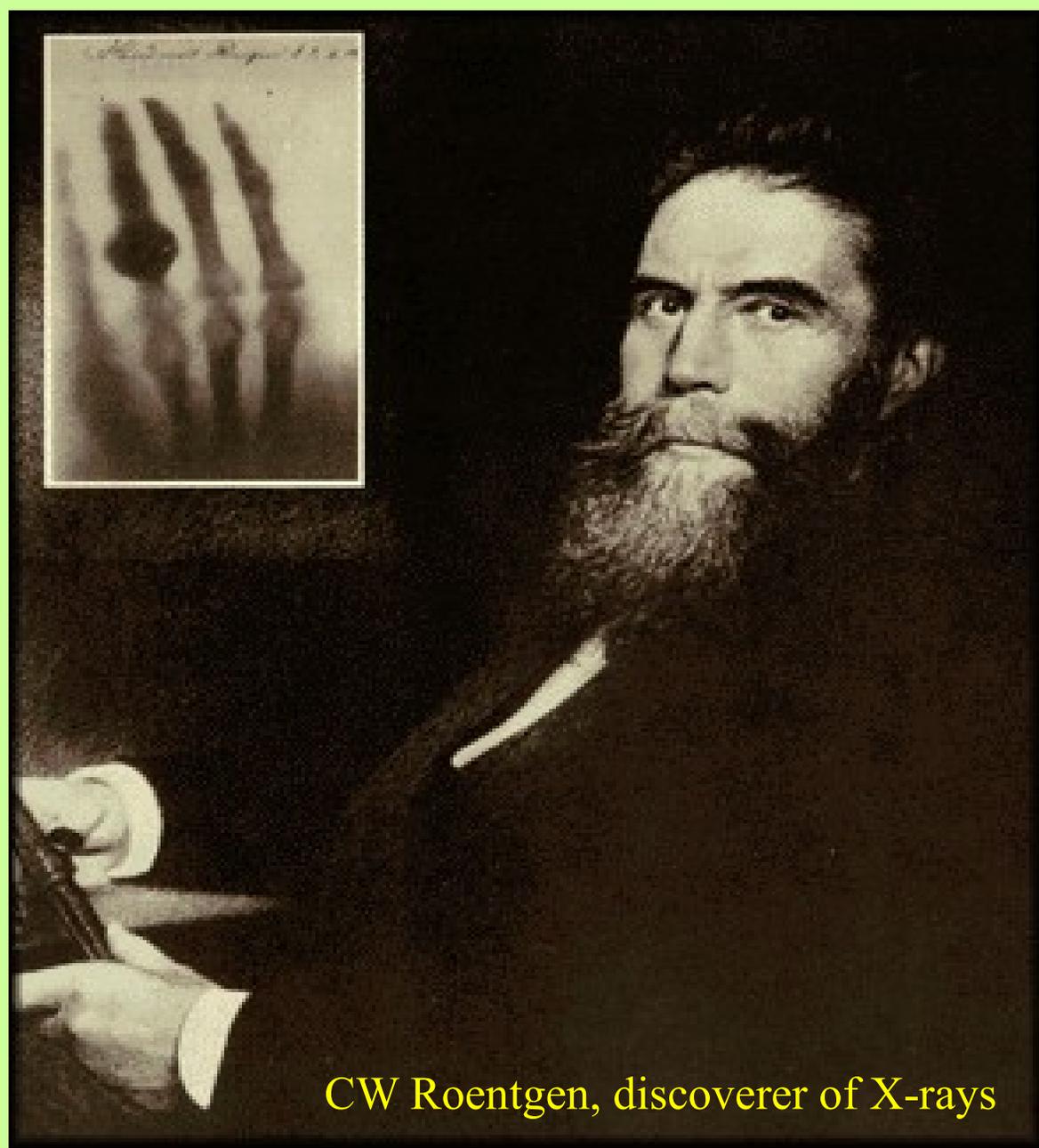

■ CURSO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- PROFESOR:
 - ING. MANUEL RUBIO, MSc



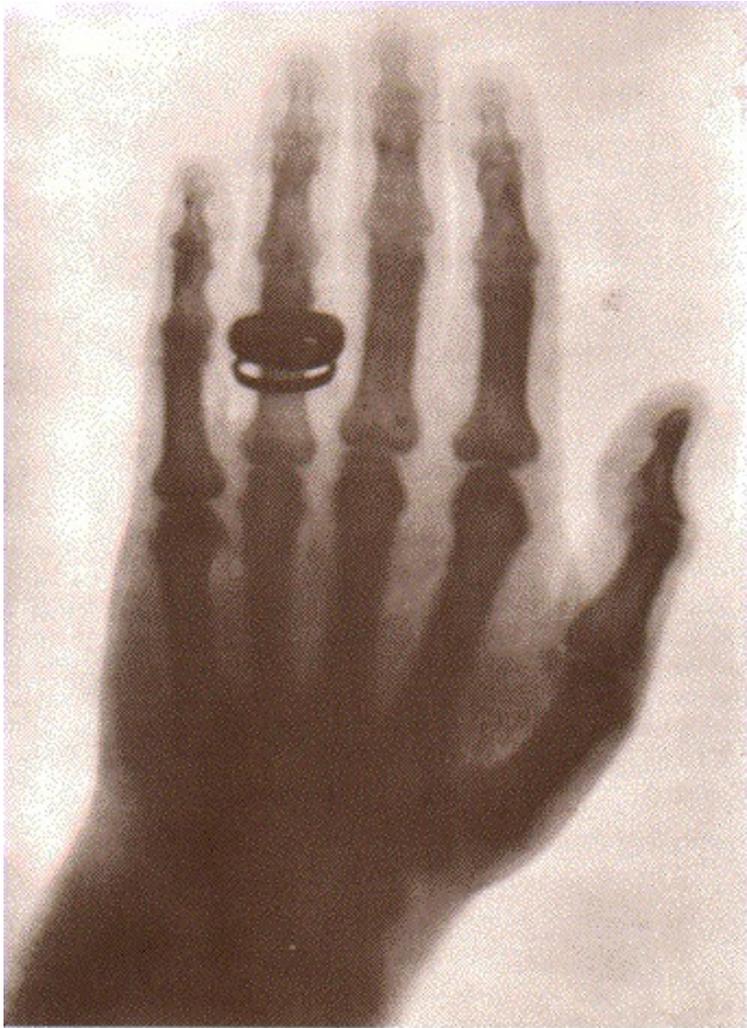
CW Roentgen, discoverer of X-rays

Laboratorio de Roentgen. Comienzos de la Radiología



Descubrimiento de los RX en 1895

- Tubo de RX de baja intensidad y poca penetración
- Tubo de RX al vacío (Coolidge-1913)
- 1922- se alcanzaron los 200kVp
- 1931 la GE desarrollo un tubo de RX de 1000kVp



Conocida como la radiografía de la mano de Bera of Bera Roentgen, tomada el 22 Dec. 1895



Radiografía actual de una mano

Los primeros tubos de RX



A



B



FIG. 3-4. A, Clarence Madison Dally (1865-1904), the first American radiation fatality. **B,** Clarence Madison Dally, assistant to Thomas A. Edison, is seen holding his hand over a box containing an x-ray tube while Edison examines the hand through a fluoroscope that he invented.

Mosby, Inc. items and derived items copyright © 2002 by Mosby, Inc.



Médico Mihran Kassabian (1870-1910). Exponía sus manos al haz útil durante los procedimientos fluoroscópicos – Foto de 1900



Perdida de algunos dedos debido a necrosis producida por RX y carcinoma radioinducida en el dorso de la mano- Foto de 1904 de técnico de RX

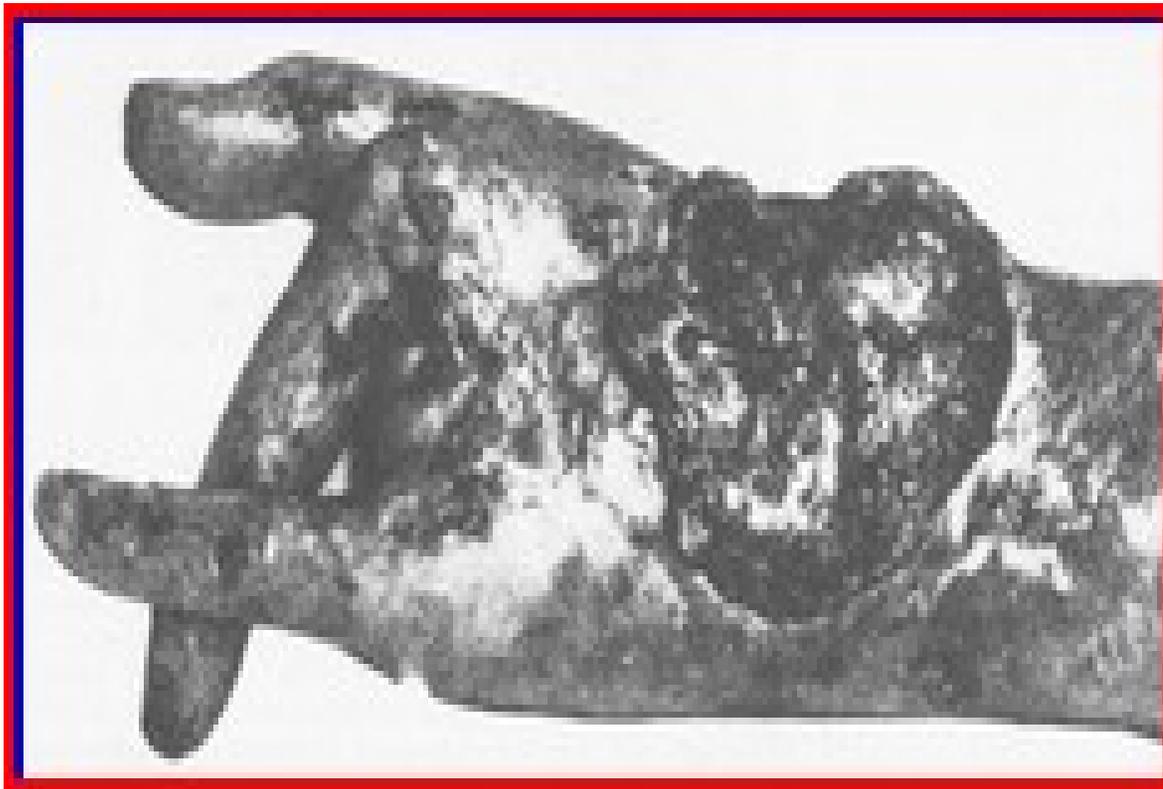
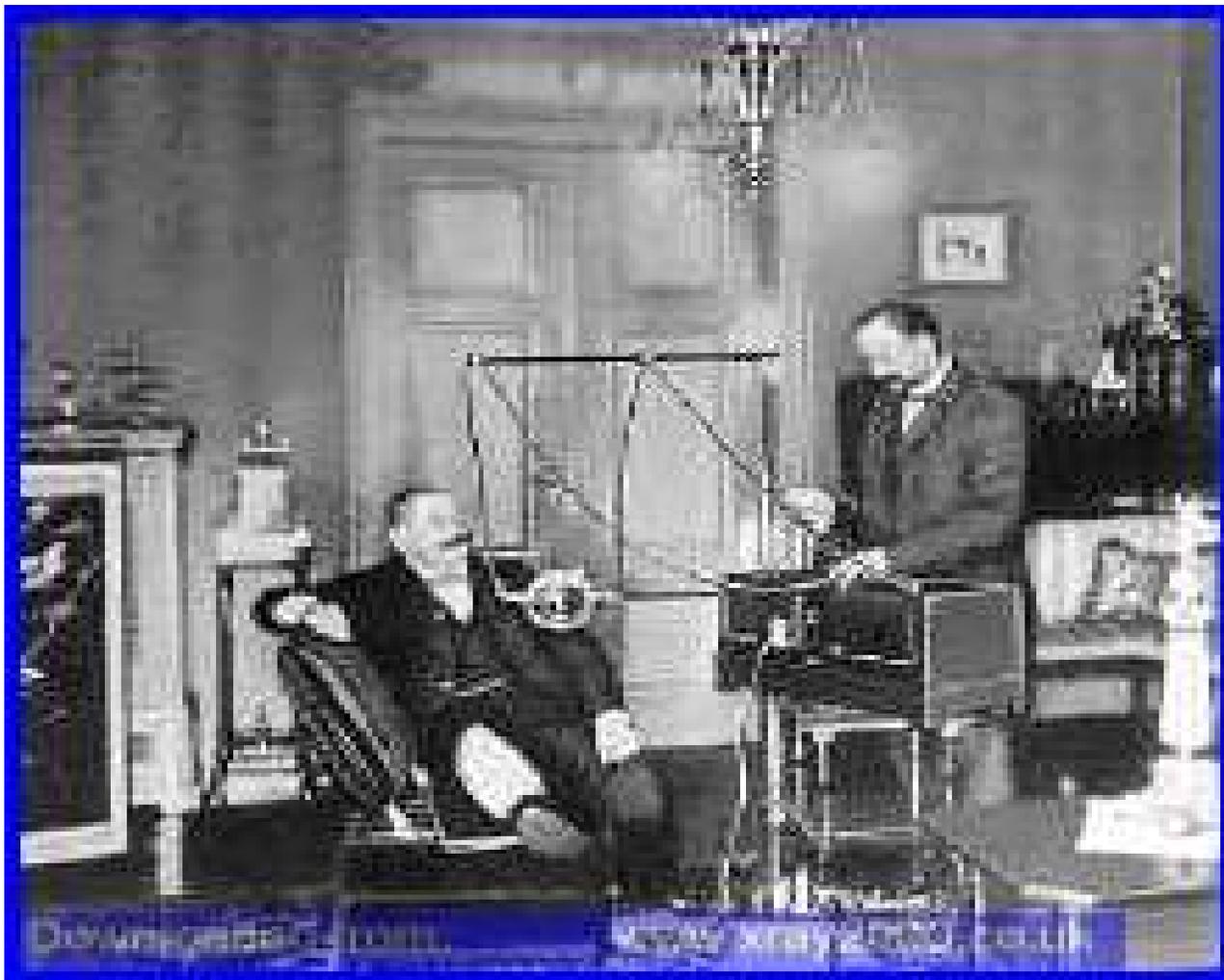




FIG. 3-5. Lesions of the fingers induced by ionizing radiation. (Courtesy Ken Bontrager.)

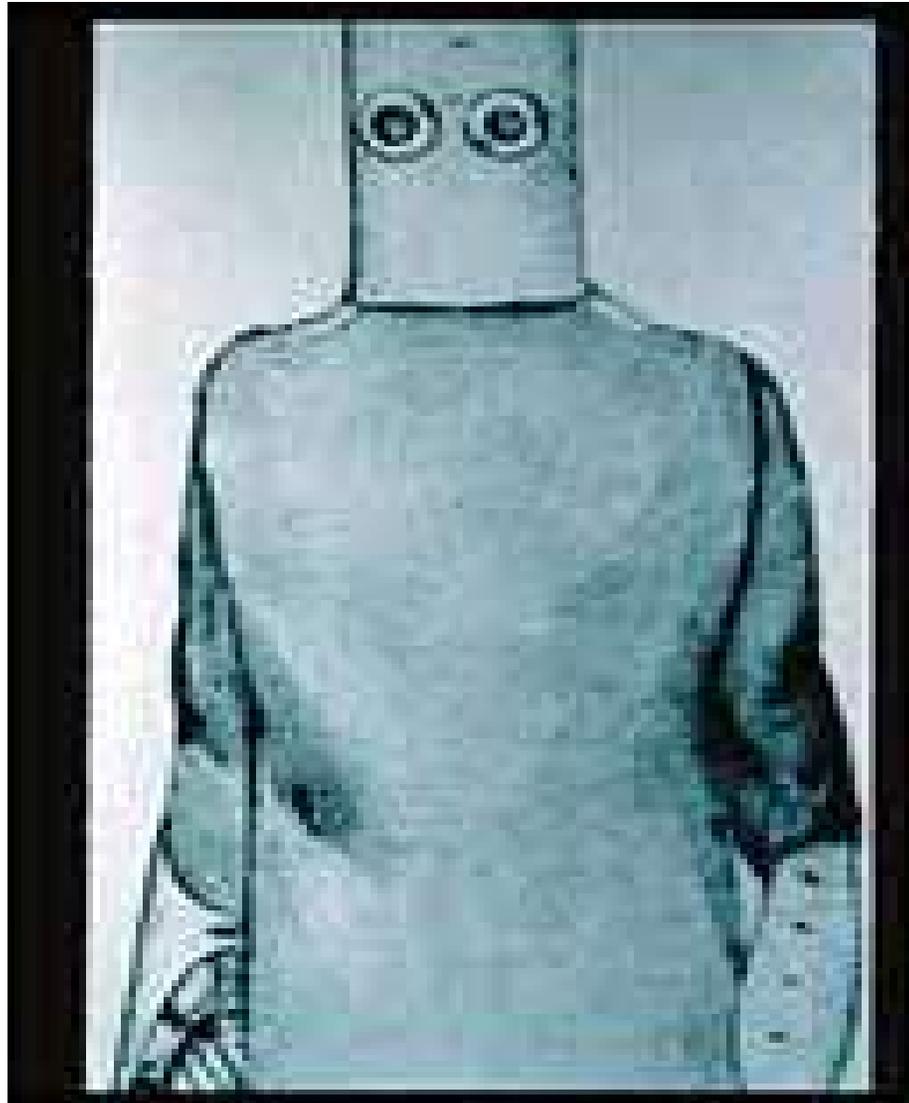
Mosby, Inc. items and derived items copyright © 2002 by Mosby, Inc.



Procedimiento fluoroscópico en 1915







En años más recientes ha habido un marcado incremento en el número de pacientes con daños en piel debido a procedimientos fluoroscópicos prolongados

Daño en piel producido después de dos angiografías coronarias y una angioplastia realizadas el mismo día- Foto de 1996



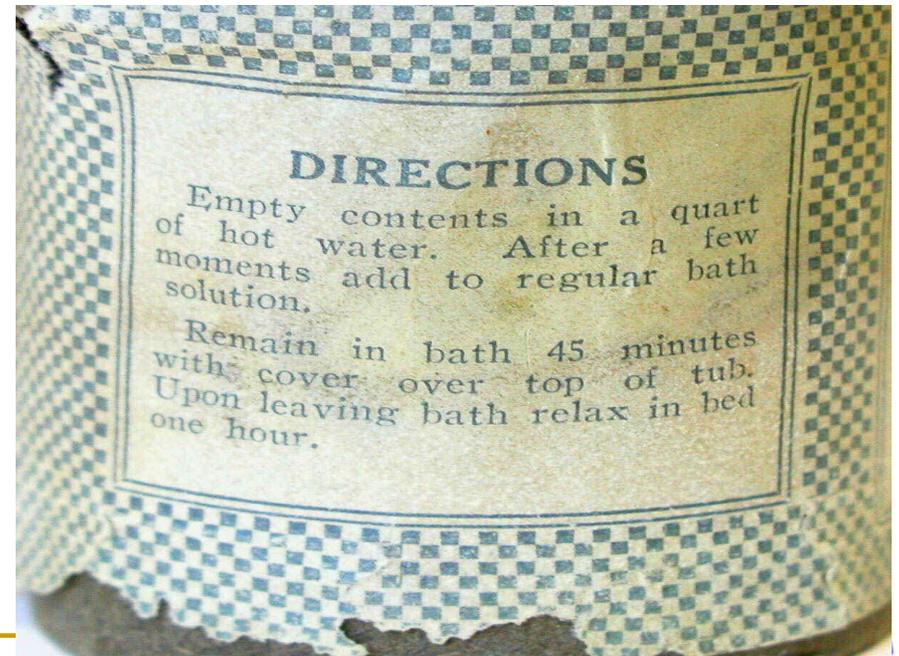
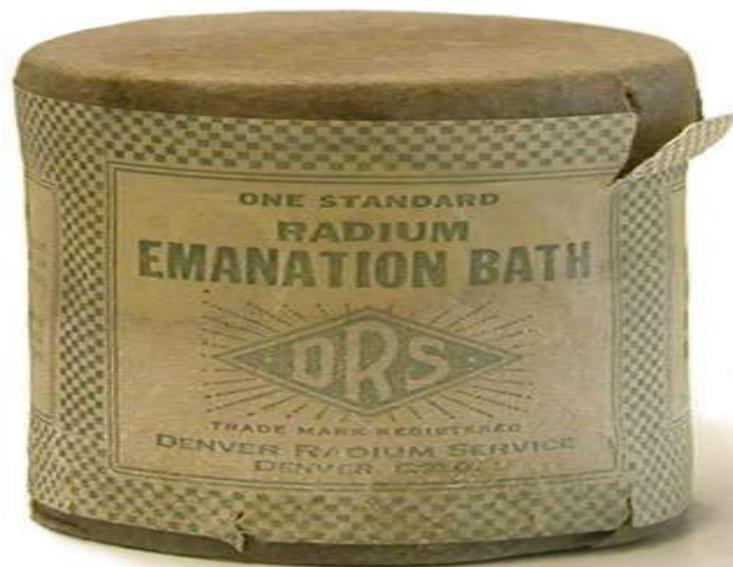
Curiosidades

Fluoroscopio de 1920



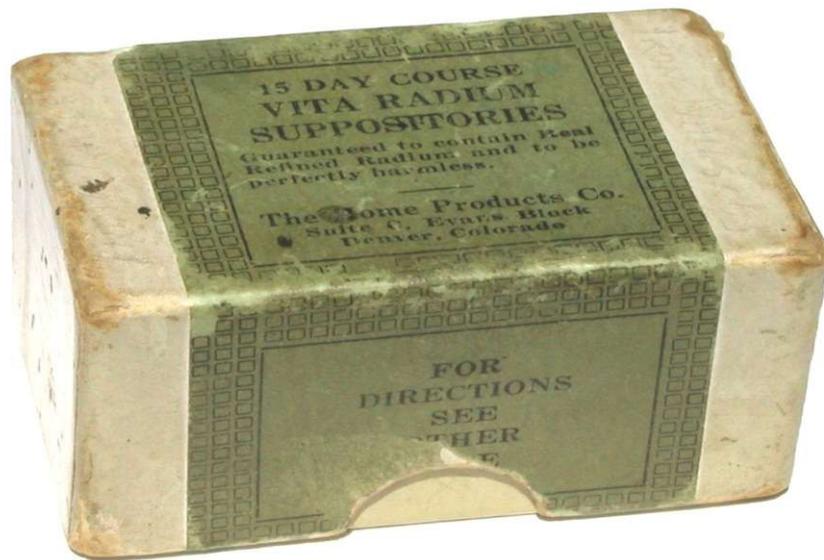
Curiosidades

En 1925 existía unas sales de baño a base Radio, que supuestamente era buena para los nervios, el insomnio, la debilidad, la artritis y el reuma.



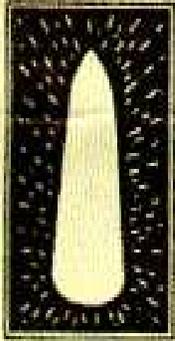
Curiosidades

En 1930 existían supositorios que contenían Radio, recomendados para los hombre débiles y desalentados



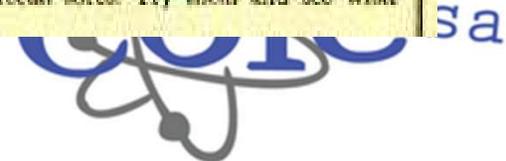
VITA RADIUM SUPPOSITORIES

FOR RESTORING SEX POWER



VITA RADIUM SUPPOSITORIES, for rectal use by men, are tone restorers of sex and energizers for the entire nervous, glandular and circulatory systems. These Suppositories contain a result-producing amount of highly refined soluble RADIUM, carried in a cocoa butter base. The radium is absorbed thru the walls of the lower colon, enters the blood stream and is carried to all parts of the body—to the weakened organs that need its vitalizing aid. After leaving its durably HEALTHY RESULTS, the radium is gradually eliminated in about three days. Vita Radium Suppositories are guaranteed entirely harmless. Recommended for sexually weak men who, however, should use the NU-MAN Tablets in connection for best results. Also splendid for piles and rectal sores. Try them and see what good results you get!

Actual Size of Vita Radium



Curiosidades

Entre 1940 y 1945 existía una pasta dental radioactiva, con trazas de Thorio que supuestamente incrementaba la defensa de los dientes y encías contra la acción de las bacterias



Curiosidades

En 1983 se vendía una tarjeta NAC que era del tamaño de una cajetilla de cigarro y contenía Uranio, se introducía dentro de la cajetilla para reducir el nivel de nicotina de los cigarros



Protección Radiológica

- Disciplina encargada de limitar los daños asociados al uso de la Radiación Ionizante en los seres humanos y en el ambiente

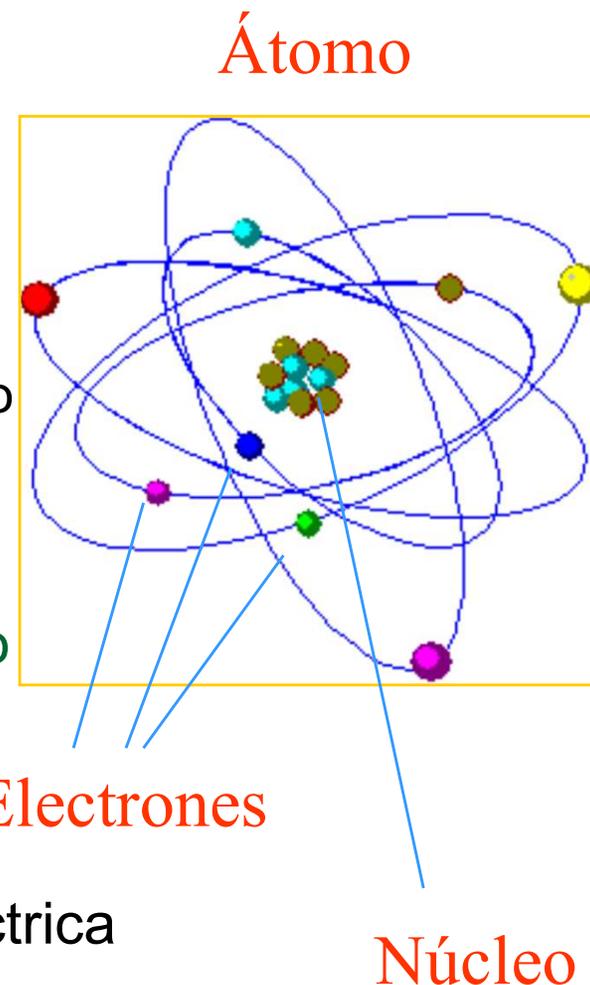
Estructura Atómica

■ Estructura Nuclear

- protones y neutrones = nucleones
- Número de protones = Número Atómico Z
 - El número de protones determina el elemento
- protones con carga positiva (1.6×10^{-19} C)
- neutrones sin carga (neutros)
- número de protones mas neutrones = Número de masa Atómica A

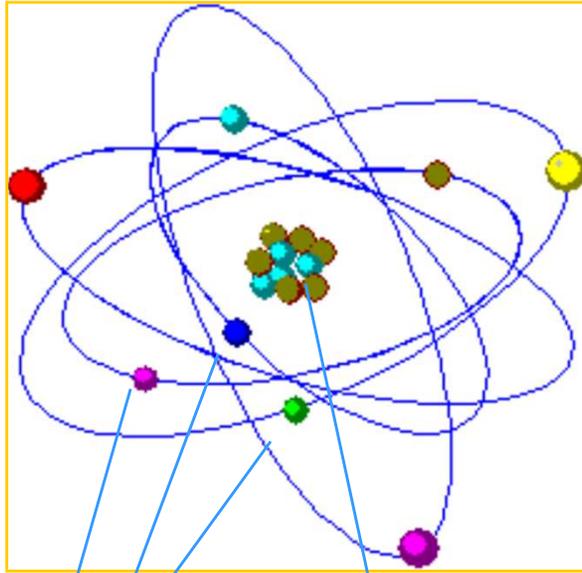
■ Estructura extra nuclear (envoltura)

- Z electrones (partículas ligeras con carga eléctrica negativa)
 - con igual carga que los protones pero negativa
 - Se mueven en órbitas específicas (niveles de energía) alrededor del núcleo
- \Rightarrow El átomo es normalmente electricamente neutro



