

Material de entrenamiento del OIEA sobre Protección Radiológica en radiodiagnóstico y en radiología intervencionista

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO Y EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

L12: Blindaje y diseño de instalaciones para Rayos X



IAEA

International Atomic Energy Agency

Introducción

- Materia del tema: teoría de diseño de blindajes y algunos aspectos relativos a la construcción
- Método usado para diseño de blindajes y procedimiento básico de cálculo

Temas

- Diseño de equipos y normas de seguridad aceptables
- Uso de restricciones de dosis en el diseño de salas de rayos X
- Barreras y dispositivos protectores

Objetivo

Familiarizarse con los requisitos de seguridad para el diseño de sistemas de rayos X y equipamiento auxiliar, blindaje de instalaciones y normas internacionales de seguridad relevantes, ej., IEC

Parte 12: Blindaje y diseño de salas de rayos X

Tema 1: Diseño de equipos y normas de seguridad aceptables



IAEA

International Atomic Energy Agency

Propósito del blindaje

Proteger:

- Al personal del departamento de rayos X
- A los pacientes (cuando no están siendo explorados)
- A los visitantes y al público
- A personas que trabajan en áreas adyacentes o próximas a la instalación de rayos X

Blindaje radiológico – conceptos de diseño

Los datos requeridos incluyen considerar:

- Tipo de equipo de rayos X
- Uso (carga de trabajo)
- Colocación
- Si van a utilizarse tubos/receptores múltiples
- Direcciones del haz primario (frente a las de solo dispersa)
- Colocación del operador
- Áreas vecinas

Diseño de blindajes (I)

Equipamiento

Qué equipamiento va a ser usado?

- Radiografía general
- Fluoroscopia (con o sin radiografía)
- Dental (oral u OPG)
- Mamografía
- TC

Diseño de blindajes (II)

El tipo de equipamiento es muy importante por las siguientes razones:

- Hacia dónde se dirigirá el haz de rayos X
- El número y tipo de procedimientos realizados
- La posición del técnico (operador)
- La energía (kVp) de los rayos X

Diseño de blindajes (III)

Uso

- Diferentes equipos de rayos X tienen diferente uso
- Por ejemplo, un equipo dental usa bajo mAs y bajo (~ 70) kVp, y realiza pocas radiografías a la semana
- Un tomógrafo de TC usa alto (~ 130) kVp, alto mAs, y realiza muchas exploraciones por semana

Diseño de blindajes (IV)

- Los mAs totales usados cada semana son una indicación de la dosis total de rayos X administrada
- El kVp usado está también relacionada con la dosis, pero indica asimismo el poder de penetración de los rayos X
- Altos kVp y mAs significan mayor necesidad de blindaje.

