

# TEMA 2: PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA DOSIMETRÍA FÍSICA EN RADIOTERAPIA

JÉSICA SÁNCHEZ MAZÓN, Especialista en Radiofísica Hospitalaria  
DOSIMETRÍA FÍSICA Y CLÍNICA  
CICLO RADIOTERAPIA Y DOSIMETRÍA

# ÍNDICE

## ❖ DOSIMETRÍA DE LOS HACES DE RADIACIÓN EN RADIOTERAPIA

- Control de calidad en los equipos emisores de radiación
- Pruebas de verificación y pruebas de constancia
- Pruebas para verificar las características dosimétricas del haz de tto
- Curvas de rendimiento en profundidad (PDDs)
- Curvas de isodosis para fotones y electrones
- Perfiles de dosis para haces de fotones y electrones

## ❖ CONTROL DE CALIDAD DE LAS FUENTES DE BRAQUITERAPIA

The background features abstract green geometric shapes. On the right side, there are several overlapping triangles and polygons in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. On the left side, there is a single, solid green triangle pointing upwards.

# **DOSIMETRÍA DE LOS HACES DE RADIACIÓN EN RADIOTERAPIA EXTERNA**

# CONTROL DE CALIDAD EN LOS EQUIPOS EMISORES DE RADIACIÓN

El objetivo fundamental de la radioterapia es poder **irradiar de manera segura y eficaz** el volumen blanco mientras se reduce al mínimo la irradiación de los tejidos sanos



## PRUEBAS EXHAUSTIVAS AL EQUIPAMIENTO Y UNIDADES DE TTO

El Real Decreto 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia

# CONTROL DE CALIDAD EN LOS EQUIPOS EMISORES DE RADIACIÓN

**GARANTÍA DE CALIDAD:** conjunto de todas las acciones planeadas y sistemáticas para asegurar que un producto, servicio o procedimiento satisface unos requisitos preestablecidos de calidad



Real Decreto 1566/1998, de 17 de julio, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia

- **Diseño de calidad:** Qué queremos hacer y con qué recursos
- **Control de calidad:** Estamos cumpliendo lo que nos propusimos
- **Mejora continua de la calidad**



Es necesario establecer para cada prueba

**FRECUENCIA  
TOLERANCIA  
NIVEL DE ACCIÓN**

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

**Ejemplo: Energía de un haz de fotones de un acelerador lineal**

↓  
continuo de energías

**¿cómo lo caracterizamos?**

Evaluando cuánto penetra el haz en el medio (dep. de la energía)

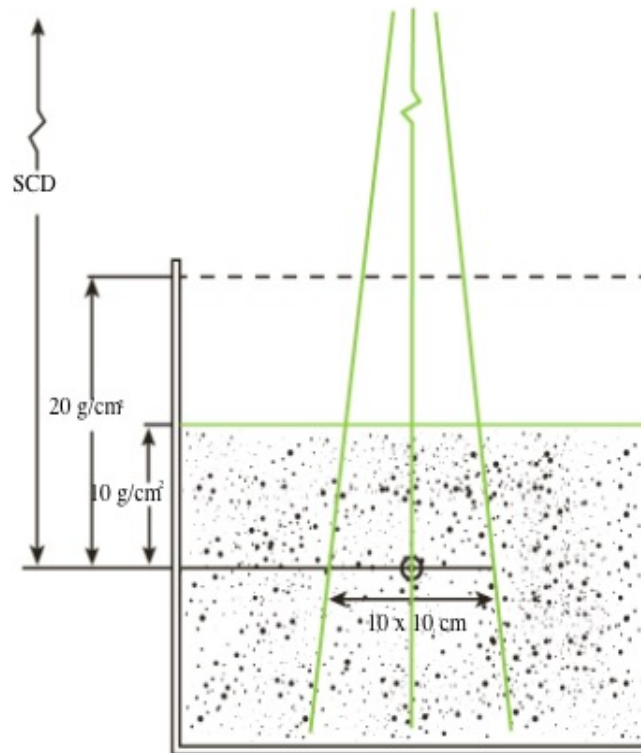
**Para ello calculamos la calidad del haz  $\text{TPR}_{20,10}$**

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## Calidad del haz $\text{TPR}_{20,10}$

Cociente entre las dosis absorbidas en las profundidades de **20 cm** y **10 cm en agua**, medidas con una distancia fuente-cámara (SCD) constante de **100 cm** y un tamaño de campo **10 cm x 10 cm** en el plano de la cámara

La energía del haz queda definida de manera inequívoca



$$\text{TPR}_{20/10} = \frac{D_{20}}{D_{10}}$$

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## Calidad del haz $TPR_{20,10}$

Se mide durante las pruebas de referencia inicial y su constancia se verifica periódicamente

El hecho de que la **SCD** en esta medida tenga que ser constante implica cierta **incomodidad**: para conseguir profundidades de 20 cm y 10 cm habrá que añadir más agua por encima de la cámara sin variar la SCD



Más sencillo

**PDD (porcentaje de dosis en profundidad)**



# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## PDD

Se mide la dosis a **diferentes profundidades**, variando la profundidad del detector en lugar de añadir agua

**Distancia fuente superficie (SSD) fija y no SCD fija**

Se mide el PDD en la referencia inicial y después el técnico debe medirlo **cada mes**



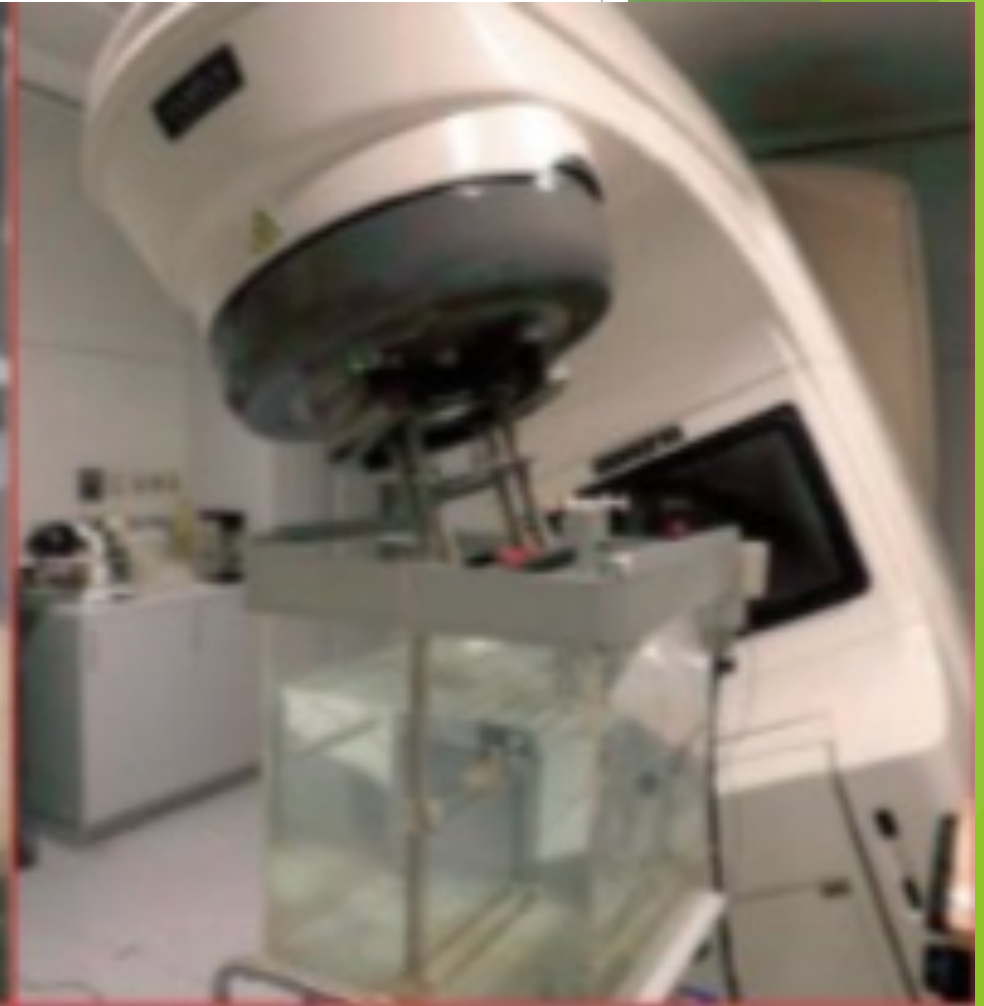
Una cuba se llena de agua y con un detector móvil vamos midiendo la dosis a diferentes profundidades

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

PDD



Fotones



Electrones

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## EQUIPO DE MEDIDA RÁPIDA

Otra forma de medir la energía es mediante un equipo de medida rápida



# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## EQUIPO DE MEDIDA RÁPIDA

**Mide la dosis absorbida en dos puntos:** el primer punto está situado a cierta profundidad, bajo un material de densidad similar al agua, el segundo punto está bajo un material más denso.

**Es como si obtuviera la medida de dosis en agua en dos profundidades diferentes,** es decir, la medida de dos puntos del PDD

**Se realiza el cociente entre ambas medidas de dosis y se compara con una referencia inicial**

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## EJERCICIOS

1. Para el cálculo del  $\text{TPR}_{20/10}$  de un acelerador lineal Clinac 600 de energía 6 MV se realiza la medida de la carga eléctrica con una cámara de ionización a las profundidades de 20 cm y 10 cm en agua, en las condiciones especificadas en el TRS-398, obteniendo 20 nC y 30 nC, respectivamente. Calcula el  $\text{TPR}_{20/10}$  teniendo en cuenta que los valores de dosis serán proporcionales a los de la carga eléctrica.

# PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DE CONSTANCIA

## EJERCICIOS

2. Se realiza una medida de dosis de un haz de fotones de 6 MV a 10 cm de profundidad en agua obteniendo un valor de 5 Gy. En la curva del PDD se observa que la profundidad de 10 cm corresponde a una dosis relativa de 60 %. ¿Cuál será el valor de dosis máxima?

# **PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO**

- 1. Seguridades y condiciones de funcionamiento**
- 2. Pruebas mecánicas y geométricas**
- 3. Pruebas dosimétricas**
- 4. Medida de la dosis absoluta en condiciones de referencia**

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## 1. Seguridades y condiciones de funcionamiento

- **Botones tipo pulsador de parada de emergencia:** Estos botones cortan la irradiación y bloquean los movimientos mecánicos del equipo.
- **Sistema que impide la irradiación:** con la **puerta de la sala** de tratamiento abierta y que corta la irradiación si se abre la puerta.
- **Llave para inicio de irradiación:** en la sala de control.
- **Detectores de colisión**, por ejemplo, con el gantry o con los sistemas de imagen MV y kV incluidos en el acelerador.
- **Seguridades de accesorios** (cuñas, bandejas, etc...)
- **Indicadores luminosos de estado del acelerador** (irradiación)
- **Sistema de cámara de televisión e interfono** para comunicación con el paciente.



# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## 1. Seguridades y condiciones de funcionamiento

- **Sistema de referencia inicial: Radiofísico**
- **Comprobaciones diarias: TER**

# **PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO**

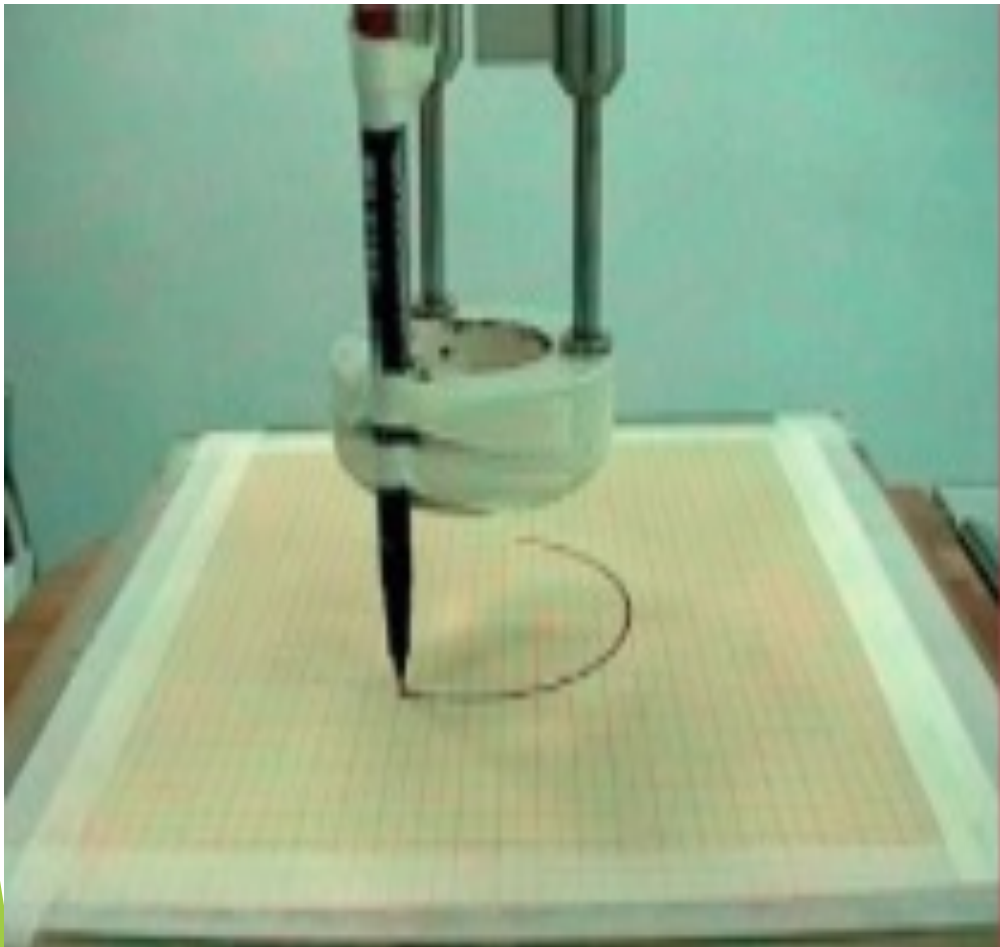
## **2. Pruebas mecánicas y geométricas**

- **Isocentro mecánico. Eje de rotación**
- **Eje luminoso y de radiación**
- **Escalas angulares**
- **Escalas y verticalidad de la mesa**
- **Escalas longitudinales de la mesa**
- **Indicadores del campo de radiación**
- **Indicador luminoso de distancia**

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Isocentro mecánico. Eje de rotación

