

**CURSO DE ACTUALIZACIÓN EN
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
PARA MÉDICOS
RADIONCÓLOGOS**

**FUNDACIÓN MARIE CURIE
CÓRDOBA, 7 al 9 de ABRIL 2016
Ana M. Larcher**

alarcher@arn.gov.ar

**FUENTES DE RADIACIÓN
ASOCIADAS A LA
RADIOTERAPIA
MODERNA**

TEMARIO

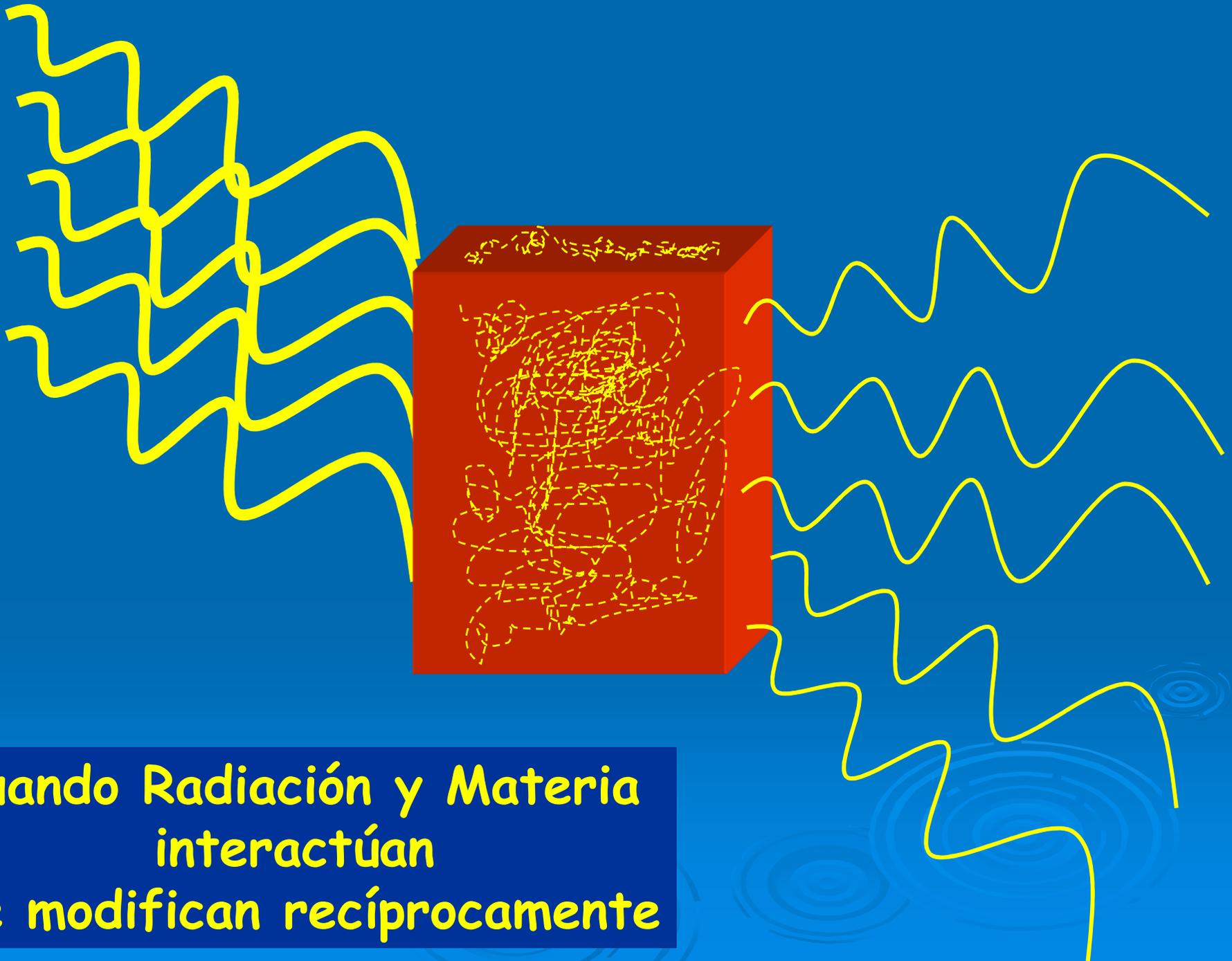
- BREVE REVISIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS
- QUÉ ES UNA FUENTE DE RADIACIÓN
- POR QUÉ Y CÓMO ABORDAMOS EL TEMA DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN
- FUENTES ASOCIADAS A LA RADIOTERAPIA
- USO DE IMÁGENES EN RADIOTERAPIA MODERNA: ¿UN TEMA DE RADIOPROTECCIÓN?
- ASPECTOS DE CALIBRACIÓN DE FUENTES
- CONCEPTOS DE SEGURIDAD FÍSICA DE FUENTES

¿Por qué razón física,
las radiaciones
ionizantes le
resultan útiles
al hombre?



La utilidad de la radiación
ionizante
proviene de la Interacción

RADIACIÓN ↔ **MATERIA**



**Cuando Radiación y Materia
interactúan
se modifican recíprocamente**

INTERACCION RADIACION - MATERIA

INFORMACIÓN (o
DIAGNÓSTICO)

Modificaciones
en el Haz de Radiación

sobre **Materia viva**
Materiales

CAMBIOS (o
TRATAMIENTO)

Modificaciones
en el Material Irrradiado

en **Materia viva**
Materiales

Usos Médicos de las Radiaciones Ionizantes

- **USOS DIAGNÓSTICOS:** Imágenes diagnósticas de enfermedades o lesiones.
- **USOS TERAPÉUTICOS (CURATIVOS O PALIATIVOS):** Destrucción de células tumorales o inhibición de la proliferación de tejidos.

¿Qué es una
fuente de radiación?



FUENTES DE RADIACIÓN



- **DEFINICIÓN:** “Una fuente de radiación es cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación - ya sea por emisión de radiación ionizante o por liberación de material radiactivo – y que puede ser tratada como una entidad única para fines de protección y seguridad”
(Glosario nueva Norma Básica del OIEA)

FUENTES DE RADIACIÓN

➤ DOS GRANDES GRUPOS

- **FUENTES RADIATIVAS:** Aquellas que contienen material radiactivo (material que emite radiación ionizante)
- **GENERADORES DE RADIACIÓN:** Dispositivos capaces de generar radiación ionizante, tales como generadores de Rayos X

Los Materiales Radiactivos
irradian sin necesidad
de una fuente de energía externa

Y **no** se los puede
"desconectar"
para que dejen de irradiar

Pero los niveles de radiación
disminuyen con el tiempo
porque la Actividad decae

Los Generadores de Radiación
requieren
de una fuente de energía externa

Se los puede
"desconectar"
para que dejen de
irradiar

¿Por qué y cómo
abordamos el tema
de las fuentes de
radiación?



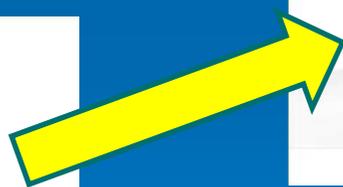
Nos ocupamos de las fuentes de radiación porque....



3 VISIONES DE UN MISMO ELEMENTO



3 VISIONES DE UN MISMO ELEMENTO



3 VISIONES DE UN MISMO ELEMENTO



EVALUACIONES DE SEGURIDAD

El análisis de todos los aspectos de una práctica que son relevantes para la protección y la seguridad

**REPRESENTAN EL ESQUEMA
DE PENSAMIENTO
DEL
ESPECIALISTA EN
RADIOPROTECCIÓN**



k7390189 www.fotosearch.com

Evaluaciones de seguridad

1er Paso

➤ Conocer su función

- OBJETIVO y CARACTERÍSTICAS DE LAS PRÁCTICAS
- FUENTES ADSCRIPTAS A ELLAS

2do Paso

➤ Evaluar el riesgo

- CARÁCTER DE LAS EXPOSICIONES (esperadas y potenciales)
- MAGNITUD DE LAS DOSIS ESPERADAS

3er Paso

➤ Determinar los mecanismos para disminuir el riesgo

- TIPO Y AMPLITUD DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD PARA OPTIMIZAR LA PROTECCIÓN Y DAR CUMPLIMIENTO A LAS NORMAS



FUENTES ASOCIADAS A LA RADIOTERAPIA



Radioterapia: 2 Modalidades Múltiples y variadas fuentes

BRAQUITERAPIA



HAZ EXTERNO

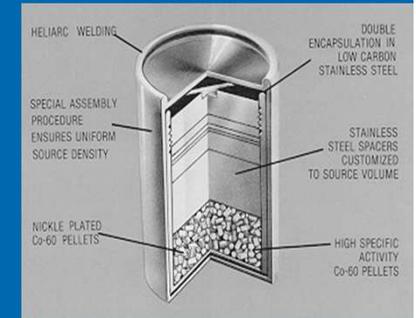


Radioterapia

Fuentes Radiactivas



3,7 MBq – 370 TBq
(10^{-4} Ci – 10^4 Ci)



