

Principios Básicos de Protección Radiológica

Como consecuencia del estado actual de conocimientos de los ef. biológicos de la radiación, se considera que:

el doble objetivo de la **protección radiológica** es

- **Evitar la aparición de efectos deterministas**
- **Limitar la probabilidad de incidencia de los efectos estocásticos**

Principios Básicos de Protección Radiológica



SISTEMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA BASADO EN LOS SGTES. PRINCIPIOS:

1. **Justificación** toda actividad con RI (Beneficio > Costo)
2. **Limitación** (Límites de dosis anuales para trabajadores y público)
3. **Optimización** de la protección (principio ALARA)
(Reducir los niveles de dosis individuales y el no. de individuos expuestos a tan bajos como sea razonable)

Justificación de la Práctica

- La decisión de adoptar o continuar el uso de radiaciones implica una revisión de los beneficios que se derivan de su aplicación contra los costos tanto económicos como por impacto radiológico.
- Ej. Escoger entre RX u otro método de diagnóstico

Límites de Dosis Anuales

Magnitud	Exposición ocupacional	Exposición del público
Dosis Efectiva	20 mSv	1 mSv
Dosis equivalente		
Cristalino	20 mSv	15 mSv
Piel	500 mSv	50 mSv
Manos y pies	500 mSv	50 mSv

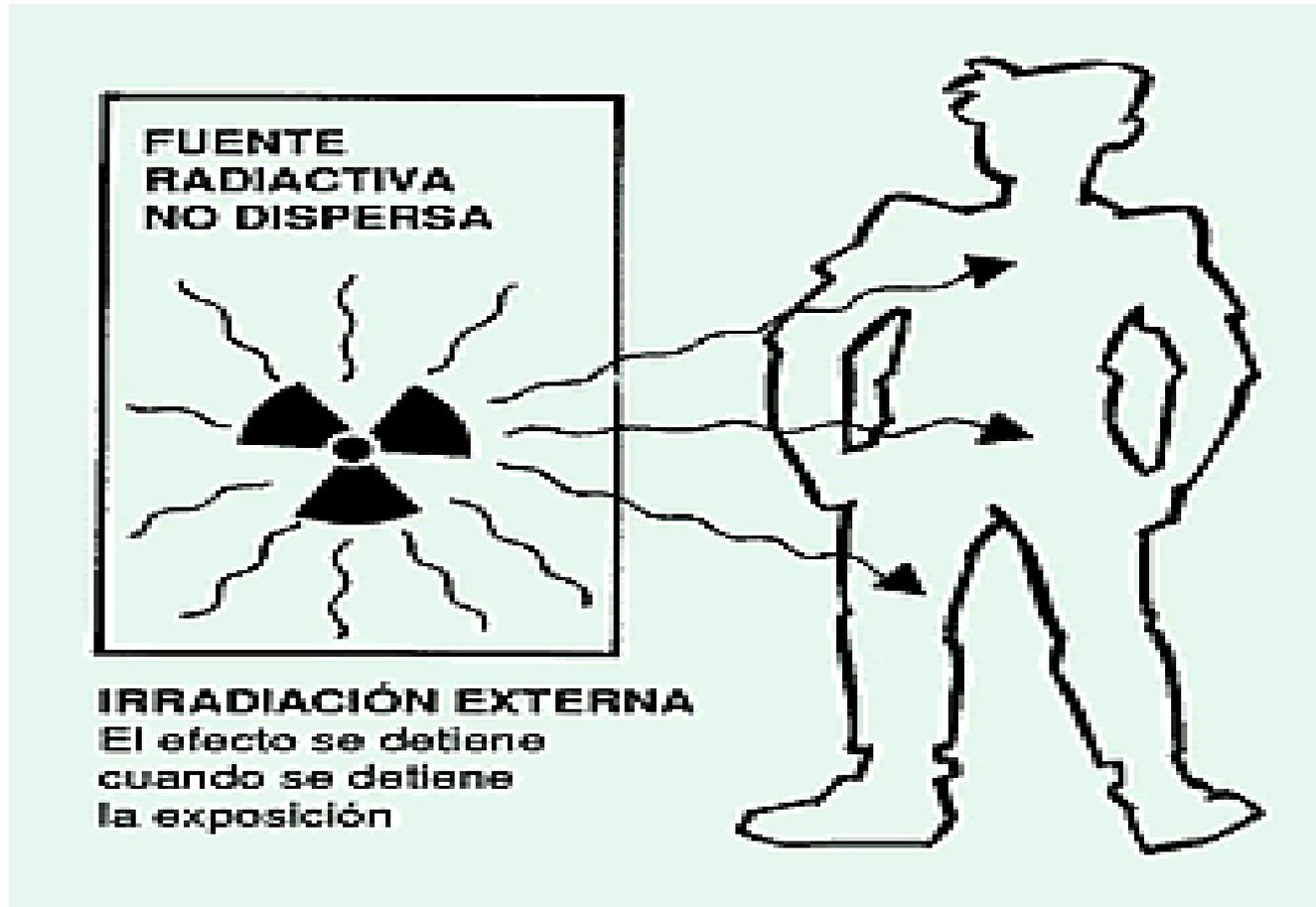
En caso de superarse los límites de dosis fijados, se realizará un estudio para investigar las causas y el origen de la sobre exposición.

Límites de Dosis

- El objetivo no es acercarse a los valores límites, sino mantener la dosis de exposición tan baja como razonablemente sea posible (ALARA)
- Los límites mantienen los riesgos de usar radiaciones del mismo orden que otros riesgos

