

# *Grupo IRIS de Física Médica*

**I**mage **R**econstruction, **I**nstrumentation and  
**S**imulations for medical applications

[\*\*http://ific.uv.es/iris\*\*](http://ific.uv.es/iris)

Gabriela Llosá Llácer

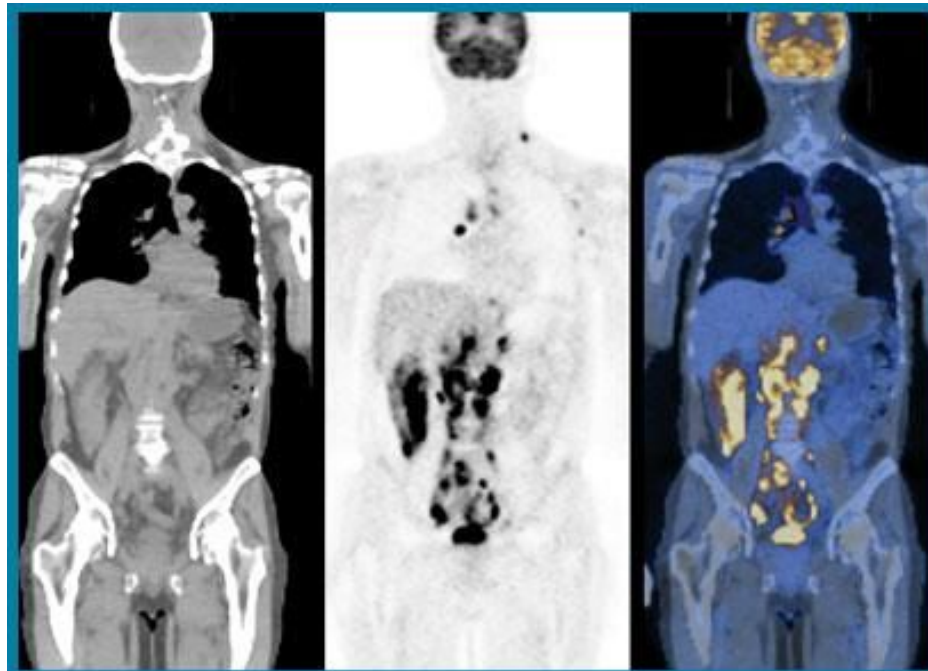
Instituto de Física Corpuscular (IFIC – CSIC/VEG)

Instalación de Física Médica (IFIMED)

*IFIC Summer Student Programme  
19 Julio 2016*

# Contenido

- La física médica y la imagen médica
- Técnicas de imagen médica
- Terapia con fotones y terapia hadrónica.
- Grupo IRIS



# La medicina necesita a la física

La medicina utiliza propiedades físicas para ayudar al diagnóstico y a la curación de enfermedades, e incluso para mitigar el dolor.



Física médica: aplicación de la física al diagnóstico y a la terapia en medicina

# Qué es la física médica?

Origen de la física médica:

Rayos X de Röntgen en 1895

Primer premio Nobel de  
física en 1901



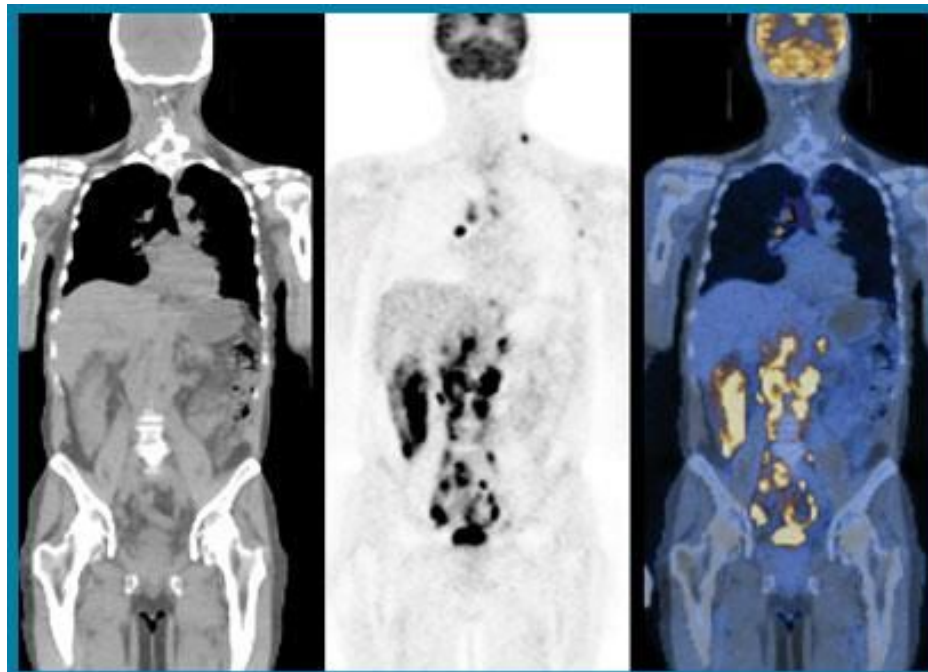
**REVOLUCIÓN. Uno de los pilares de la medicina moderna**

# Qué es la física médica?

- Aplicación de la física al diagnóstico y a la terapia en medicina
- La física de partículas desempeña un papel esencial en algunas técnicas de imagen médica:
  - Se utilizan partículas (algunos tipos concretos) como en otras áreas, generalmente a menores energías.
  - Mismo tipo de detectores que en otras áreas (física de altas energías, de astropartículas)

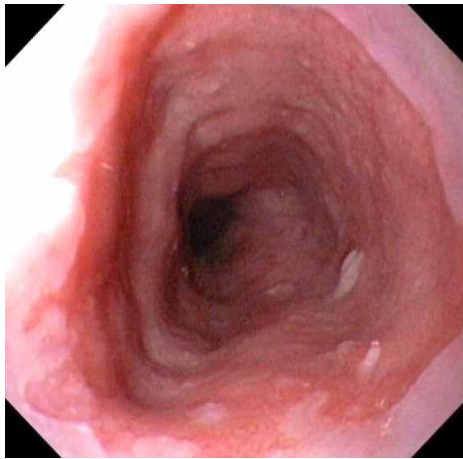
**=> La física médica se beneficia directamente de los avances en otras áreas de la física.**

# Imagen médica



# Diagnóstico por imagen

Técnicas invasivas: Se 'entra' en el cuerpo para poder explorarlo.



Endoscopia

Técnicas no invasivas:

Nos basamos en propiedades físicas para explorar el cuerpo desde fuera.



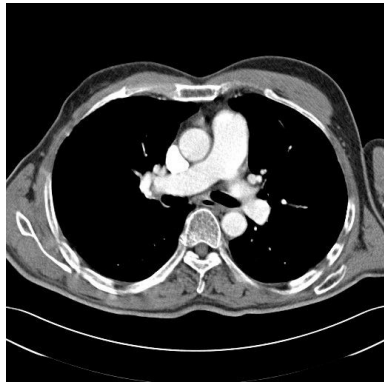
Necesitamos un 'agente' que transmita la información

Rayos X

# Imagen médica

## Estructural

Información anatómica



TAC



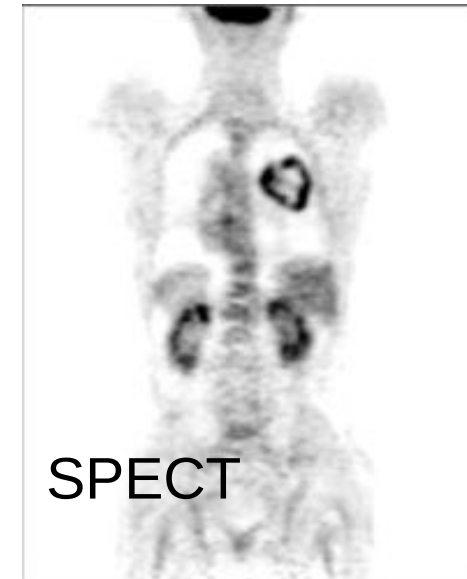
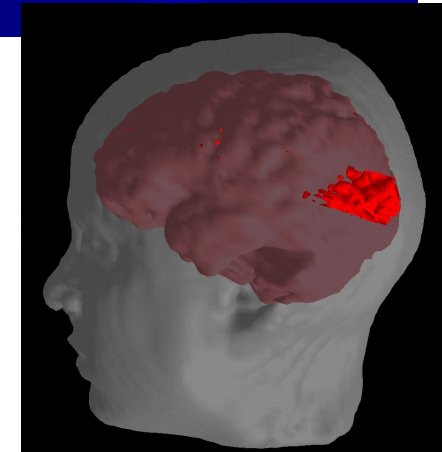
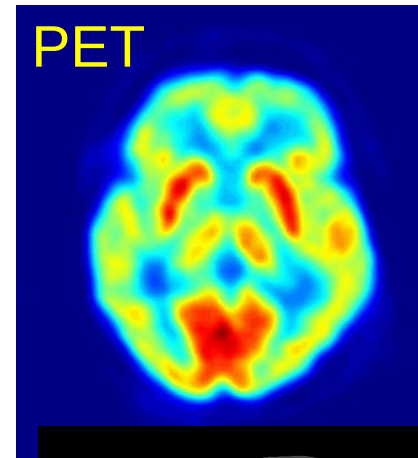
Ecografía



Resonancia magnética

## Funcional

Información sobre procesos químicos y metabólicos

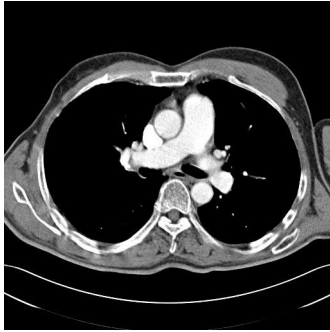


Resonancia  
magnética  
funcional

# Imagen médica

## Estructural

Radiografía y TAC



Resonancia magnética



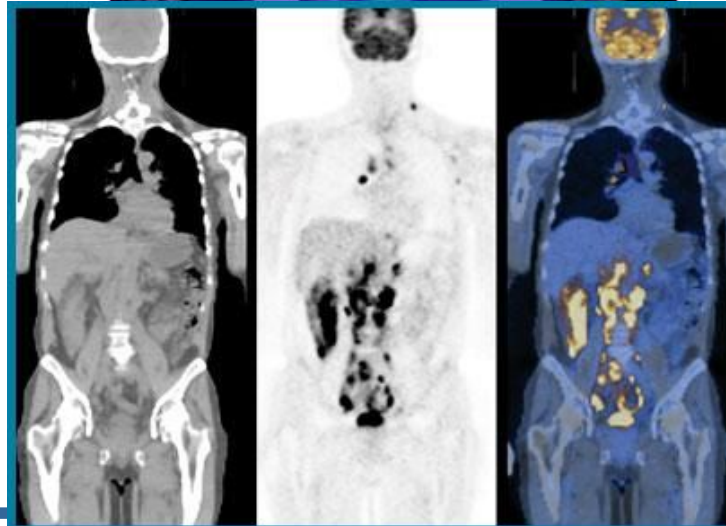
Ecografía



G. Llosa

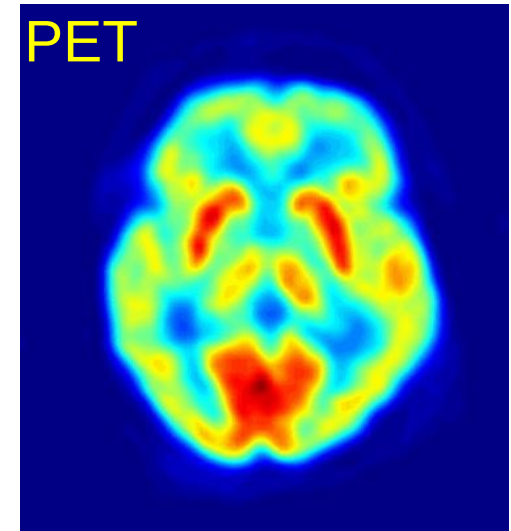
## Multimodalidad

PET-TAC



## Funcional

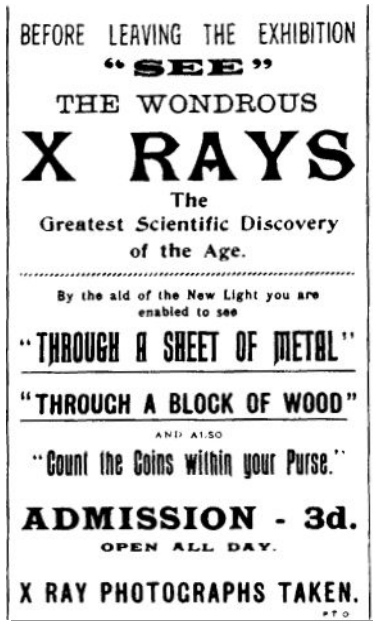
PET



SPECT



# Un poco de historia...



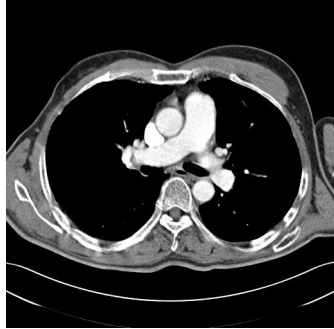
M. Hoheisel, NIM A563 (2006) 215–224

- Imagen de la mano, 1895
- Aumento de la señal con pantallas centelleadoras que el paciente tiene que sujetar.
- Imagen en tiempo real con pantallas centelleadoras

# Imagen médica estructural. Rayos X

## Estructural

Radiografía y TAC



Resonancia magnética



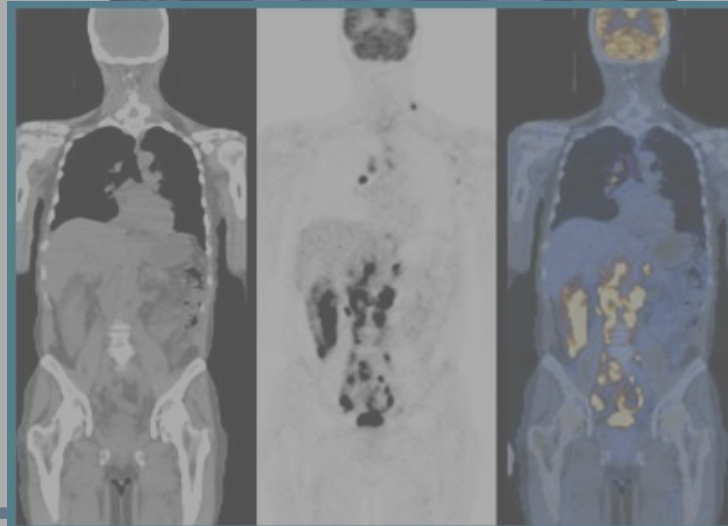
Ecografía



G. Lloza

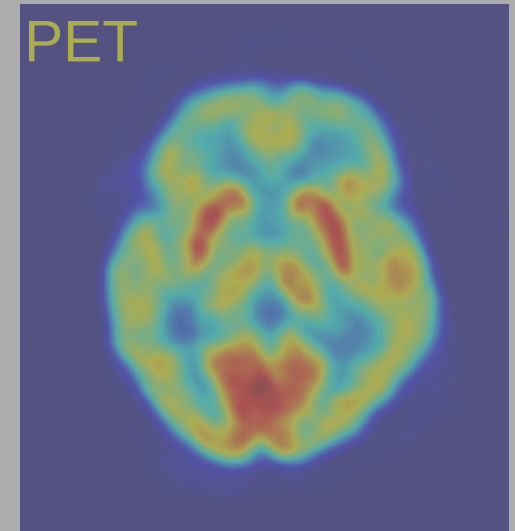
## Multimodalidad

PET-TAC



## Funcional

PET

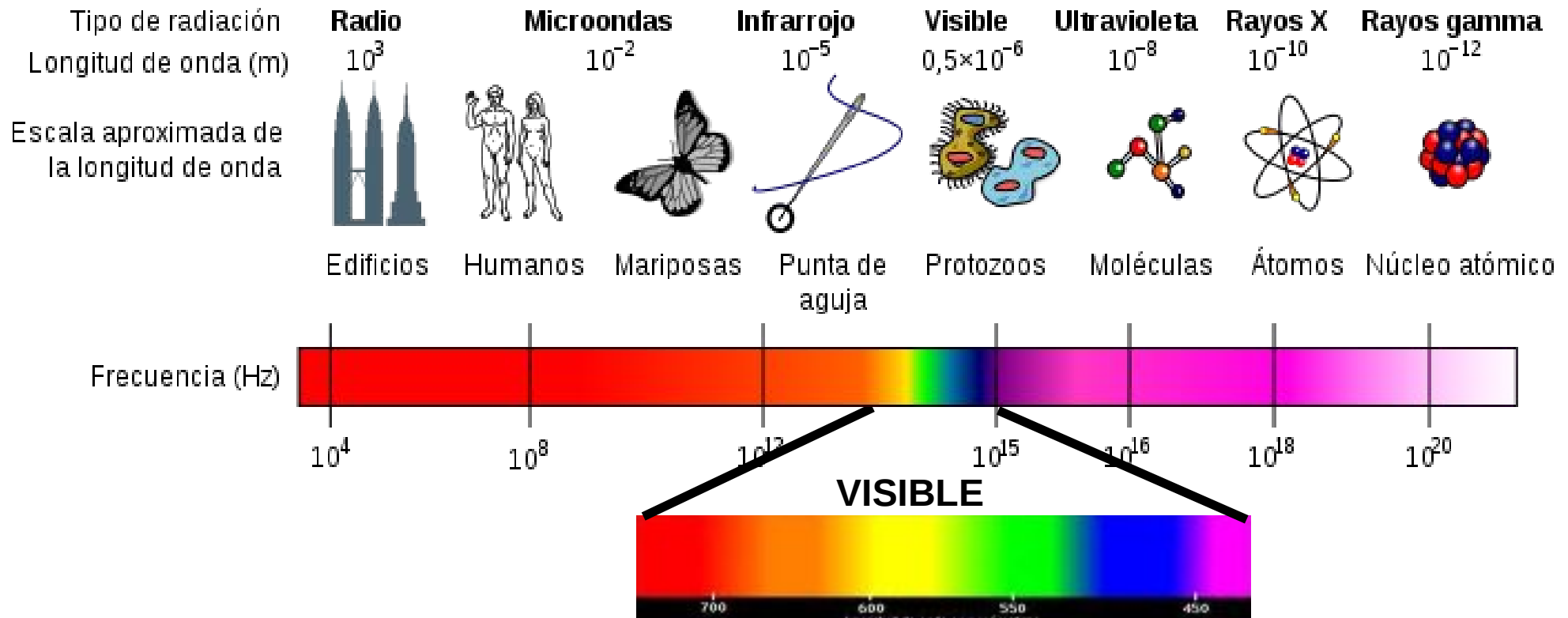
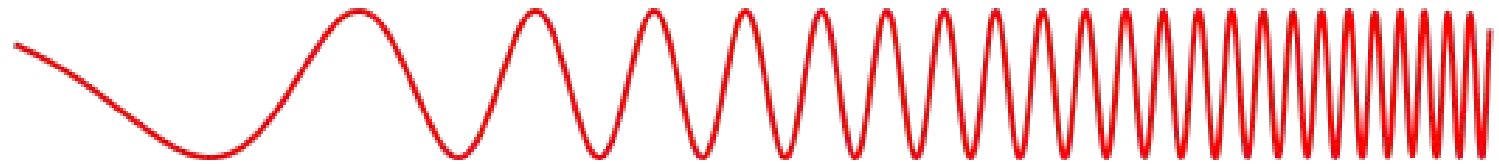
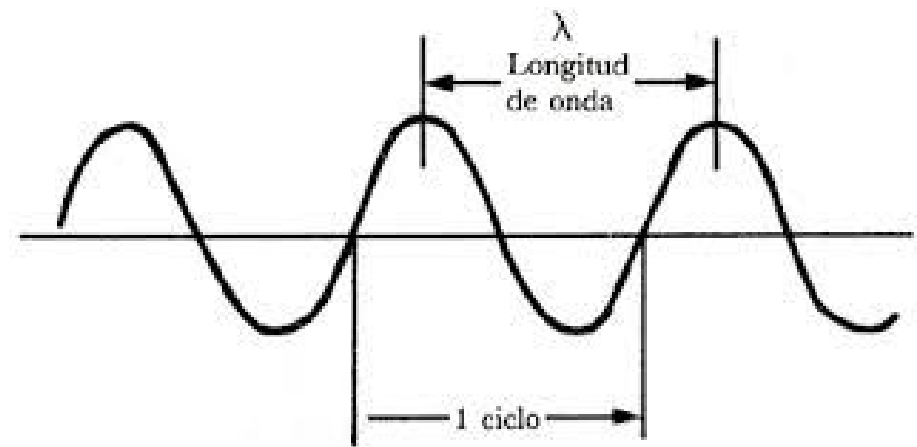


SPECT



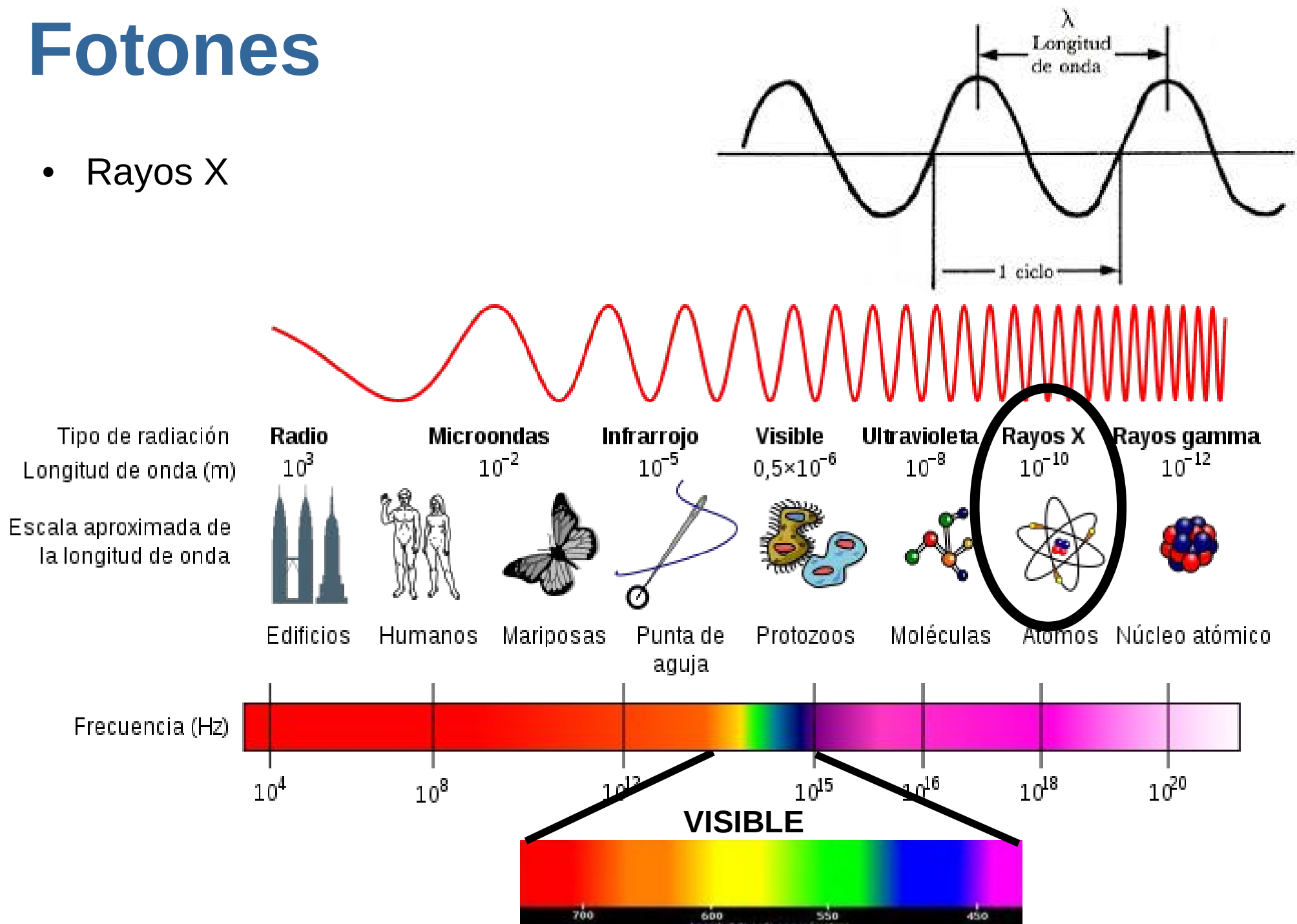
# Fotones

- No tienen carga ni masa
- Imagen y radioterapia



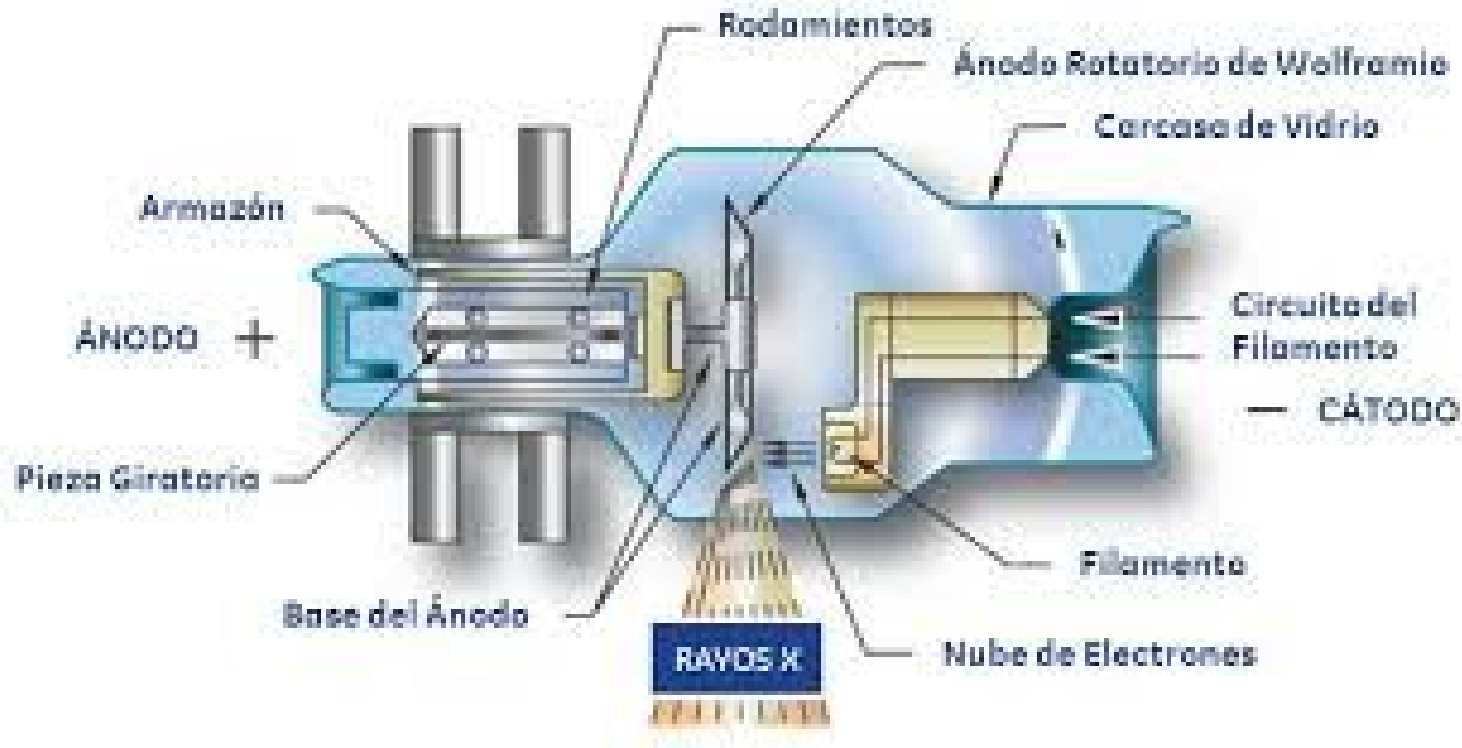
# Fotones

- Rayos X



# Rayos X

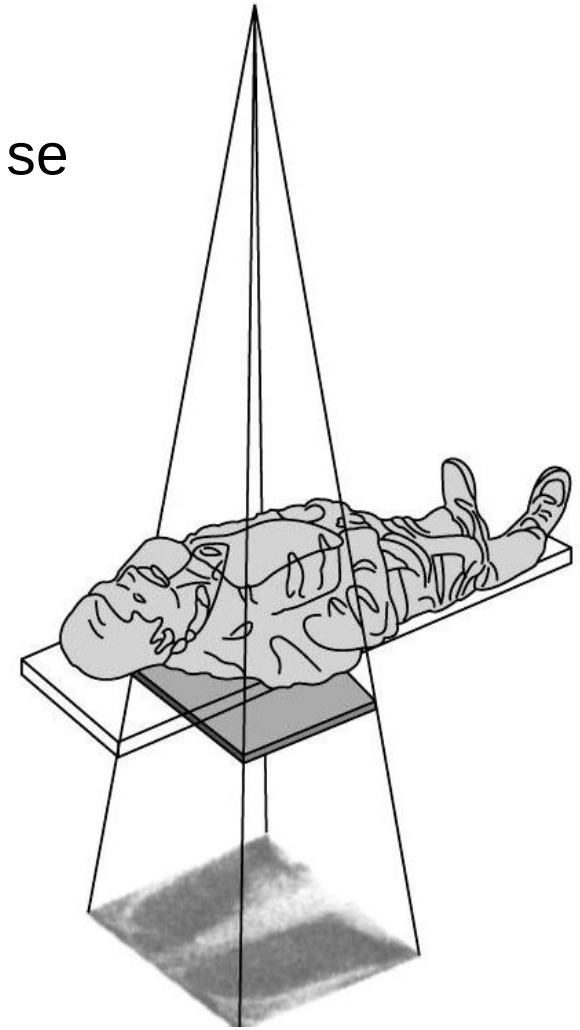
¿De dónde los sacamos?



**Generadores de Rayos X**

# Rayos X (radiografía)

- Los fotones atraviesan el cuerpo del paciente, y detectamos al otro lado los que pasan.
- La diferencia de densidad de los tejidos hace que se atenúen más o menos. Es como ver la sombra.



¿Y cómo los vemos?