Rango de actividad
de fuentes



Radioterapia

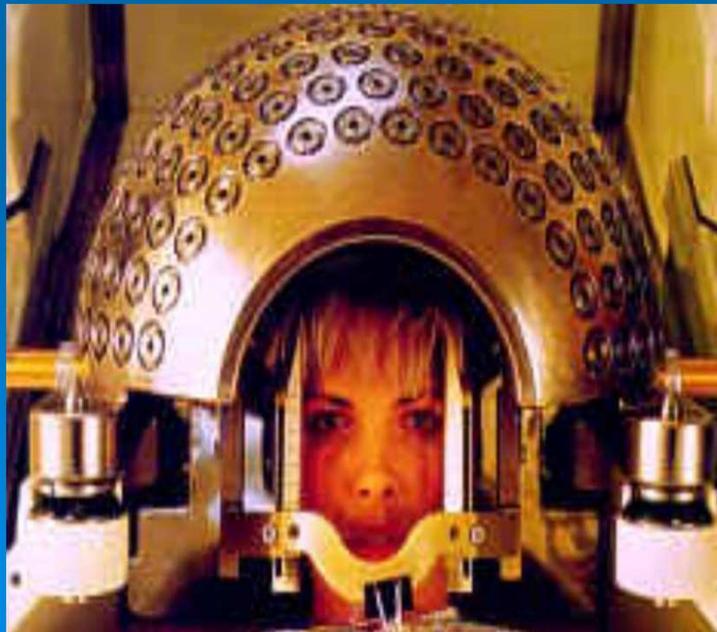
Fuentes Radiactivas

Aplicador oftálmico

Fuentes beta de $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$

Actividades típicas:

40-200 MBq (10-50 mCi)



Gammaknife

201 fuentes gamma

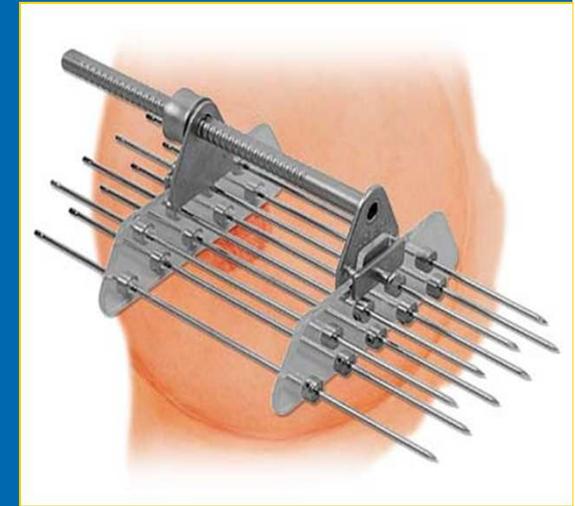
de ^{60}Co

Actividades típicas:

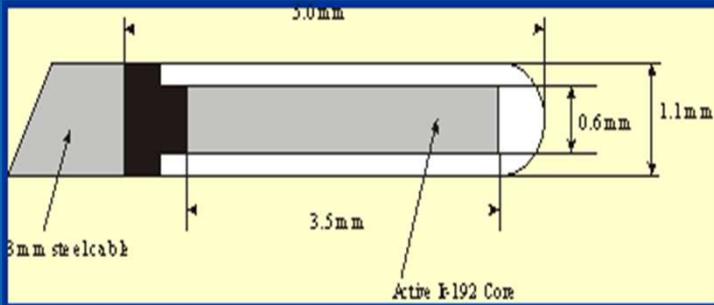
1.1 TBq (30 Ci)

Fuentes de Ir-192 (alambres)

- Usados en implantes intersticiales
- Su actividad depende de la longitud empleada en el implante



Fuente de Ir-192 para HDR



➤ 370 GBq (10 Ci)



Semillas de I-125



➤ 13.3 MBq (0,36 mCi)

Radioterapia

Generadores de radiación

Equipos de Tratamiento



Típicamente
aceleradores lineales
Energías de 6 MV



Generadores de radiación cada vez más complejos



ANTES



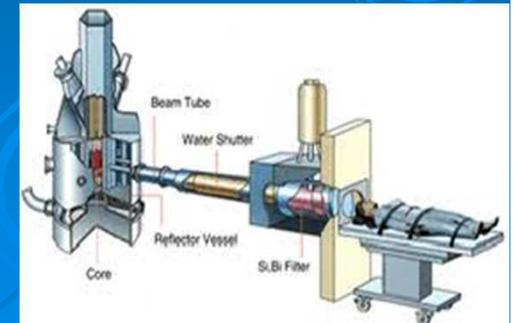
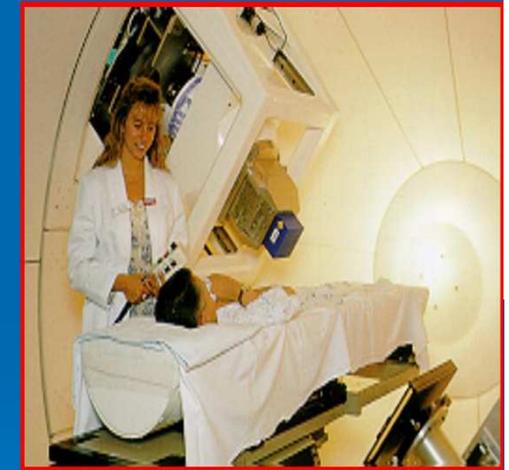
AHORA



Generadores de radiación cada vez más complejos



Rayos X,
pero
también
e-, p, n y
múltiples E



(Figure 2. A schematic diagram for BNCT application)

¿Y qué otras fuentes de radiación se asocian a la radioterapia?



Imágenes en RT convencional

Más generadores de radiación

TOMÓGRAFÍA



SIMULACIÓN



**IMÁGENES
PORTALES**

Imágenes para localización, planificación y verificación

- Hasta fines de los '90 las imágenes asociadas a un tratamiento de RT se circunscribían a un estudio tomográfico para planificación, una o dos imágenes de simulación para setup y una o dos imágenes portales al comienzo de fracciones de tratamiento pre-seleccionadas.
- Se asumía que la anatomía expuesta del paciente toleraba errores de alineamiento del orden de 5 a 15 mm.

Imágenes en RT moderna

- El desarrollo de la RT conformada 3D, la IMRT y la radiocirugía sin marco estereotáxico han disminuido la tolerancia en los errores de alineamiento a unos pocos mm
- Como los blancos se mueven y deforman durante el tratamiento.
- La **IGRT** se ha introducido para lidiar con esos escenarios pero ha llevado a la necesidad de introducir múltiples procedimientos de imágenes para planificación, simulación, set up y monitoreo intra e inter-fracciones.

Uso de imágenes en RT moderna: Un problema de radioprotección?



Imágenes en un tratamiento de IGRT

Un tratamiento complejo de IGRT puede incluir:

- Planificación con CT para contornear el blanco y las estructuras críticas. En ciertos casos fusión de imágenes con PET-CT
- 4D CT (o CT con correlación respiratoria) si los órganos se mueven con la respiración
- Simulación mediante CT virtual y DRRs
- Set up al comienzo de cada fracción con imágenes portales o in-room CT (convencional o cone-beam, kV o MV)
- Seguimiento intra-fracción del movimiento del blanco mediante imágenes radiográficas duales, fluoroscopia o imágenes portales con EPID en modo CINE.



k7390189 www.fotosearch.com

Múltiples
Fuentes,
Múltiples
Exposiciones!
Y las dosis?

Dosis Efectiva

- La magnitud que permite medir y comparar dosis de radiación en términos de su riesgo estocástico es la Dosis Efectiva E .
- E se mide en Sv y según la definición original de Jacobi (Radiat Environ Biophys 12, 1975) que resulta muy ilustrativa de su significado, es “la dosis absorbida media correspondiente a una irradiación uniforme de cuerpo entero que resulta en el mismo detrimento total por radiación que el correspondiente a una irradiación no uniforme a una parte del cuerpo”.

Evaluación de dosis debidas a imagenología y comparación con dosis terapéuticas

- ❑ La dosis para la obtención de imágenes se entrega en formatos estándar
- ❑ La dosis terapéutica se entrega en muy variables escenarios específicos para cada paciente
- ❑ Al día de hoy todavía no se ha hecho mucho para calcular dosis efectivas en radioterapia
- ❑ Por lo tanto, aún no es posible hacer comparaciones cuantitativas precisas de dosis debida a imágenes frente a dosis en terapia

Otro elemento a tener en cuenta en la comparación de dosis en exceso

Además de la dosis terapéutica primaria depositada en el volumen blanco, debe considerarse:

- ❑ Dosis primaria concomitante sobre el tejido normal
- ❑ Dosis secundaria concomitante debida a dispersión interna y externa, radiación de fuga del acelerador, etc.