Tipo de riesgo radiológico

- Irradiación por exposición externa

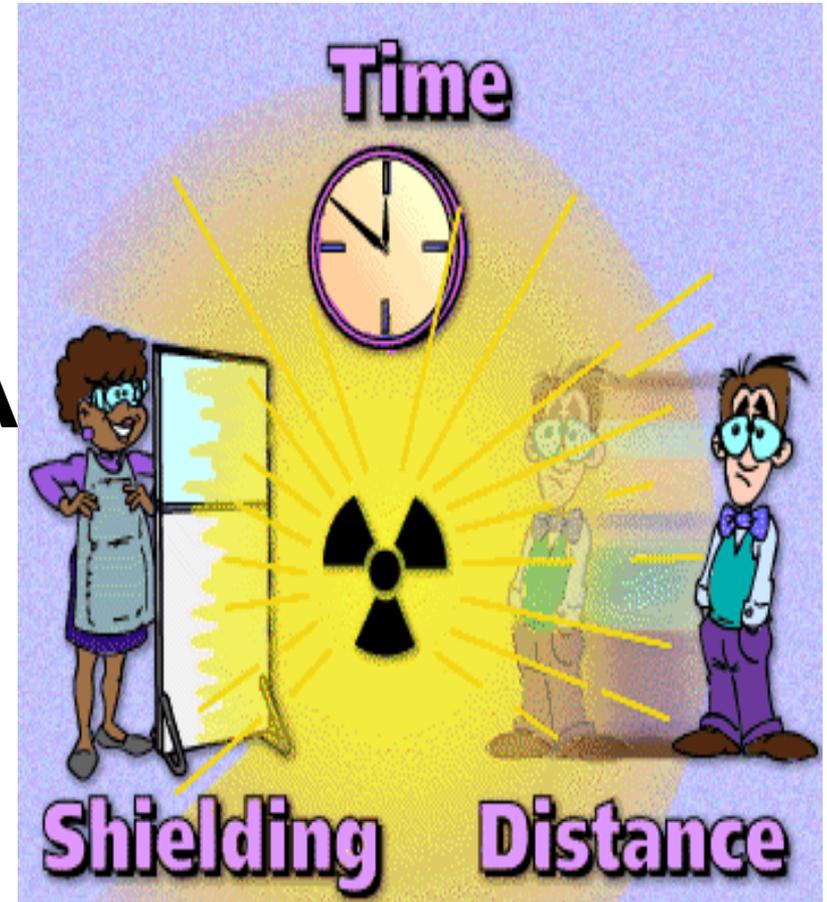


Irradiación

- Exposición accidental de una persona a radiaciones ionizantes con consecuencia de una dosis apreciable de radiación.
- Rayos X → Riesgo irradiación piel y cristalino

Técnicas de Protección Radiológica

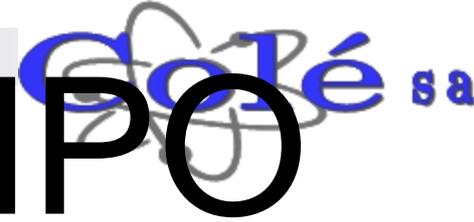
- TIEMPO
- DISTANCIA
- BLINDAJE



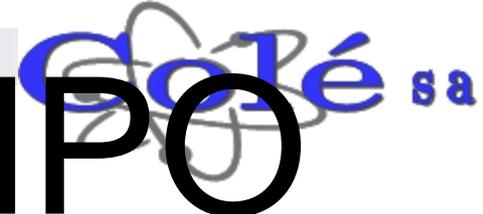
Técnicas de Protección Radiológica

- Minimizar TIEMPO
- Maximizar DISTANCIA
- Usar el BLINDAJE apropiado

Minimizar TIEMPO



- el método más importante y obvio para reducir la dosis y con ello el riesgo radiológico es minimizar el tiempo de exposición que el TOE emplea en la inspección de cada objeto
- Reducir el tiempo de exploración a la mitad reduce la dosis a la mitad
- La dosis acumulada por un trabajador al permanecer en una zona viene dada por:
- $Dosis (Sv) = Tasa\ de\ dosis (Sv/hr) * Tiempo(hr)$



Minimizar TIEMPO

- Los operadores deben siempre trabajar de modo rápido y eficiente de modo de emplear el menor tiempo posible en los alrededores del equipo mientras está en operación

Medios empleados para reducir el tiempo de exposición

1. Conocimiento del trabajo a desarrollar.
2. **Disponibilidad y buen estado de herramientas y materiales**
3. Optimización de personal en el área de trabajo
4. Planificación de tareas para evitar demoras

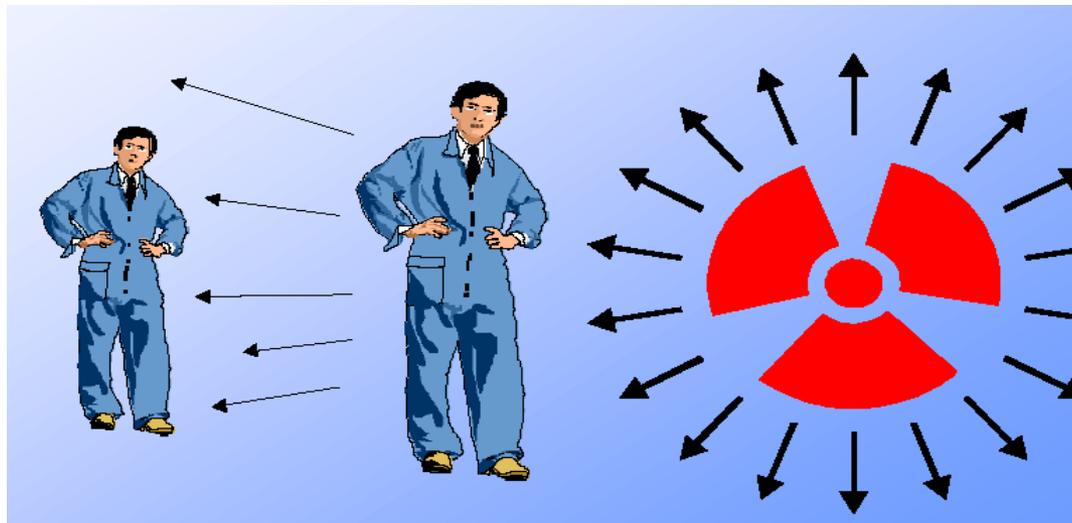
Mantenimiento y calibración del equipo de RX

- El equipo de RX debe ser mantenido en buenas condiciones de trabajo con todas las características eléctricas y de seguridad radiológica acorde a la normado por los órganos reguladores. Esto requiere:
 - a- Pruebas de aceptación antes del uso asegurarnos de que el equipo cumple con las especificaciones del fabricante, con los requerimientos nacionales y en su defecto con los de FDA o de la OIEA
 - b- Un servicio de mantenimiento preventivo realizado por un ingeniero calificado donde se asegure la integridad mecánica y eléctrica así como la calibración del generador y tubo de RX
 - c- Control de calidad con frecuencia mínima anual para asegurar que los características y parámetros vinculados a la seguridad radiológica así como la calidad de la imagen se mantienen dentro de las tolerancias establecidas

Prevención de la irradiación

Distancia

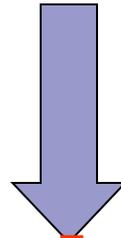
- La radiación de un tubo de rayos X se propaga en el espacio siguiendo la ley de proporción inversa al cuadrado de la distancia.



