poder comparar y optimizar una práctica con radiaciones es necesario asignar un valor monetario a cada dosis colectiva administrada a la población. De este modo tendremos en cada situación, un coste del detrimento (lesiones producidas) y un coste por beneficio obtenido con

la dosis de producción. Según se muestra en la gráfica, el coste de reducir la exposición (coste de la protección radiológica), se compensa con el beneficio obtenido y la suma de ambos presenta un valor mínimo que sería el óptimo (corresponde al punto donde se cruzan). Sin embargo, ello significa que la reducción completa de la dosis de radiación exige un coste económico enorme, por lo que se puede llegar a unos límites loo suficientemente bajos como para que cada trabajador lo complemente con sus hábitos de trabajo o de funcionamiento para conseguir su completa desaparición.

SISTEMA DE LIMITACION DE DOSIS

OPTIMIZACION

2 **Criterio ALARA**

2 **Análisis diferencial**

COSTES - BENEFICIO

Las autoridades competentes deberían juzgar,para cada caso particular, si la ulterior reducción de la dosis efectiva colectiva es menos importante que el esfuerzo suplementario requerido para conseguir tal reducción.

Fig.16.3. Optimización.

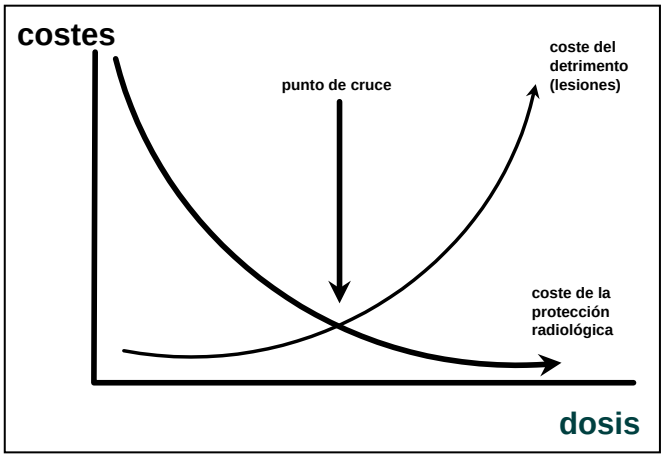

Fig.16.4. Equilibrio coste-beneficio.

En radiodiagnóstico, su aplicación práctica para el técnico radiólogo consiste en la utilización más adecuada posible de los materiales empleados en radiodiagnóstico en todos los casos posibles, estemos empleando materiales de última tecnología o materiales relativamente anticuados.

La optimización de la protección radiológica debe efectuarse en el diseño y la ejecución de toda operación justificable que pueda contribuir de manera significativa a la irradiación de los profesionales y el público. Esta optimización debe garantizar un grado suficiente de protección a cada una de las personas implicadas, respetando por tanto los límites individuales de dosis.

c) Limitación de dosis individual:

La limitación de las dosis individuales trata de acotar los riesgos a que está sometido cada individuo expuesto, ya que la consideración de factores económicos y sociales en la justificación y

optimización de una actividad no garantiza que algunos individuos no pueda verse expuestos a dosis excesivas de radiación que quedarían enmascaradas estadísticamente en una dosis general:

Al establecer los límites de dosis, la legislación española distingue ***tres categorías de personas:***

- ***Trabajadores profesionalmente expuestos.***
- ***Miembros del público.***
- ***Población en su conjunto.***

Hay algunas subcategorias según edad, sexo o probabilidad de dosis. Para cada categoría se establece un límite específico de dosis equivalente efectiva.

Por otra parte, la aplicación del Sistema de Protección Radiológica debe de estar dirigida a los distintos tipos de exposiciones:

1.-Exposiciones ocupacionales: son las producidas a causa del trabajo que debe ser controlado y planificado. Incluye pequeños percances y maniobras erróneas, no considerando las dosis debidas a accidentes. Estas a su vez se dividen en:

1a. Exposiciones con certeza de producirse, reguladas por los límites de dosis.

1b.Exposiciones potenciales, son las que se recibirían en los accidentes estudiándose la probabilidad de que se produzca el accidente y evaluando la posible dosis asociada.

2.-Exposiciones médicas que pueden ser de tratamiento o diagnóstico. Deben de estar plenamente justificadas y optimizadas, no considerándose en las dosis de limitación personal.

3.-Exposiciones del público a consecuencia de la radiación natural y artificial.

16.2 . LIMITES DE DOSIS.

Los límites de dosis son valores establecidos legalmente que no deben ser sobrepasados. En el cómputo de las dosis totales no se incluirán las dosis debidas al fondo radiactivo natural ni las derivadas de exámenes o tratamientos médicos recibidos como pacientes.

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes establece los siguientes límites:

A) Trabajadores expuestos.

- Límite de 100 mSv para el período de 5 años oficiales consecutivos sin sobrepasar el límite de 50 mSv por año oficial.
- Límite Cristalino, 150 mSv por año oficial.
- Límite Piel, 500 mSv por año oficial.
- Límite Manos, antebrazos, pies y tobillos, 500 mSv por año oficial.

B) Mujeres embarazadas.