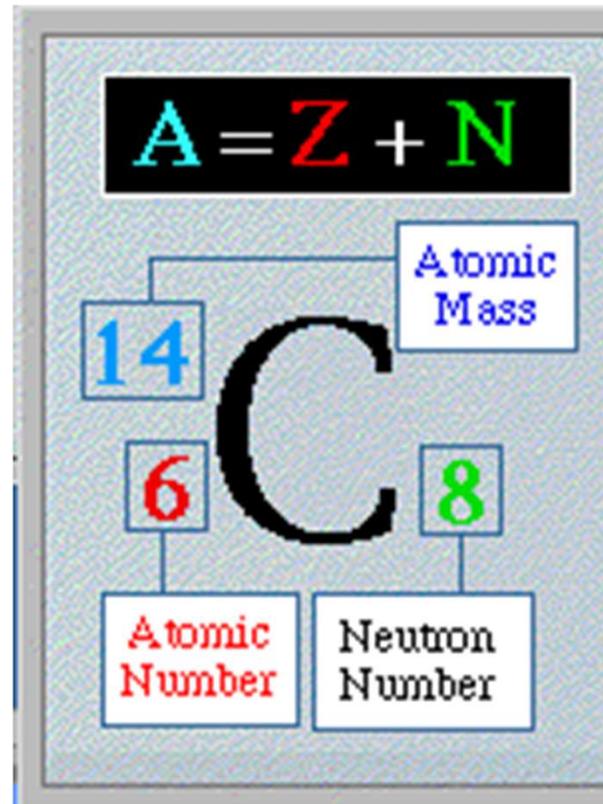
Estructura Atómica

Átomo



Electrones

Núcleo



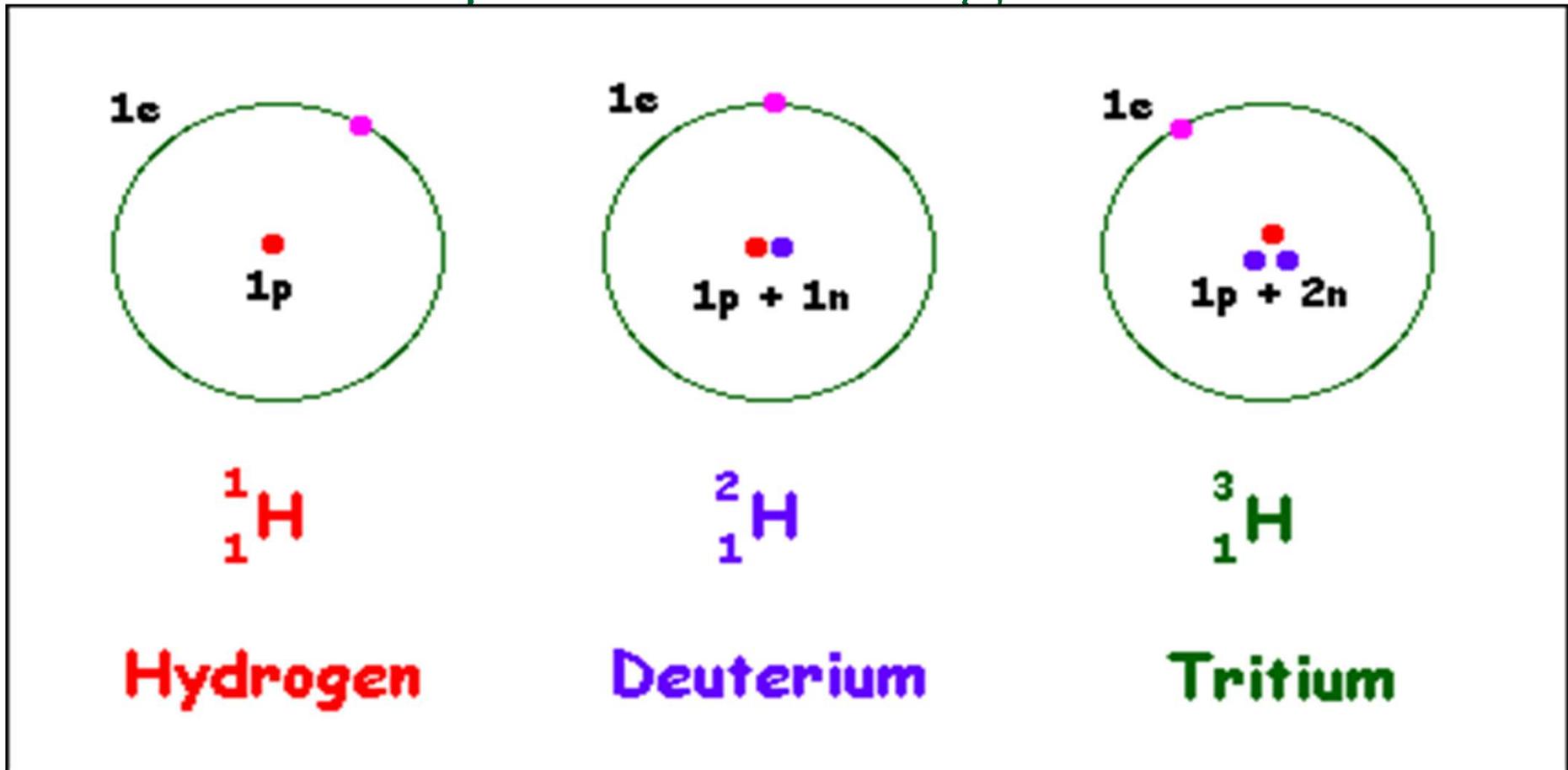
Prometio

$A = 147$

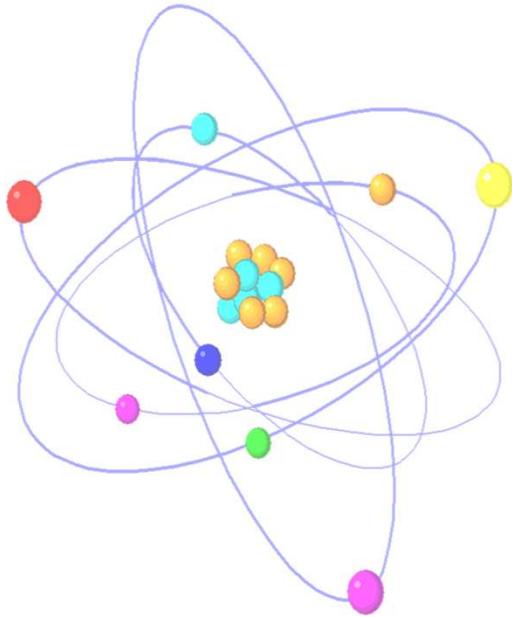
$Z = 61$

Isótopos: núcleos con igual Z, pero diferente A

Tres isótopos del Hidrógeno

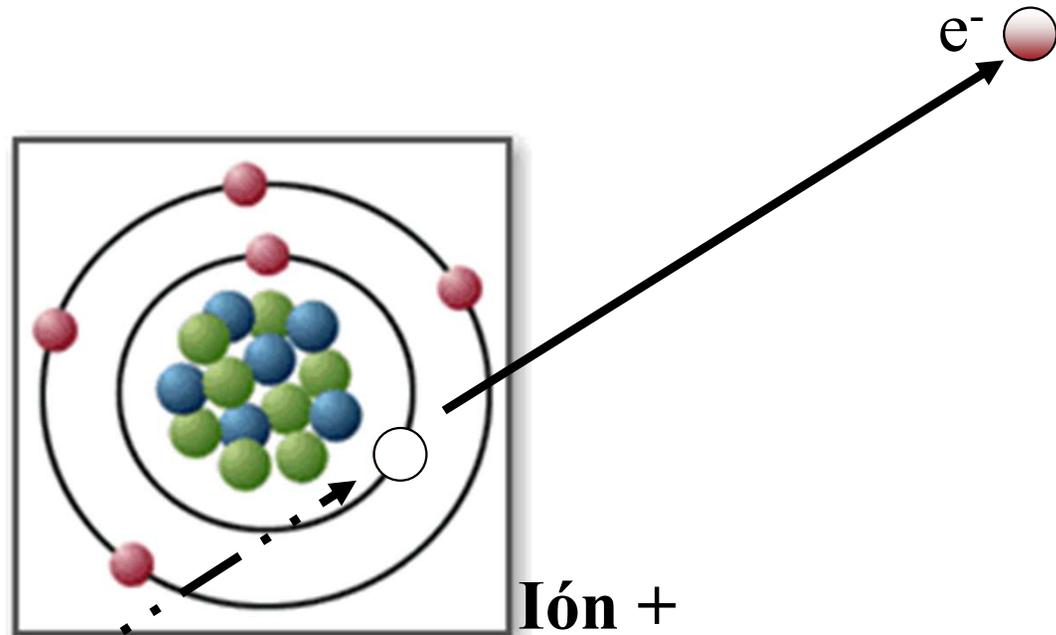


¿Qué es la radiación ionizante?



- Radiación ionizante es cualquier radiación con suficiente energía para arrancar electrones de los átomos produciéndose por lo tanto iones positivos y negativos.
- Son radiaciones ionizantes: alfa, beta, rayos X, gamma y neutrones.

Fenómeno de Ionización

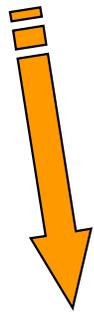


Fotón de
Rx

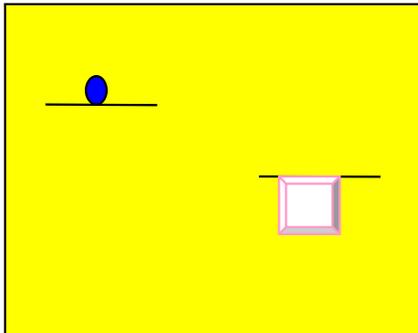
- Un ión es un átomo al que le faltan electrones causando que sea químicamente activo lo cual puede Interferir en el comportamiento normal de la célula y conllevar efectos biológicos.



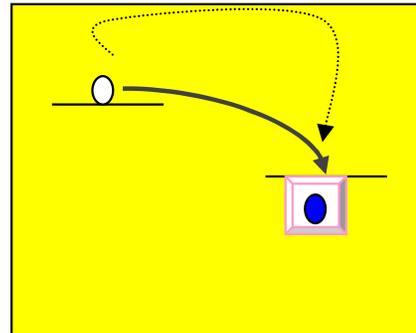
Fenómeno de *Excitación-Desexcitación*



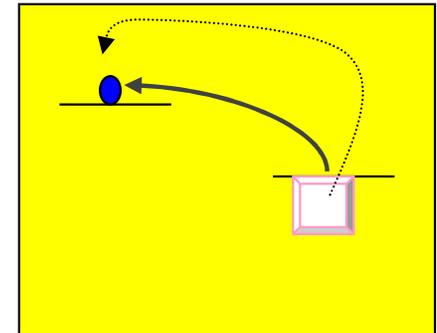
Radiación
Ionizante



Absorción de
energía



El electrón pasa
a un nivel de
energía superior
(excitación)



Cuando regresa a su
nivel original se emite
un cuanto de luz
(*desexcitación*)

Energía E

Definición:

La energía de la radiación ionizante se mide en Electrón Voltios (eV), 1eV es la cantidad de Energía ganada por un electrón cuando es acelerado en una diferencia de potencial de 1V

Unidad de medida:

Electrón voltios denotada como eV

Energía

- La energía de la luz visible es de $\sim 3\text{eV}$
- Los RX para inspección aduanal tiene energías del orden de los $\text{keV} = 10^3 \text{eV}$
- La fotones gamma de la bomba de cobalto tiene energía del orden de los $\text{MeV} = 10^6 \text{eV}$

Desintegración Radioactiva o Radioactividad

- Es una propiedad del Núcleo.
- Los Núcleos con exceso de energía (masa) son inestables. Para alcanzar la estabilidad emiten de manera espontánea partículas y energía, ocurriendo una transformación nuclear.
- Es un proceso espontáneo por lo que no puede impedirse mediante ningún factor externo.

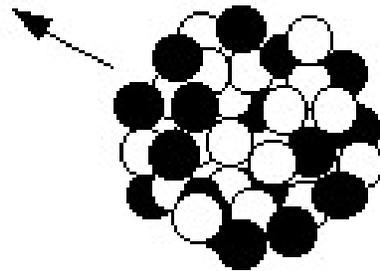
Tipos de desintegración radioactiva

- Alfa (Núcleo de Helio) - “particula pesada”, dos cargas positivas, interactua fuertemente con la materia.
- Beta (electrón) – “particula ligera”, interaccion suave.
- Gamma (radiación electromagnética)

Radioactividad

Desintegración beta

Núcleo hijo
Samario-147



Núcleo padre
Prometio-147



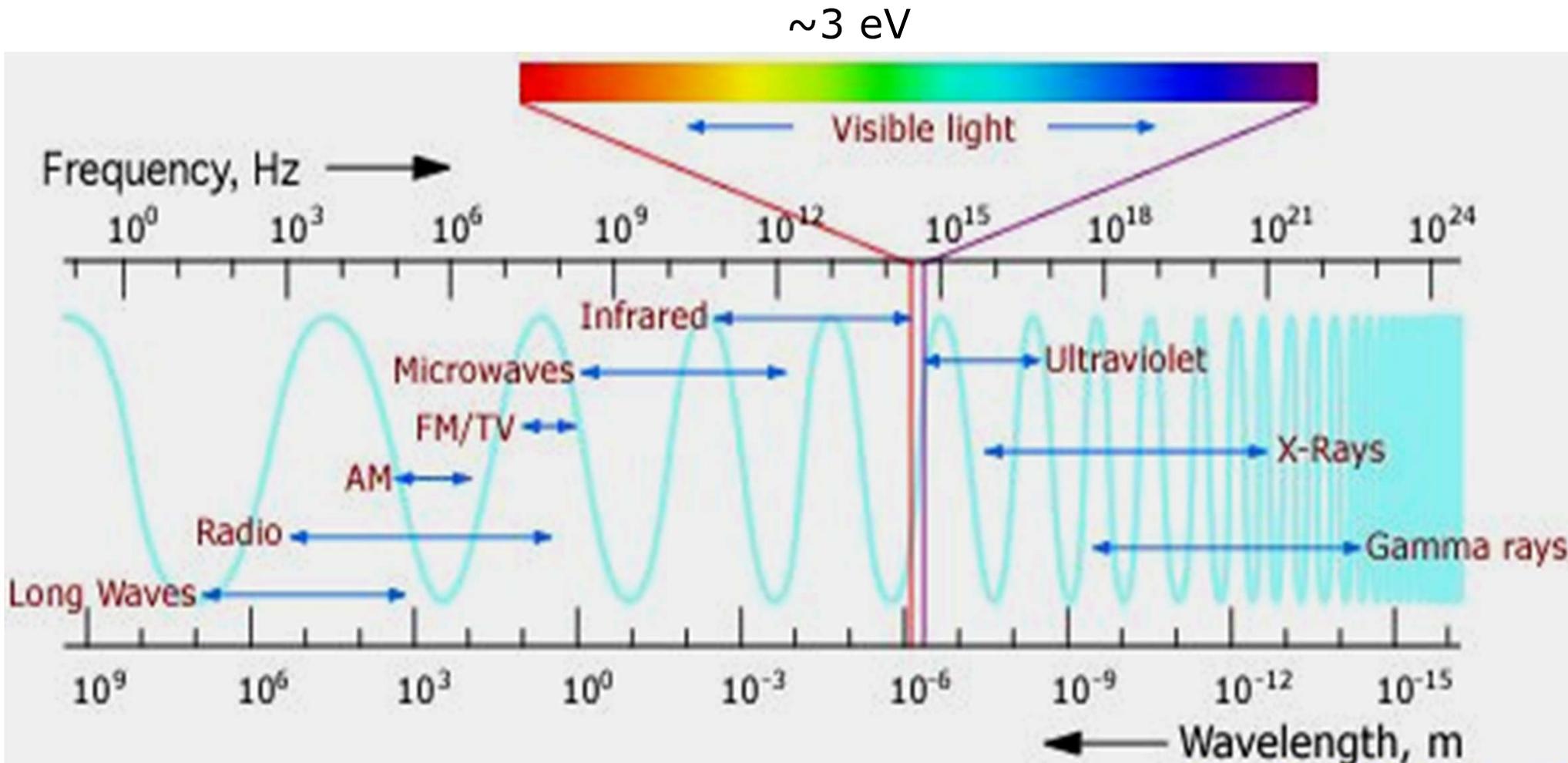
Antineutrino



Partícula beta

Espectro Electromagnético

- Los RX tienen una longitud de onda menor a la de la luz visible pero mayor a los fotones gamma de alta energía



Prácticas

- PRÁCTICA: actividades humanas a consecuencia de las cuales se va a incrementar la exposición total de los individuos o el nº de individuos expuestos a las radiaciones ionizantes
- Introduciendo nuevas fuentes y vías de exposición
- Aumentando el nº de individuos expuestos

Principio de Justificación

- Ninguna PRÁCTICA debe ser autorizada a menos que el beneficio que se deriva de su aplicación justifique los costes que conlleva, tanto a nivel económico como de impacto radiológico (Detrimento de la salud)

Tipos de exposición de acuerdo a las personas que la reciben

- **Exposición Ocupacional:** es la exposición que reciben los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) como resultado del trabajo que realizan.
- **Exposición Médica:** es la exposición que reciben los pacientes como parte del diagnóstico o tratamiento.
- **Exposición Pública:** es la exposición que reciben los miembros del Público. Comprenden todas las exposiciones no incluidas en las ocupacionales ni en las médicas y que son consecuencia de las actividades que dan lugar a las dos anteriores.

Vías de exposición

A. Externa

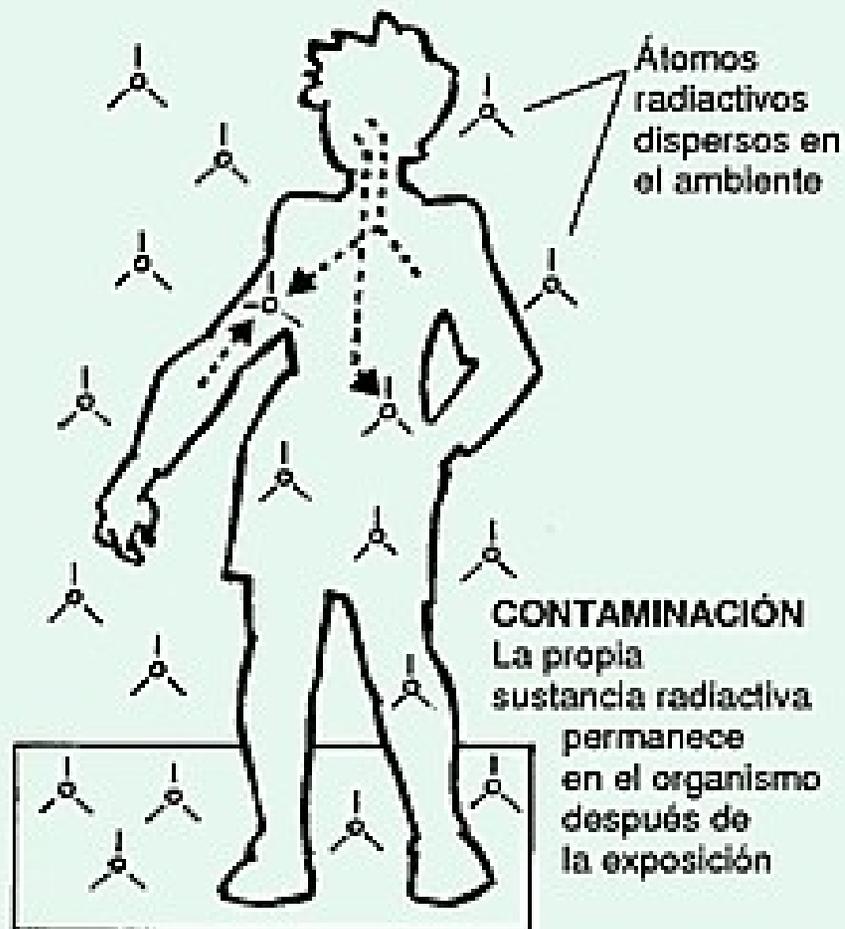
B. Interna

Tipos de riesgo

- Irradiación por exposición externa
- Contaminación: externa e interna



IRRADIACIÓN EXTERNA
El efecto se detiene
cuando se detiene
la exposición



Irradiación y contaminación

- Exposición accidental de una persona a radiaciones ionizantes con consecuencia de una dosis apreciable de radiación.
- Presencia indeseable de sustancias radiactivas en una materia, una superficie, un medio o una persona

■ FUENTES DE RADIACIÓN

¿De donde proviene la radiación?

La radiación proviene de dos fuentes:

Natural:

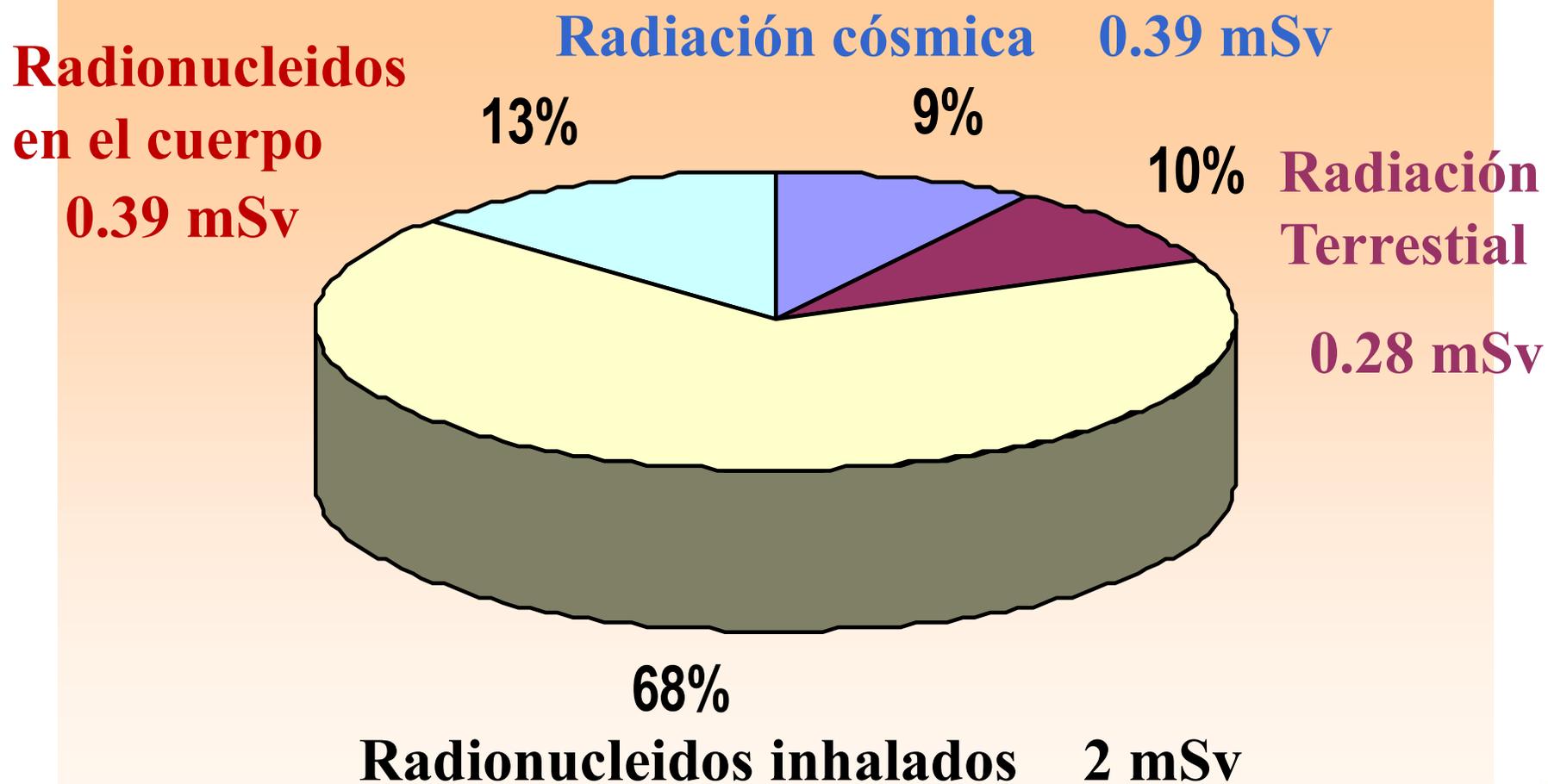
- **Terrestre:** de los materiales que conforman nuestro planeta.
- **Cósmica:** proveniente del sistema solar

Artificial (introducidas por la actividad humana)

- Aplicaciones Médicas e Industriales, Investigación, Generación de Energía, Armas Nucleares.



Dosis anual promedio debido a fuentes naturales ~ 3mSv/año



Fuentes de Radiación en las Aplicaciones Medicas

- **Tres Aplicaciones Medicas :**
- **1- Radiodiagnóstico: equipos de Rayos X**
- **2- Medicina Nuclear: fuente radioisotópica no encapsulados (gas, líquido o polvo dispersable: I131, Tc99m)**
- **3- Radioterapia: fuente radioisotópica encapsulada (Co60), aceleradores y equipos de RX**

Tipos de fuentes de radiación

- Encapsuladas: material radiactivo confinado en cápsula inactiva de suficiente resistencia mecánica para impedir el contacto o la dispersión de material radiactivo. Riesgo de irradiación y de contaminación solamente en condiciones de accidente
- No encapsuladas: material radiactivo líquido, en polvo, gas etc. Riesgo de irradiación y de contaminación
- Generadores de radiación ionizante (rayos X): Riesgo de irradiación solamente con el equipo en operación

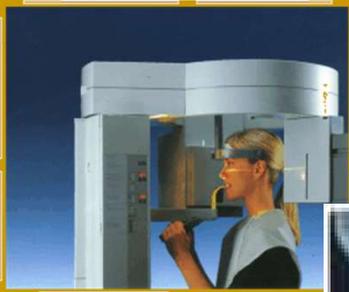


Aplicaciones médicas

Rayos X Diagnóstico



- Rayos X Dental



Equipos de Rayos X

- Se clasifican de acuerdo a su finalidad:

DIAGNOSTICO

- Periapical
- Panorámico
- Cefalométrico
- Mamógrafo
- Convencional
- Fluoroscópico
- Portátil
- CT

TERAPIA

- Ortovoltaje

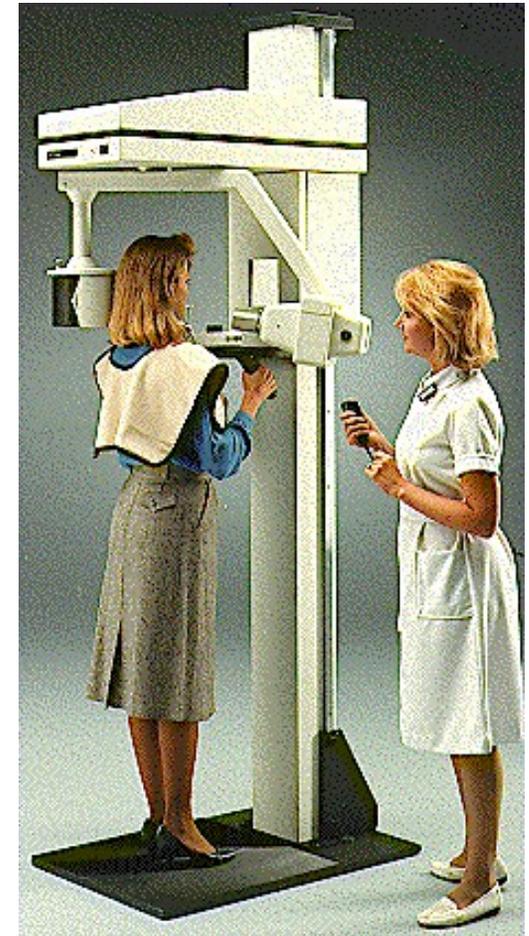
INDUSTRIA

- Control Calidad
- Inspección aduanal

Rayos X Dental Periapical



Rayos X Panorámico



Rayos X Cefalométrico



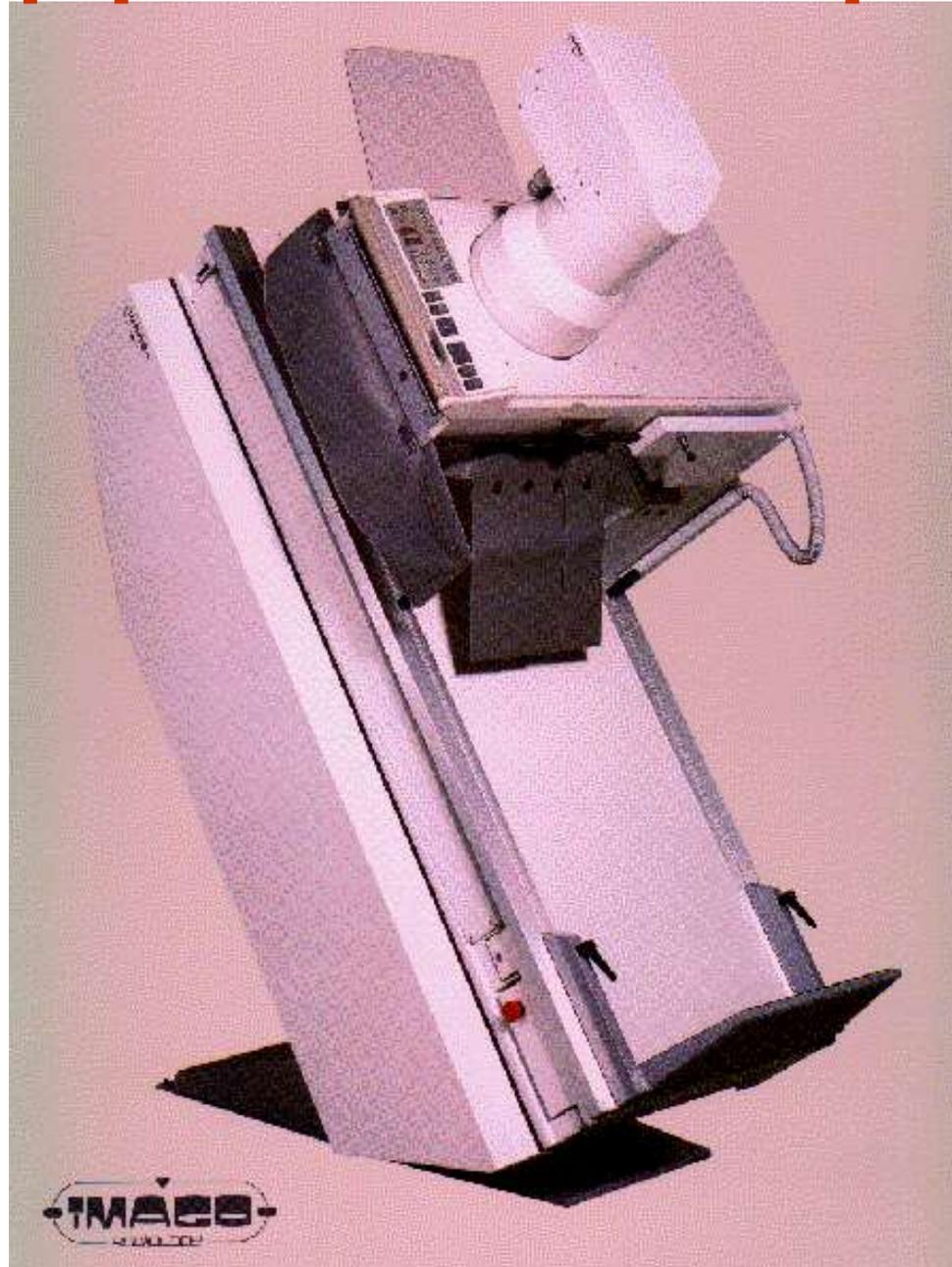
Equipo de RX Mamográfico



Equipo de RX Convencional



Equipo de RX Fluoroscópico

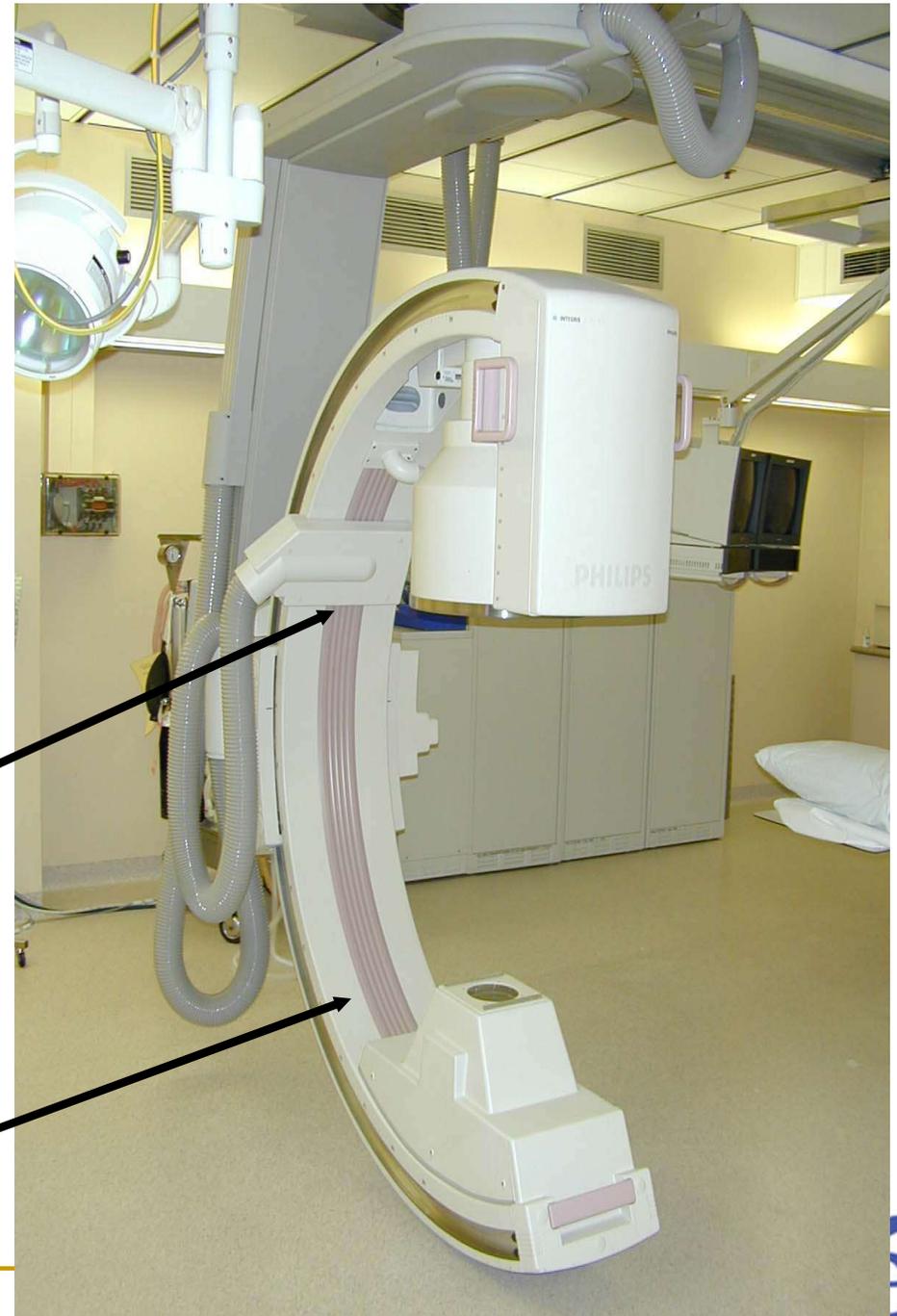




Rayos X Fluoroscópico de Arco en

Intensificador
de Imagen

Tubo de RX



RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

ANGIOGRAFÍA: exámenes radiográficos que permiten tomar imágenes de los vasos sanguíneos mediante la inyección de un medio contraste