Maximizar DISTANCIA



Protección por Distancia



Ley del Inverso del Cuadrado de la Distancia

(separarse el **doblo** de distancia de la fuente reduce en **4** veces la dosis que se recibe)

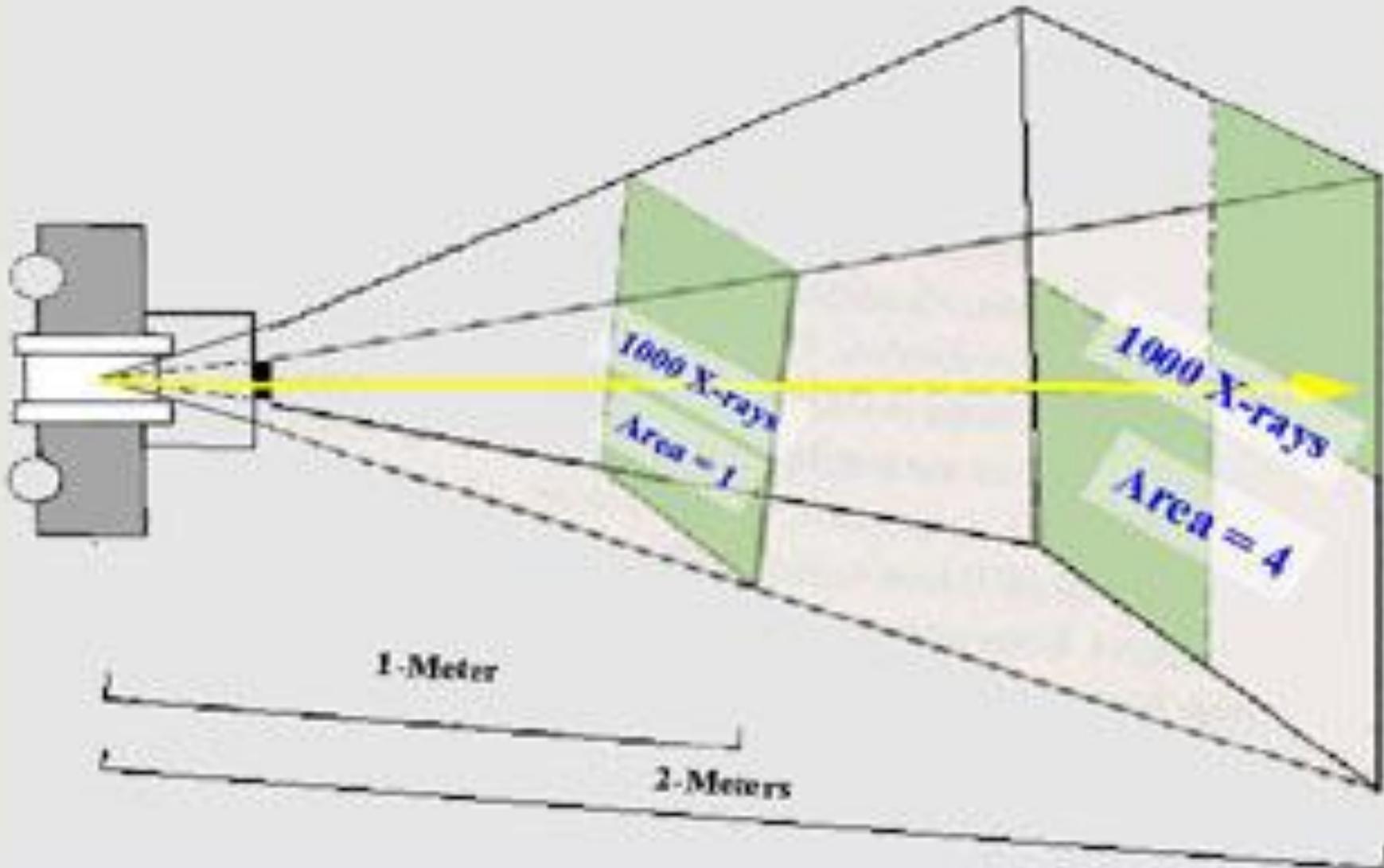
Maximizar DISTANCIA

Mantener una distancia segura representa un método simple y el más efectivo para reducir la dosis en TOE y público

Medios empleados para aumentar la distancia

1. Señalización de fuentes.
2. Acotación de las zonas

La aplicación de la ley del inverso del cuadrado del distancia puede conllevar a una reducción significativa de la exposición al paciente y al técnico.



BLINDAJE

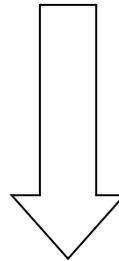
- Si el Tiempo y la Distancia no reduce la dosis a niveles adecuados entonces será necesario usar blindaje (material absorbente de RI)
- Colocar material que absorba RX entre el tubo de RX y los TOE y público puede también reducir la dosis de radiación
- El blindaje debe tener el espesor adecuado para reducir los niveles de dosis por debajo de los límites establecidos
- Se debe verificar mediante un monitoreo de área la eficiencia y hermeticidad del blindaje antes del uso del equipo y cada vez que se requiera

Tipos de blindaje

1. Blindajes permanentes: estructurales (paredes, puertas, cristales plomados) o asociados a un equipo concreto (plomo, bloques de hormigón, etc.)
2. Blindajes móviles: mamparas plomadas. Sirven como blindaje temporal de zonas o puntos calientes.
3. Equipos de protección personal: delantales plomados, guantes plomados o gafas plomadas, protectores de tiroides, etc.