Desde que se notifica el estado de gestación al titular de la práctica o instalación radiológica, la protección al feto deberá ser igualada con los límites de los miembros del público. Las condiciones de trabajo garantizarán que, desde que se comunica el embarazo hasta que nazca el niño, la dosis recibida no será superior a 1 mSv. Durante la lactancia no se asignarán trabajos que implican riesgo de contaminación radiactiva.

C) Límites de dosis para personas en formación y estudiantes.

Para mayores de 18 años tendrán los mismos límites que los trabajadores expuestos.

Entre 16 y 18 años, el límite será de 6 mSv por año oficial teniendo en cuenta que para:

- el Cristalino será de 50 mSv por año oficial.
- la Piel será de 150 mSv por año oficial.
- las Manos, antebrazos, pies y tobillo será de 150 mSv por año oficial.

D) Exposición especialmente autorizada.

Es la ocasionada en situaciones excepcionales pero no son previsibles en instalaciones de diagnóstico médico.

E) Límites de dosis para miembros del público.

El límite legal es de 1 mSv por año oficial. El Consejo de Seguridad Nuclear podrá autorizar valores superiores siempre y cuando el promedio de 5 años oficiales no sobrepase el valor de 1 mSv por año oficial. También se establece que para:

- el Cristalino será de 15 mSv por año oficial.
- la Piel será de 50 mSv por año oficial.

En la siguiente tabla se resumen los anteriores límites de dosis individuales:

LIMITES DE DOSIS INDIVIDUALES.		
TRABAJADORES		
Irradiación homogénea		**100 mSv en 5 años con límite de 50 mSv/año**
Irradiación parcial	**Dosis efectiva**	**50 mSv/año**
	Cristalino	**150 mSv/año**
	Piel, manos, antebrazos, pies y tobillos	**500 mSv/año**
PUBLICO		
Irradiación homogénea		**1 mSv/año**
Irradiación parcial	**Dosis efectiva**	**1 mSv/año**
	Cristalino	**15 mSv/año**
	Piel	**50 mSv/año**
ESTUDIANTES		
Mayores de 18 años	**Límites de los trabajadores expuestos**	
De 16 a 18 años	**Dosis efectiva**	**6 mSv/año**
	Cristalino	**50 mSv/año**
	Piel, manos, antebrazos, pies y tobillos	**150 mSv/año**

Tabla **16.1. Límites Individuales de dosis de radiación.**

16.2.1. Exposiciones accidentales y exposiciones de emergencia.

Cuando en casos excepcionales o de accidente se presenten situaciones que den lugar a exposiciones que impliquen la recepción de dosis superiores a los límites de dosis fijados para condiciones normales de trabajo, estas exposiciones tendrán la consideración de exposiciones excepcionales y se clasificarán en:

- ***Exposiciones de emergencia:*** Aquellas de carácter voluntario en las que se sobrepasen los límites anuales de dosis y que están justificadas cuando se trate de prestar asistencia a individuos en peligro, de evitar exposición de un gran número de personas o de salvar una instalación valiosa. Las personas que se presten a este fin deberán ser informadas de los riesgos que corren antes de intervenir en operaciones de este tipo.

- ***Exposiciones accidentales:*** Aquellas de carácter fortuito e involuntario, en las que se sobrepase alguno de los límites anuales de dosis.

Sin embargo, este tipo de exposiciones No deben ocurrir en radiodiagnóstico ya que los interruptores de la corriente eléctrica que posibilitan el funcionamiento del aparato siempre deben estar accesibles en el exterior para poder interrumpir la producción de la radiación ionizante dentro de la sala.

16.3. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO.

La protección radiológica en radiodiagnóstico se debe incorporar en el diseño del equipo, en el proyecto de la instalación y en la fase de operación.

Los equipos deben ser fabricados con unos criterios de calidad mínimos que impidan que representen un riesgo importante para los pacientes o para el personal de operación (filtración adecuada, dispositivos automáticos de colimación, cortinillas plomadas, etc.)

Los equipos de rayos X deben estar ubicados en locales que hayan sido previamente estudiados y preparados para contener el equipo concreto que se vaya a instalar, teniendo en cuenta la carga de trabajo que vaya a suministrar dicho equipo y las exploraciones que se vayan a realizar en esa sala.

Deberá tenerse en cuenta que las dosis de radiación en el exterior de la sala deberán estar optimizadas, siendo prácticamente despreciables en las zonas en las que pueda haber miembros del público (salas de espera, cambio de ropa, pasillos).

Deberán elaborarse normas para el correcto funcionamiento y operación de los equipos, tanto desde el punto de vista de la protección del operador, como de los protocolos de las exploraciones para obtener la información diagnóstica que se precise con la mínima dosis para los pacientes.

La protección radiológica debe ser considerada por el profesional médico cuando se solicita una exploración radiológica, evaluando el coste-beneficio de la misma y se debe estudiar la realización de exploraciones alternativas que no impliquen el uso de radiaciones ionizantes.

El personal de operación deberá conocer los riesgos potenciales que supone el manejo de los equipos de rayos X y su correcto funcionamiento. Las dosis del personal de operación estarán optimizadas siguiendo la filosofía ALARA.

Los miembros del público que estén en las proximidades de las salas de rayos X (incluso los pacientes cuando esperan o sus familiares) no deben recibir radiación como resultado de exploraciones a otros pacientes, no esta justificado al no obtener en este caso ningún beneficio a cambio.