Con una película, una pantalla, o un detector (ej. Mamografía digital)

# Rayos X



Mamografía

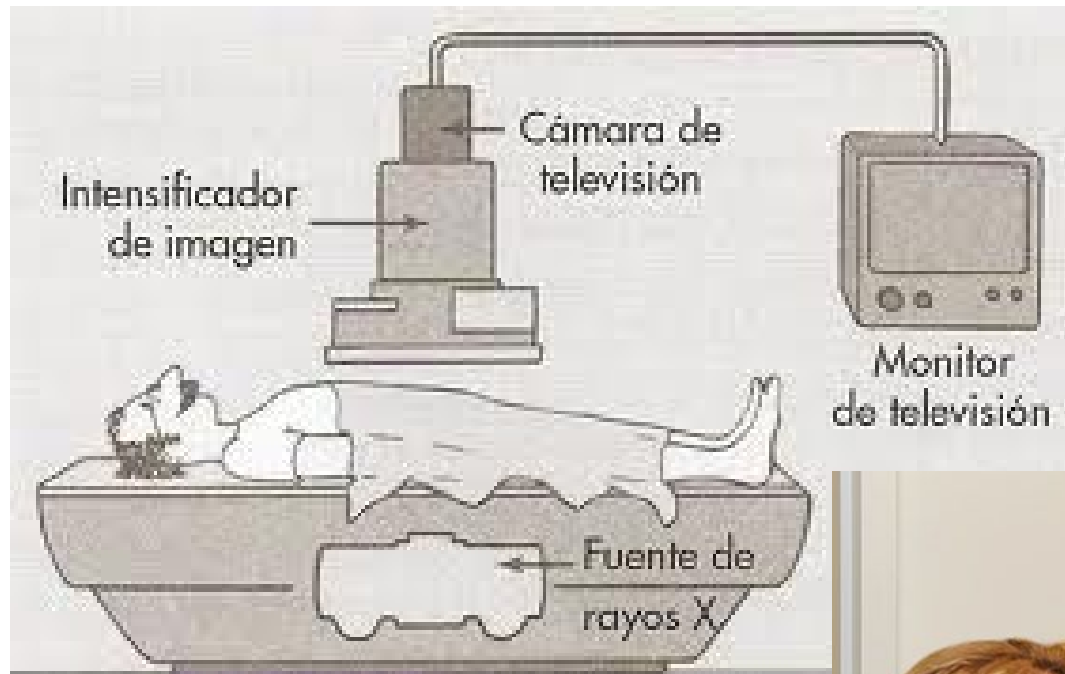


pantomografía



Rayos X con  
contraste

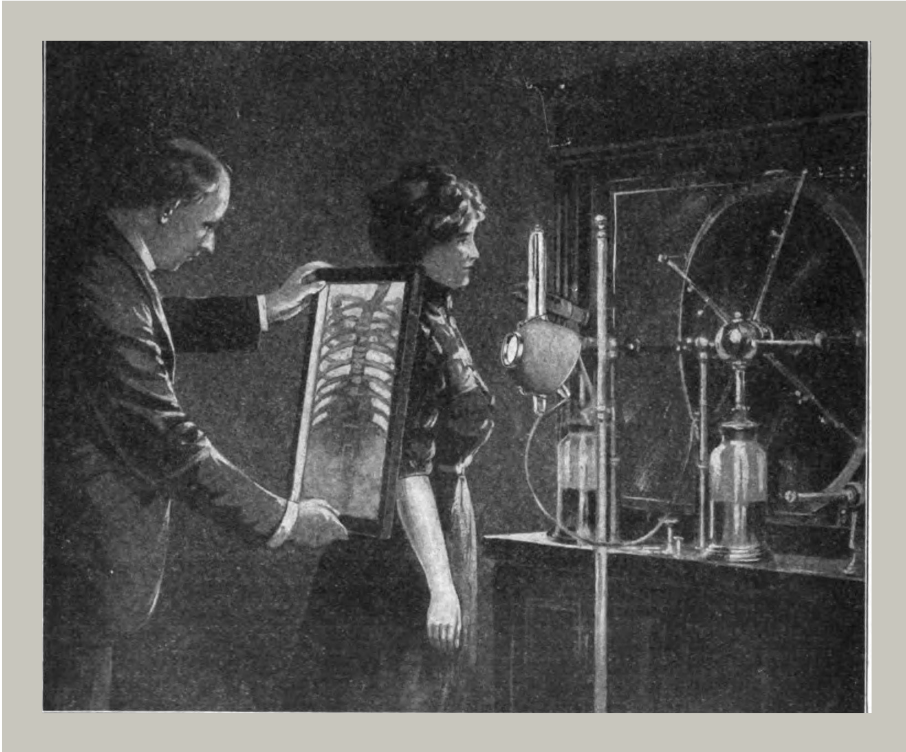
# Fluoroscopia



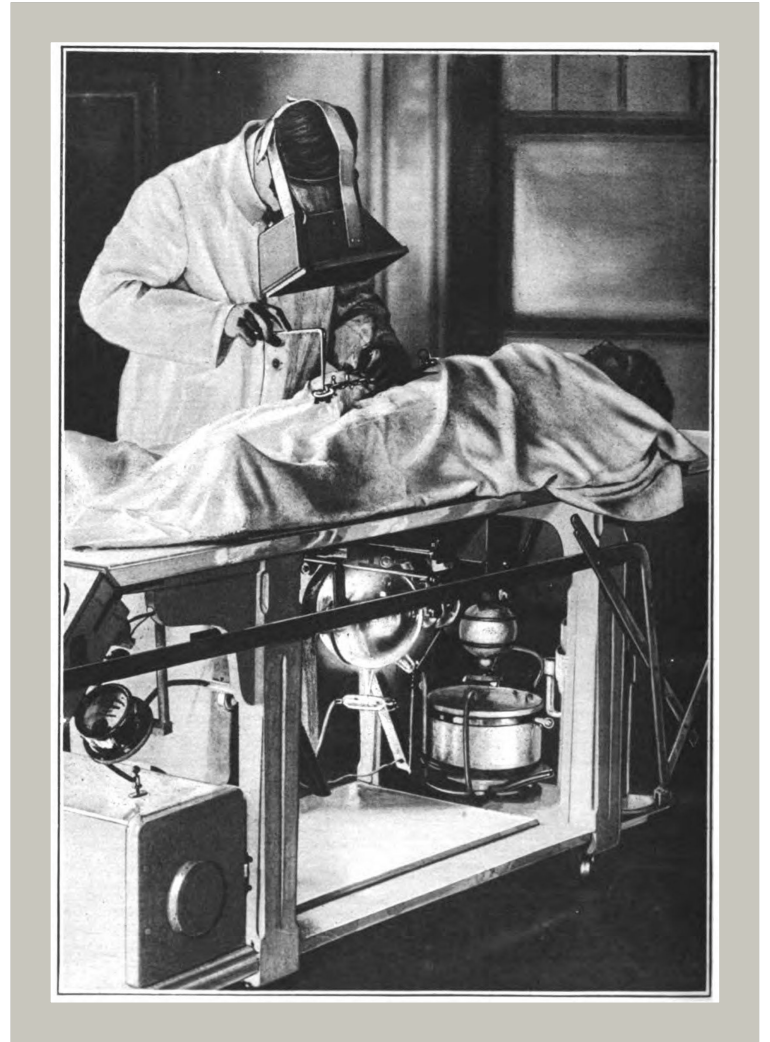
Rayos X en vivo



# Fluoroscopia



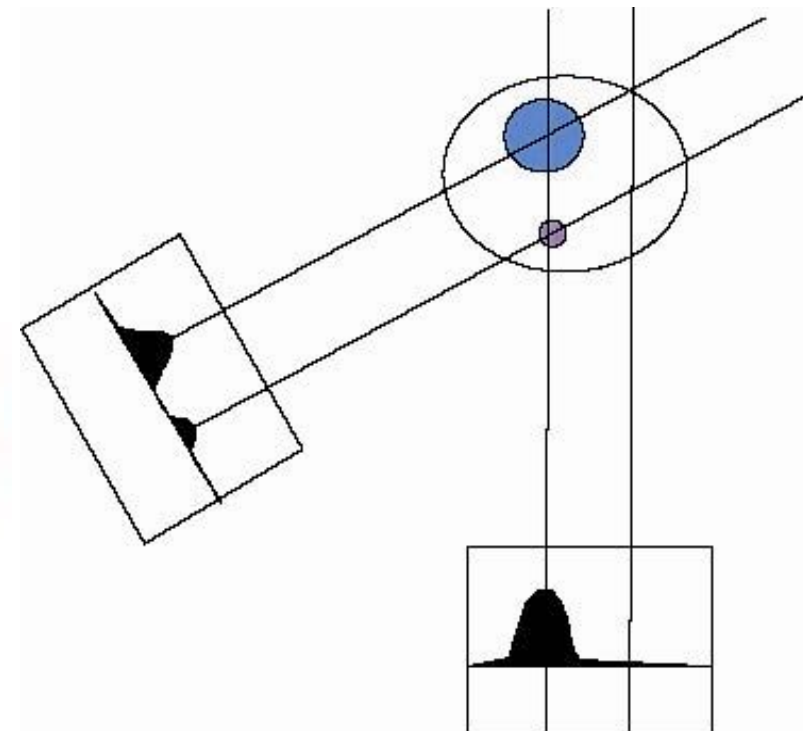
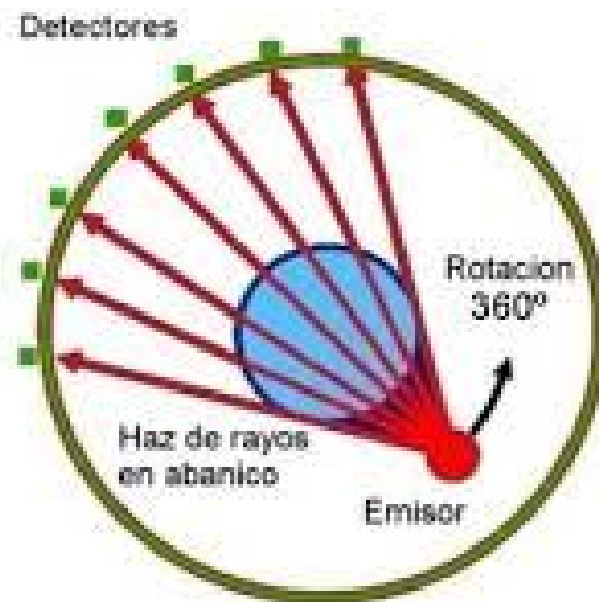
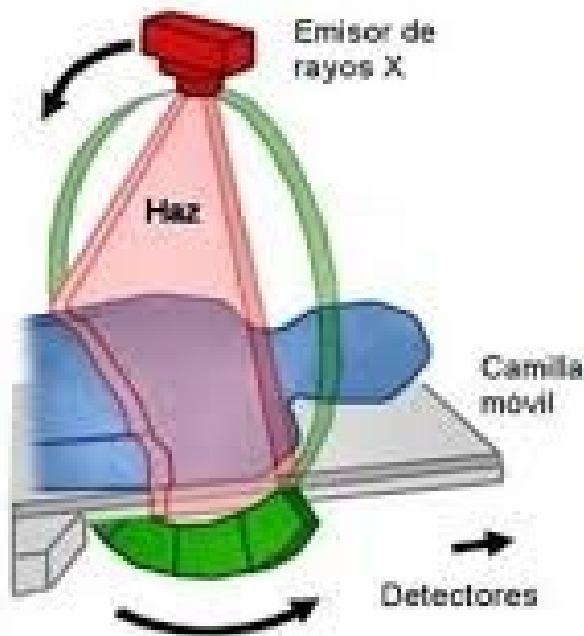
Fluoroscopia de la médula espinal en 1909, con el primer aparato. Se utiliza una pantalla para verlo.



Operación de un soldado en la primera guerra mundial, utilizando fluoroscopia para localizar las balas.

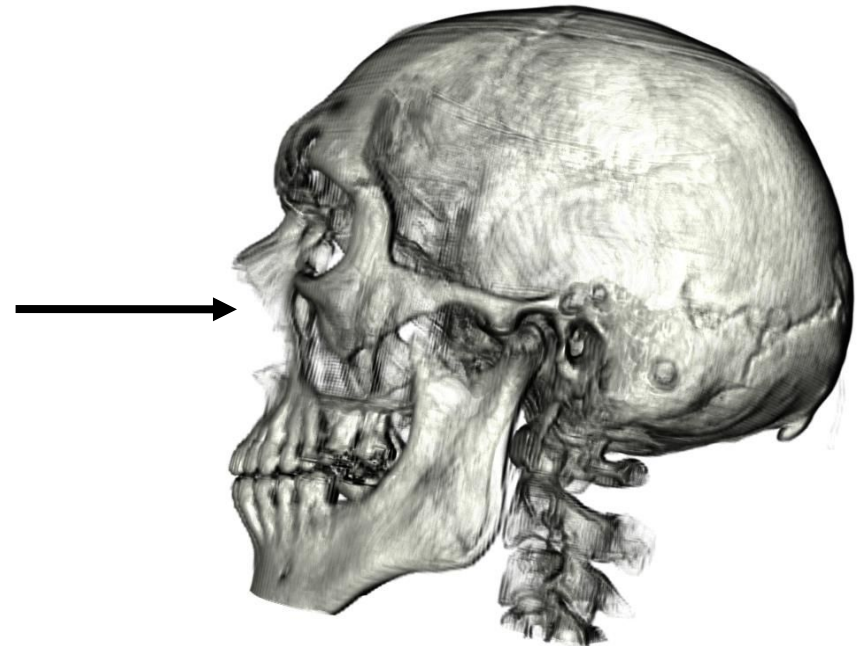
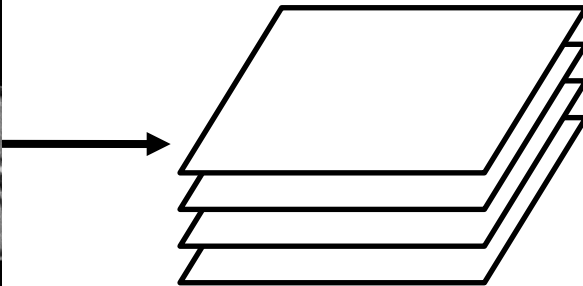
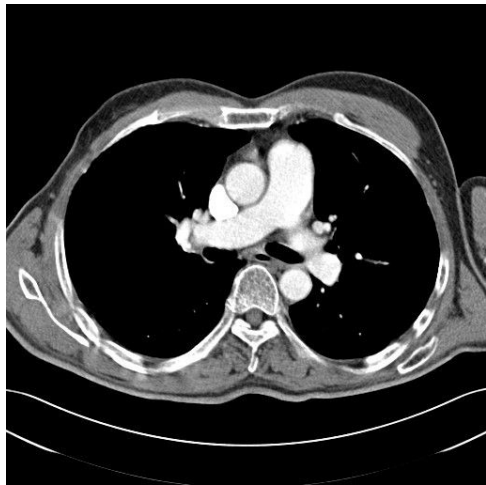
# Tomografía axial computarizada (TAC)

- Emisor y detectores giran alrededor del paciente.
- Muchas radiografías (proyecciones) tomadas desde distintos ángulos alrededor del paciente.
- Combinando la información de distintos ángulos reconstruimos una sección en 2D (corte)



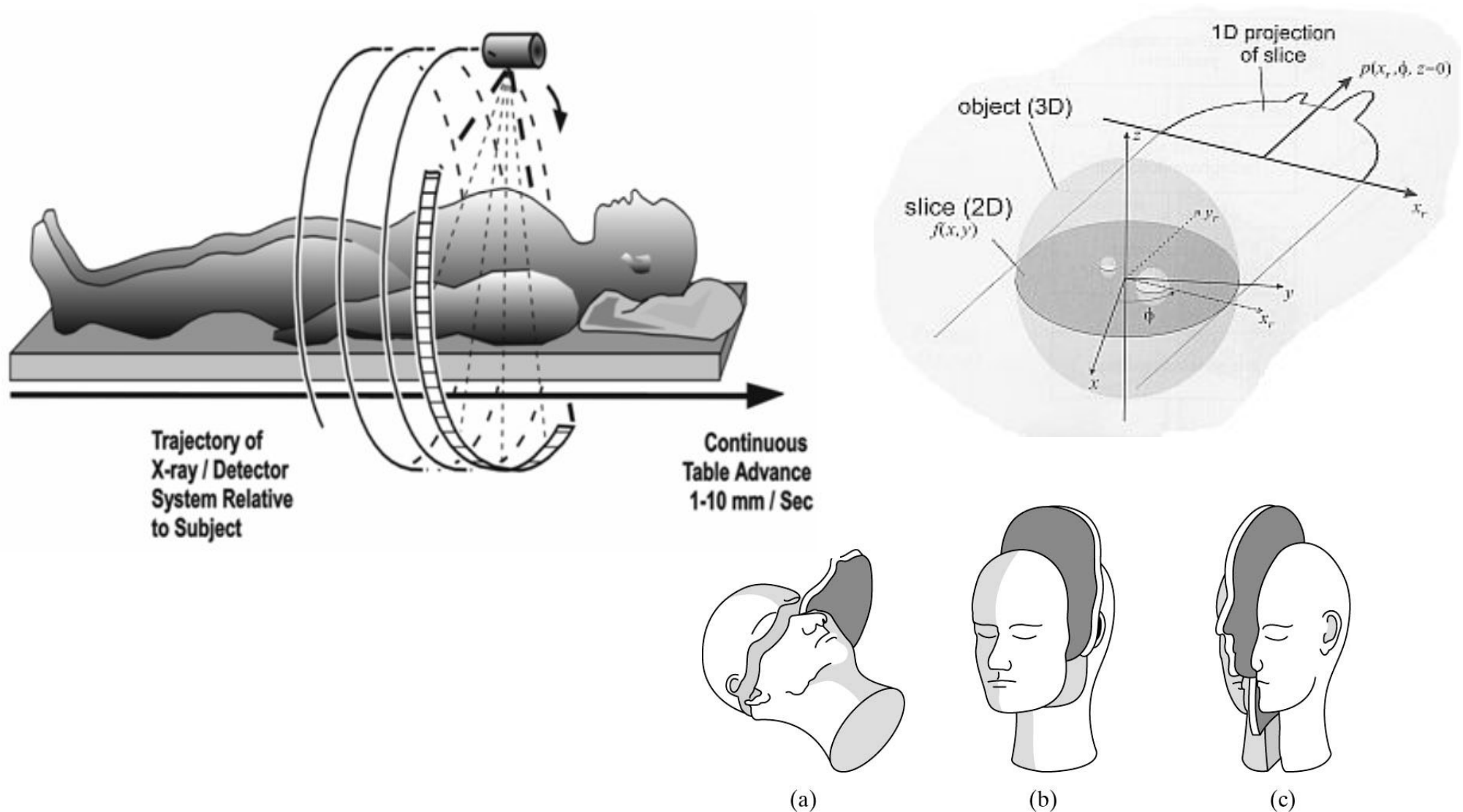
# Tomografía axial computarizada (TAC)

- Combinando la información de distintos ángulos reconstruimos una sección en 2D (corte).
- El scan de todo el cuerpo del paciente y la combinación de todas las secciones nos da una imagen en 3D.



# Tomografía axial computarizada (TAC)

- Necesaria la reconstrucción de imágenes

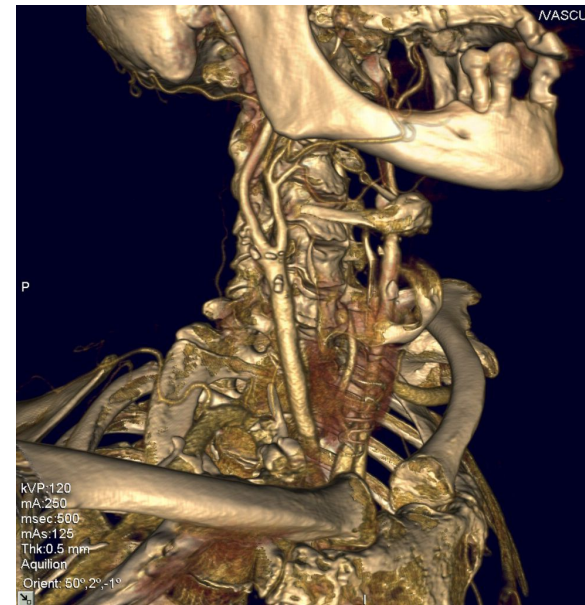


# Tomografía axial computarizada (TAC)

Imagen plana  
(Radiografía)

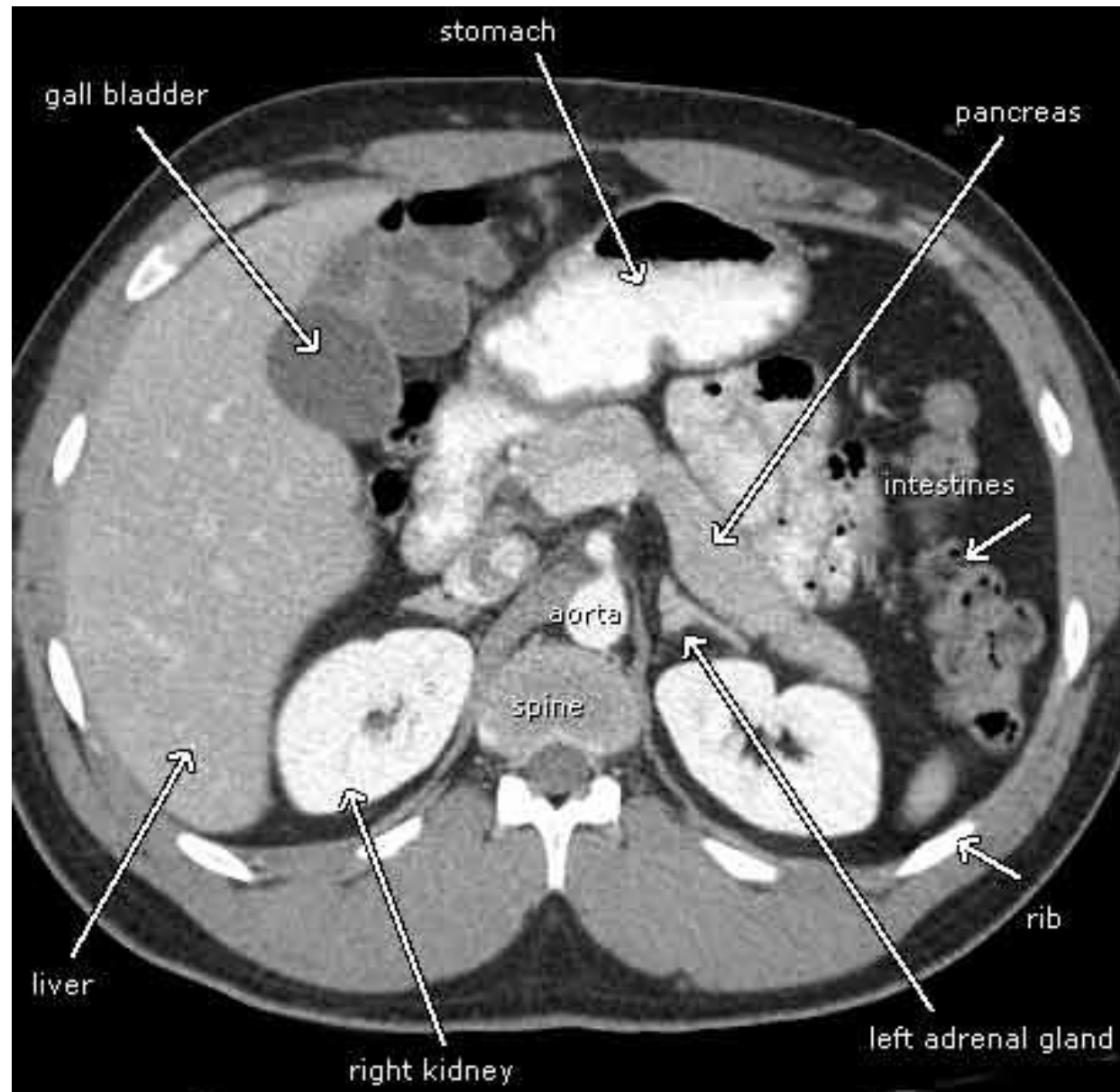


TAC

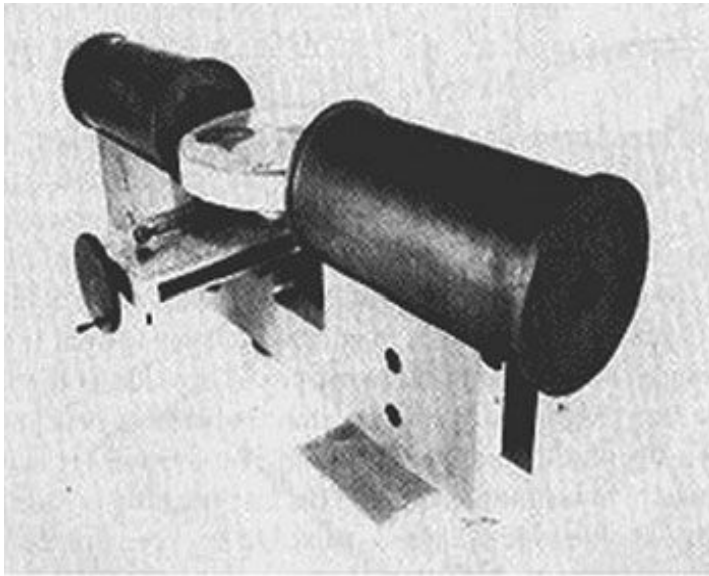


TAC con  
contraste

# Tomografía axial computarizada (TAC)



# Tomografía axial computarizada (TAC)



Allan MacLeod Cormack, físico teórico, sentó las bases de la tomografía.

Tomógrafo de Cormack en 1963.

Godfrey Hounsfield hizo el primer escáner en 1968 e introdujo el ordenador.



Escáner de G.N. Hounsfield en 1968

# Tomografía axial computarizada (TAC)

Godfrey Hounsfield y Allan Cormack ganaron el Premio Nobel en 1979

Entre 1974 y 1976 se instalaron los primeros escáneres

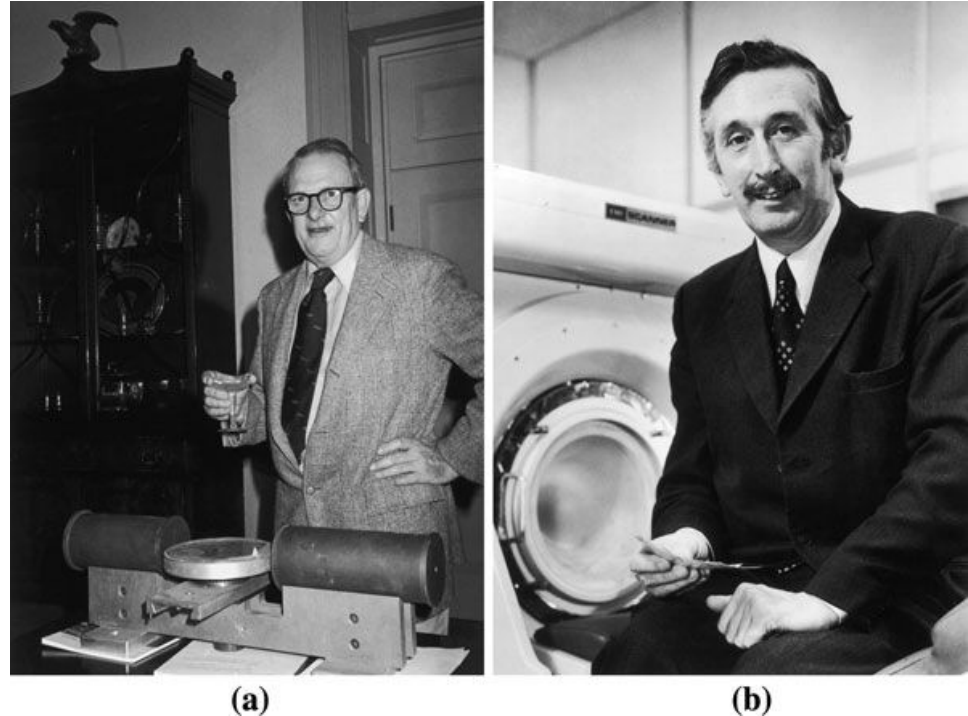


Fig. 2.10 Co-creators of computed tomography: Allan MacLead Cormack (a), Godfrey Newbold Hounsfield (b)

**En la actualidad es un método de diagnóstico ampliamente utilizado.**

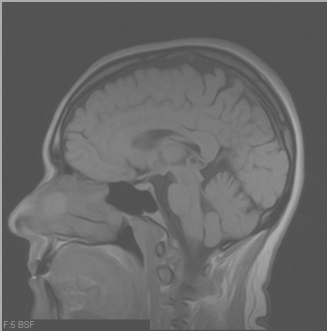
# Imagen médica funcional. PET y SPECT

Estructural

TAC



Resonancia magnética

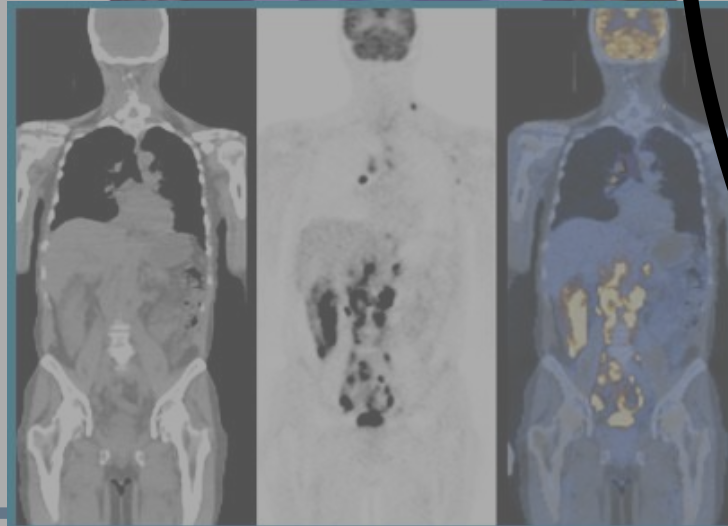


Ecografía



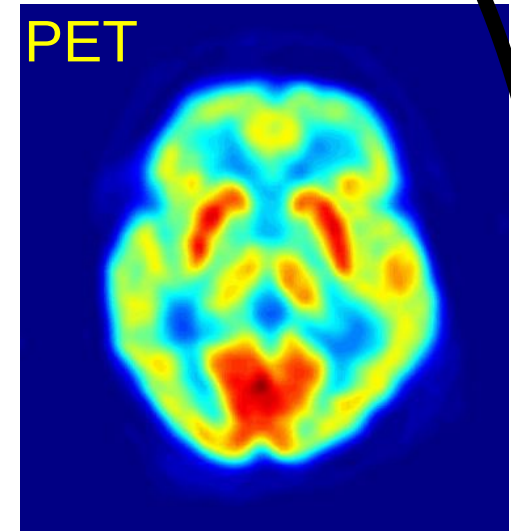
Multimodalidad

PET-TAC



Funcional

PET

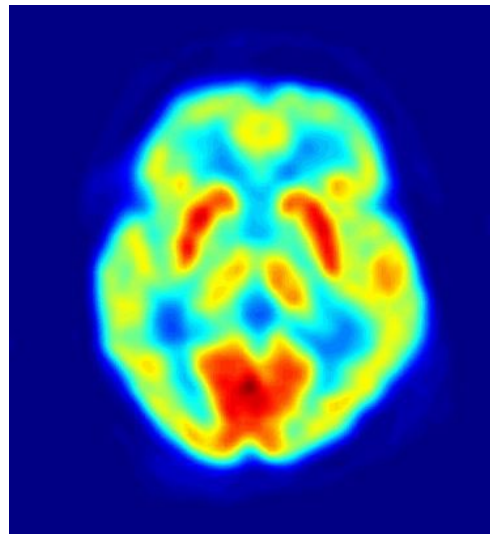


SPECT



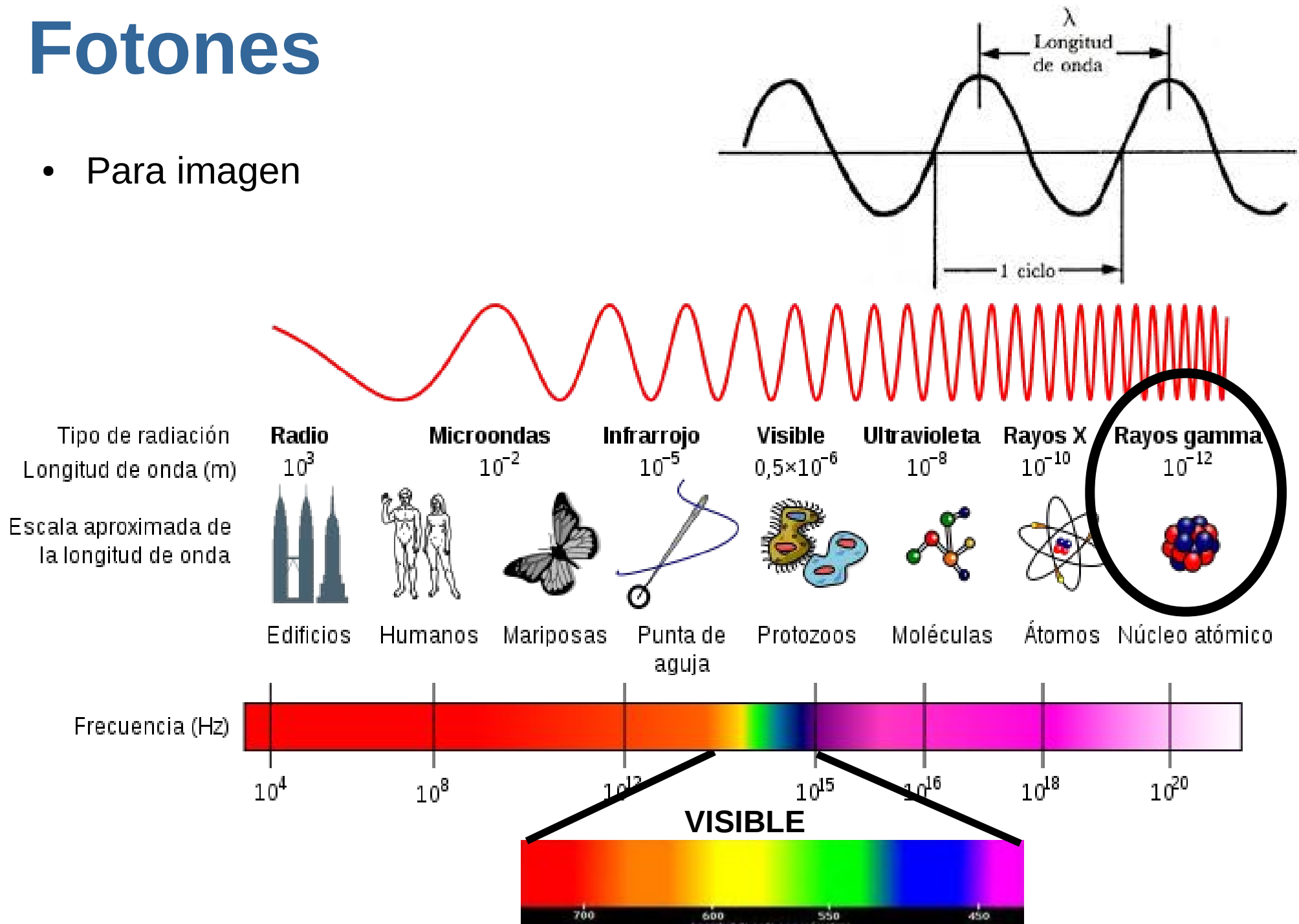
# Principales técnicas funcionales

- Permiten ver el 'funcionamiento' de un órgano: procesos funcionales y metabólicos.
  - Gammagrafía,
  - Tomografía por emisión de un fotón (SPECT),
  - Tomografía por emisión de positrones (PET).
- Aplicaciones en oncología, neurología y cardiología.