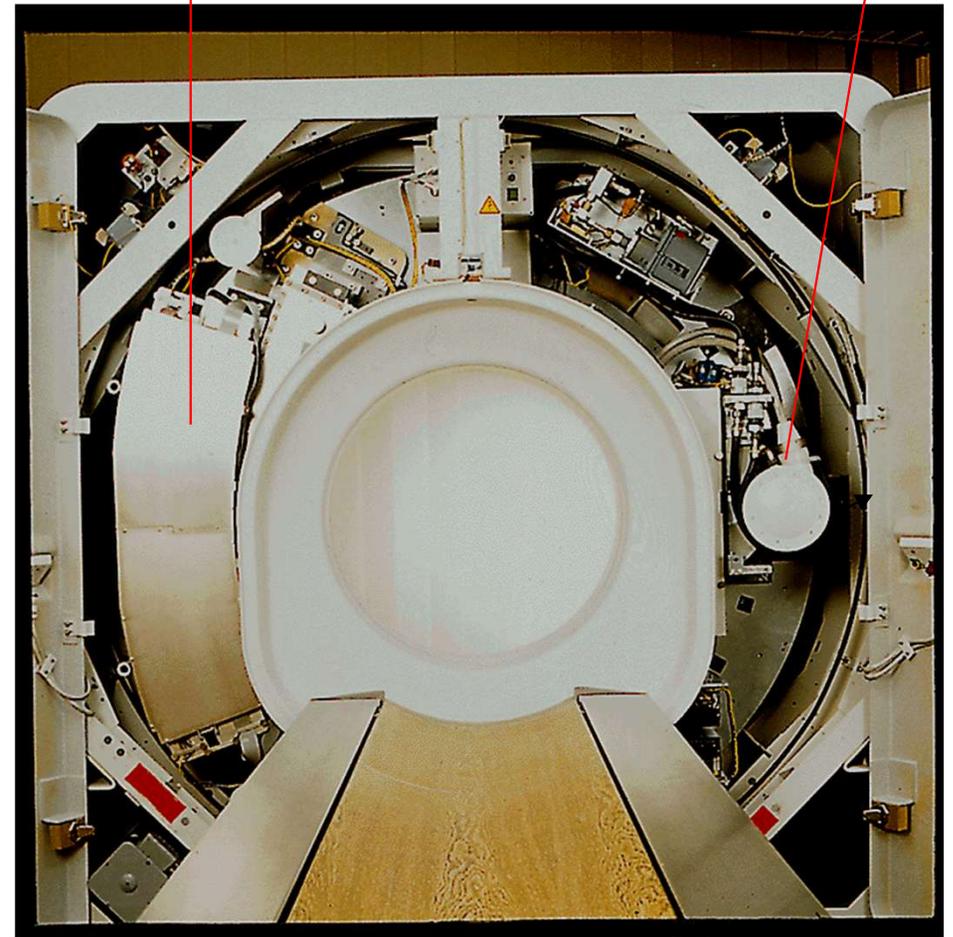


Tomógrafo Computarizado



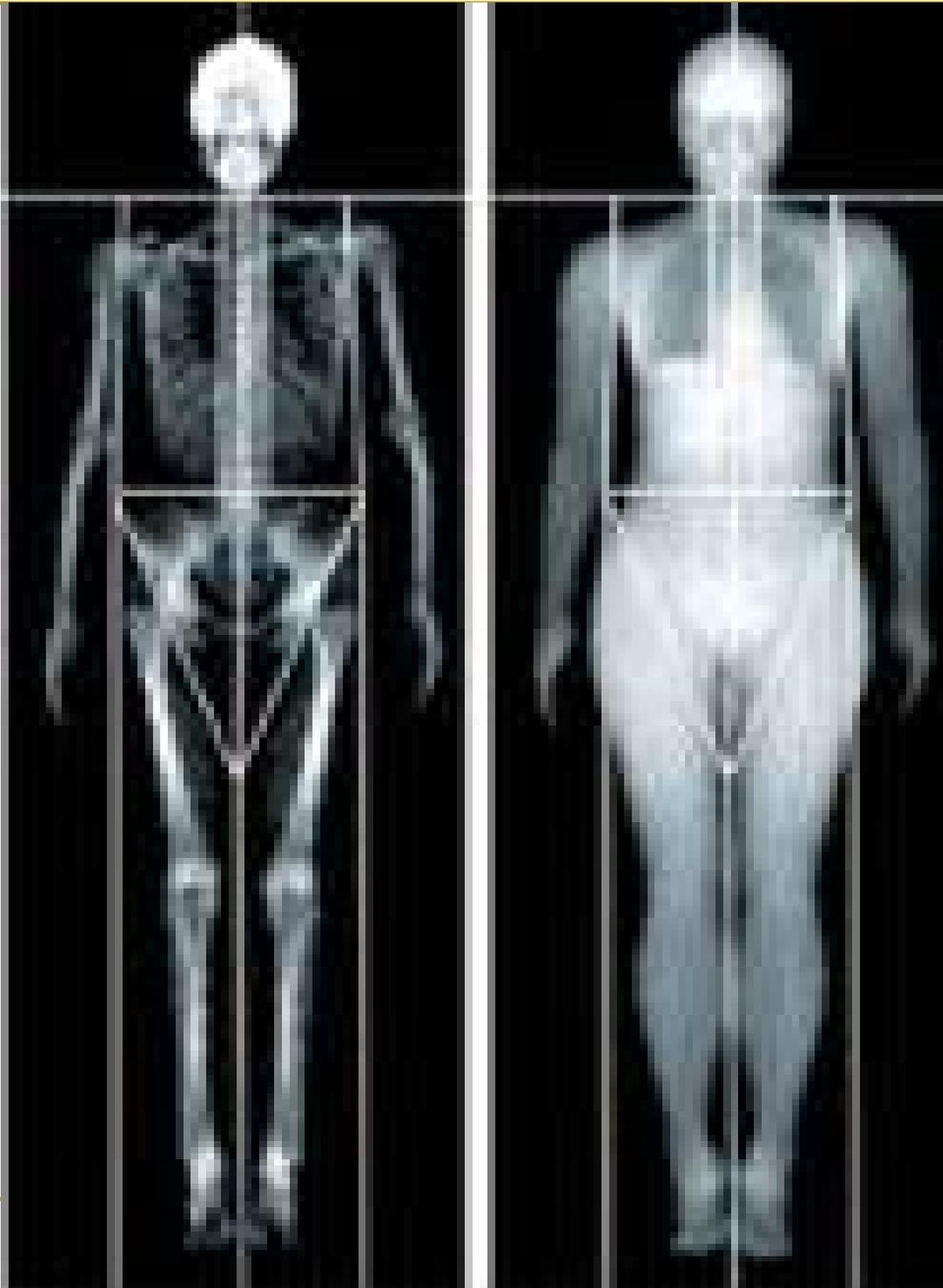
ARREGLO DE DETECTORES

TUBO

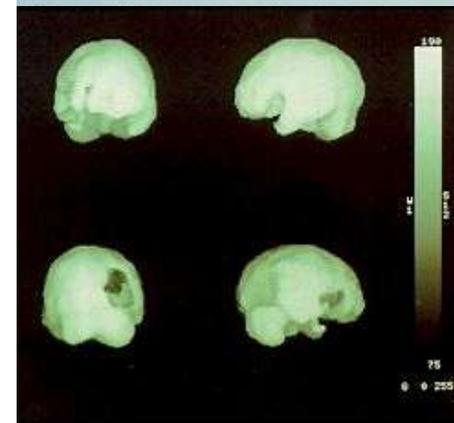
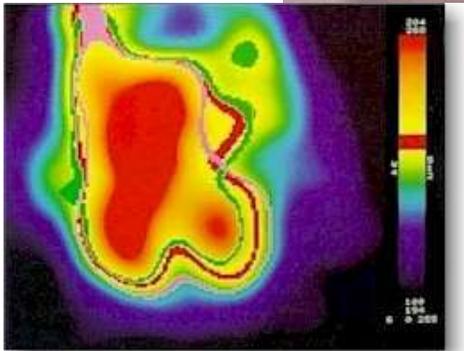
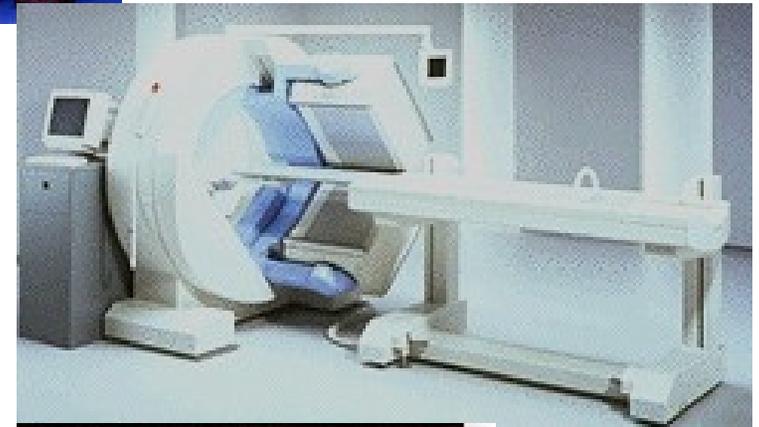
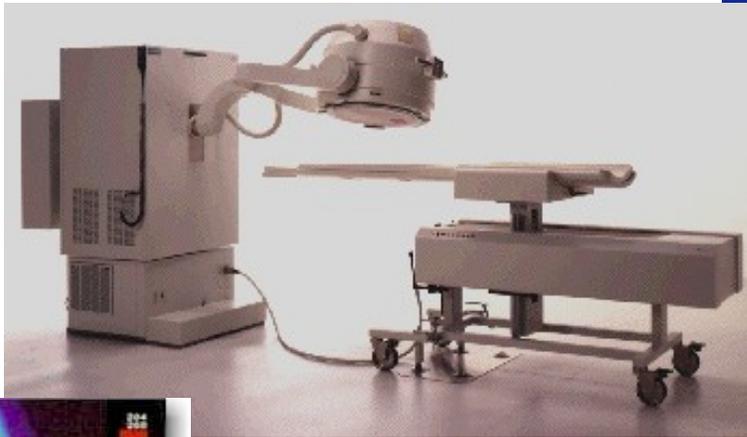


Densitómetro óseo: Osteoporosis





Diagnóstico y Tratamiento en Medicina Nuclear.



VIAS DE ADMINISTRACION:

- La administración de los radiofármacos están en función de la forma farmacéutica del preparado:
 - **Formas farm. De administración oral**
 - **Formas farm. De administración parenteral**
 - **Formas farm. De inhalación**



ADMINISTRACION ORAL:

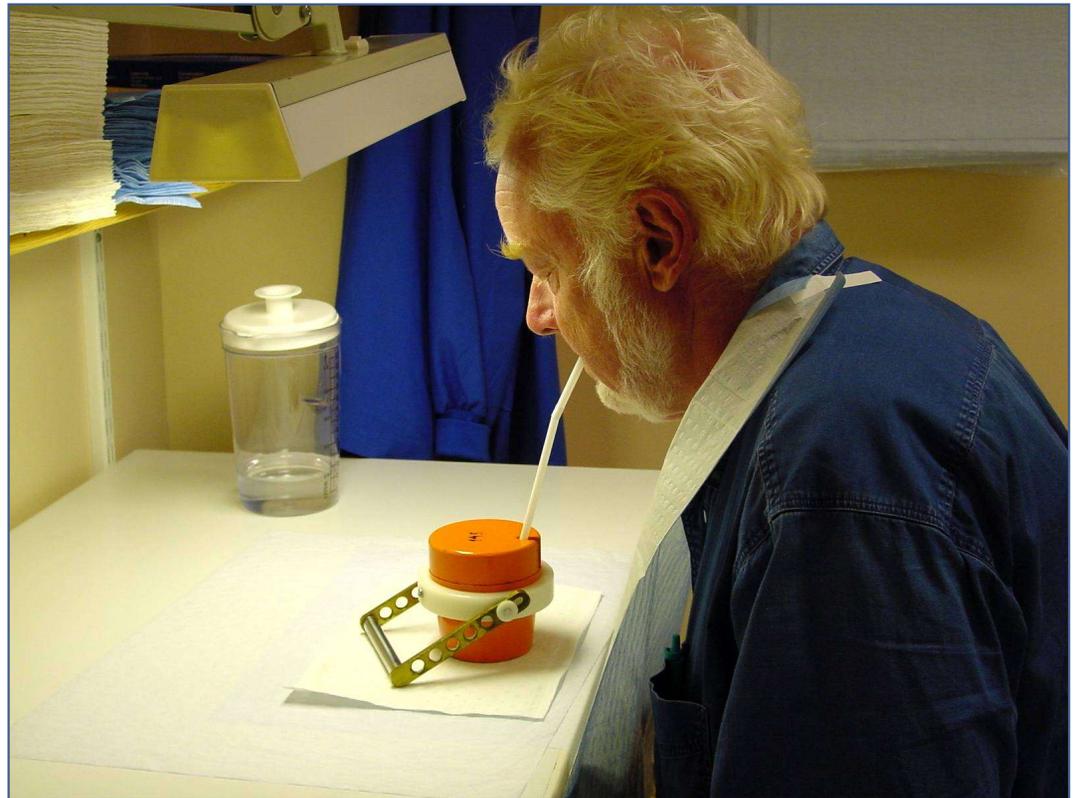
- Soluciones:

- Na^{131}I

- $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$

- Cápsulas:

- Na^{131}I



ADMINISTRACION PARENTERAL:

- Administración intravenosa
- Administración intratecal
- Administración intrarraquídea
- Administración intra-articular



INHALACION:

- Gases:
 - ^{133}Xe
 - $^{81\text{m}}\text{Kr}$
- Aerosoles:
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$



PET y SPECT Scan

- PET = Positron Emission Tomography
- SPECT= Single Photon Emission Computed Tomography

Medicina Nucleare

- Gammagrafia



- P.E.T. - P.E.T./T.C



Medicina Nuclear

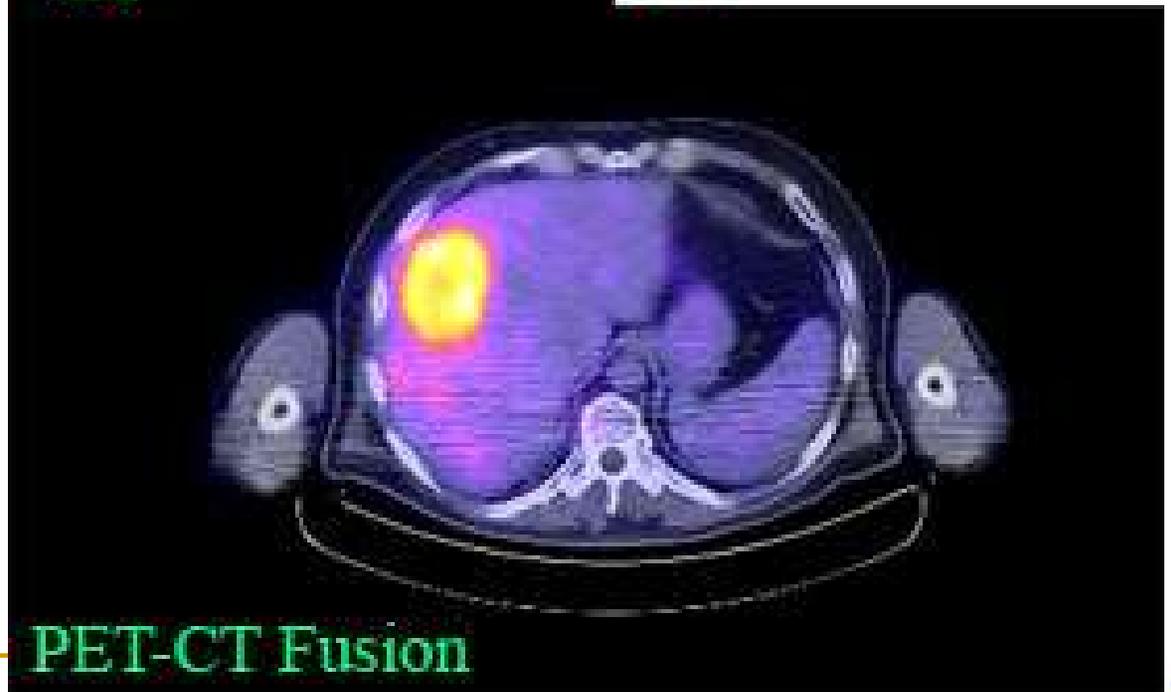
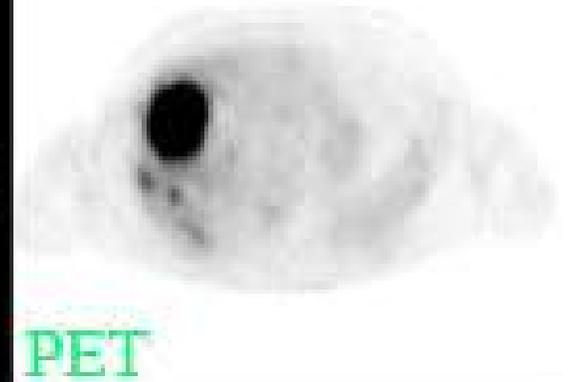
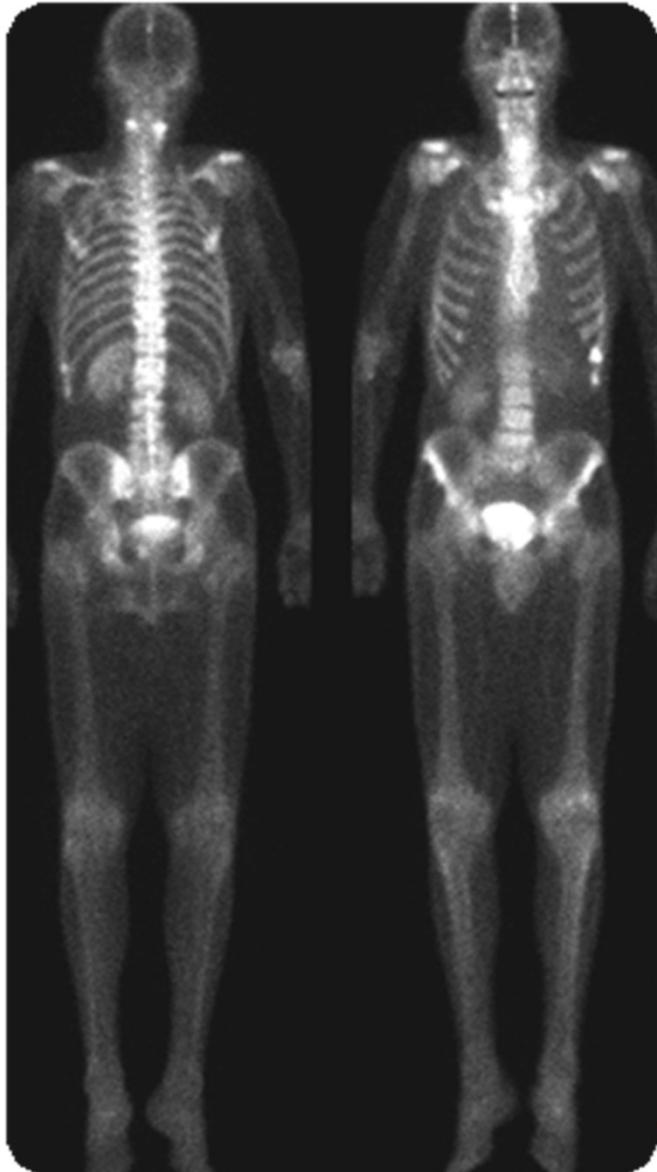
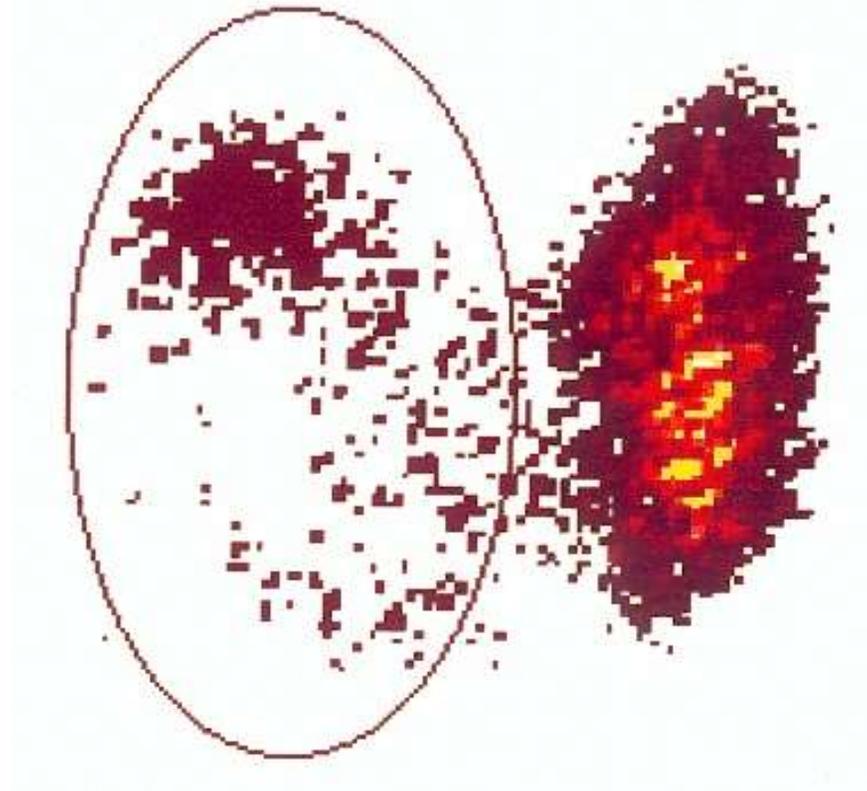


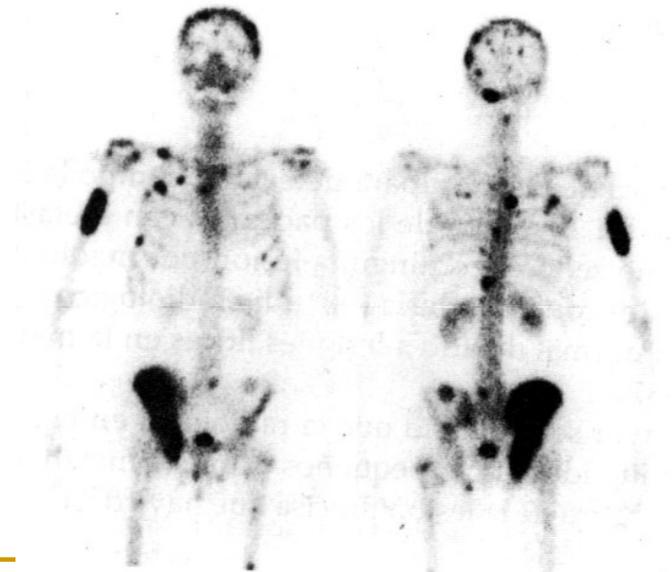
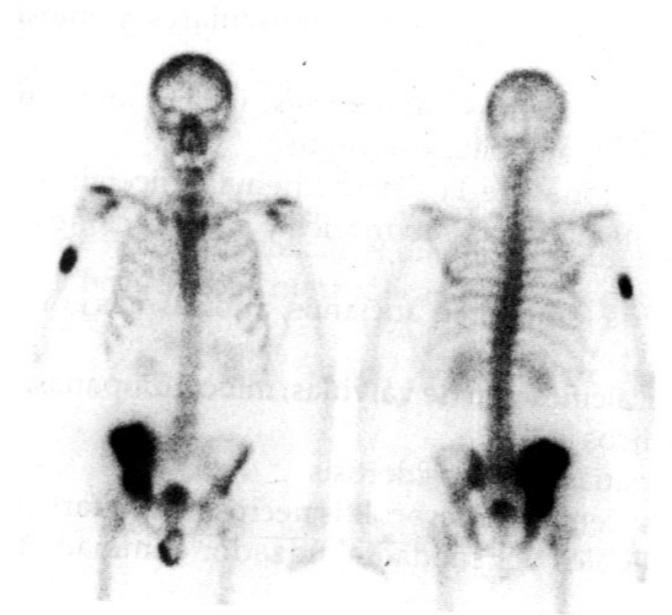
Imagen de un nódulo
frío lóbulo derecho.