Para los pacientes no se establecen límites de dosis, si bien la normativa vigente obliga a que se optimice el uso de las radiaciones ionizantes en el diagnóstico. Es obvio que el personal de operación debe conocer los métodos que permitan optimizar las exploraciones radiológicas.

En general, la correcta aplicación de criterios de optimización a los pacientes (por ejemplo, el uso de cortos tiempos de escopia), repercutirá en que las dosis al personal de operación sean también más bajas.

16.4.- ASPECTOS DE EQUIPAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE RADIOLOGIA

La normativa nacional y europea están orientadas hacia la protección radiológica del paciente por medio de la optimización de las imágenes radiográficas.

- Los haces de radiación deberán tener las características adecuadas, teniendo en cuenta el espesor del paciente y las estructuras que deba atravesar el haz. Es importante utilizar el kilovoltaje adecuado y verificar que la filtración del haz sea la suficiente para obtener una imagen

correcta, teniendo en cuenta que un disparo a mayor kilovoltaje precisa menores dosis y que la filtración inherente al tubo, más la adicional, disminuyen las dosis absorbidas.

- El tamaño del campo de radiación será el mínimo compatible con la zona que se pretende visualizar, evitando de esta forma administrar al paciente una mayor dosis, ya que una colimación adecuada disminuye la dosis recibida.

- Será importante considerar el correcto centraje del haz (y una correcta coincidencia entre el haz de radiación y el haz luminoso), así como una correcta alineación del tubo de rayos X con la rejilla antidifusora, ya que la desfocalización del antidifusor induce a un aumento de dosis al paciente innecesario para la obtención de la imagen diagnóstica.

- Es necesario utilizar pantallas de refuerzo adecuadas y compatibles con el tipo de película, chasis y equipo que se está utilizando. Si es posible, deberán utilizarse las combinaciones pantallas intensificadoras-películas más rápidas, compatibles con la información que se pretenda obtener, permitiendo así una disminución de la dosis recibida por el paciente.

- Es preciso proteger con prendas adecuadas los órganos más sensibles a la radiación.

Todos los elementos que forman parte de la cadena de imagen, así como los almacenes y cuartos oscuros, estarán sujetos a programas de garantía de calidad.

16.5.- ASPECTOS ORGANIZATIVOS Y DE DISEÑO DEL SERVICIO DE RADIOLOGIA QUE AFECTAN A LAS DOSIS.

Uno de los principios básicos a tener en cuenta en el diseño es la ubicación de las distintas dependencias de la instalación. Normalmente este factor no se tiene en cuenta puesto que las instalaciones se montan posteriormente a la edificación, es decir, se adecua la instalación radiológica a las características de la planta.

Normalmente la protección que brindan los propios muros estructurales es suficiente para conseguir niveles de exposición aceptables. En caso contrario, con espesores de plomo adicionales se consiguen reducir estos. El uso de plomo como material de protección prima por motivos económicos y de espacio.

Cuando el grado de ocupación de las áreas adyacentes a la sala de exploración sea suficientemente grande, los blindajes estructurales se deben sobrevalorar, sin tener en cuenta otras consideraciones como pueden ser la ubicación o la distancia.

La localización de la sala de exploración viene generalmente determinada por factores tales como la accesibilidad a las distintas dependencias, vestuarios, cuarto oscuro, sala de espera, etc.

Como aspecto organizativo de los servicios de radiodiagnóstico que contribuye a la reducción de dosis, cabe destacar la importancia de realizar análisis periódicos de las causas de rechazo de radiografías. Estadísticamente se conocen cuales son las principales causas que inciden en la pérdida de calidad de las imágenes radiográficas y que obligan a repeticiones, o cuando menos, a tener que admitir radiografías mediocres.

Es fundamental también promocionar la adecuada recuperación y transmisión de la información, con objeto de que los pacientes que lleguen al Servicio puedan aportar sus informes radiológicos anteriores y los pacientes que sean explorados en nuestro servicio puedan aportar posteriormente la referencia de los estudios radiológicos realizados.

Desde un punto de vista de protección al paciente, es imprescindible disponer de carteles de aviso para que las mujeres que puedan estar embarazadas adviertan al personal de la sala y que el personal médico responsable tenga una guía de las actuaciones o criterios a tener en cuenta frente a las posibles exploraciones radiológicas de estas pacientes.

Un aspecto importante en la protección al paciente, que todo servicio radiológico debe tener en cuenta, es la existencia de valores de referencia de dosis. Estos valores aparecen en la normativa vigente y serán analizados posteriormente.

16.5.1. INFLUENCIA DE LA DISTANCIA, EL TIEMPO Y EL BLINDAJE.

Sin embargo, la protección contra un agente físico como son las radiaciones ionizantes, debe realizarse con la utilización de otros tres agentes físicos básicamente: la distancia, el tiempo y el blindaje. La dosis de radiación recibida por un individuo al permanecer en las proximidades de una fuente de radiación determinada depende de estos tres factores fundamentales:

- La ***distancia*** entre la fuente y el individuo.
- El ***tiempo*** de permanencia junto a la fuente de radiaciones.
- El ***blindaje*** existente entre la fuente generadora de radiaciones y el individuo.

1.- *Al alejarse de una fuente radiactiva, la intensidad de radiación disminuye siguiendo la ley de proporcionalidad del inverso del cuadrado de la distancia*. Se comprende fácilmente, que basta alejarse de la fuente generadora de radiaciones para realizar en condiciones aceptables los trabajos u operaciones necesarias.