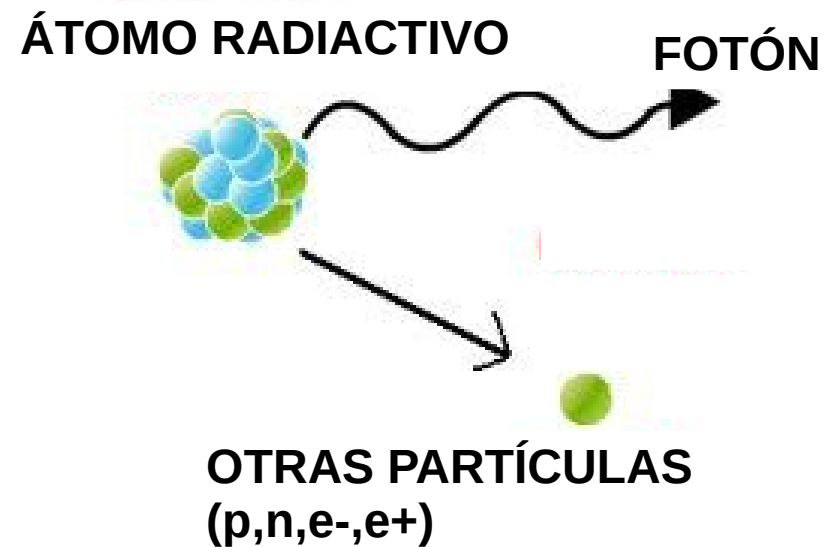
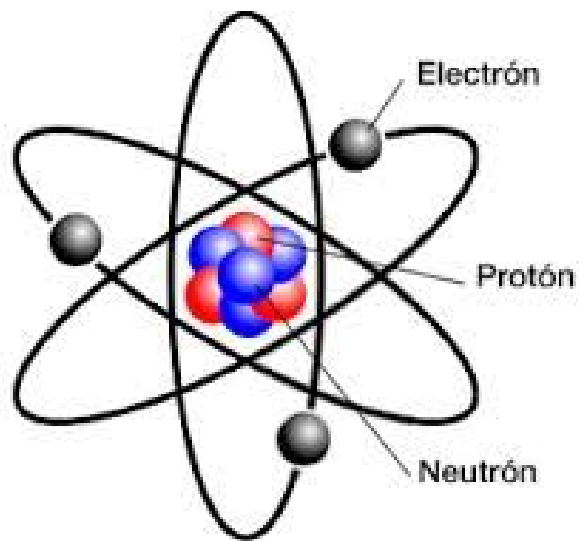
# Fotones

- Para imagen



# Fotones

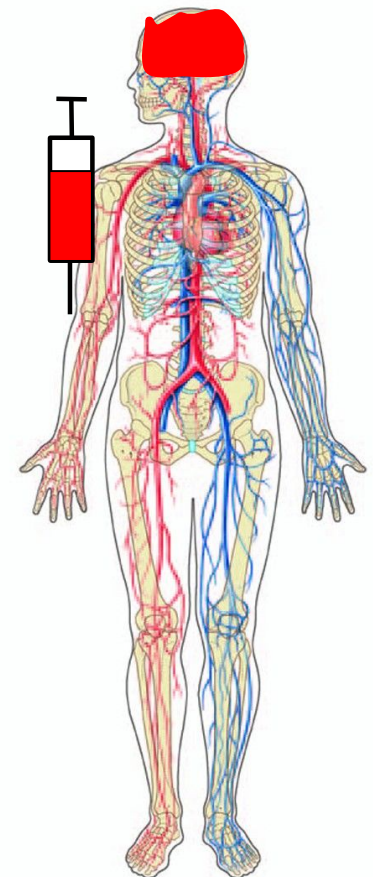
Desintegración radiactiva de núcleos



# Técnicas de emisión

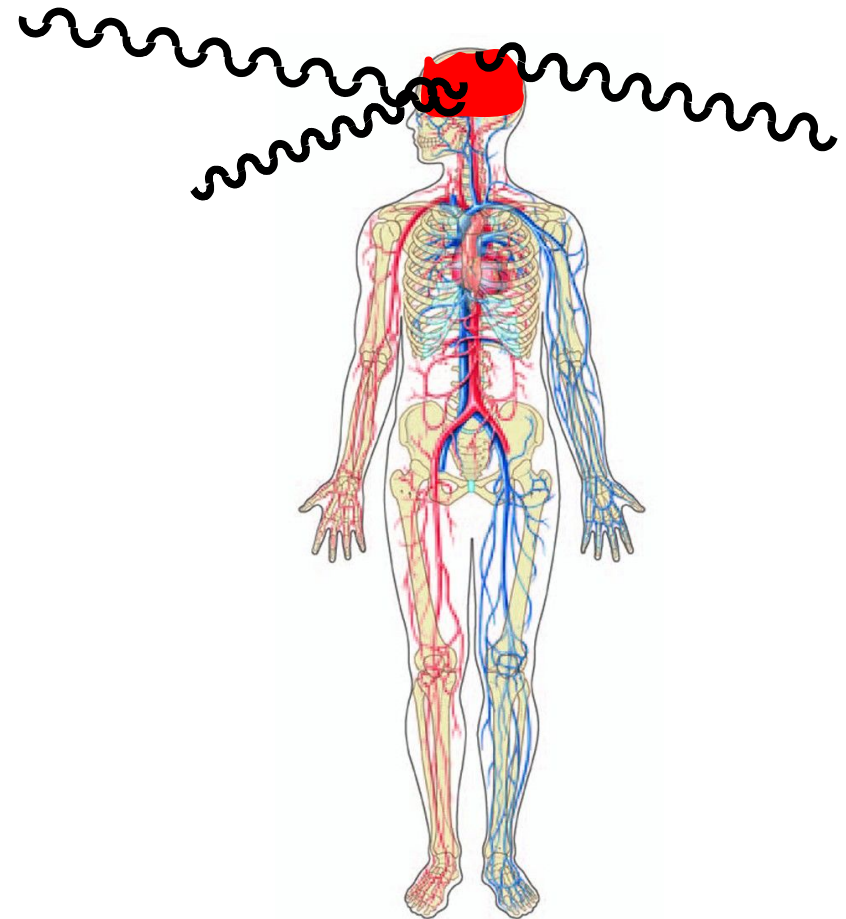
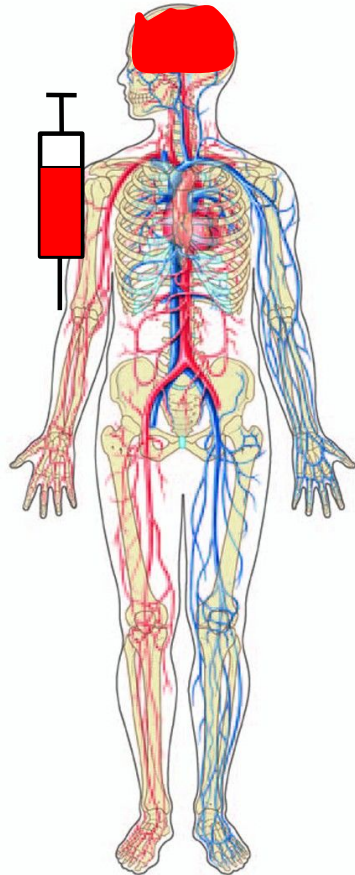
- Se administra al paciente un *radiotrazador*: sustancia con un componente radiactivo, preparada para acumularse en el órgano que queremos estudiar.

**El radiotrazador se distribuye por todo el cuerpo y se concentra sobre todo en la zona en estudio.**



# Técnicas de emisión

- La sustancia radiactiva emite fotones que atraviesan el cuerpo y salen al exterior.
- Los detectamos con el detector

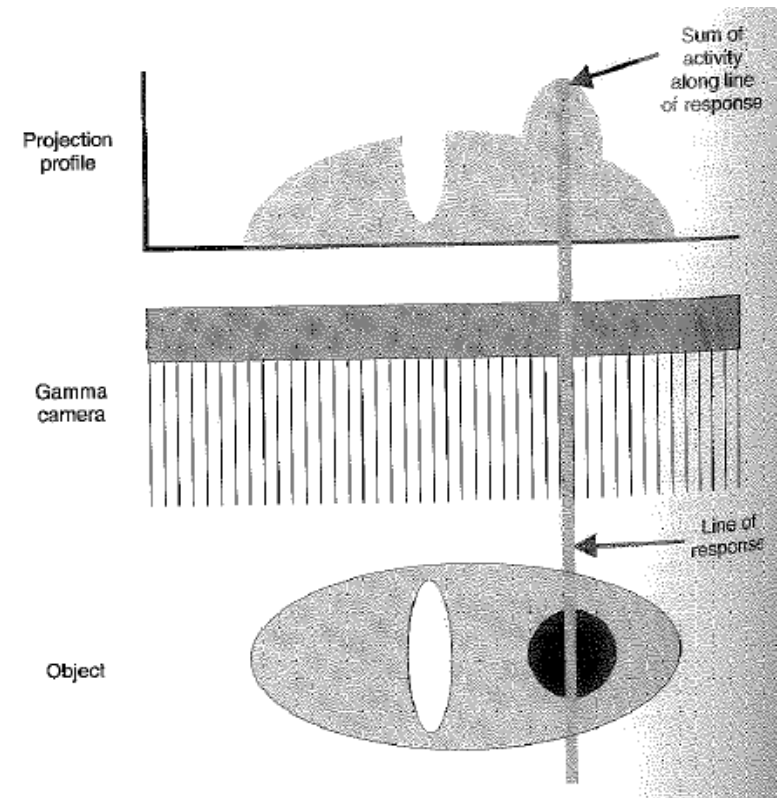
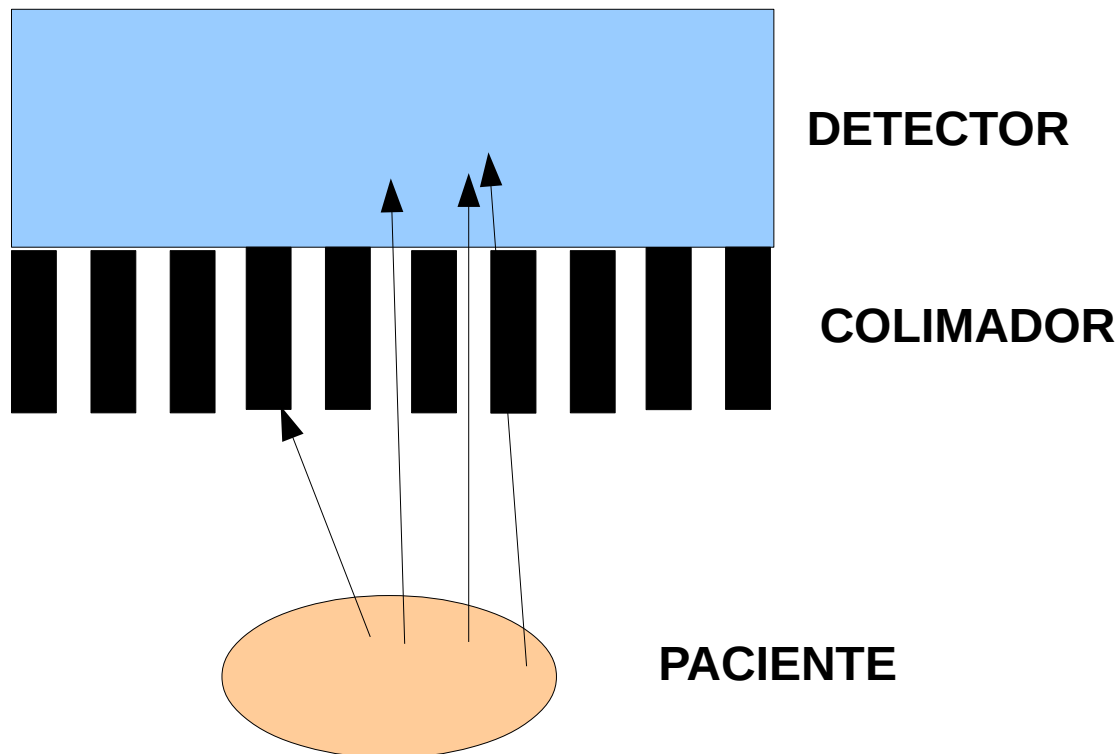


# Gammagrafía

- Imagen plana de la emisión de fotones.
- Radiotrazadores emisores de fotones (100-300 keV)

*Tecnecio-99m:*  $E=140$  keV, vida media=6 horas

*Indio-111:*  $E=159$  keV, vida media=13 horas

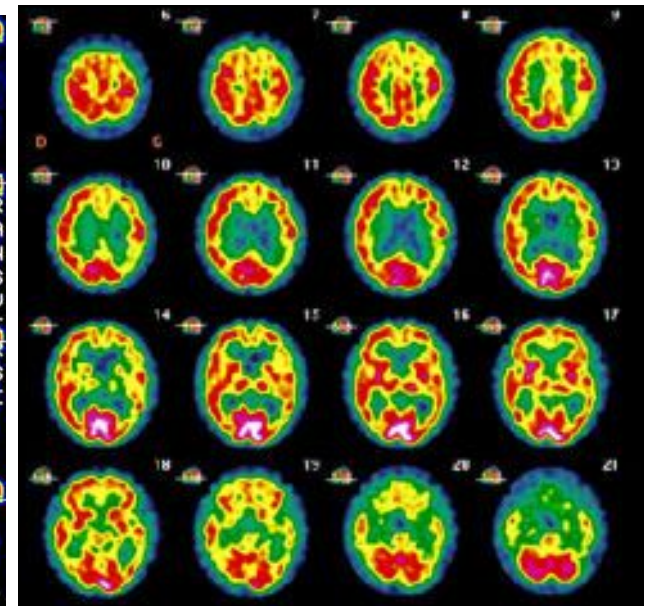
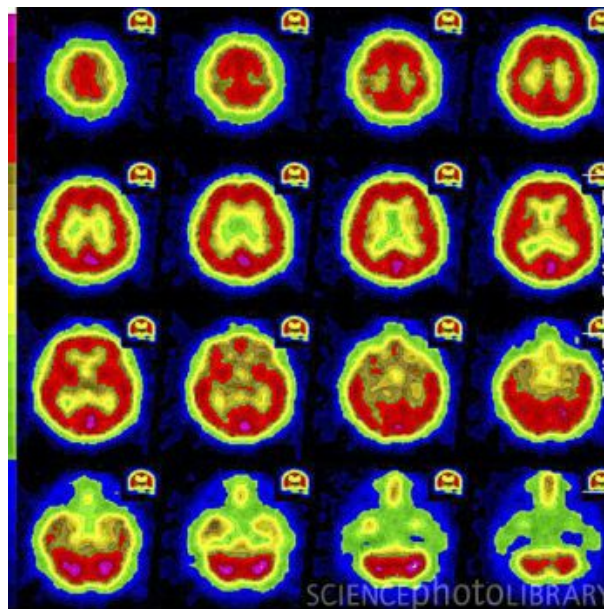
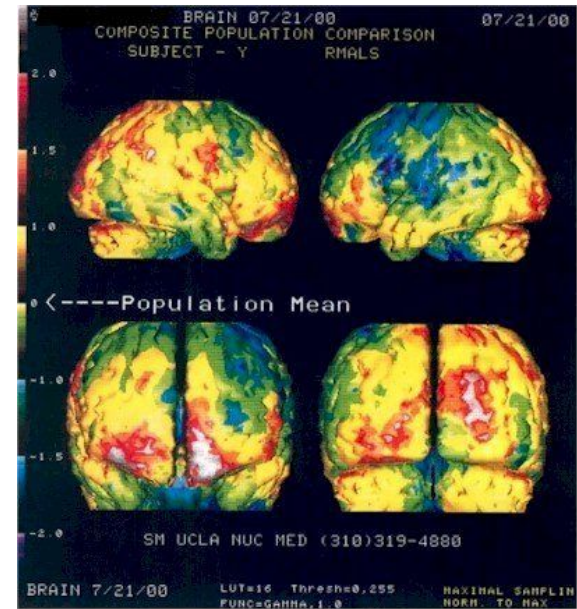


# Gammagrafía

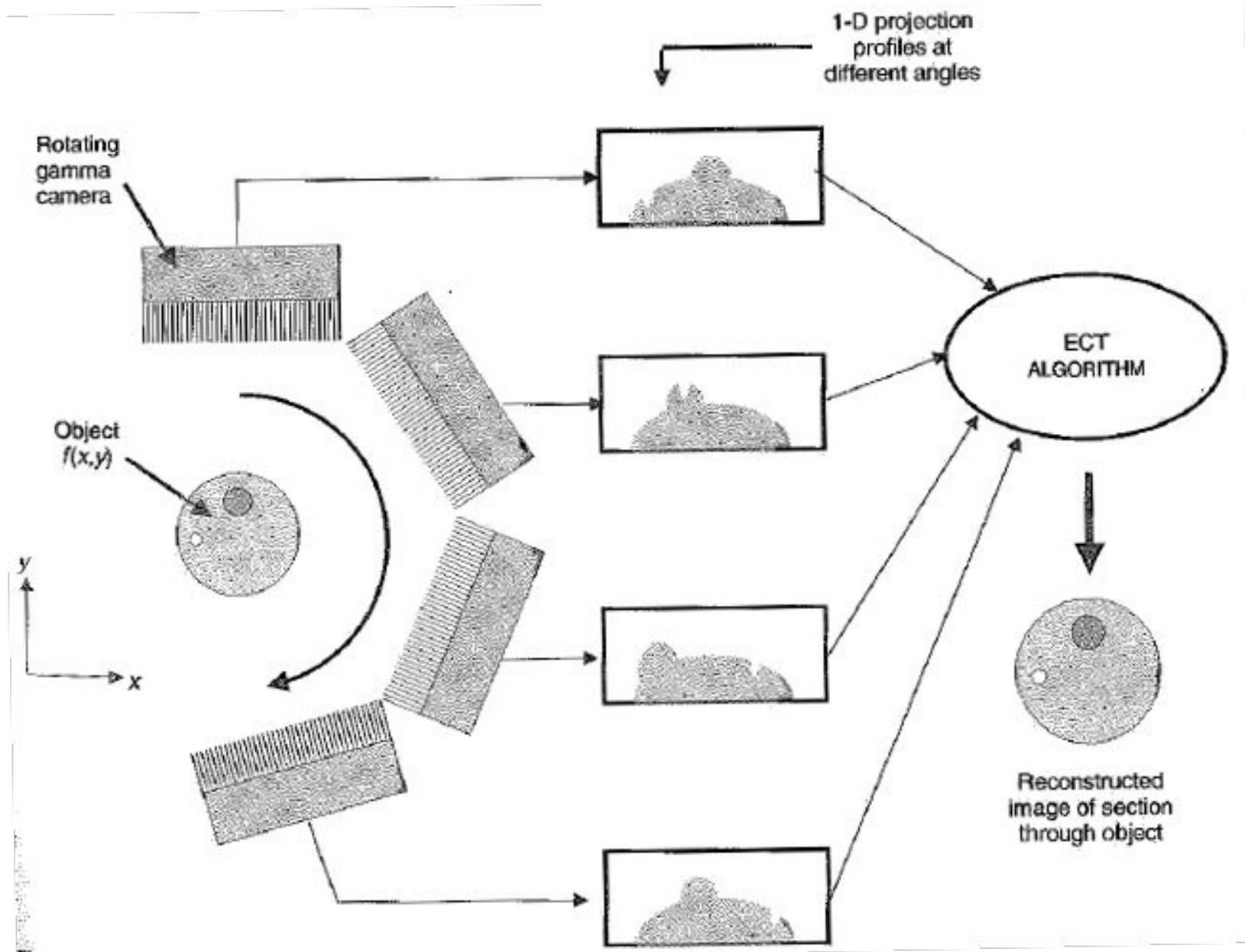


# Tomografía por emisión de un fotón (SPECT)

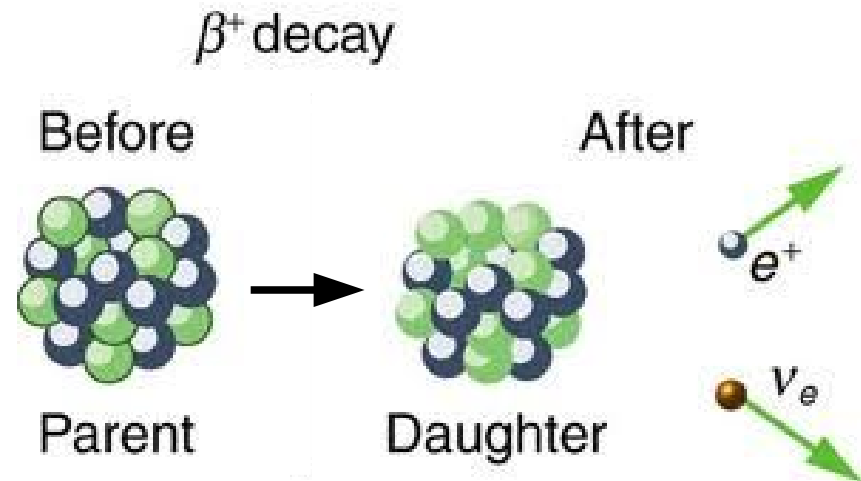
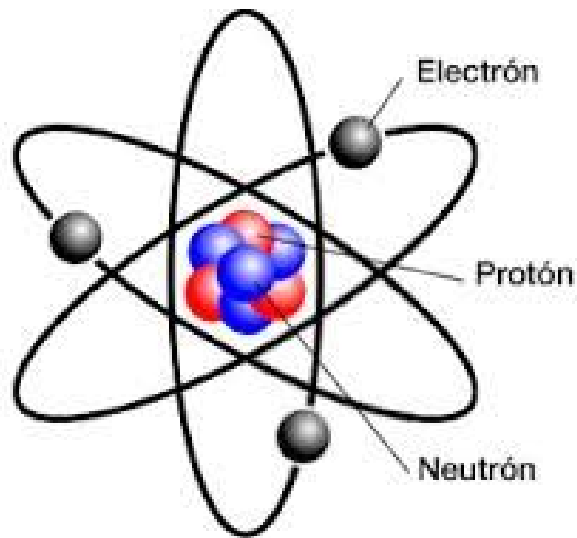
- El detector gira alrededor del paciente.
- Imágenes tomográficas



# Reconstrucción de imágenes



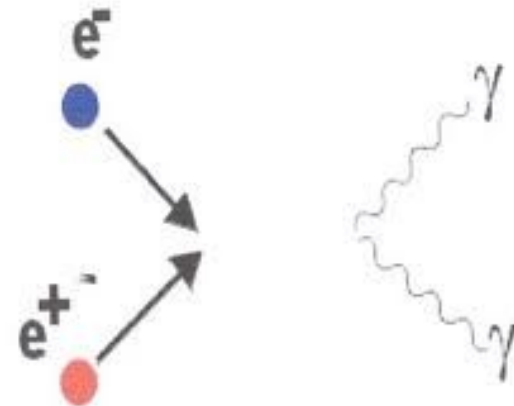
# Positrones → Fotones



- Positrón: es la antipartícula del electrón

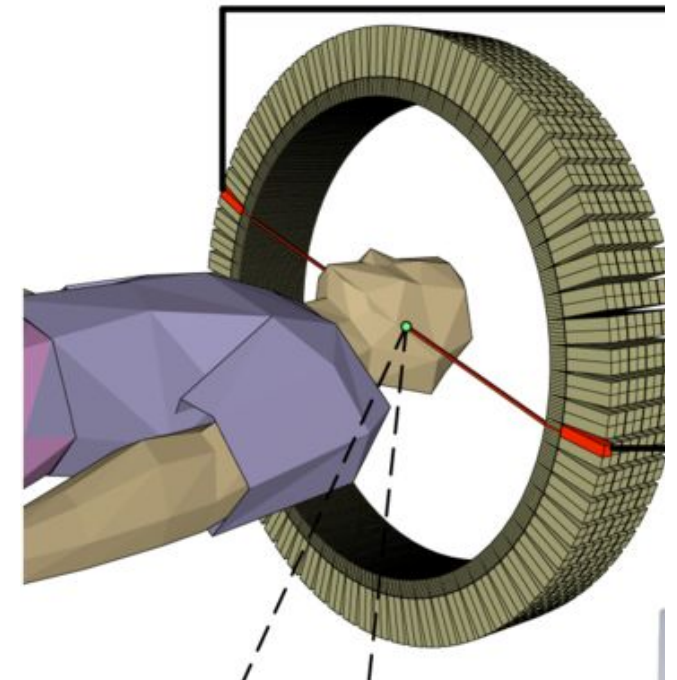
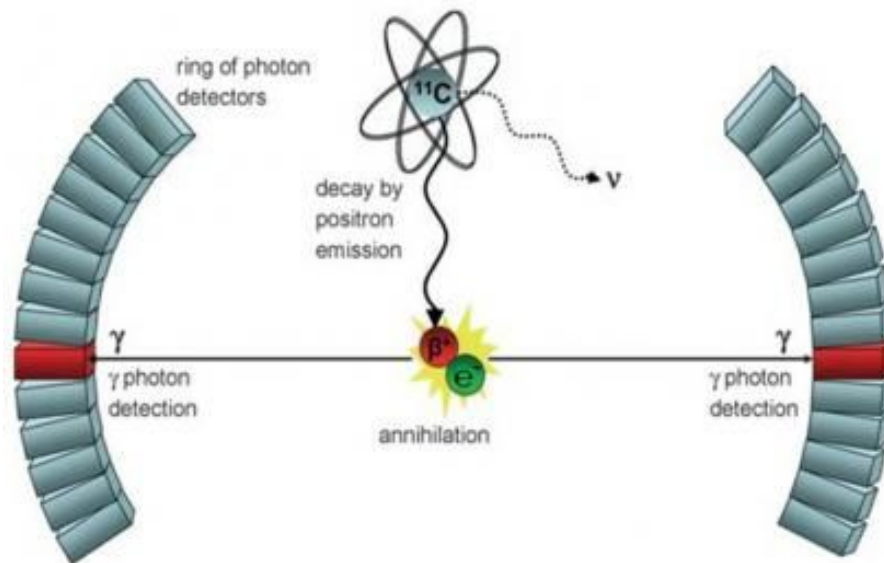
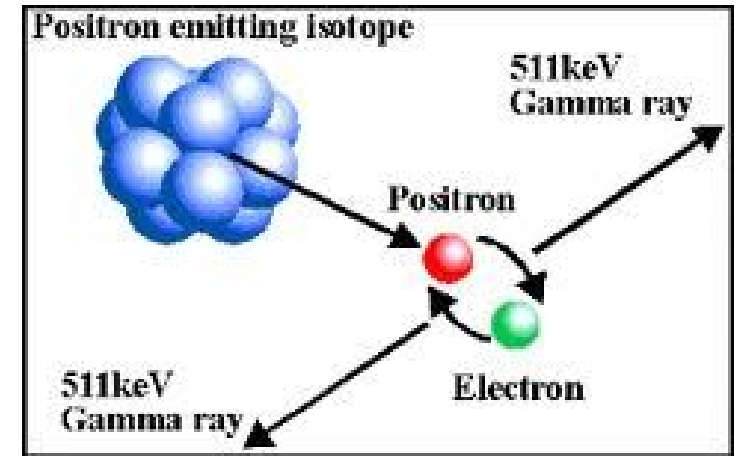
**ANTIMATERIA!!**

- misma masa y carga positiva
- Al encontrarse se aniquilan



# Tomografía por emisión de positrones (PET)

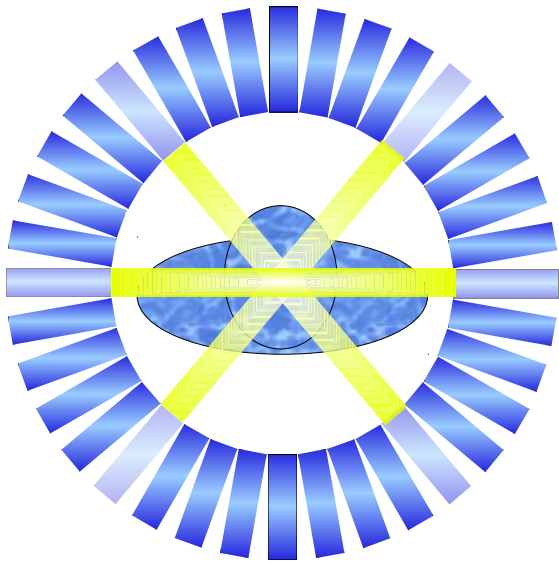
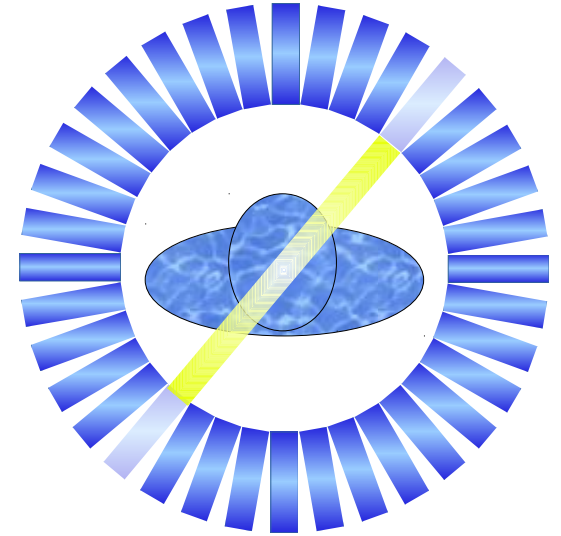
- El radiotrazador emite positrones, que se aniquilan con los electrones del tejido, produciendo dos fotones de 511 keV en sentidos opuestos.



- Los dos fotones se detectan en un anillo de detectores

# Tomografía por emisión de positrones (PET)

- Los dos detectores que detectan los fotones se conectan mediante una línea de respuesta (LOR).
- Muchas LORs 'identifican' el origen de los fotones.



**Adquisición de datos**

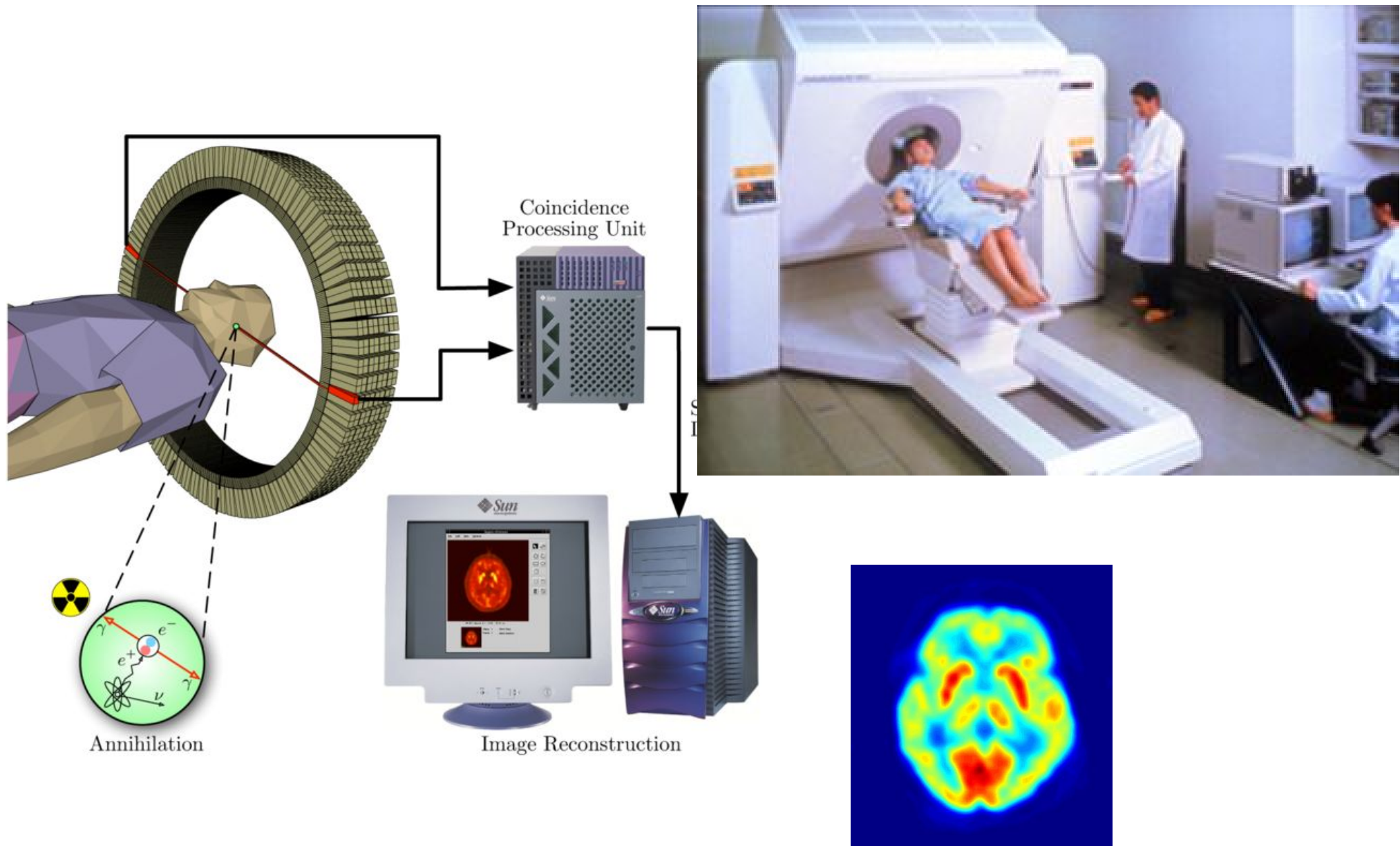
$$n_j^{k+1} = \frac{n_j^k}{\sum_{i=1}^I a_{ij}} \sum_{i=1}^I a_{ij} \frac{m_i}{q_i^k}$$