Algunos escenarios genéricos de dosis efectiva en IGRT

- ❑ Tomografías pre-tratamiento para 30 fracciones: 60 – 400 mSv
- ❑ Dos pares de imágenes portales diarias con MV para 30 fracciones: 40 – 400 mSv
- ❑ Dos minutos diarios de fluoroscopia (kV) para 30 fracciones: 40 – 120 mSv

Ejemplos de incremento del riesgo estocástico por dosis debida a imágenes

(tomado de AAPM Publ. 95)

Ej 1

- Tratamiento rutinario de próstata en paciente de **70 años**, incluyó:
- CT convencional fan beam para planificación (E1= 8.2 mSv)
- 30 pares de imágenes portales (diarias) a 2 UM c/u (1,3 mSV) E2 = 39 mSv
- $E = E1 + E2 = 47.2 \text{ mSv}$
- Probabilidad de inducción de cáncer fatal por una exposición radiográfica única: $5 \times 10^{-5}/\text{mSv}$ (ICRP 60)
- **Incremento de riesgo debido a exposición 0,2 %. Despreciable**

Ejemplos de acumulación de dosis debida a imágenes

(tomado de AAPM Publ. 95)

Ej 2

- Tratamiento de cáncer cervical en paciente femenina de 30 años, incluyó:
- 30 in room-CT (diarias) para localización y compensación por deformación de órganos ($E = 30 \times 8.2 \text{ mSv} = 246 \text{ mSv}$)
- Probabilidad de inducción de cáncer fatal por una exposición radiográfica única: $5 \times 10^{-5}/\text{mSv}$ (ICRP 60)
- **Riesgo debido a exposición 1,2 %. No despreciable. Necesidad de optimización**

Una comparación de dosis efectiva debida a dispersion y fugas con dosis debida a imágenes

Tratamiento de cáncer de próstata con dosis total de 70 Gy

- ❑ Estimación de dosis efectiva debida a dispersión interna y externa y fugas : **854 mSv**

- AA Cigna et al, *Dose due to scattered radiation during external radiotherapy: a prostate cancer case history*, *Radiation Protection Dosimetry* 108 (1): 27 - 32, 2004.

- ❑ 35 CT pélvicas diarias para IGRT : **350 mSv**

Pensemos también en otros escenarios



Cuál será el riesgo en exceso de cáncer para un paciente de 20 años tratado con IGRT por una malformación arteriovenosa? Qué pasa con los pacientes pediátricos?

Y no olvidemos que...



Los pacientes de cáncer han sido expuestos a fuentes médicas antes de llegar al tratamiento y arrastran una historial de dosis.

La incidencia de la exposición médica

FUENTE: UNSCEAR 2010

 **3600.000.000** procedimientos de diagnóstico con Rayos X al año

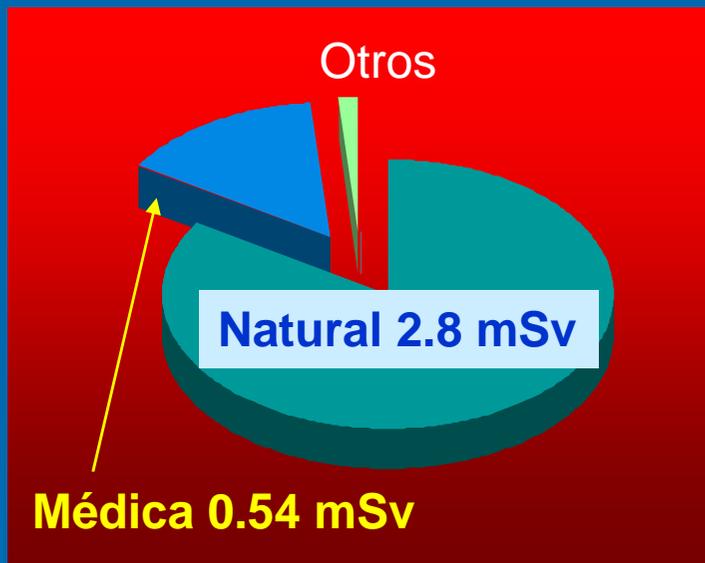
 **33.000.000** procedimientos de medicina nuclear diagnóstica

 **6.000.000** tratamientos de radioterapia



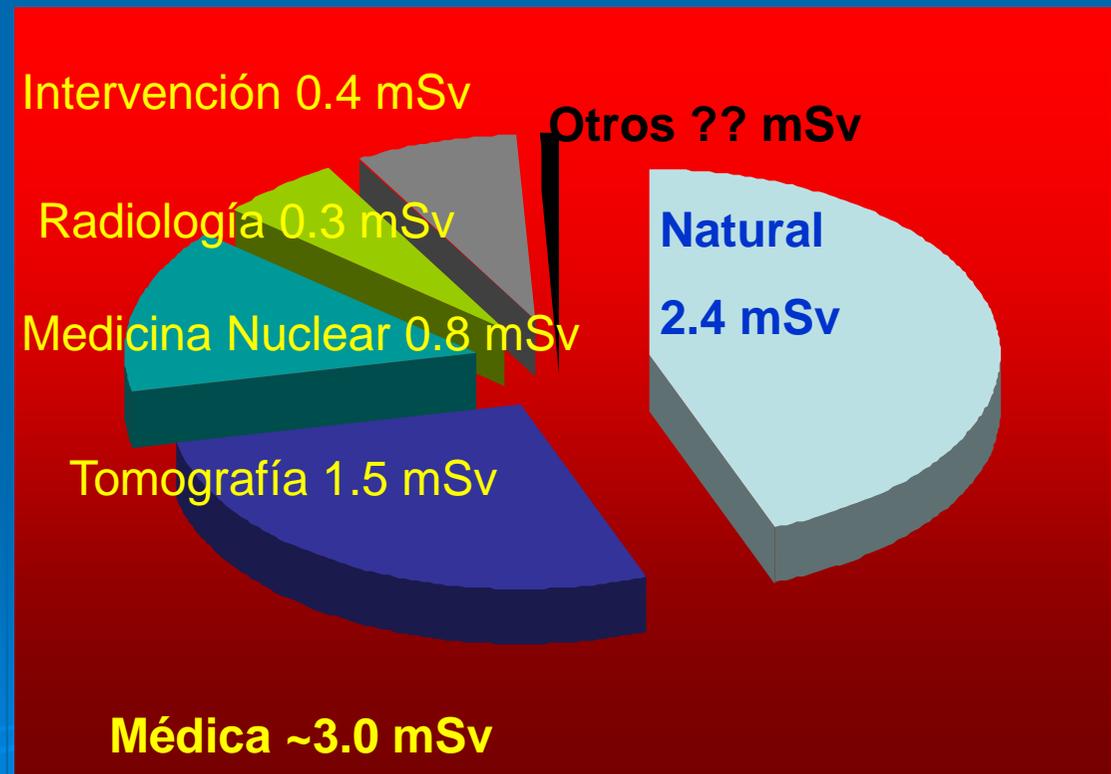
Contribución de la exposición médica a la dosis anual *per capita* en países desarrollados

80's



Total 3.6 mSv per capita
(15%)