2.- Con respecto al tiempo, *lógicamente cuanto menor sea el tiempo de exposición, menor será la dosis recibida*. En muchos casos, una adecuada combinación de los dos factores considerados (distancia y tiempo), bastará para proporcionar una protección adecuada. Al alejarse suficientemente de una fuente, los niveles de radiación disminuyen rápidamente, permitiendo estancias más prolongadas. Inversamente, si se consigue acortar el tiempo empleado en una operación determinada, será posible efectuarla a menor distancia, aún cuando los niveles de radiación sean superiores.

3.- En la práctica, se presentan circunstancias en las que estos dos factores, por sí solos, no bastan para conseguir condiciones de trabajo adecuadas. En tales casos es preciso *interponer, entre la fuente de radiación y el operador un blindaje, constituido por un espesor suficiente de algún material absorbente de la radiación*, que en radioduiagnóstico suelen ser elementos a los que se les ha añadido una lámina de plomo.

16.6.- NORMAS BASICAS DE PROTECCION RADIOLOGICA

La experiencia ha demostrado que la protección estructural no suele ser suficiente para la eliminación de las exposiciones innecesarias, es preciso adquirir determinados hábitos de comportamiento para que, in cluso con escasda protección estructural, conseguir minimizar al máximo las dosis de radiación que pueden alcanzar al operador. Para ello, se establecen una normas básicas de funcionamiento. El objetivo de las normas es reducir las dosis recibidas por el personal y por los pacientes a valores tan bajos como razonablemente sea posible, compatible con el tipo de exploración a realizar. Así, unas normas básicas de protección aplicables a todo tipo de instalaciones de radiodiagnóstico con fines médicos son las siguientes:

- *La protección radiológica debe aplicarse al diseño, fabricación y funcionamiento de los equipos de rayos X*. Deben optimizarse los métodos de trabajo y efectuar verificaciones periódicas tanto de los equipos como de la instalación en su conjunto.
- *Los equipos deben ser fabricados con unos criterios de calidad mínimos* que impidan que representen un riesgo importante para los pacientes o para el personal de operación (filtración adecuada, dispositivos automáticos de colimación si procede, cortinillas plomadas, etc).
- *Los equipos de rayos X deben estar ubicados en locales que hayan sido previamente estudiados y preparados* para contener el equipo concreto que se vaya a instalar, teniendo en cuenta la carga de trabajo que vaya a suministrar dicho equipo.
- *La prescripción de exploraciones debe hacerse realizando un análisis coste-beneficio,* estudiando la posibilidad de exploraciones alternativas que no impliquen el uso de radiaciones.

DEBE TENERSE SIEMPRE PRESENTE QUE EL MAYOR AHORRO DE DOSIS ES LA EXPLORACIÓN INNECESARIA QUE NO SE REALIZA.

- Se deben *cuidar los aspectos generales que influyen en la protección del paciente:*

  - *Propiedades del haz adecuadas* al espesor del paciente y al contraste necesario (kV, filtración).
  - *Tamaño mínimo posible de campo*, centrado, alineación del tubo-rejilla antidifusora.
  - *Sistema de imagen adecuado* (el que necesita menos dosis compatible con la calidad de imagen a obtener).
  - *Control frecuente de la máquina de revelado* de películas (placas radiográficas).
  - *Reducción del número de exploraciones repetidas.* Programa de control de calidad que analice las causas que ocasionan la repetición de las radiografías.
  - Hay que practicar un buen control de los estudios previos y de los estudios hechos en otros Centros, conservando los informes con las radiografías en lugares fácilmente accesibles.
  - El *acceso a las salas debe ser controlado* y las puertas de acceso deben permanecer cerradas siempre que haya emisión de rayos X.
  - Debe *disponerse de señal audible y/o visual* prevista en el pupitre de mandos, o en el lugar del operador en el caso de mando a distancia, que indique que el tubo está en funcionamiento.
  - Nunca se debe dirigir el haz directo ni hacia el puesto de control, puertas y/o ventanas.
  - En todas las instalaciones deben *utilizarse las prendas de protección personal adecuadas* para proteger tanto al paciente como al personal profesionalmente expuesto.

16.6.1.- NORMAS BASICAS DE PROTECCION DEL PERSONAL.

En este apartado se trata de dar las normas de protección radiológica aplicables al personal que opera los equipos.

- El personal de operación en zona controlada debe llevar siempre su *dosímetro personal*.
- Sólo entrará en la sala el personal autorizado y que tenga que permanecer inevitablemente en el interior de la sala durante la exploración.
- El personal que permanezca en la sala cuando hay emisión de rayos X debe *utilizar delantales plomados o permanecer en zonas protegidas.*

16.6.2. NORMAS BASICAS DE PROTECCION AL PACIENTE.

- En las salas de espera deben *colocarse carteles de advertencia a posibles mujeres embarazadas* con el fin de que informen al Operador, quién lo pondrá en conocimiento del Supervisor de la Instalación para que tome las medidas de protección oportunas.
- Se deben cuidar de manera especial las normas de protección radiológica cuando sea imprescindible realizar exploraciones a mujeres embarazadas.
- Los pacientes no deben entrar en la sala hasta que no se les autorice.
- Cuando existen dos o más tubos en la misma sala no debe prepararse a un nuevo paciente cuando uno de los tubos esté en funcionamiento.
- S debe *disminuir*, al mínimo compatible con la exploración, *el tamaño del campo de radiación.*
- Se deben *proteger los órganos más críticos del cuerpo* (gónadas, tiroides, etc.)
- No se deben realizar exposiciones rutinarias, sino analizar su necesidad observando posibles placas anteriores.
- *No se debe disminuir la filtración total del tubo por debajo de los valores recomendados* (para equipos con tensión superior a 70 kV, 2.5 mm Al de los cuales 1.5 mm deben ser fijos).