**Reconstrucción de la imagen**



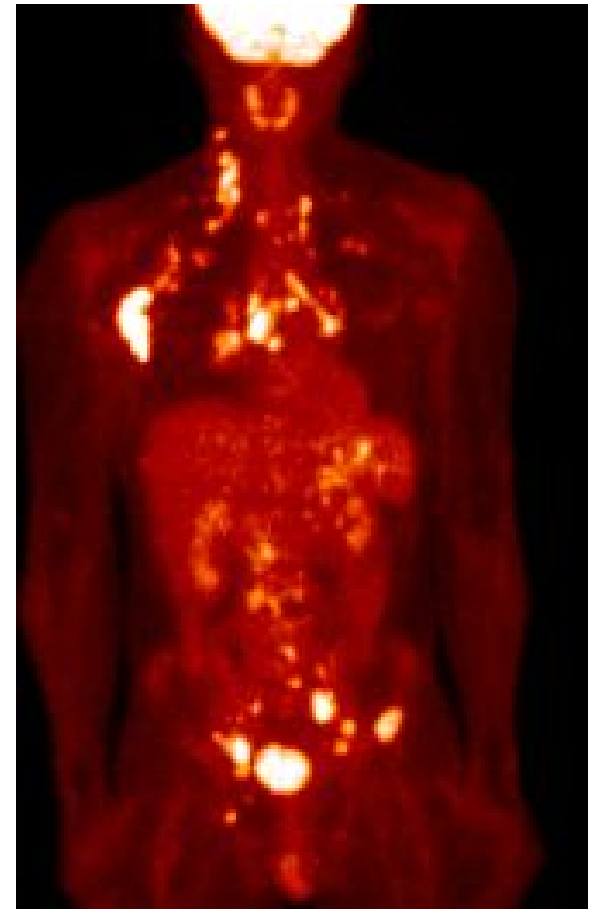
**Imagen médica**

# Tomografía por emisión de positrones (PET)

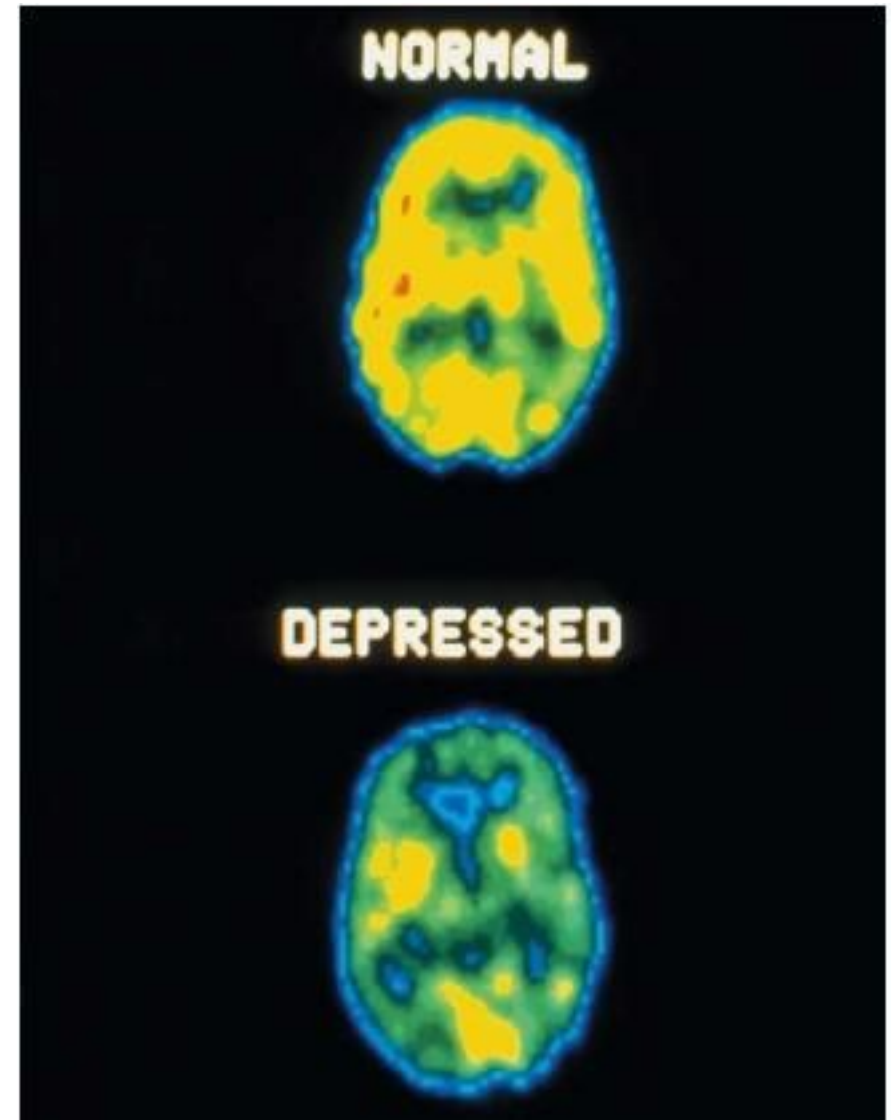
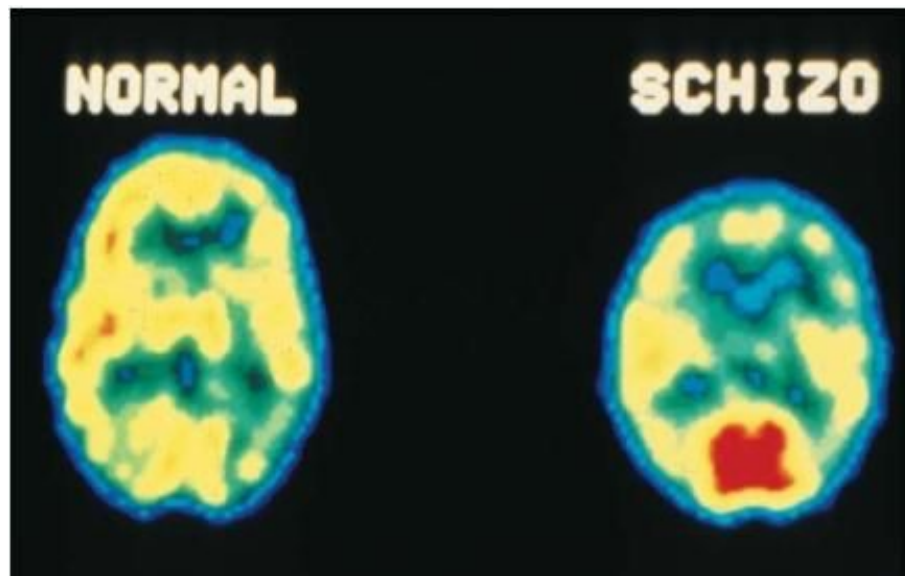
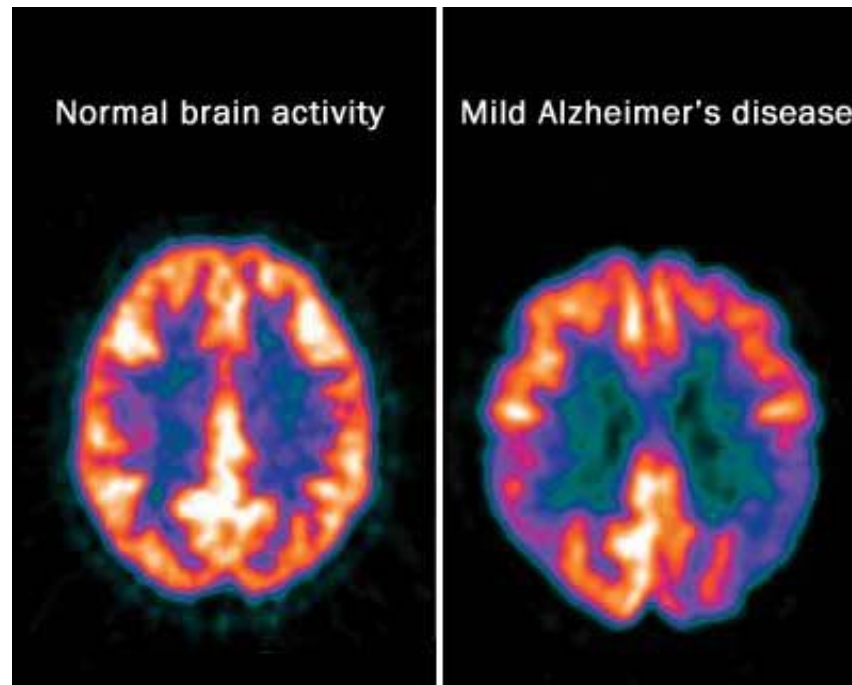


# Tomografía por emisión de positrones (PET)

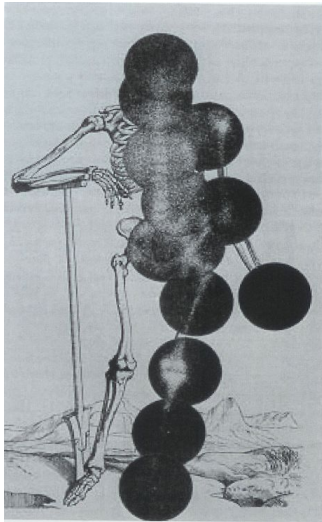
- Generalmente se usa  $^{18}\text{F}$ -FDG (glucosa modificada)



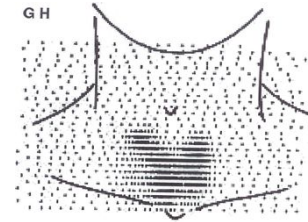
# Tomografía por emisión de positrones (PET)



# Más historia...



Mapeo manual con  
contadores Geiger

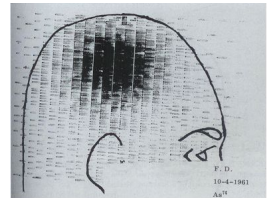


1951: **Benedict Cassen** inventa el  
primer escáner automático (detector  
pegado a un plotter).

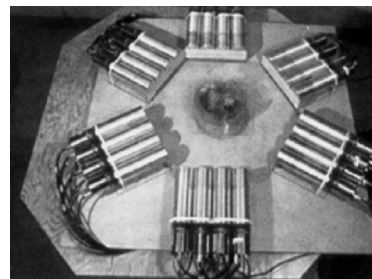


1952: **Hal Anger**  
inventa la cámara  
gamma.

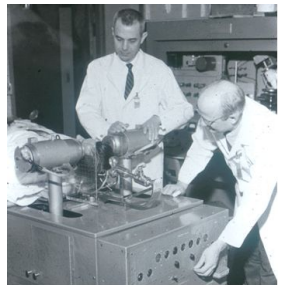
1953: Primeras  
imágenes con positrones  
(**Gordon Brownell**)



1959: Inicio del  
SPECT (**D. Kuhl**)



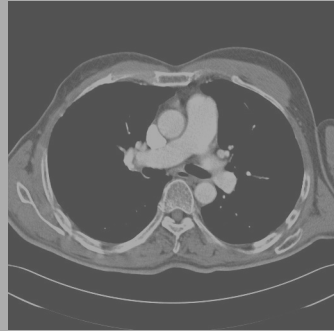
1974: Primer PET para estudios  
humanos.  
(**M. Phelps, E. Hoffman, T.  
Pogossian**)



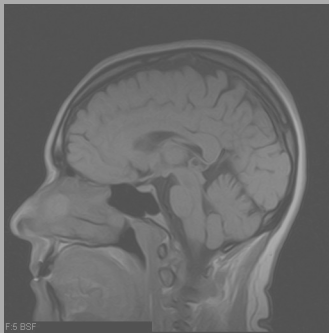
# Imagen médica multimodalidad

## Estructural

TAC



Resonancia magnética



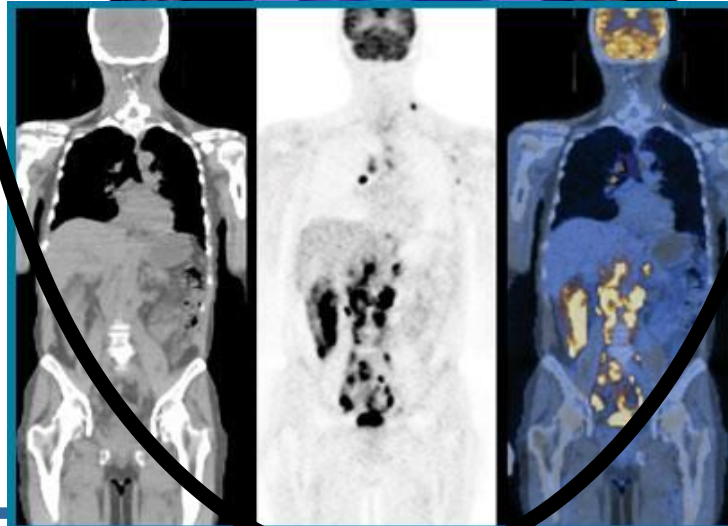
Ecografía



G. Llosa

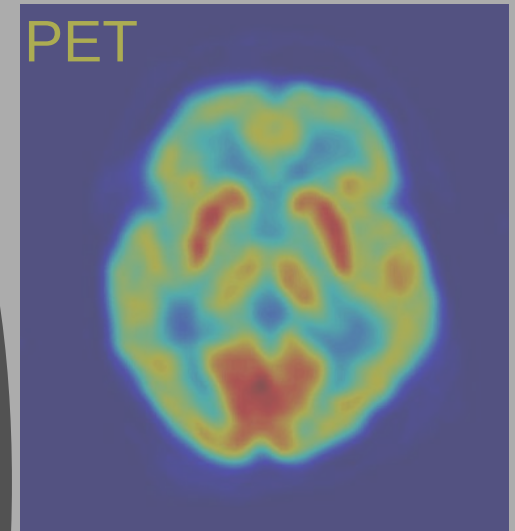
## Multimodalidad

PET-TAC



## Funcional

PET

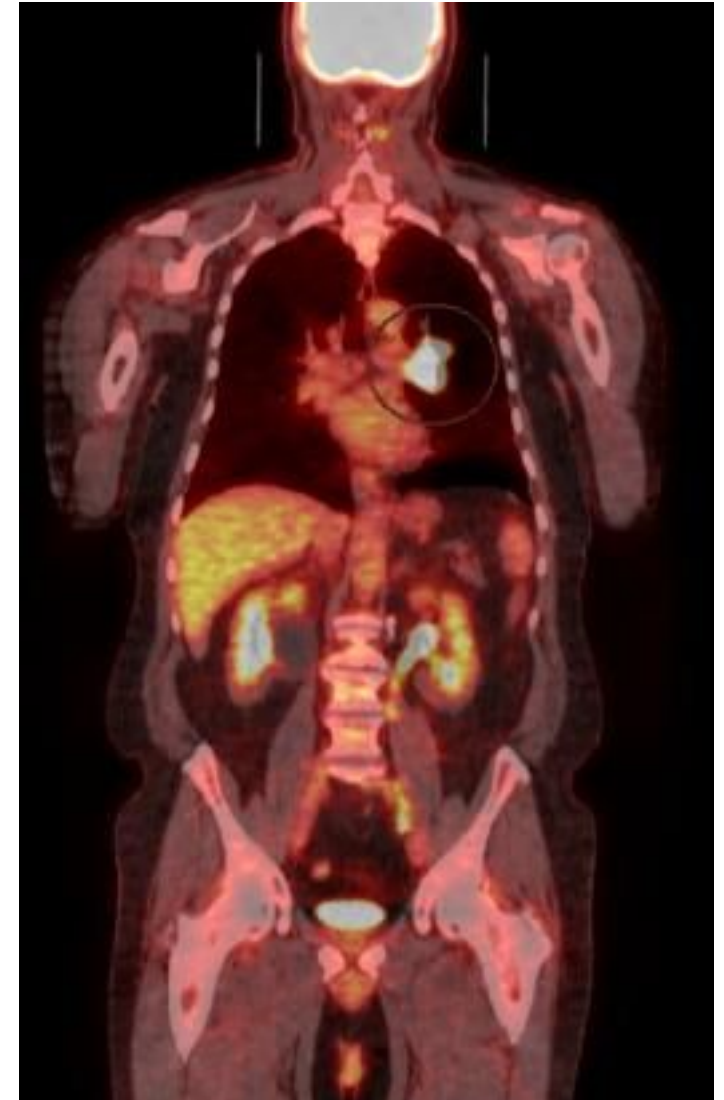


SPECT



# Multimodalidad

- Combina imágenes de dos tipos. En general estructurales y funcionales
- Casi todos los hospitales compran ahora PET-TAC.
- En el futuro PET-MR?
  - Primeros equipos existentes.
  - Mucha mejor resolución.
  - Posibilidad de ver los tejidos blandos.
  - Menor dosis de radiación.

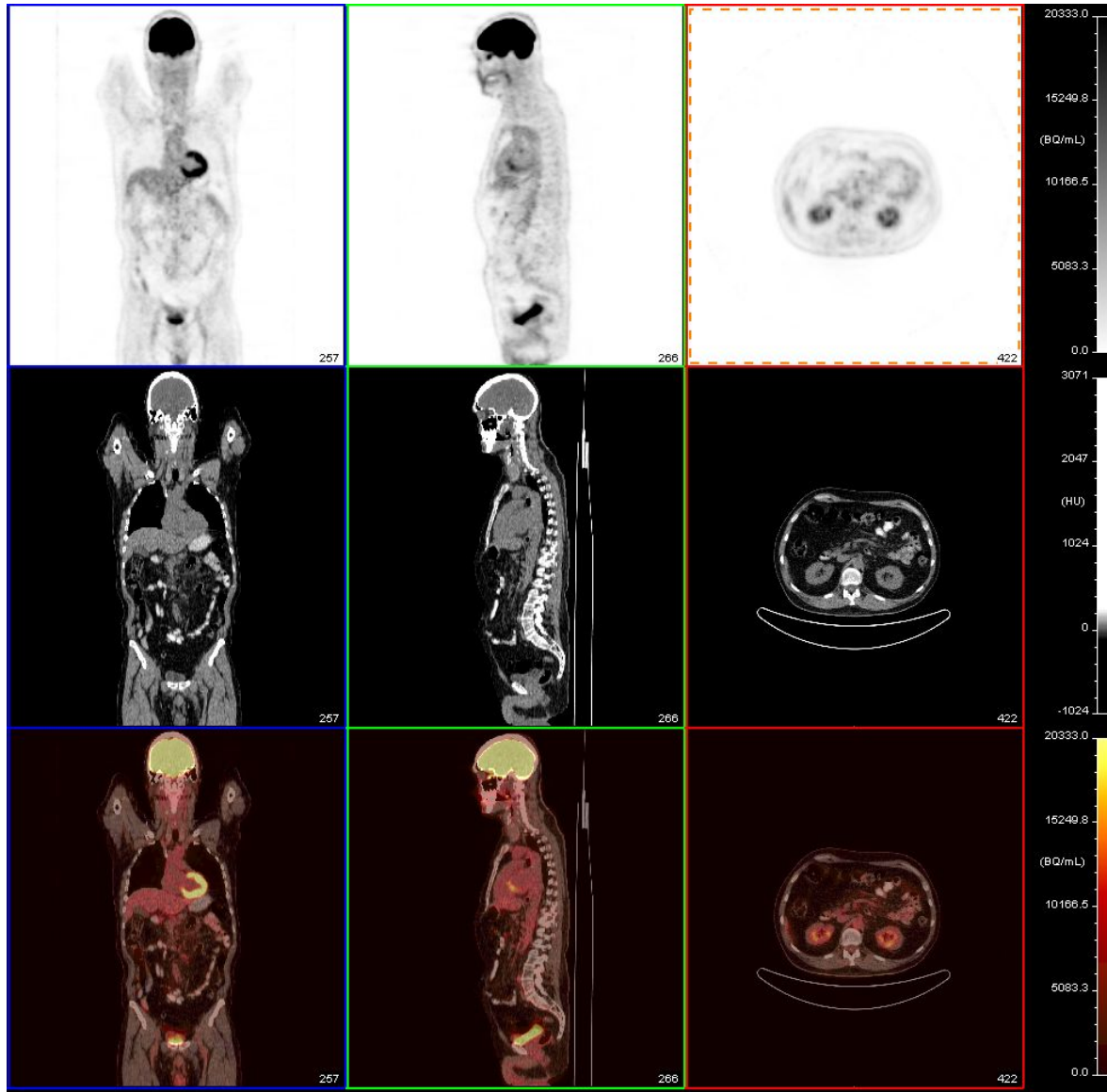


# Multimodalidad

**PET**

**TAC**

**PET  
+  
TAC**

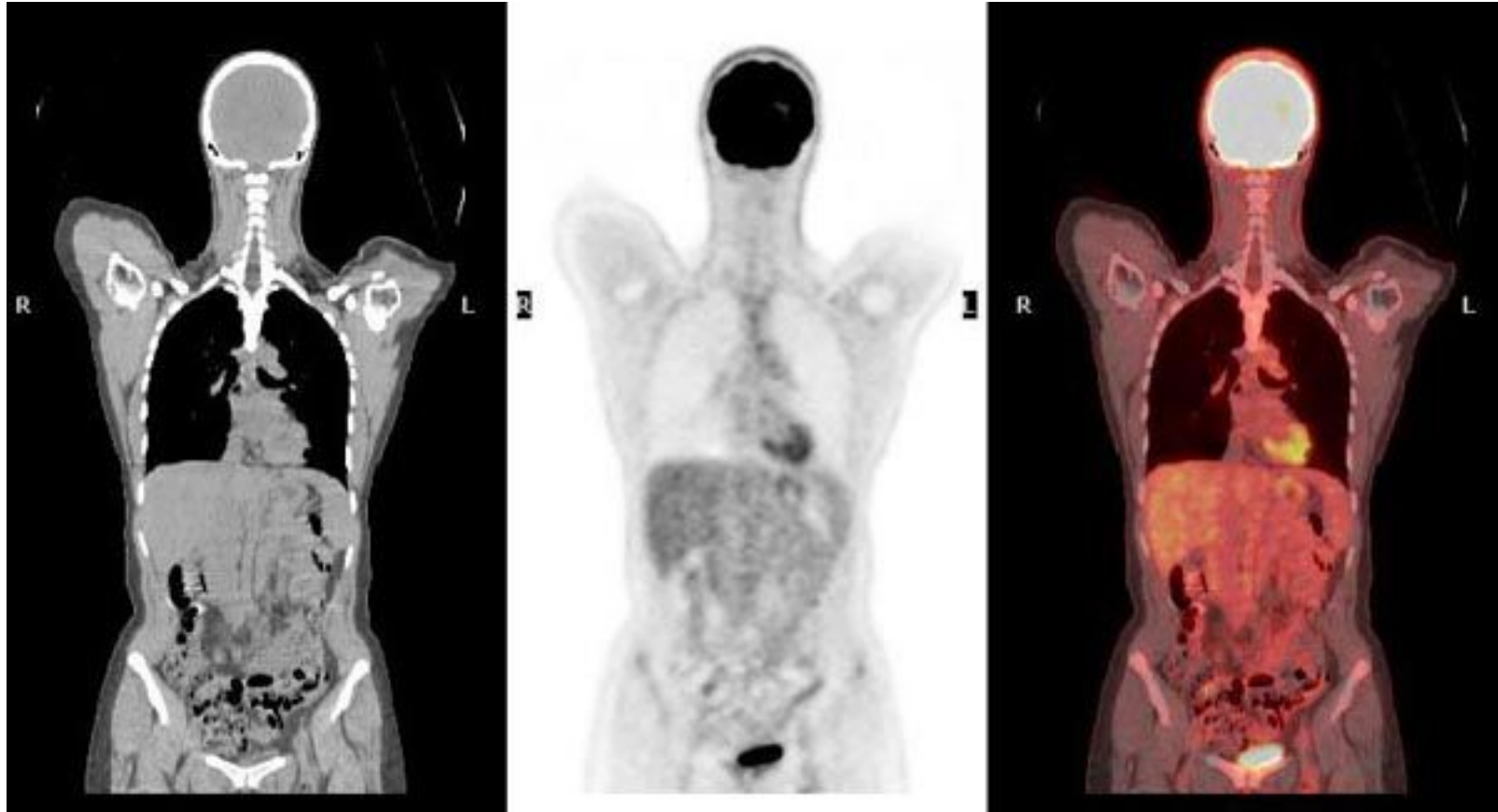


**información  
funcional**

**información  
anatómica**

**información  
anatómica  
y  
funcional**

# Multimodalidad

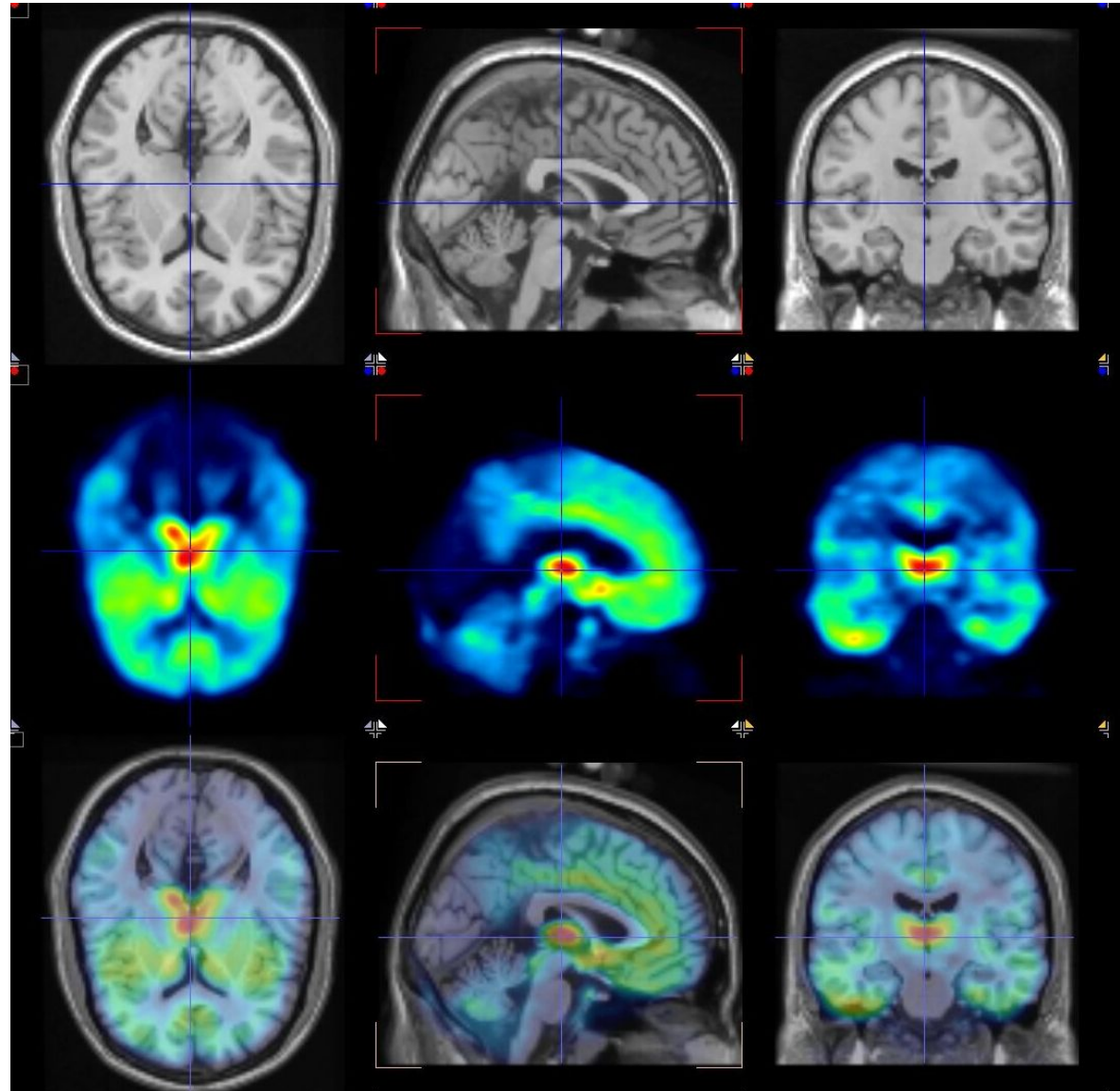


# Multimodalidad

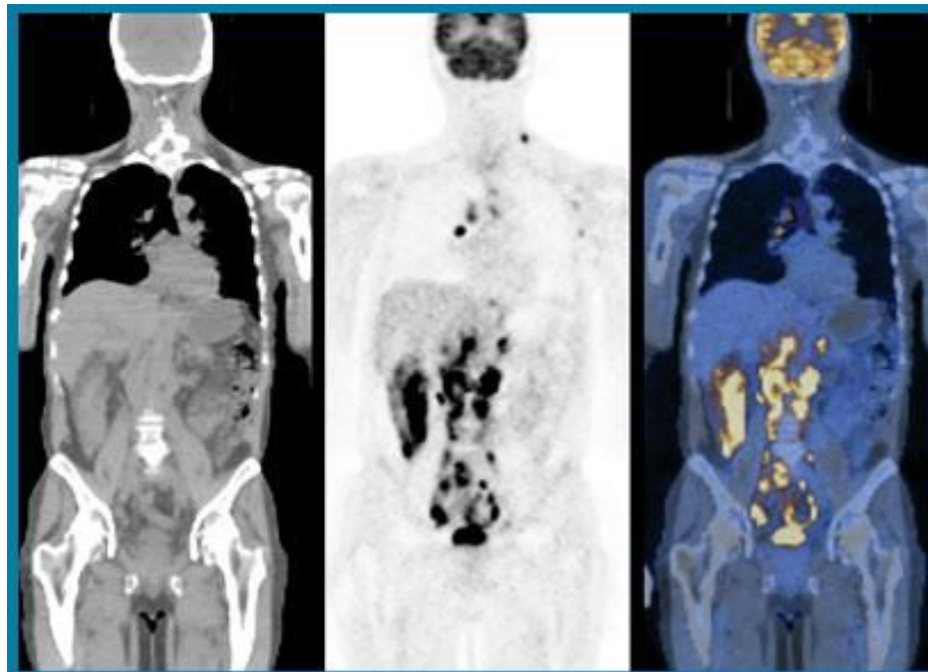
**RM:**  
anatomía

**PET:**  
función

**RM + PET:**  
información  
funcional  
y anatómica

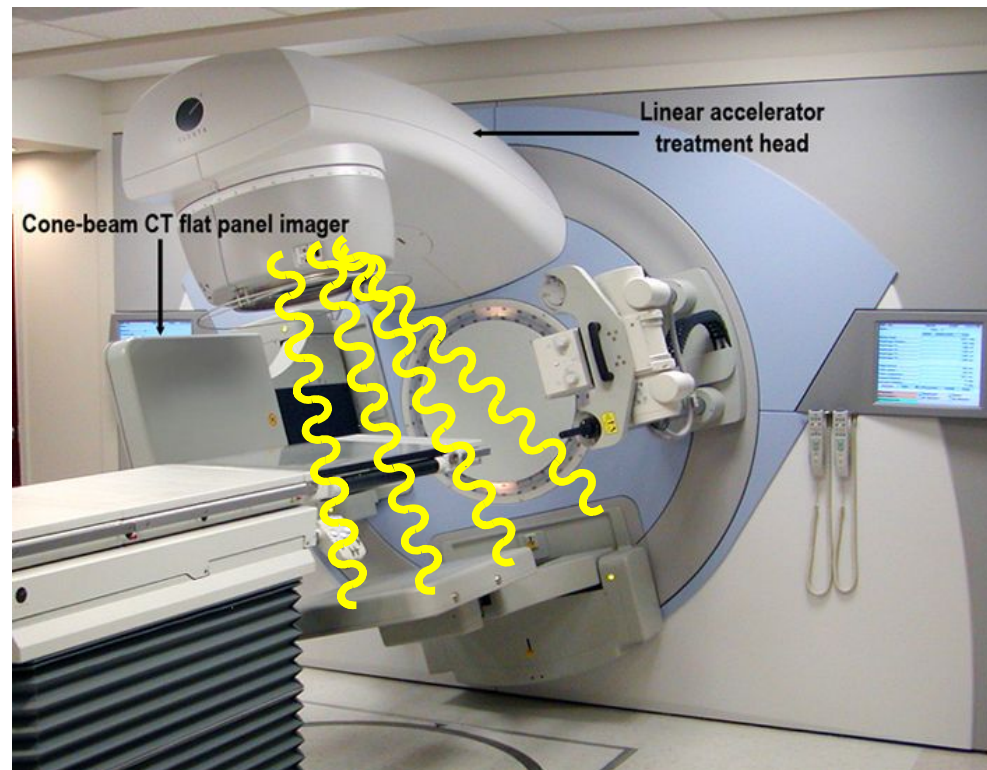


# Radioterapia y terapia hadrónica



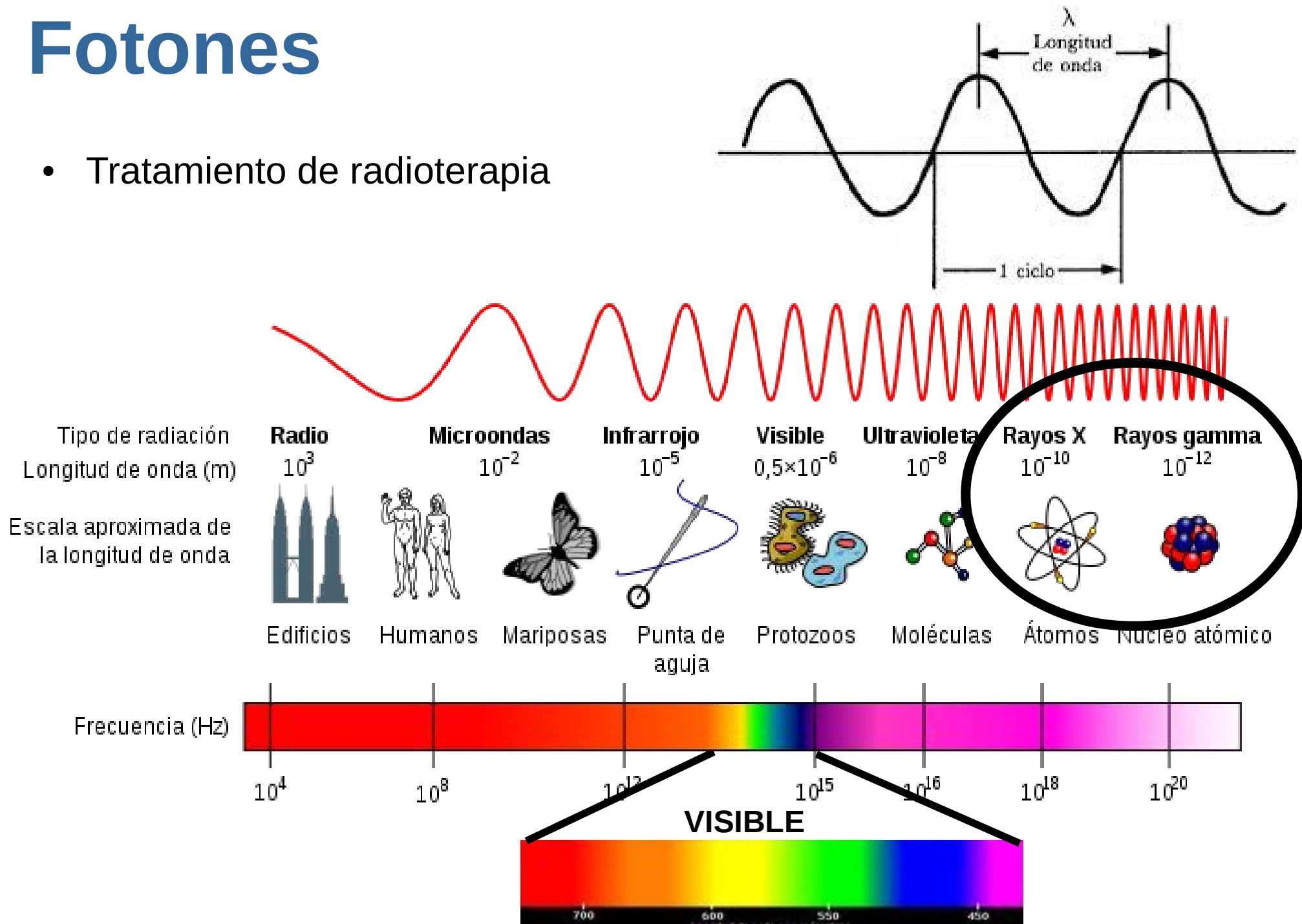
# Radioterapia y terapia hadrónica

- La radiación destruye el tejido.
  - Enfocada al tejido canceroso.
  - El tejido sano tiene mayor capacidad de recuperación.