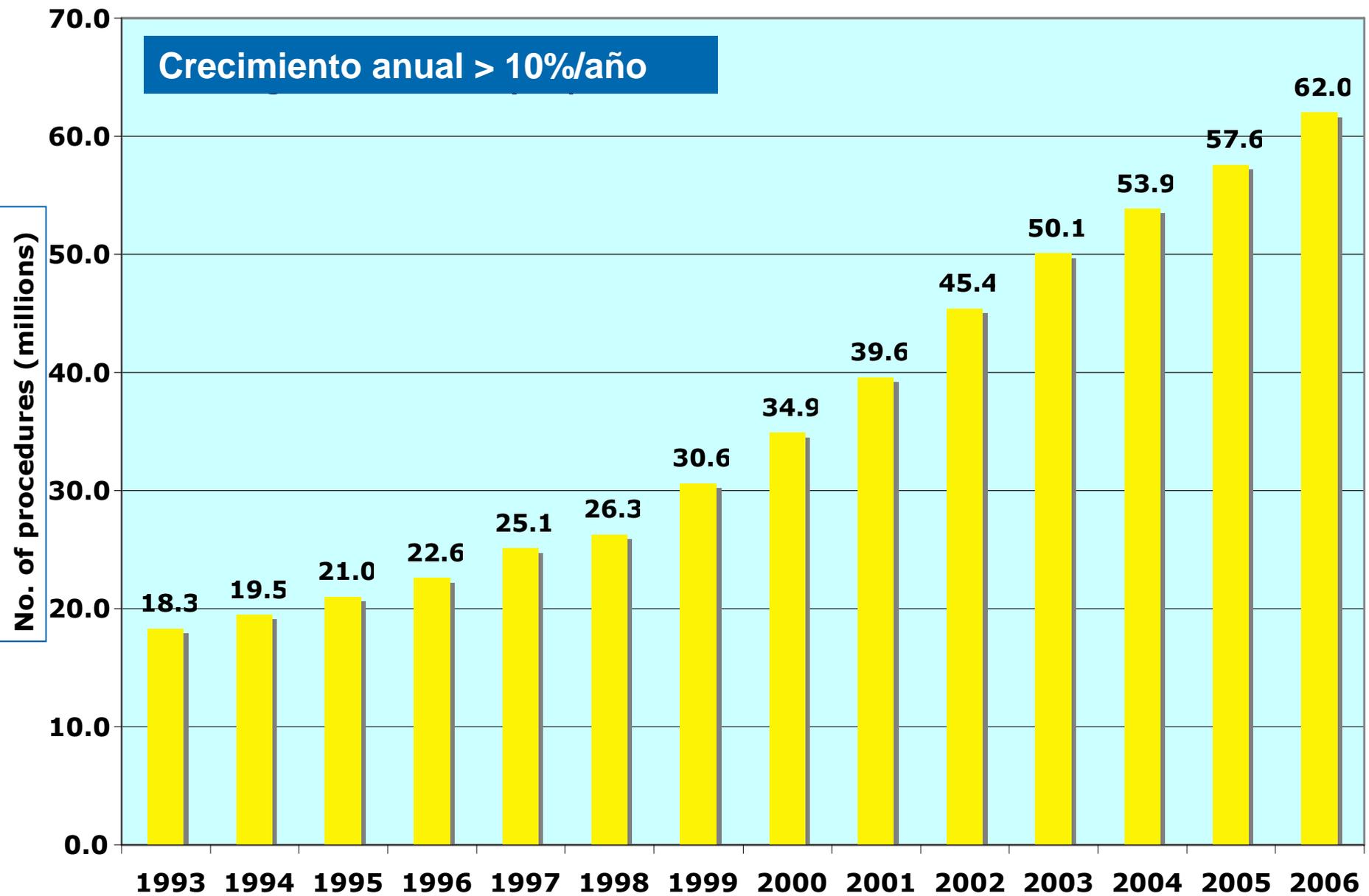
2006



Médica ~3.0 mSv

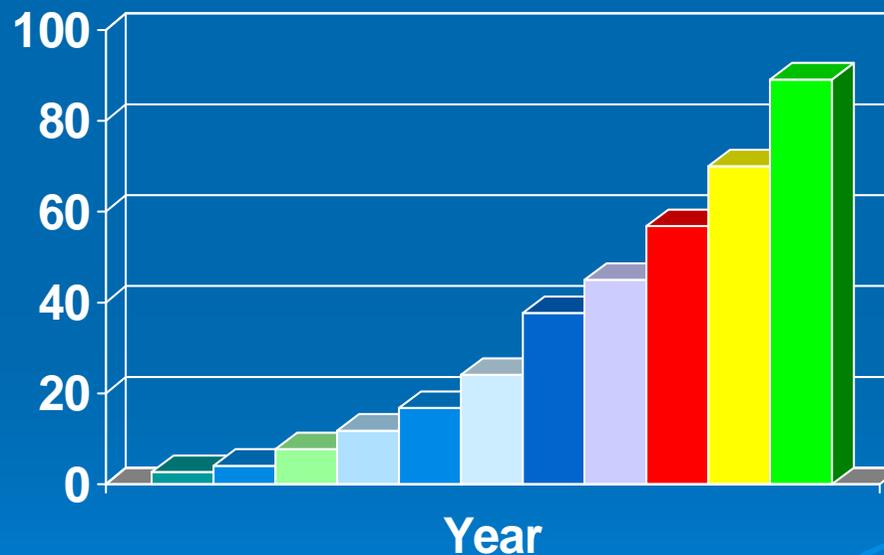
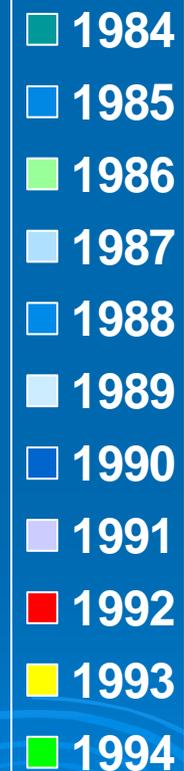
Total ~ 5.4 mSv per capita-
(55.5%)

TC Procedimientos por año (millones)



Procedimientos Intervencionistas (UNSCEAR)

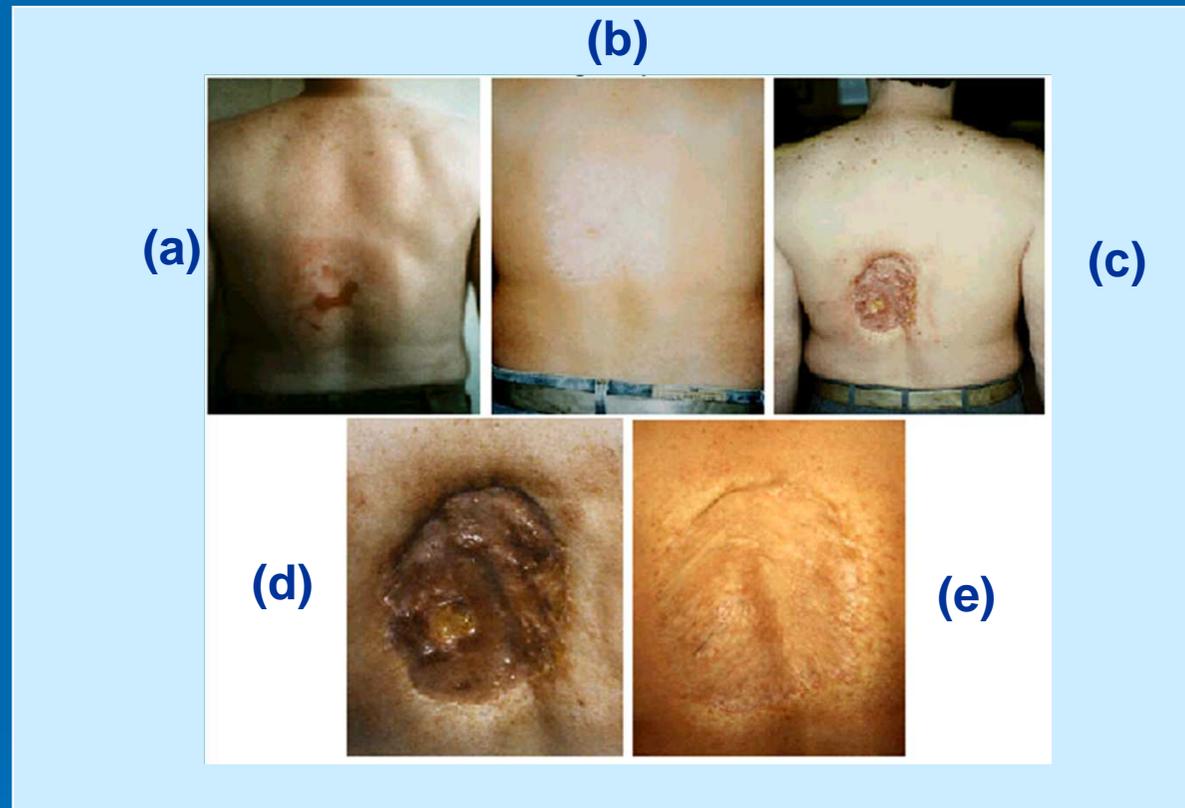
Ejemplo de crecimiento
Alemania



TAC combinada con angiografía



Doble angioplastia coronaria en un día seguida de by-pass por complicación. Dosis \approx 20 Gy (ICRP 85)



- (a) 6-8 semanas después del procedimiento.
- (b) 16-21 semanas después
- (c) 18-21 meses después mostrando necrosis de tejidos.
- (d) Aproximación de la foto mostrada en (c).
- (e) Después del injerto de piel. (Fotografías cortesía de T. Shope & ICRP).

¿Qué podemos
recomendar a los
médicos, respecto del
uso de imágenes en
IGRT?

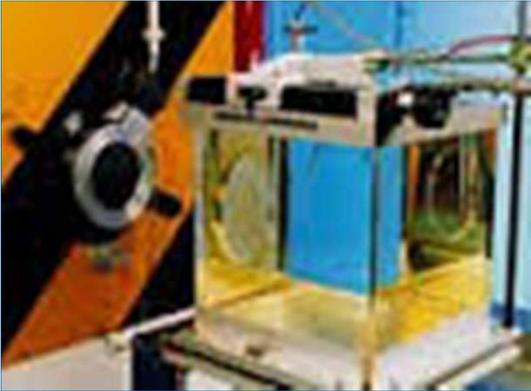


Algunos criterios

- ❑ **Mejora en las estimaciones de dosis efectiva:** Promover la evaluación de la dosis debida a imágenes en cada tratamiento a fin de estimar dicha dosis en su contexto y ayudar a crear una base para las comparaciones.
- ❑ **Optimización de la PR:** Introducir el concepto ALARA considerando el hecho de que el aumento de las imágenes implicará una reducción de las dosis al tejido sano pero a costo de un incremento en la dosis a todo el cuerpo debida a dichas imágenes.
- ❑ **Reducción de Dosis:** Eliminar las imágenes que no contribuyen a la información necesaria para el plan, el set up o el monitoreo del tratamiento y aceptar imágenes de menor calidad cuando la misma no sea relevante para la toma de decisiones.