**Se debe comprobar que todos los ejes de giro se intersectan dentro de una esfera de diámetro igual o inferior a 2 mm**

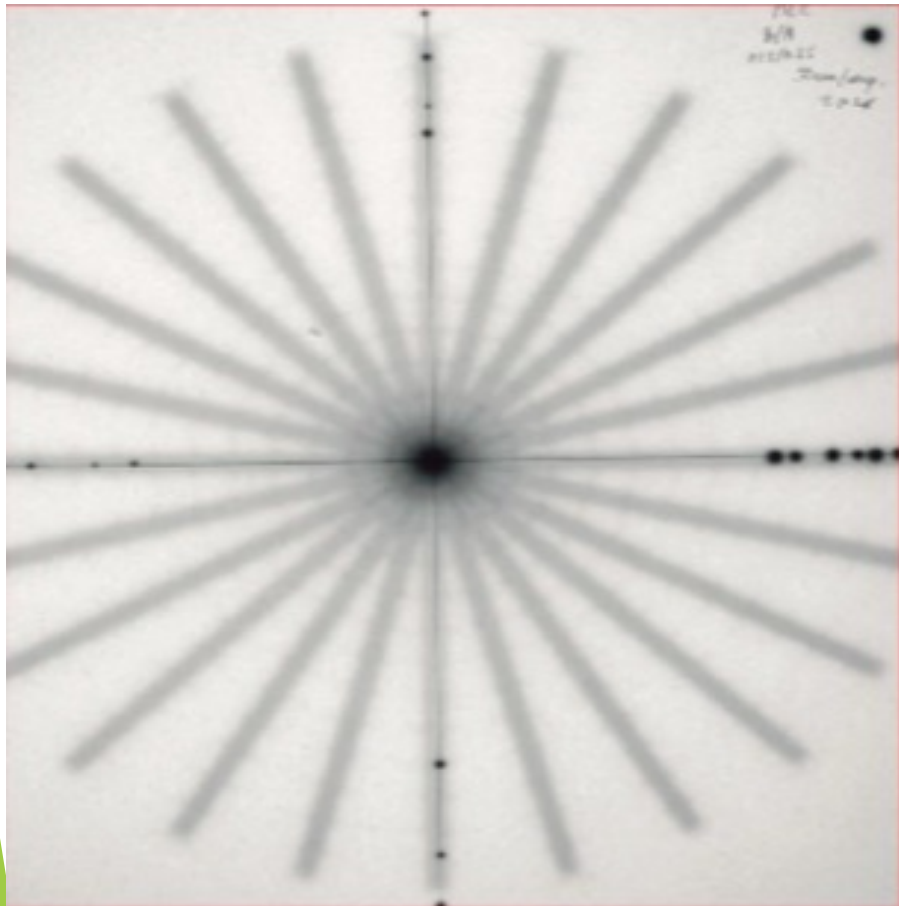


1. **Gantry y colimador a 0°**
2. Se coloca un puntero en el colimador y se marca sobre un papel colocado sobre la mesa de tratamiento a la distancia del isocentro la proyección del puntero.
3. Repetición girando el colimador

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Eje luminoso de rotación

Para determinar el eje de radiación se irradia una película colocada horizontalmente sobre la mesa, **con el gantry a 0° y cerrando una de las mandíbulas al mínimo tamaño posible.**



- Varias exposiciones con diferentes ángulos del colimador se obtiene la **figura de estrella**, cuyo centro determina una de las coordenadas del centro del haz de radiación.
- Marcamos la proyección del centro de la retícula en la película, se obtiene la **diferencia entre el indicador del eje del haz y el eje de radiación**

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Escalas angulares

Se debe comprobar que las escalas que indican la angulación de gantry, colimador y mesa **no tienen una diferencia mayor de  $1^\circ$  respecto a la angulación real**. Se comprueba girando cada componente a varias angulaciones y se miden con un nivel de burbuja ó digital.

## Escalas y verticalidad de la mesa

Se puede comprobar que la mesa **sube y baja sin desviarse de la vertical** con ayuda de un nivel

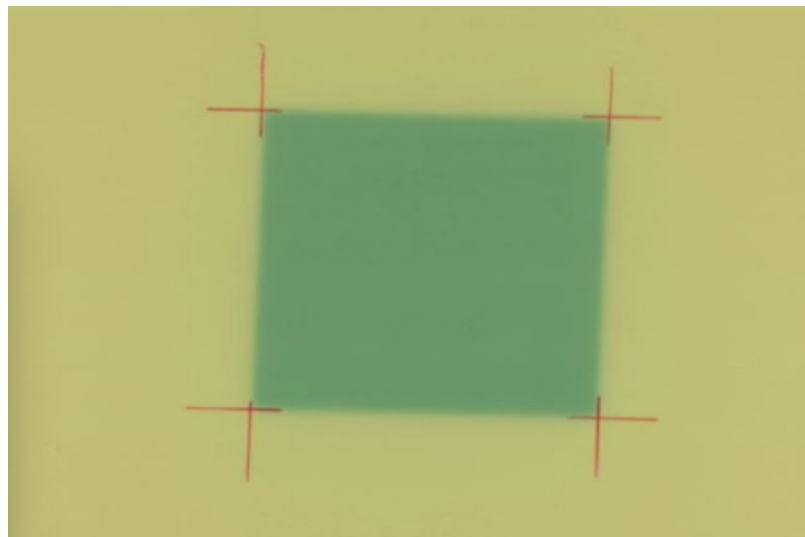
# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Escalas longitudinales de la mesa

En cada eje se desplaza la mesa una distancia conocida y se comprueba la lectura en la escala. (dentro de  $\pm 1$  mm )

## Indicadores del campo de radiación

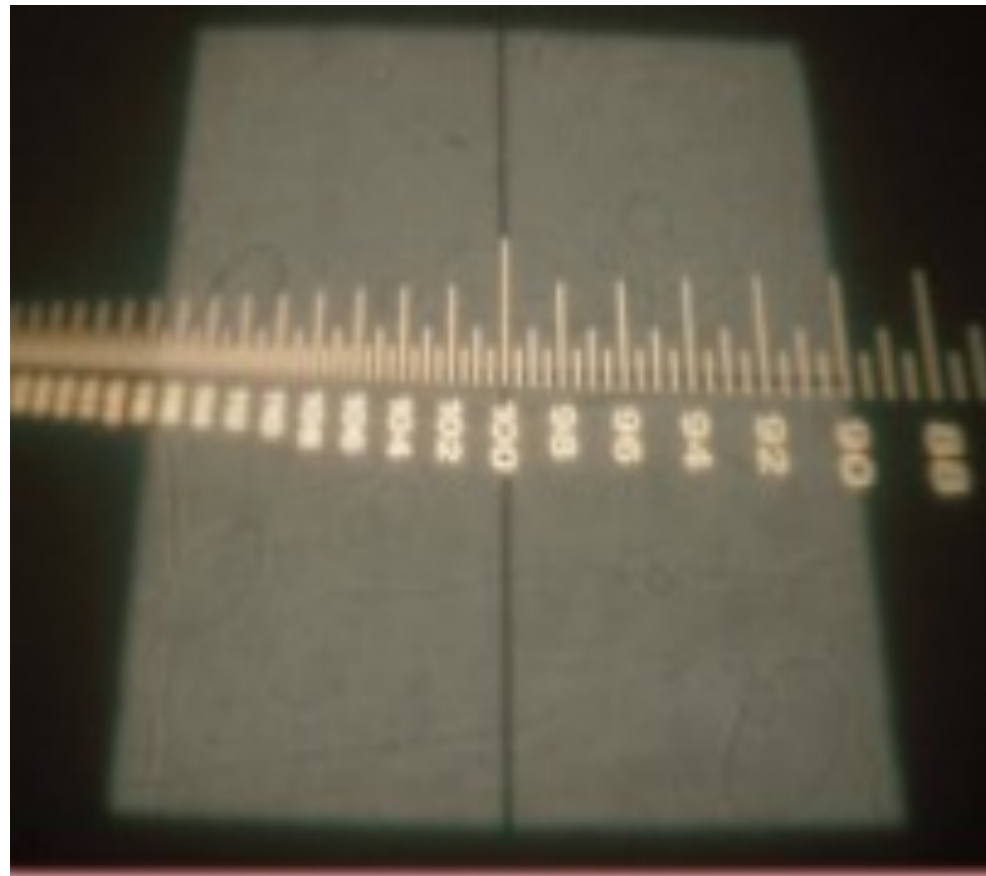
**Campo luminoso y de radiación real coincide con el que muestran los indicadores del equipo.** Se puede medir el tamaño de campo con una placa radiográfica o radiocrómica



# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Indicador luminoso de distancia

Con el gantry a  $0^\circ$ , comprobar que las **distancias indicadas por el telémetro son correctas** ( $\pm 1$  mm) con ayuda de un puntero de longitud conocida o una cinta métrica.



# **PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO**

## **3. Pruebas dosimétricas**

- **Constancia del sistema monitor**
- **Repetitibilidad del sistema monitor**
- **Estabilidad del sistema monitor en una jornada**
- **Linealidad del sistema monitor**
- **Dependencia del sistema monitor con la angulación del gantry**
- **Factor de campo**



# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Pruebas dosimétricas

### ¿Qué es el sistema monitor?

**Cámara de ionización** colocada en el cabezal con la que se controla la cantidad de radiación emitida. La carga recogida se expresa en **unidades de monitor (UM)**.

### Constancia del sistema monitor

Se debe comprobar que la **calibración en dosis absoluta** (Gy/UM) se mantiene dentro de un  $\pm 2\%$  respecto al valor de referencia

- Para cada modalidad (fotones/electrones)
- Para cada energía

**Mensualmente y diariamente** con un equipo de medida rápida

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Repetibilidad del sistema monitor

Varios disparos con el mismo número de UM → **Misma medida**

La repetibilidad (precisión) mide la desviación entre disparos idénticos

- Se mide una serie de disparos repetidos con una cámara de ionización en agua ó plástico.
- DFS = 100 cm
- Profundidad de 5 cm o 10 cm para fotones y a la profundidad del máximo en electrones

**Desviación < 0,5 %**

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Estabilidad del sistema monitor en una jornada

Medidas repetidas con un sistema de medida rápida varias veces al día, cubriendo toda la jornada laboral

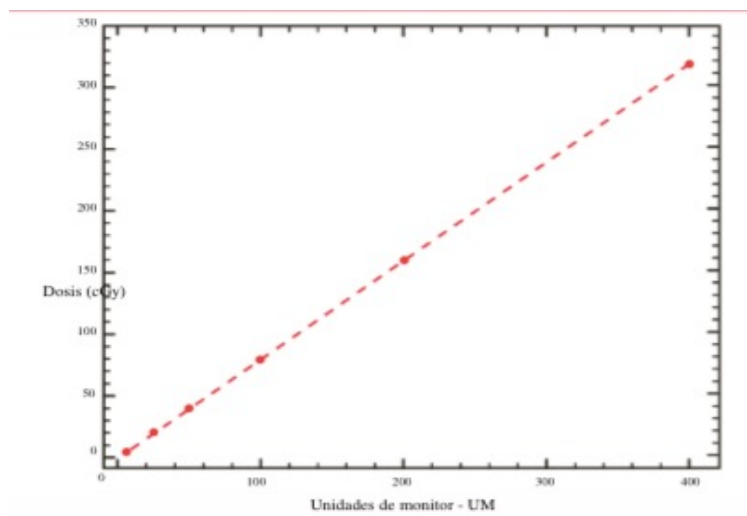
**Estabilidad** → máxima diferencia entre las lecturas y no debería ser mayor del 2 %.

Se deben repetir estas medidas **semestralmente**

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Linealidad del sistema monitor en una jornada

- La medida de linealidad consiste en comprobar que la **dosis es proporcional a las UM** para todas las energías.
- Se coloca una cámara de ionización a una profundidad fija en un maniquí y midiendo la dosis durante irradiaciones de diferentes UM.
- Se evalúa la proporcionalidad entre dosis y UM representando los datos en una gráfica y haciendo un ajuste a una recta por mínimos cuadrados



# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Dependencia del sistema monitor con la angulación del gantry

- La medida de linealidad consiste en comprobar que la **dosis es proporcional a las UM** para todas las energías.
- Se coloca una cámara de ionización a una profundidad fija en un maniquí y midiendo la dosis durante irradiaciones de diferentes UM.
- Se evalúa la proporcionalidad entre dosis y UM representando los datos en una gráfica y haciendo un ajuste a una recta por mínimos cuadrados

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Factor de campo

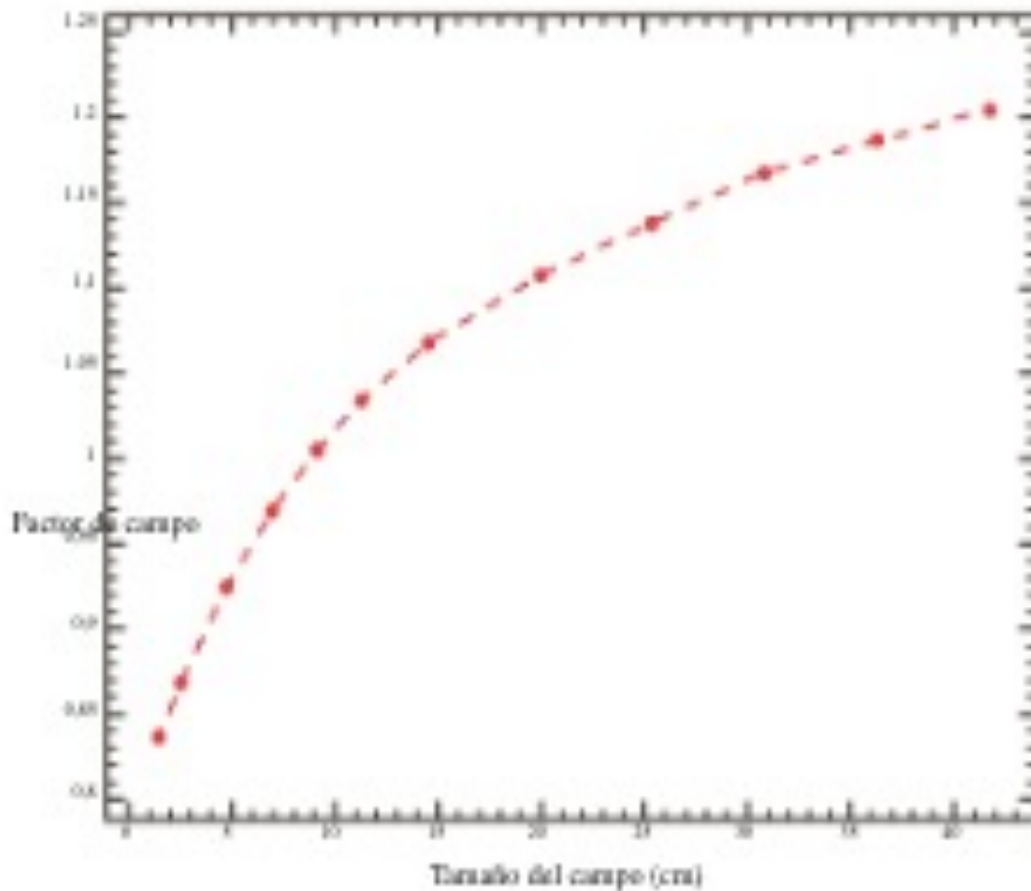
Cociente de la dosis en un punto determinado para un tamaño de campo y la dosis, en ese mismo punto, para un campo de referencia en el que podemos medir de manera precisa la dosis absoluta (normalmente un campo 10 x 10 cm<sup>2</sup>)

$$FC = D(p,tc)/D(p,10x10)$$

Este parámetro es necesario para la configuración de los sistemas de planificación y cálculo

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## Factor de campo



Variación del factor de campo para un haz de 6 MV (DFS=90 cm, 10 cm de profundidad)

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

## 4. Medida de la dosis absoluta en condiciones de referencia

- A la hora de poner en marcha un equipo de radioterapia será necesario saber **qué dosis absoluta se deposita en un punto determinado.**
- Para realizar esta medida la mayoría de centros españoles se basa en el protocolo **TRS-398 de la IAEA.**
- Este protocolo indica cómo medir la dosis absoluta **en un punto concreto de nuestro maniquí .**



**Para fotones este punto es el que esté a 10 cm de profundidad en un maniquí de agua, con un campo 10 cm x 10 cm y a distancia fuente-cámara de 100 cm**



# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

- Se indica el tipo de cámara que debe usarse

Profundidad  
Tamaño de campo  
DFC  
Tipo de cámara  
Tipo de maniquí



## CONDICIONES DE REFERENCIA

De esta manera determinamos el valor de la tasa de dosis en Gy/UM

Este es el único punto en el que se mide la dosis absoluta; a partir de aquí, mediante **medidas relativas**

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

¿Cómo medimos la dosis absoluta con una CI?