Protección por Blindaje

Uso de materiales de alto número atómico
y alta densidad



Concreto ordinario, de alta densidad
o Plomo

ALARA "As Low As Reasonably Achievable"



Debido a que cualquier dosis que se reciba puede conllevar a efectos biológicos estocásticos, es imprescindible mantener la dosis de radiación que recibimos tan bajo como sea posible

El objetivo de ALARA es mantener la dosis tan lejos como sea razonablemente posible de los límites establecidos

Aspectos a Optimizar para mantener la exposición ALARA

- 1- Elección del equipo RX**
- 2- Elección del emplazamiento y control de accesos**
- 3- Blindajes y otros elementos de seguridad**
- 4- Medidas de control radiológico individual y de Área y el registro de esta información**
- 5- Clasificación de zonas y señalización**
- 6- Procedimientos operativos:**
 - asignación de responsabilidades**
 - programa capacitación**
 - pasos a seguir operación normal y emergencias**
 - verificaciones**
- 7- Programa garantía calidad**

Aspectos a optimizar

- Todo lo relacionado a la Optimización debe formar parte de los **MANUALES de PROCEDIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN** de conocimiento obligatorio del responsable de la licencia, encargado de Protección Radiológica y los TOE
- los **PROCEDIMIENTOS** debe de garantizar una **PRÁCTICA** segura

1- Elección del equipo RX

- Kilovoltaje adecuado al trabajo a realizar**
- cumplimiento de normas nacionales e internacionales**
- autorizaciones de comercialización, importación, mantenimientos**
- manuales, certificados de calidad y de calibración**
- pruebas de aceptación y formación del personal**

Seguridad de los equipos

- Blindaje acorde al tipo y energía de la radiación que se va a atenuar
- Diseño optimizado para reducir la dosis durante la operación.
- Control restringido de acceso
- Enclavamientos y sistemas de seguridad

2-Elección y preparación del emplazamiento

- Sistemas de control de accesos bajo criterios de Protección Radiológica y de Protección Física
- Elección de zonas poco frecuentadas
- Separación entre zonas controladas y de libre acceso
- Accesos restringidos a zonas controladas
- Alejamiento de explosivos e inflamables
- **El equipo debe ubicarse, de ser posible, en un cuarto separado de las otras áreas de trabajo.**

3- Blindajes y otros elementos de seguridad

- Una etiqueta como esta



debe adherirse a la consola de control



EQUIPO DE RX AUTOBLINDADO

Etique para procedimientos de emergencias

- Una etiqueta para respuesta a emergencias debe colocarse cerca de la consola de control

PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

En caso de accidente o sospecha de
Accidente con radiaciones ionizantes

- 1- Notificar al supervisor
- 2- Notificar a la oficina del RPR
al teléfono: 2245 3283

Exigencias de blindaje

- En el caso de los equipos de RX auto blindados sus paredes vienen construidas con suficiente espesor de plomo o acero para que los valores de dosis en las áreas controladas sean los establecidos de acuerdo a las normas internacionales < $2.5\mu\text{Sv/h}$

Vidrio plomado y paneles plomados



3-Blindajes y otros elementos de seguridad

- El equipo debe estar equipado con dispositivos de seguridad para prevenir las exposiciones accidentales a RX
- Entre estos deben estar:
 - Luz de advertencia
 - Interruptores

3-Blindajes y otros elementos de seguridad



- Luz de advertencia, debe indicar:
 - De forma clara y visible que el tubo de RX está emitiendo radiaciones
 - Casi siempre es una señal con “X RAY ON” localizada del interruptor que energiza el tubo de RX y otra cerca de la carcasa del equipo

Luces de advertancia



3-Blindajes y otros elementos de seguridad



- Botones para parada de emergencia (Interlocks)
 - Son dispositivos ubicados cerca de la consola de control que permiten, una vez oprimidos, apagar completamente el equipo
 - Solo deben usarse en caso de emergencia y no para detener la emisión de RX en las condiciones normales de trabajo
 - Pueden existir también en el blindaje estructural de equipo, en caso de que los paneles de blindaje no estén bien colocados, interrumpe la emisión de RX

Interruptores de para de emergencia



Para desconexión del haz de rx

Para desconexión del suministro energía

3-Blindajes y otros elementos de seguridad

■ Interlocks

- Dispositivos para impedir que se emita RX si no están debidamente conectados, están ubicados en la puerta de acceso a la bandeja de soporte
- también en el blindaje estructural de equipo, en caso de que los paneles de blindaje no estén bien colocados, interrumpe la emisión de RX

Interlock de la puerta



3-Blindajes y otros elementos de seguridad

- Verificación de los dispositivos de seguridad:
 - Debe realizarse mensualmente (documentarse)
 - Debe incluir:
 - La luz “X RAY ON” en panel de control
 - La luz “X RAY ON” en la carcasa del equipo
 - Verificar funcionamiento de interruptores

4- Vigilancia del Ambiente de Trabajo: Monitoreo de área

- Un monitoreo de área con detector portátil debe hacerse para verificar la eficiencia y hermeticidad del blindaje en disminuir la dosis de radiación por debajo de los límites establecidos para TOEs y Público

Trabajo: Monitoreo de área

- El monitoreo de área debe ser realizado por una empresa autorizada en las siguientes circunstancias:
 - Después de la instalación y previo al uso del equipo
 - Una vez al año
 - Después de algún mantenimiento correctivo que conlleve a cambiar o reparar cualquier parte interna del equipo
 - Cuando una inspección visual de rutina revele alguna condición anormal
 - Cuando los dosímetros personales muestren un incremento significativo en la dosis con respecto a los valores históricos

Dosímetro de área

- Dependiendo de las condiciones del uso del equipo de RX se puede montar un dosímetro de área para medir la dosis de radiación que reciben los miembros del público en las áreas supervisadas

VIGILANCIA INDIVIDUAL DE LA EXPOSICIÓN



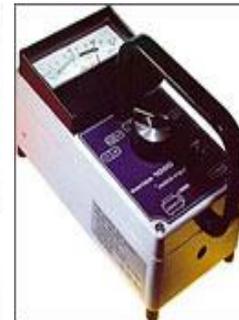
Las **dosis** recibidas por los TE deberán ser determinadas con **una periodicidad no superior a un mes** para la **dosimetría externa**.

No se tendrá en cuenta las dosis debidas al fondo radiactivo natural ni las debidas a examen y tratamientos médicos.

Para TOE de la Práctica de Fluoroscopia Industrial : no es obligatorio, cuando exista dosimetría de área razonable

Supervisión y vigilancia radiológica

Dosímetros portátiles para medición de la efectividad del blindaje y la dosis en áreas de ocupación laboral y del público



VIGILANCIA SANITARIA TOE:

La vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos se basará en los Principios Generales de Medicina del Trabajo y las leyes sobre Prevención de Riesgos Laborales.