Otros temas de la clase de hoy

- Aspectos de calibración de fuentes
- Conceptos de seguridad física de fuentes

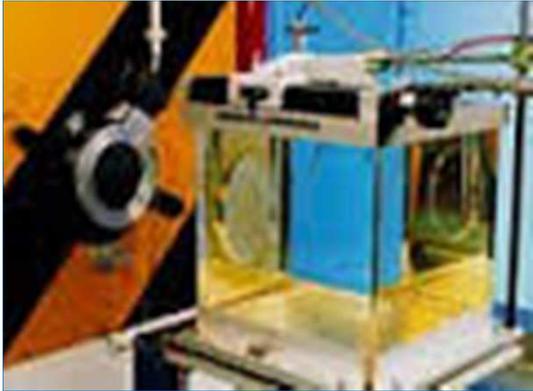


CALIBRACIÓN DE FUENTES Y EQUIPOS



- La calibración de equipos y fuentes de tratamiento es uno de los elementos esenciales en la optimización de la PR en las exposiciones médicas.
- Es responsabilidad del **físico médico** efectuar las calibraciones, pero lo es del **responsable primario** por la protección radiológica, el proveer los equipos o los mecanismos para que se lleve a cabo la calibración.
- Las calibraciones deben ser hechas en términos de magnitudes apropiadas usando protocolos aceptados internacional o nacionalmente;

CALIBRACIÓN DE FUENTES Y EQUIPOS



- Deben efectuarse en el momento de la puesta en marcha del equipo y antes de su uso clínico; luego de cualquier mantenimiento que pudiera afectar la dosimetría y a intervalos aprobados por la autoridad reguladora;
- Las calibraciones de las unidades de radioterapia externa deben estar sujetas a verificación independiente previamente a su uso clínico;
- Las calibraciones de los dosímetros usados para la calibración de equipos y fuentes deben ser trazables a laboratorios dosimétricos de referencia.

CALIBRACIÓN DE FUENTES DE BRAQUITERAPIA (recomendaciones internacionales)

- **Idealmente cada fuente radiactiva que es implantada en un paciente, debería ser calibrada, pero en general no resulta posible por falta de equipos, personal y tiempo;**
- **No es poco común que una institución acepte los certificados de calibración del fabricante, pero debería ser responsabilidad de la institución verificar que estas calibraciones son correctas.**
- **Se recomienda que todas las fuentes de vida media larga estén calibradas. La trazabilidad por inferencia estadística puede ser apropiada para fuentes de corta vida media dependiendo de la cantidad de fuentes.**

CALIBRACIÓN DE FUENTES DE BRAQUITERAPIA

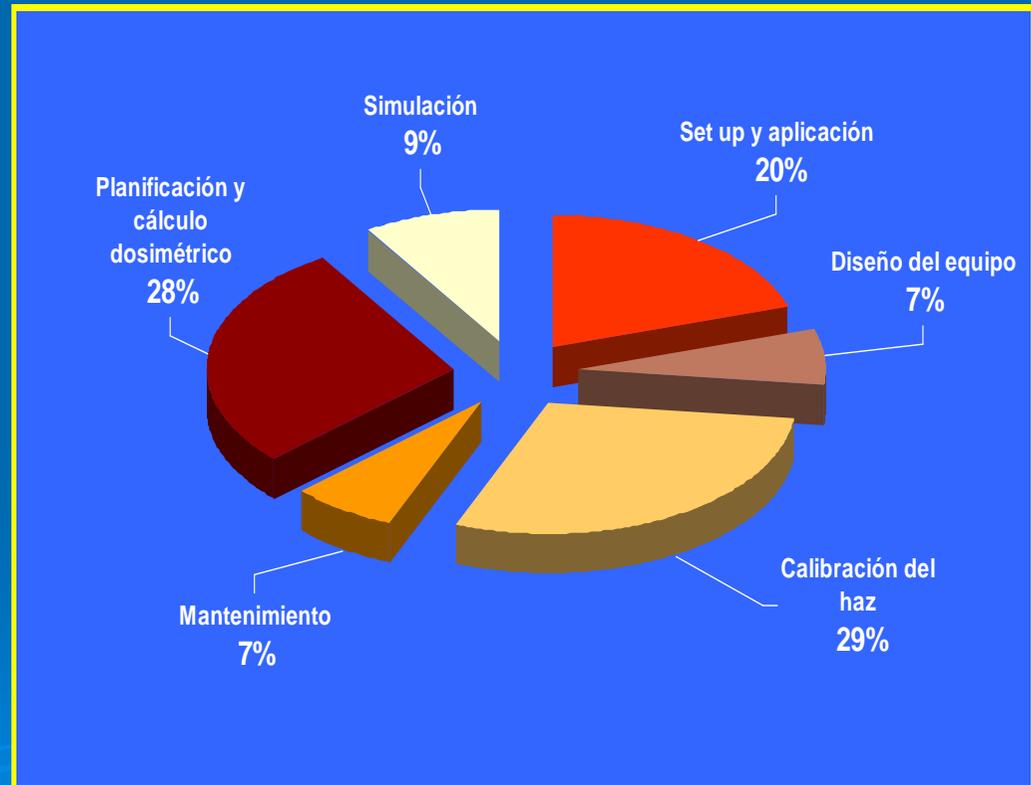
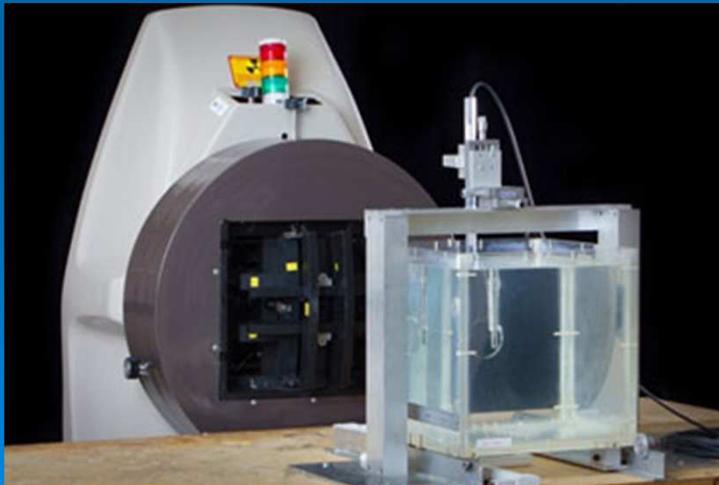
(algunas recomendaciones internacionales)

- Si el conjunto contiene pocas fuentes, se recomienda la calibración de todas y cada una de ellas. Para conjuntos grandes de fuentes similares, se recomienda calibrar una muestra aleatoria de al menos un 10% de la cantidad total de fuentes.
- En la última década ha crecido enormemente el número de fuentes de braquiterapia emisoras de fotones de baja energía (< 50 keV) y hay múltiples proveedores de fuentes encapsuladas de I-125, Pd-103 y Cs-131 con diferentes diseños que pueden influir sobre la respuesta de los equipos de medición.

¿Qué podemos
recomendar a los
médicos sobre
calibración?



Atención a los errores de calibración como causa de accidentes en RT!!



Cada vez son más los equipos y fuentes a calibrar y controlar



¡¡TÉNGANLES PACIENCIA!!



**DENLES
TIEMPO!**



Conceptos de Seguridad Física de Fuentes

Su aplicación a fuentes de
Radioterapia

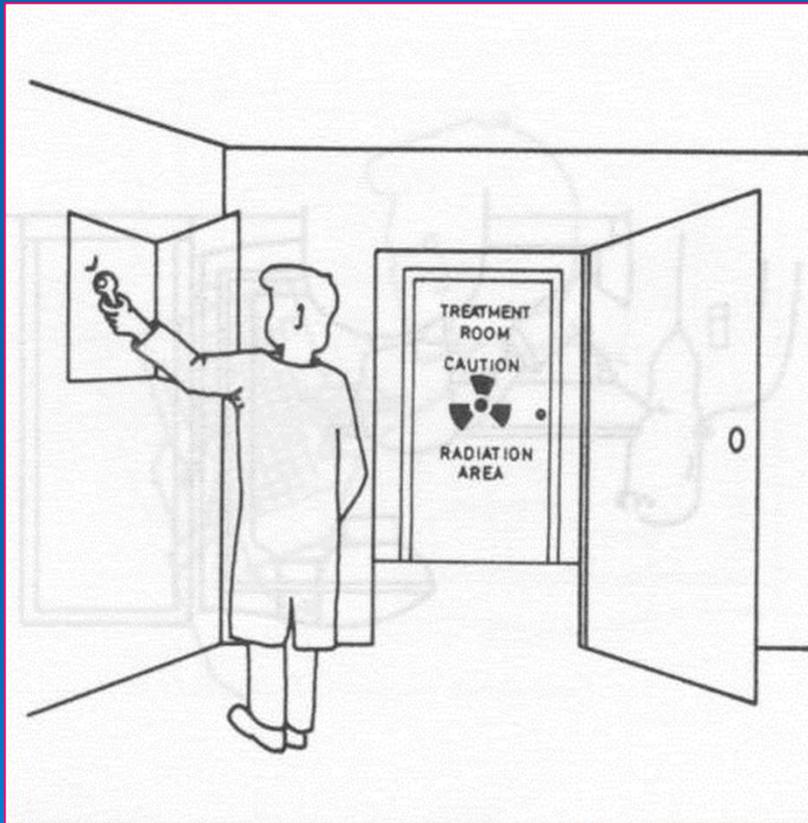


Seguridad Física de fuentes (concepto actual)

Según el glosario de la nueva Norma Básica Internacional del OIEA:

- Se denomina Seguridad Física (Nuclear Security) a *“La prevención y **detección** de, y **respuesta** a, robo, **sabotaje**, acceso no autorizado, transferencia ilegal u otros **actos maliciosos** que involucren material nuclear , **otro material radiactivo** o sus instalaciones asociadas”*.