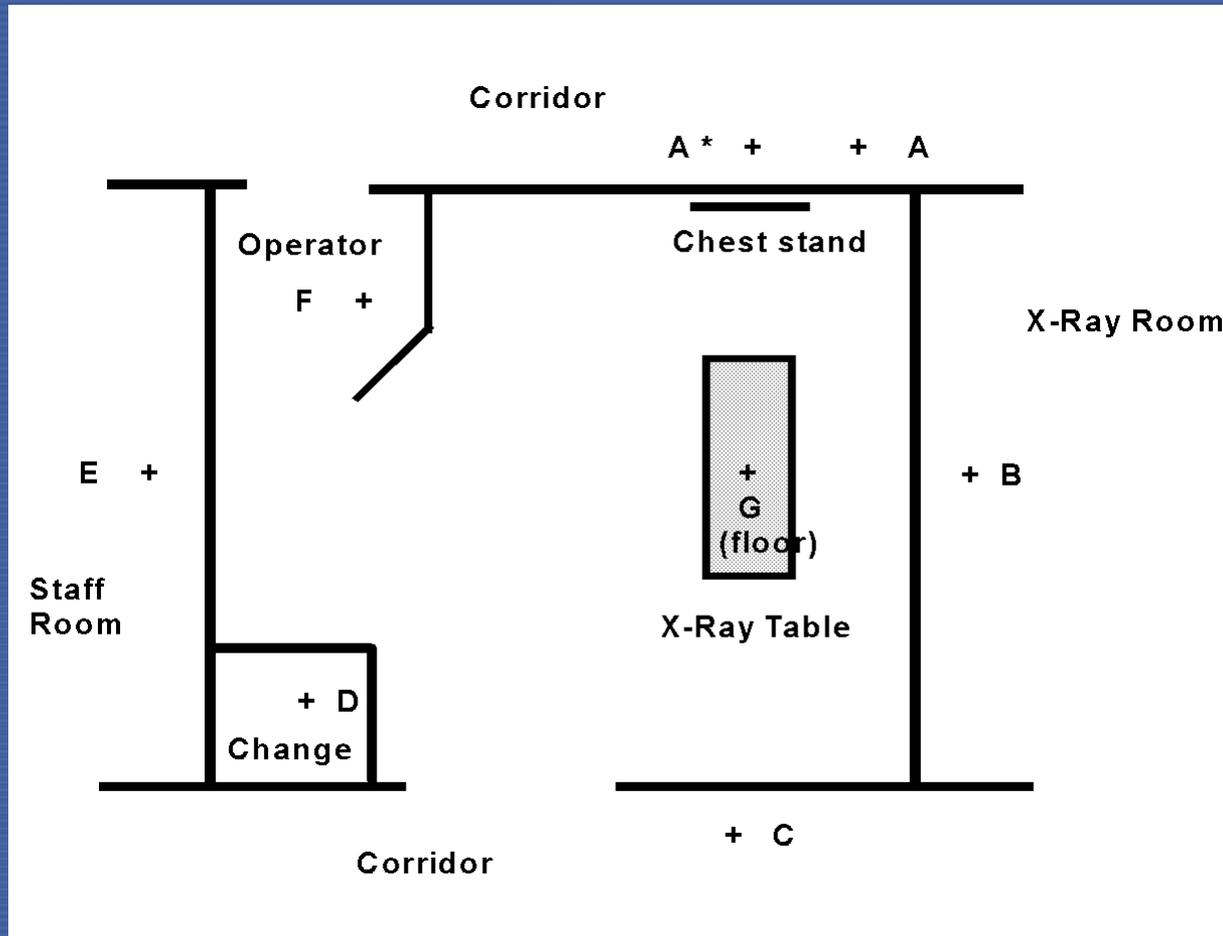
Diseño de blindajes (V)

Colocación

La colocación y orientación de la unidad de rayos X es muy importante:

- Las distancias se miden desde el equipo (la ley del inverso del cuadrado afectará a la dosis)
- Las direcciones en las que el haz directo de rayos X (primario) será usado dependen de la posición y la orientación

Blindaje radiológico – Disposición típica de una sala



A, B,...G son puntos usados para el cálculo del blindaje

Diseño de blindajes (VI)

Número de tubos de rayos X

- Algunos sistemas de rayos X van equipados con más de un tubo
- A veces podrían utilizarse dos tubos simultáneamente, y en diferentes direcciones
- Esto complica obviamente el cálculo de blindajes

Diseño de blindajes (VII)

Áreas circundantes

- La sala de rayos X no debe diseñarse sin conocer la colocación y uso de todas las salas adyacentes
- Obviamente un aseo necesitará menos apantallamiento que un despacho
- Primero, hay que obtener un plano de la sala de rayos X y alrededores (incluyendo niveles superior e inferior)

Blindaje radiológico – Detalle del diseño

Debemos considerar:

- Puntos de cálculo adecuados, cubriendo todas las localizaciones críticas
- Parámetros de diseño tales como carga de trabajo, ocupación, factor de uso, fugas, dosis blanco (ver más tarde)
- Estos deben ser supuestos o tomados de datos reales
- Usar un razonable “caso más desfavorable”, mejor que la situación típica, ya que es peor un blindaje pobre que uno excesivo

Parte 12: Blindaje y diseño de salas de rayos X

Tema 2: Uso de restricciones de dosis en el diseño de salas de rayos X



IAEA

International Atomic Energy Agency

Blindaje radiológico - Cálculo

- Se basa actualmente en el NCRP49, PERO hace tiempo se ha comenzado a revisar (en curso actualmente)
- Las suposiciones usadas son muy pesimistas, por lo que es común un apantallamiento excesivo
- Se dispone de diferentes programas de computador, que dan el blindaje en forma de espesores de distintos materiales