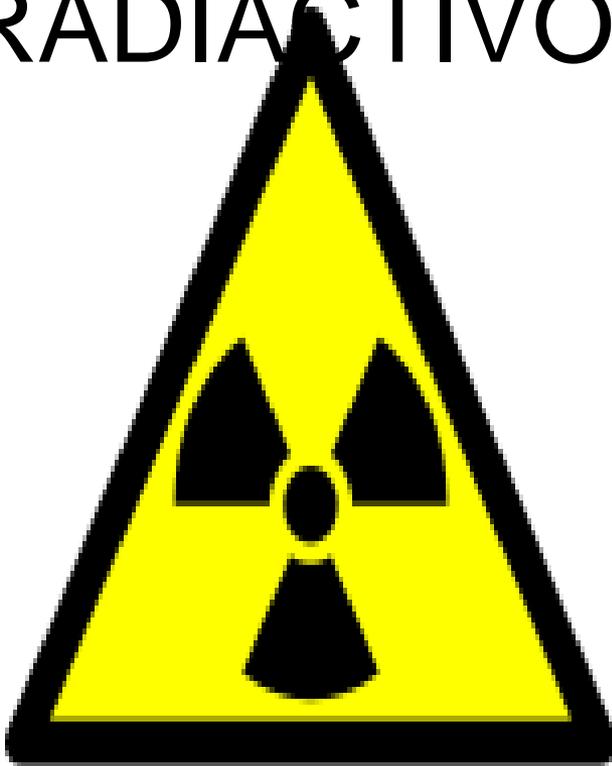
Los reconocimientos médicos han de realizarse por el **Servicio de Prevención** que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores

▪

5- Clasificación de zonas: controlada supervisada

- El área controlada es aquella donde se aloja el equipo de RX y por tanto solo tienen acceso los TOE. Debe estar delimitada y señalizada con el símbolo de peligro radiactivo y un cartel de AREA CONTROLADA
- El área supervisada son los corredores que rodean al área controlada, a estas pueden tener acceso los miembros del público solo por motivos específicos y siempre supervisado por TOE. Debe estar delimitada y señalizada con un cartel de AREA SUPERVISADA

SIMBOLO DE PELIGRO RADIATIVO



- Símbolo utilizado tradicionalmente para indicar la presencia de radiactividad



Nuevo símbolo de advertencia de radiactividad adoptado por la [ISO](#) en 2007 para fuentes que puedan resultar peligrosas. Standard ISO #21482

6- Procedimientos



operativos (deben quedar por escrito)

Reducción de la dosis que recibe el TOE y los miembros del público

1- Deben establecerse por escrito procedimientos de operación basados en la aplicación de las técnicas de protección radiológica los cuales deben ser de conocimiento obligatorio de los operadores y el personal vinculado.

El manual del usuario será suficiente, si no existiera o si no tuviera todos los procedimientos que se requieren para la Institución debe entonces generarse y quedar aprobado por el órgano regulador

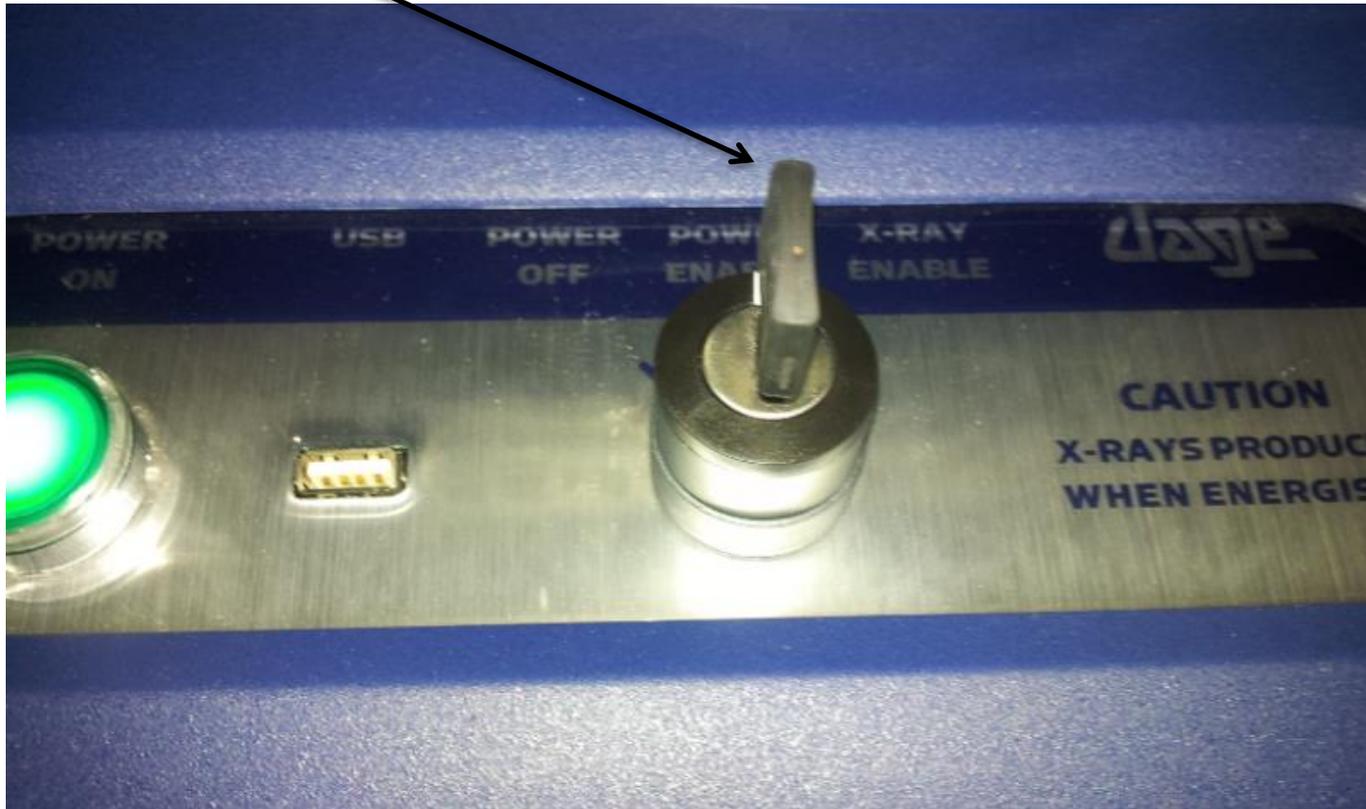
6- Procedimientos operativos

- El uso de usuario y contraseña debe mantenerse. Como mínimo, debe contener el nombre del usuario y la fecha de uso.