- Miden la **carga eléctrica** acumulada en el volumen de detección debido a la radiación
- Para pasar de este resultado de carga eléctrica a dosis la cámara tiene que estar **adecuadamente calibrada**

Carga eléctrica (C)  Dosis (Gy)

La relación entre carga y dosis se puede expresar como:

$$D_{W,Q} = M_Q N_{D,W,Q_0} K_{Q,Q_0}$$

# PRUEBAS PARA VERIFICAR LAS CARÁCTERÍSTICAS DOSIMÉTRICAS DEL HAZ DE TTO

$$D_{W,Q} = M_Q N_{D,W,Q_0} K_{Q,Q_0}$$

$D_{W,Q}$ : **dosis en agua** (w: wáter ) para la calidad Q del haz.

$M_Q$  : medida de la **carga eléctrica** en el punto de referencia, corregida por magnitudes de influencia como presión, temperatura, etc., para la calidad Q del haz.

$N_{D,w,Q_0}$ : **factor de calibración de la cámara** en agua y para la calidad de referencia  $Q_0$ . Este factor se verifica periódicamente enviando la cámara a un laboratorio de calibración acreditado.

$k_{Q,Q_0}$ : **factor de corrección**, que tiene en cuenta el tipo de cámara que usamos y la energía que estamos midiendo (es decir, corrige las diferencias entre la calidad  $Q_0$  de referencia y la calidad Q utilizada).

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

En definitiva...

Dosis=carga x factor de cámara x factor de corrección

¿cómo caracterizar una distribución de dosis?



Utilizamos distintos tipos de representación de la dosis en el espacio

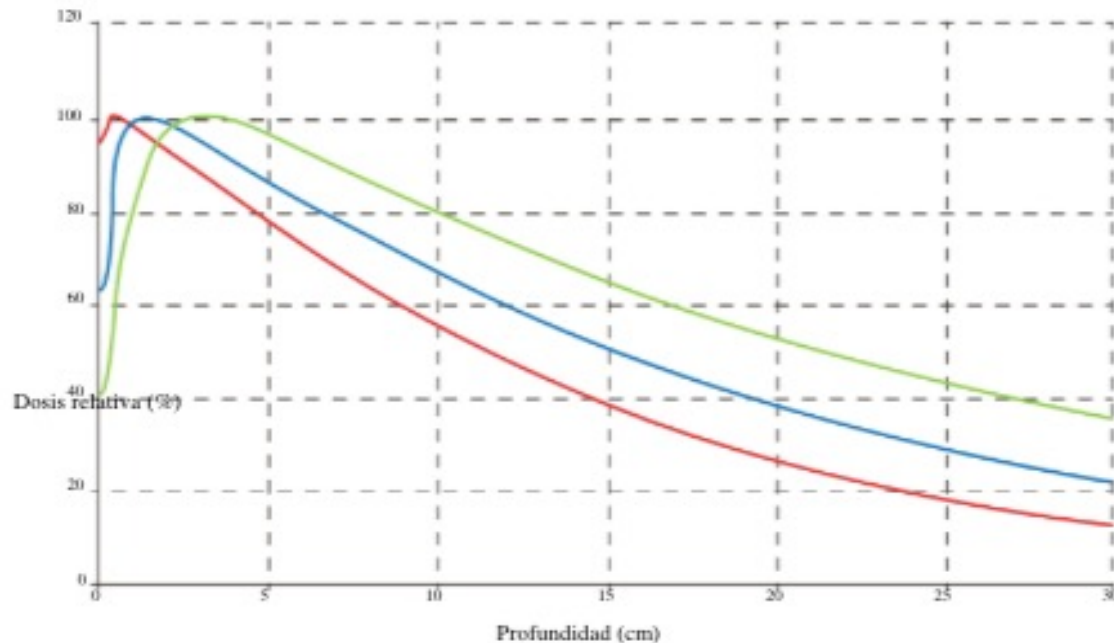
1. PDDs
2. CURVAS DE ISODOSIS
3. PERFILES

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

## PDDs EN HACES DE FOTONES

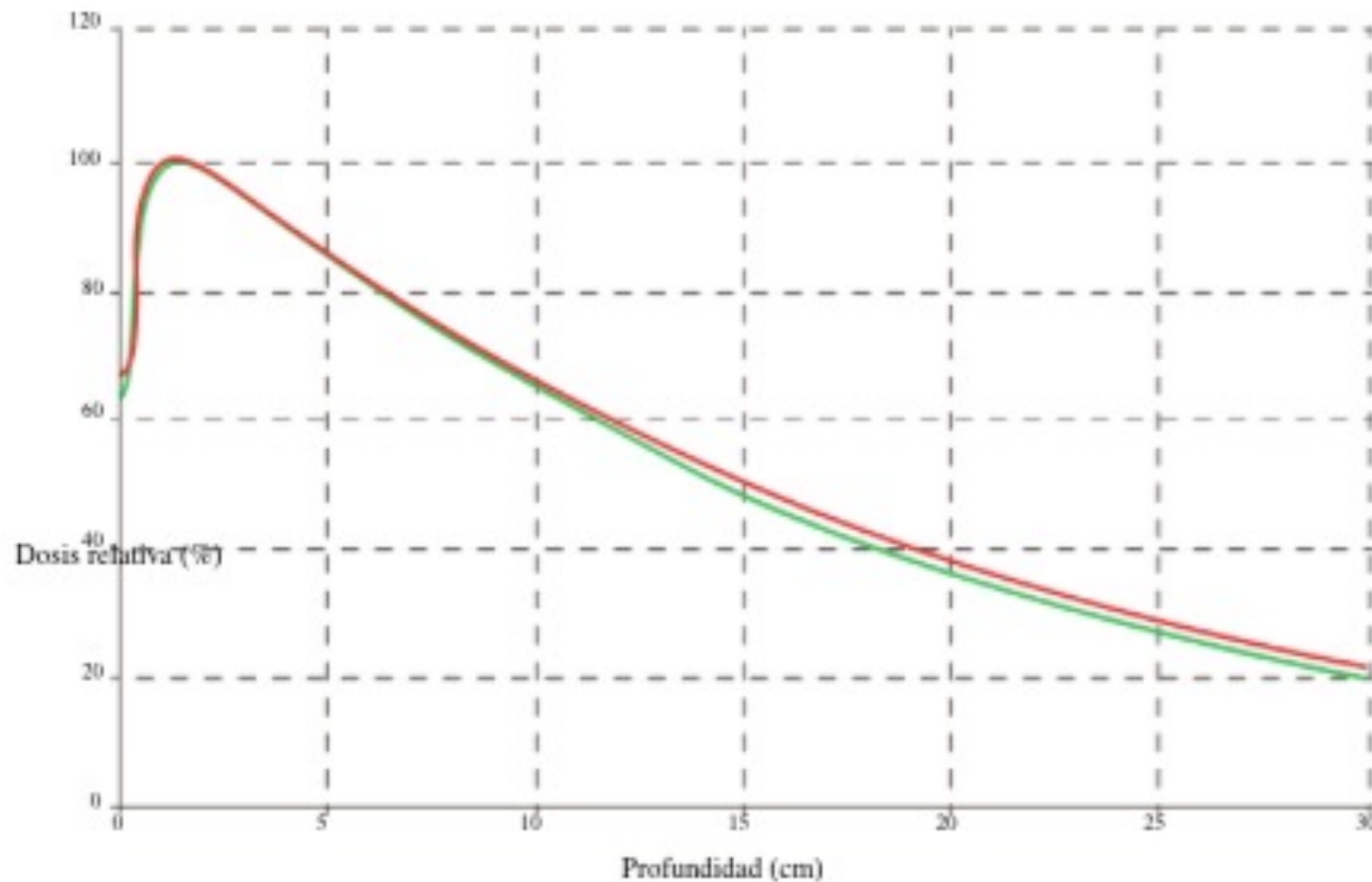
Para haces de fotones el PDD dependerá de:

- Energía del haz,
- DFS (distancia foco-superficie)
- Tamaño de campo



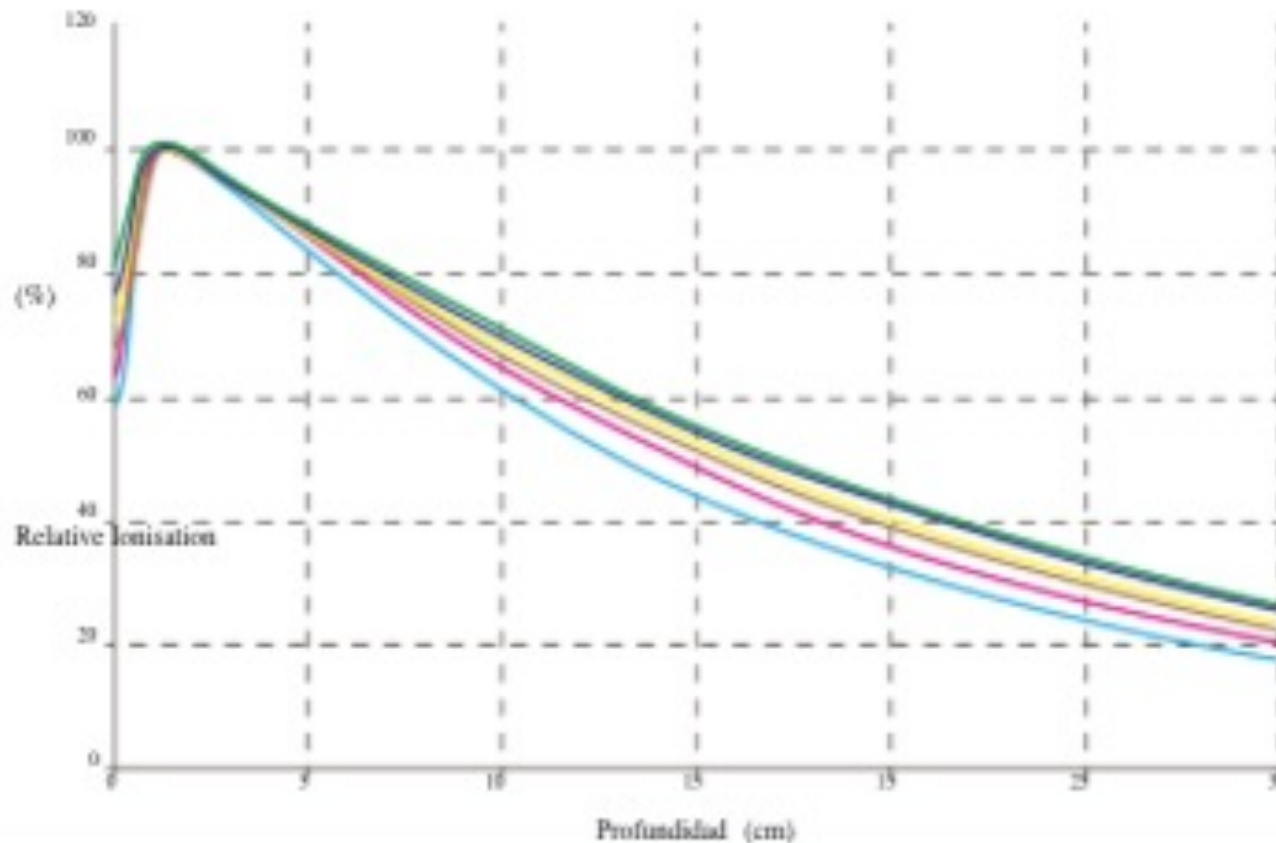
Variación del PDD con la energía para haces de fotones

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD



Variación del PDD con la DFS para un haz de fotones de 6 MV. Al aumentarla DFS, el PDD aumenta.

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD



Variación del PDD con el **tamaño de campo** para un haz de fotones de 6 MV medido a DFS = 90 cm. Tamaños de campo entre 4 x 4 y 40 x 40 cm. El PDD aumenta con el tamaño de campo debido al aumento de la radiación dispersa en el eje del haz

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

Se puede caracterizar el PDD con varios parámetros:

- **Espesor de acumulación:** también conocido como “build-up region”, es la zona entre la superficie del medio material y el punto de dosis máxima.
- **Profundidad del máximo:** aumenta con la energía. A mayor energía de los fotones, mayor será el alcance de los electrones secundarios producidos. Por otra parte, disminuye ligeramente con el tamaño de campo.
- **Dosis absorbida en superficie:** se observa que disminuye al aumentar la energía y aumenta con el tamaño de campo.
- **Gradiente tras máximo:** es una caída prácticamente exponencial y es mayor cuanto menor es la energía.



# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

Se puede caracterizar el PDD con varios parámetros:

Valores representativos de la profundidad del máximo y del valor del PDD a 10 cm para haces de fotones utilizados en radioterapia externa

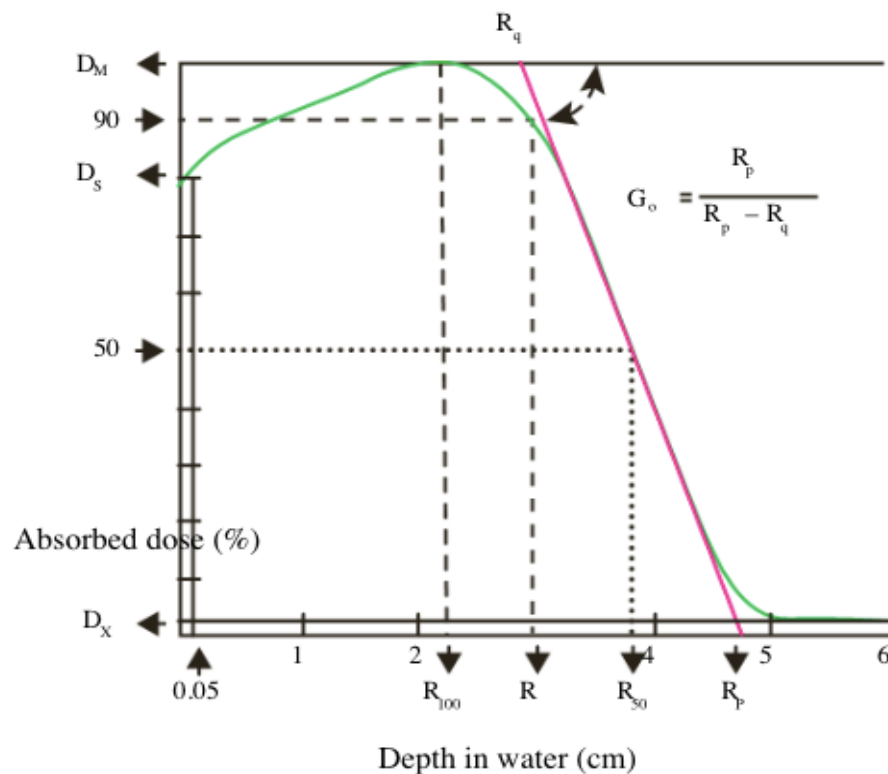
Energía fotones	Profundidad máximo	PDD 10 cm
6 MV	1,5 cm	66 %
18 MV	3 cm	79 %

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

## PDDs EN HACES DE ELECTRONES

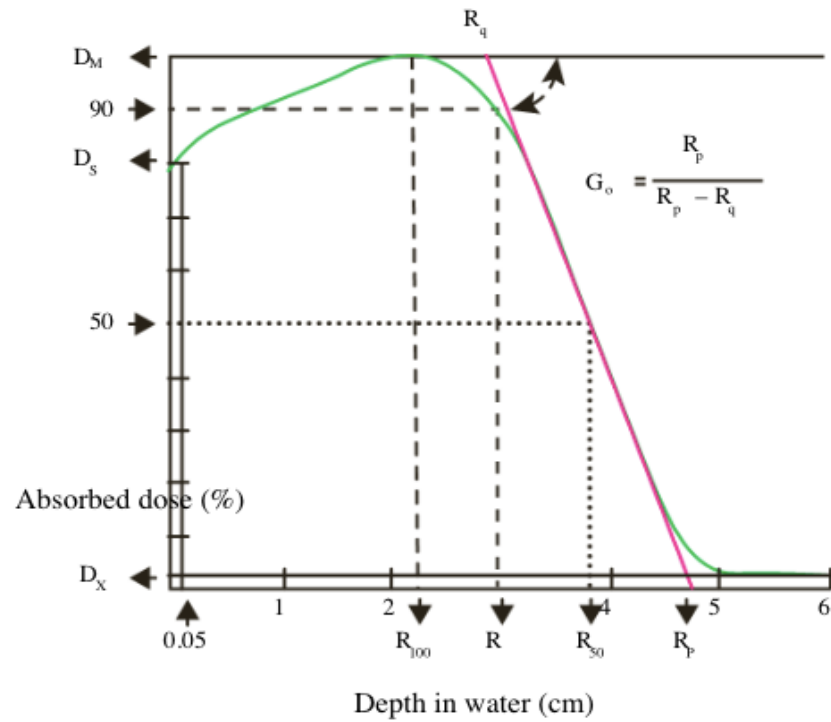
La definición es análoga a la de fotones, **pero la forma de esta curva es diferente**

La diferencia fundamental es que los electrones, a lo largo de su trayectoria, **interaccionan con los electrones y núcleos atómicos del medio**, produciéndose su **dispersión**

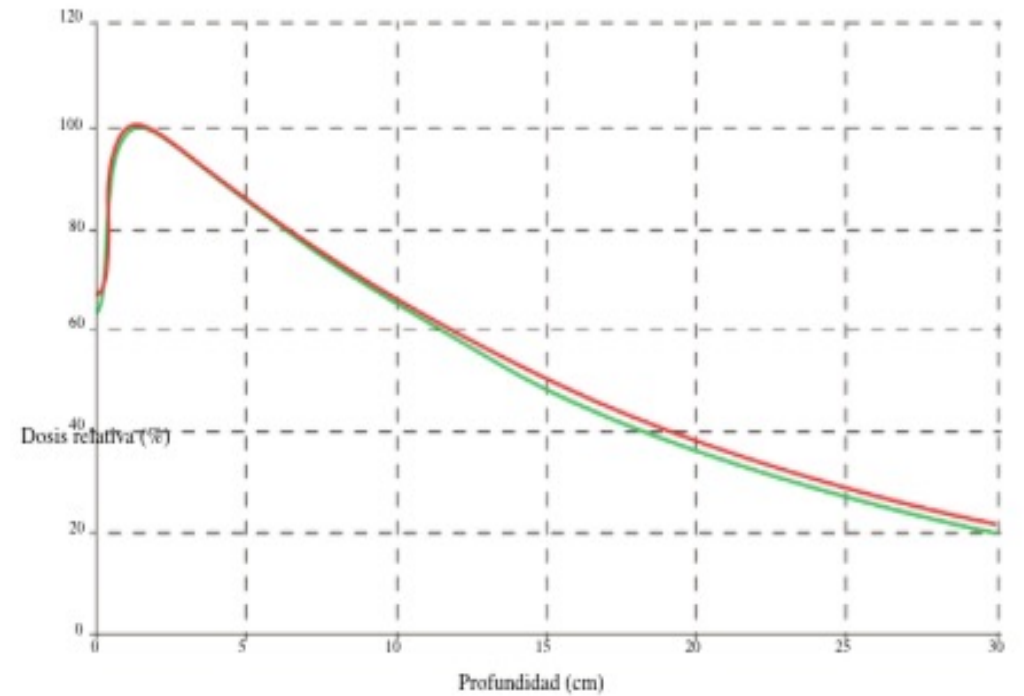


# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

## ELECTRONES



## FOTONES



# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

Parámetros utilizados para caracterizar una curva de dosis en profundidad de electrones :

- **$R_{100}$  (profundidad del máximo):** corresponde a la profundidad de máxima dosis. **Depende de la energía de los electrones.**
- **$R_p$  (alcance práctico):** representa aquellos electrones del haz inicial que han atravesado el material casi **sin desviarse**.
- **$R_{50}$  (alcance al 50 %):** **profundidad del 50 %** de la dosis absorbida por detrás de la profundidad del máximo.

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

La forma del PDD en electrones **depende de varios factores**, entre ellos los siguientes:

- **Energía del haz de electrones:** cuando la energía del haz de electrones aumenta:
  - **Aumenta el porcentaje de dosis absorbida** en superficie respecto del máximo, debido a que a bajas energías los fenómenos de dispersión serán más importantes.
  - **La profundidad de la dosis absorbida máxima es mayor.**
  - **Disminuye la pendiente de la zona de caída de dosis absorbida.**
- **Tamaño de campo:** cuando la energía del haz de electrones aumenta: Para campos pequeños se observa que, cuando el tamaño de campo disminuye hay un incremento de la dosis absorbida en la superficie

# CURVAS DE RENDIMIENTO EN PROFUNDIDAD

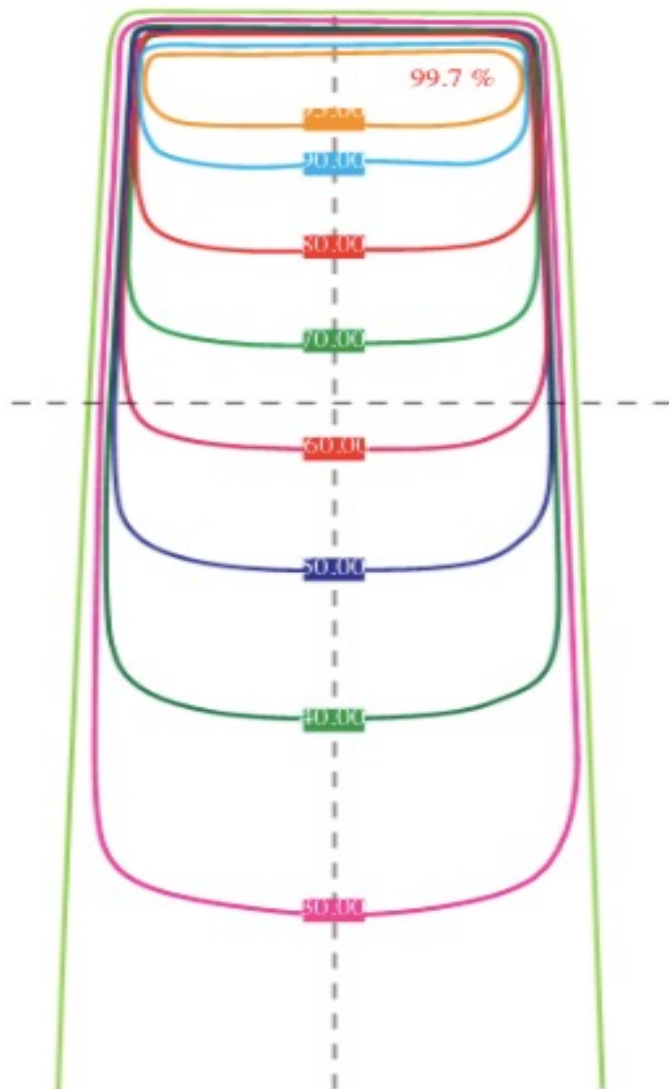
La dosis en profundidad de los electrones decae rápidamente, mientras que la de los fotones deja mucha dosis en profundidad

## IMPLICACIONES CLÍNICAS

- Si queremos tratar un tumor profundo tendremos que usar fotones, mientras que para un tratamiento superficial normalmente usaremos electrones.
- Además, **la deposición de la dosis máxima ocurre en profundidades diferentes** según qué partícula y energía escojamos. Esto se tendrá en cuenta en función de la profundidad del tumor que queramos tratar.

# CURVAS DE ISODOSIS PARA FOTONES Y ELECTRONES

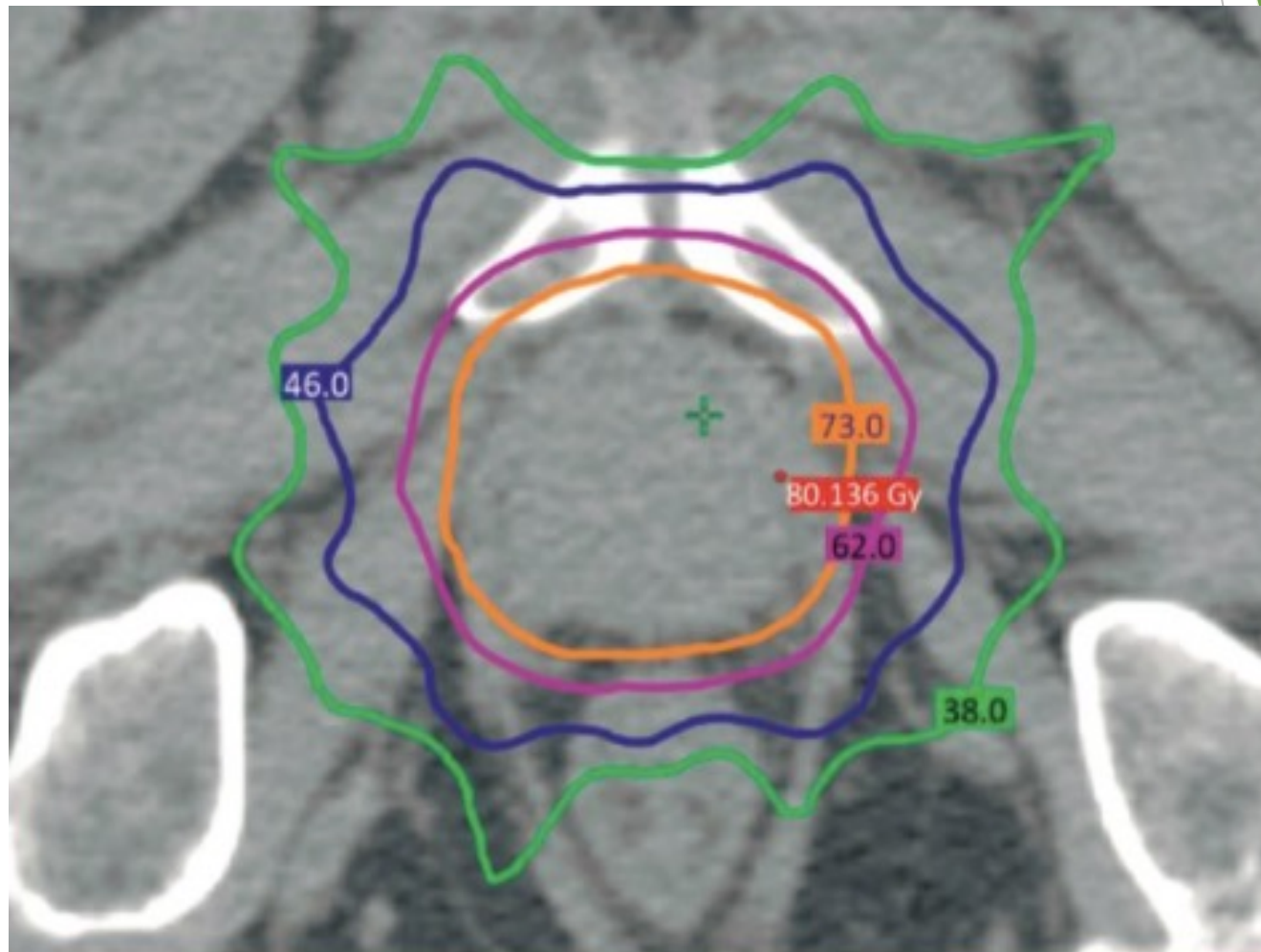
Una isodosis es una curva (o una superficie) que conecta los puntos que tienen el mismo valor de dosis



Isodosis en agua de un campo 10 x 10 de fotones de 6 MV. La intersección de las líneas punteadas está a 10 cm de profundidad