Parámetros para el blindaje radiológico (I)

P – diseño de acuerdo a dosis por semana

- Se basa usualmente en 5 mSv por año para trabajadores expuestos (25% del límite de dosis), y 1 mSv para miembros del público
- La dosis ocupacional debe usarse solamente en áreas vigiladas, esto es, solo para técnicos y radiólogos

Parámetros para el blindaje radiológico (II)

- Las áreas de almacenamiento de película (cuartos oscuros) necesitan consideración especial
- Periodos largos de exposición pueden afectar a la película, pero periodos más cortos (es decir, dosis menores) pueden velar la película dentro del chasis
- Una regla sencilla es estimar 0.1 mGy para el periodo en que la película está almacenada – si es 1 mes, la dosis de diseño es de 0.025 mGy/semana

Parámetros para el blindaje radiológico (III)

- Recuérdese que se debe blindar frente a tres fuentes de radiación
- En importancia por orden decreciente, estas son:
 - **Radiación primaria** (del haz de rayos X)
 - **Radiación dispersa** (del paciente)
 - **Radiación de fuga** (del tubo de rayos X)

Parámetros para el blindaje radiológico (IV)

U – factor de uso

- Fracción de tiempo que el haz **primario** está en una dirección particular, esto es, la del punto de cálculo elegido
- Debe tener en cuenta un uso realista
- Para todos los puntos, la suma podría exceder de 1

Parámetros para el blindaje radiológico (V)

- En algunos equipos de rayos X, el haz **siempre** queda frenado por el receptor de imagen, con lo que **el factor de uso es 0** en otras direcciones
- Ejemplo: TC, fluoroscopia, mamografía
- Esto reduce los requerimientos de blindaje

Parámetros para el blindaje radiológico (VI)

- En radiografía, habrá ciertas direcciones a las que puede dirigirse el haz de rayos X:
 - Hacia el suelo
 - A través del paciente, usualmente solo en una dirección
 - Hacia el estativo de bucky torácico
- El tipo de suspensión del tubo será importante, por ej.: soportado en el techo, en el suelo, en un arco, etc.

Parámetros para el blindaje radiológico (VII)

T – Ocupación

- T = fracción de tiempo que una zona particular está ocupada por personal, pacientes o público
- Ha de ser conservadora
- Oscila desde 1 para todas las áreas de trabajo a 0.06 para aseos y aparcamientos

Ocupación (NCRP49)

Área	Ocupación
Zonas de trabajo (despachos, salas de personal)	1
Pasillos	0.25
Aseos, salas de espera, aparcamientos	0.06

Una revisión crítica propone valores nuevos para áreas controladas y no controladas: Ver R.L. Dixon, D.J. Simpkin

Parámetros para el blindaje radiológico (VIII)

W – Carga de trabajo

- Una medida de la cantidad de radiación (entregada por el tubo) en una semana
- Se mide en mA-minuto
- Varía mucho con el máximo kVp supuesto de la unidad de rayos X
- Usualmente es una sobreestimación grosera
- Puede estimarse la dosis real por cada mAs

Carga (I)

- Por ejemplo: una sala de radiografía general
- El kVp usado estará en el rango 60-120 kVp
- La exposición de las películas estará entre 5 mAs y 100 mAs
- Podría haber 50 paciente por día, y la sala podría usarse los 7 días de la semana
- A cada paciente se le podrían hacer entre 1 y 5 placas

¿CÓMO DEBE ESTIMARSE W ?