Aspectos generales de seguridad física



Todo el equipamiento que emplee fuentes radiactivas y los generadores de radiación deben permanecer bajo llave cuando no estén en uso

Seguridad física de fuentes



- **Se aplicarán criterios de seguridad física en las etapas de:**
 - **Recepción de las fuentes**
 - **Almacenamiento**
 - **Manipulación**
 - **Uso en pacientes**
 - **Disposición**

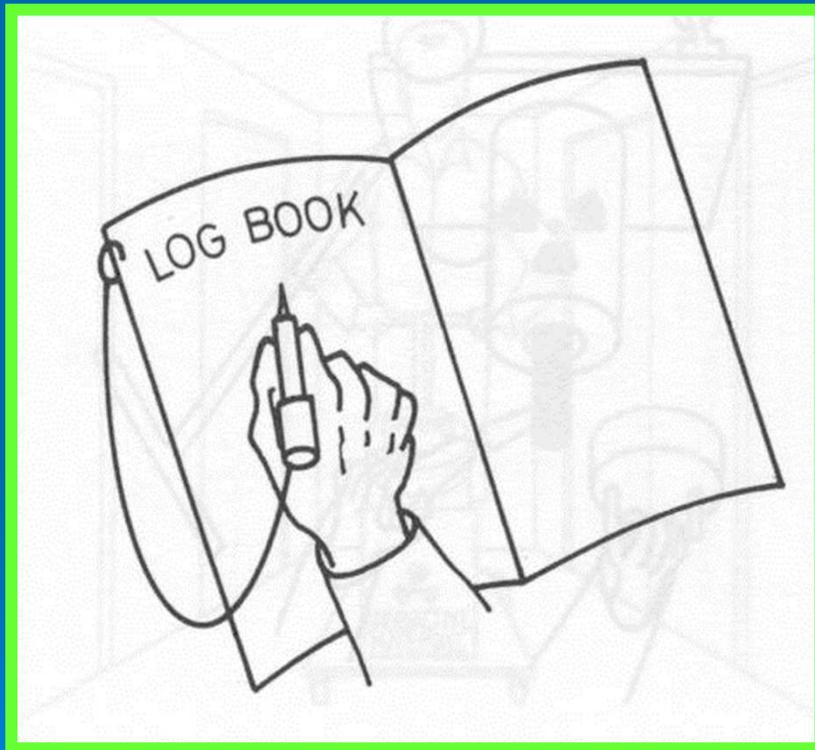
Almacenamiento de fuentes

Los recintos de almacenamiento deben:

- Proveer suficiente blindaje
- Tener señalización adecuada
- Tener mecanismos de cierre que impidan el acceso de personas no autorizadas
- Contar con protección contra incendios
- Destinarse solo a material radiactivo
- Las fuentes deben estar bien organizadas por radionucleído, tipo y actividad



Registro y Contabilidad de fuentes

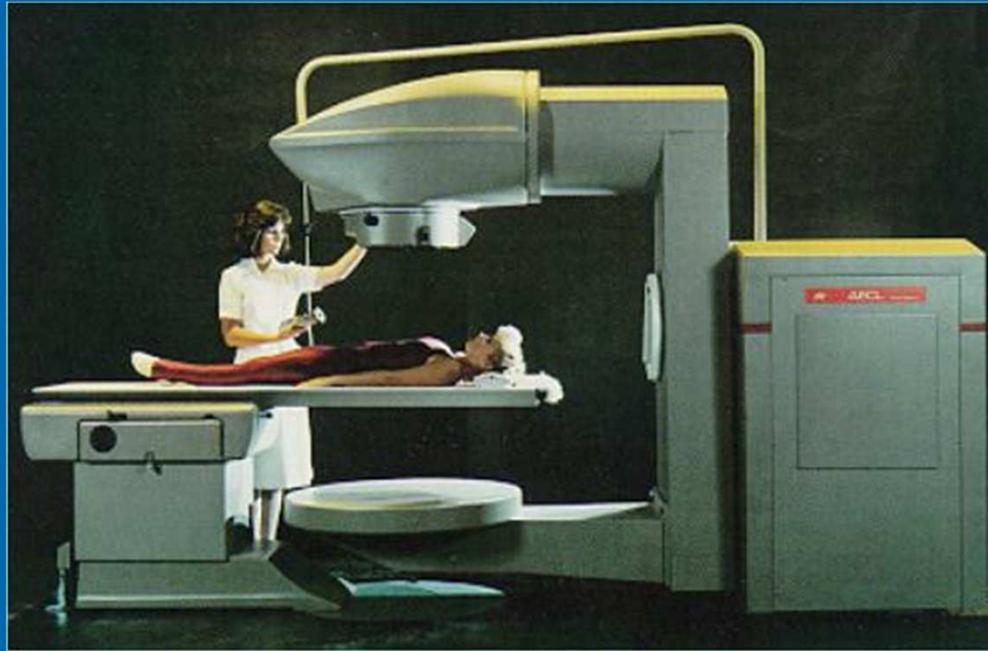


- Mantener un libro de movimiento de fuentes donde se registren la recepción, lugar de almacenamiento, situación de uso y movimiento de las fuentes.
- Realizar inventarios periódicos de las fuentes.

No deben transferirse fuentes,
aún a personas autorizadas



Sin informar al organismo regulador!



Algunos conceptos de seguridad física de fuentes, con el enfoque que se le da actualmente, aplican a las fuentes radiactivas de uso en unidades de Co-60 e irradiadores de sangre con fuentes de Cs-137.

Norma nacional de seguridad física de fuentes selladas (AR 10.13.2)

- La norma de seguridad física de fuentes selladas (AR 10.13.2) establece entre sus requisitos, que las fuentes antes mencionadas deben contar con medidas para:
 - La detección de ingresos no autorizados y accionamiento de alarmas de intrusión
 - La demora a la intrusión mediante guardias y barreras perimetrales
 - Mecanismos de respuesta ante señales de alarma.
- Además el titular de licencia debe designar un responsable por la SF

Por último...

- Una fuente perdida debe ser un suceso de la mayor consideración desde el punto de vista de la radioprotección.
- Son escenarios más comunes:
 - El alta de pacientes con implantes temporarios no removidos completamente.
 - Extravío de fuentes en el quirófano durante el implante de semillas.
 - Extravío o pérdida de control sobre fuentes en desuso
- Debe haber **procedimientos de emergencia** que contemplen estos escenarios



Destino final de las fuentes

- La responsabilidad sobre una fuente solo termina cuando la misma ha sido dispuesta de manera segura y su disposición ha sido documentada.



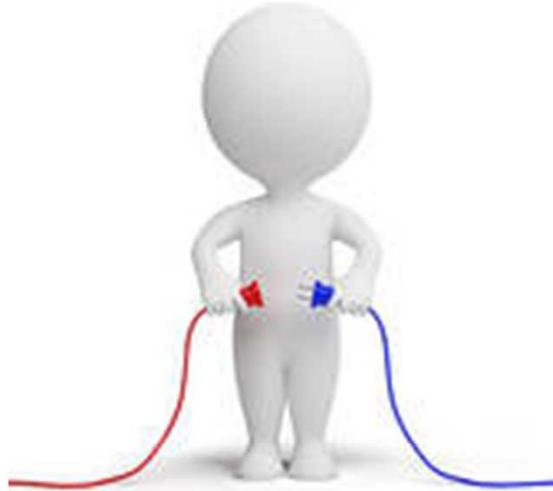
SEGUIMIENTO





COMO
RADIOPROTECCIONISTAS
QUEREMOS IMPULSAR UN
PENSAMIENTO QUE
AYUDE AL DESARROLLO
DE UNA
CULTURA DE SEGURIDAD
EN EL ÁMBITO DE LA
RADIOTERAPIA