# CURVAS DE ISODOSIS PARA FOTONES Y ELECTRONES

En las zonas que están entre isodosis podemos inferir el gradiente de dosis





# PERFILES DE DOSIS PARA FOTONES Y ELECTRONES

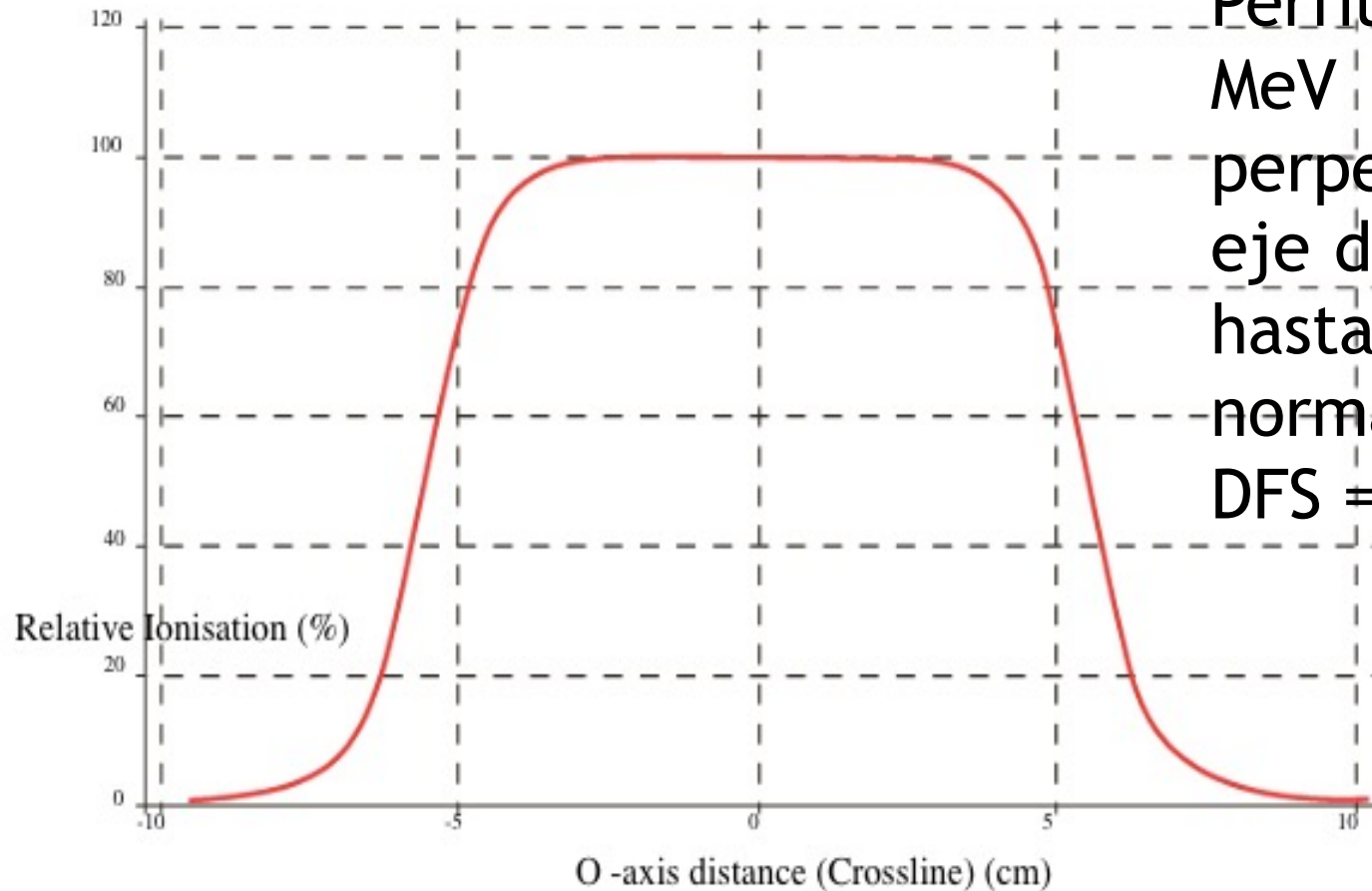
Cuando queremos caracterizar un haz de radiación no solo nos interesa conocer cuál es la dosis en profundidad (PDD), sino también **la dosis que se absorbe lateralmente o en una línea paralela a la superficie (perfil de dosis)**

**Un perfil será la representación de la dosis absorbida en una sección recta (habitualmente perpendicular al eje del haz)**

El análisis de perfiles se utilizará para determinar **la uniformidad del haz (simetría y homogeneidad)** y las **penumbras (distancia entre las profundidades del 80 % y del 20 % de la dosis absorbida máxima)**.

# PERFILES DE DOSIS PARA FOTONES Y ELECTRONES

Perfil de electrones de 9 MeV medido perpendicularmente al eje del haz desde -10 cm hasta +10 cm, y normalizado al máximo y DFS = 100 cm.

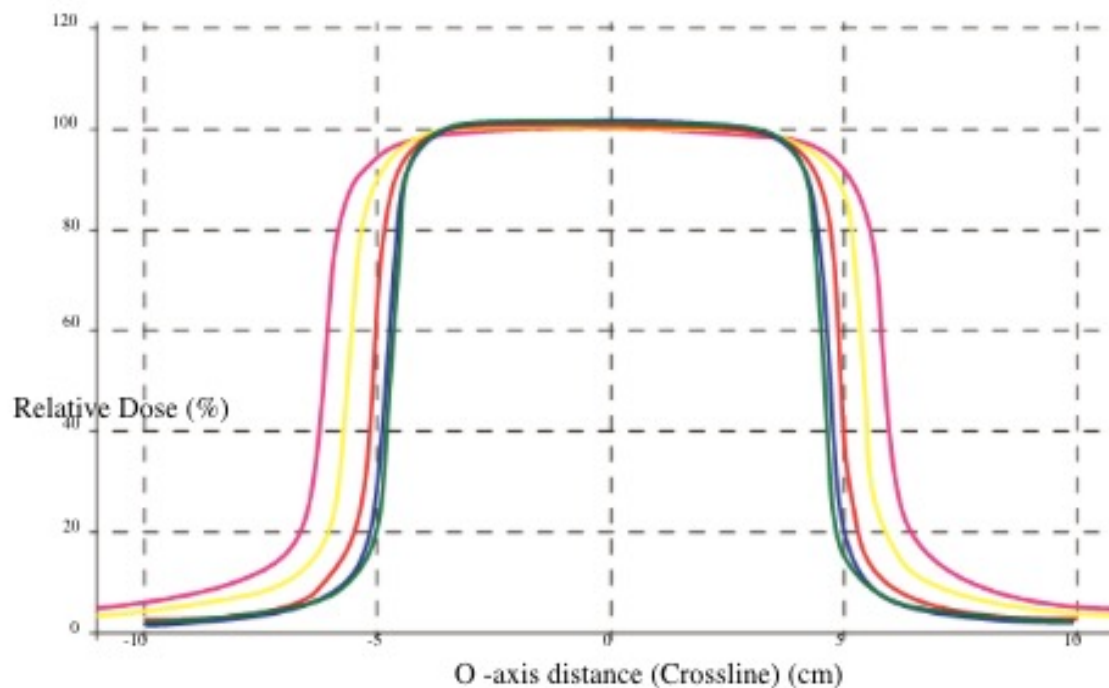


# PERFILES DE DOSIS PARA FOTONES Y ELECTRONES

## PERFILES PARA FOTONES

La forma del perfil depende:

- de la energía del haz,
- de la forma del filtro aplanador
- del sistema de colimación
- profundidad



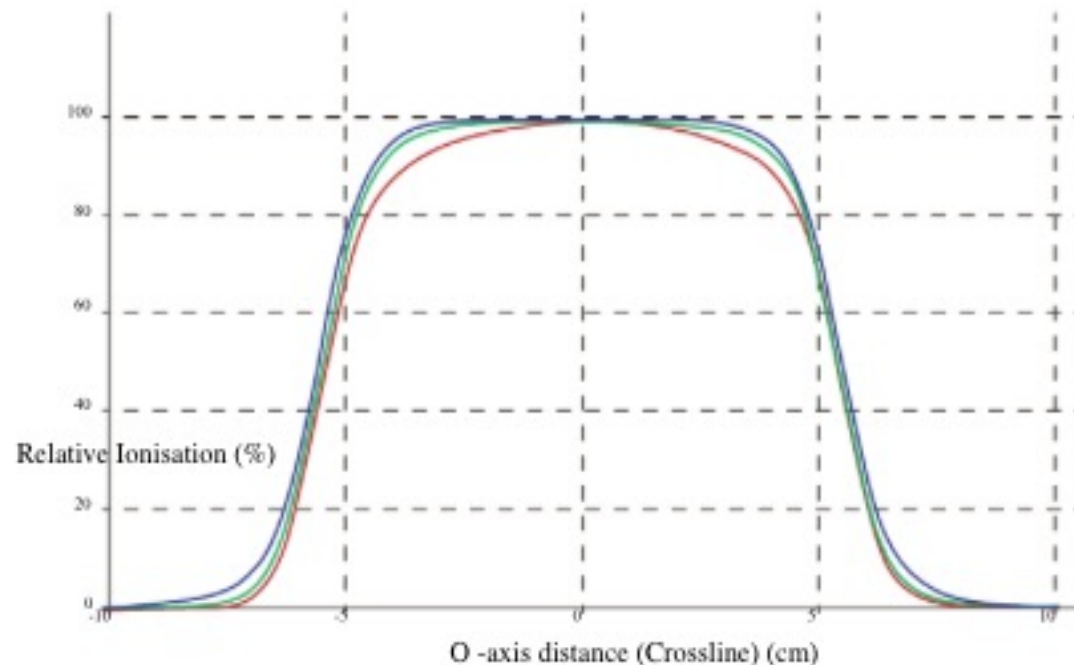
Perfiles a profundidades entre 3 cm y 30 cm para fotones de 18 MV y un campo 10 cm x 10 cm en isocentro. Los “hombros” del perfil se suavizan al aumentar la profundidad

# PERFILES DE DOSIS PARA FOTONES Y ELECTRONES

## PERFILES PARA ELECTRONES

La forma del perfil depende:

- de la energía del haz,
- de la distancia entre el final del aplicador y la superficie del medio
- del filtro dispersor del acelerador



Variación de la forma del perfil con la energía para haces de electrones de 4 MeV, 6 MeV y 9 MeV.