CANCER DE
TIROIDES



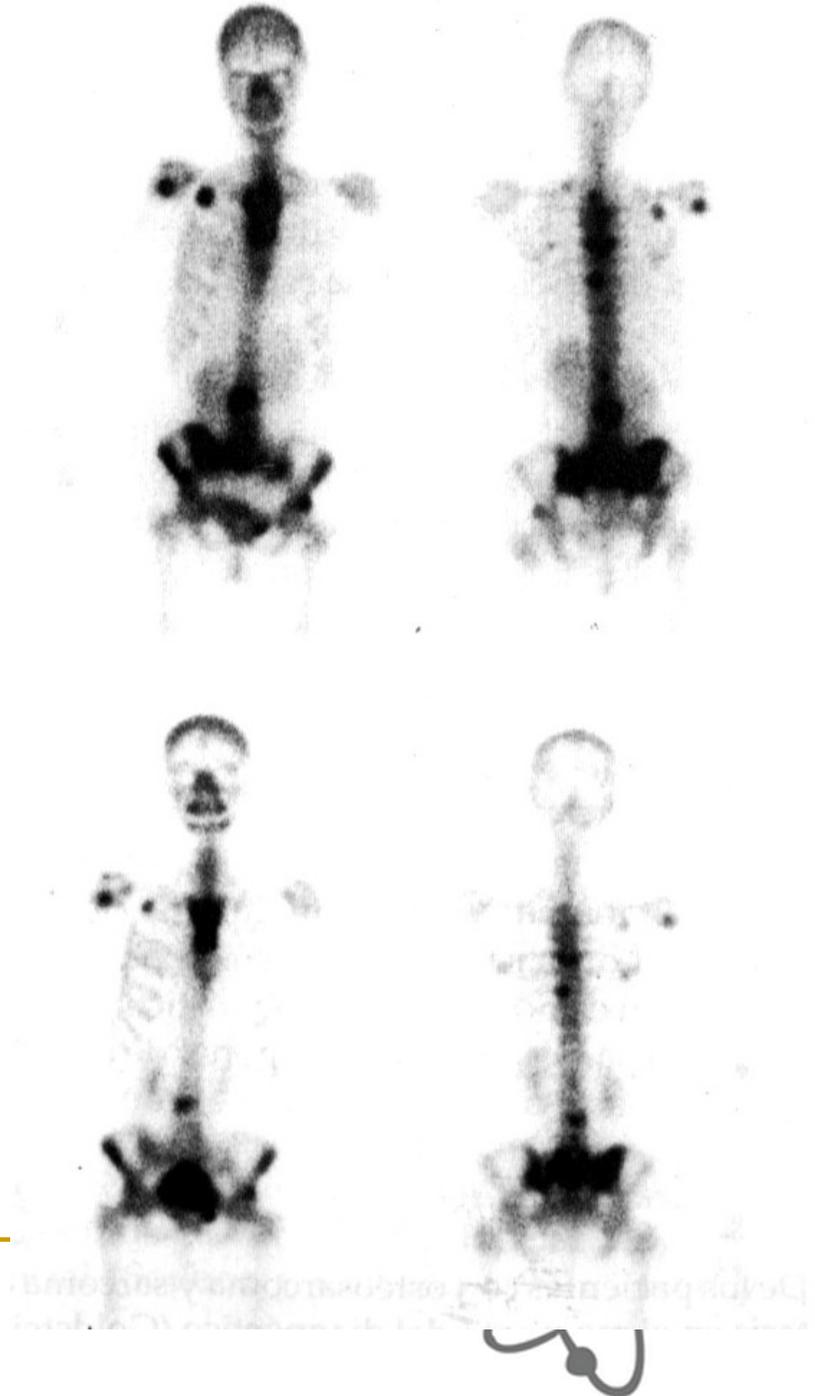
Gammagrafía ósea basal de una paciente con diagnóstico de carcinoma de mama y metástasis ósea

Gammagrafía ósea de control de la misma paciente un año después, donde se observa progresión de las metástasis



Gammagrafía ósea de una paciente con diagnóstico de carcinoma de mama. El estudio basal es positivo para carcinoma

Estudio de control efectuado seis meses después, en el cual se observa regresión de las lesiones iniciales



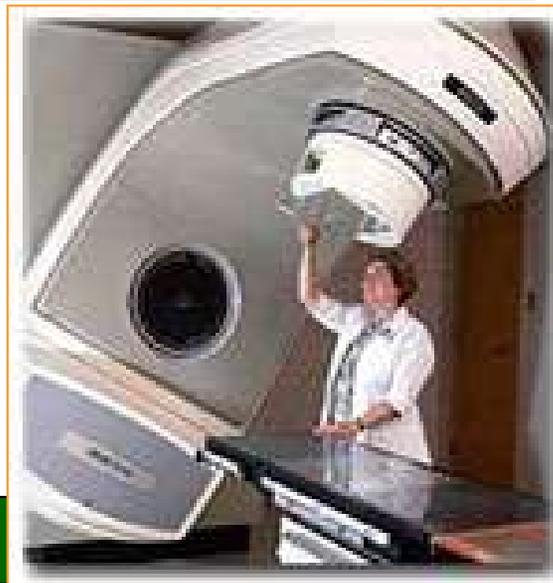
Teleterapia (Co60, Aceleradores y Ortovoltaje) Braquiterapia (manual o remota con carga diferida)



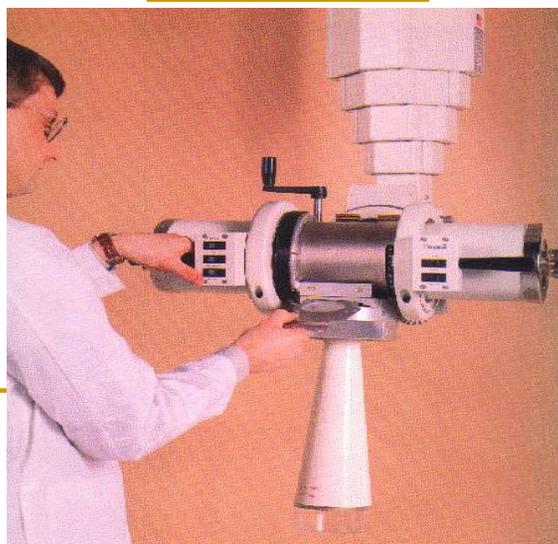
Primeras unidades de Terapia Cs137



Unidades de Cobalto 60



Ortovoltaje



Braquiterapia



Acelerador Lineal

Equipo de RX para terapia superficial (ortovoltaje)

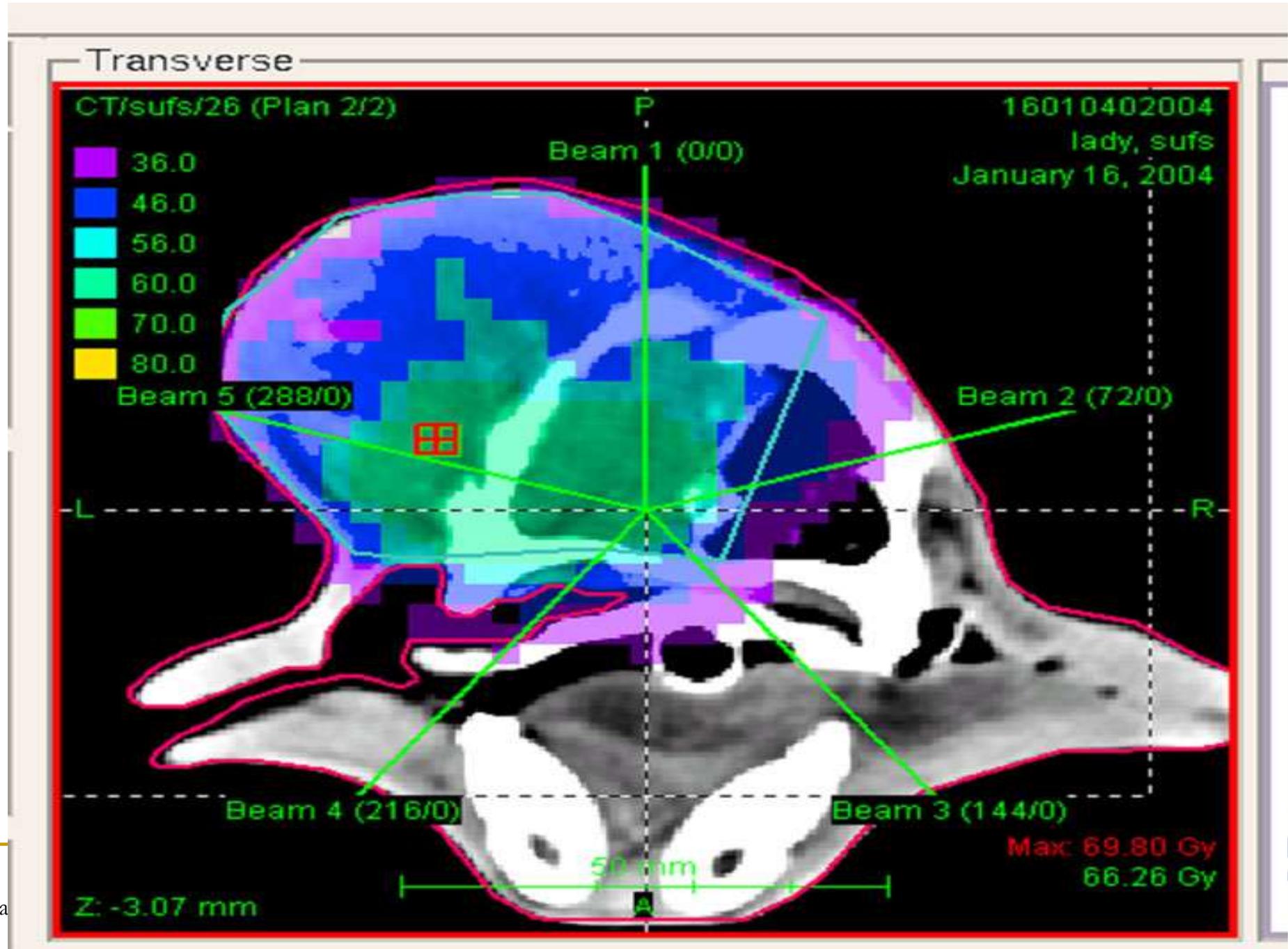




abril de 2025

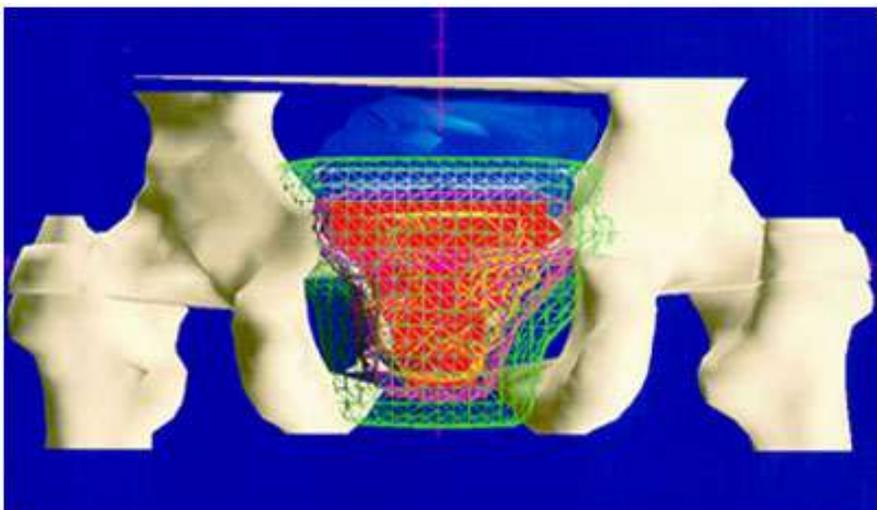
olé sa

Planeación

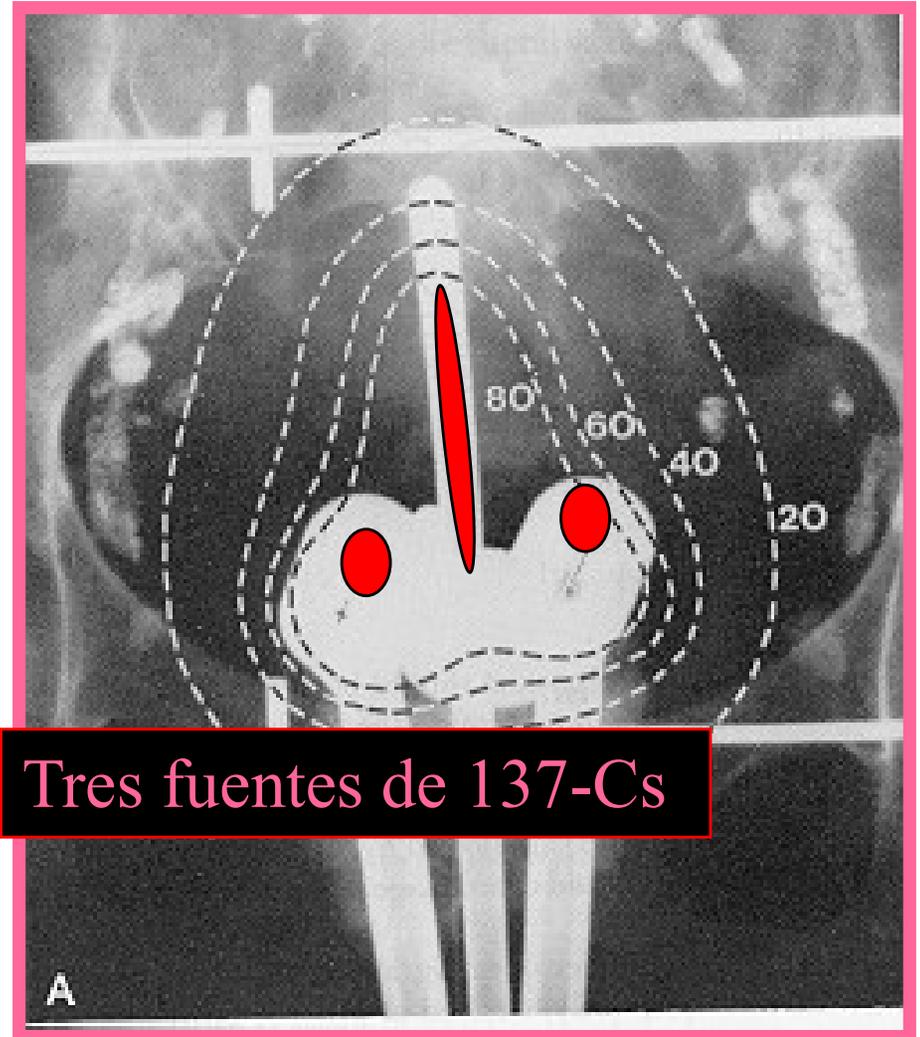
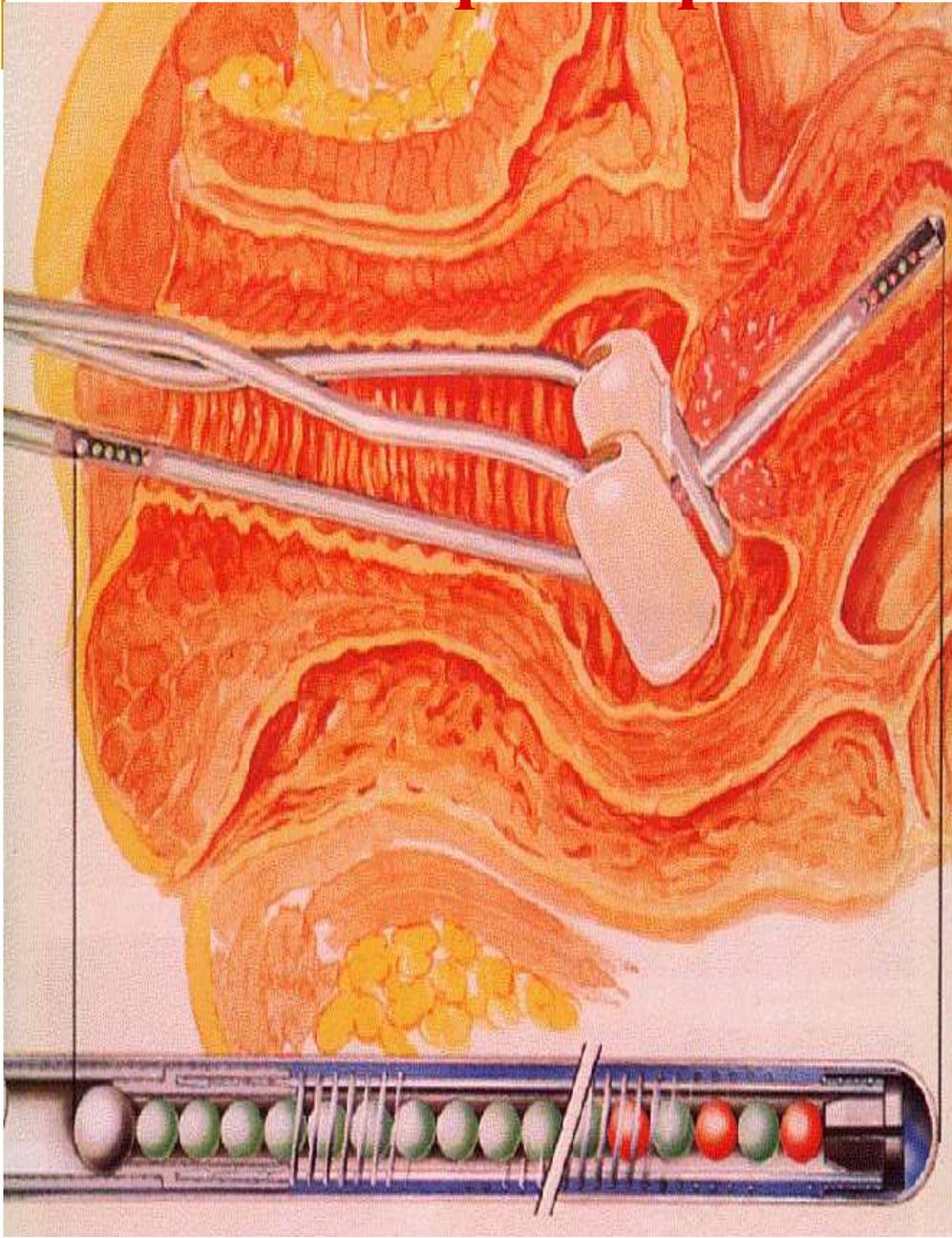




abril de 2025



Braquiterapia intracavitaria

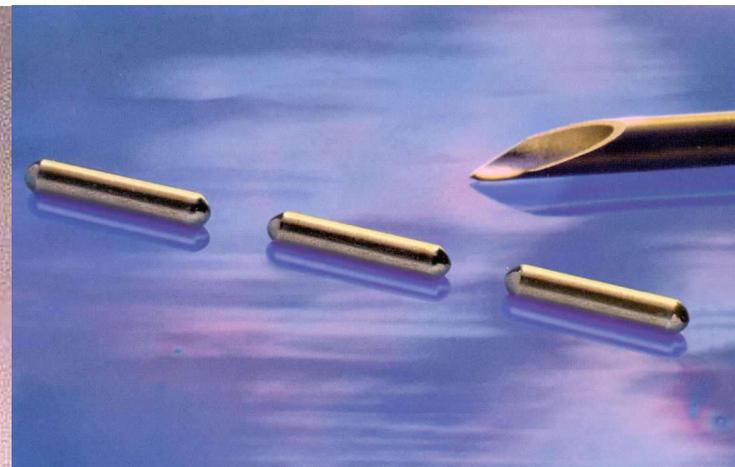


Tres fuentes de ^{137}Cs

Implante intracavitario
ginecológico

Braquiterapia intracavitaria remota con carga diferida

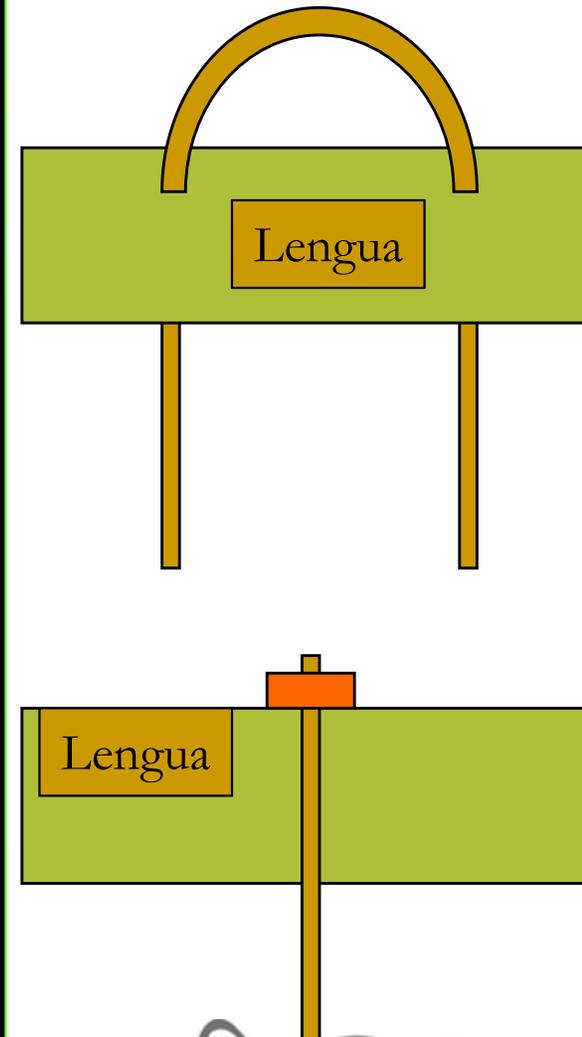
Esófago



abril de 2025



Implante intersticial – en lengua



Implante intersticial – próstata



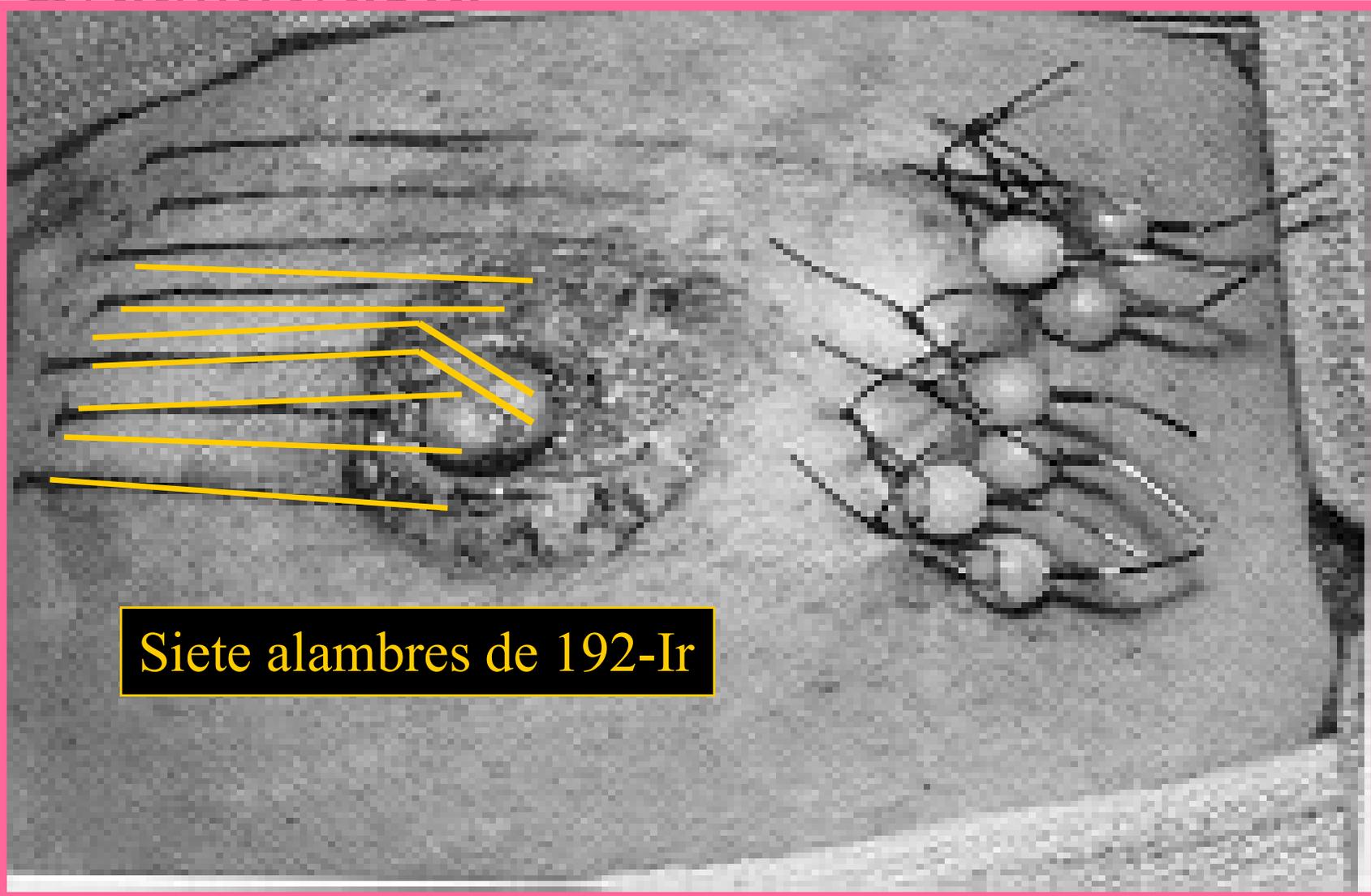


semillas

Implante de semillas de I 125 para el cáncer de próstata



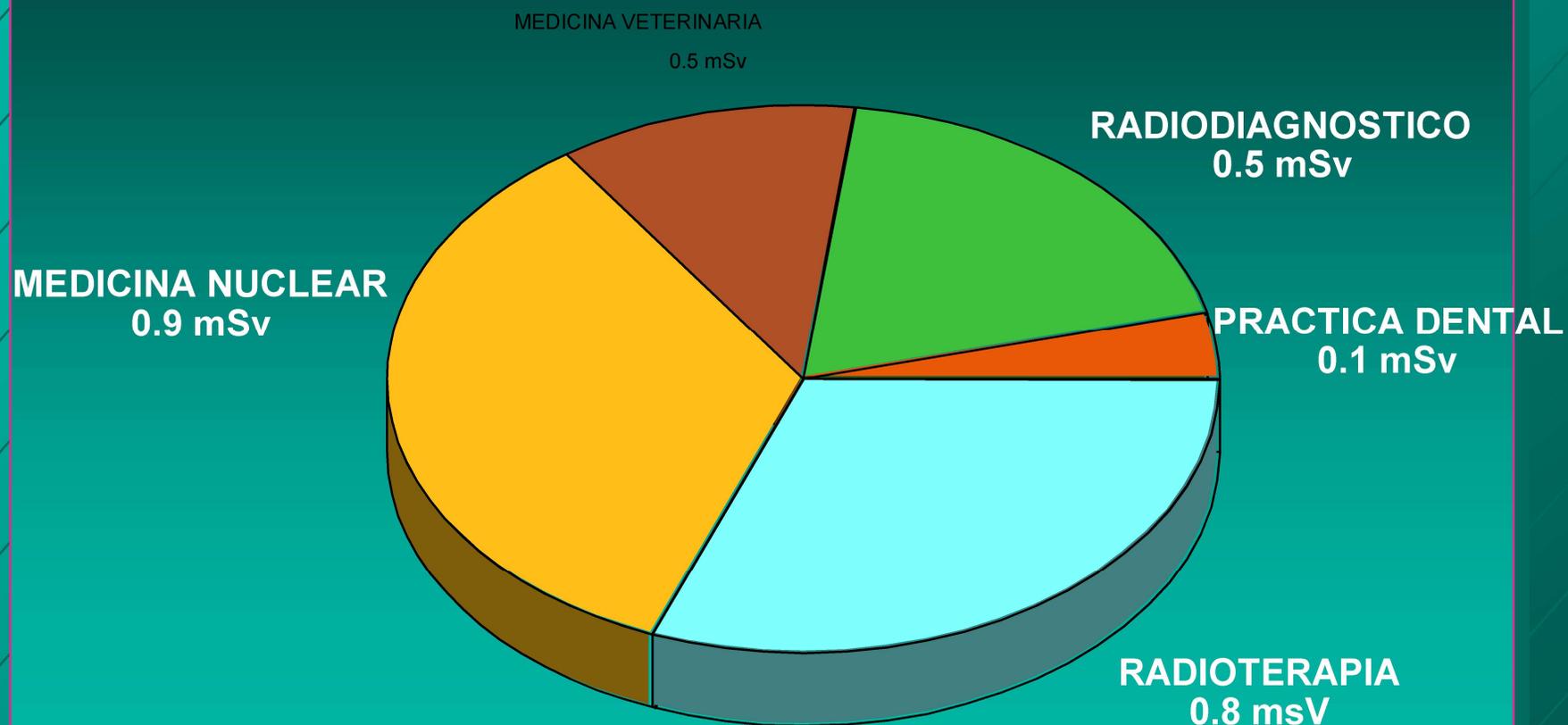
Braquiterapia



Siete alambres de 192-Ir

Implante Intersticial en la mama

PROMEDIO DE LA DOSIS EFECTIVA ANUAL DE LOS TRABAJADORES MONITOREADOS EN LA PRACTICA MEDICA, UNSCEAR 1993



Fuentes de Gammaterapia con Cobalto -60, fuente encapsulada en forma de sólido no dispersable



Fuentes de Radiación en las Aplicaciones Industriales

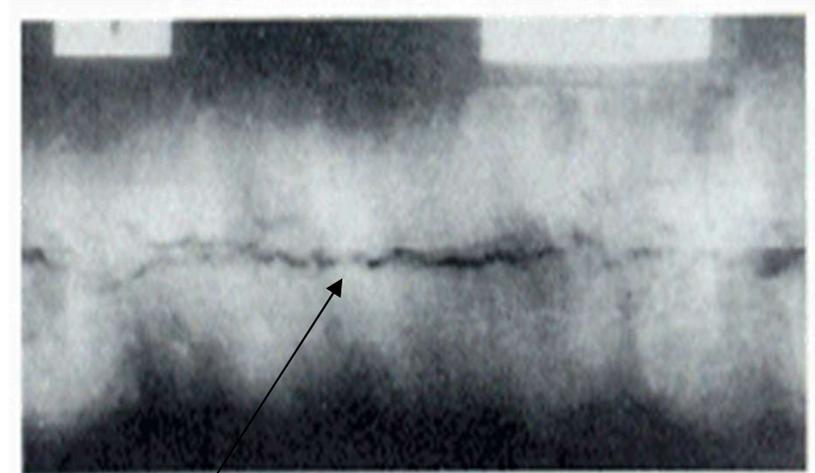
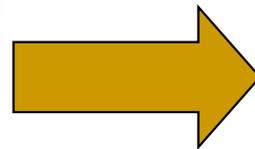
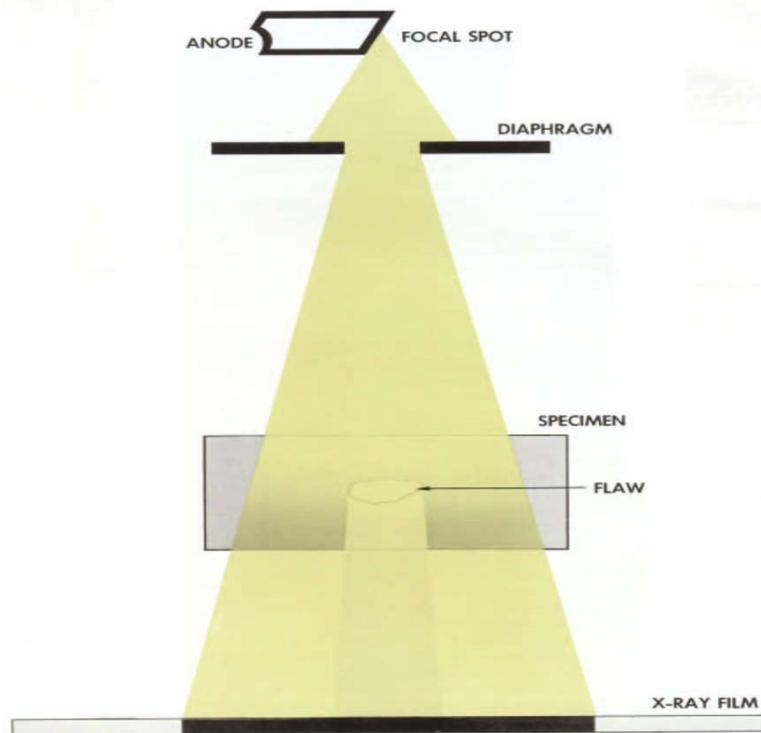
■ **Aplicaciones Industriales :**

- **1- Radiografía Industrial (END): equipos de RX y fuentes radioisotópicas encapsuladas Ir192, Co60**
- **2- Instalaciones con medidores nucleares para control de calidad o control de procesos industriales: equipos de RX , Am241, Sr90, Kr85, Cs137, Co60**
- **3- Técnicas de Irradiación e Ionización: Co60 y aceleradores**
- **4- Técnicas analíticas: Cd109, Fe55, Co57 y RX**
- **5- Aplicaciones basadas en su empleo como trazadores: tritio, Hg203**
- **6- Perforación de pozos**



1- Radiografía Industrial

Se emplea en el control de calidad de uniones soldadas, estructuras metálicas y circuitos electrónicos e inspecciones aduanales