Carga (II)

- Supongamos un promedio de 50 mAs por placa, 3 placas por paciente
- Así, $W = 50 \text{ mAs} \times 3 \text{ placas} \times 50 \text{ pacientes} \times 7 \text{ días}$
 - = 52,500 mAs por semana
 - = 875 mA-min por semana
- Podríamos asumir también que todo este trabajo se realiza a 100 kVp

Ejemplos de cargas en uso normal (NCRP 49)

Especialidades	Carga semanal (W) mA-min a		
	100 kVp	125 kVp	150 kVp
Radiografía general	1,000	400	200
Fluoroscopia (incluso placas zona)	750	300	150
Quiropráctico	1,200	500	250
Mamografía	700 a 30 kVp (1500 en cribado mamario)		
Dental	6 a 70 kVp (películas intraorales convencionales)		

Valores más realistas, incluyendo TC: ver ref. Simpkin (1997)

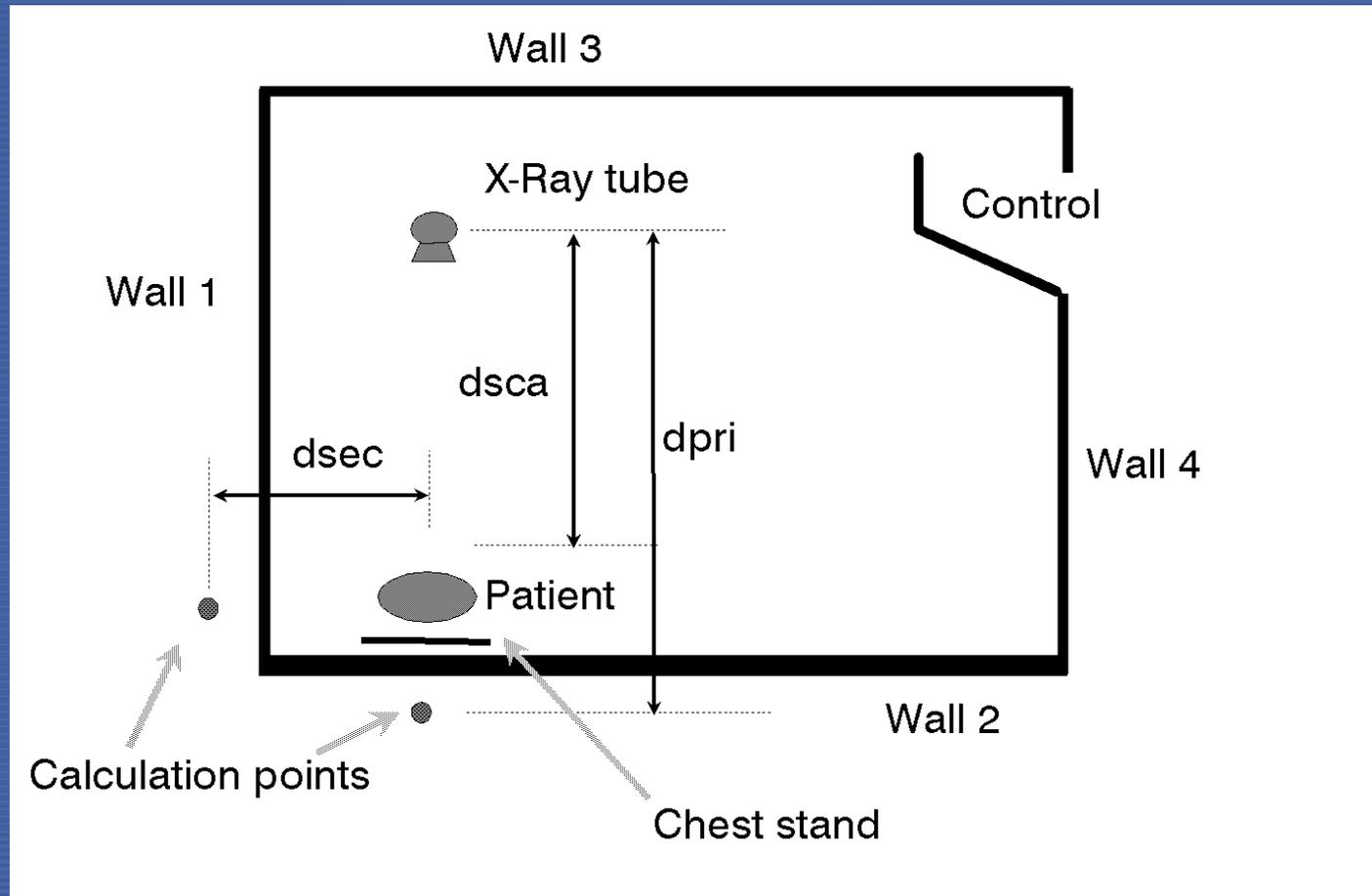
Carga - TC

- Las cargas en TC se calculan mejor a partir de la información local
- Debe recordarse que las nuevas unidades de TC espiral, o TC multicorte, podrían tener cargas mayores
- Una carga típica para TC es unos 28000 mA-min por semana