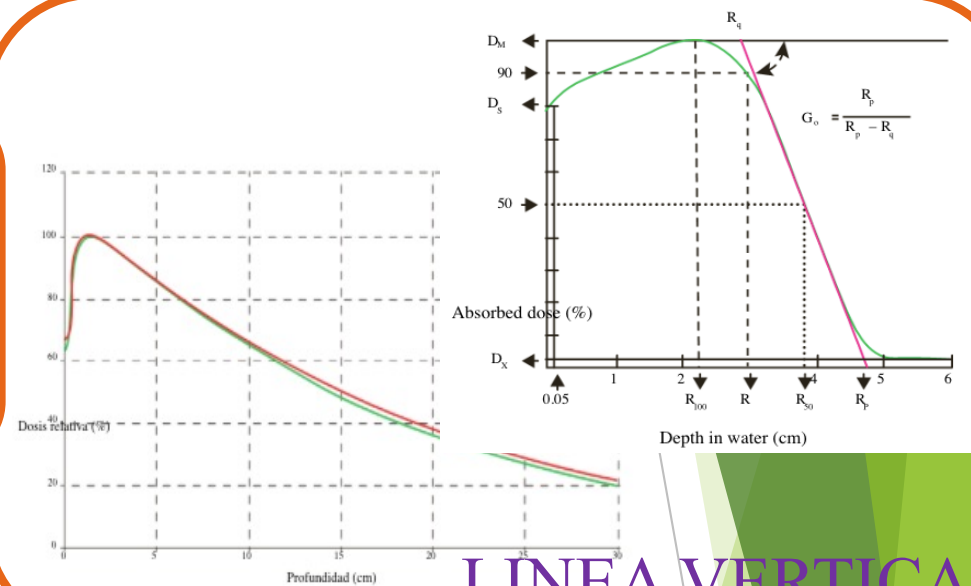
# RESUMEN: DOSIMETRÍA FÍSICA

- DOSIS ADBOLUTA
- PDDs
- CURVAS DE ISODOSIS
- PERFILES

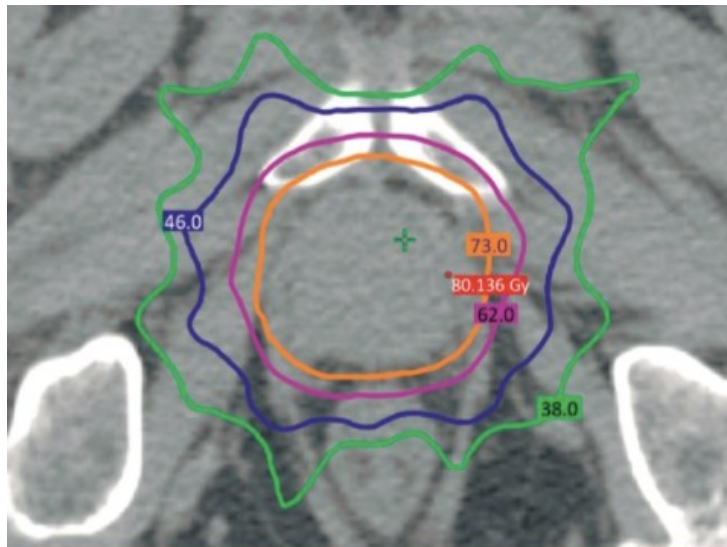
# RESUMEN: DOSIMETRÍA FÍSICA

Dosis=carga x factor de cámara x factor de corrección

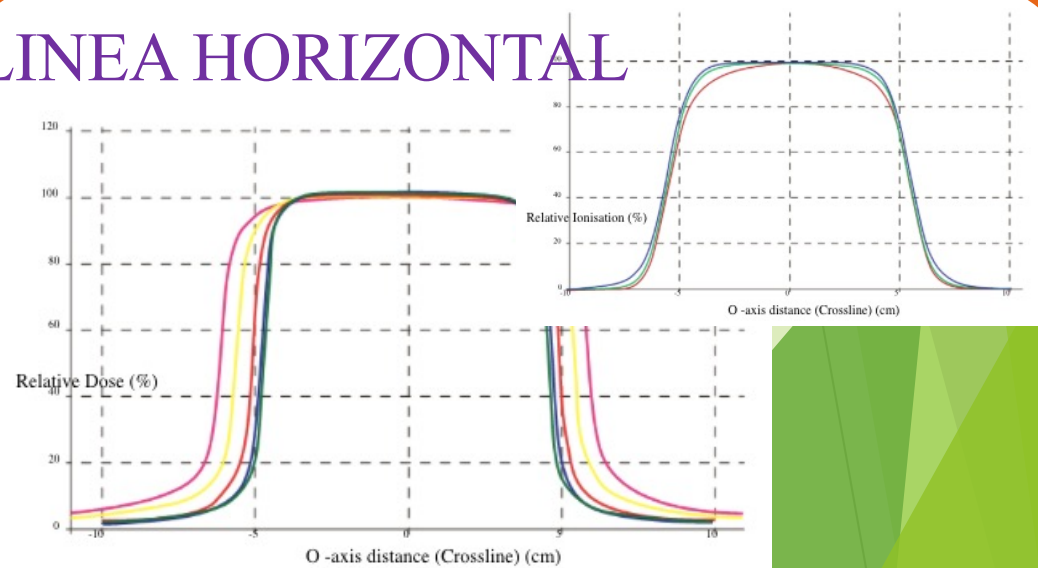
PUNTO



SUPERFICIE



LINEA HORIZONTAL

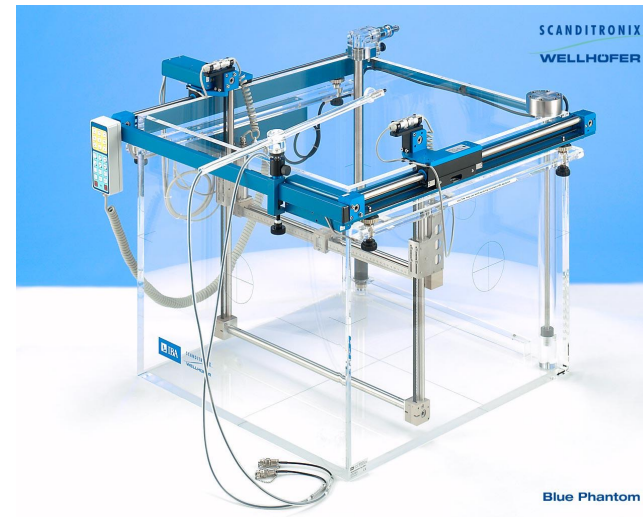


LINEA VERTICAL



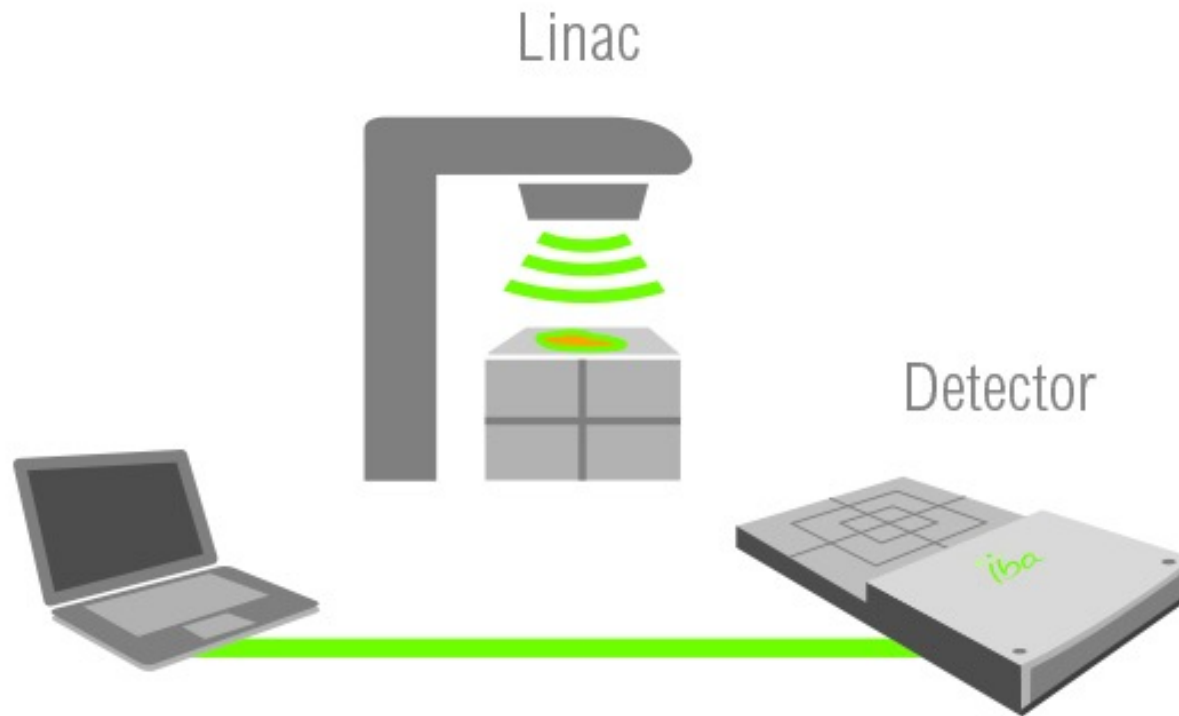
# DOSIS ABSOLUTA

Dosis=carga x factor de cámara x factor de corrección



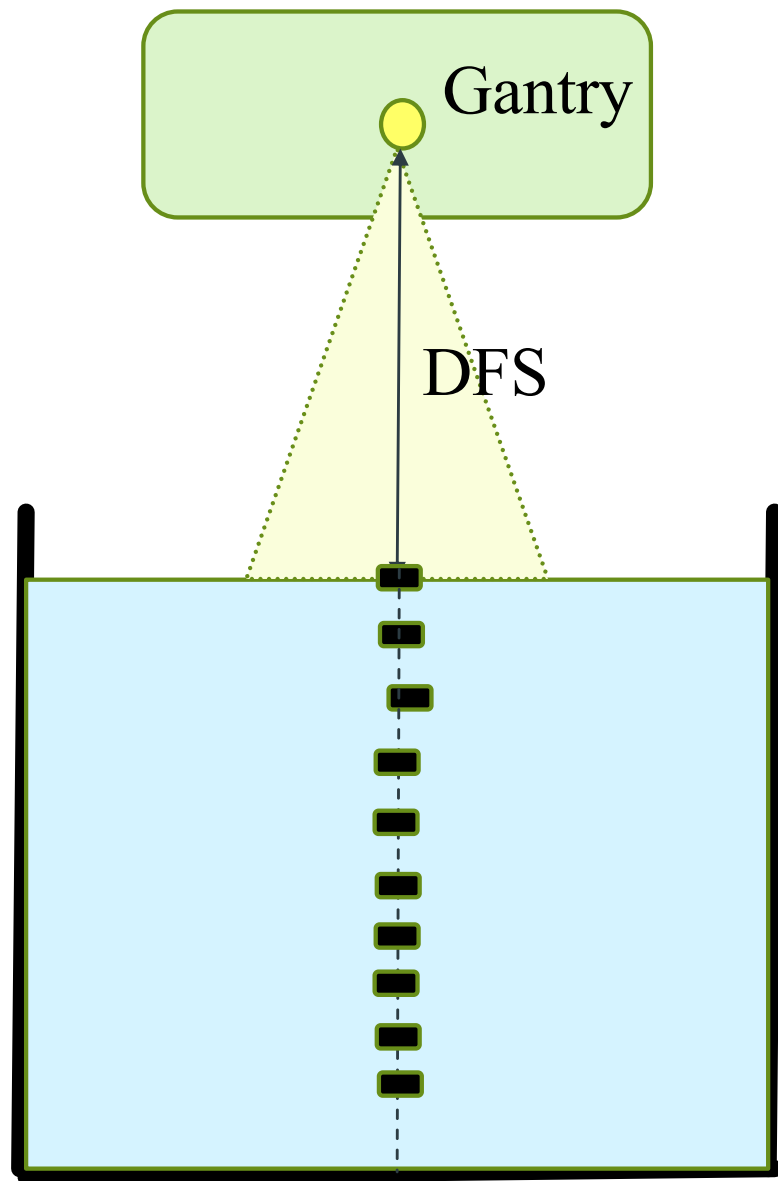
# DOSIS ABSOLUTA

ó.....Equipos de medida rápida





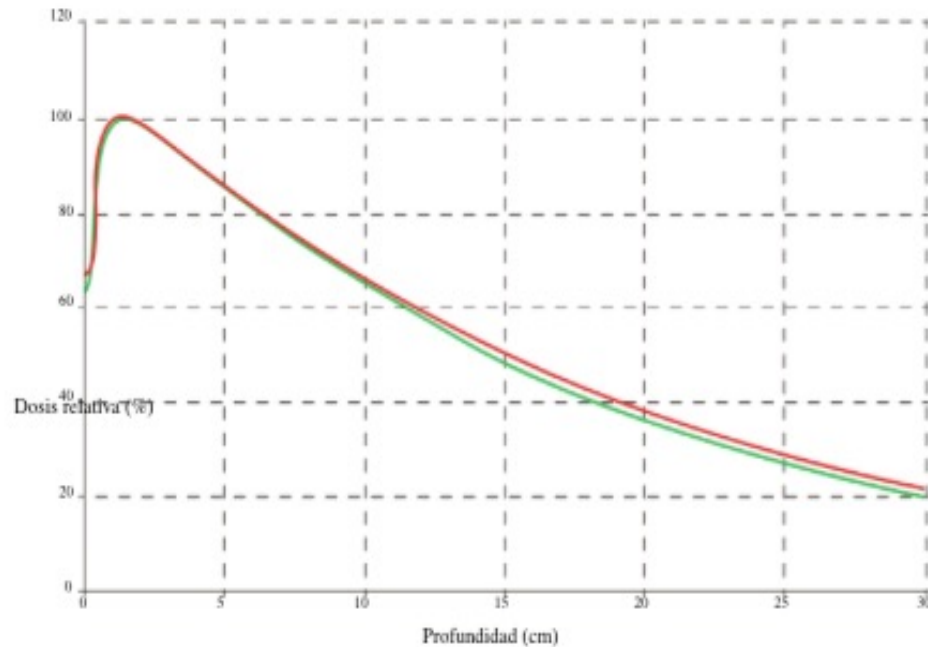
## PDDs: Porcentaje de dosis en profundidad



PDD/%

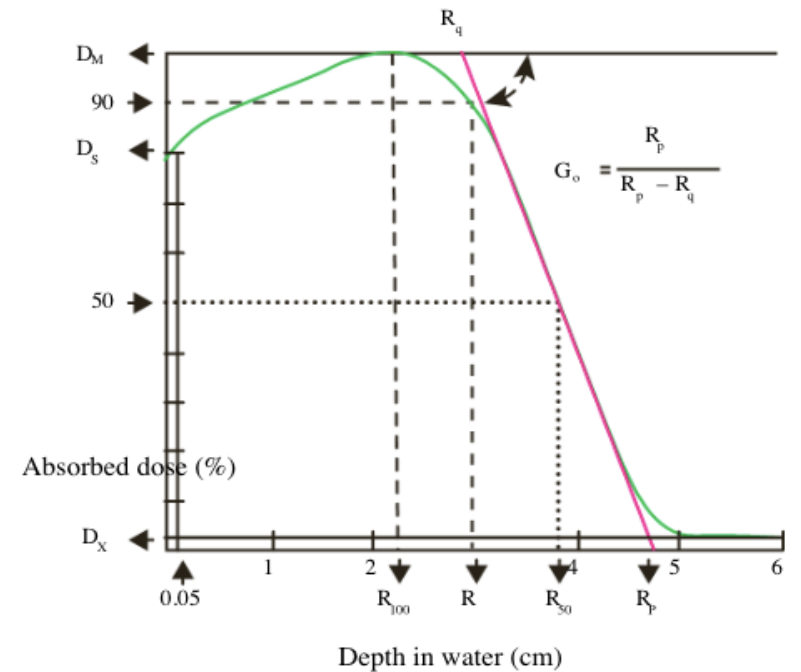
Profundidad/mm

# PDDs: Porcentaje de dosis en profundidad



## Fotones

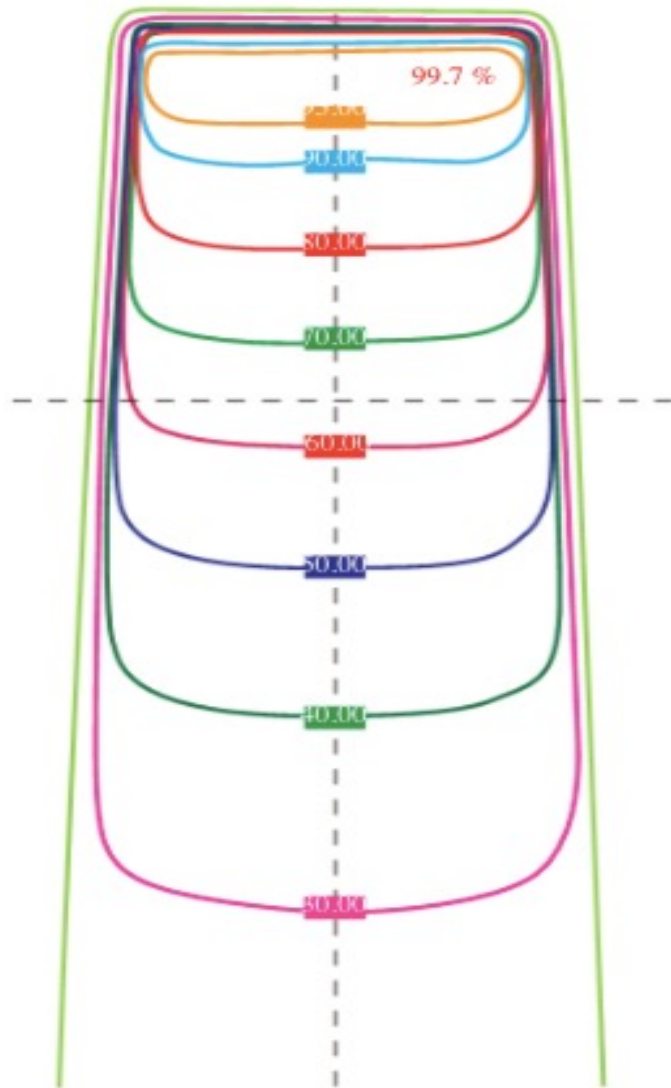
- Espesor de acumulación
- Profundidad del máximo
- Dosis absorbida en superficie
- Gradiente tras máximo