16.6.3. NORMAS BASICAS DE PROTECCION A PACIENTES INFANTILES.

El niño como paciente presenta una serie de inconvenientes:

- Falta de cooperación del niño, dando lugar a imágenes movidas o con defecto de centrado.
- Al presentar el niño un menor tamaño, se debe de colimar con mayor meticulosidad.
- Hay una mayor influencia en la imagen de pequeñas variaciones de los parámetros del tubo (KV, mA) que puede ser motivo de repeticiones.
- Su mayor esperanza de vida y, por tanto, probabilidad de efectos tardíos y/o genéticos.

Esta serie de inconvenientes hacen necesario:

- Tratar de tranquilizar al niño buscando su cooperación y empleando dispositivos de inmovilización mecánicos.
- *Realizar una colimación más precisa* y, en niños pequeños, prescindir si es posible de rejillas antidifusoras ya que hay poca radiación dispersa.
- *Emplear tiempos cortos de exploración y sistemas de imagen de alta sensibilidad.*
- *Utilizar protectores gonadales* cuando sea necesario.
- Verificación frecuente de los datos como kV, mA y t.

16.7.- NORMAS DE FUNCIONAMIENTO EN INSTALACIONES DE RADIODIAGNOSTICO.

Dada la variedad de exploraciones posibles existe paralelamente una variedad de tipos de instalaciones. Aunque las normas de funcionamiento son básicamente las mismas se presentan a continuación conjuntos de normas de funcionamiento para las distintas instalaciones de rayos X.

16.7.1. Normas de funcionamiento en instalaciones dentales.

- Cerrar las puertas cuando se trabaje con rayos X.
- No se debe dirigir el haz directo hacia ninguna persona que no sea el paciente.
- Se debe utilizar la película más rápida compatible con la calidad de imagen.
- Se debe colimar el campo al mínimo imprescindible.
- Se debe trabajar con tensiones lo más altas posibles para reducir la dosis.
- En el revelado manual se debe llevar un control de los líquidos y nunca tratar de acortar el tiempo de revelado a costa de exponer más la película y por lo tanto la exposición del paciente.
- En radiografía dental intraoral, la placa debe sujetarla el propio paciente o bien usar medios mecánicos.
- El operador ha de situarse al menos a 2 m del tubo y situado en un ángulo entre 90º y 135º del eje del haz. Si ésto no es posible debe colocarse delantal de protección.
- En ortopantomografía debe controlarse muy bien el equipo, comprobando la coincidencia del haz con la rendija para evitar exponer zonas innecesarias.

16.7.2. Normas de Funcionamiento con equipos de radiografía.

- Antes de efectuar la exploración, cerrar las puertas de la sala.
- Durante la radiografía, todo el personal deberá permanecer en la zona protegida donde se pueda observar al paciente a través de un visor protegido.
- Siempre que sea posible, utilizar protectores gonadales y de tiroides para el paciente.
- Cuando sea necesario sostener un chasis radiológico, se deberán usar dispositivos mecánicos.
- No debe permanecer ningún paciente en la sala mientras se explora a otro.
- La distancia foco-paciente no debe ser nunca inferior a 30 cm. recomendándose 45 cm.
- Cuando sea necesaria la inmovilización del paciente, ésta se realizará medio de sujeciones mecánicas apropiadas. Sino la inmovilización se realizará por personas con carácter voluntario, y sino fuera posible, sería personal profesionalmente expuesto de la instalación en turnos rotatorios. En ningún caso se encontrarán entre ellas mujeres gestantes ni menores de 18 años. Todas las personas que intervengan en la inmovilización estarán siempre en el menor número posible, procurarán en todo momento no quedar expuestos al haz directo y deberán ir provistos de prendas de protección adecuadas.

- Se debe seleccionar la tensión y corriente del tubo adecuada a la técnica considerando las características del paciente (espesor, contraste, etc.)
- Se deben controlar los tiempos de disparo y procesar correctamente las películas radiográficas.

NORMAS BÁSICAS DE TRABAJO APLICABLES A SALAS DE RADIOSCOPIA Y RADIOGRAFÍA.