Fugas en los tubos

- Todos los tubos de rayos X producen alguna radiación de fuga – solo hay 2-3 mm de plomo en el encapsulado
- Las fugas se limitan en casi todos los países a 1 mGy/hr a 1 metro, por lo que puede usarse como valor real de fuga en cálculo de blindajes
- Las fugas dependen también de la máxima tasa de corriente del tubo, que es alrededor de 3-5 mA a 150 kVp para la mayoría de los tubos de rayos X radiográficos

Parámetros para el blindaje radiológico



Blindaje de salas – múltiples tubos de rayos X

- Algunas salas estarán equipadas con más de un tubo de rayos X (tal vez un tubo soportado en el techo y uno montado en el suelo)
- Los cálculos de blindaje **DEBEN** considerar la dosis **TOTAL** de radiación de los dos tubos

Material de entrenamiento del OIEA sobre Protección Radiológica en radiodiagnóstico y en radiología intervencionista

Parte 12: Blindaje y diseño de salas de rayos X

Tema 3: Barreras y dispositivos de protección



IAEA

International Atomic Energy Agency

Blindajes - construcción I

Materiales disponibles:

- Plomo (láminas, composite, vinilo)
- Ladrillo
- Yeso o mortero de barita
- Bloques de cemento
- Vidrio o material acrílico plomado

Blindajes – problemas de construcción

Algunos problemas con materiales de blindaje:

- Paredes de ladrillo – juntas de mortero
- Uso de láminas de plomo clavadas al marco de madera
- Plomo inadecuadamente pegado al soporte trasero
- Uniones entre láminas sin solapamiento
- Uso de ladrillo o bloque hueco
- Uso de vidrio normal donde se especifica vidrio plomado

Problemas con blindajes – paredes de ladrillo y juntas de mortero

- Los ladrillos deberían ser macizos y no huecos
- Los ladrillos atenúan los rayos X de un modo muy variable
- El mortero atenúa menos que el ladrillo
- Frecuentemente el mortero no se aplica sobre todo el espesor del ladrillo

Problemas con blindajes – plomo inadecuadamente pegado atrás

- El plomo debe estar untado de pegamento (adherido) a una trasera tal como madera o un paño de pared
- Si el plomo no está debidamente pegado, se desprenderá posiblemente al cabo de unos pocos años
- No todos los pegamentos son adecuados para el plomo (oxidación de la superficie de plomo)

Problemas con blindajes – juntas entre láminas sin solapamiento

- Debe haber entre 10 y 15 mm de solapamiento entre láminas de plomo adyacentes
- Sin solapamiento, podría haber huecos relativamente grandes para el paso de la radiación a su través
- Las esquinas son un problema particular

Problemas con blindajes – Uso de vidrio normal

- El vidrio normal (sin plomo en cantidad especificada, como el utilizado en ventanas pero mas grueso) no es aceptable como material de blindaje
- La atenuación de la radiación en vidrio normal es variable e impredecible
- Para las ventanas deben usarse vidrio o perspex plomados

Blindajes frente a la radiación - construcción II

- La continuidad y la integridad del blindaje es muy importante
- Áreas con problemas:
 - Juntas
 - Penetraciones en paredes y suelo
 - Marcos de ventanas
 - Puertas y marcos