6- Procedimientos operativos

- Cuando el equipo no está en uso debe estar asegurado de tal manera que no permita ser usado por personal no autorizado.
- Usualmente esto se logra mediante una llave u otro dispositivo de control

Llave como barrera de seguridad



6- Procedimientos operativos

- ❑ Las técnicas usadas para cada proyección en un equipo dado deben estar escritas y ubicadas en lugar visible, cerca del panel de control (RECETAS)

Regla práctica de protección radiológica

- Cuando sin cambiar la técnica, las imágenes salen sub o sobreexpuestas, indica que el equipo de RX o cualquier componente de la cadena de la imagen esta funcionando inadecuadamente, ESTO DEBE SER REPORTADO AL SUPERVISOR CON VISTAS A QUE SE INSPECCIONE EL EQUIPO Y INTRODUSCAN LAS ACCIONES CORRECTIVAS

Evaluación periódica de la calidad de la imagen

- Una evaluación periódica (al menos una vez al año) de la calidad de la imagen obtenida, permite la detección de un mal funcionamiento en algún componente de la cadena de la imagen o en el Generador

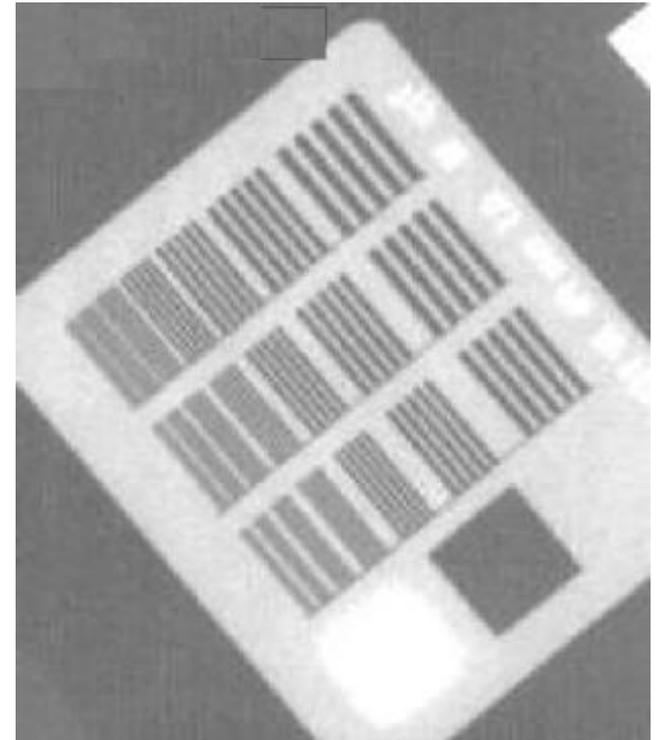
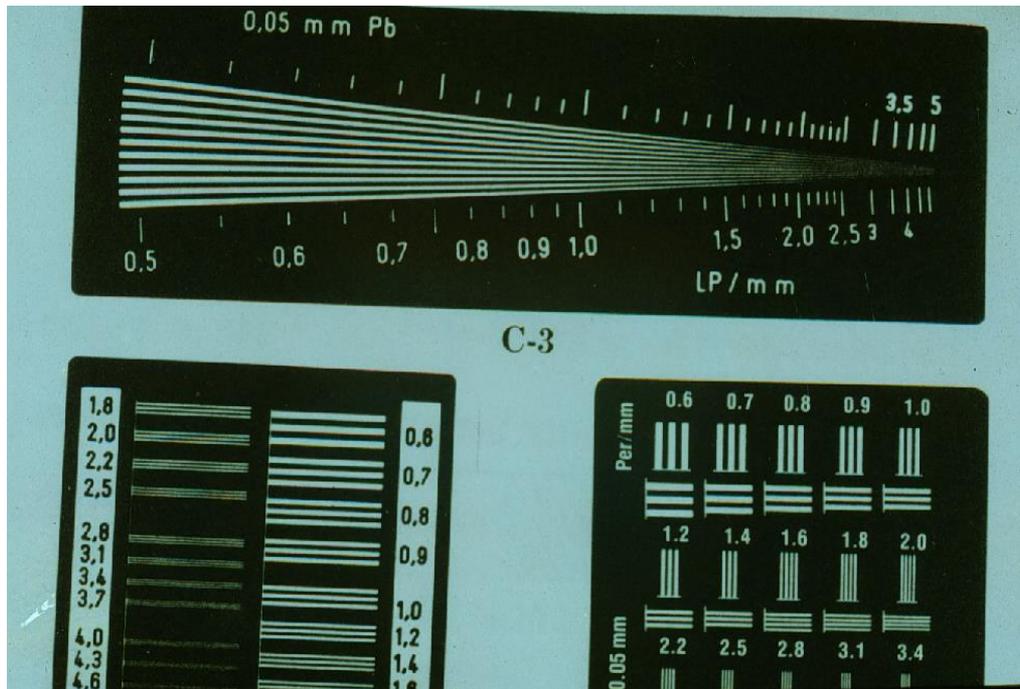
Con referencia a los dispositivos de visualización de la imagen

- Ubicar EL MONITOR en lugares con una adecuada iluminación.
- Una limpieza periódica de la superficie externas del monitor es básico

Control de calidad de la imagen basado en criterios físicos y técnicos

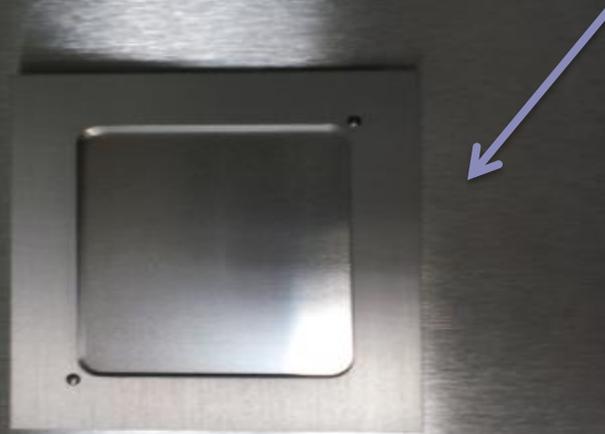
- Resolución de alto contraste
- Resolución de bajo contraste
- Uniformidad del brillo
- Nivel de ruido de la imagen
- Nivel de brillo de las pantallas/monitores

Patrones de alto contraste en forma de estrella y pares de línea usados en diagnóstico médico (No apropiados para sistemas industriales)