Diferentes visiones pero la **SEGURIDAD** como causa común





**Safety
First**

**G
R
A
C
I
A
S**

**CURSO DE ACTUALIZACIÓN EN
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
PARA MÉDICOS
RADIONCÓLOGOS**

**FUNDACIÓN MARIE CURIE
CÓRDOBA, 7 al 9 de ABRIL 2016**

**Ana M. Larcher
alarcher@arn.gob.ar**

Protección Radiológica de Trabajadores y Público en Radioterapia

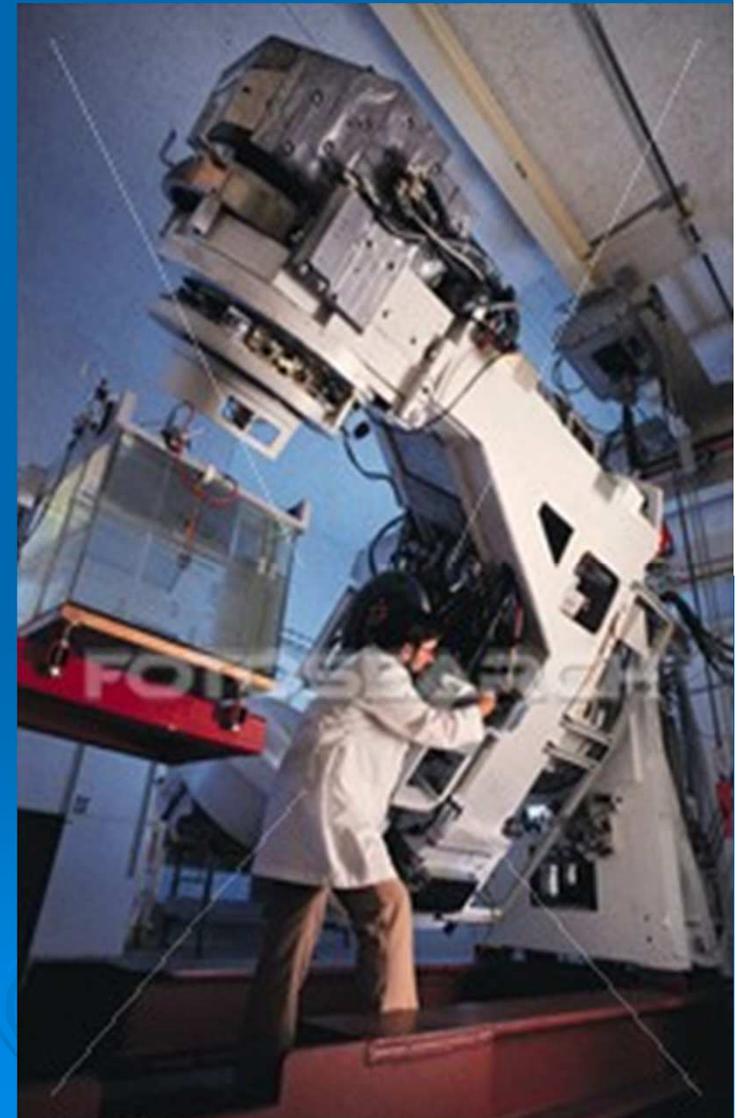
➤ Limitación de dosis

	Exposición ocupacional	Exposición del Público
Todo el cuerpo	20 mSv promediados en 5 años max 50 mSv en un único año	1 mSv
Cristalino	20 mSv	15 mSv
Extremidades, Piel	500 mSv	50 mSv

Optimización de la PR de los Trabajadores



u10169511 fotosearch.com



Trabajadores en una instalación de Radioterapia

Típicamente:

- Médicos radio-oncólogos
 - Físicos médicos, dosimetristas
 - Personal de enfermería
 - Personal de mantenimiento
- 

Escenarios típicos de exposición ocupacional en RT

- Exposición a radiación de fuga en equipos de telegammaterapia
- Operaciones de trasvase de fuentes (Co, HDR)
- Manipulación de fuentes. Atención de pacientes con implantes (braquiterapia manual de baja tasa)
- Fuentes atascadas (Unidades de Cobalto y HDR) que requieren intervención.
- **Ingresos inadvertidos a sala durante tratamiento**
- **Fuentes fuera de control (braquiterapia)**

Clasificación de áreas

- **Área controlada:** Toda zona en la que son o pudieran ser necesarias medidas de protección y disposiciones de seguridad específicas para:
 - controlar las exposiciones normales o prevenir la dispersión de contaminación en las condiciones normales de trabajo,
 - prevenir las exposiciones potenciales o limitar su magnitud
- **Área supervisada:** Toda zona no definida como zona controlada pero en la que se mantienen bajo vigilancia las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas protectoras ni disposiciones de seguridad concretas.

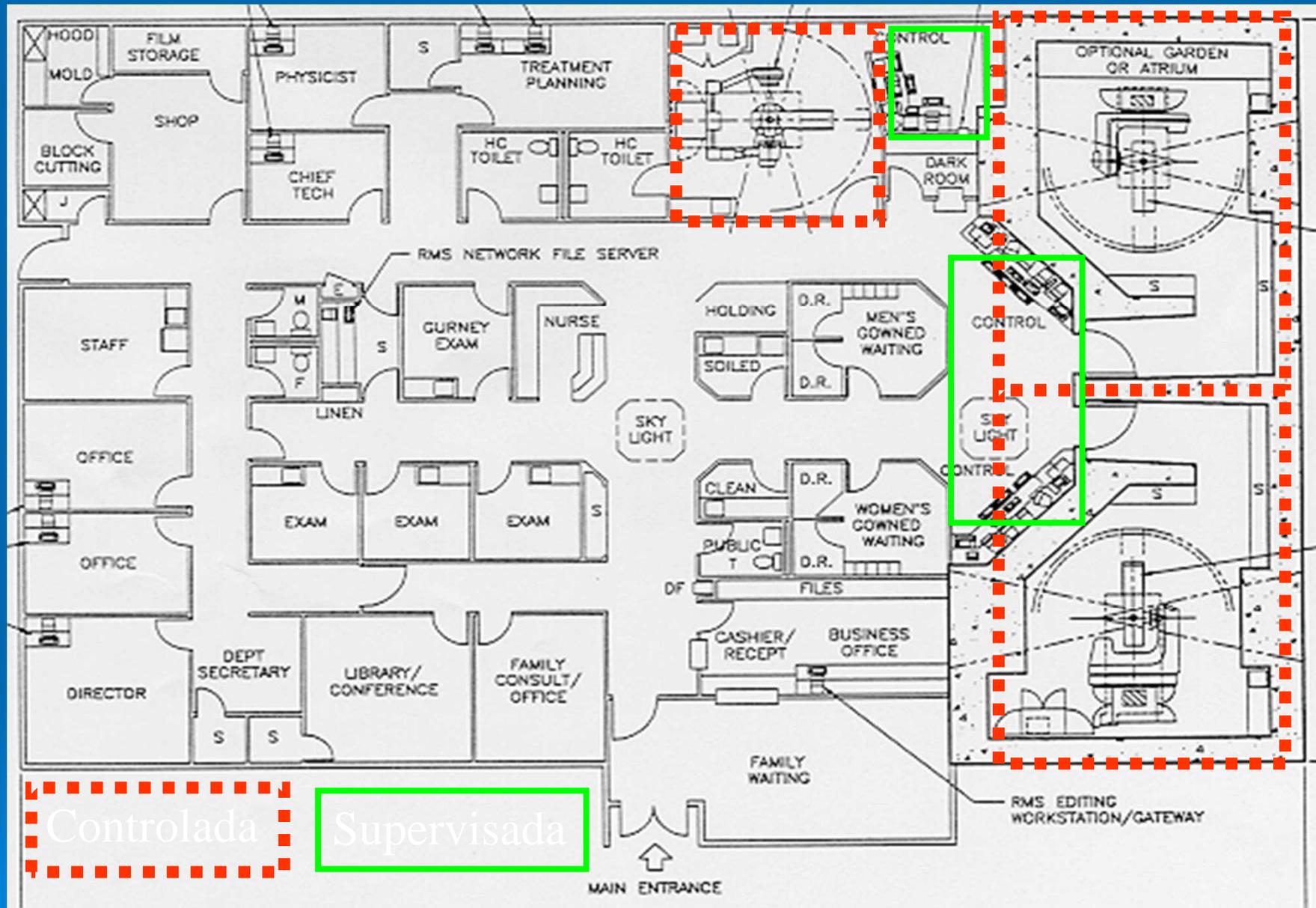
Áreas controladas y supervisadas en un centro de radioterapia

AC

- **Terapia externa:** Las salas de irradiación
- **Braquiterapia:** Las salas o quirófanos donde se llevan a cabo implantes, las salas de tratamiento de pacientes con implantes y las salas de almacenamiento y manipulación de fuentes.

AS

- **Las áreas de consolas de control**



Controlada

Supervisada



Zonas controladas y supervisadas



- Restricciones en el acceso
- Señales de advertencia requeridas
- Vigilancia radiológica del personal
- Enclavamientos donde sea apropiado
- Procedimientos escritos (reglas locales)

Reglas Locales (Código de Prácticas)

- Su intención es proporcionar niveles adecuados de protección y seguridad a través del establecimiento de procedimientos de trabajo comunes y otros sistemas a ser seguidos por todos los trabajadores en la zona
- Deben incluir toda la información necesaria para el trabajo en la zona, y ser conocidas por todos los trabajadores

Reglas Locales

Deben establecerse por escrito y contener:

- **persona(s) responsables por supervisar el trabajo**
- **descripción de zonas controladas y supervisadas**
- **medidas de seguridad generales**
- **niveles de investigación de dosis**
- **planes de emergencia**

Vigilancia radiológica:

➤ **Objetivo del Monitoreo Individual**

- Llevar un registro de las dosis individuales del personal

➤ **Objetivo del Monitoreo de áreas**

- Proveer un registro de los campos de radiación existentes en áreas controladas y supervisadas
- Identificar cambios inesperados que puedan ocurrir como consecuencia de modificaciones en la carga de trabajo, procedimientos, blindajes, etc.