Penetraciones

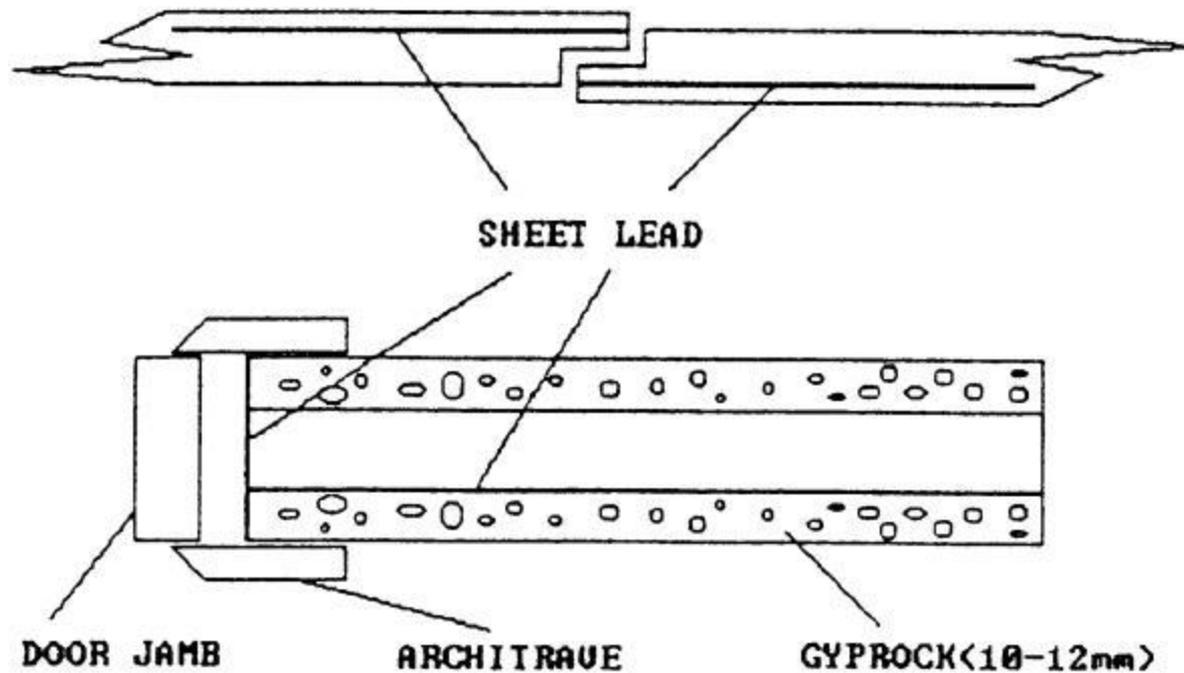
- “Penetración” alude a cualquier hueco hecho en el plomo para cables, conectores eléctricos, tuberías, etc.
- Salvo penetraciones pequeñas ($\sim 2-3$ mm), debe haber plomo adicional sobre el hueco, usualmente al otro lado de la pared
- Los clavos y tornillos usados para fijar lámina de plomo pegada a una pared no requieren recubrimiento

Marcos de ventanas

- La lámina de plomo fijada a una pared debe solaparse al vidrio colocado en una ventana
- Es normal encontrar huecos de hasta 5 cm sin emplomar, lo cual es inaceptable