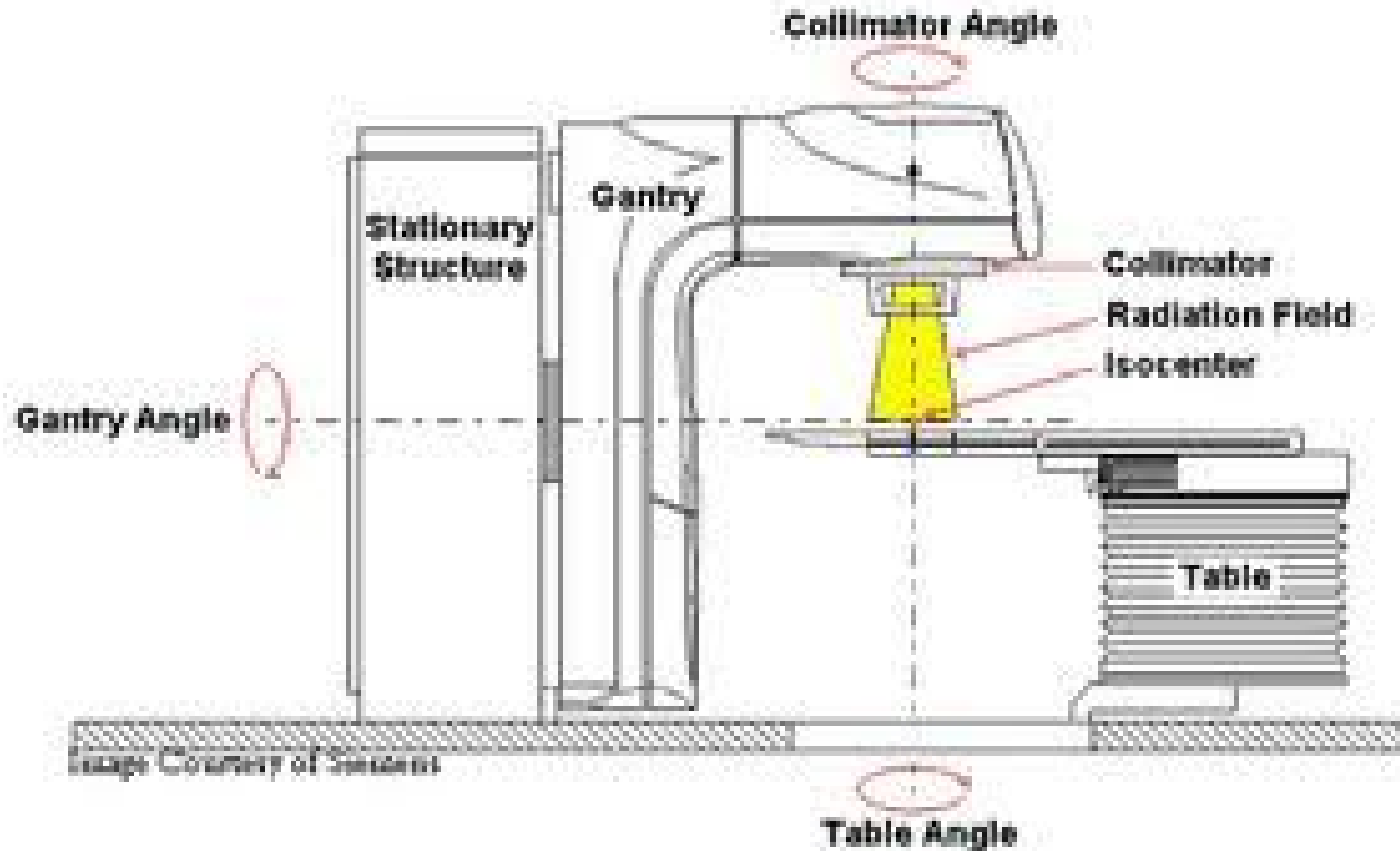


# Fotones

- Tratamiento de radioterapia



# Fotones para radioterapia

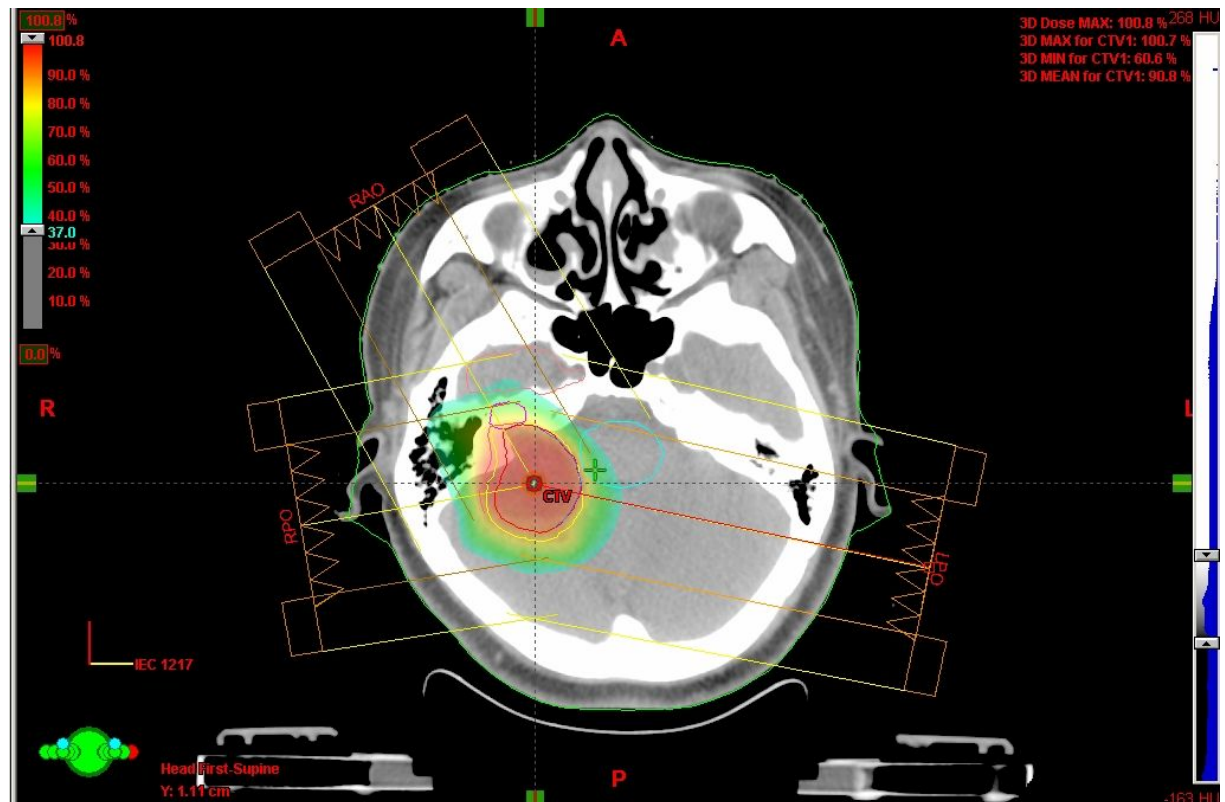


Aceleradores para radioterapia

# Radioterapia

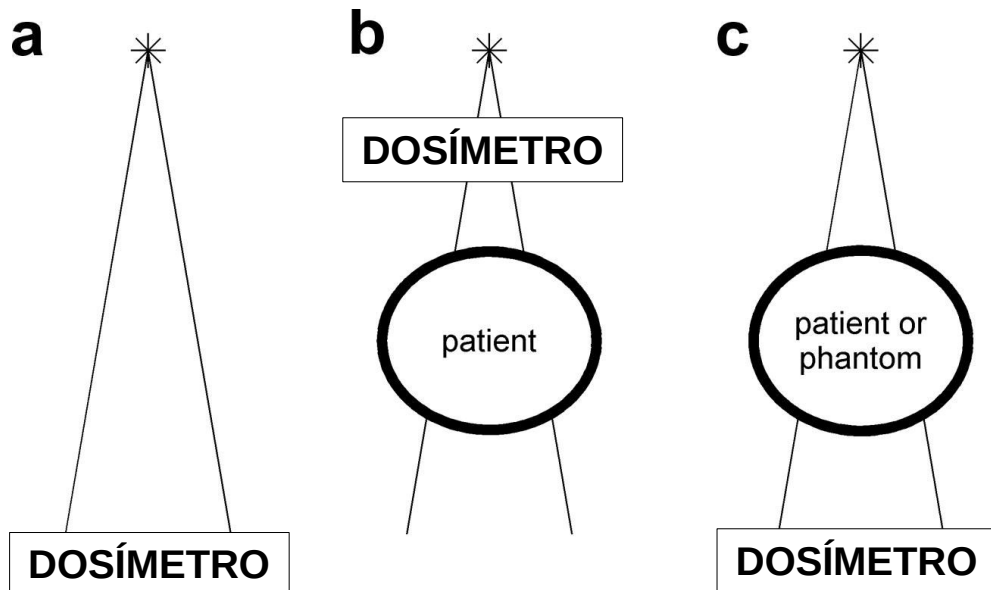
- Planificación: Los radiofísicos en los hospitales estudian la mejor forma de irradiar el tumor evitando dañar el tejido sano. El médico decide.
- Se basan en imágenes previamente adquiridas para saber donde está.

Existen técnicas para ajustar la radiación al tumor.



# Radioterapia

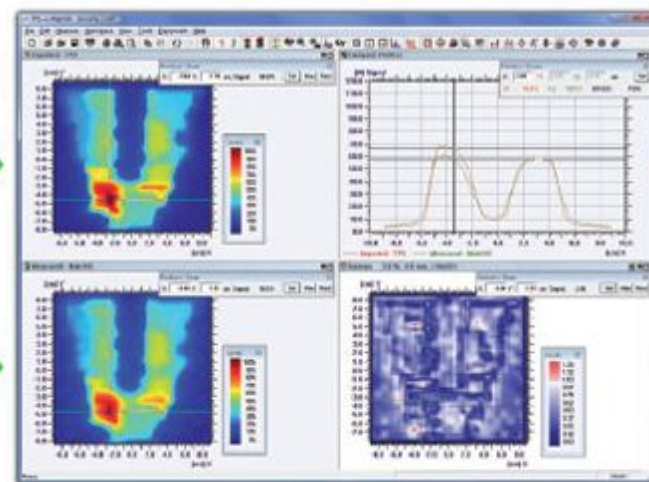
- Dosimetría para ver la dosis administrada.



STEP 1  
TPS import

STEP 2  
Measurement

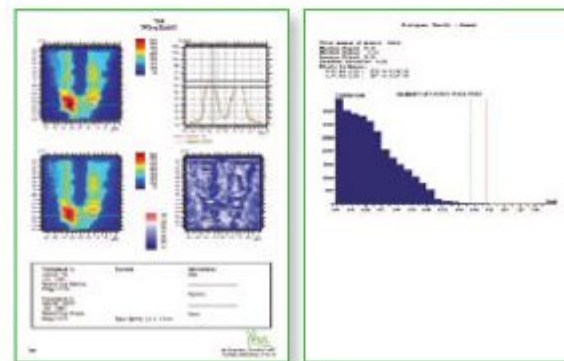
- i'mRT MatroXX
- MatroXX<sup>Evolution</sup>
- Film
- EPID



STEP 3  
Visual comparison

Mathematical analysis

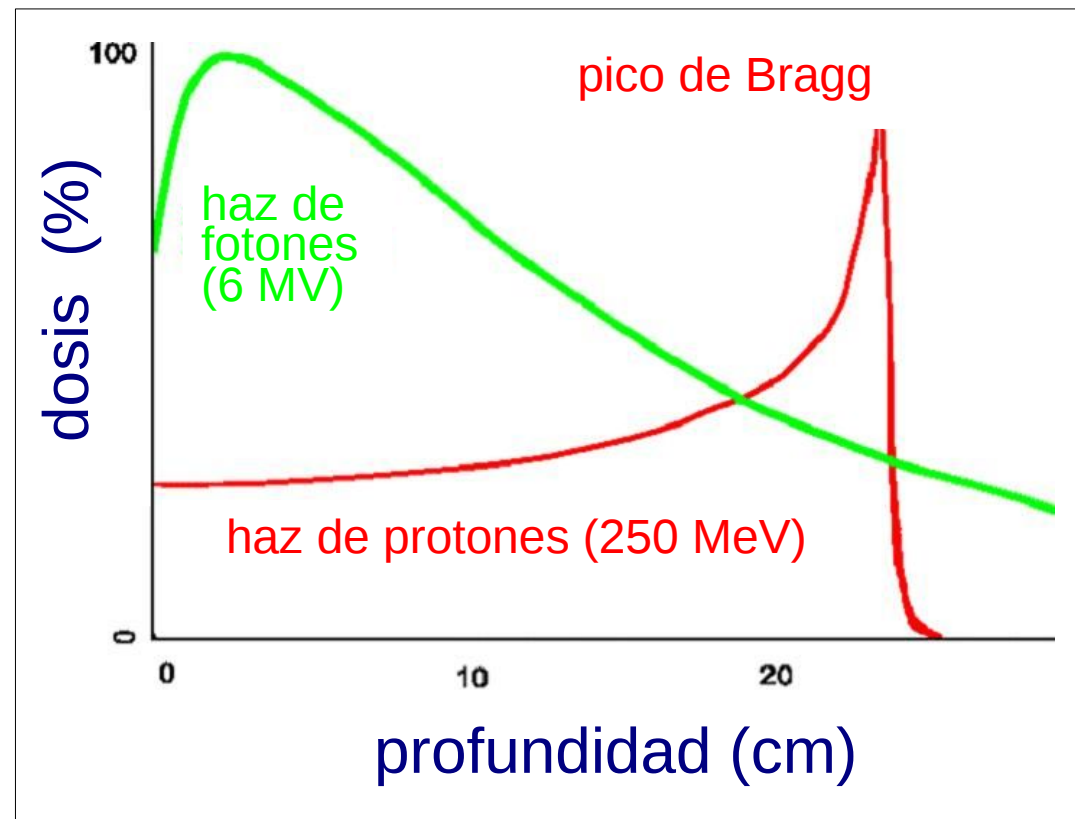
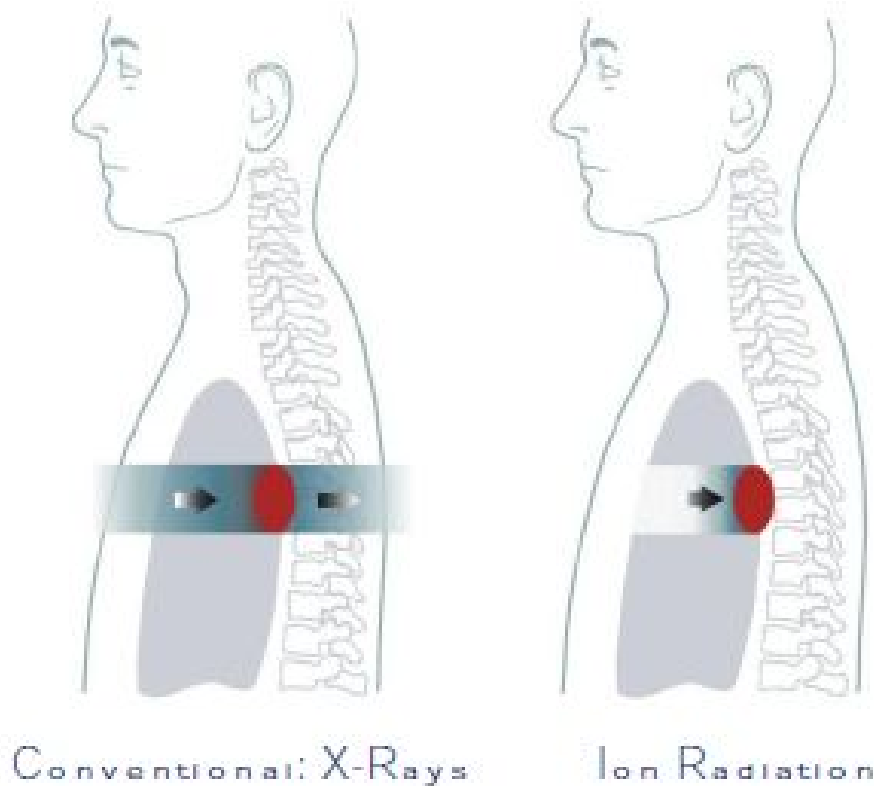
STEP 4  
Archive, Report, Export



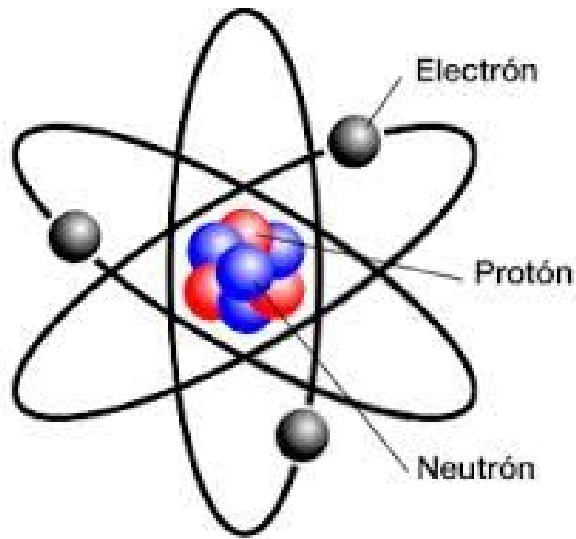
MatriXX on gantry:  
aligned for  
VMAT/RapidArc® QA

# Terapia hadrónica o Hadronterapia

- Partículas cargadas pesadas (protones, iones de carbono) en vez de fotones.
- La profundidad varía con la energía.



# Protones o iones de C, O



- Protones: componentes del núcleo atómico.
- Iones de C, O : átomos a los que les faltan electrones

Producidos en grandes aceleradores en centros especializados.

# Terapia hadrónica

- Técnica más compleja. Necesita un centro especial con un acelerador. Más cara, pero más indicada en algunos casos - reduce los efectos secundarios.
- Numerosos centros en todo el mundo.



<http://ptcog.web.psi.ch/ptcentres.htm>

|

# Terapia hadrónica

- Técnica más compleja. Necesita un centro especial con un acelerador. Más cara, pero más indicada en algunos casos - reduce los efectos secundarios.
- Numerosos centros en todo el mundo.



<http://ptcog.web.psi.ch/ptcentres.htm>

|

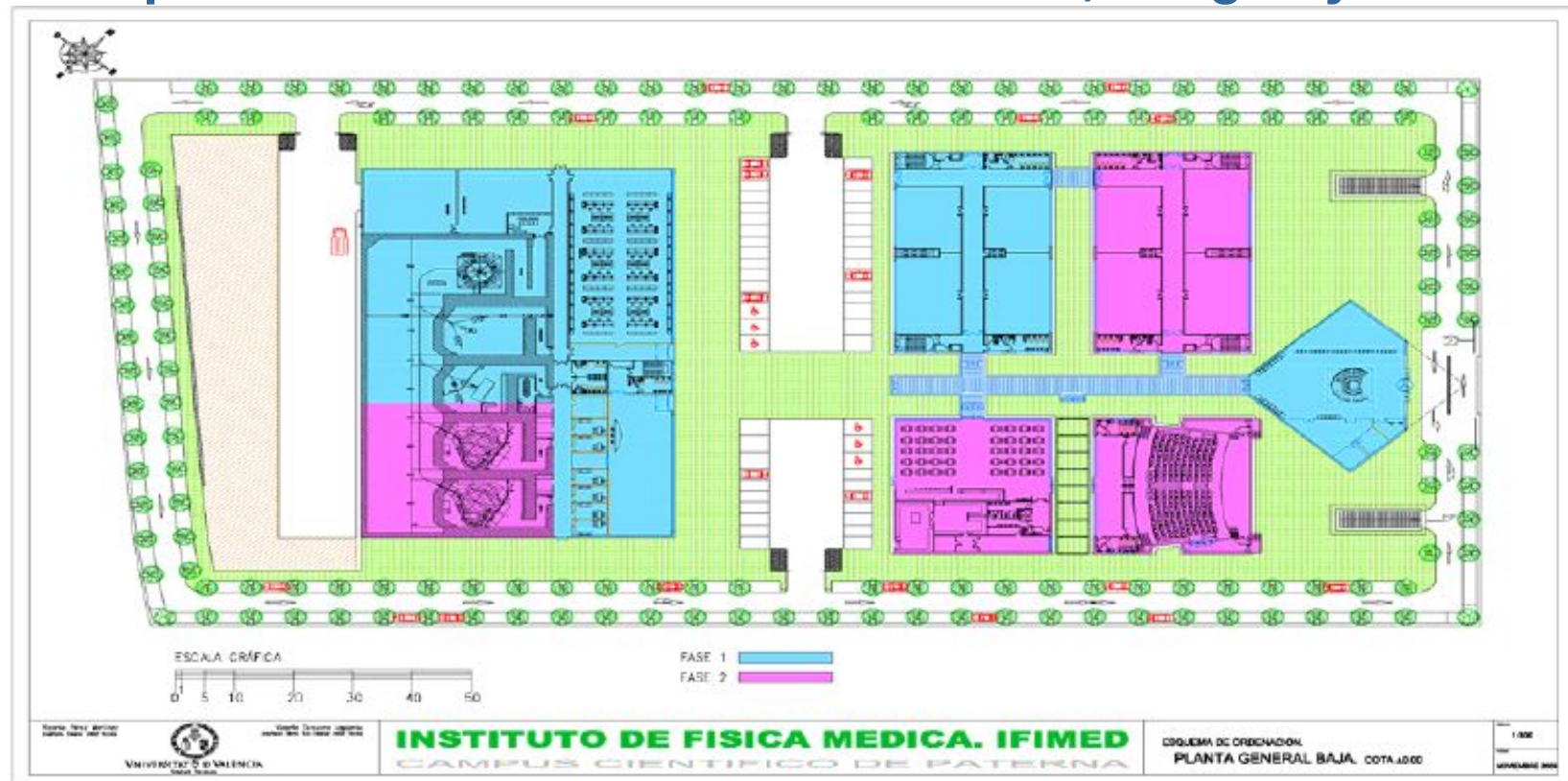
# Terapia hadrónica en Valencia

- Instalación de física médica IFIMED en Valencia:
  - Investigación en imagen y terapia hadrónica
  - Tratamiento de pacientes
  - Aplicaciones a otras áreas



<http://ific.uv.es/ifimed/>

## Fase 1 completada: laboratorios de detectores, imagen y aceleradores



# Laboratorios

- Laboratorio de instrumentación



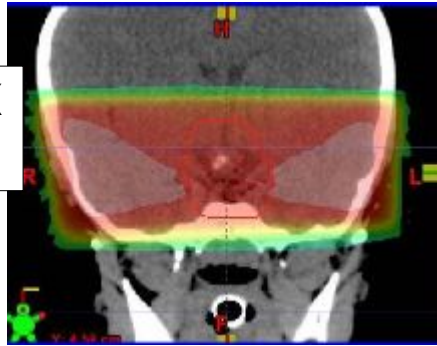
- Sala PET



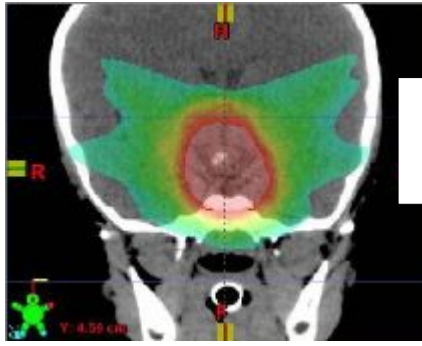
# Terapia hadrónica

- Ventaja: la dosis de radiación se administra de forma más precisa, y se reduce la dosis en el tejido sano.

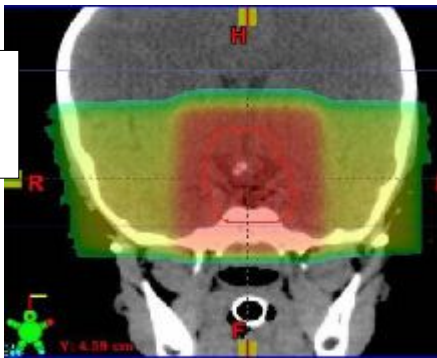
Opp 6X  
~1980



IMRT  
~2005



3-Field  
~1990



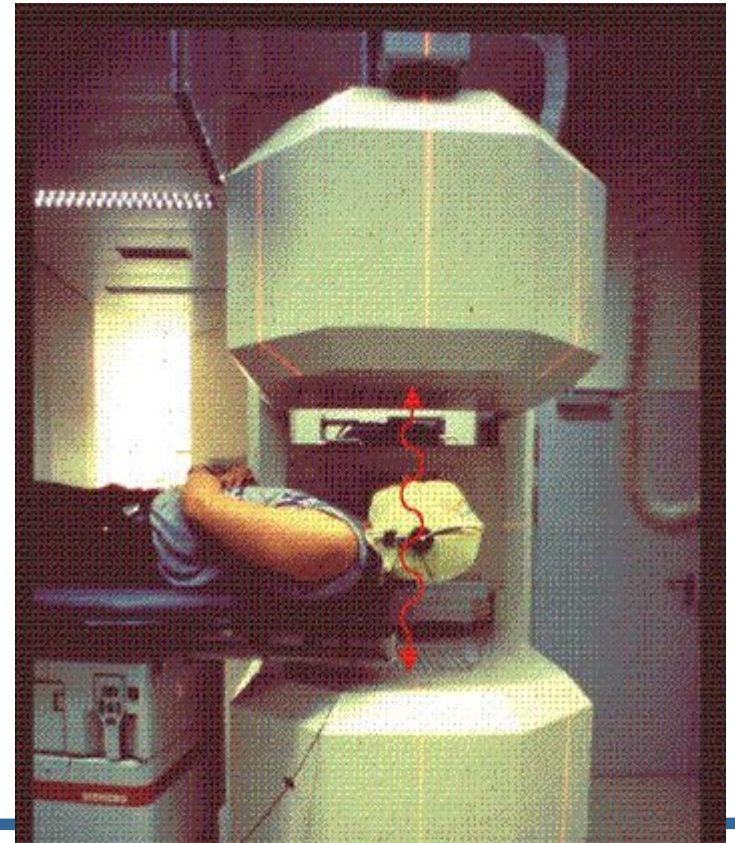
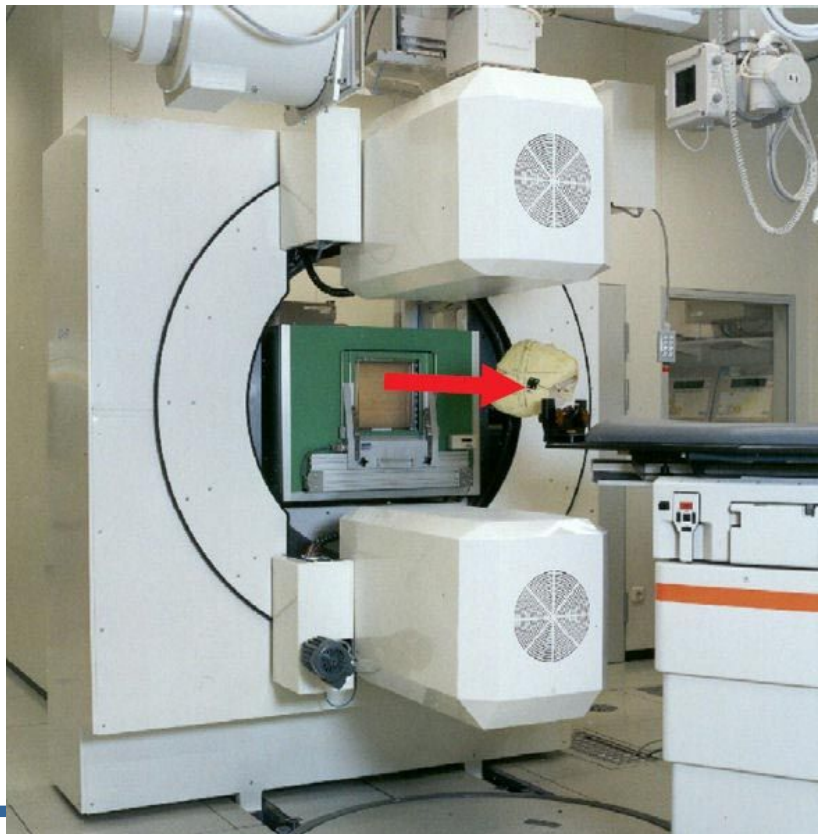
Protons  
~2009



- Muy ventajosa en algunos tipos de tumores (ojo, próstata, cerebro, niños...)
- En otros casos no demostrado. **DECIDE EL MÉDICO**

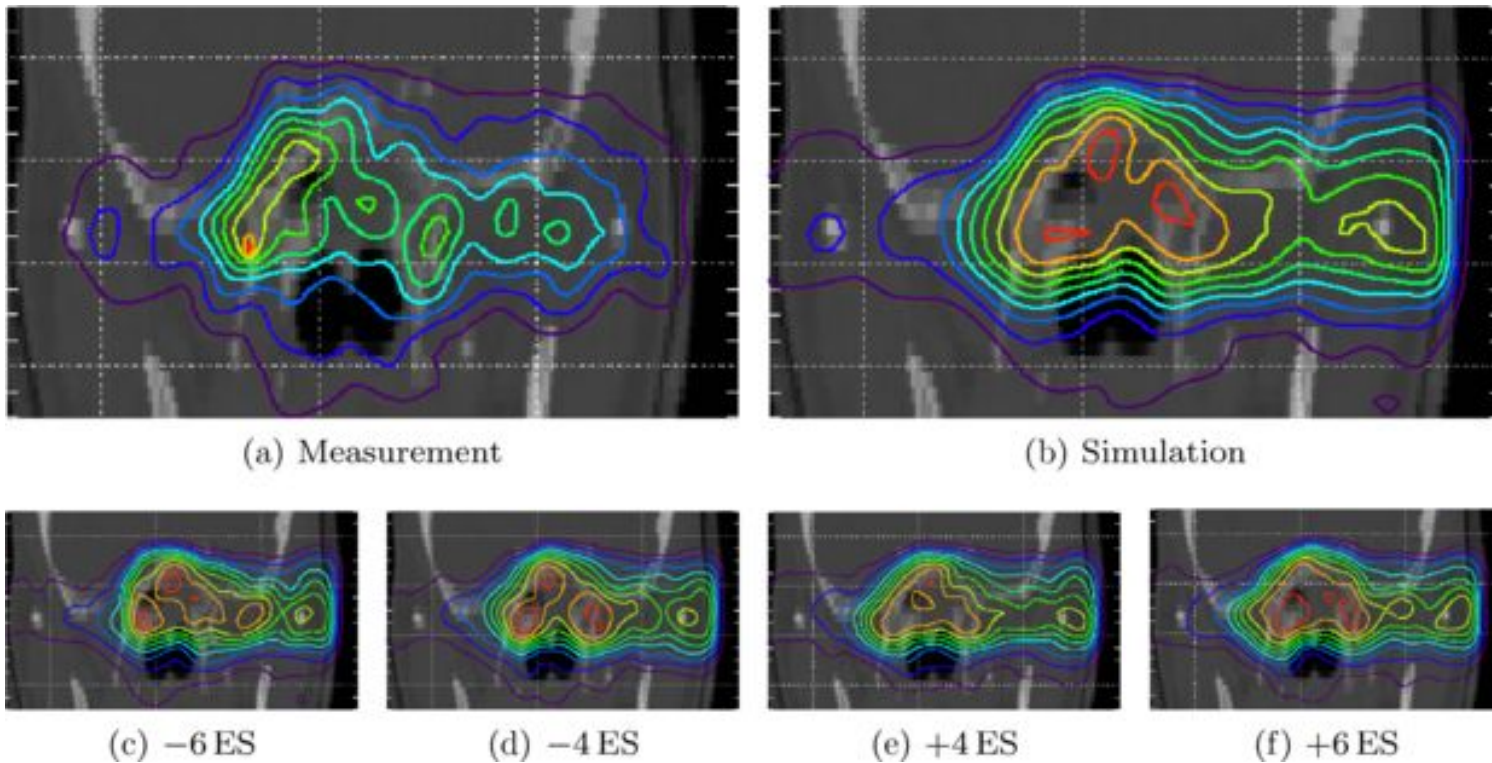
# Monitorización de la terapia hadrónica

- Al no atravesar el cuerpo la radiación, no se puede utilizar un dosímetro.
- Otras técnicas necesarias para monitorización.
- En la actualidad se utiliza el PET.



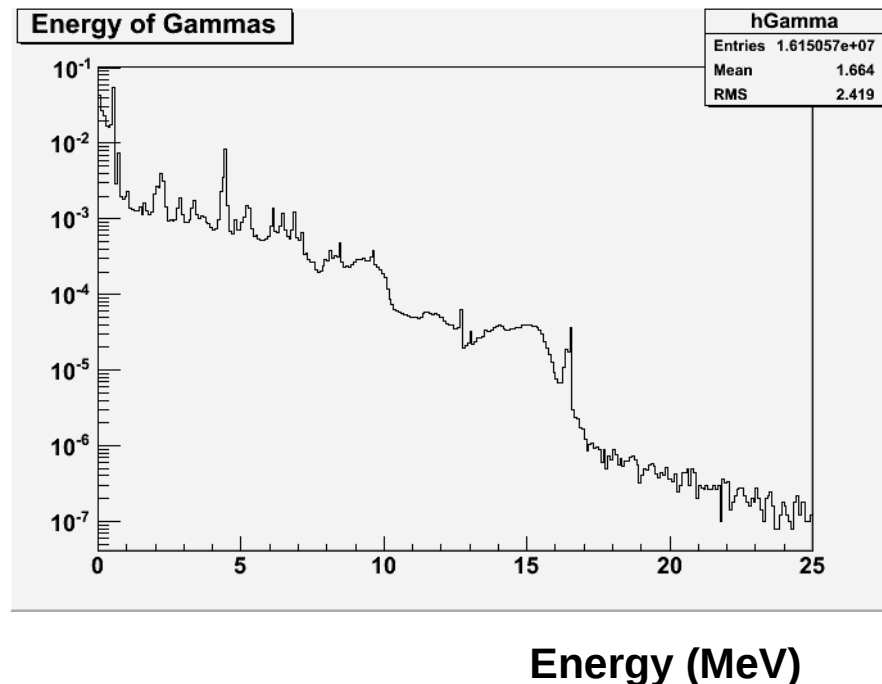
# Monitorización con PET

- No se inyecta un radiofármaco, se usan los positrones creados en el tejido al ser irradiado.
- Se hace una planificación de la terapia, y una simulación, y se comparan los resultados.



# Alternativas

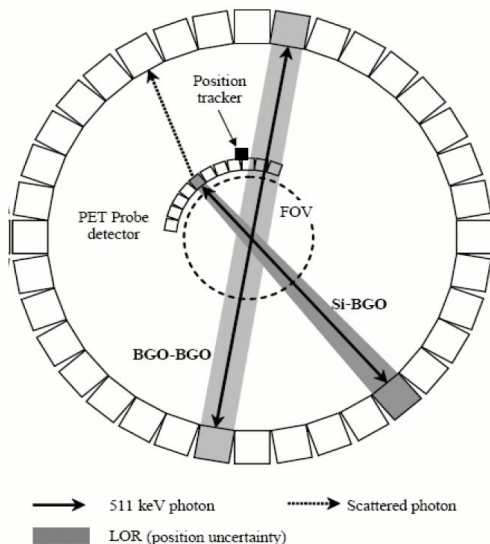
- Al irradiar el tejido también se producen otras partículas.
- Entre ellas, fotones de alta energía.
- Se producen inmediatamente después de irradiar el tejido, por lo que se podría monitorizar la terapia mientras se está irradiando al paciente.
- Se estudia el mejor modo de detectarlos=> campo de investigación activo.



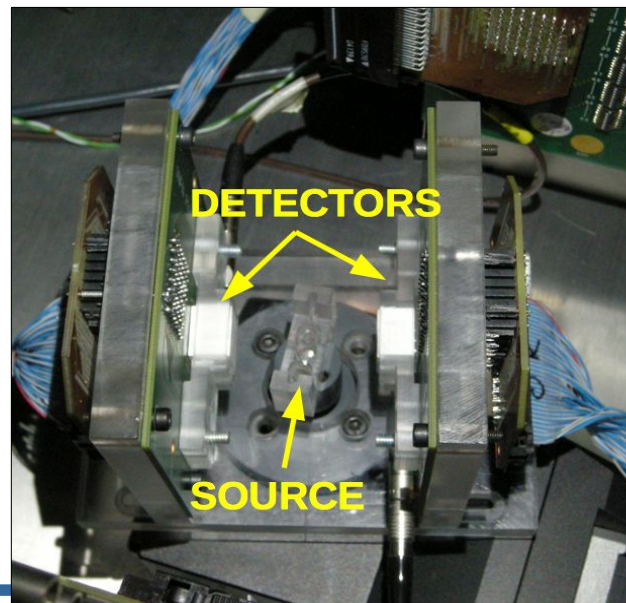
# Grupo IRIS: Image Reconstruction, Instrumentation and Simulations for medical applications. <http://ific.uv.es/iris>

- Investigamos para avanzar el estado del arte: nuevos detectores, nuevas técnicas, nuevos algoritmos.
- Conexión con la física de Altas Energías para aprovechar los avances.
- Proyectos y colaboraciones internacionales.