Conviene ampliar y adaptar estas normas a cada caso y tenerlas visibles**.**

1. Durante la radioscopia, sólo estará en el interior el personal imprescindible.
2. No se debe pulsar el pedal más que cuando se necesita información (radioscopia discontinua).
3. Recordar que la disposición de tubo arriba e intensificador abajo produce más radiación dispersa.
4. Antes de explorar, cerrar las puertas blindadas.
5. No dirigir el haz directo hacia las ventanas, puesto de control ni hacia la cámara oscura.
6. El personal que permanezca en el interior de la sala deberá llevar delantal plomado y otros protectores, así como acercarse al paciente y al tubo lo imprescindible. Se debe emplear el palpador del equipo o palpar con guantes protectores.
7. Cerrar el diafragma o colimador al mínimo campo exploratorio, y emplear protectores de gónadas, cuando sea necesario y posible.
8. No debe haber ningún paciente en la sala mientras se explora a otro.
9. La distancia foco-piel nunca debe ser inferior a 30 cm. en radioscopia (con tubo detrás). Es recomendable mayor de 45 cm.
10. Si es necesario poner las manos en el haz directo, utilizar guantes protectores. Siempre que sea posible, emplear la memorización de imágenes.
11. El dosímetro es un testigo de la radiación que recibe la persona. Ha de llevarse puesto cuando se trabaja, pero mantenerse alejado de la radiación cuando no se trabaja.
12. Si en determinadas exploraciones existe riesgo de que ciertas partes del cuerpo reciban más dosis que el resto, y que esta diferencia sea significativa (cristalino, manos), debe disponerse (además del dosímetro representativo del cuerpo entero que irá detrás del delantal) de otro u otros dosímetros representativos de dichas zonas especialmente expuestas.
13. Si es imprescindible que alguien sujete al paciente o al chasis, se utilizará delantal protector y guantes:
*** Se permanecerá fuera del haz directo y lo más apartado posible del paciente y tubo.**
*** Deberían registrase los datos (nombre de la persona que sujete al paciente, fecha, número de disparos, datos de radioscopia y radiografía y técnica empleada).**

Fig.16.5. Normas básicas de trabajo en Salas de radiodiagnóstico médico.

16.7.3. Normas de funcionamiento con equipos de Radioscopia.

- Antes de explorar cerrar bien las puertas.
- Durante la radioscopia solo permanecerá en el interior de la sala el personal imprescindible.
- No se debe usar el pedal nada más que cuando se necesite información. El interruptor debe ser tipo hombre-muerto con un temporizador que avise a los 10 minutos del inicio de la exploración.
- En exploraciones a pie de tubo, la disposición de tubo arriba de la mesa e intensificador abajo produce más radiación dispersa.
- La distancia foco-piel nunca debe ser inferior a 30 cm, es recomendable mayor que 45 cm.
- En exploraciones donde el riesgo de recibir dosis en ciertas partes del cuerpo es más significativo, se deben utilizar dosímetros adecuados (de anillo, de muñeca, etc.)
- El personal que permanezca en la sala debe llevar delantal plomado y debe acercarse al paciente y al tubo lo imprescindible.

- Siempre que sea posible se debe usar memorización de imagen.

16.7.4. Normas de funcionamiento para Servicios Especiales.

a) Equipos móviles:

La utilización de equipos móviles de rayos X presentan las siguientes particularidades:

- El aumento de la dificultad de centrado al estar el chasis radiográfico "desligado" del equipo y no tener las mismas referencias geométricas.
- El continuo desplazamiento de estos equipos hace que se desajusten con mayor frecuencia.
- La utilización en lugares en los que la instalación eléctrica no está preparada para suministrar la potencia adecuada.
- Su empleo en salas carentes de blindajes estructurales y ocupadas por otras personas.

Las soluciones a estos problemas son:

- Utilizar equipos especialmente diseñados que dispongan de dispositivos adicionales para centrado y distanciadores.
- Realizar más frecuentemente una verificación de las características de los mismos.
- Emplear generadores a base de baterías o de condensadores, que almacenan la energía lentamente y la suministrán instantáneamente en el momento del disparo.
- El operador debe alejarse al menos dos metros del haz.
- Utilizar delantales y otros dispositivos de protección, incluso para los enfermos próximos.
- No se debe dirigir el haz directo hacia ninguna persona que no sea el paciente.
- Siempre que sea posible deben utilizarse protectores gonadales y diafragmar el campo exploratorio al mínimo.

NORMAS DE TRABAJO CON EQUIPOS MÓVILES.

Conviene ampliar y adaptar estas normas a cada caso y tenerlas visibles

1. No dirigir el haz directo hacia ninguna persona que no sea el paciente.
2. Durante el disparo el personal debe permanecer alejado del paciente (al menos 2 metros y con la angulación adecuada) y llevar delantal protector.
3. Diafragmar el campo exploratorio al mínimo y utilizar protectores gonadales, cuando sea necesario y posible.
4. Utilizar dispositivos de centrado y distanciadores .
5. Si es imprescindible sujetar al paciente o el chasis:
- Permanecerá fuera del haz directo y lo más apartado posible del paciente y del tubo.
- Deberían anotarse en un registro los datos (nombre de la persona que ha sujetado al paciente, fecha, número de disparos, datos radiográficos y técnica radiográfica).
6. El dosímetro es un testigo de la radiación que recibe la persona. Debe llevarse puesto cuando se trabaja, pero mantenerlo alejado de la radiación cuando no sea así

. Fig.16.6. Normas básicas de trabajo con equipos móviles.

b) Equipos de Mamografía:

- Se deben disponer de mecanismos de compresión de la mama para reducir la borrosidad cinética.
- No está justificada la exploración preventiva a grandes grupos de población, o al menos, no en mujeres jóvenes.
- Efectuar la exploración desde detrás de la mampara de protección.