Blindaje de puertas y marcos

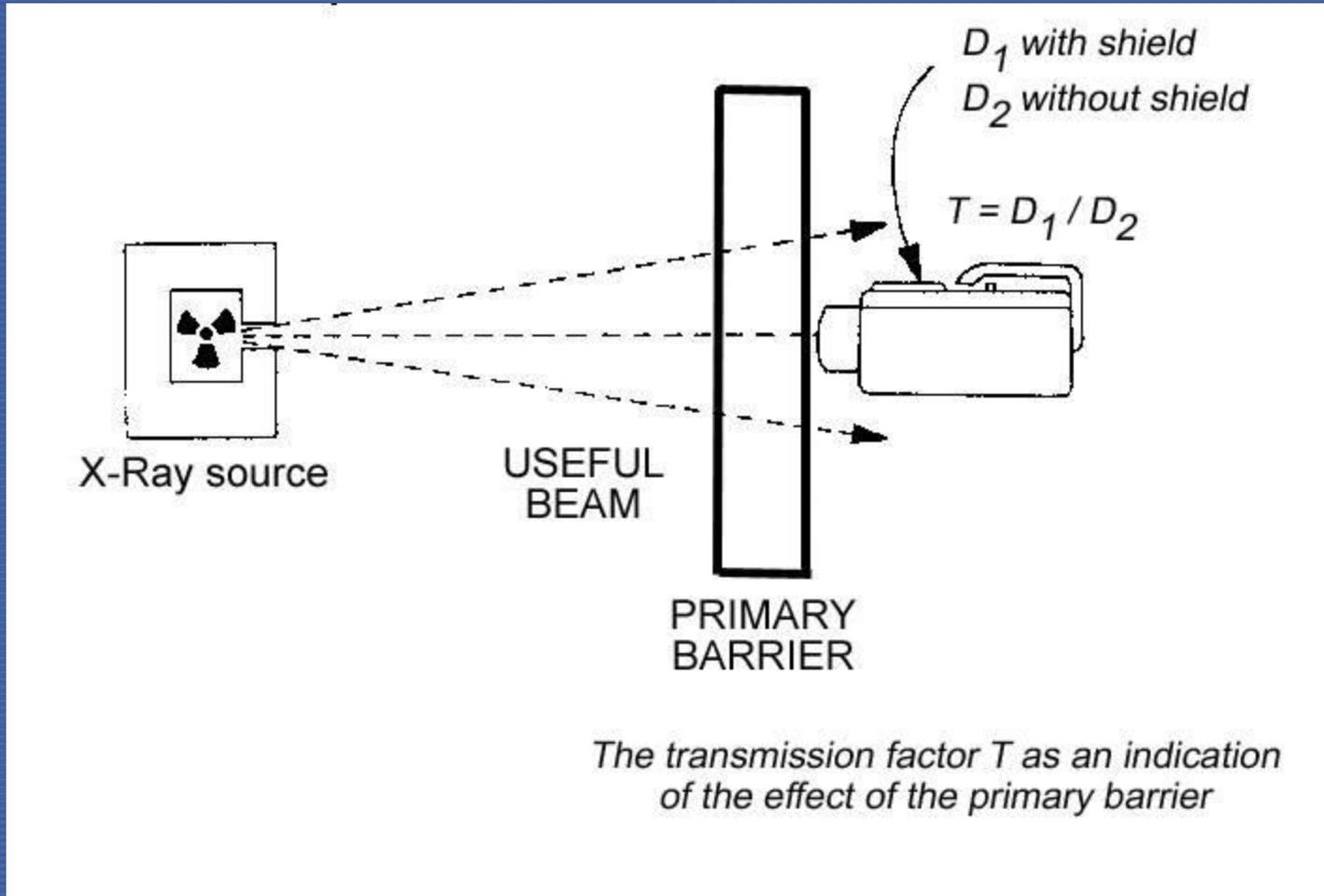
The doors shall be rebated such that there is a minimum overlap of 15mm. of the lead contained within each door.



Blindajes - Verificación I

- La verificación debe ser obligatoria
- Dos posibilidades – inspección visual o medida
- La comprobación visual debe hacerse antes de que el blindaje esté cubierto – el espesor real puede medirse fácilmente
- Para ventanas y marcos de puertas es necesario medir niveles de radiación
- En paredes la medida es muy lenta

Ensayo de blindajes



Registros

- Es muy importante mantener registros de cálculos de blindajes, así como detalles de inspecciones y acciones correctoras emprendidas para corregir fallos de blindaje
- ¡Al cabo de 5 años podría no ser posible encontrar a nadie que recuerde qué se hizo!

Resumen

- El diseño de blindajes para una sala de rayos X es una tarea relativamente complicada, pero puede simplificarse usando ciertas suposiciones estándar
- Mantener un registro es esencial para asegurar trazabilidad y constante mejora del blindaje de acuerdo con la práctica y las modificaciones en el equipamiento

Dónde conseguir más información (I)

- Radiation shielding for diagnostic X Rays. BIR report (2000) Ed. D.G. Sutton & J.R. Williams
- National Council on Radiation Protection and Measurements “Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma rays of Energies up to 10 MeV” Washington DC: 1976 (NCRP 49).

Dónde conseguir más información (II)

- New concepts for Radiation Shielding of Medical Diagnostic X Ray Facilities, D. J. Simpkin, AAPM Monograph The expanding role of medical physics in diagnostic radiology, 1997
- Diagnostic X-ray shielding design, B. R. Archer, AAPM Monograph The expanding role of medical physics in diagnostic radiology, 1997