Sondas PET y Compton



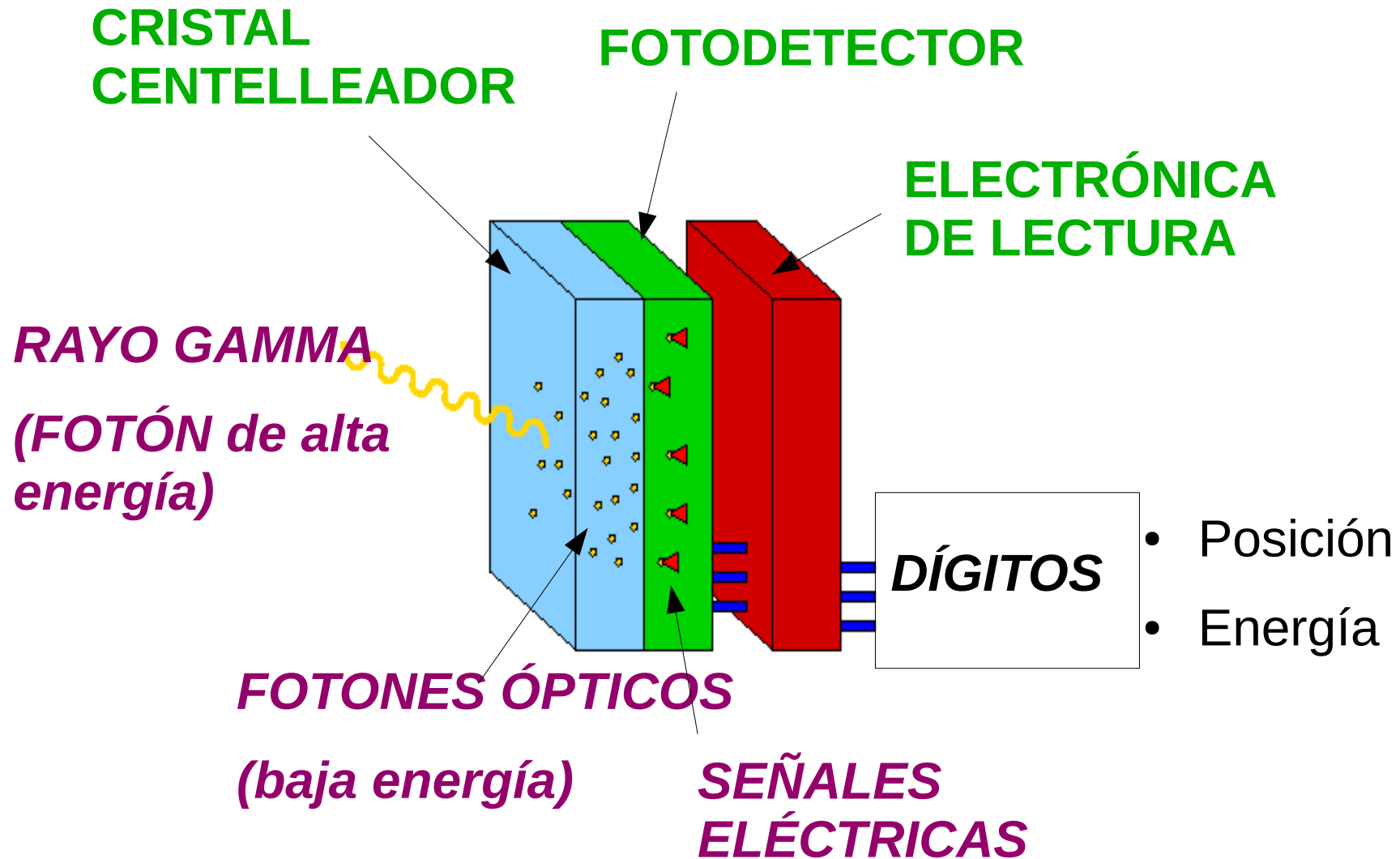
PET de alta resolución y eficiencia



Dispositivo para monitorización de la terapia hadrónica

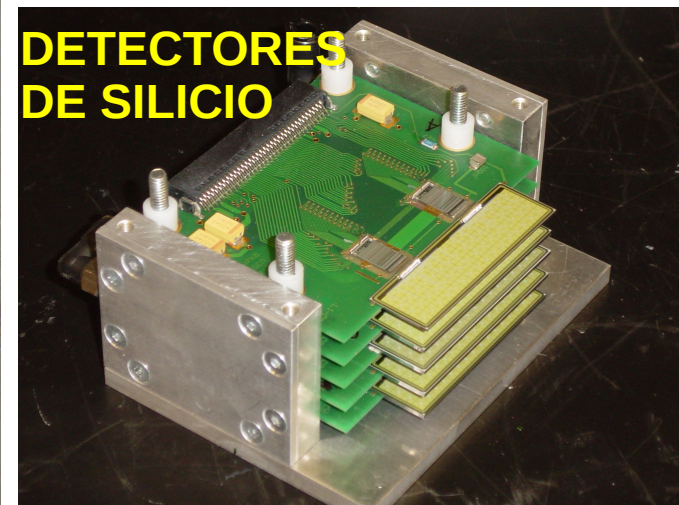
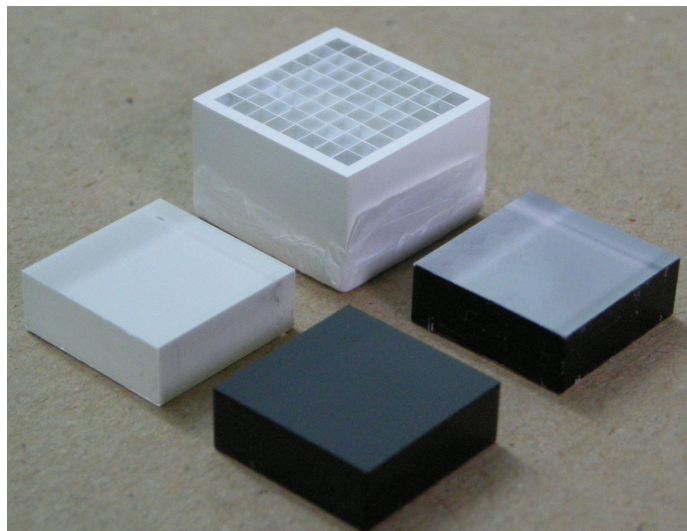
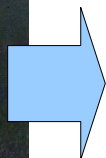
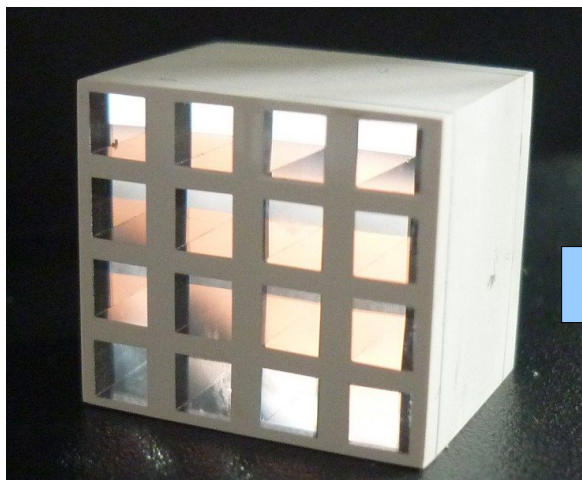


# Detectores



# Detectores

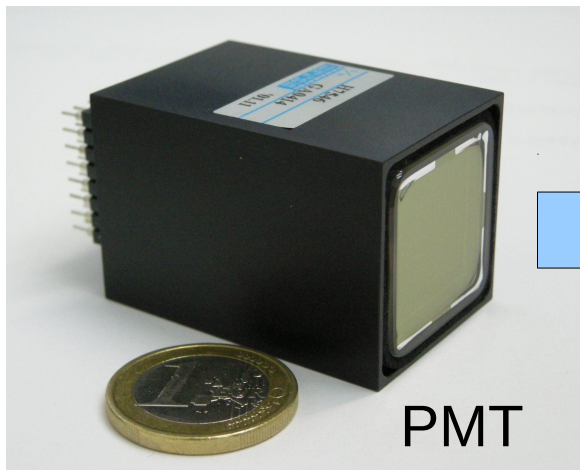
Mejora de cristales, fotodetectores y electrónica



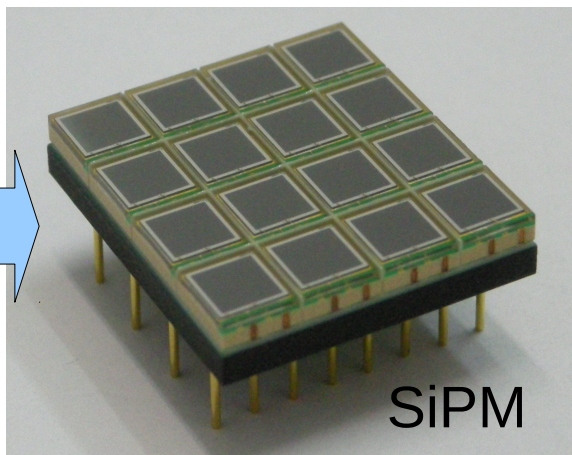
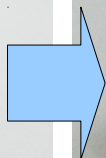
**DETECTORES  
DE SILICIO**

**CRISTALES CENTELLEADORES**

**FOTODETECTORES**



PMT

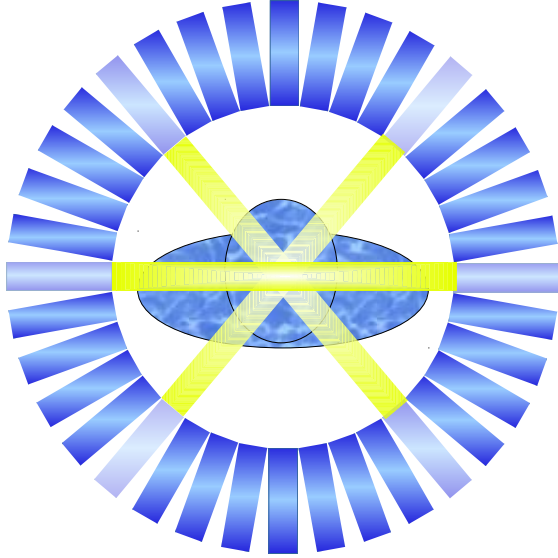


SiPM

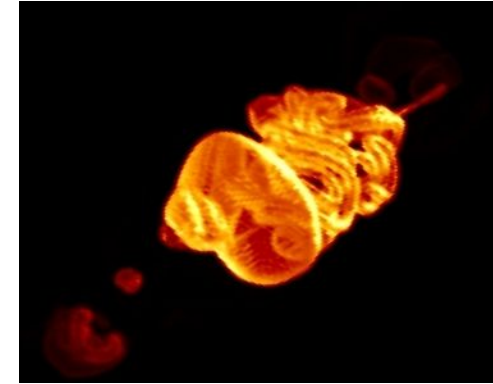


**ELECTRÓNICA DE  
LECTURA**

# Reconstrucción de imágenes



$$n_j^{k+1} = \frac{n_j^k}{\sum_{i=1}^I a_{ij}} \sum_{i=1}^I a_{ij} \frac{m_i}{q_i^k}$$



Adquisición de datos

Reconstrucción de la imagen

Imagen médica

Mejorar la calidad de la imagen final

## Instrumentation

- Aplicación de *nuevos detectores*: (d)SiPMs, etc.
- Prototipos Proof of concept
  - Compton Camera
  - PET

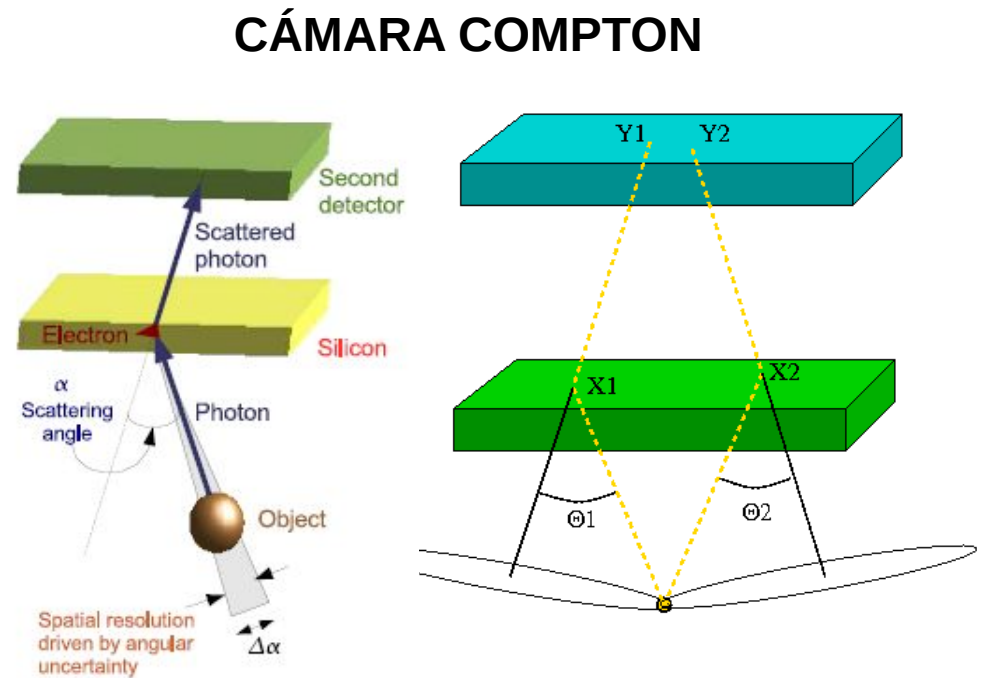
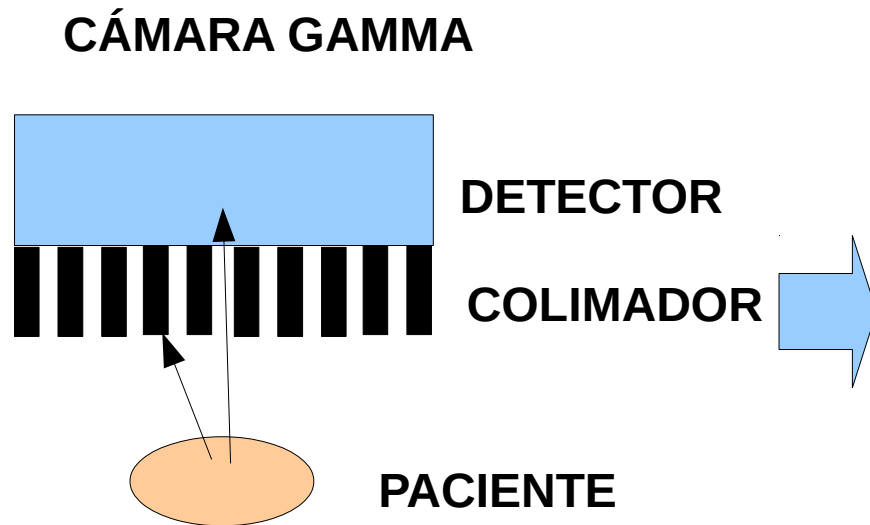
## Image Science

- Modelar la física
- Software de reconstrucción dedicado para prototipos.
- Optimizar la reconstrucción

## Image

- Imagen: último paso.
- Objetivo: calidad
  - resolución
  - fidelidad
  - etc..
- Poco procesado de imagen

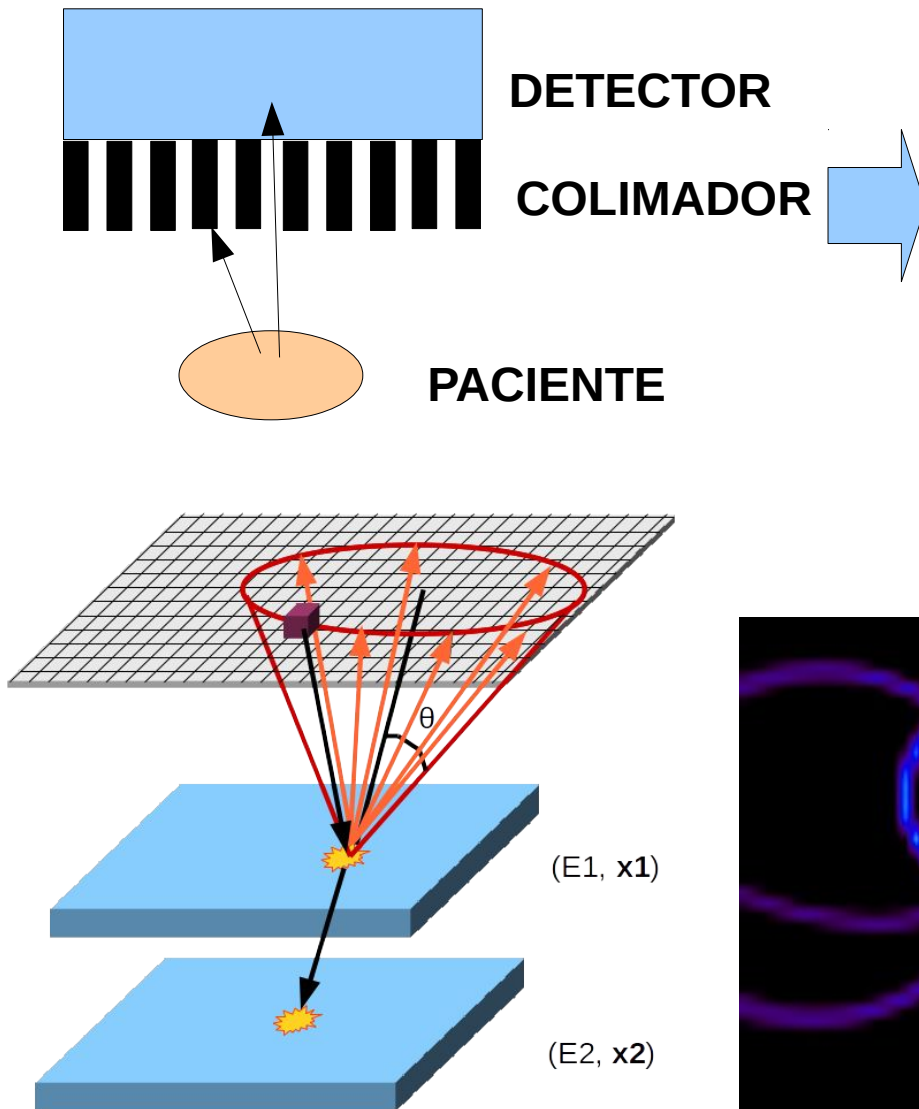
# Silicio: Cámaras Compton



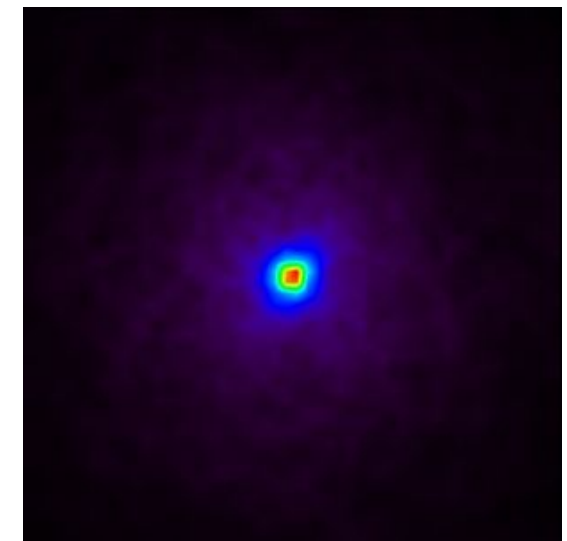
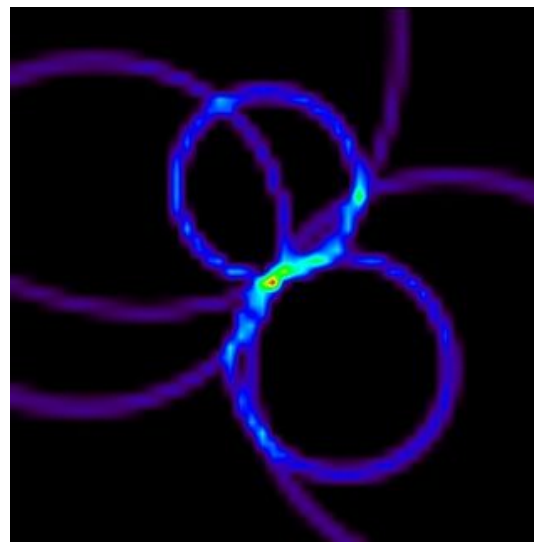
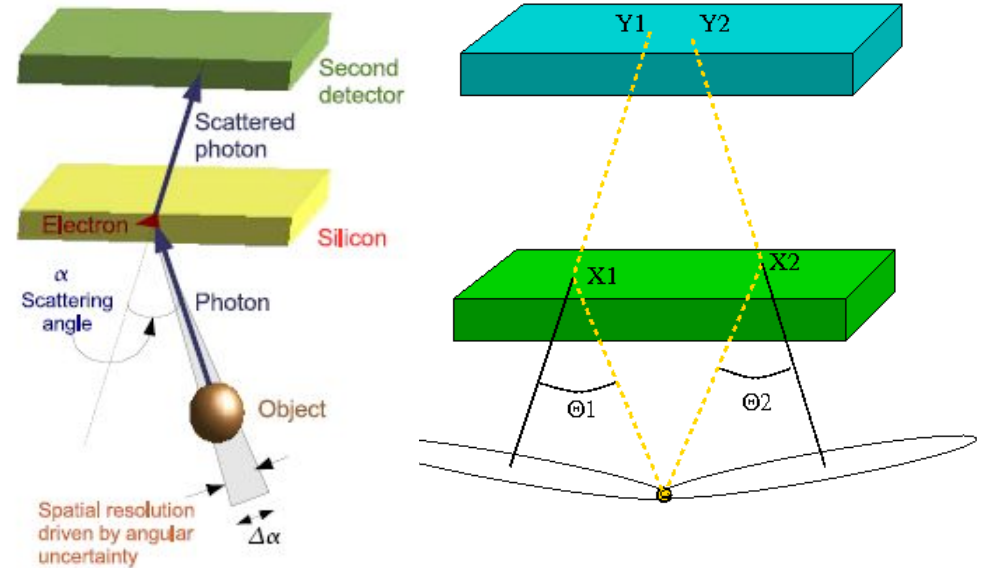
$$\cos\theta = 1 - m_0c^2\left(\frac{1}{E_0 - E_e} - \frac{1}{E_0}\right)$$

# Silicio: Cámaras Compton

CÁMARA GAMMA

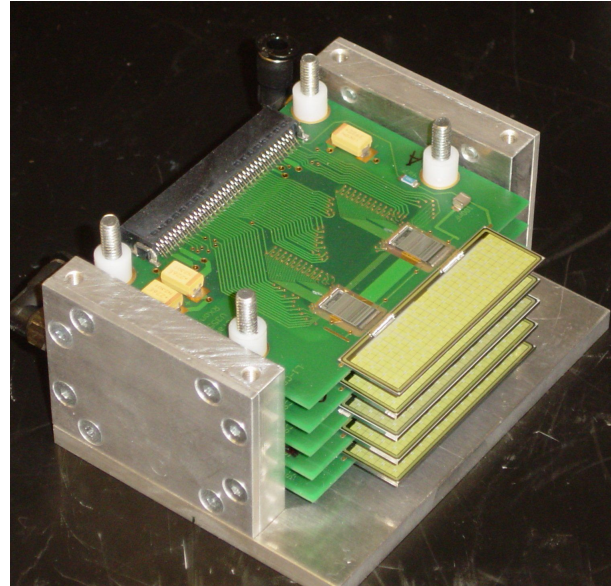
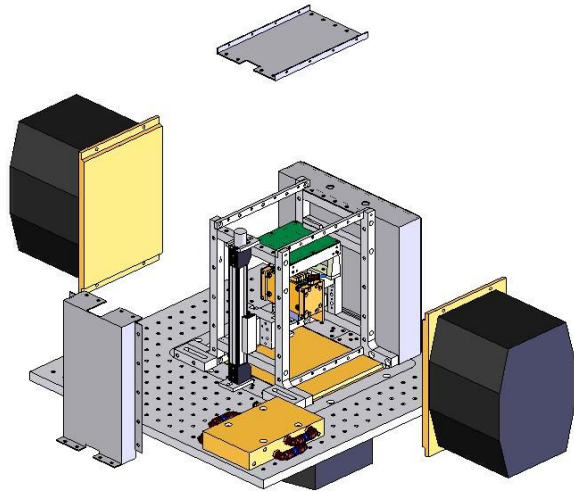


CÁMARA COMPTON

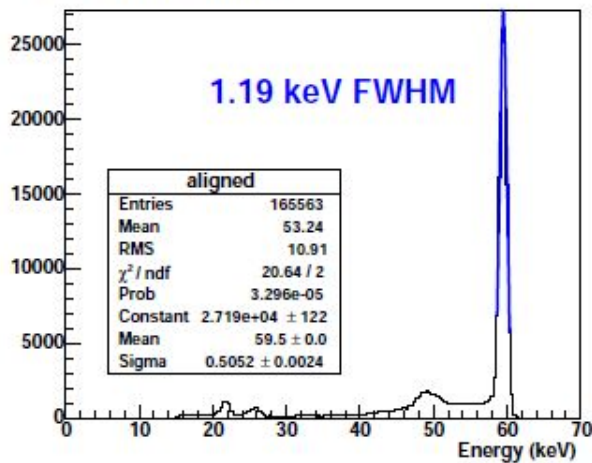


# Silicio: Cámaras Compton

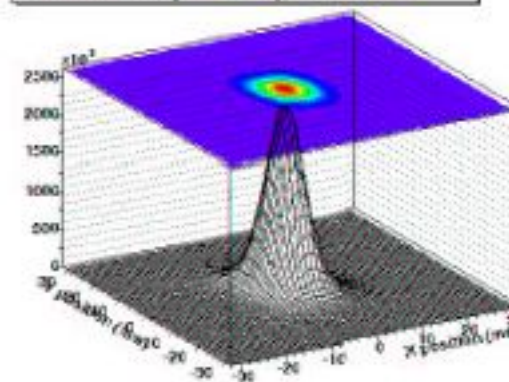
- Aplicación: sonda Compton para imágenes de la próstata



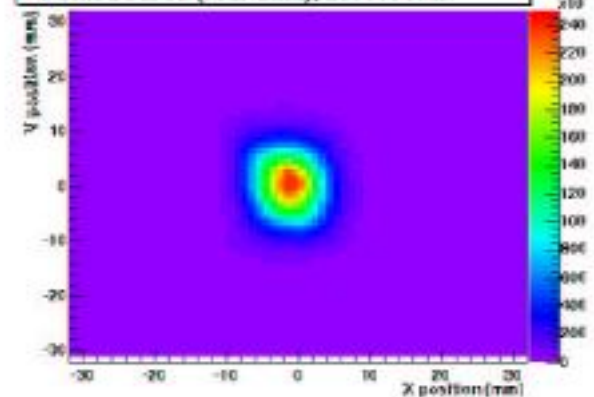
aligned mod 0 channels 0 - 256



Point Source (real data), 200000evts.

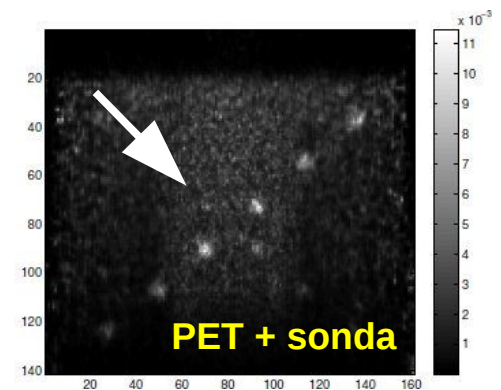
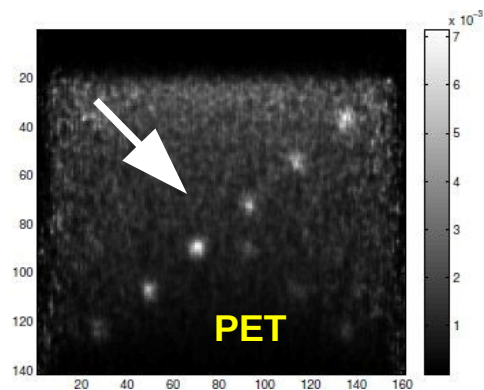
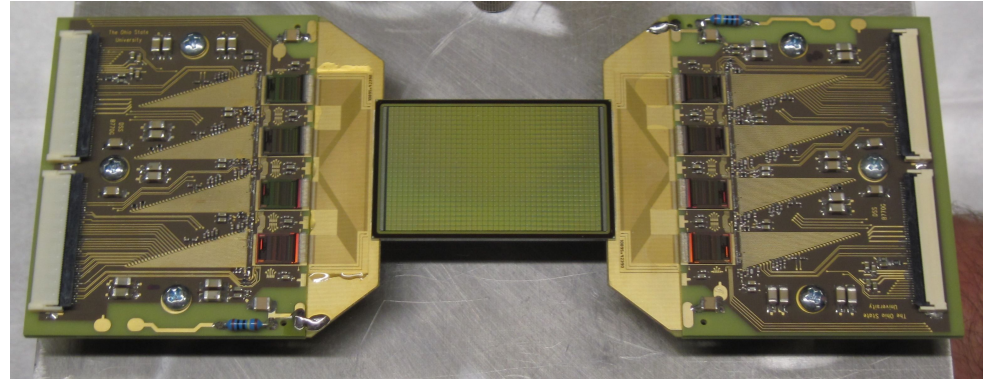
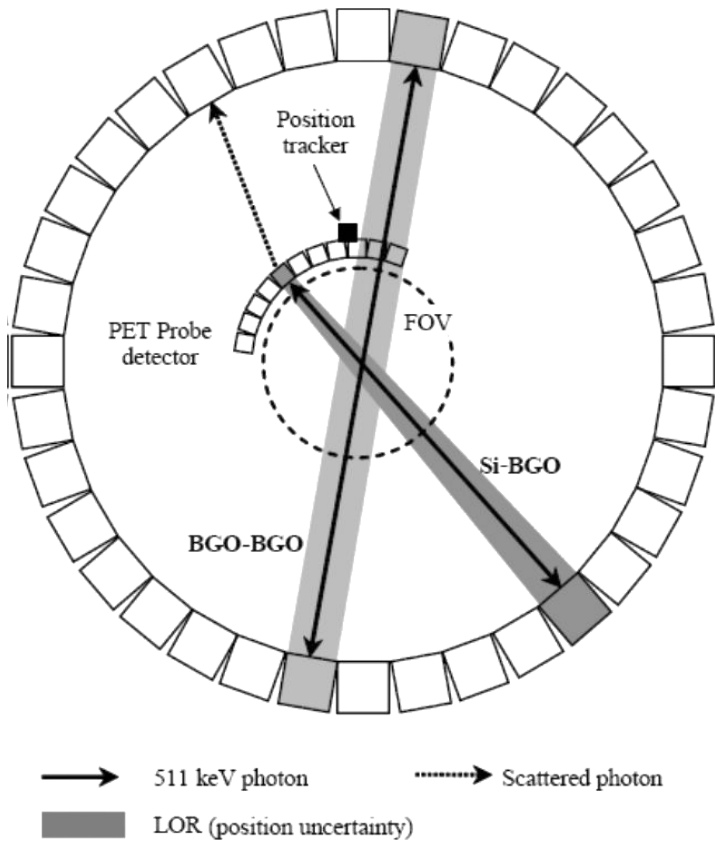


Point Source (real data), 200000evts.