Unión soldada. Las imperfecciones se observan a partir del cambio en la DO

Radiografía Industrial con equipos de RX

Tres componentes principales

- Tubo
- Panel de control
- Generador de AT



Gammagrafía Industrial

Tipos de proyectores

- Portátil

- Móvil

- Fijo

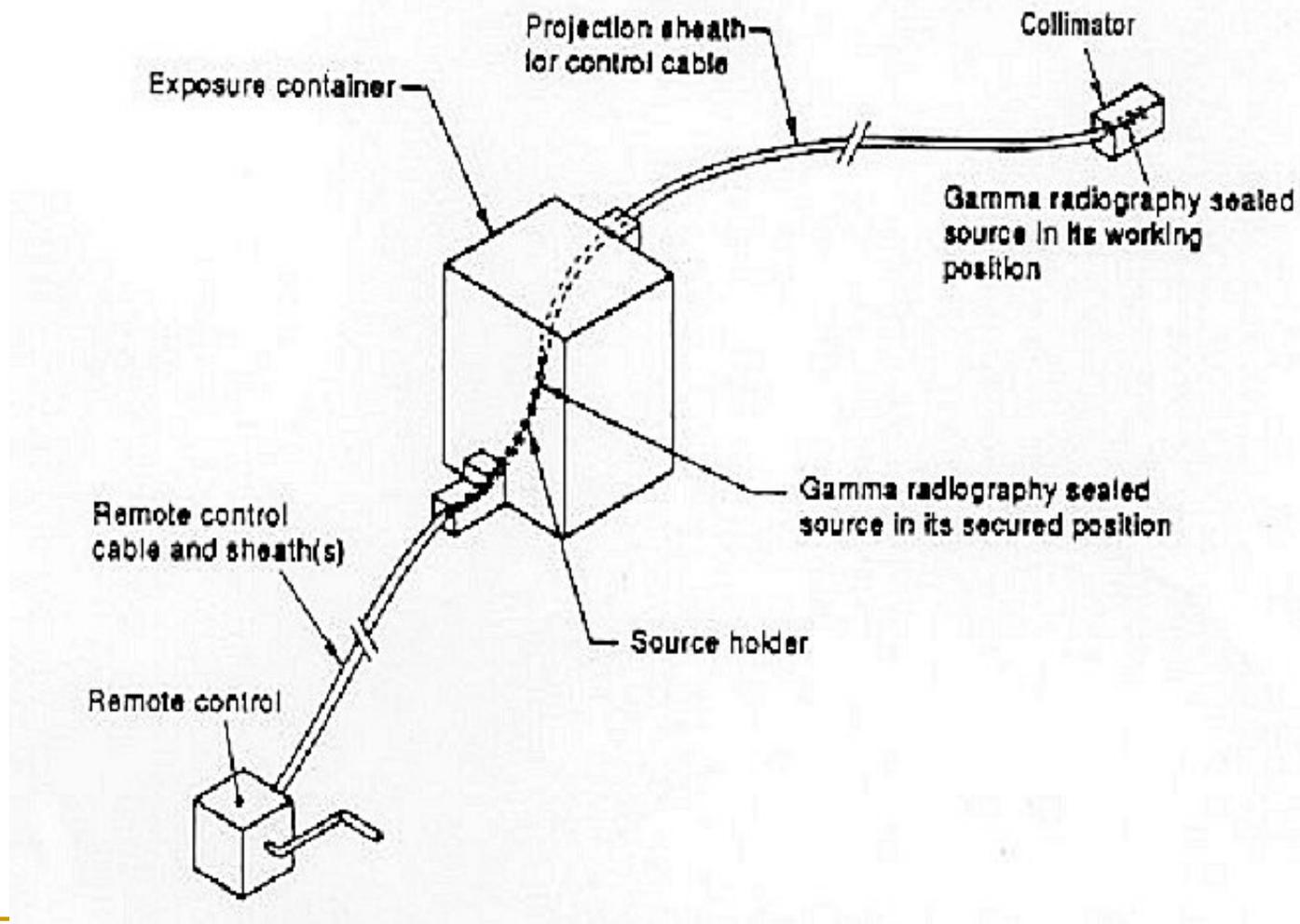
Portátil



- Puede ser portado por una persona, menos de 50kg
- Es el mas usado
- Fuente de iridium-192



Gammagrafía Industrial con Proyector Gamma Portatil



Móvil



- Usualmente se mueve sobre un carro con ruedas
- Fuente Co-60

Fijos



- Usados en un local diseñado especialmente
- Muy pesados
- Fuente Co-60 18.5 -37 TBq



gammagraphy



X-Ray



Crawler

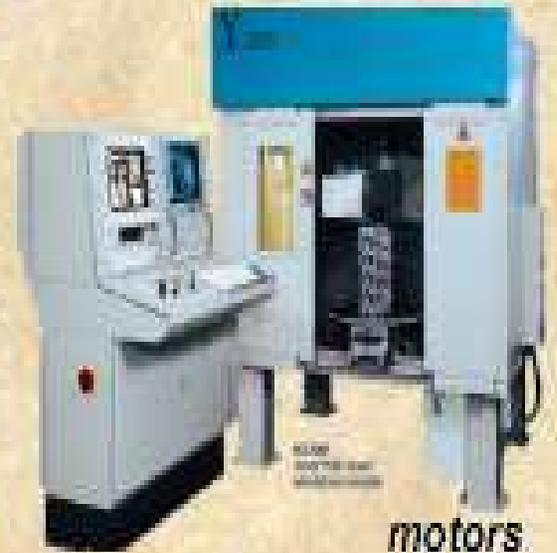
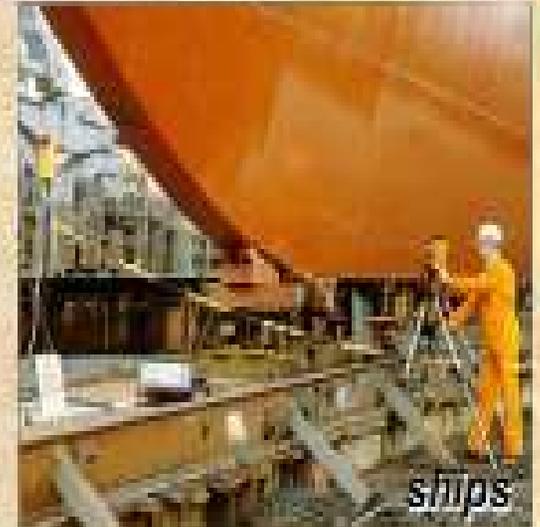
INDUSTRIAL RADIOGRAPHY





INDUSTRIAL RADIOGRAPHY

Urban, suburban and country-side areas



Radiography inspection of materials and welding using X-Ray

INDUSTRIAL RADIOGRAPHY

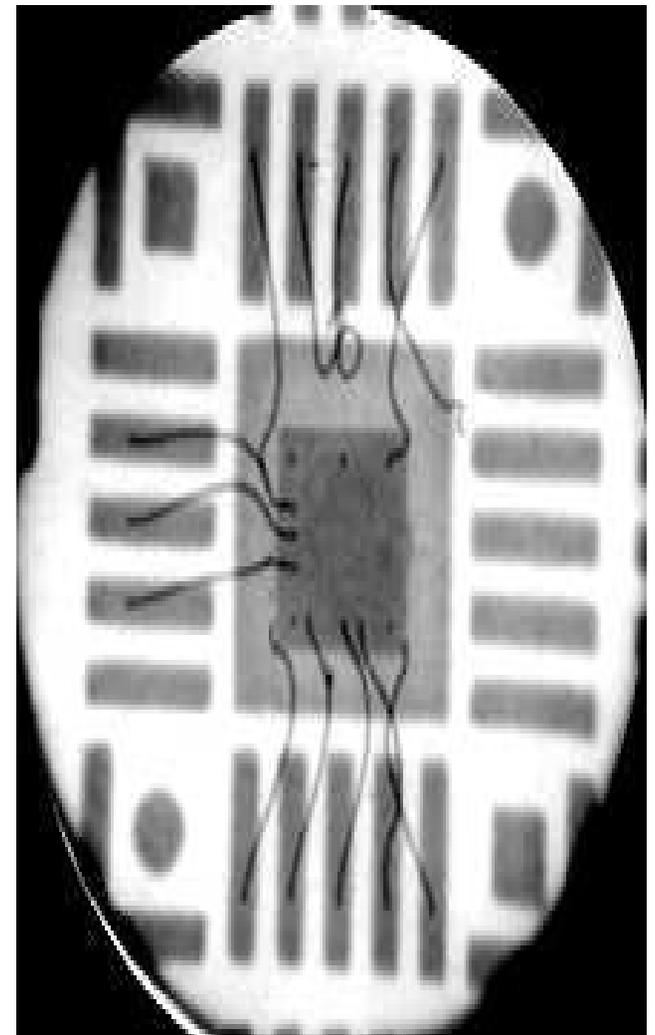
Equipos de Fluosrocopia Industrial: control de calidad de circuitos electrónicos

- por la seguridad intrínseca del equipo solo requieren para su operación conocimientos genéricos en protección radiológica.
- equipo autoblandado

Equipo de RX diseñado para inspección manual de circuitos electrónicos



Inspección manual de circuitos electrónicos con RX

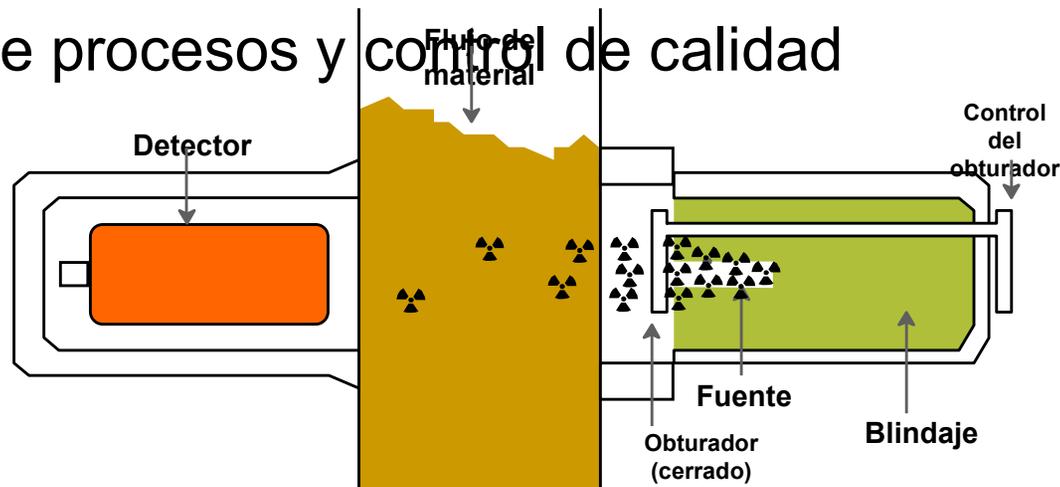


2- Medidores nucleares: CONTROL DE PROCESOS

- Comprende las instalaciones con fuentes o generadores de radiación que, por la seguridad intrínseca de sus equipos o por la sencillez de sus actividades solo requieren para su operación conocimientos genéricos en protección radiológica.
- Están en el mismo actividades tales como el control y medida de variables, el análisis de materiales.

2-MEDIDORES NUCLEARES

- instalaciones con fuentes que, por la seguridad intrínseca de sus equipos o por la sencillez de sus actividades solo requieren para su operación conocimientos genéricos en protección radiológica
- control de procesos y control de calidad



- fuente radiosótopica sellada combinada con un detector ubicado de forma tal que la radiación interactúe con el material a examinar antes de alcanzar el detector, proporcionando datos en tiempo real

Instalaciones industriales con medidores nucleares

Se emplea en el:

CONTROL DE CALIDAD

- Densidad: caucho, aceite, papel, tejido, suelo
- Espesor: papel, metal, **plástico**
- Nivel: envases de bebidas
- Detección de objetos extraños o contaminantes en alimentos

CONTROL DE PROCESOS

- Flujo: cemento, barro, líquidos, productos químicos
- Nivel: silos, productos químicos, minerales
- Humedad: vidrio, cemento, minerales

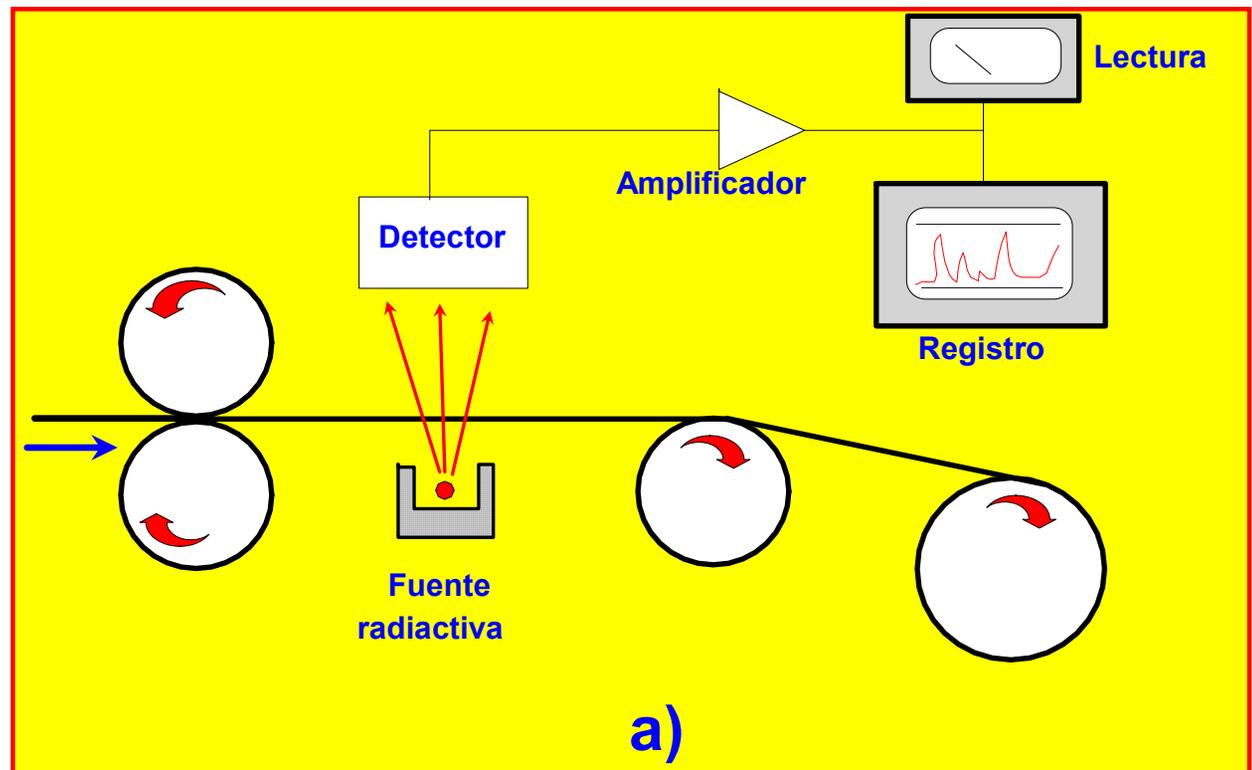


CONTROL DE CALIDAD

Medida de espesores y densidades.

Industrias del papel, del plástico, del vidrio, textiles.

Emisores beta o gamma dependiendo de material a controlar

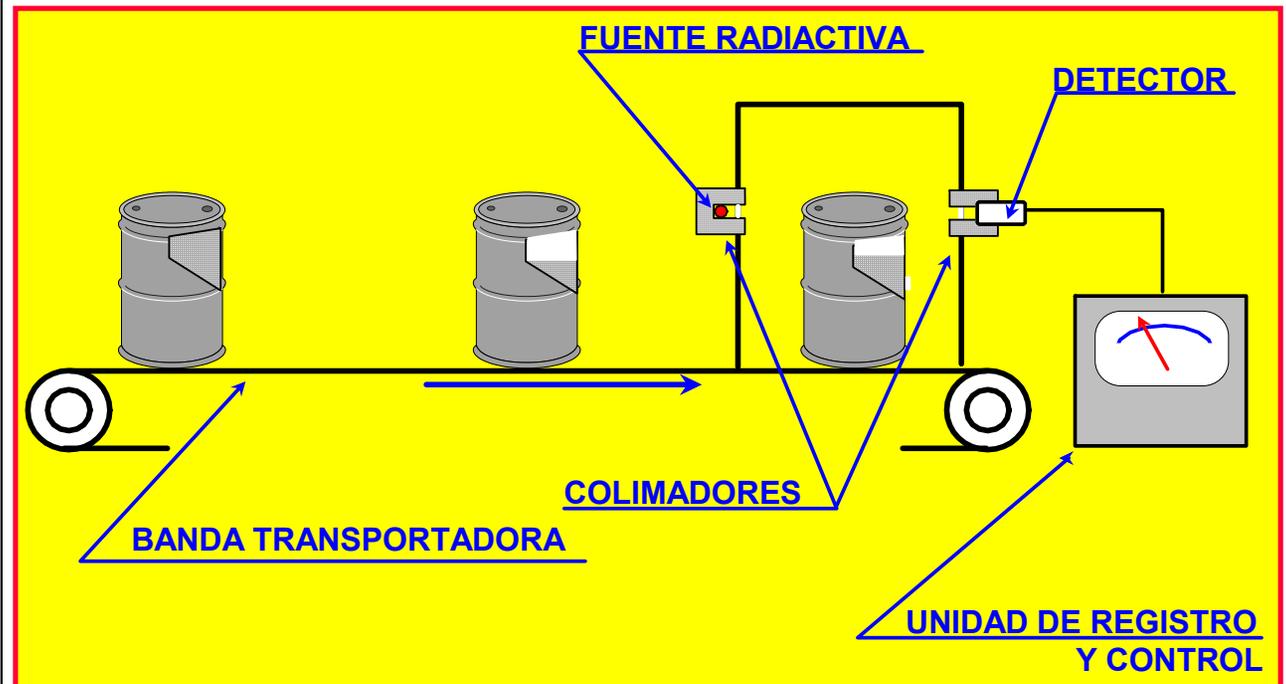


CONTROL DE CALIDAD

Control de
envasado

Industrias
Embotelladoras,
del tabaco.

Emisores beta,
gama



MEDIDORES NUCLEARES PARA CONTROL DE CALIDAD

Control de calidad

Grosor lámina



Grosor papel



Nivel de bebidas



Nivel de aceite

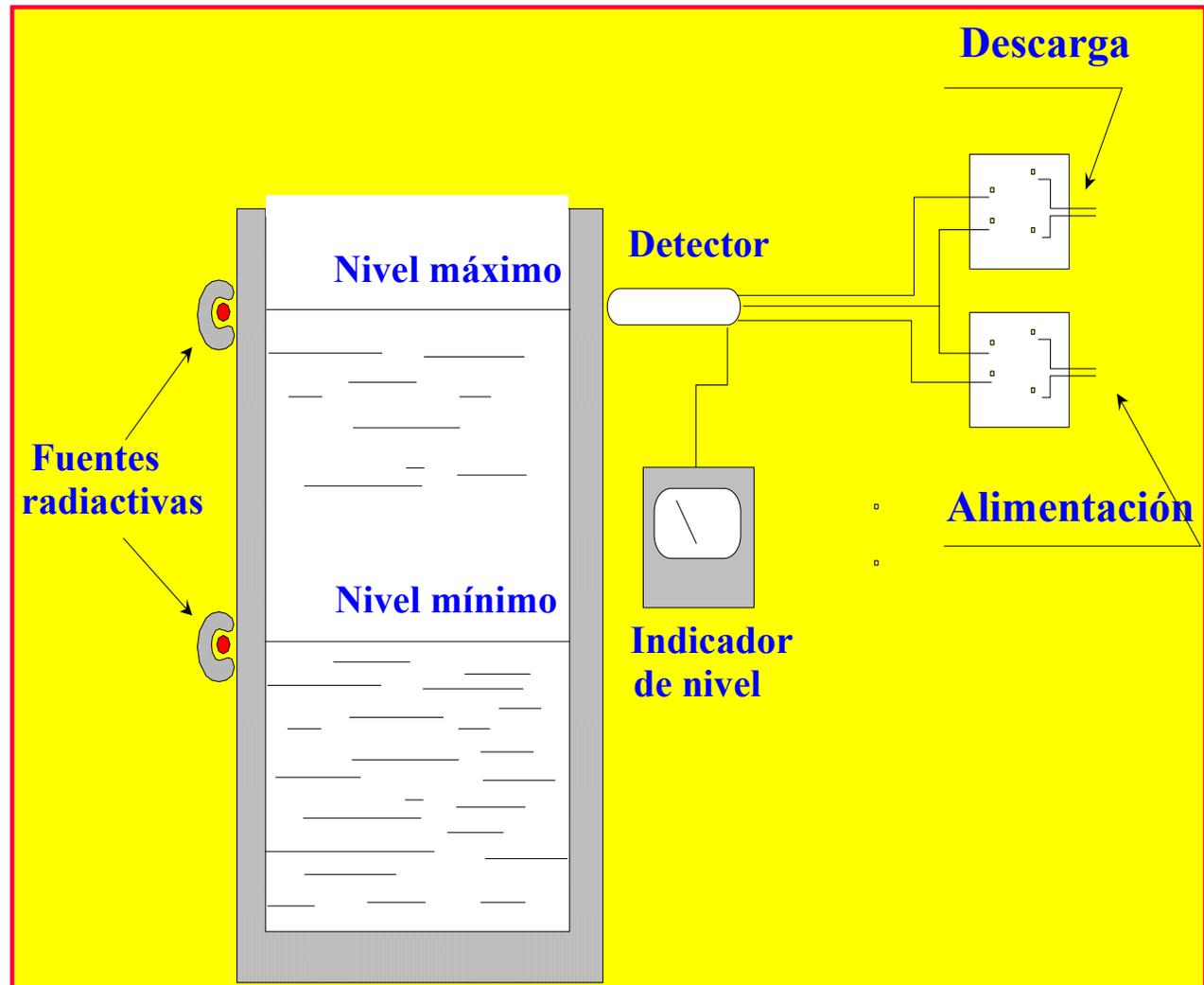


CONTROL DE PROCESOS

Medida y control
de niveles de
líquidos.

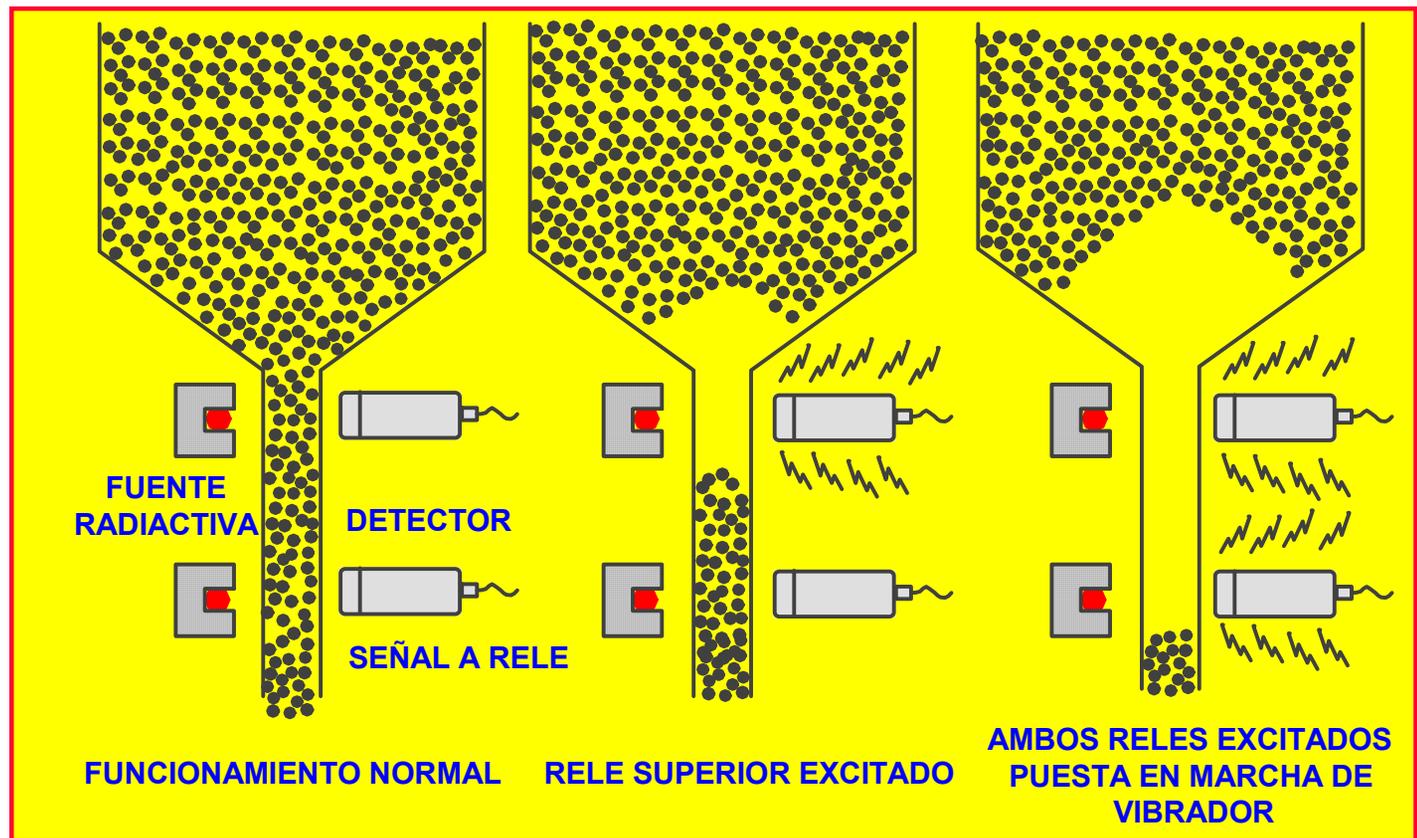
Industria petroquímica,
química, papel,
siderurgia, vidrio

Emisores gamma



CONTROL DE PROCESOS

Control de
Descarga de
productos
contenidos en
tolvas



MEDIDORES NUCLEARES PARA CONTROL DE PROCESOS

*Control de
procesos*



**Nivel
del
Mineral**

**Peso del
mineral**



**Flujo de
arcilla**



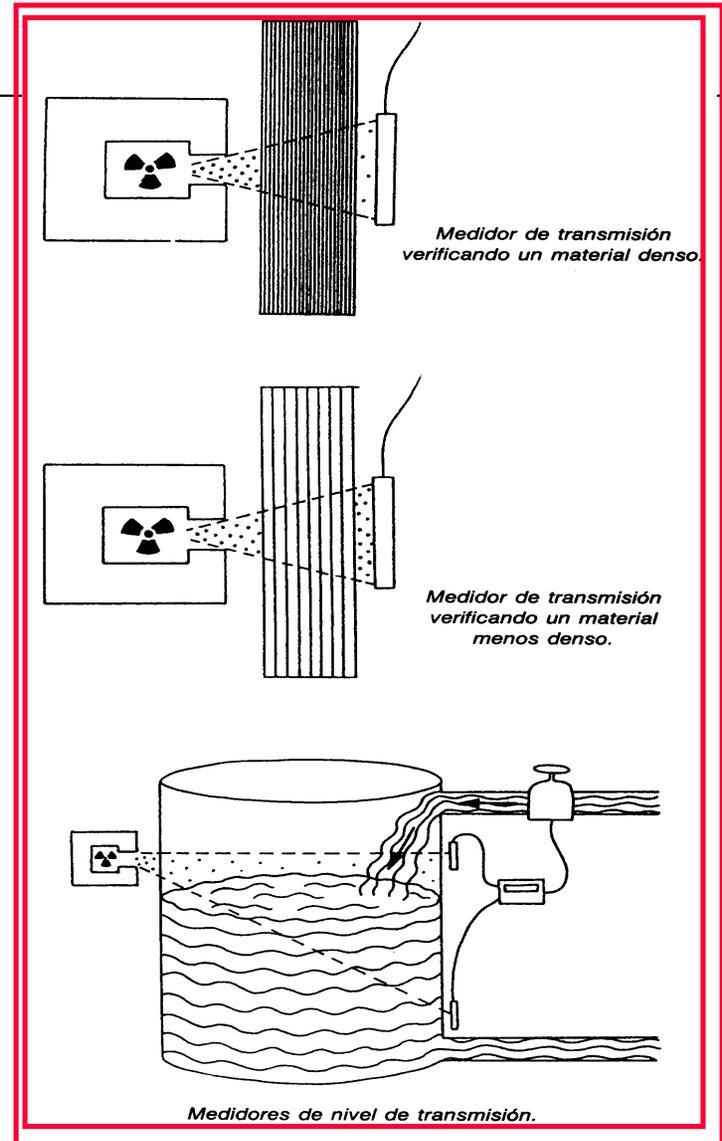
**Flujo del
líquido**

Tipos de medidores nucleares

- Pueden ser divididos en dos tipos:
 - **Por transmisión**
 - **Por retrodispersión**
- Existen medidores nucleares que en lugar de una fuente radioisotópica usan RX

MEDIDORES DE TRANSMISIÓN

- La fuente y el detector están situados a lado opuestos del material.
- Miden la radiación primaria que pasa a través del material examinado



MEDIDORES DE RETRODISPERSIÓN

El detector y el recipiente de la fuente se instalan en el mismo lado con respecto al material, midiendo la cantidad de radiación que se retrodispersa



Inspección de alimentos



OTHER APPLICATIONS

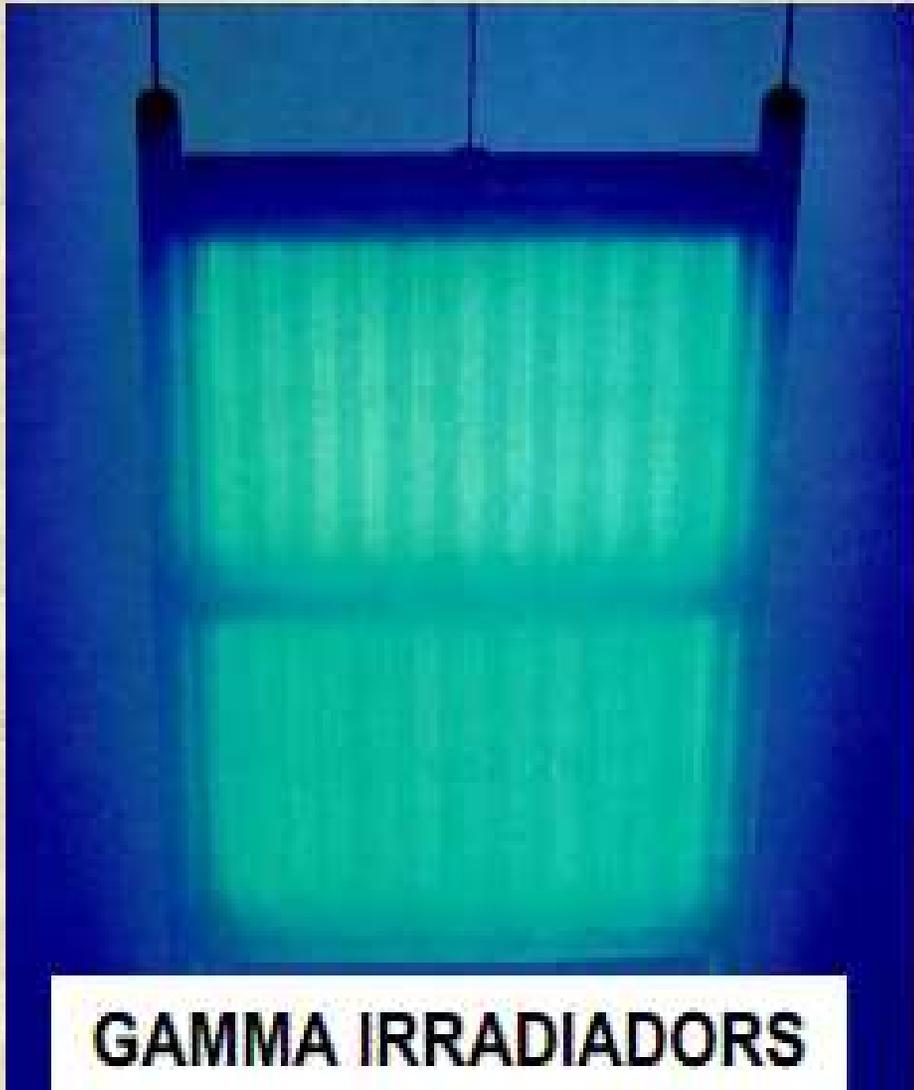
Inspection food (bones and metal detection in the meat)

3- Técnicas de Irradiación e Ionización

Basadas en la acción de la radiación sobre la materia:

- La energía depositada por la radiación en el medio produce modificaciones debido a su acción bactericida e ionizante. El poder ionizante de las radiaciones altera las propiedades tanto físicas como químicas de los materiales.