Control de calidad de la imagen basado en criterios físicos y técnicos

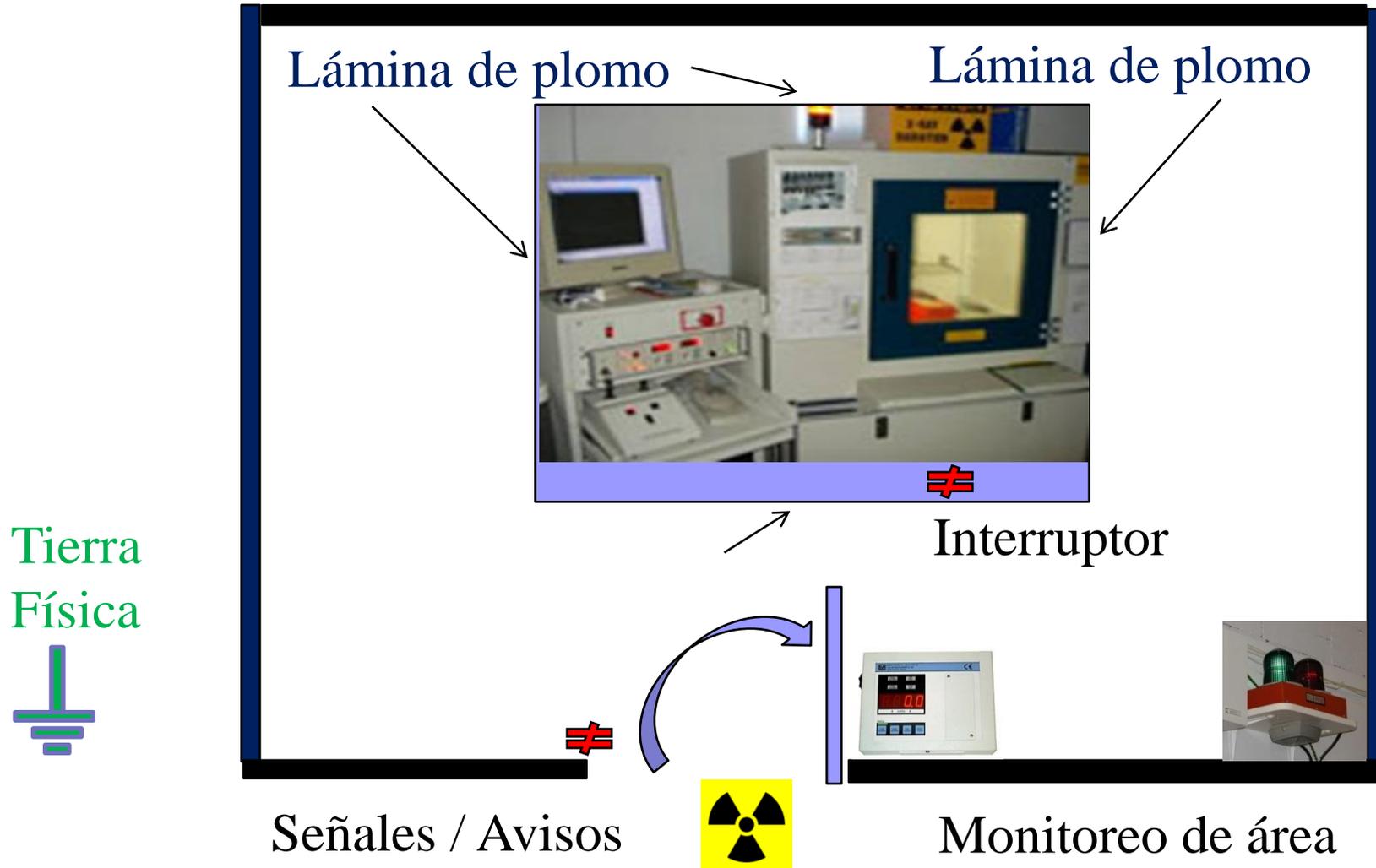
Objeto de prueba para determinar resolución de alto contraste



Seguridad intrínseca y blindaje del equipo de RX para inspección



Separación apropiada de la sala del resto de las áreas

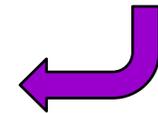
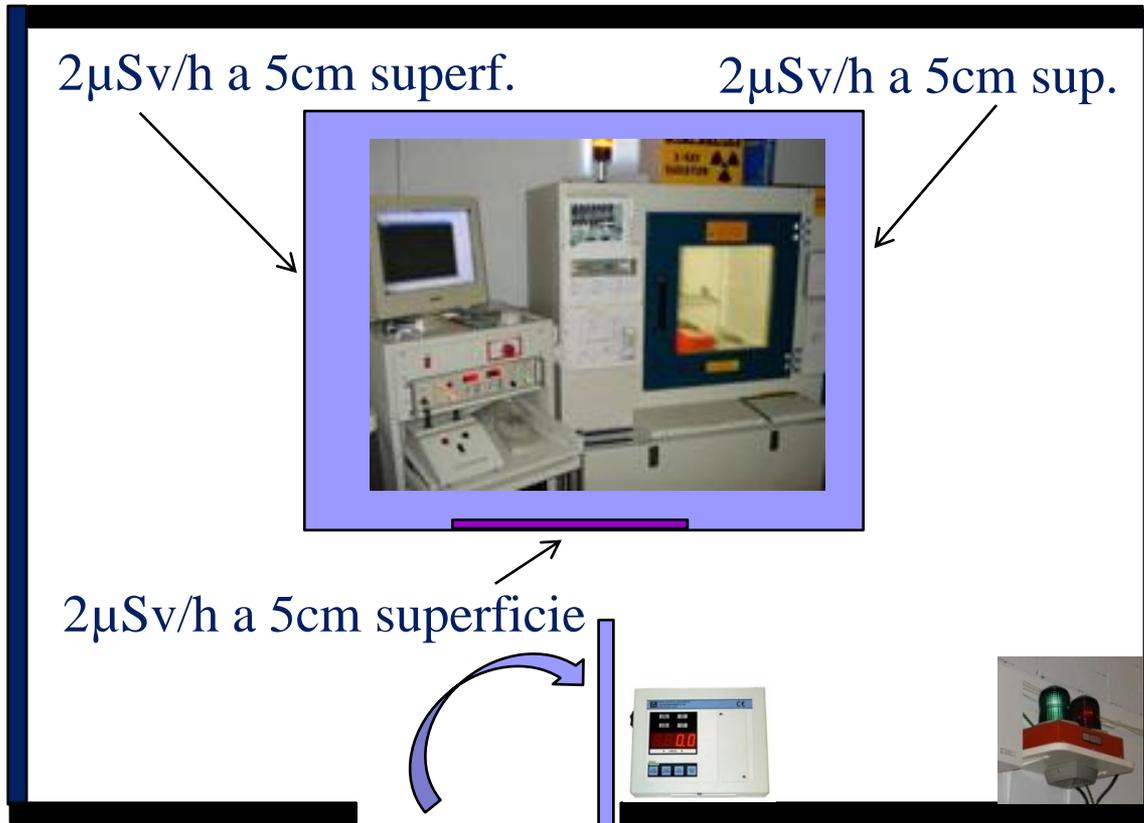