c) Tomografía Digital Computarizada (TAC):

- El personal está detrás de los blindajes estructurales y por lo tanto la exposición es baja.
- En cuanto a la protección del paciente, la dosis integral depende del número de cortes tomográficos que se hagan. Hacer muchos cortes es comparable con aumentar el tamaño del campo en la imagen clásica. Se pueden ahorrar cortes haciendo primero una imagen digital no tomográfica y sobre ella decidir la zona de interés diagnóstica.
- Se deben tener en cuenta todas las normas indicadas para radiografía convencional.

d) Angiografía:

- El personal que permanece en la sala debe llevar delantal plomado en todos los casos.
- Se debe utilizar preferentemente radioscopia con tubo abajo e intensificador arriba debido a los largos tiempos de exploración.
- Se deben usar guantes plomados.
- Se deben conocer los puntos con mayores niveles de radiación de la sala para que el personal se sitúe en los puntos mas protegidos compatible con su función a realizar.
- Se deben utilizar sistema de memorización de imagen y radioscopia pulsada.

e) Cateterismo y radiología intervencionista:

- Se deben tener en cuenta los mismas normas que en radioscopia.
- Los equipos deben ir equipados con pantallas protectoras apropiadas, sobre todo en equipos con el tubo encima de la mesa.
- Es importante el utilizar sistemas de memorización de imagen.

16.8.- CLASIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ZONAS.

Todas las zonas en las que se emplea radiación ionizante deben estar adecuadamente señalizadas. El titular de la práctica es el responsable de clasificar las zonas de trabajo donde exista la probabilidad de superar 1 mSv por año oficial o 1/10 de los límites especiales.

Las zonas son las siguientes:

- Zona vigilada: existe la posibilidad de recibir dosis superiores a 1 mSv pero menores a 6 mSv por año oficial o en el caso de límites especiales está comprendida entre 1/10 y los 3/10. Se señaliza con un trébol gris sobre fondo blanco.

- Zona controlada: existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o 3/10 de límites especiales. Se señaliza con un trébol verde sobre fondo blanco. La zona controlada se puede subdividir en:

Zona de permanencia limitada: existe el riesgo de recibir dosis superiores a los límites establecidos. Se señaliza con un trébol amarillo sobre fondo blanco.

Zona de permanencia reglamentada: existe el riesgo de recibir en cortos períodos de tiempo dosis superiores a los límites propuestos. Se señaliza con un trébol naranja sobre fondo blanco.

Zona de acceso prohibido: en una única exposición se puede sobrepasar los límites de dosis propuestos. Se señaliza con un trébol rojo sobre fondo blanco.

Las señales se completarán en la parte superior con la leyenda del tipo de zona y en la inferior con el tipo de riesgo. Para riesgo de irradiación externa se utilizarán puntas radiales, para el riesgo de contaminación interna una nube de puntos y para ambos riesgos simultáneamente tanto las puntas radiales como la nube de puntos.

En zonas controladas y vigiladas se deberá efectuar vigilancias radiológicas ambientales, deberán estar delimitadas y señalizadas y el acceso estará limitado a personal autorizado. En zona controlada será obligatorio el uso de dosímetros individuales. En zona vigilada se podrá efectuar la vigilancia por medio de dosimetría de área.

16.8.- CLASIFICACION DE TRABAJADORES EXPUESTOS.

Por razones de vigilancia y control radiológico los trabajadores se clasifican en:

- **Categoría A:** aquellas personas por las condiciones de trabajo pueden recibir dosis superiores a 6 mSv por año oficial o mayores a 3/10 de los límites especiales.

- Categoría B: aquellas personas por las condiciones de trabajo pueden recibir dosis superiores a 1 mSv pero es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv o entre 1/10 y 3/10 para los límites especiales.

El titular o la empresa externa deberá informar antes de iniciar la actividad a sus trabajadores expuestos, personas en formación y/o estudiantes sobre los riesgos radiológicos asociados, normas de protección radiológica y a las mujeres de la necesidad de notificar el embarazo y lactancia. Se establece que se formará al personal antes de iniciar las actividades y de forma periódica en función de su nivel de responsabilidad y funciones.

. Fig.16.7. Señal característica de una sala de radiodiagnóstico general.

16.10. Historial dosimétrico.

Es obligatorio registrar las dosis durante la vida laboral del trabajador expuesto en un historial dosimétrico individual. Dicho historial dosimétrico deberá figurar en el historial médico.

Se registrarán las dosis mensuales, las acumuladas durante cada año oficial y las correspondientes a los últimos cinco años oficiales. Para categoría B se registrarán las dosis anuales determinadas o estimadas.

Los trabajadores expuestos que lo sean en más de una actividad tienen la obligación de notificarlo en cada centro al objeto de tener actualizado su historial dosimétrico facilitando copia de las lecturas dosimétricas para su control. En el caso de cambio de empleo, el trabajador deberá proporcionar copia certificada de su historial dosimétrico al titular del nuevo destino.

El historial dosimétrico deberá archivarse por el titular de la práctica hasta que el trabajador cumpla setenta y cinco años y nunca por un período inferior a treinta años contados a partir del cese del trabajador en la actividad. El titular deberá suministrar copia certificada del historial dosimétrico en el caso de cese en la empresa. Si la empresa cesa de manera definitiva, los titulares harán entrega en el Consejo de Seguridad Nuclear de los historiales dosimétricos.