Irradiadores industriales

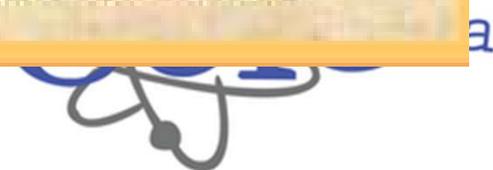


Irradiadores industriales



Sterilization of health care products including pharmaceuticals, medicals and surgicals.

Food preservation



Irradiadores industriales



**Industrial
Irradiation facility
with ^{60}Co**



Irradiadores industriales

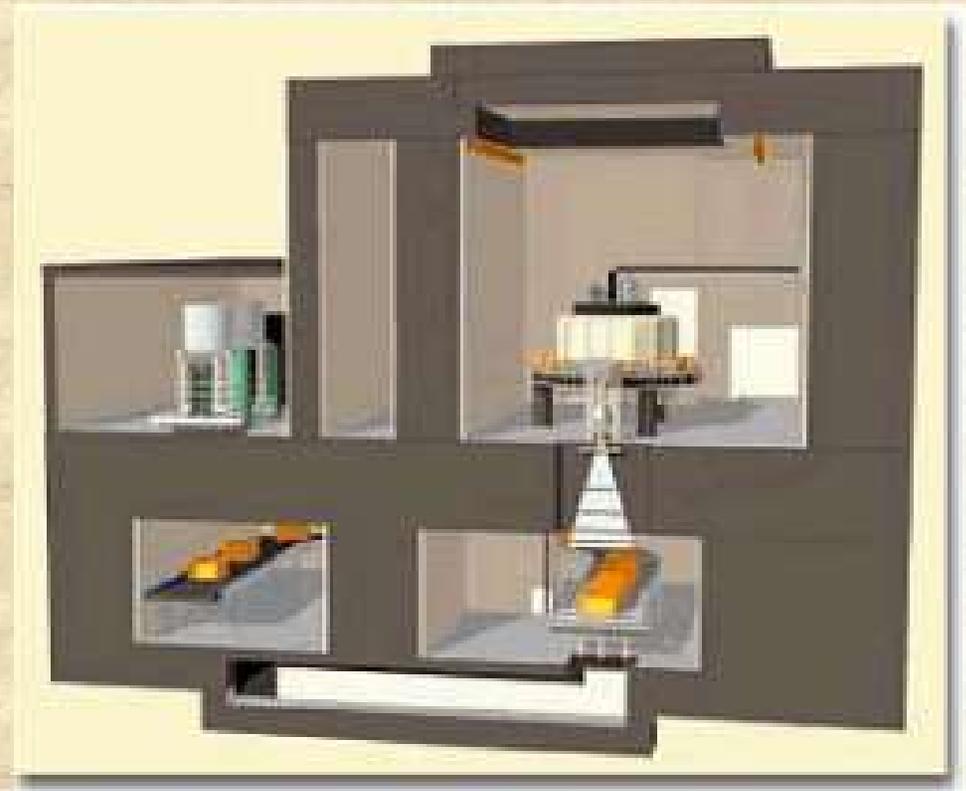


The pool



The pool guard

Irradiadores industriales



INDUSTRIAL IRRADIATORS

Particle accelerator

Irradiadores industriales



Product under the equipment

INDUSTRIAL IRRADIADORS

Particle accelerator

4- Técnicas analíticas: análisis de aleaciones para identificar elementos



- **X-Ray**
- **Am-241**

Alloy analyzer to identify chemical elements



OTHER APPLICATIONS

Portable nuclear analysis systems (PNAS)



X-Ray portable



X-Ray Spectrometer

APPLICATION OF RADIATION FOR SECURITY AND CUSTOMS PURPOSES

5- TRAZADORES RADIOACTIVOS

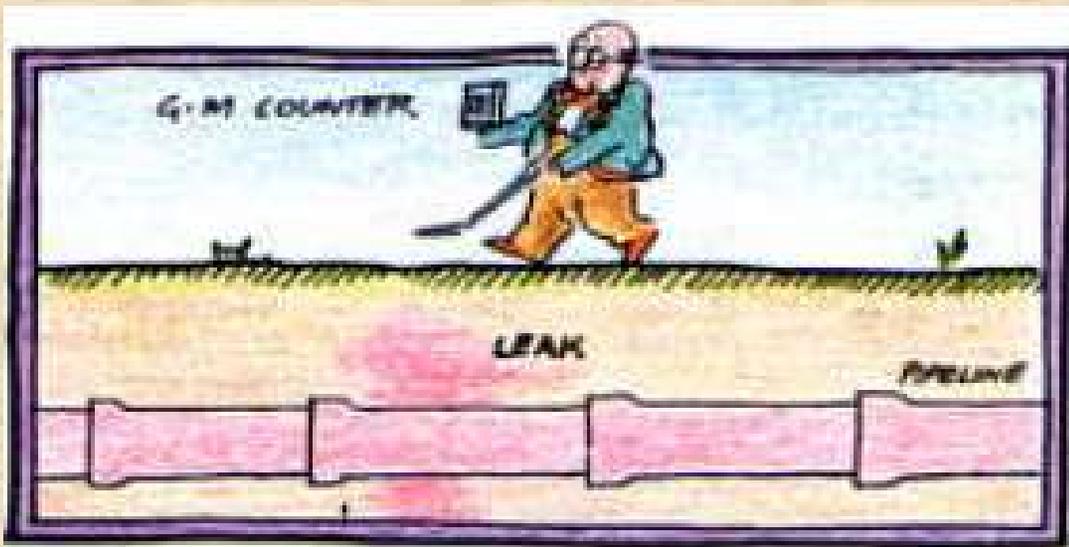
Se basa en la incorporación de radionucleidos a determinados materiales con el objeto de seguir el curso o conocer el comportamiento de éstos mediante la detección de las radiaciones emitidas.

APLICACIONES BASADAS EN EL EMPLEO COMO TRAZADORES

- Estudios de desgaste y fricción
- Contaminación ambiental
- Detección y localización de fugas en tuberías y depósitos.
- Transporte de fluidos

Trazadores radioactivos

- Flow measuring
- Piping leakage testing
- Hydrology



RADIOACTIVE TRACERS

6- Industria de perforación de pozos



Off shore

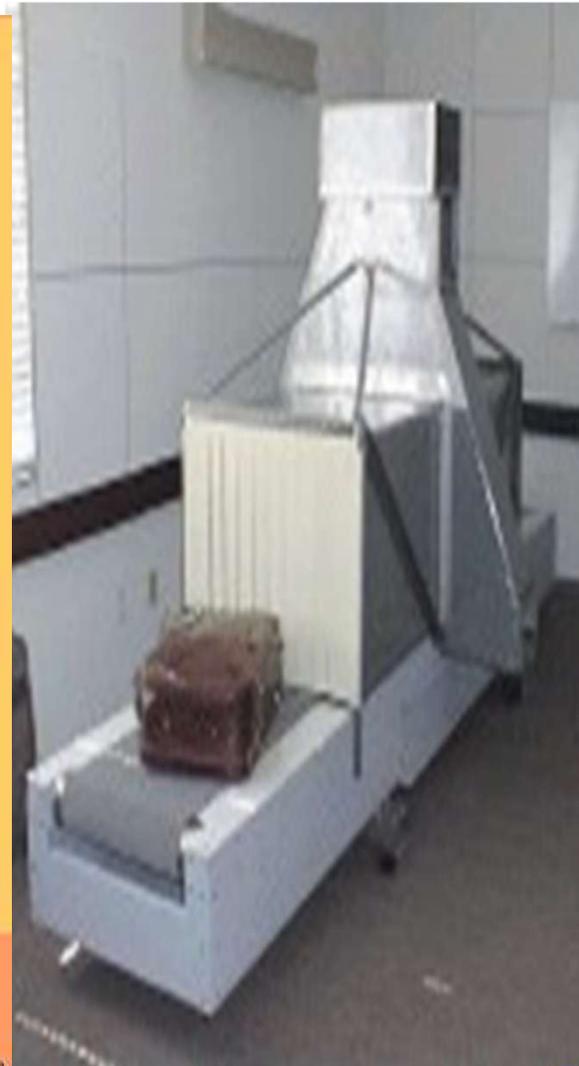


On shore

APLICACIONES ESPECIALES

- Aplicaciones de las radiaciones ionizantes para propósitos de seguridad y aduana
- A PERSONAS Y PAQUETES

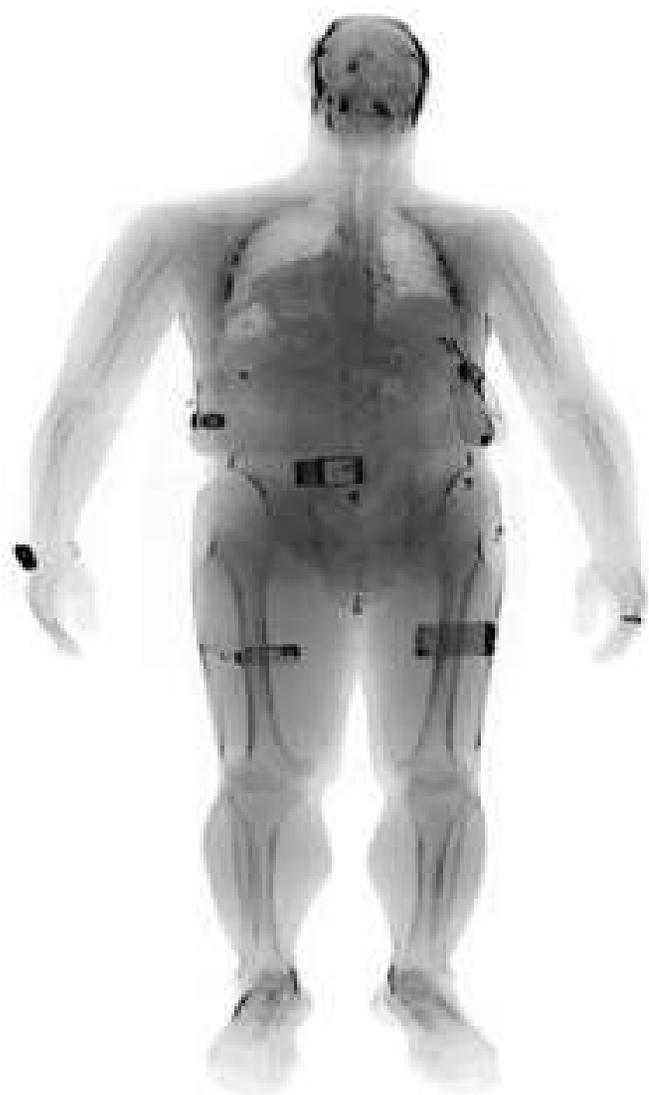
INPECCIÓN DE EQUIPAJES CON rx



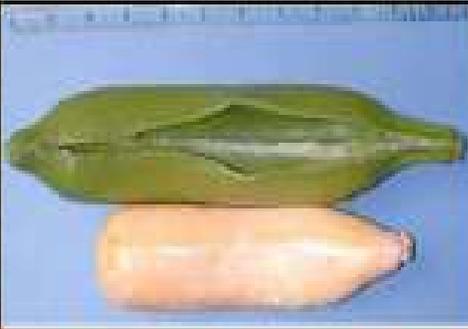
APPLICATION OF RADIATION FOR
SECURITY AND CUSTOMS PURPOSES

Baggage screening

JOSILTO DE AQUINO



Ilus. 52: Ejemplo de imagen mostrando polaridad positiva y negativa



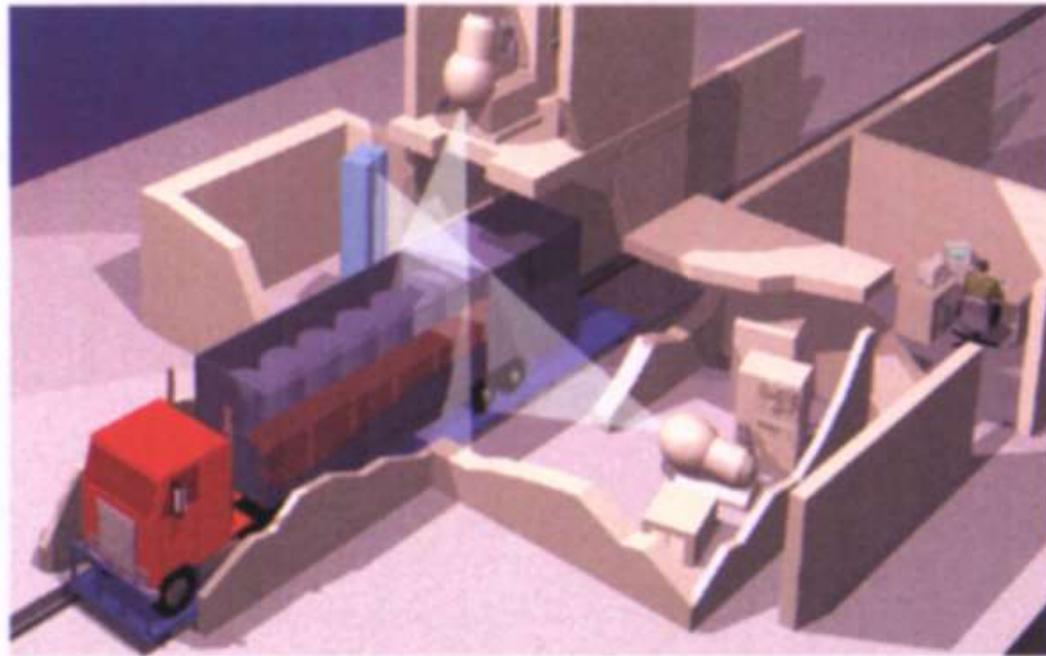
APPLICATION OF RADIATION FOR SECURITY AND CUSTOMS PURPOSES

Drugs, weapon detection

Inspección Aduanal

INSIGHT

X-Ray Inspection System for Sea Containers and Trucks



INSIGHT
DETECTION SYSTEMS

4104 Merchant Road Fort Wayne, IN 46818

Phone: (888) 710-3792
Fax: (219) 489-3654
E-mail: info@insightds.com
Website: www.insightds.com

lé sa



- Accelerator
- Co-60

APPLICATION OF RADIATION FOR SECURITY AND CUSTOMS PURPOSES

Cargo screening



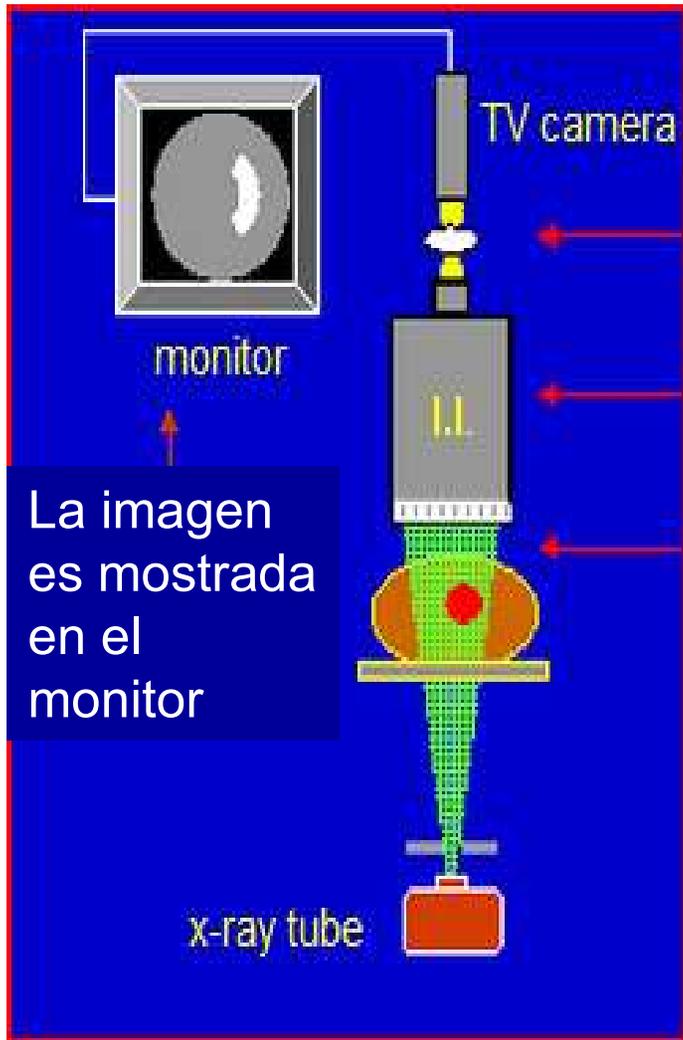
abril de 2025



Partes Principales del Equipo de RX para inspección aduanal

- 1- TUBO DE RX: es donde se generan y coliman los RX
- 2- CONSOLA DE CONTROL: se fijan los parámetros a emplear kV, mA
- 3- GENERADOR DE ALTA TENSION: suministra el potencial requerido al Tubo de RX
- 4- Bandeja de posicionamiento
- 5- Intensificador de imagen
- 6- Cámara de video
- 7- Monitor

Intensificador de Imagen



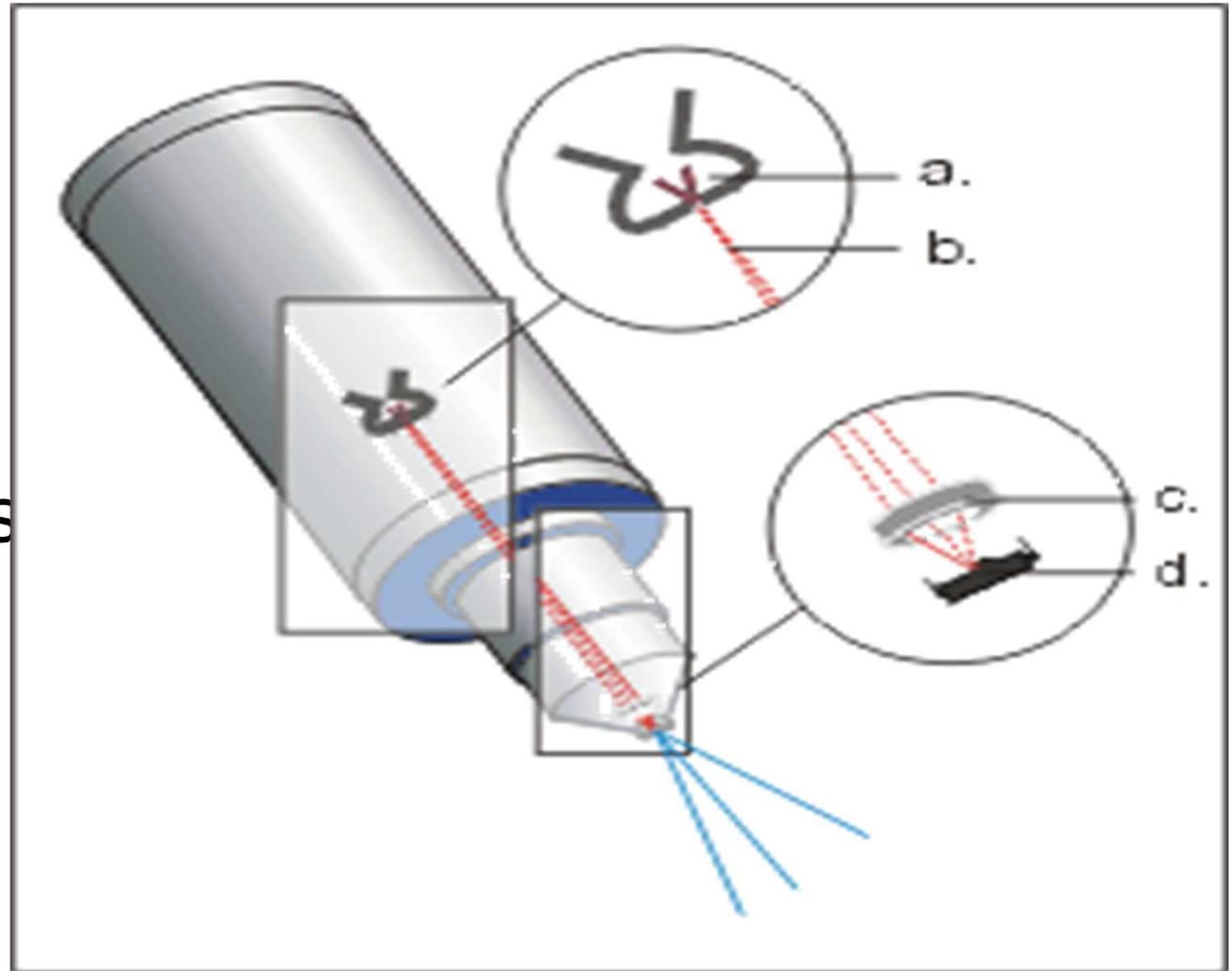
La imagen de luz visible es focalizada en la Cámara de TV

El I.I. convierte los RX en una imagen de luz visible

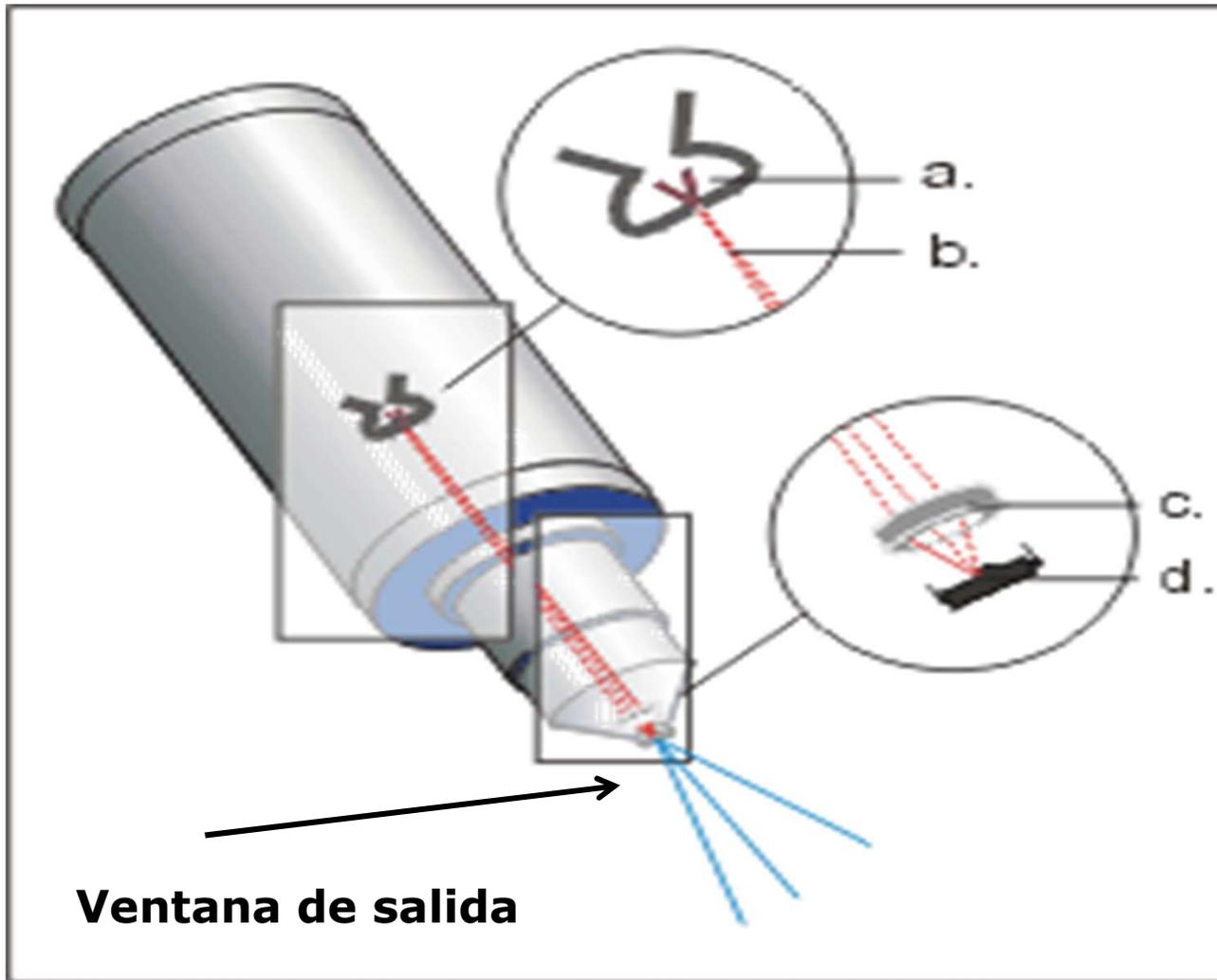
Los RX que emergen de la muestra y alcanzan el Intensificador de Imagen (I.I.)

Tubo de RX

El tubo de RX es el componente principal de un equipo de RX



Tubo de RX para inspección

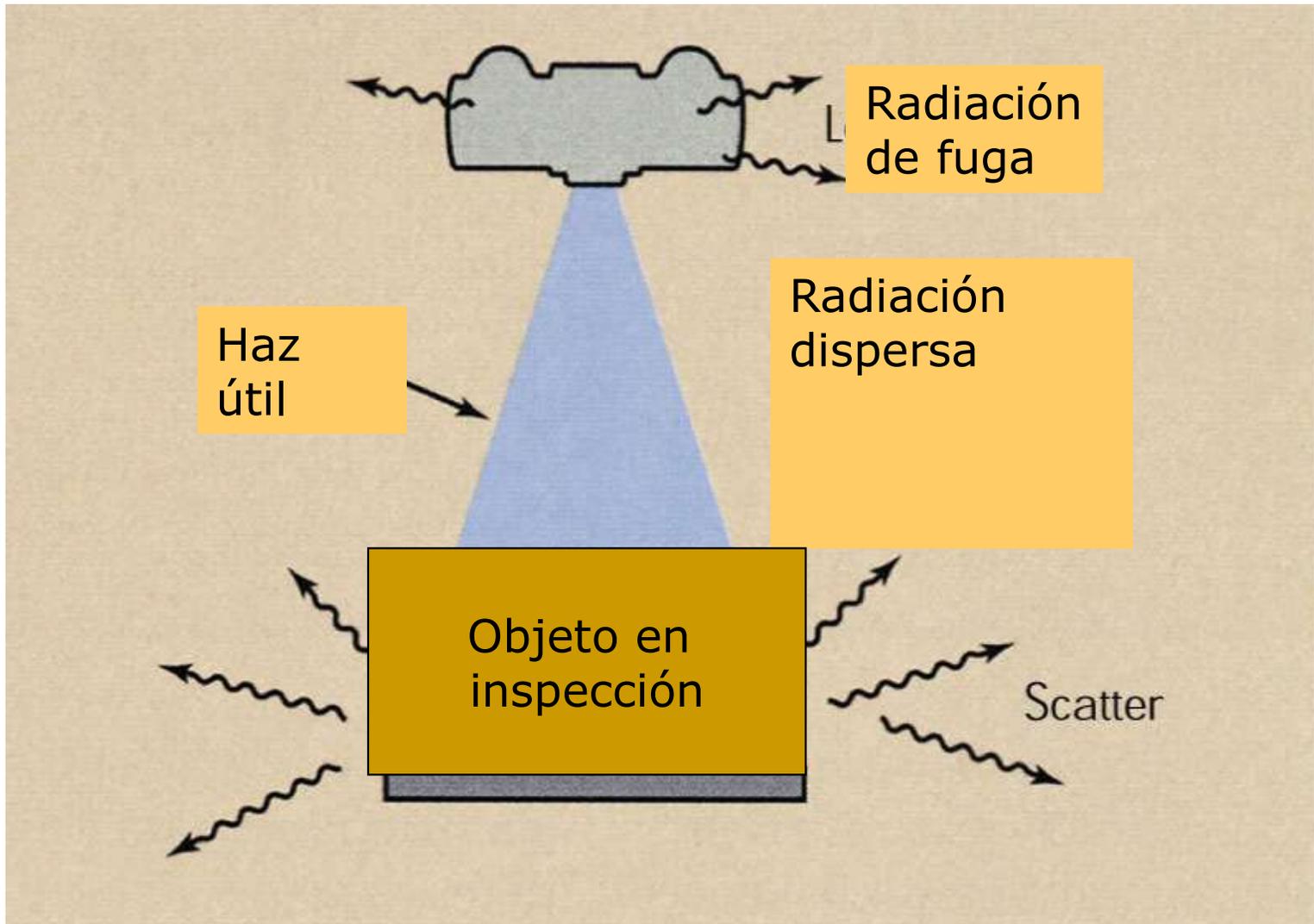


- a. filamento
- b. Haz de electrones
- c. Lente magnético
- d. blanco

Tipos de radiación emitida por el Tubo de RX

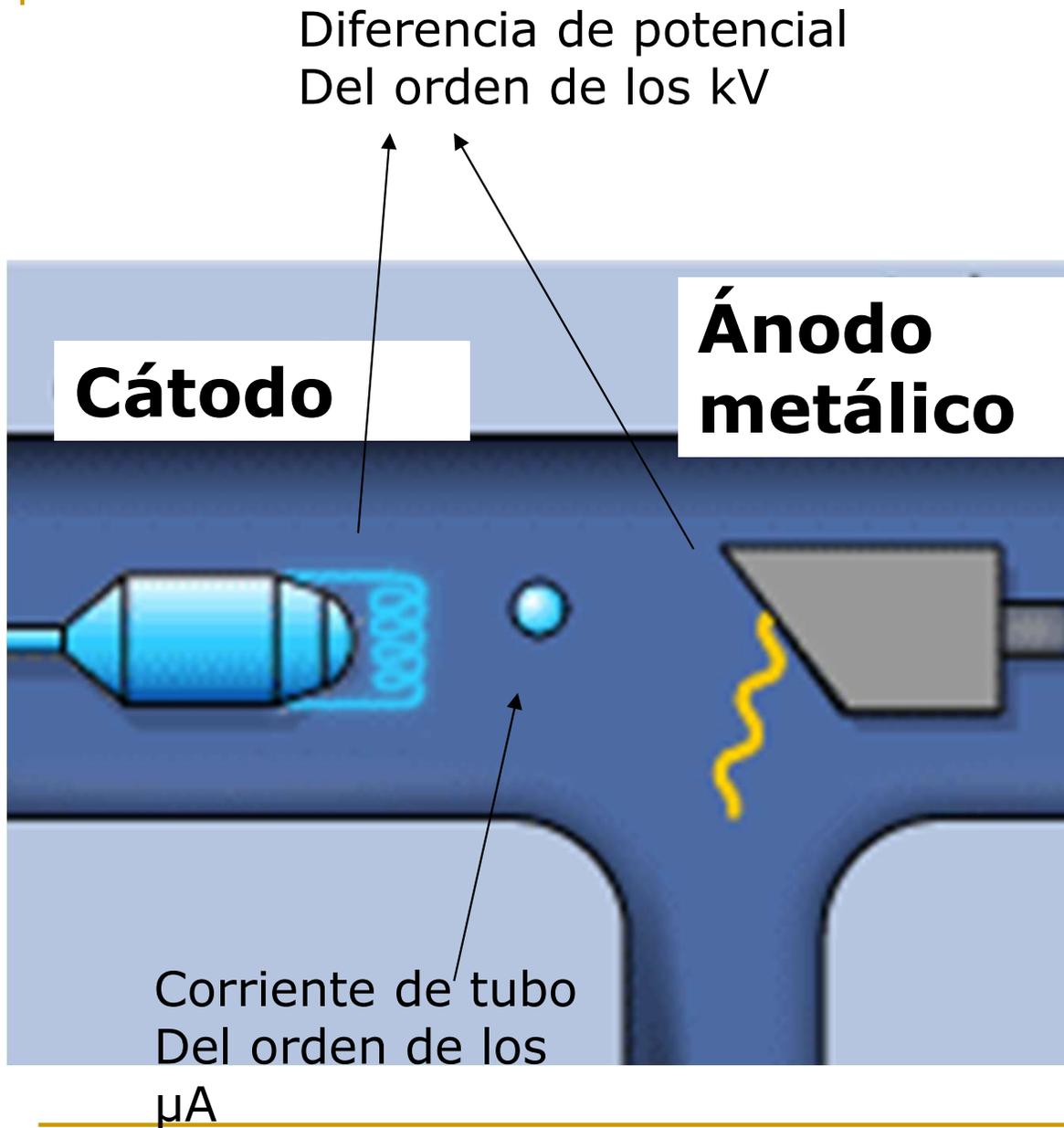
- **Primaria (haz útil)** : la que emerge del tubo a través de la ventana de salida
- **Dispersa**: después de dispersarse en los objetos que se inspeccionan
- **Fuga**: la no absorbida en la carcasa





Copyright © 2005 Mosby, Inc. All Rights Reserved.