## Electrones

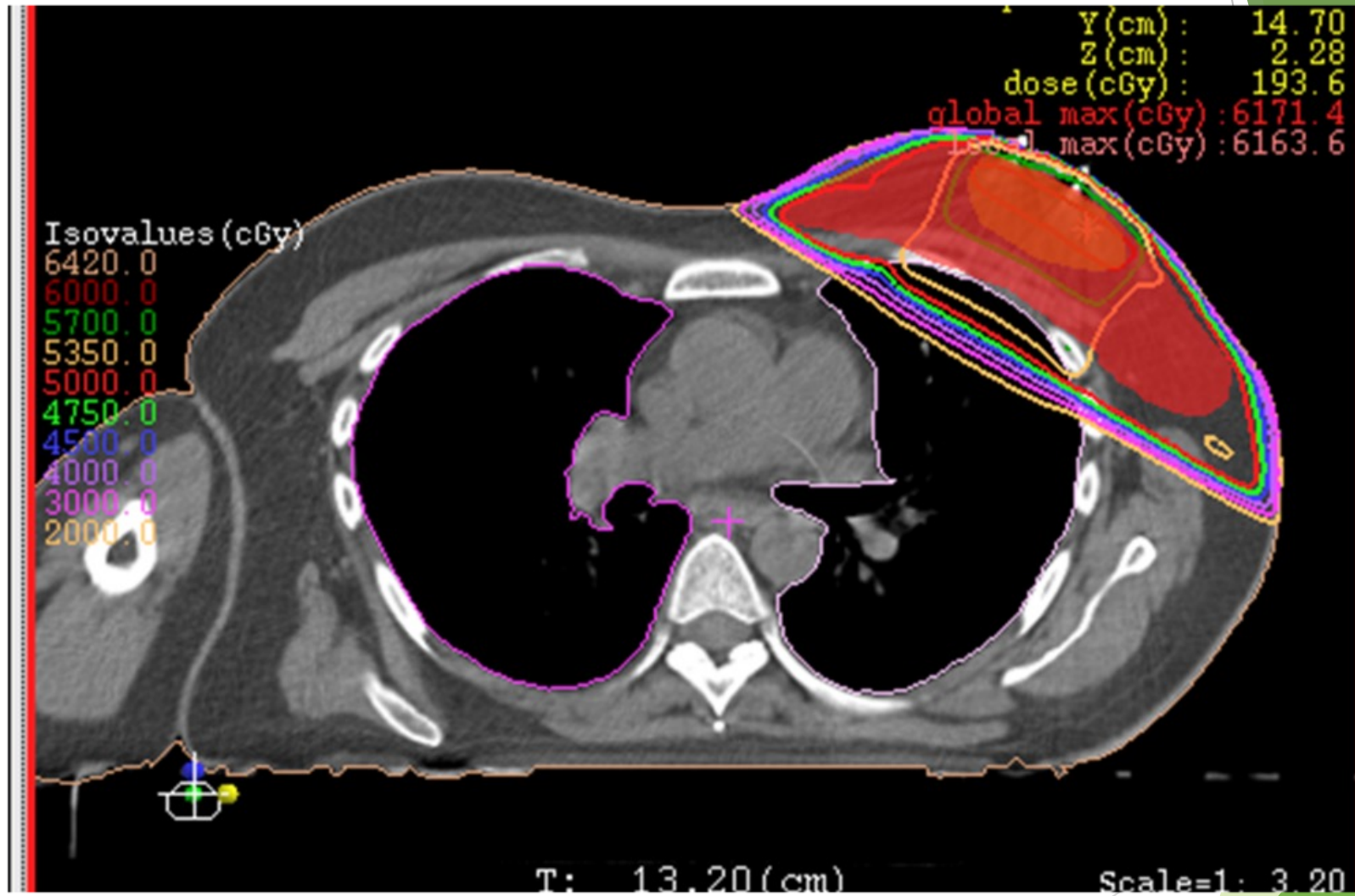
- $R_{100}$  (profundidad del máximo)
- $R_p$  (alcance práctico)
- $R_{50}$  (alcance al 50 %)

# CURVAS DE ISODOSIS



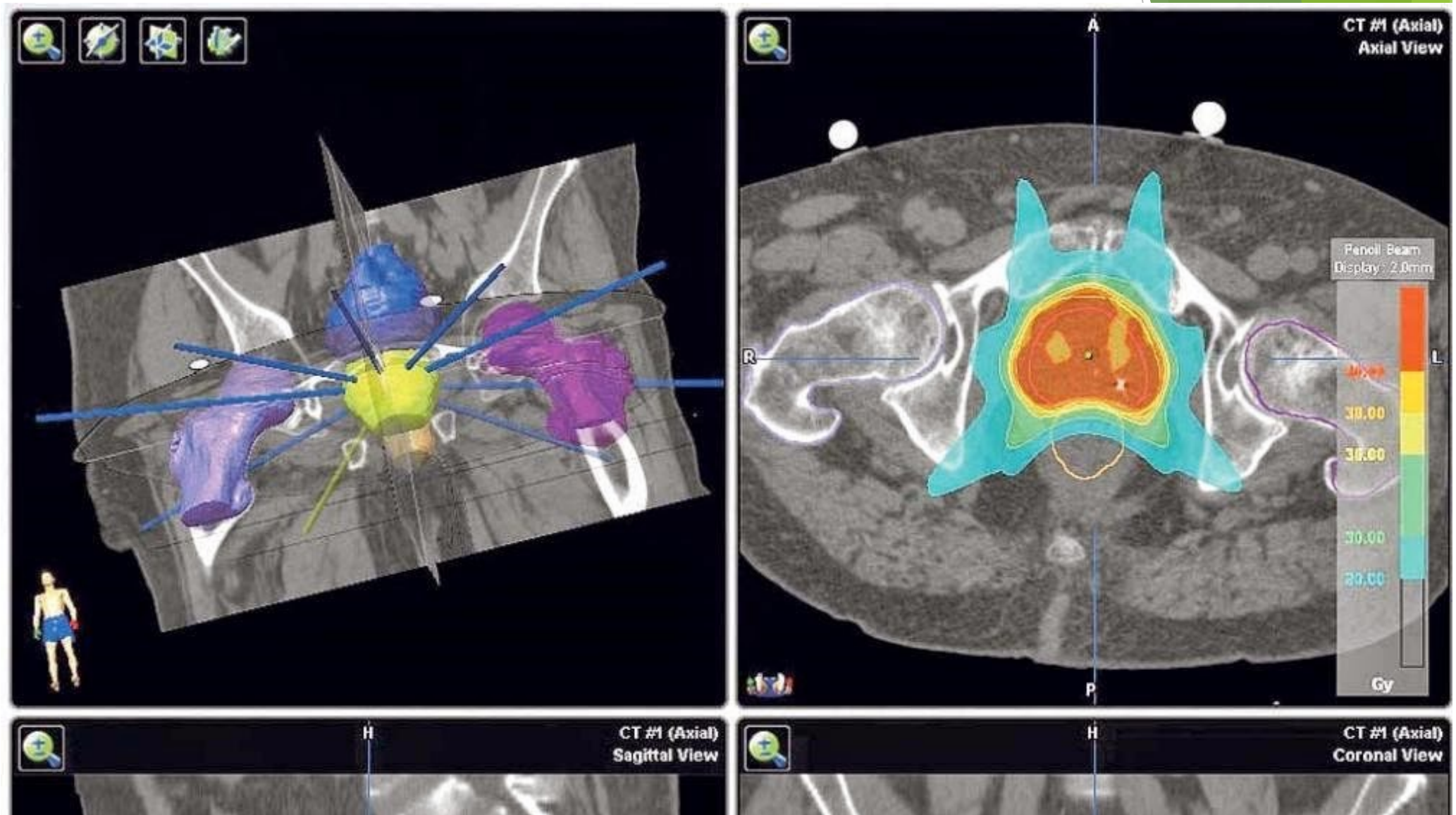
**Una isodosis es una curva (o una superficie) que conecta los puntos que tienen el mismo valor de dosis**

# CURVAS DE ISODOSIS



mama

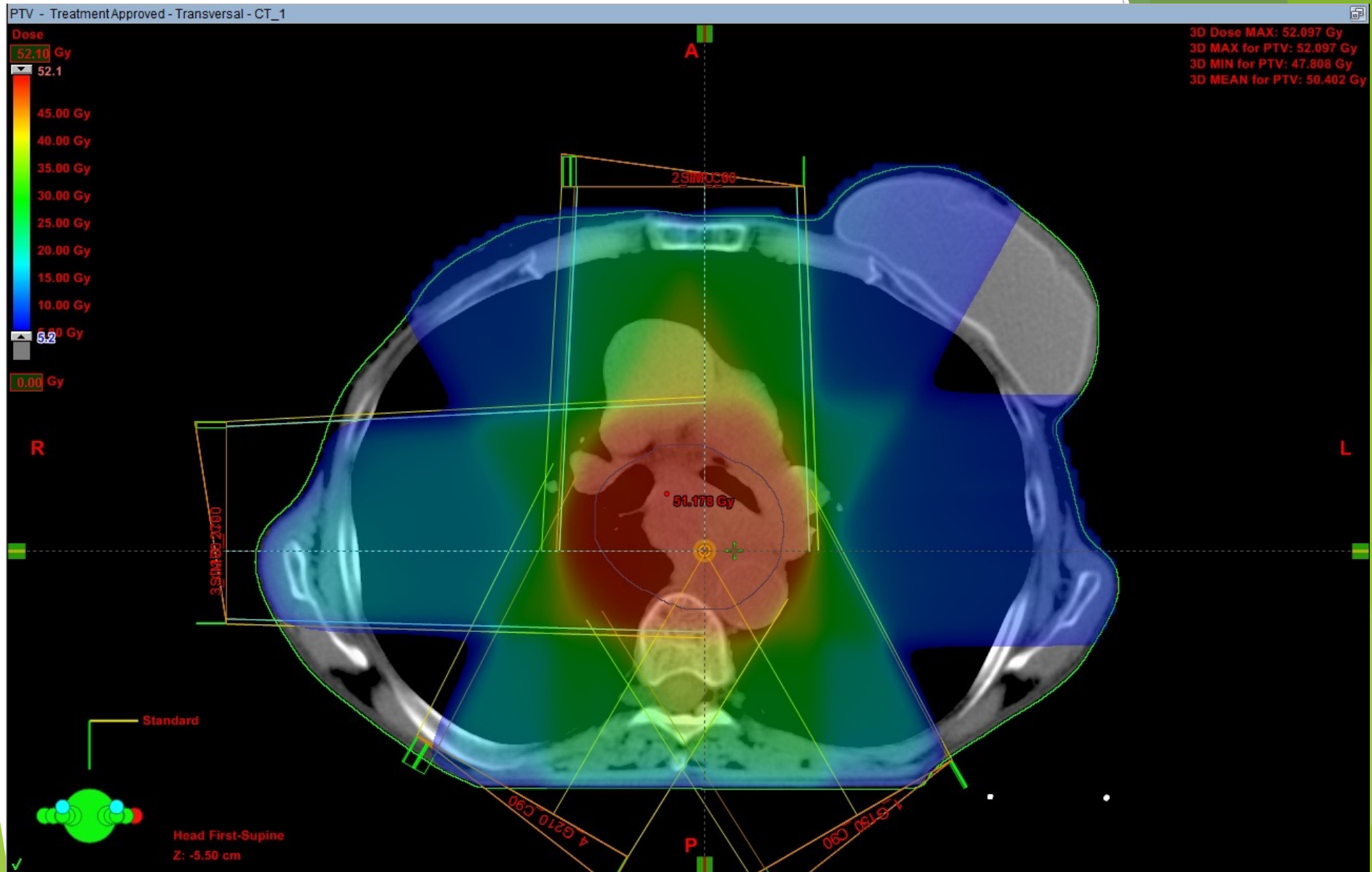
# CURVAS DE ISODOSIS



Próstata

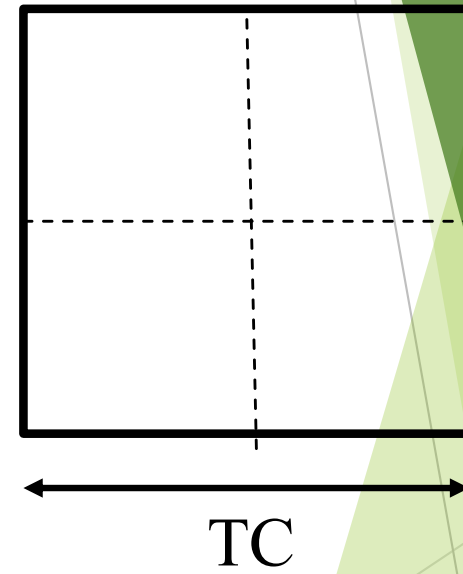
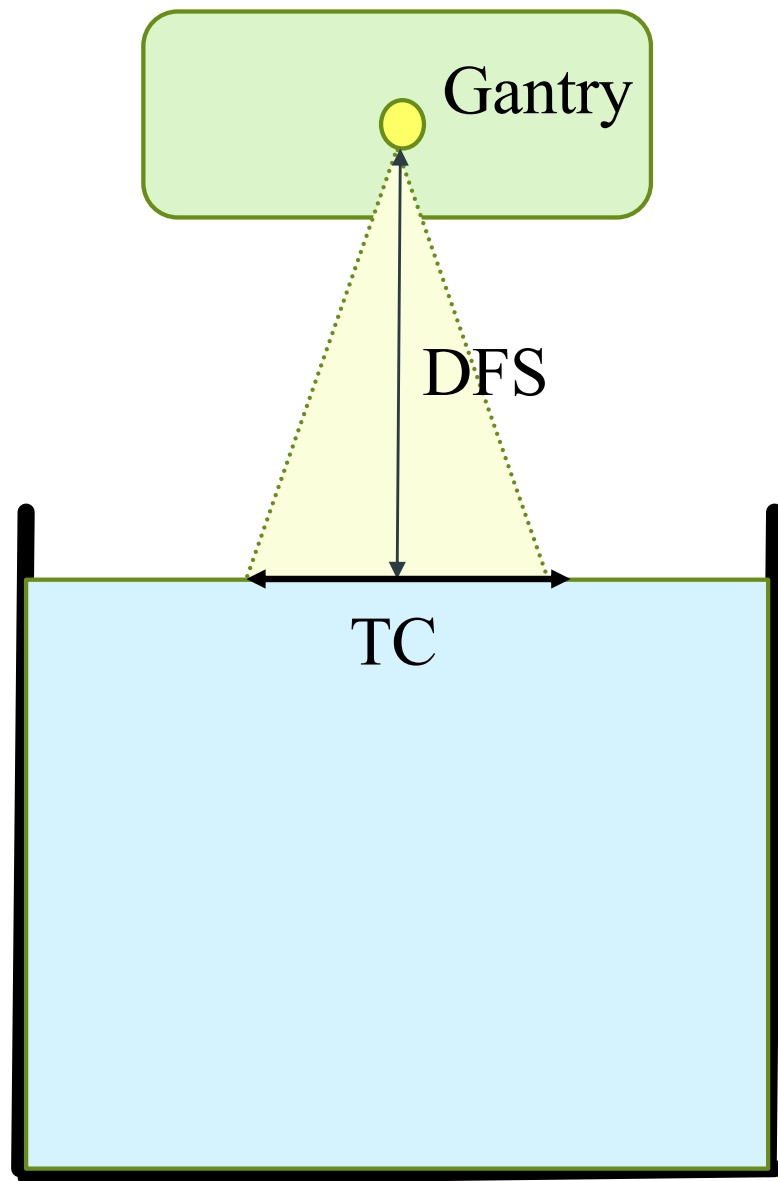