Seguridad intrínseca y blindaje del equipo de RX para inspección



Asumiendo :

1. Distancia foco/muestra a superficie de 30cm
2. Distancia del operador a la superficie 20cm
3. Carga de trabajo de 5 muestra por día con duración de 2 minutos
4. Trabajo a máximo kV y μ A



Dosis anual de TOE = 7μ Sv (2500 veces inferior al Límite de Dosis)

Procedimientos de verificación periódica del equipo:

- Estado de mecanismos y señalización (ambientes agresivos pueden deteriorarlos)
- Verificación de sistemas de seguridad
- Vigilancia radiológica ambiental
- Sistemas de bloqueo

Procedimientos de mantenimiento

- **Mantenimiento preventivo de equipos**
 - Realizado internamente con procedimientos
 - Realizado por empresa autorizada
- **Mantenimiento correctivo de equipos**
 - Realizado por empresa autorizada

Posibles incidentes asociados al equipo RX

Radiológicos

- Exposición por fugas en paneles debido a desalineación y falla en el funcionamiento de los interruptores
- Exposición por bloqueo intencional de interruptores y exposición de partes del cuerpo a rayos X

Medidas de seguridad:

Monitoreo de radiación tras mantenimientos y eventualmente ambiental. Dosimetría personal

Posibles incidentes asociados al equipo RX

Eléctricos

- Exposición del operador a altos voltajes debido a daño en la tierra física del equipo
- Exposición del operador a altos voltajes debido a daños en los cables de alto voltaje
- Exposición del operador a altos voltajes debido a daño en el generador de alto voltaje

Medidas de seguridad:

Mantenimientos. Medición de voltajes flotantes en partes externas del equipo. Verificación anual de la calidad de la tierra física

Respuesta a emergencias

- Si ocurre o se sospecha de un evento sobre exposición se deben seguir los siguientes pasos:
 - Proteger las personas manteniéndolas fuera del área del accidente hasta que la situación sea evaluada. Apague el equipo mediante el botón de parada de emergencia
 - Si un individuo fue expuesto a el haz útil, contactar el RPR inmediatamente. Puede apagar la máquina en este caso
 - En caso de fuego, evacuar y llamar al 911 para notificar el incendio y después llamar al RPR

6. Responsabilidades

- La responsabilidad de llevar a cabo un práctica optimizada (ALARA) es compartida entre el RPR y el Responsable de la Licencia
- Responsabilidades del Responsable de la Licencia: es la persona que debe responder por el uso seguro del equipo emisor de radiaciones. Debe de:

6. Responsabilidades



- Cumplir todos los requerimientos especificados en el manual de operaciones del equipo
- Asegurar el uso seguro del equipo
- Proveer adecuada supervisión a los usuarios autorizados
- Asegurar el equipo contra usuarios no autorizados
- Responder a la información solicitada por el MSP en tiempo y forma
- Notificar al MSP de los equipos emisores que se van a instalar (antes de comenzar su uso)
- Notificar al MSP en caso de que se deba trasladar el equipo o se venda a otra Institución

6. Responsabilidades



- Notificar al MSP si ocurre o se sospecha de una sobre exposición
- Asegurar que el los TOEs reciban un adecuado entrenamiento
- Cumplir con los requerimientos de señalización de las áreas y equipo
- Asegurar que el equipo esté en mantenimiento preventivo y correctivo por una empresa acreditada y que se hagan los controles de calidad con la frecuencia establecida
- Asegurar que los TOEs estén provistos de dosimetría y la dosimetría de área
- Asegurar las auditorias de calidad anuales

6. Responsabilidades

- Responsabilidades del RPR: se sabe que el Responsable de la Licencia casi nunca tiene tiempo para personalmente monitorear día a día la operación del equipo ni para responder a las solicitudes del MSP por lo que requiere de asistencia, nombrando al RPR
- El RPR debe pasar un curso de PR avanzado
- Aunque las funciones son delegadas al RPR, el Responsable de la Licencia es quien tiene la responsabilidad por el uso del equipo.

6. Responsabilidades

- Responsabilidades del TOE
 - Completar los formularios que exige el MSP para la licencia
 - Completar todos los entrenamientos antes de operar el equipo
 - Trabajar con un TOE supervisor hasta que demuestre que sabe operar el equipo de forma adecuada
 - Cumplir con los procedimientos de operación establecidos
 - Reportar cualquier accidente o exposición (real o sospechada) al RPR y al Responsable de la Licencia

6- Programa de capacitación y entrenamiento del personal

- ❑ Es en extremo importante que el personal que opera el equipo esta entrenado y acreditado en Protección Radiológicas
- ❑ Solo se permite a personal autorizado operar el equipo
- ❑ Cualquier persona que opere el equipo debe recibir el curso de PR básico y el curso de operación y manejo del equipo

INFORMACIÓN Y FORMACIÓN

- **La FORMACIÓN previa de los TE constituye una medida importante de prevención de la exposición.**
- **Antes de iniciar su actividad , serán informados e instruidos, a un nivel adecuado a su responsabilidad y al riesgo de exp. a RI sobre:**
 - **Los riesgos radiológicos asociados y la importancia que reviste el cumplimiento de los requisitos técnicos, médicos y administrativos.**
 - **Las normas y procedimientos de PR y precauciones que se deben adoptar.**
 - **En el caso de mujeres, la necesidad de declaración rápida de embarazo y lactancia, habida cuenta los riesgos que conlleva.**

7 | Programa de garantía de calidad



Programa de garantía de calidad: grupo de acciones encaminados a garantizar imágenes de alta calidad diagnóstica al menor costo y con la menor dosis de exposición

ETAPAS

- 1- Colocación del objeto previo al examen
- 2- Equipos de RX, accesorios y soportes de la imagen
- 3- Sistema de visualización de la imagen
- 4- Confección de informes
- 5- Programa de mantenimiento preventivo y correctivo