Como se producen los RX?



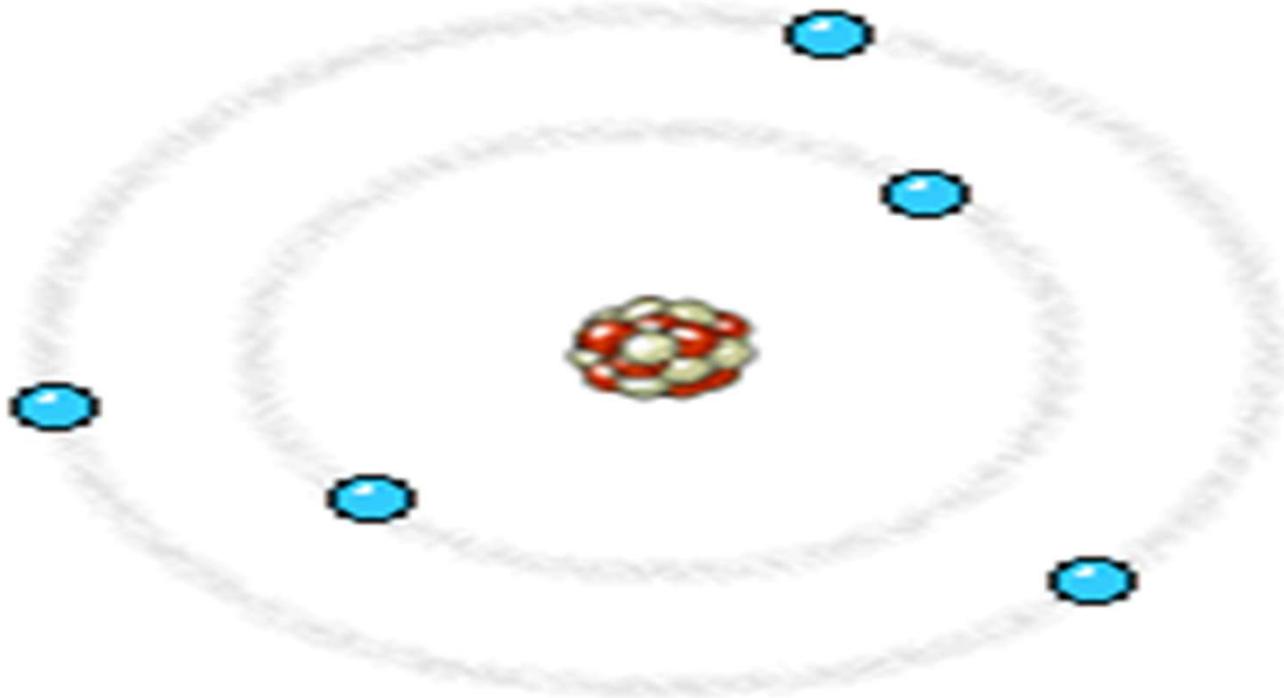
- Los RX se producen cuando los electrones chocan con el metal del ánodo.
- Los electrones son liberados del filamento incandescente y acelerados por el alto voltaje hacia el ánodo.
- Los RX son producidos cuando los electrones colisionan con los átomos del ánodo y se frenan bruscamente.
- Proceso de radiación de frenado.

Formación de los Rayos X

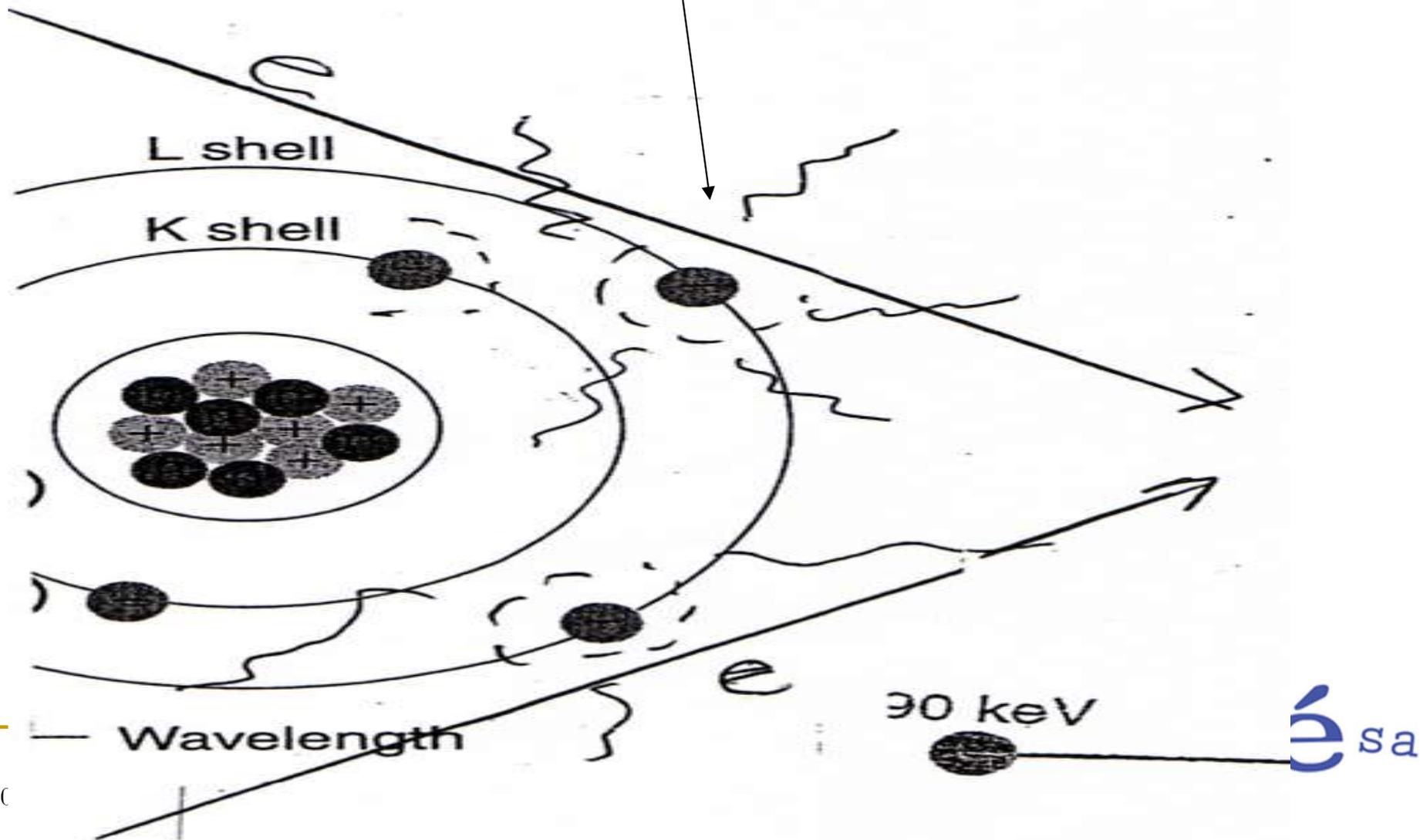
■ **PROCESO PRINCIPAL**

□ **RADIACIÓN DE FRENADO O Bremsstrahlung**

- **Rayos X o Bremsstrahlung:** El electrón proveniente del cátodo es desviado en la envoltura del átomo y desacelerado (frenado) por el campo eléctrico positivo del núcleo. La energía perdida en el proceso de frenado es emitida como Rayos X. Cuanta energía pierde depende de cuanto logró acercarse la núcleo

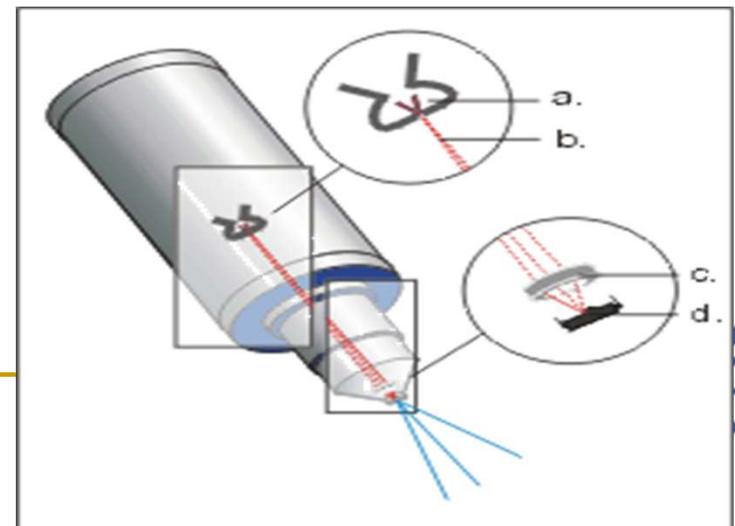


1% de las interacciones generan los RX
99% se convierten en calor



Componentes internas: cátodo

- Es el electrodo negativo. Contiene al filamento
- Filamento: alambre enrollado de tungsteno de aproximadamente de milímetros de largo. Es donde se producen los electrones

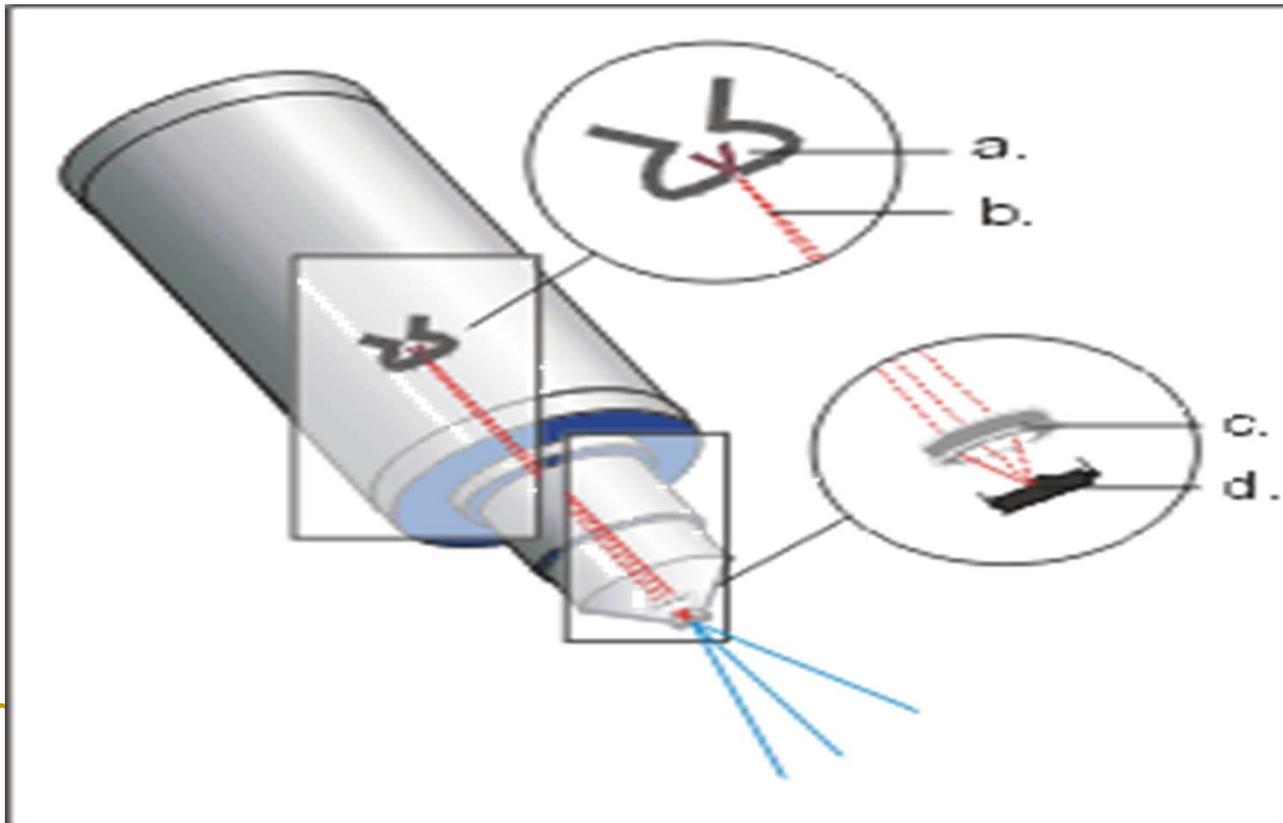


Filamento

- Los electrones son producidos calentando el filamento (proceso de termo-emisión)
- La temperatura que alcanza el filamento controla la cantidad de electrones que se producen (corriente de tubo o μA)
- Mientras mayor sea el mA seleccionado mayor temperatura alcanza el filamento, mayor cantidad de electrones se produce generando más RX

Componentes internas: ánodo

- Es el electrodo positivo. Contiene al blanco



Blanco

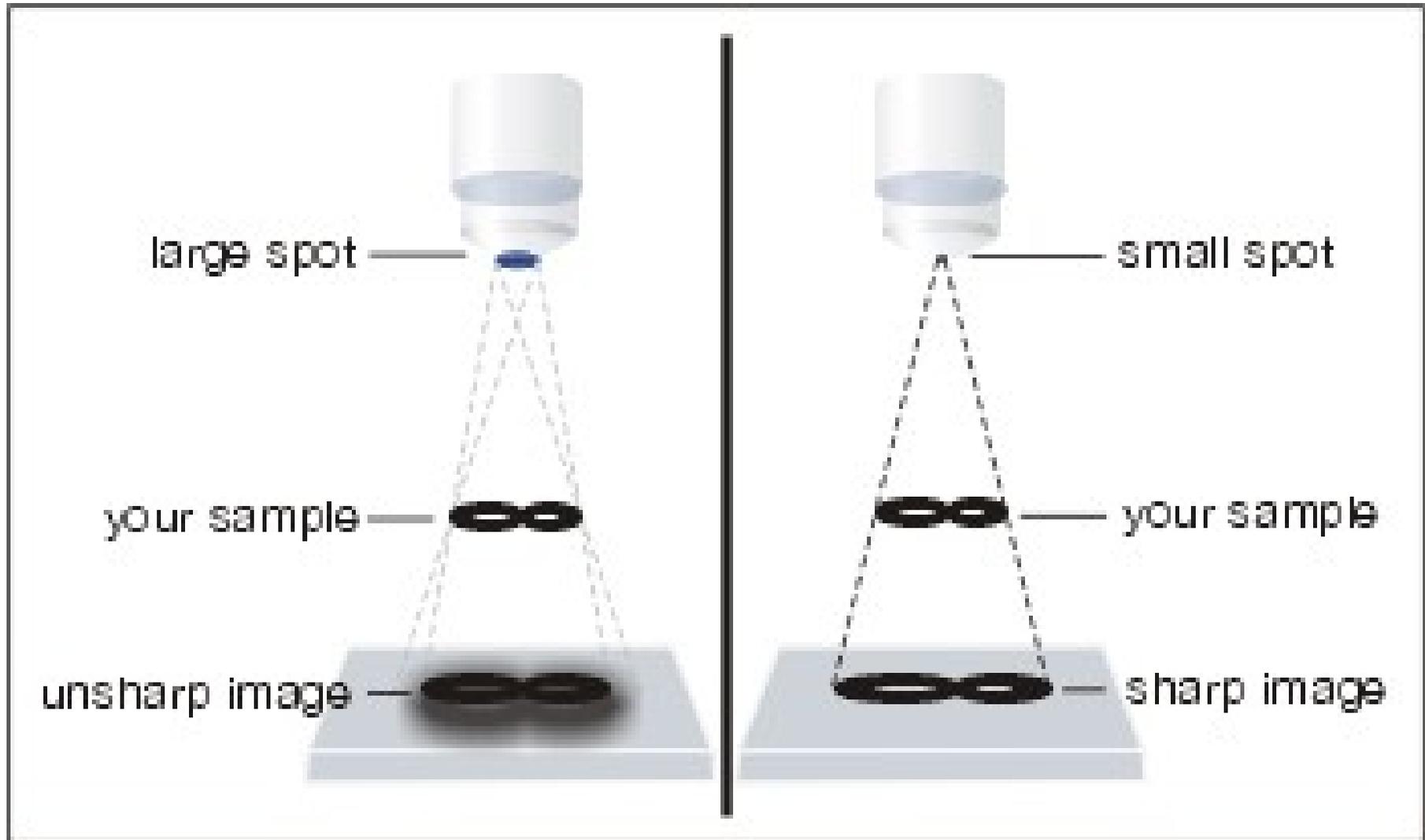
- Contiene al punto focal que es el area donde impactan los electrones
- El Tungsteno es el material que usualmente se usa

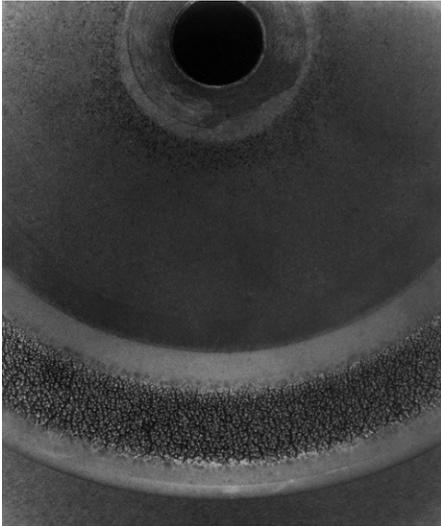
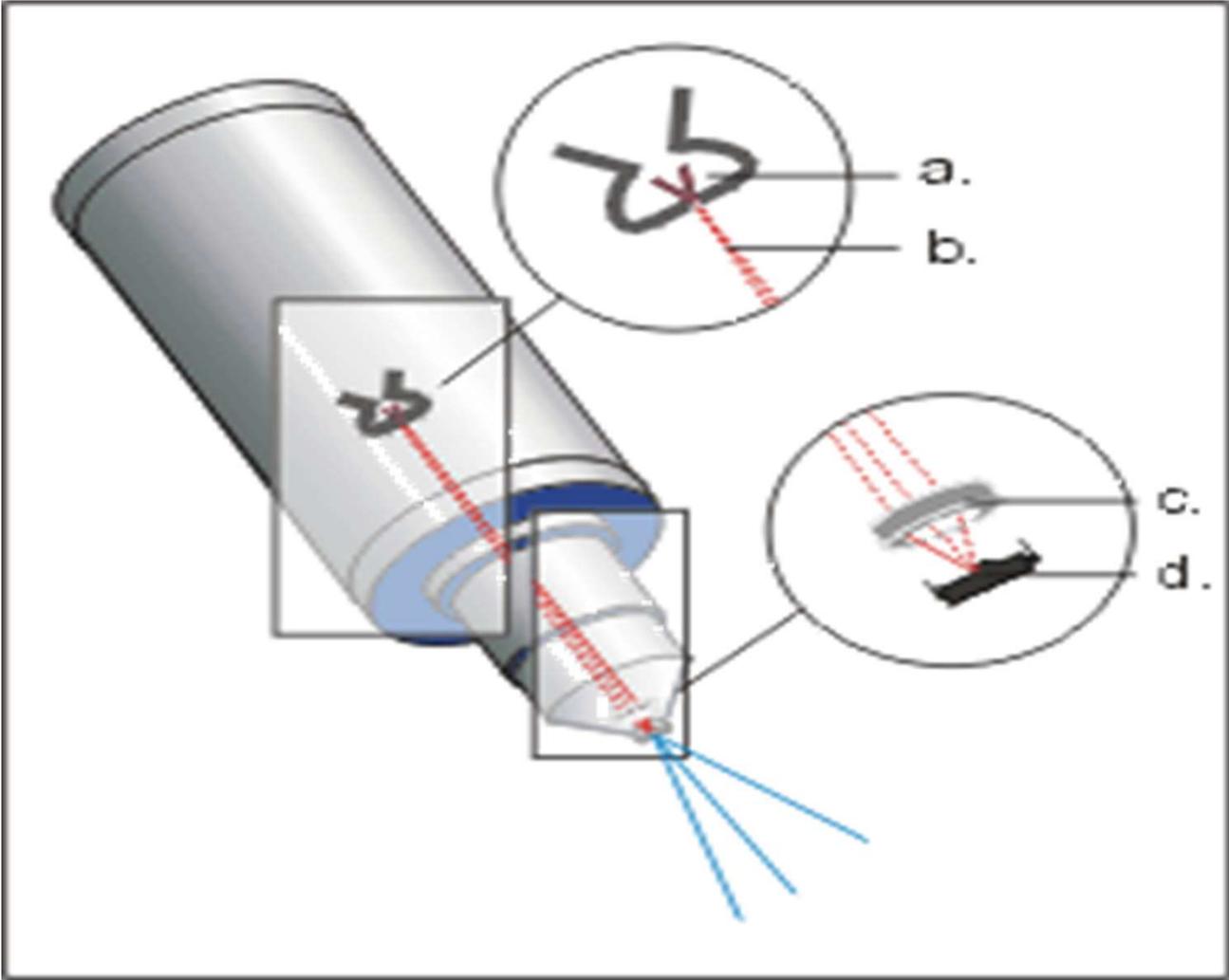
Punto focal

- Es el área del blanco donde impactan los electrones y se generan los RX
- Mientras más pequeño sea el punto focal mejor es la resolución de la imagen (punto focal del orden de los micrómetros)



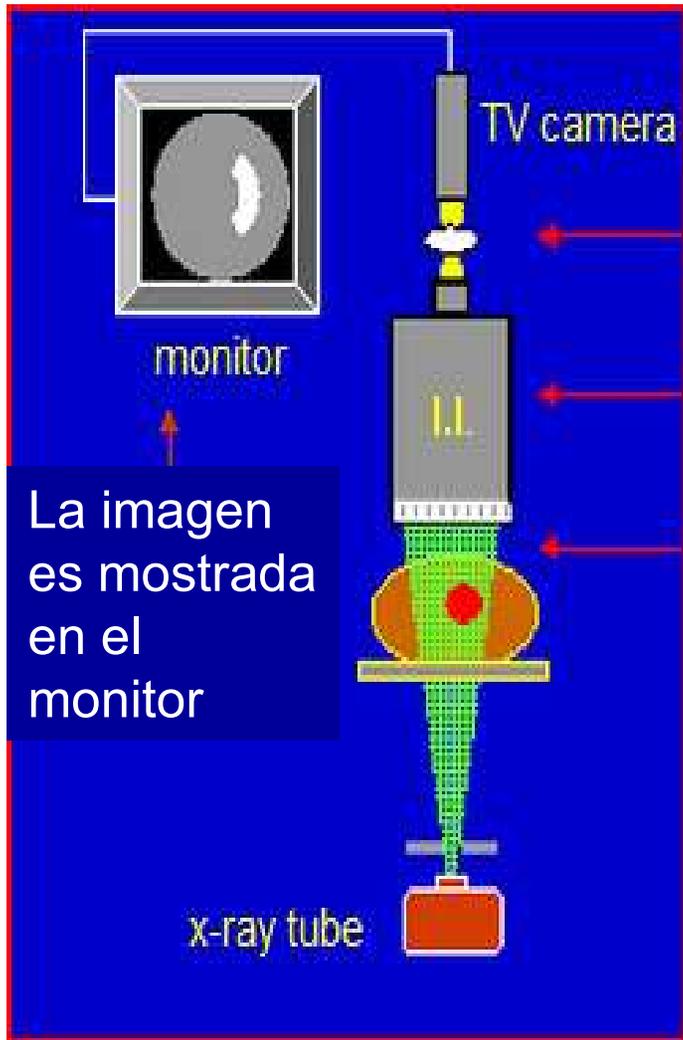
■ Punto Focal





sa

Intensificador de Imagen



La imagen de luz visible es focalizada en la Cámara de TV

El I.I. convierte los RX en una imagen de luz visible

Los RX que emergen del paciente y alcanzan el I.I.

Factores que afectan el haz Útil de Rayos X

■ CANTIDAD Y CALIDAD

■ CANTIDAD: se refiere a Intensidad del Haz

- 1- μA

- 2- kV

■ CALIDAD: se refiere a la capacidad de penetración del Haz

- 1- kV

LA CANTIDAD de RX

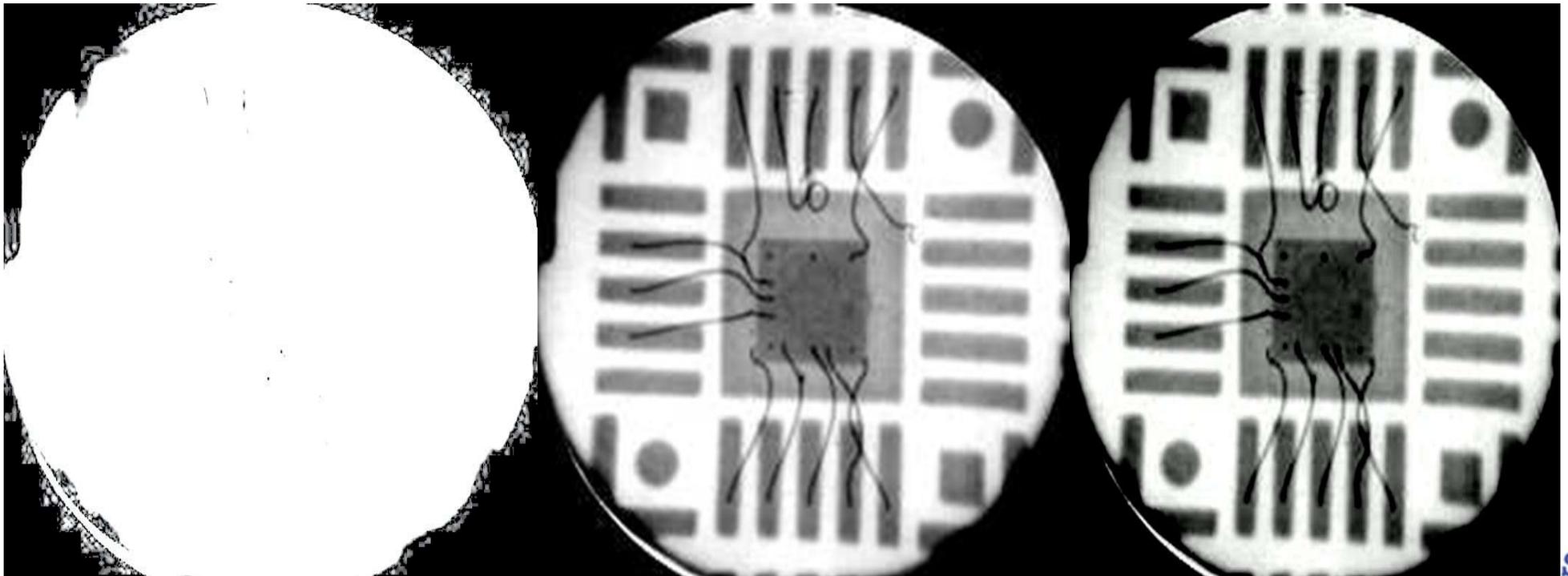
Depende de:

- 1- μA : si aumenta la corriente de tubo μA , la Intensidad del haz aumentara en la misma proporción

70 kV - 1 mA

70 kV - 50 mA

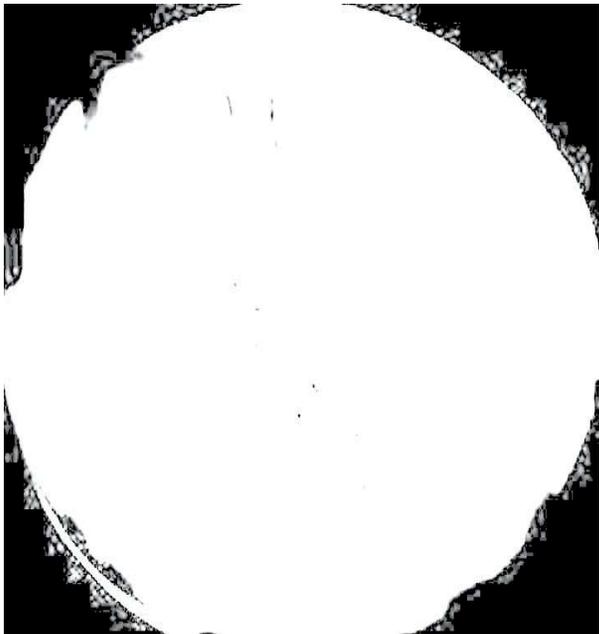
70 kV - 80 mA



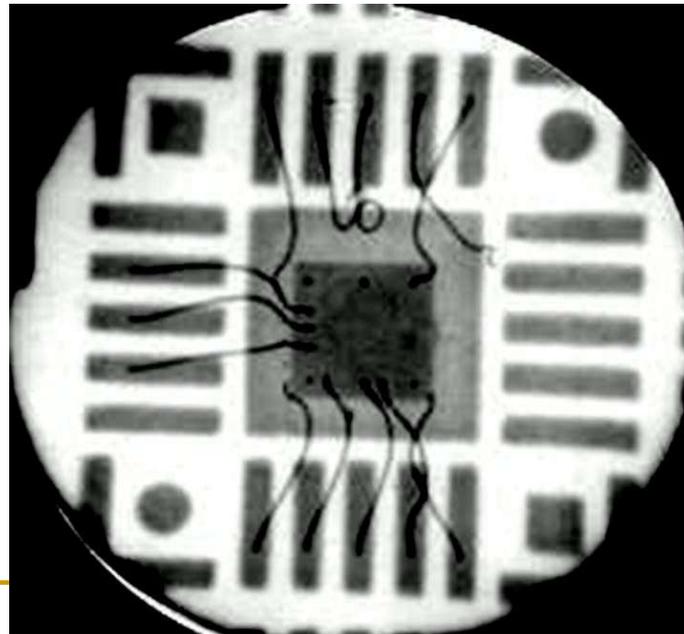
Depende de:

- 2- **kV**: si aumenta el kV, aumenta la Intensidad del haz.
- Al aumentar el kV , también aumenta la capacidad de penetración del haz y por tanto disminuye el contraste

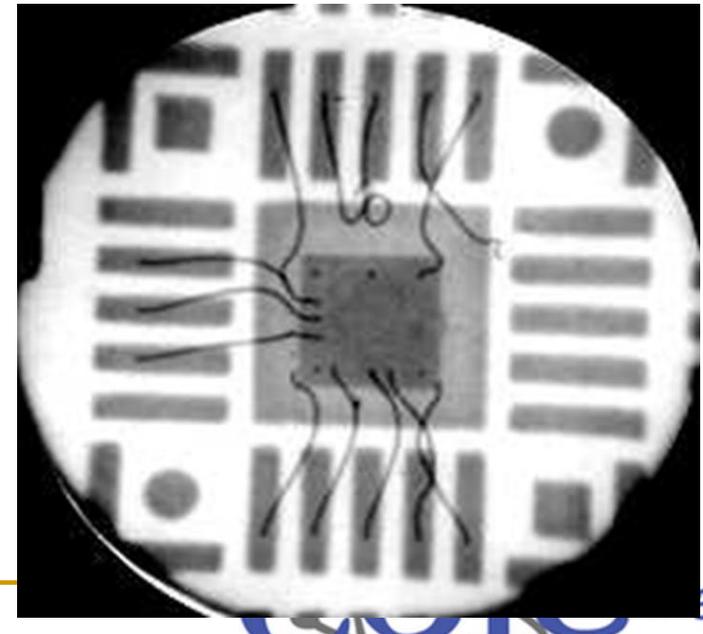
30 kV - 50 mA



50 kV - 50 mA



80 kV - 50 mA



Densidad y Contraste

- KVp = controla el contraste
- (diferencia del negro al blanco)

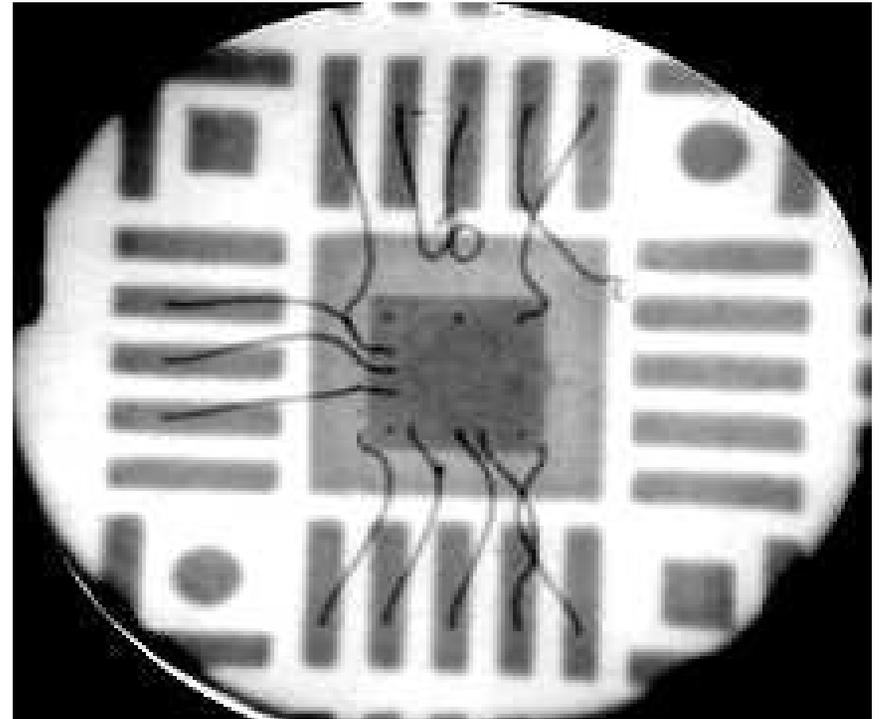
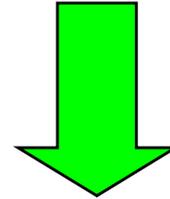
- mAs – densidad
- (grado de oscurecimiento en la imagen)

LA CALIDAD DEL HAZ DE RX

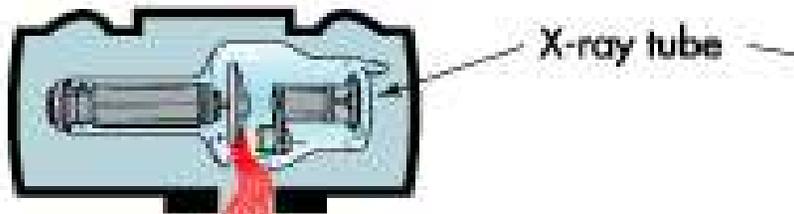
- **Depende de:**
 - 1- kV

Interacción de la radiación con la materia

- Grado de penetración diferenciado (atenuación diferenciada)



High kVp, low mAs



X-ray tube

High-energy,
penetrating
x-ray beam

A

Objeto en inspección

Receptor de la
imagen

- Del 100 % de los RX que entran en el objeto a inspeccionar solo el 1% lo penetra para formar la imagen

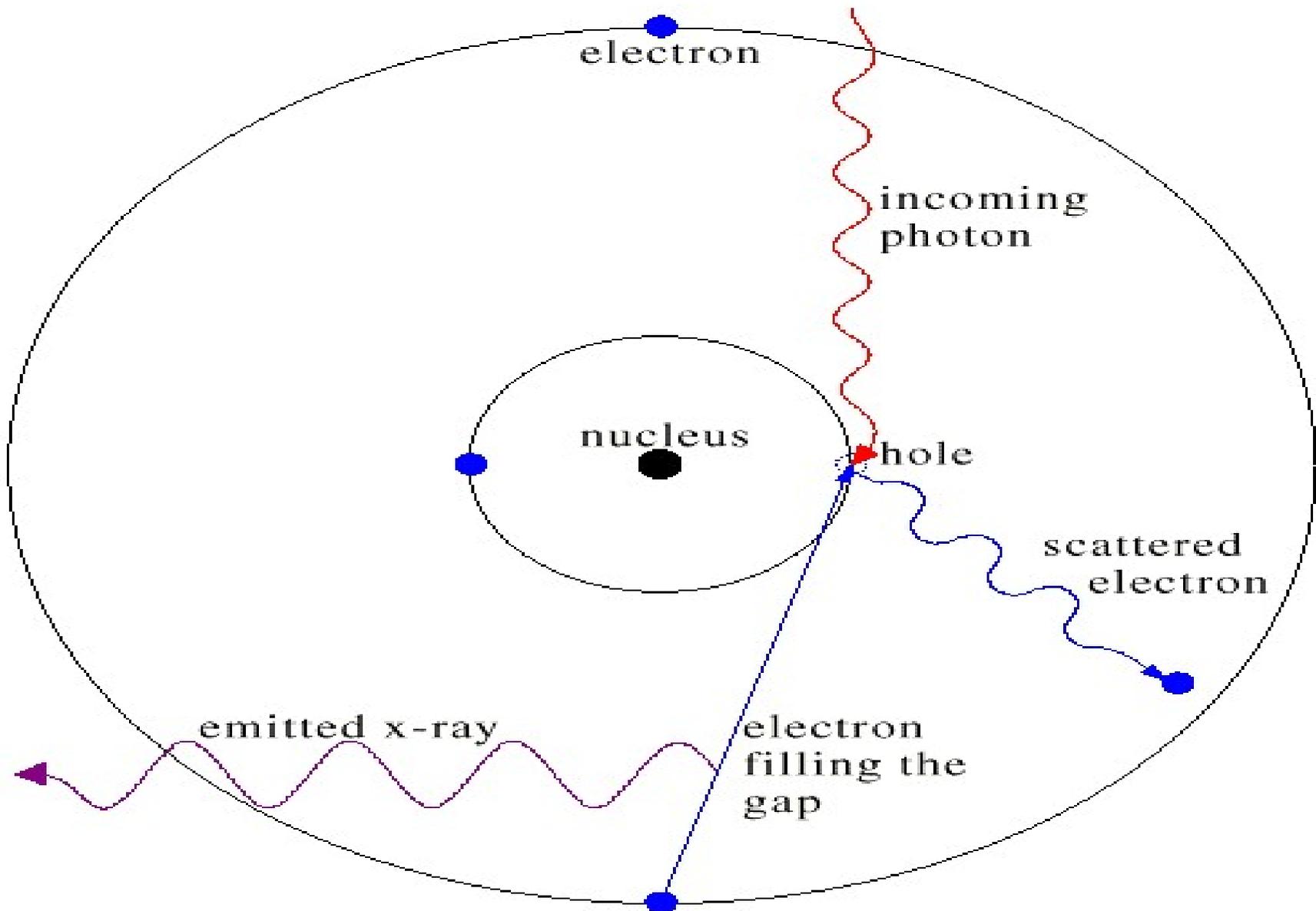
Interacción de los RX durante una radiografía

- Cuando la radiación pasa a través del paciente, tres cosas pueden suceder (1) Los RX son transmitidos, pasando a través del objeto en inspección, produciendo áreas oscuras; (2) los RX son absorbidos en los lugares de mayor densidad, produciendo las áreas claras, y (3) los RX son dispersados y aquellos que llegan al soporte de la imagen producen pérdida de contraste

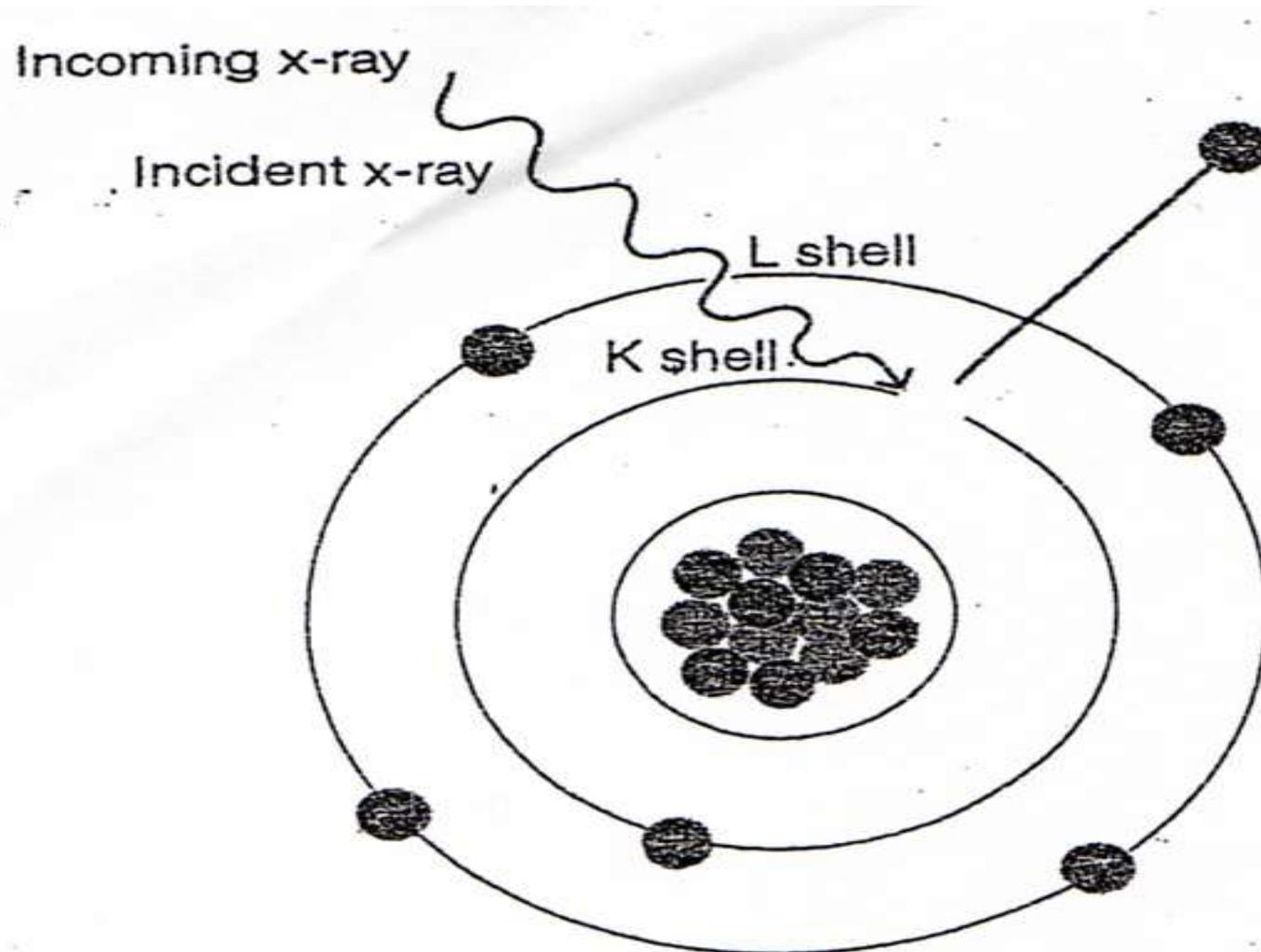
Interacción de los RX con el objeto a inspeccionar

- Interacción de los fotones en la muestra
 - 1-Fotoefecto
(interacción de absorción)
 - 2- Efecto Compton
(interacción de dispersión)

Fotoefecto

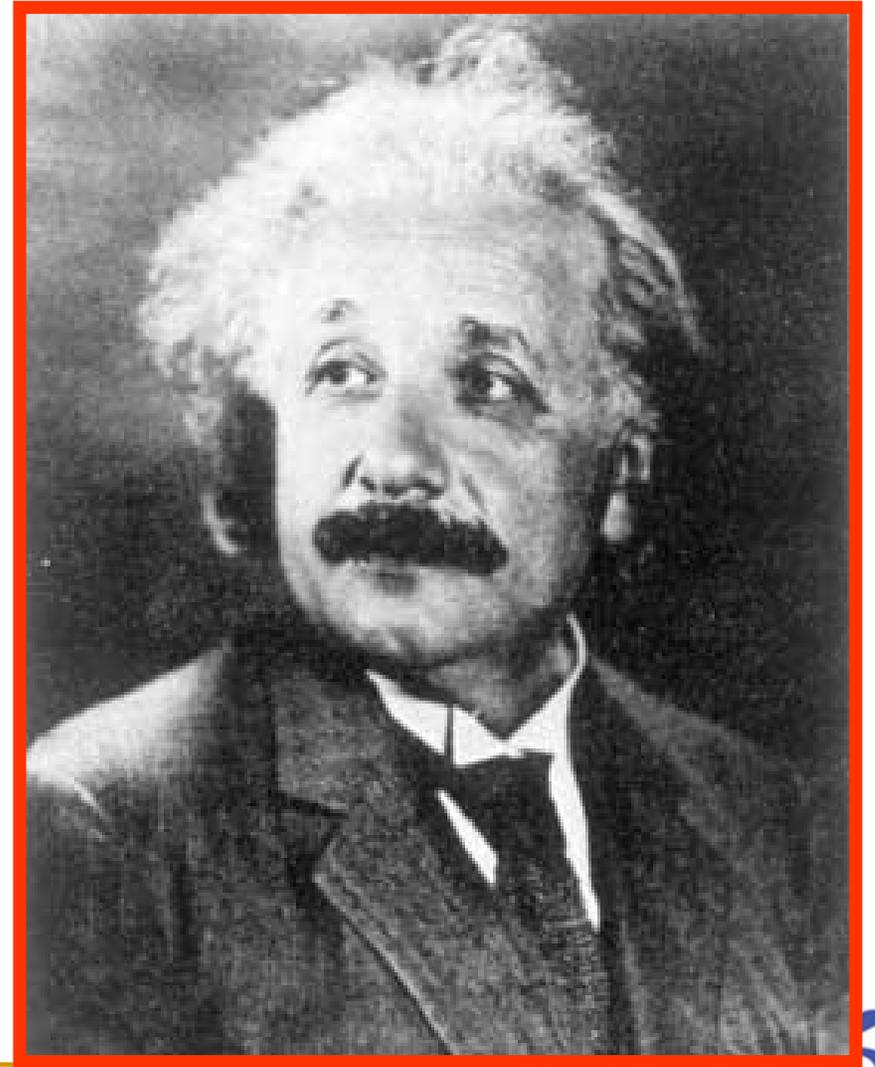


Fotoefecto



Albert Einstein

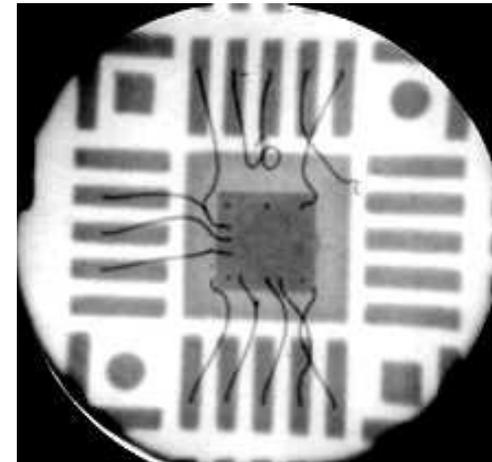
- Fue quien explicó el Fotoefecto



Factores que afectan la probabilidad de que ocurra la absorción de RX (fotoefecto)

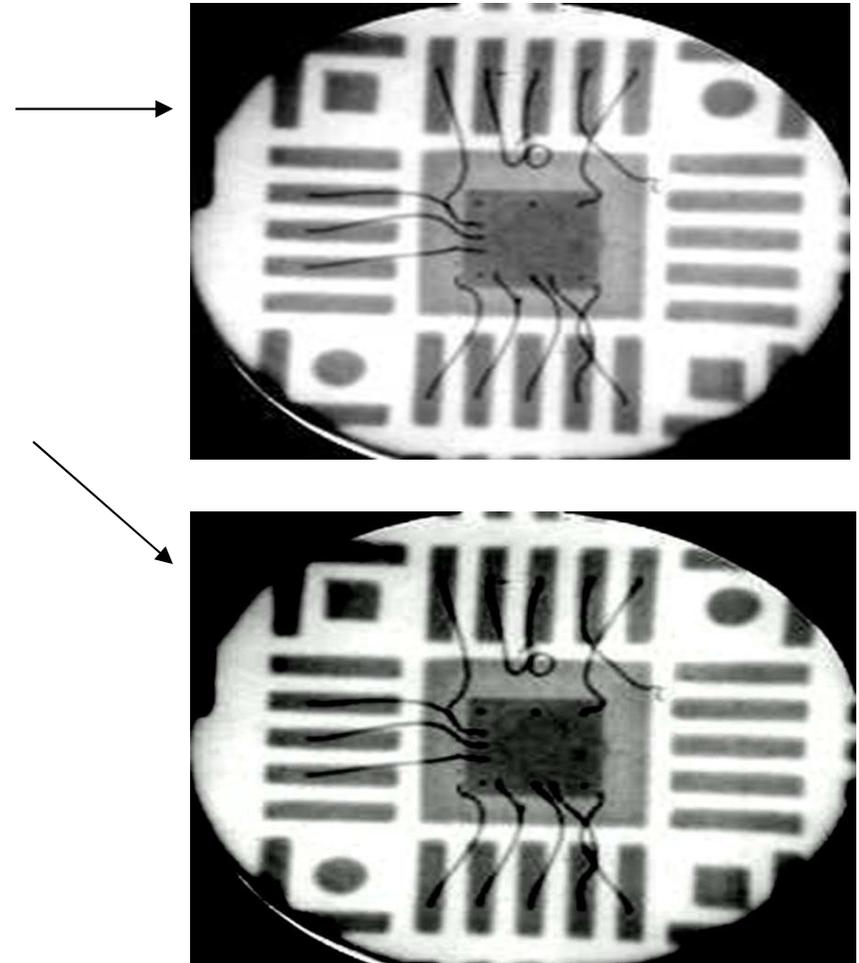
ES EL PROCESO MAS IMPORTANTE EN LA OBTENCIÓN DE LA IMAGEN RADIOGRÁFICA

- La probabilidad de **absorción** decrece rápidamente con el incremento del kV(a mayor kV menor probabilidad de absorción y mayor poder de penetración y por tanto menor contraste)
- La probabilidad de **absorción** se incrementa con:
 - número atómico Z, con la densidad y con el espesor
 - cobre Z=29 (Densidad (22° C): 8.96 g/cm³)
 - plástico Z= 7 (Densidad (22° C): 1 g/cm³)
 - Esto implica que: es más probable la absorción en el cobre que en el plástico, lo cual posibilita el contraste (diferencia de oscurecimiento entre zonas adyacentes de la imagen)
 - materiales de alto Z son fuertes absorbentes de RX (blindaje plomo Z=82)



Dependencia de la penetración de los RX con el kV

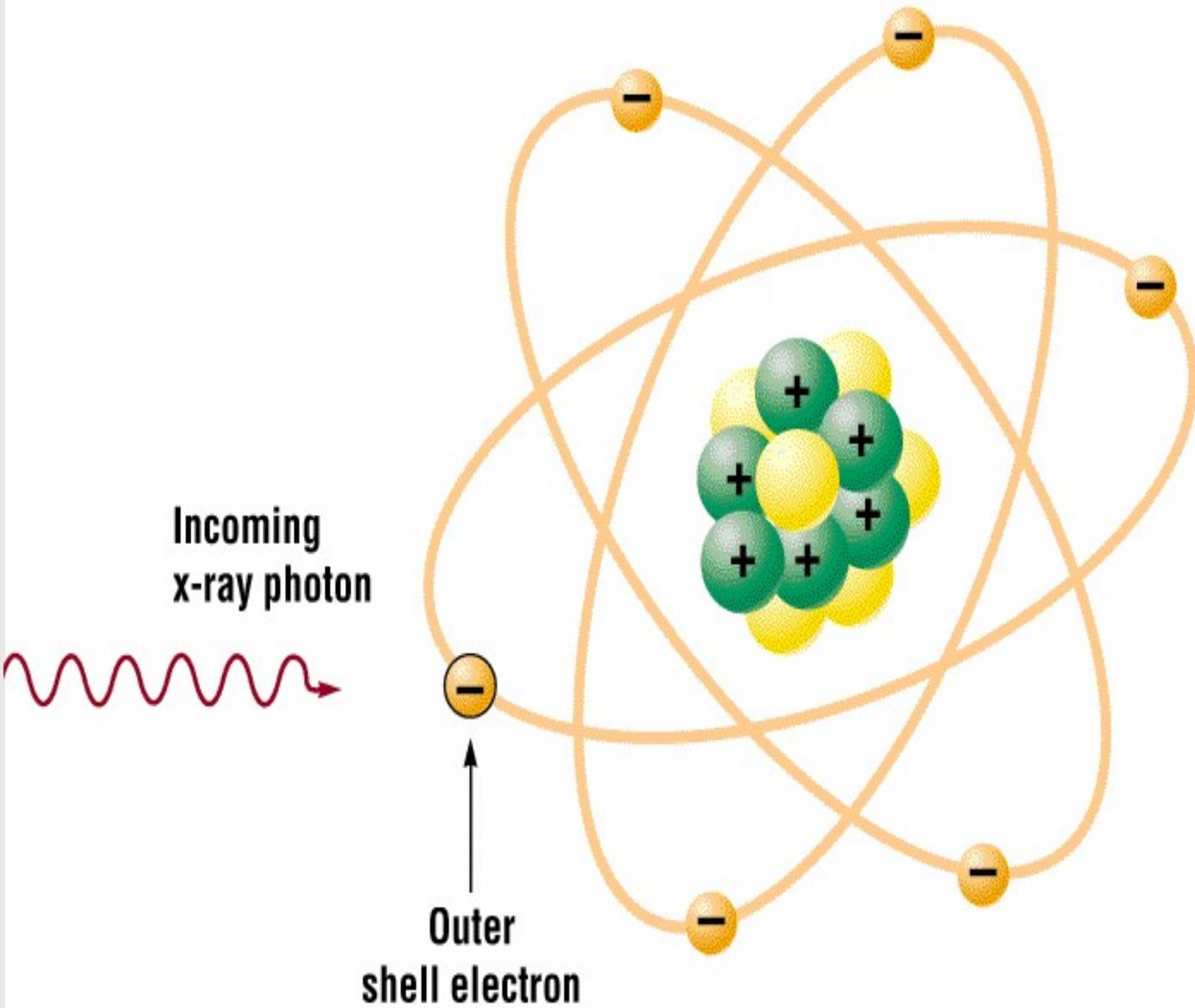
- A mayor kV aumenta la capacidad de penetración de RX y por tanto disminuye el contraste de la imagen
- Lo contrario a menor kV disminuye la capacidad de penetración de los RX y aumenta el contraste de la imagen
- **CONCLUSIÓN:** para ajustar el contraste de la imagen se necesita aumentar o disminuir el kV del equipo



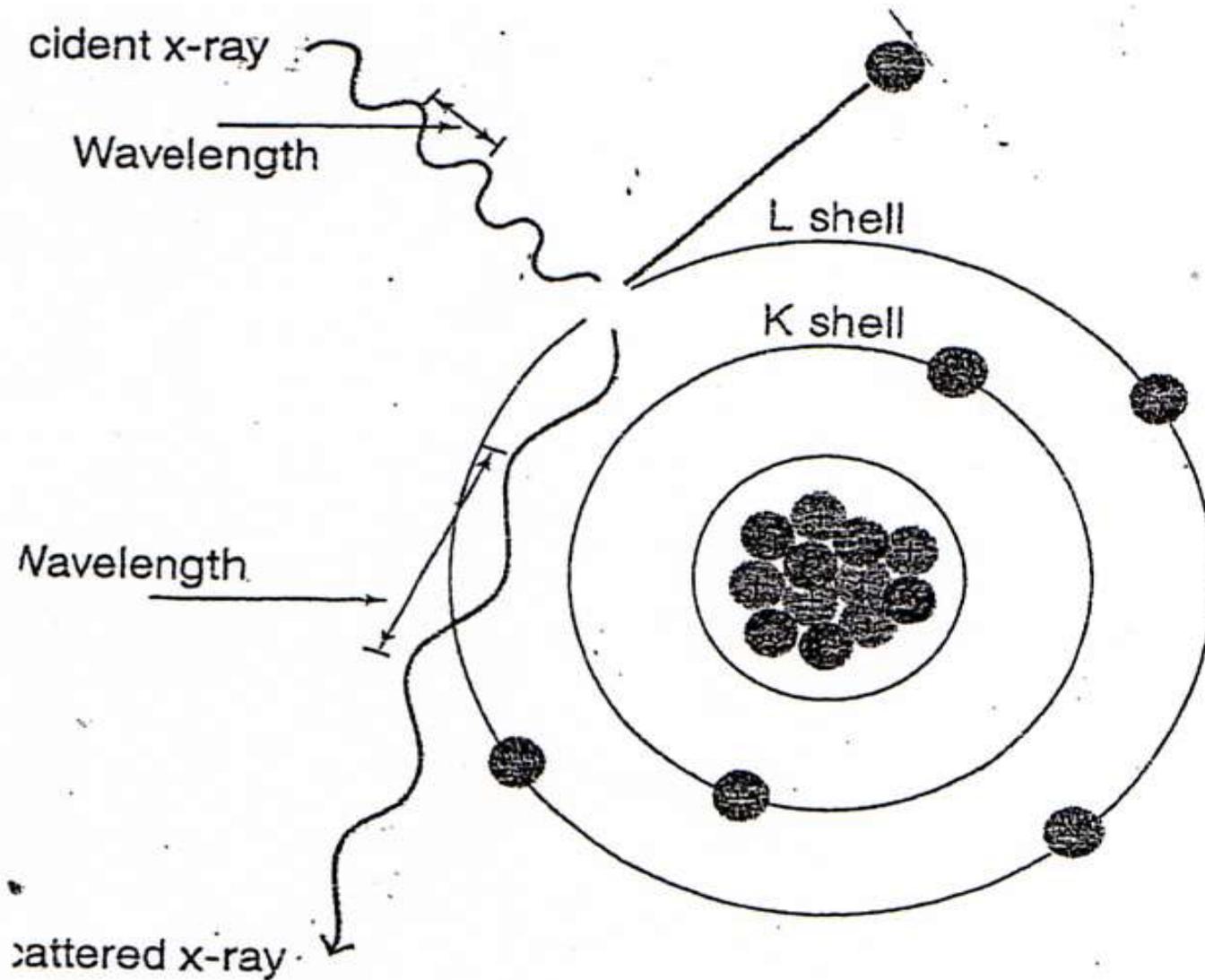
Dependencia de la penetración de los RX con la densidad

- A mayor densidad del material menor capacidad de penetración de los RX y viceversa
- El objeto cuyas partes a inspeccionar son de baja densidad y además las densidades son similares se debe usar bajo kV para aumentar el contraste entre las mismas
- En un objeto cuyas partes a inspeccionar son de alta densidad se debe usar un kV más elevado con el objetivo de aumentar la capacidad de penetración.

COMPTON SCATTERING



Compton



Factores que afectan la probabilidad de que ocurra la dispersión(el efecto compton)

- La probabilidad de dispersión decrece suavemente con el incremento de la energía
- La probabilidad de dispersión no depende de Z (igual para el cobre, estaño o plástico)

ES UN PROCESO NO DESEADO PUES CONLLEVA A :

- 1- PERDIDA DEL CONTRASTE RADIOGRÁFICO**
- 2- NECESIDAD DEL USO DE BLINDAJE**

control de calidad soldaduras

Las Imperfecciones de soldadura se dividen en las siguientes categorías:

- soldadura insuficiente
- Demasiada soldadura
- burbujas de gas dentro de la soldadura
- desalineación debido a la colocación incorrecta de los componentes

Imágenes control de calidad soldaduras