Monitoreo Individual

Ejemplo de Procedimiento

- Los trabajadores que han de utilizar dosímetro
- El tipo de dosímetro más apropiado
- Las condiciones de uso
- La frecuencia de lectura (el registro de las dosis acumuladas para dosímetros de lectura directa)
- El lugar donde deben guardarse los dosímetros cuando están fuera de uso
- Instrucciones para la devolución en tiempo y forma de los dosímetros
- La información al personal de los valores de dosis resultantes
- El procedimiento para la estimación de la dosis del trabajador en caso de pérdida o daño del dosímetro
- Los pasos a seguir en caso que se sospeche que un trabajador se ha sobre-irradiado (lectura inmediata)
- La investigación formal cuando se excedan niveles de investigación

Monitoreo de áreas

Clasificación

- **Inicial:** El que se lleva a cabo inmediatamente luego de la instalación de un nuevo equipo de radioterapia o luego del reemplazo de fuentes en equipos de cobaltoterapia o braquiterapia remota. También forma parte del monitoreo inicial, el que se realiza a los bultos conteniendo nuevas fuentes radiactivas.
- **Periódico:** Está más bien asociado a los procedimientos de braquiterapia, luego de un implante o cuando se da de alta un paciente, en los contenedores de transporte interno de fuentes, en las áreas de manipulación y almacenamiento de fuentes.
- **Continuo:** Es el que se realiza mediante monitores fijos de alta tasa de dosis en recintos de irradiación de teleterapia y braquiterapia de alta tasa.

Monitoreo de áreas

Ejemplo de Procedimiento

Un procedimiento de monitoreo de áreas debe incluir:

- Un diagrama del área a monitorear incluyendo la localización de la fuente y la identificación de las áreas adyacentes
- El nombre de la persona que lleva a cabo el monitoreo y la fecha
- El instrumental de medición utilizado y su fecha de calibración
- El registro de las mediciones efectuadas y si se han hecho cálculos o conversiones, los algoritmos y factores de conversión

Trabajadoras embarazadas

- CIPR Publicación 84
- La trabajadora embarazada debe notificar al empleador
- El embarazo no excluye a las trabajadoras automáticamente de su trabajo
- Puede encontrarse un trabajo alternativo
- Puede arreglarse vigilancia radiológica más frecuente

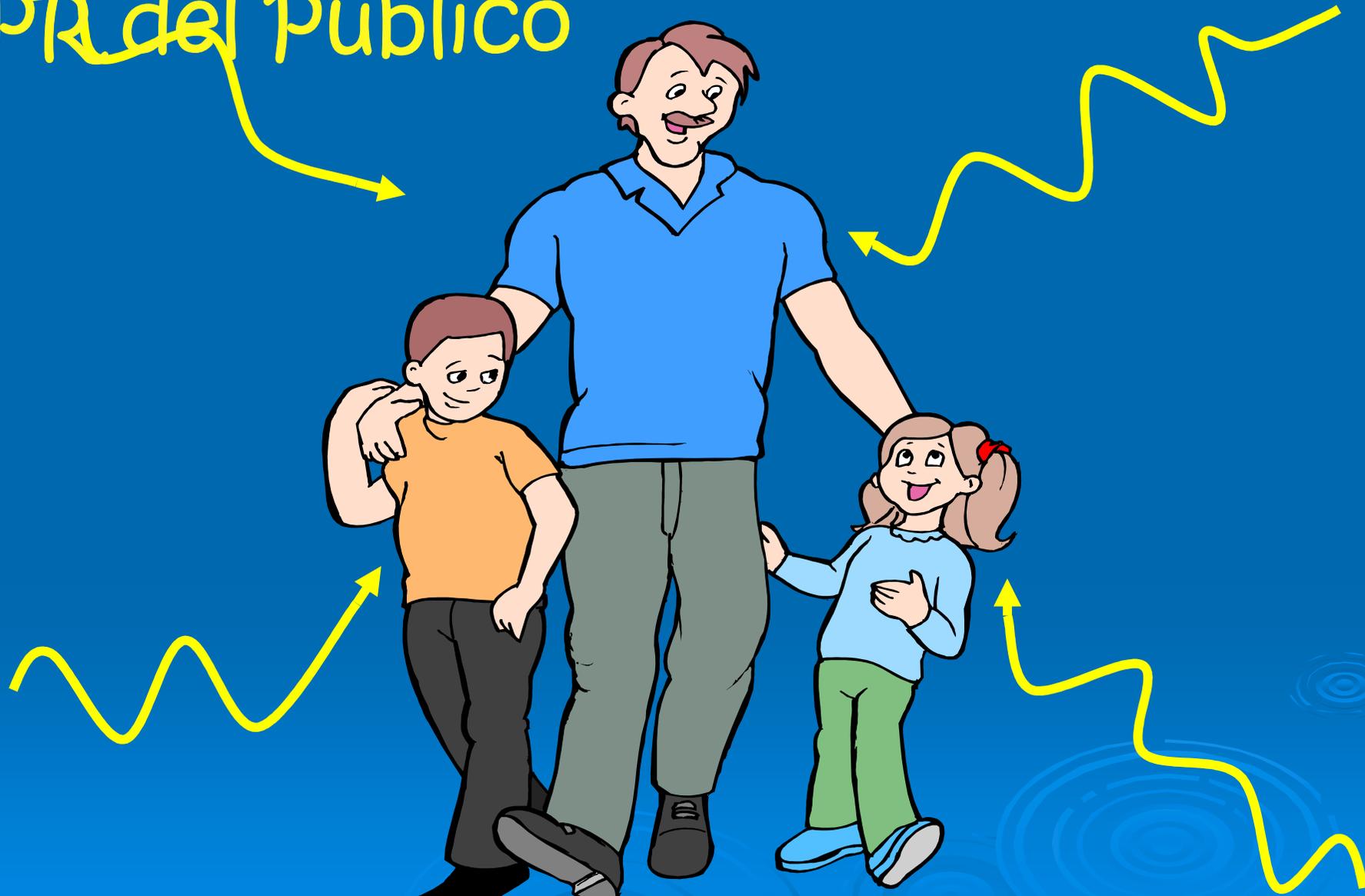
Control de la Exposición Ocupacional: Registros

- **Registros relativos al control de exposiciones ocupacionales**
 - Dosimetría individual (deben guardarse por 30 años)
 - Resultado de los monitoreos de área
 - Entrenamiento del personal
 - Informes de investigación de sobre-exposición del personal
 - Informes de la vigilancia médica (cuando corresponda)

Control de la exposición ocupacional: Principales aspectos

- * Blindajes, enclavamientos, alarmas
- * Clasificación de áreas
- * Reglas locales
- * Capacitación y Entrenamiento
- * Vigilancia radiológica individual
- * Trabajadoras embarazadas
- * Monitoreo de áreas
- * Examen médico periódico
- * Registros

Optimización de la PR del Público



Radioterapia y el Público

- Público (típicamente):
 - Personas que viven alrededor de una instalación de radioterapia
 - Visitantes del departamento
 - Parientes, amigos y otras personas que pueden estar en contacto con los pacientes
- *No necesariamente: acompañantes o personas que están involucradas en el cuidado del paciente - esto puede ser "Exposición Médica"*

...el público también podría ser:

- Personal de otros departamentos o divisiones
- Contratistas externos
 - electricistas
 - pintores
 - plomeros

Potencial para Exposición del Público en Radioterapia

➤ Externa:

- Blindaje de la instalación - para el público externo y visitantes
- Alta de pacientes con implantes radiactivos permanentes
- Desechos radiactivos
- Fuentes fuera de control

➤ Interna:

- Desechos radiactivos
- Fuentes fuera de control

El problema de los desechos en radioterapia

- Principalmente un problema con fuentes radiactivas que dejan de usarse para tratamiento.
- Éstas podrían ser:
 - Fuentes de teleterapia y HDR (60-Co, Ir-192)
 - Fuentes de braquiterapia de baja tasa en desuso (137-Cs)
 - Fuentes con vida media corta con actividad demasiado baja para tratamiento

Fuentes de teleterapia viejas

- **Actividad alta**
- **La autoridad reguladora debe ser informada**
- **Requiere transporte especializado y contenedor de almacenamiento**
- **Gestión**
 - **pueda ser muy costosa**
 - **debe ser parte del contrato de compra inicial o contrato de reemplazo de la fuente con el fabricante**
 - **documentación esencial (certificado de la fuente)**

Información para visitantes

- Información por escrito
- Acompañamiento por personal especializado, en todo momento que visite a un paciente con implantes radiactivos
- Lo mismo se aplica a otro personal del hospital (ej. mantenimiento, porteros, alimentación,...)

Vigilancia radiológica del público

- Determinación de zonas relevantes que deben ser regularmente vigiladas
- Monitoreo de salas de braquiterapia luego del alta de pacientes y de los propios pacientes.
- Los contratistas pueden estar sujetos temporalmente a vigilancia radiológica personal
- Documentar resultados del monitoreo.

Control de la exposición del público: Principales aspectos

- Blindajes adecuados
- Almacenamiento seguro de fuentes
- Control de accesos
- Señales de advertencia
- Información escrita
- Transporte adecuado
- Adecuada gestión de los residuos radiactivos
- Previsiones para el cese temporal de uso de fuentes y la clausura de instalaciones
- Monitoraje



**Safety
First**

**G
R
A
C
I
A
S**