# CURVAS DE ISODOSIS

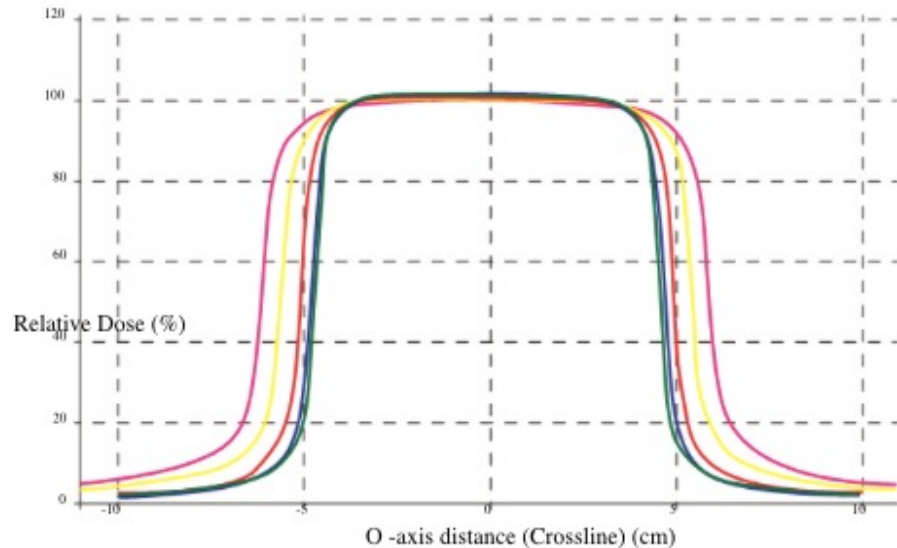


Pulmón

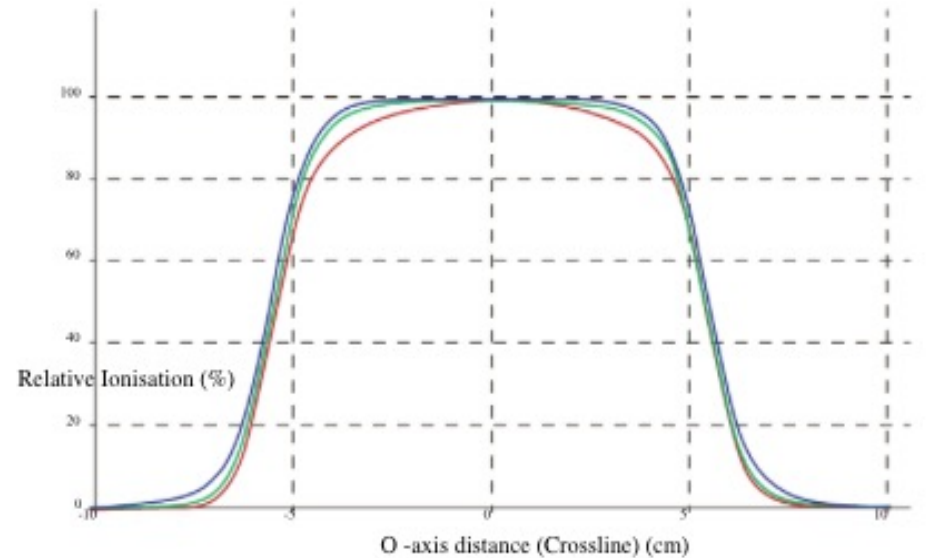
# PERFILES



# PERFILES



Fotones



Electrones

El análisis de perfiles se utilizará para determinar la **uniformidad del haz (simetría y homogeneidad)** y las **penumbras (distancia entre las profundidades del 80 % y del 20 % de la dosis absorbida máxima)**.



# **CONTROL DE CALIDAD DE LAS FUENTES DE BRAQUITERAPIA**

The background features abstract green geometric shapes. On the left, a small green triangle points upwards. On the right, a large, complex shape composed of several overlapping translucent green triangles and polygons extends from the top to the bottom. A thin, light gray diagonal line crosses the lower right portion of the slide.

# ÍNDICE

## ❖ DOSIMETRÍA DE LOS HACES DE RADIACIÓN EN RADIOTERAPIA

## ❖ **CONTROL DE CALIDAD DE LAS FUENTES DE BRAQUITERAPIA**

- **Calibración y control de calidad de fuentes radiactivas utilizadas en braquiterapia**
- **Control de calidad de los equipos de braquiterapia de alta tasa con carga diferida**
- **Control de calidad de parámetros físicos**
- **Control de calidad de aplicadores y otros accesorios**

# CONTROL DE CALIDAD DE FUENTES DE BRAQUITERAPIA

- Equipos como las
- Fuentes radiactivas



Deberán superar unas **pruebas**

En un estudio sobre incidentes en radioterapia se detectó que el **30 % de los incidentes estaban relacionados con braquiterapia**, a pesar de que la braquiterapia solo se utiliza en un 5 % de los casos (IAEA 2000). Esto demuestra la **necesidad de un control exhaustivo de los equipos y las fuentes utilizadas en braquiterapia**.

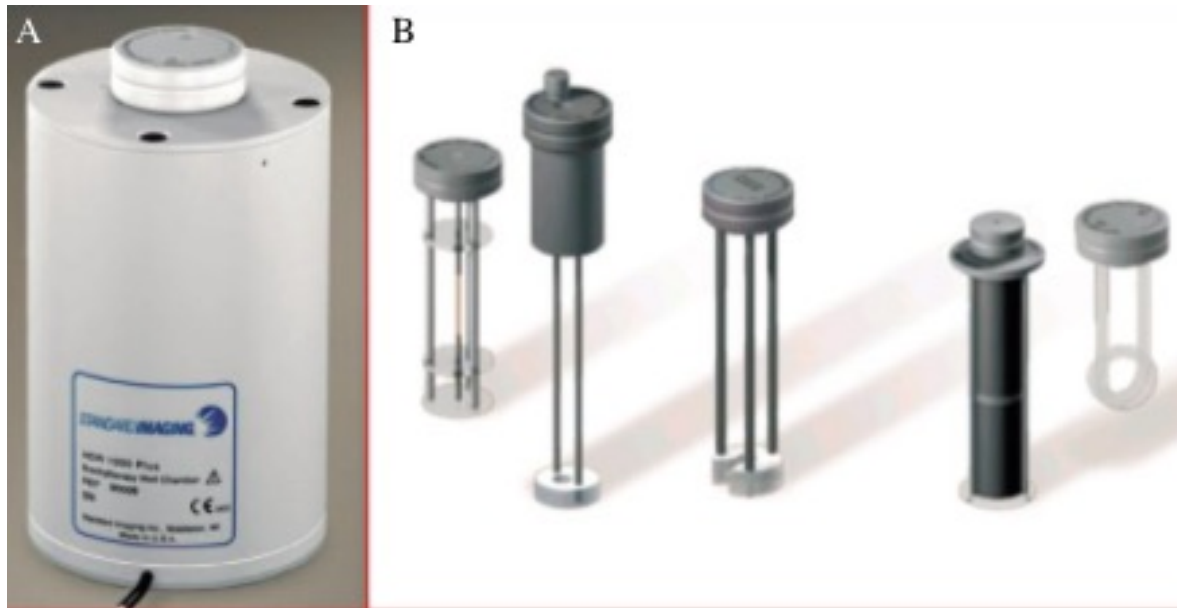
# CALIBRACIÓN Y QA DE LAS FUENTES USADAS EN BQ

- Las fuentes radiactivas de los equipos de braquiterapia de alta tasa deben cambiarse unas **3-4 veces al año**.
- Cada vez que se cambia la fuente **debe comprobarse su actividad**.
- Hay varias magnitudes que podemos usar, dependiendo del tipo de fuente:
  - Tasa de dosis absorbida en agua
  - Tasa de kerma en aire
- Responsabilidad del **radiofísico** realizar estas pruebas antes del uso clínico de la fuente

# CALIBRACIÓN Y QA DE LAS FUENTES USADAS EN BQ

¿Cómo medimos las fuentes usadas en BQ?

## Cámara tipo pozo



Consta de una **cavidad central**, un **electrodo colector** y un **volumen de aire** que rodea esta cavidad. Para **cada tipo de fuente** se deben usar unos **adaptadores** que permiten introducir la fuente en la cavidad del detector de una forma **exacta y reproducible**.

# CALIBRACIÓN Y QA DE LAS FUENTES USADAS EN BQ

¿Cómo medimos las fuentes usadas en BQ?

La medida se realiza comparando:

Las lecturas obtenidas a partir de la **fente que se pretende calibrar**

VS.

Una **fente de referencia** de la que se conoce la tasa de kerma de referencia en aire (TKRA)

# CALIBRACIÓN Y QA DE LAS FUENTES USADAS EN BQ

¿Que era eso del KERMA?...

El kerma es la energía cinética liberada por unidad de masa por las partículas cargadas puestas en movimiento por radiación indirectamente ionizante, como fotones

$$\text{KERMA} = E_c / \text{MASA}$$

**Para energías bajas se puede suponer equivalente a la dosis absorbida**

- Ambas fuentes deben tener la **misma geometría y se deben colocar de la misma forma en el detector.**
- La constancia del equipo dosimétrico se debe comprobar periódicamente, comparando las medidas con una fuente de estabilidad

# QA DE LOS EQUIPOS DE BQ DE ALTA TASA CON CARGA DIFERIDA

- PRUEBAS A LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD
- PRUEBAS A LOS PARÁMETROS FÍSICOS

## SISTEMAS DE SEGURIDAD

Los equipos de braquiterapia de alta tasa con carga diferida remota contienen **una fuente de muy alta actividad que puede impartir una alta dosis en un tiempo muy corto** (alta tasa  $\sim 7$  Gy/min a 1 cm de la fuente).



## QA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD



Equipos para braquiterapia de alta tasa con carga diferida remota. A. VariSource. B. MultiSource C. MicroSelectron.

## QA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

- Los equipos incluyen muchos mecanismos de seguridad que evitan movimientos no deseados de la fuente y que permiten retraer la fuente a la posición de seguridad en caso de emergencia.
- Se debe comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de estos sistemas de seguridad.

### DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS

- **Sistema de cámara de vídeo e interfono(diaria/trimestral):**  
comprobar que funcionan correctamente
- **Conexión del aplicador (semestral):**  
comprobar que, si se intenta enviar la fuente por un canal donde no hay aplicador, el equipo da un aviso de error

## QA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

- **Sistema de cámara de vídeo e interfono(diaria/trimestral):**  
comprobar que funcionan correctamente
- **Conexión del aplicador (semestral):**  
comprobar que, si se intenta enviar la fuente por un canal donde no hay aplicador, el equipo da un aviso de error
- **Puerta de la sala de tratamiento (trimestral):**  
comprobar que el equipo no permite sacar la fuente con la puerta de la sala abierta y que si se abre la puerta con la fuente fuera de la posición segura esta se retrae y el equipo muestra aviso de error.

## QA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

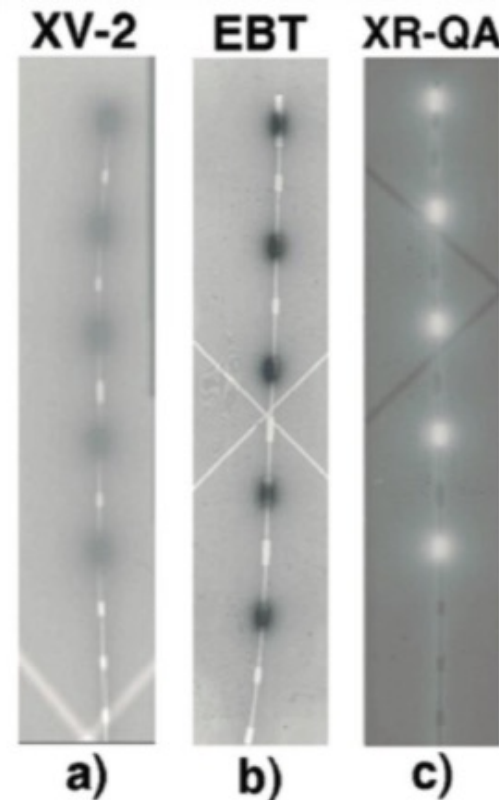
- **Parada de emergencia (trimestral):**  
pulsar algún botón de parada de emergencia y comprobar que la fuente se retrae correctamente. Debe haber botones de parada de emergencia en el propio equipo, en la consola de control y en la sala de tratamiento.
- **Catéter obstruido (trimestral):**  
colocar y asegurar al equipo un catéter obstruido o con una gran curvatura. Intentar sacar la fuente y comprobar que el equipo detecta la obstrucción. Debe hacerse con cuidado de no dañar la fuente debido a la obstrucción.
- **Corte de corriente eléctrica (trimestral):**  
desconectar o desenchufar el equipo y comprobar que la fuente se retrae correctamente.

# QA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

Algunos de los parámetros físicos más importantes que afectan a la distribución de dosis son:

## ➤ Posicionamiento de la fuente (diaria/trimestral)

comprobar que la fuente se coloca correctamente en las posiciones programadas



Pruebas con placas radiográficas

## QA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

### ➤ Tiempo de tránsito de la fuente (anual):

el cable al que está unido la fuente tarda cierto tiempo en llevar a la fuente desde la posición de seguridad hasta la posición de irradiación en el paciente. Durante este tiempo la fuente irradia tejido sano con una dosis no deseada.

**Debe comprobarse que este tiempo de tránsito no varía.**

### ➤ Linealidad del cronómetro (anual):

se programan una serie de tiempos de irradiación en los que la fuente está detenida en una posición determinada, y se comprueba con un cronómetro independiente la exactitud de los tiempos.

# QA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

## ➤ Calibración de la fuente (al cambiar la fuente):

**se debe medir la actividad de la fuente antes de su uso clínico, comparando la medida con el valor indicado en el certificado proporcionado por el fabricante.**

## QA DE LOS APLICADORES Y OTROS ACCESORIOS

Debe comprobarse **en cada uso** el **estado de aplicadores y catéteres mediante inspección visual** en busca de roturas, obstrucciones y curvaturas que podrían impedir el movimiento de la fuente

**Antes de su primer uso clínico** debe comprobarse que la **distribución de dosis** es la correcta para ese aplicador

**En el uso diario** se deben **seguir las instrucciones de esterilización adecuadas** y comprobar con un detector de radiación que los catéteres y los aplicadores **no están contaminados**