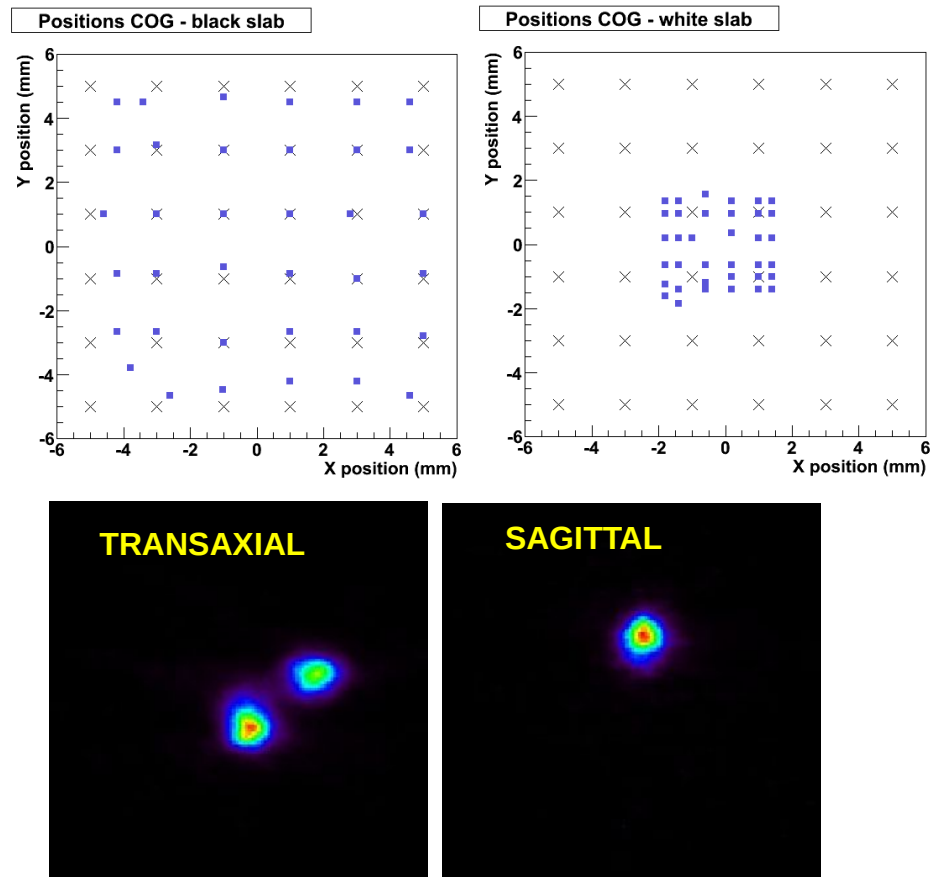
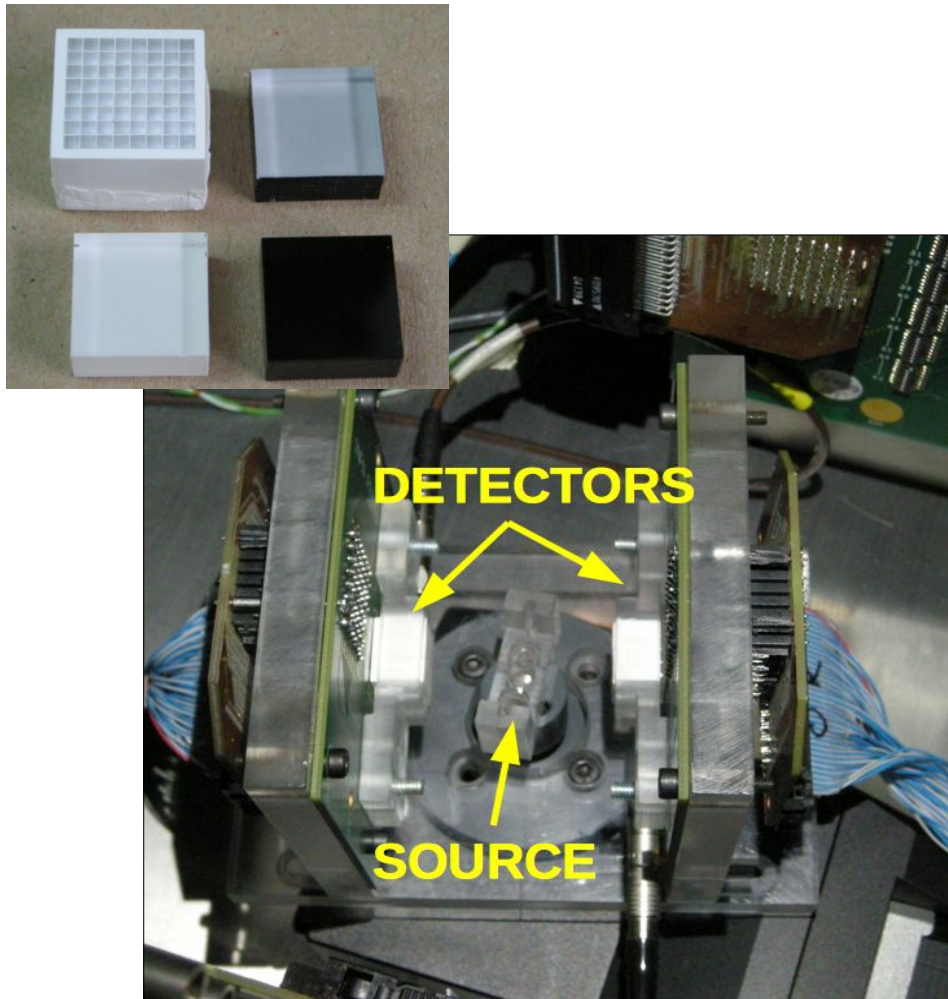
# Silicio: MADEIRA

- 'Lupa' para mejorar la resolución en una zona



# PET con cristales continuos

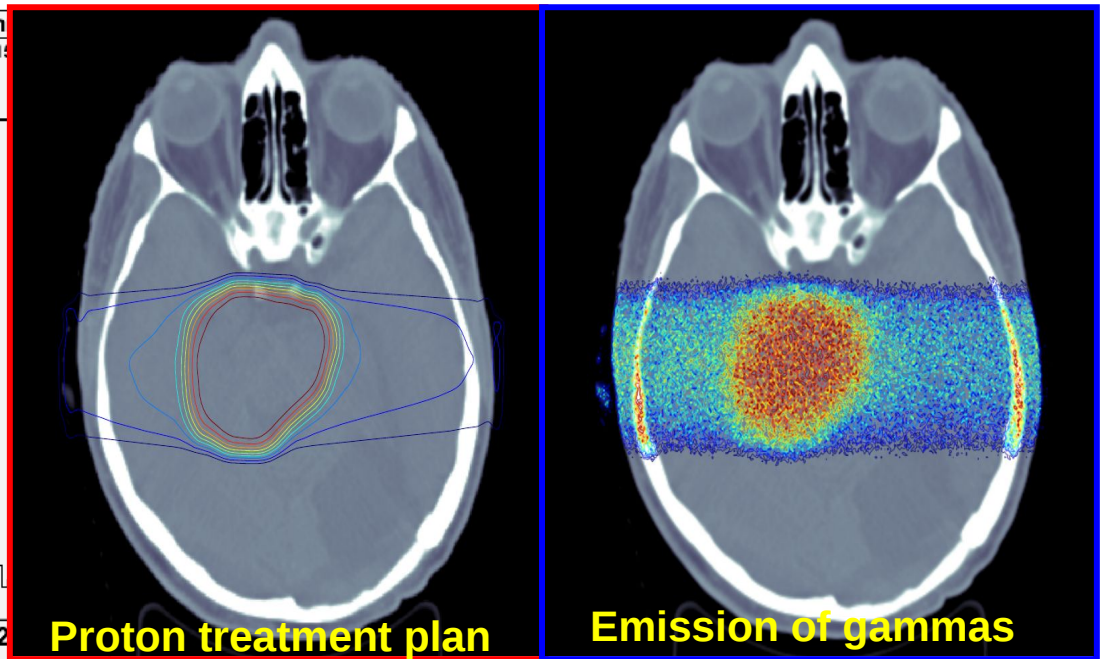
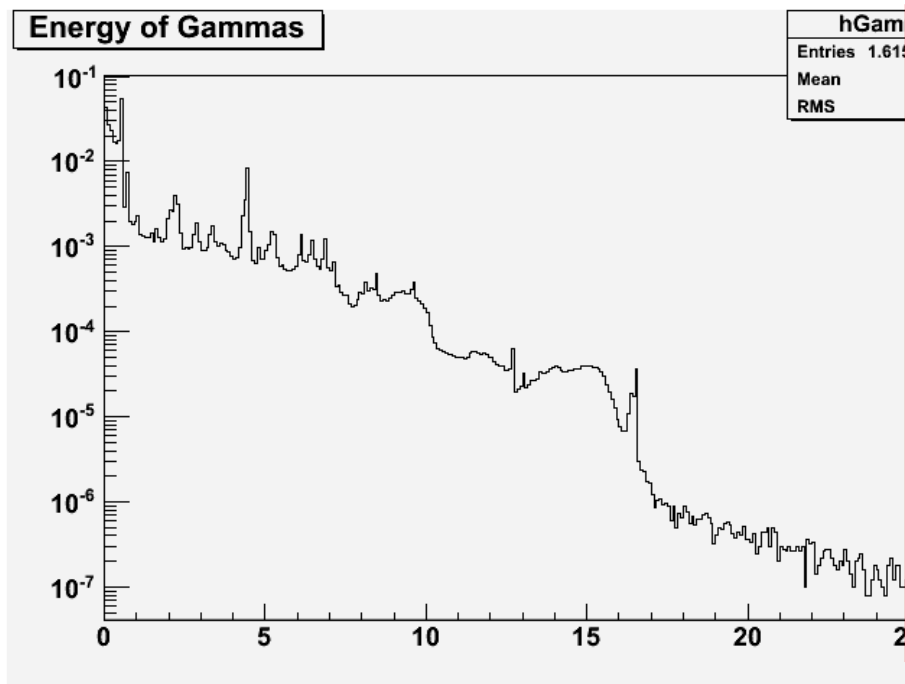
- Aumento de eficiencia y resolución a bajo coste.
- Pioneros en el uso de SiPMs.



Fuentes puntuales:  
FWHM mejor que 1 mm.

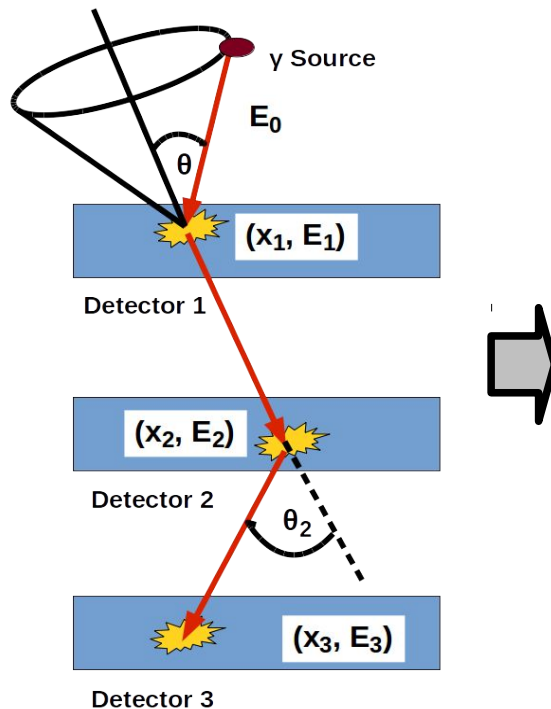
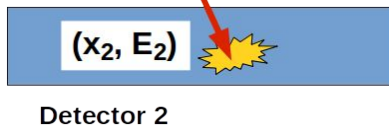
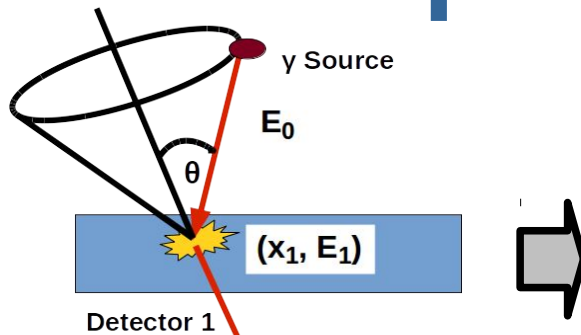
# Telescopio Compton

- Alternativa: gammas emitidos por los nucleos del tejido excitados durante la terapia.
  - Emisión ~ ns tras irradiación
  - ~ 7 veces más partículas/cGy.
- Espectro continuo de energía hasta 10-20 MeV.



Brain tumor. CMS TPS (Elekta)  
AKH and Med. Univ. Vienna.

# Telescopio Compton



Dos detectores:

Problemas si no sabemos la E del fotón, o si no se absorbe (MeV)

$$\cos\theta = 1 - m_0c^2 \left( \frac{1}{E_0 - E_e} - \frac{1}{E_0} \right)$$

Multicapa: 3 interacciones en 3 detectores (+ orden correcto):

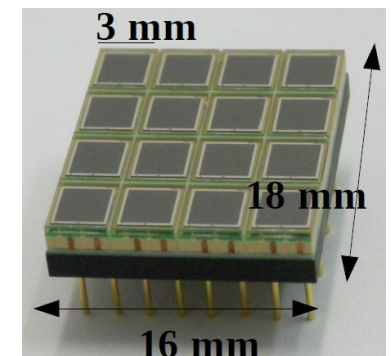
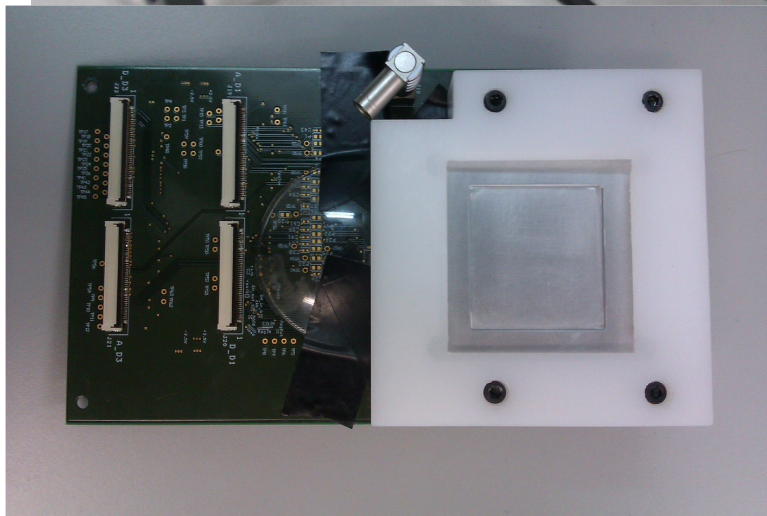
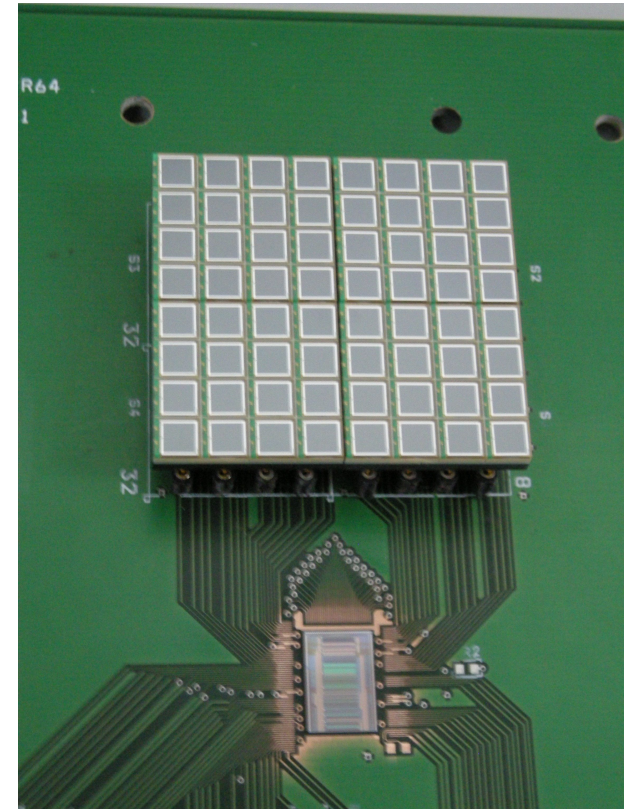
- Energía determinada
- Eficiencia menor

$$\cos(\theta) = 1 - \frac{E_1 m_e c^2}{E_0 (E_0 - E_1)}$$

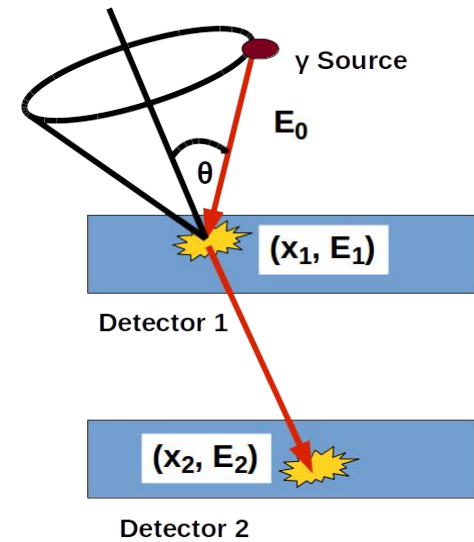
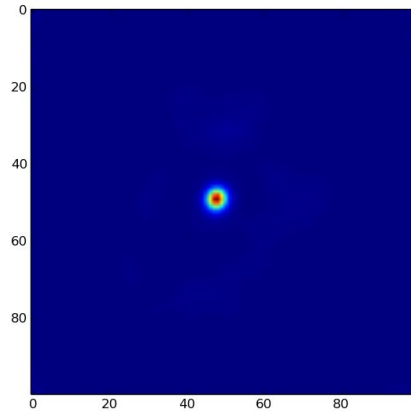
$$E_0 = E_1 + \frac{1}{2} \left( E_2 + \sqrt{E_2^2 + 4 \frac{E_2 m_e c^2}{1 - \cos\theta_2}} \right)$$

QUEREMOS COMBINAR LOS DOS TIPOS DE EVENTOS

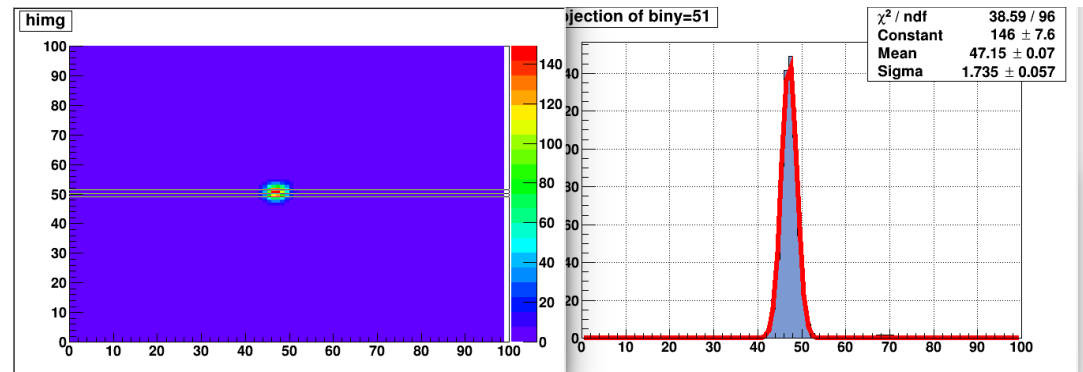
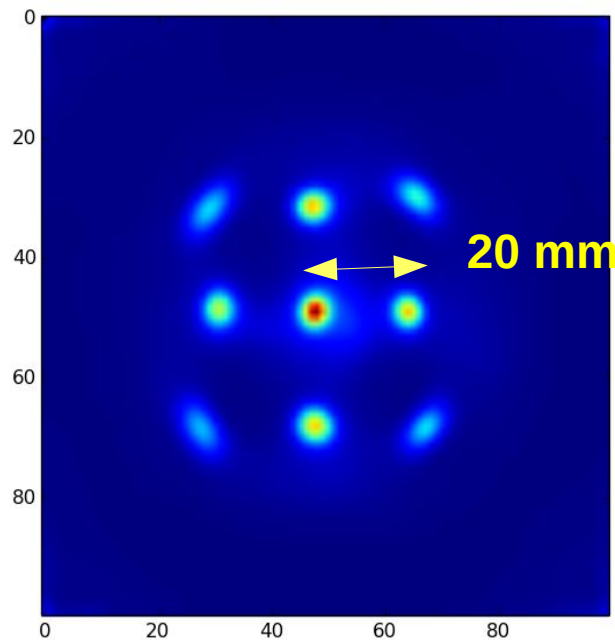
# Telescopio Compton



# Telescopio Compton



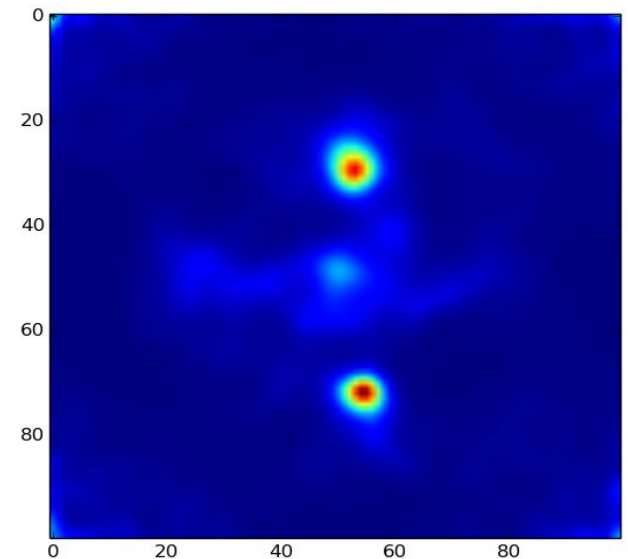
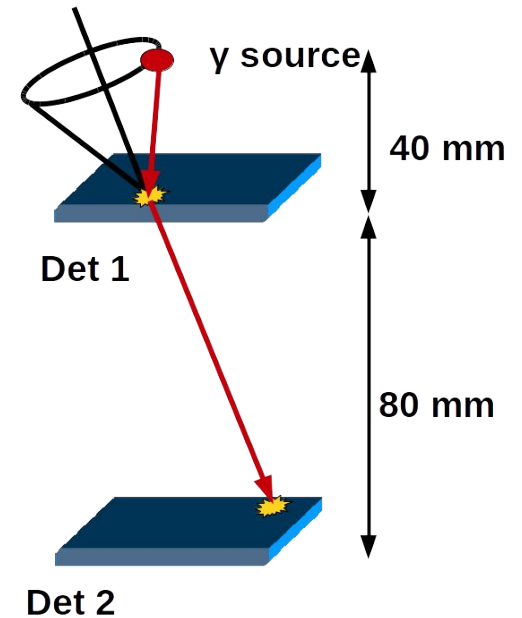
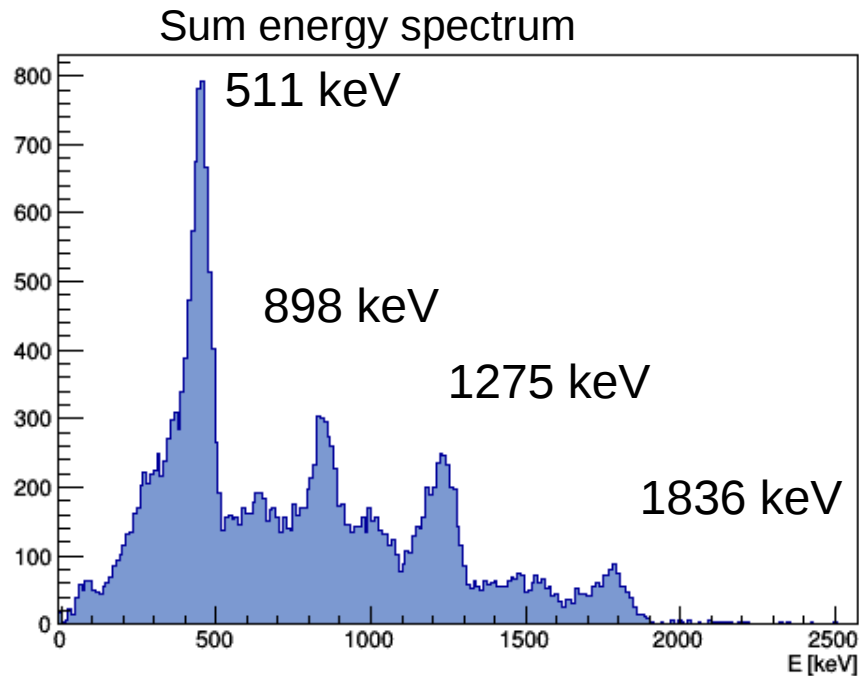
Ajuste gaussiano al perfil máximo



**Resolución espacial (FWHM):**

- 4 mm con Na-22 en el pico de 1273 keV
- 3.1 mm with Y-88 en el pico de 1836 keV

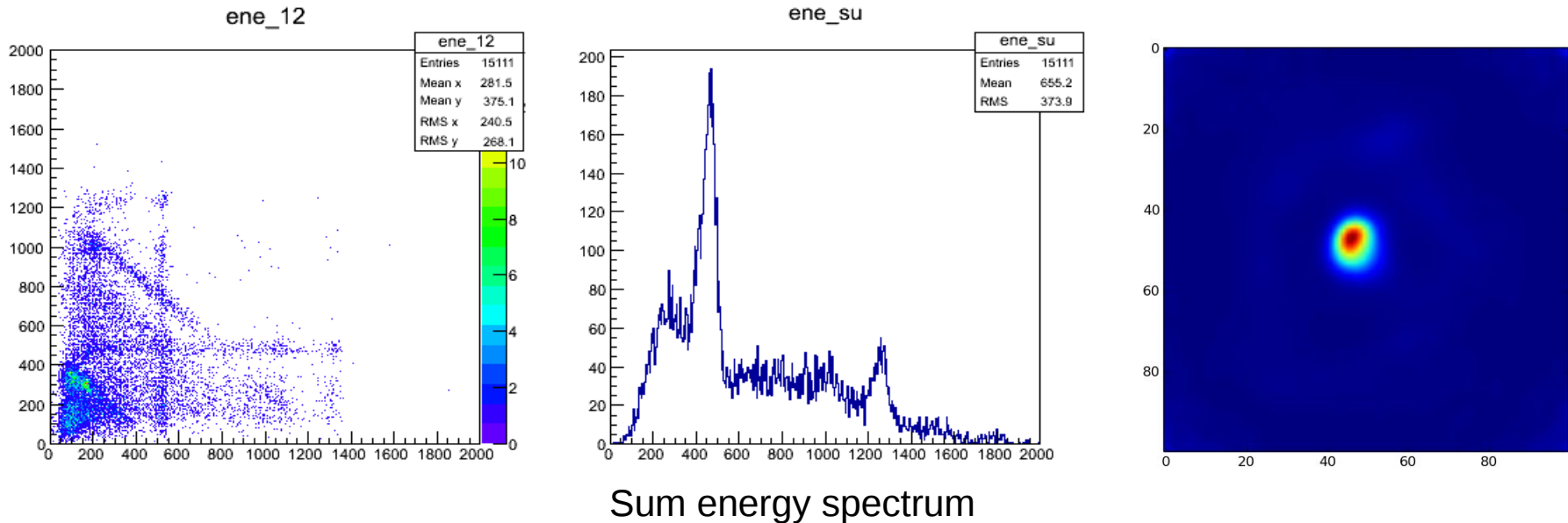
# Telescopio Compton



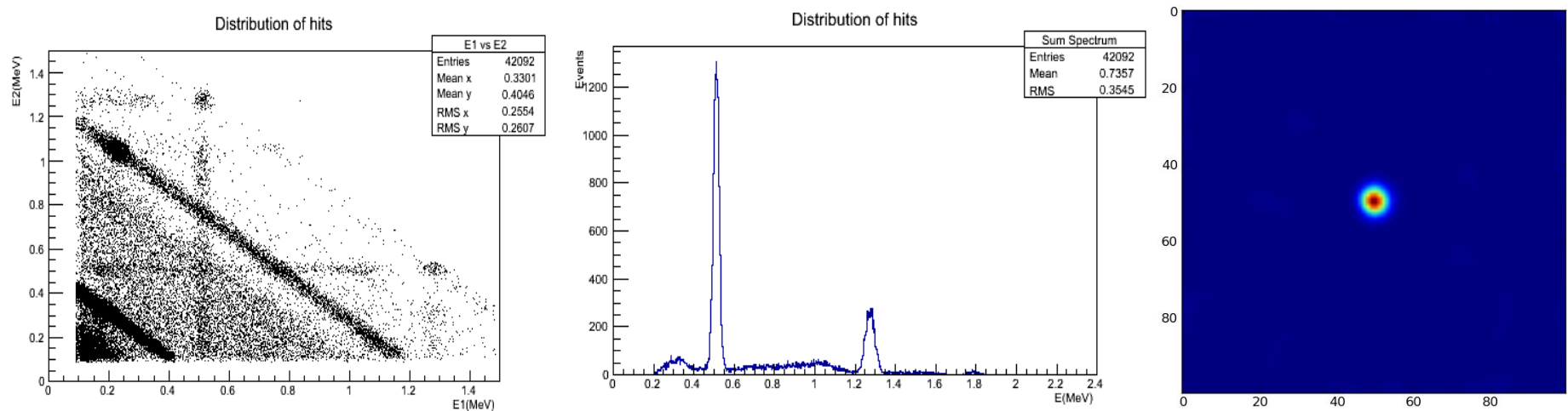
- Corte E:  $950\text{ keV} < E_{\text{sum}} < 1950\text{ keV}$
- Fuentes separadas 40 mm.
- Imágenes reconstruidas simultáneamente.

# Comparación con simulaciones

## DATOS EXPERIMENTALES:



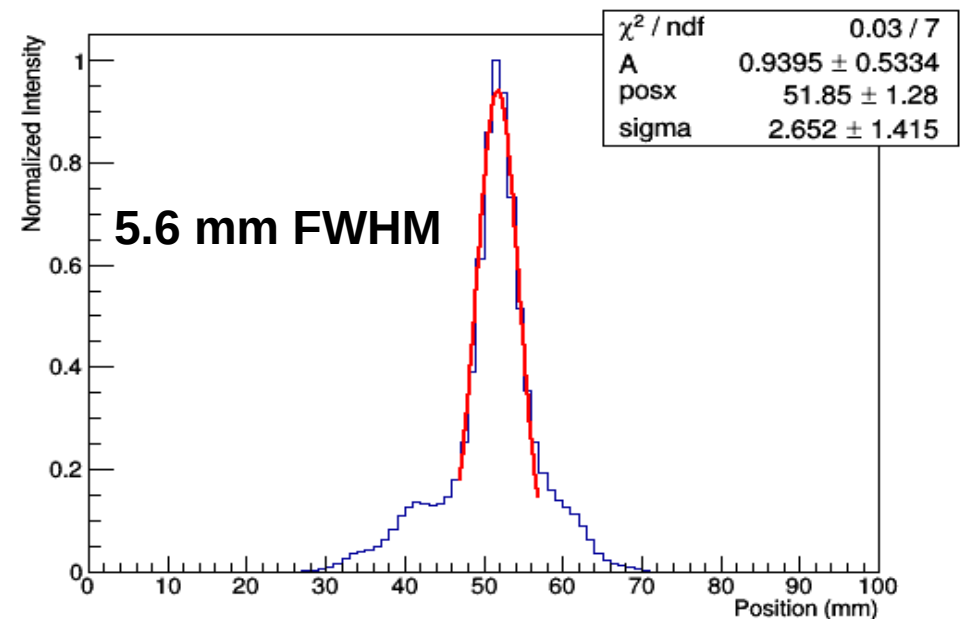
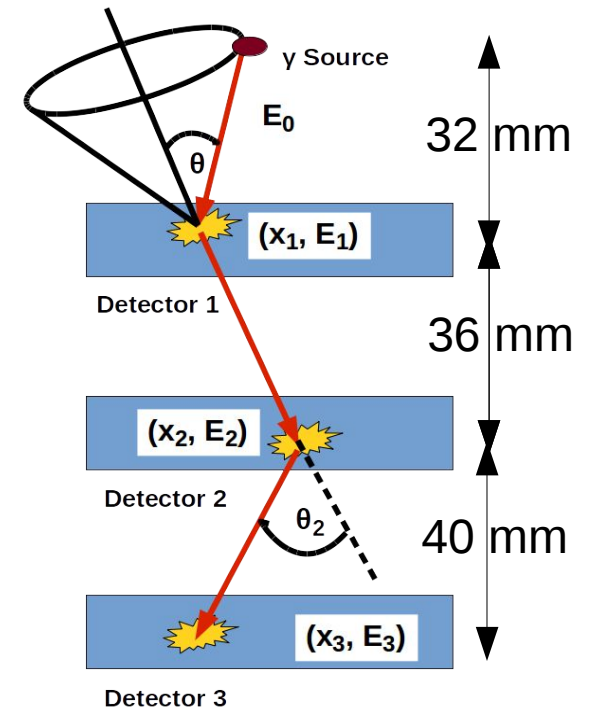
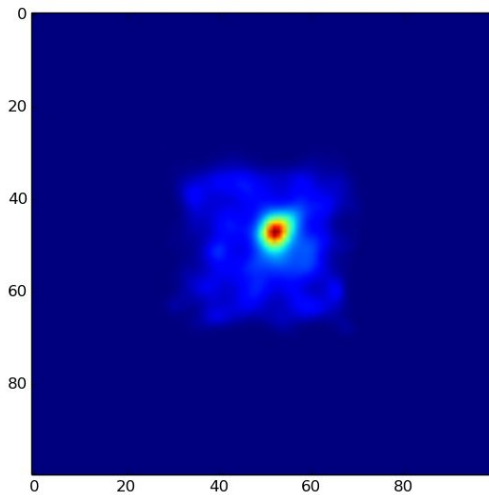
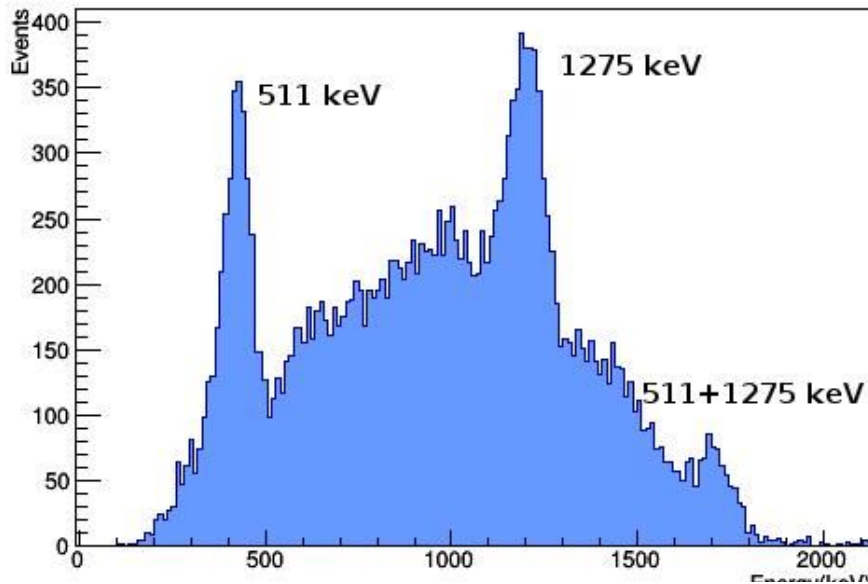
## SIMULACIONES CON GATE:



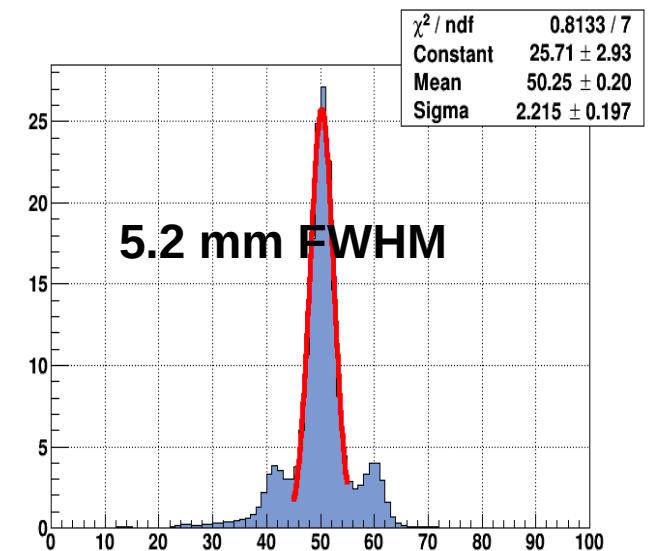
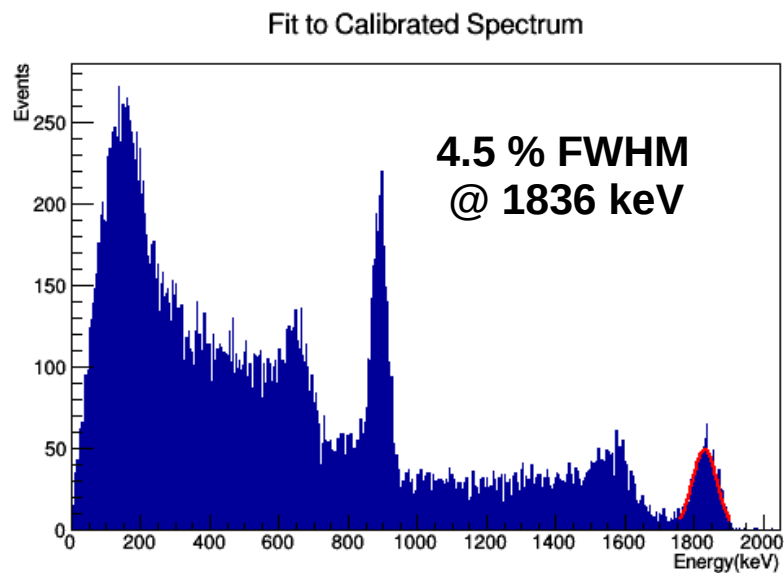
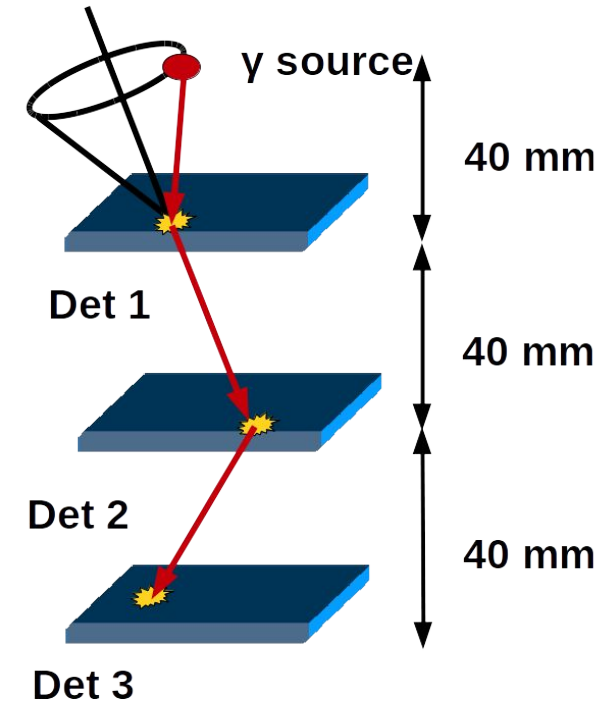
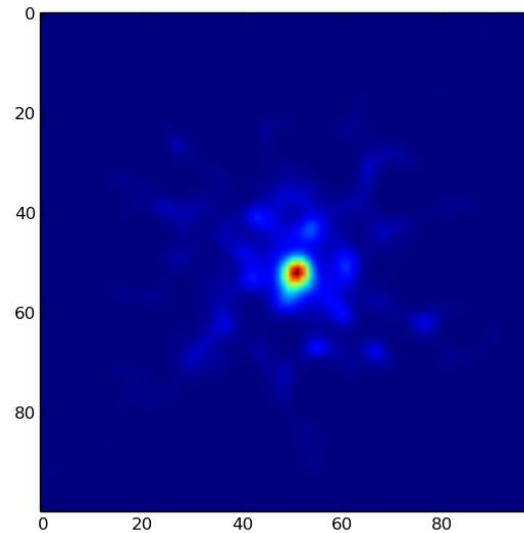
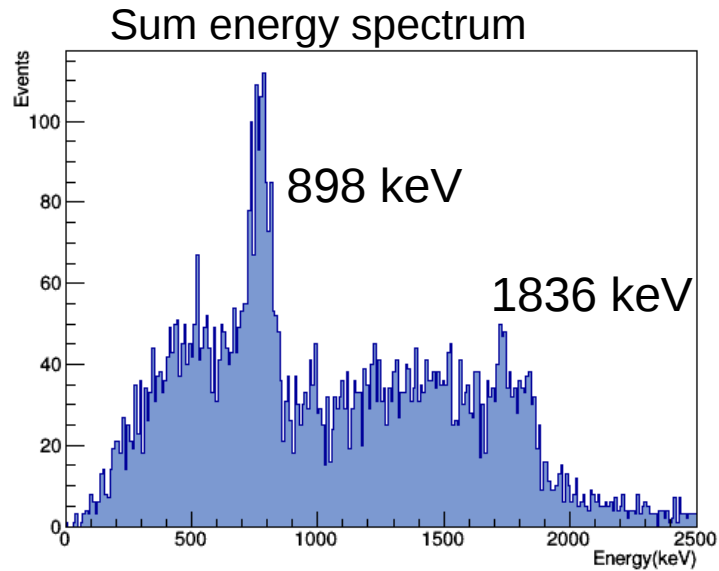
# Telescopio Compton

- Na-22:  $650 \text{ keV} < E_{\text{sum}} < 1350 \text{ keV}$

Sum energy spectrum

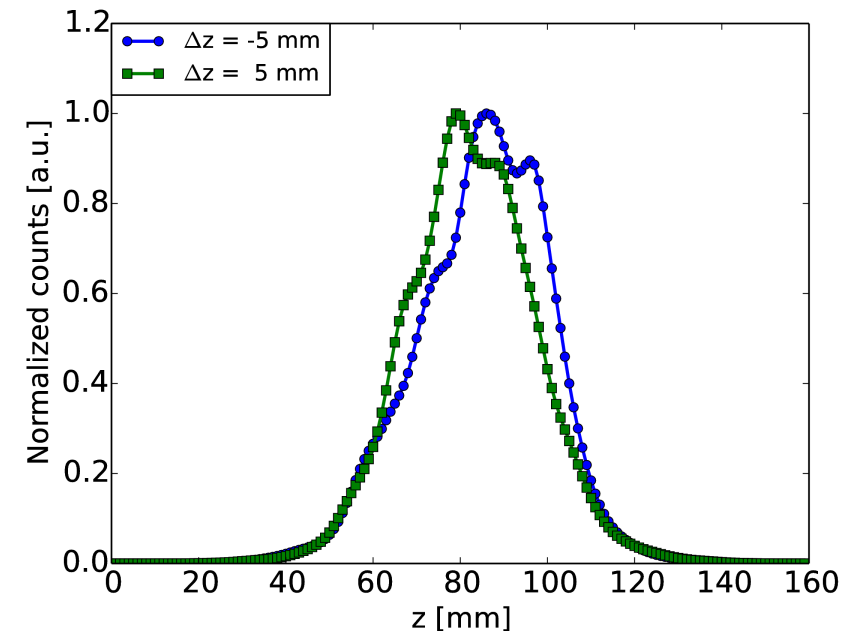
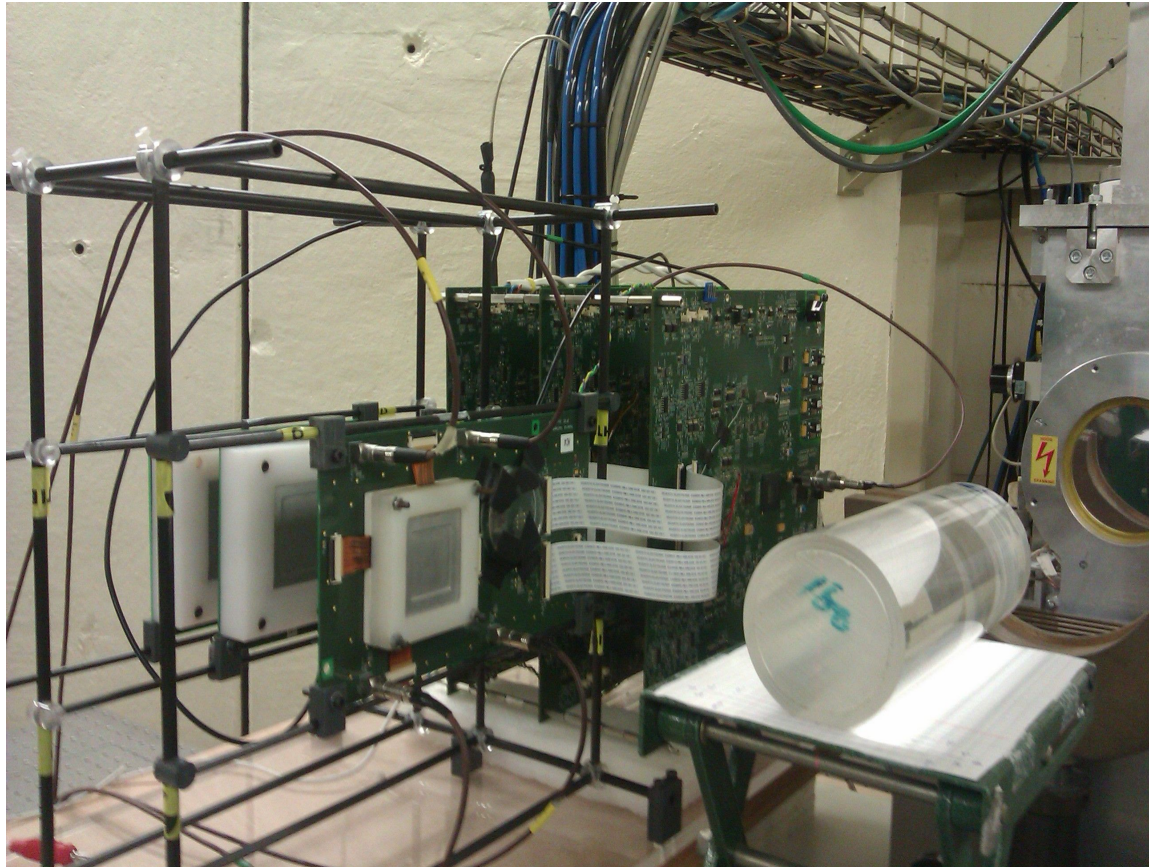


# Telescopio Compton



# Pruebas en haz

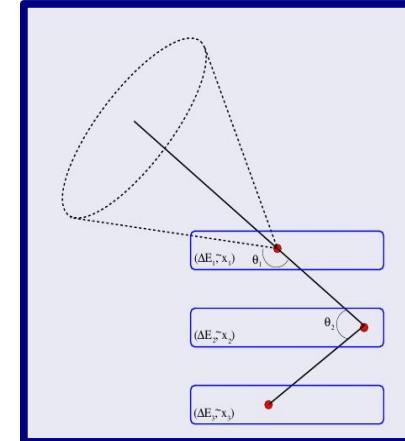
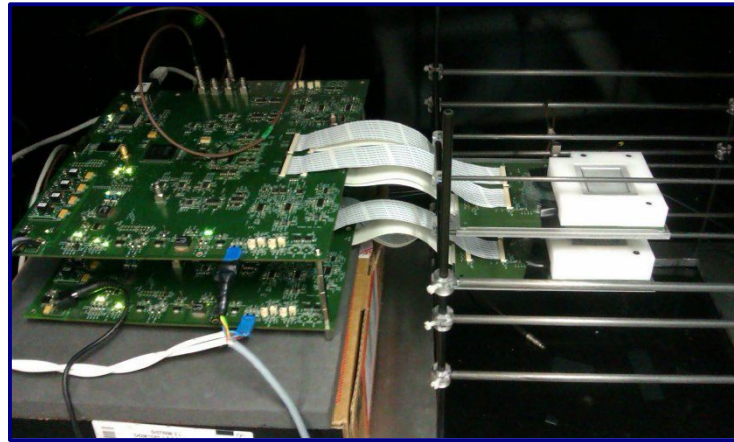
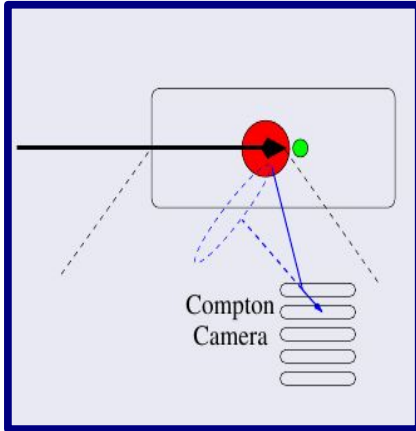
- Haz de protones



# Reconstrucción de imágenes

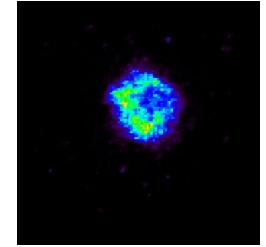
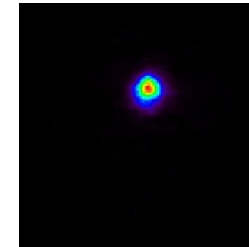
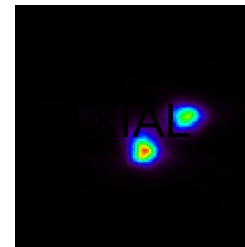
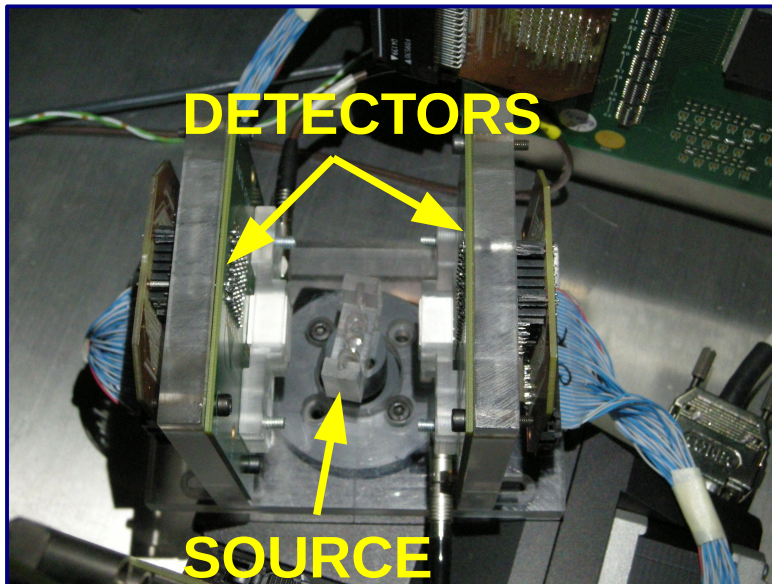
## Compton telescope (Home made)

- Novelty: Monitor the dose in proton therapy by using Compton cameras



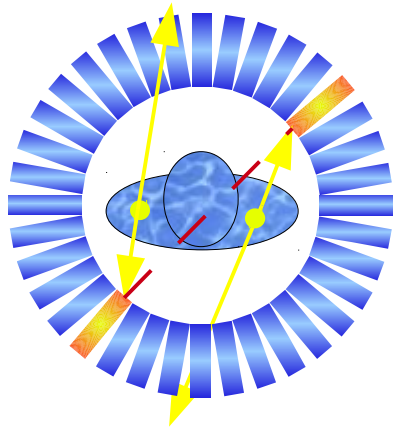
## PETETE (Home made)

- Novelty: Combine monolithic scintillator crystals with Silicon Photomultipliers
- Still in its developing stages
- Preliminary, better space resolution
- Enhanced sensitivity
- Submillimeter resolution



# Reconstrucción de imágenes

## Coincidencias accidentales



Two uncorrelated photons are detected in coincidence

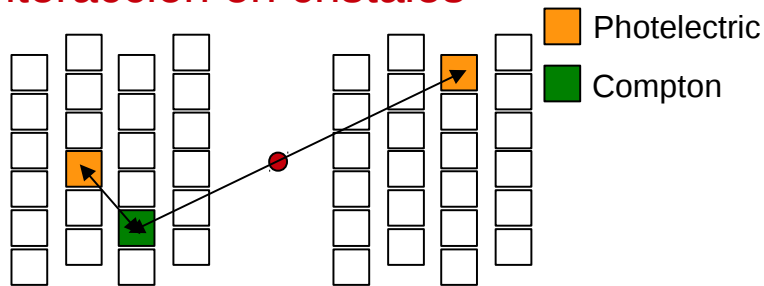
- Lines of response are incorrect
- Enhance noise
- Reduce contrast
- Hamper quantification

SP

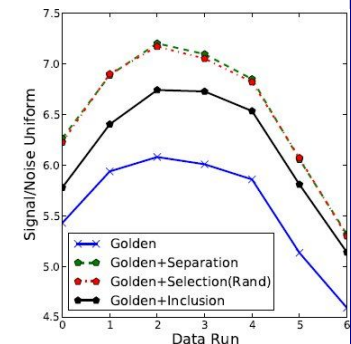
$$R_{ij} = \frac{2\tau e^{-\lambda-S}}{(1-2\lambda)^2} (S_i - e^{\lambda+S} P_i)(S_j - e^{\lambda+S} P_j)$$

$$2\lambda^2 - \lambda + S - P e^{\lambda+S} = 0$$

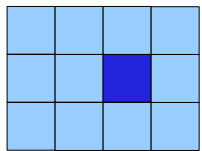
## Interacción en cristales



- The same photon is detected twice
- Two potential Lines of Response
- Usually ignored
- The convey useful information
  - 20% of ICS improves 10% SNR
  - Without hampering resolution

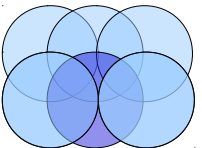


## Funciones base



Pixels:

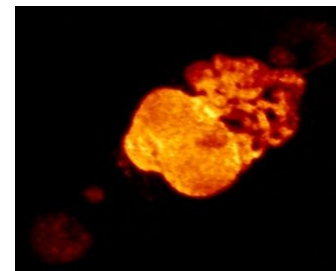
$$\text{rect}(t) = \Pi(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } |t| > \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \text{if } |t| = \frac{1}{2} \\ 1 & \text{if } |t| < \frac{1}{2} \end{cases}$$



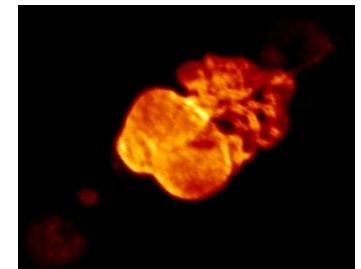
Blobs:

$$\Psi_{m,a,\alpha}(r) = \frac{1}{I_m(\alpha)} (\sqrt{(1-(r/a)^2)})^m I_m(\alpha \sqrt{(1-(r/a)^2)})$$

Pixels:



Blobs:



# Reconstrucción de imágenes

## Velocidad

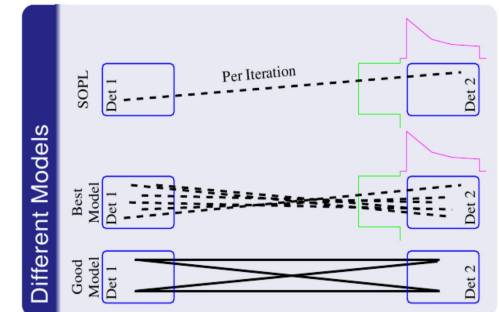
### Lossless

- Obtaining the image may require many time. From hours to days.
- Goal: Accelerate the process without degrading the quality of the final image
- Use Graphical Processing Units, **GPUs**, is 5x faster
- Adapt code to run in **GRID**



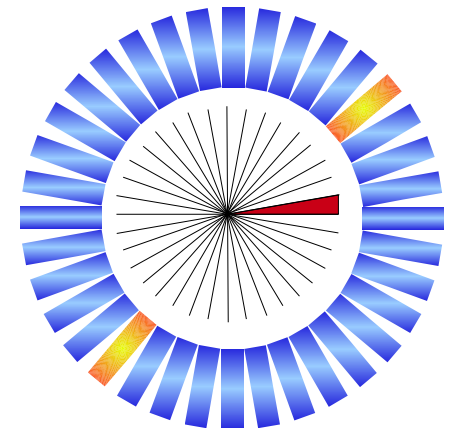
### Lossy

- Goal: Accelerate the process allowing some degradation of the quality of the final image
- New algorithm: **Simulated One Pass List Mode, SOPL**
  - On they fly
  - Hibrid based on standard ray tracing techniques



### Size

- The imaging device is usually described by a huge matrix ( ~100 Gbytes )
- Not all elements are independent, some are related by the symmetry of the imaging device
- Computing only the independent pieces of the system matrix can drastically decrease the size of the matrix.



# Conclusiones

- La física médica constituye un apoyo esencial a la medicina, que aumenta al mejorar las tecnologías.
- Es un campo de investigación multidisciplinar, que combina la física básica con las aplicaciones, y con otras disciplinas (medicina, matemáticas, informática...).
- La física de partículas es esencial en imagen y en terapia.
- Existe mucho margen de mejora.

**La gente con ideas nuevas es siempre bienvenida!**

# Agradecimientos

- Contrato Ramón y Cajal.
- ASPID. European Commissions 7<sup>th</sup> Framework Programme. Marie Curie European Reintegration Grant (GA num 239362).
- ENVISION project, European Commission, FP7 Grant Agreement num 241851.
- ENTERVISION ITN, European Commission, FP7.
- Ministerio de Economía y Competitividad, Ministerio de Ciencia e innovación (**FPA2014-53599-R**).
- Generalitat Valenciana (**GV/2013/133**), Universitat de València (**UV-INV-PRECOMP12-80755**)



# Aplicación de las distintas técnicas

- **NO SON EQUIVALENTES**
- El médico tiene que decidir cuándo son necesarias y cuál es la más apropiada.
- Se siguen protocolos.

Técnica	Agente	Radiación ionizante
Radiografía/TAC	Fotones (rayos X)	SI
Resonancia	Campos electromagnéticos	NO
Ecografía	Ultrasonidos	NO
SPECT/Gamma	Fotones (rayos gamma)	SI
PET	Positrones → Fotones (gamma)	SI

# Radiactividad

- Criterio ALARA – Para todo.
- Radiactividad natural: rayos cósmicos y materiales radiactivos presentes naturalmente, viajeros frecuentes en avión.
- Las dosis que se aplican están muy, muy lejos de tener efectos apreciables a corto plazo.
- Siempre existe un riesgo – probabilidad máxima de 1/1000 de desarrollar un cancer secundario debido a algunas de las pruebas con mayor radiación.

**Probabilidad 'natural' es 1/5.**

- Importante tener control de las pruebas que se hacen.

**Siempre justificado:**

- Cuando sea necesario
- Con importante valor diagnostico.

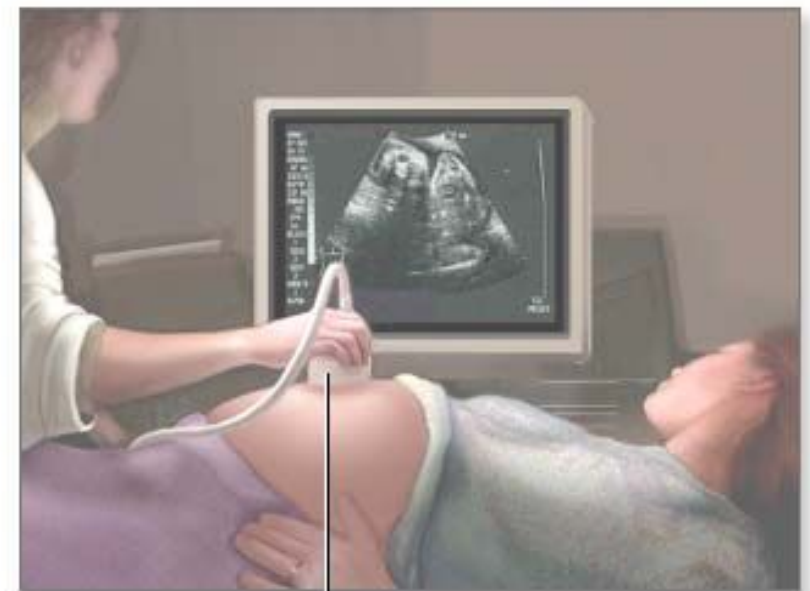
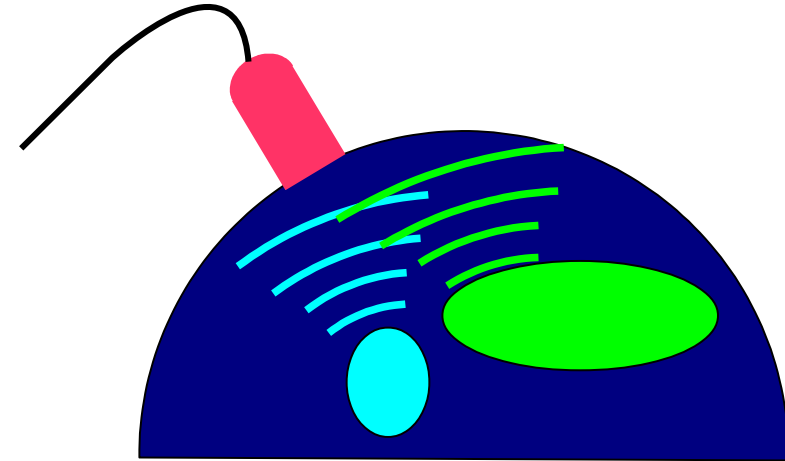
# Dosis

Dosis efectiva (mSv)	Ejemplos y equivalencias
0	Ecografía, resonancia magnética*.
< 1	<ul style="list-style-type: none"><li>- Densitometría ósea: 0.001 mSv.</li><li>- <i>Vuelo Madrid-Paris; 0.005 mSv.</i></li><li>- Radiografías de tórax, extremidades o pelvis- 0.1 mSv (Rad. Natural 10 días).</li><li>- <i>Vuelo Madrid-Nueva York: 0.03 mSv.</i></li><li>- Mamografía - 0.4 mSv (Rad. Natural 7 semanas).</li></ul>
1-5	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Rad. Natural 1 año: 2-3 mSv.</i></li><li>- RX de columna lumbar, gammagrafía ósea, TAC de cabeza y cuello – 4 mSv</li></ul>
5-10	<ul style="list-style-type: none"><li>- TAC de tórax y abdomen- 7 mSv.</li></ul>
>10	<ul style="list-style-type: none"><li>- TAC de abdomen/pelvis: 10-20 mSv (Rad natural 4-8 años)</li><li>- PET/TAC: 25 mSv</li></ul>

\* Aquí sólo se habla de radiación, no de otro tipo de riesgos.

# Ecografía (Ultrasonidos)

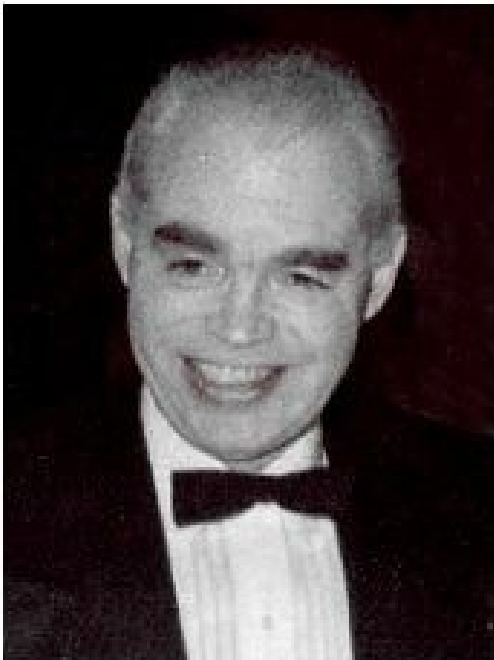
- Ondas sonoras de alta frecuencia (ultrasonidos) 1-10 MHz.
- El *transductor* las emite y recibe las ondas reflejadas en los distintos órganos (eco)



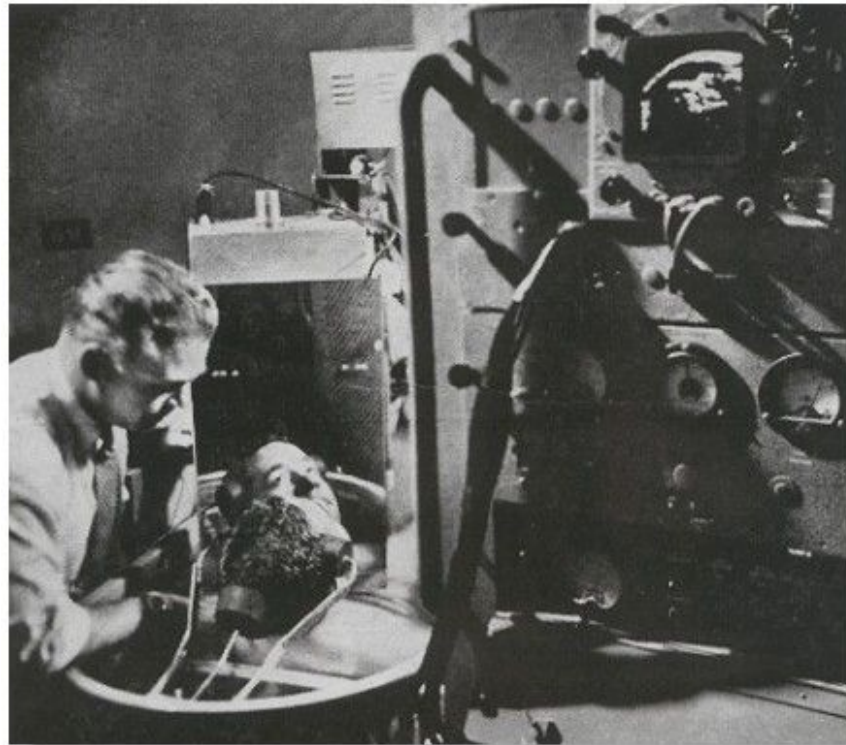
Transductor

# Ecografía (ultrasonidos)

- En 1942, el psiquiatra Karl Dussik intentó detectar tumores cerebrales midiendo la atenuación del sonido a través del cráneo (hiperfonografía del cerebro).
- En 1947 Douglas Howry detectó estructuras de tejidos suaves al examinar los reflejos producidos por los ultrasonidos.



Douglass Howry, late 1960s



# Ecografía (ultrasonidos)

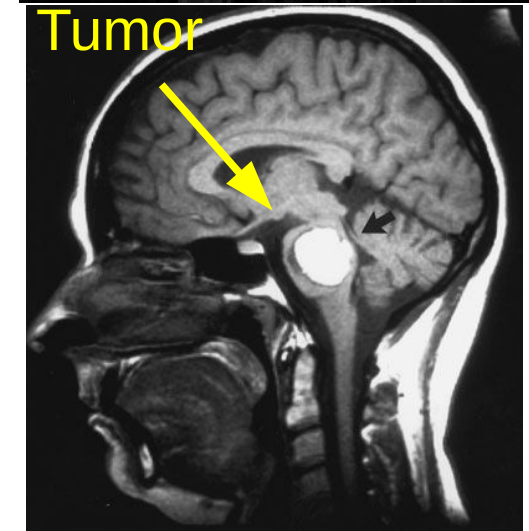
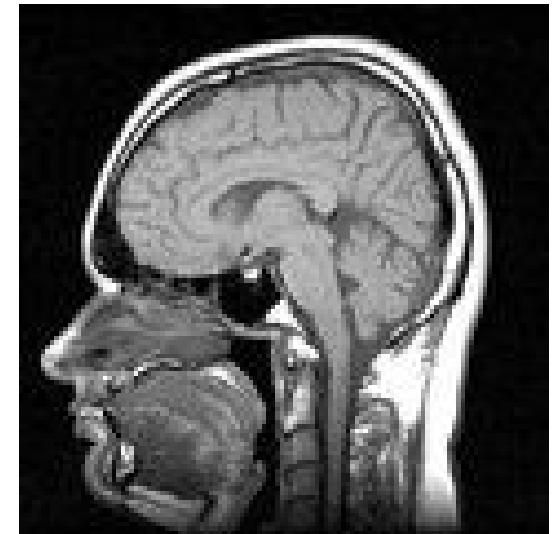
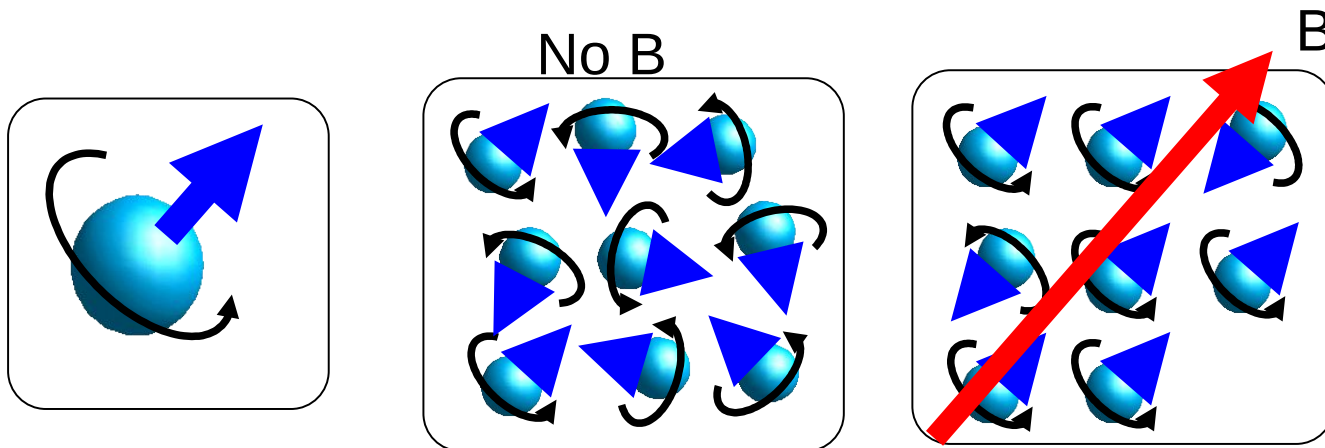
- Ecografía Doppler: permite visualizar el flujo que atraviesa estructuras del cuerpo (ej. Vasos sanguíneos).
- Ecografía 3D: se emiten los ultrasonidos en diferentes ángulos y direcciones.
- Ecografía 4D: imagen en tiempo real.



# Resonancia magnética

- Campos magnéticos y señales de radiofrecuencia que perturban los protones del tejido.
- La señal que devuelven los protones cuando cesa la perturbación es detectada, y depende del tejido.
- Muy alta resolución (micras) y permite ver tejidos blandos.
- No es radiación ionizante y no se han visto efectos hasta la fecha. Incompatible con metales.

*Como una brujula y un iman*



Basada en el momento magnético nuclear de los átomos

# Terapia hadrónica en Europa

Valencia forma parte de la plataforma Europea ENLIGHT (European Network for LIght ion Hadron Therapy) para terapia hadrónica

El proyecto Europeo ENVISION (FP7) está enfocado a la mejora de la terapia hadrónica en todos sus aspectos:

- Desarrollo de detectores para monitorización de la terapia
- Planificación del tratamiento
- Simulaciones
- Dosimetría en vivo
- Blancos móviles
- Modelos físicos