16.11.- VIGILANCIA SANITARIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS.

Se basa en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y Reglamentos que la desarrollan.

Los trabajadores de categoría B se rigen por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales efectuando los reconocimientos establecidos (previo y anual) mencionando que trabajan con radiaciones ionizantes.

Para categoría A se realizará un reconocimiento médico previo para comprobar la aptitud en centros autorizados a tal efecto.

Se efectuará un reconocimiento médico con carácter periódico anual o más frecuentemente a criterio médico, por servicios médicos autorizados a tal efecto. El Servicio de Prevención podrá determinar la conveniencia de que se prolongue la vigilancia sanitaria durante el tiempo que considere necesario para los de categoría A.

Desde el punto de vista médico los trabajadores de categoría A podrán clasificarse en:
- Aptos: pueden realizar tareas que implican riesgo a exposiciones asociadas al puesto de trabajo.
- Aptos en determinadas condiciones: pueden realizar tareas que implican riesgo de exposición asociado al puesto de trabajo, siempre que se cumplan unas condiciones limitadoras.
- No aptos: no pueden desempeñar funciones que impliquen riesgo de exposición a radiaciones ionizantes. No podrán trabajar con radiaciones los trabajadores que sean declarados no aptos.

16.12.- INSPECCIÓN.

Las actividades y prácticas mencionadas en el reglamento quedarán sometidas a la inspección del Consejo de Seguridad Nuclear, desde el punto de vista de la protección contra las radiaciones ionizantes. Los inspectores serán considerados agentes de la autoridad por lo que el titular deberá facilitar el acceso a las instalaciones, facilitar la colocación de los instrumentos necesarios, suministrar la documentación requerida, etc.

Sin perjuicio de otras responsabilidades, los incumplimientos del presente reglamento dan lugar a las siguientes infracciones y sanciones desde el punto de vista de las instalaciones de radiodiagnóstico:

A) Infracciones muy graves:
No disponer de la correspondiente autorización siempre que ocasione un riesgo.
Adicionar sustancias radiactivas en alimentos, juguetes, adornos personales y cosméticos, que ocasione riesgo grave.
No respetar los límites de dosis establecidos.

B) Infracciones graves:
-No disponer de la correspondiente autorización siempre que no se considere muy grave o leve.
-Adicionar sustancias radiactivas en alimentos, juguetes, adornos personales y cosméticos, siempre que no se considere muy grave.
-Incumplir los criterios de protección radiológica siempre que el número de personas expuestas y las dosis recibidas no sea el mínimo posible, siempre que derive un riesgo grave.
-No informar a los trabajadores, personas en formación y estudiantes, antes de iniciar su actividad laboral sobre los riesgos asociados.
-Asignar a un menor de 18 años a un puesto de trabajo que implique la clasificación como categoría A.
-Incumplir las prescripciones relativas al embarazo y la lactancia.
-No señalizar convenientemente los lugares de trabajo.
-No realizar la vigilancia sanitaria especial en el caso de superación o sospecha fundada de superación de los límites de dosis.
-No respetar los límites de dosis establecidos, etc.

C) Infracciones leves:
-Efectuar prácticas sin la debida autorización y que tenga escasa trascendencia y no se considere grave o muy grave.
-No realizar la vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos o no disponer del historial médico de los de categoría A, no tenerlo actualizado o incompleto.
-Incumplir los criterios de protección radiológica siempre que el número de personas expuestas y las dosis recibidas no sea el mínimo posible, siempre que no derive un riesgo grave.
-No efectuar la determinación de dosis en la forma y medios descritos en el Reglamento.
-No señalizar convenientemente las zonas de trabajo.
-No respetar los límites de dosis establecidos, etc.

Las infracciones serán sancionadas:
Leves: - grado mínimo hasta 500.000 ptas.
- grado medio 500.001 a 5.000.000 ptas.

- grado máximo 5.000.001 a 10.000.000 ptas.
Graves: - grado mínimo 10.000.001 a 25.000.000 ptas.
- grado medio 25.000.001 a 50.000.000 ptas.
- - grado máximo 50.000.001 a 100.000.000 ptas.
Muy graves: - grado mínimo 100.000.001 a 250.000.000 ptas.
- grado medio 250.000.001 a 350.000.000 ptas.
- grado máximo 350.000.001 a 500.000.000 ptas.

En instalaciones de segunda y tercera categoría las sanciones se reducirán en todos los tramos y para todos los grados a la mitad de las señaladas.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA.

PASSLER, F. (1991).- Radiología Odontológica (2ªed). Masson-Salvat,Barcelona (pp.18-30).

BUSHONG, S.C. (1.993) - Manual de Radiología para tecnólogos (5ª ed.). Ed. Mosby, Madrid.

ALCARAZ BAÑOS, M. (2001).- **Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico**. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. Murcia.

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

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (1.994).- **Manual Práctico de Seguridad Radiológica.** Madrid (pp40-57).

HERBERT H. FROMMER.(1.993).- **Radiología para el auxiliar de odontología**.(5ª ed.) Mosby, Madrid(pp.58-76)

MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO (1988).- **Protección Radiológica. Parte II: Radiodiagnóstico.** (Colección Sanidad Ambiental).Secretaría General Técnica, Madrid (pp.10-47)