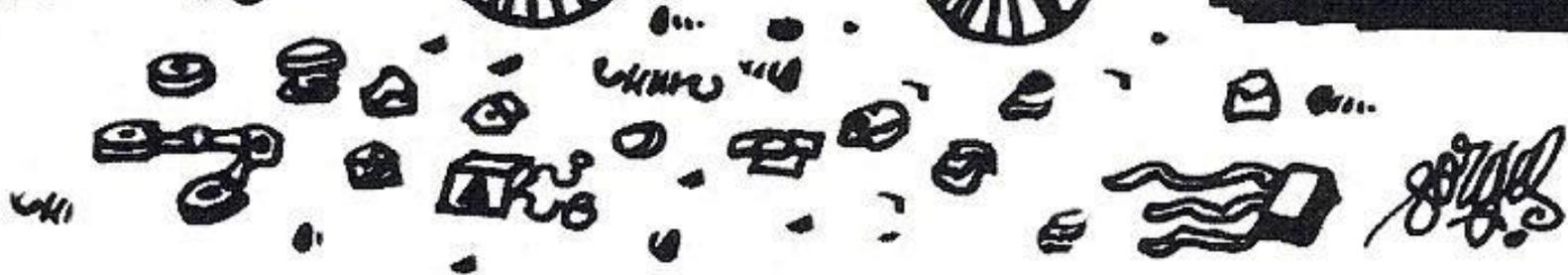


**PARECE INCREÍBLE QUE HAYAS
CONSEGUIDO QUE FUNCIONE OTRA VEZ,
QUITÁNDOLE TODAS LAS PIEZAS
QUE LE HAS QUITADO...**

**LOS RADIOFISICOS SABEMOS
COSAS QUE LOS HUMANOS
NI SOSPECHAMOS**



ICRU 91

Jose Manuel Reinoso Cobo

U.G.C. de Radiofísica y Protección Radiológica

Tlf.: 953 008 095

E-mail: jmreinoso@gmail.com

Volume 14 No. 2 2014

ISSN 1473-6691 (print)
ISSN 1472-3422 (online)

Journal of the ICRU

ICRU REPORT 91

Prescribing, Recording and Reporting of
Stereotactic Treatments with Small
Photon Beams

OXFORD
UNIVERSITY PRESS



OXFORD UNIVERSITY PRESS

INTERNATIONAL COMMISSION ON
RADIATION UNITS AND
MEASUREMENTS

ICRU 91

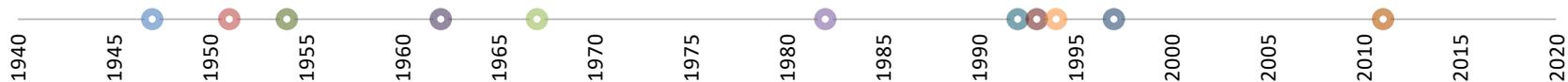
APARTADOS

1. Introducción
 2. Dosimetría de haces pequeños
 3. Definición de volúmenes
 4. Algoritmos de planificación
 5. IGRT
 6. Garantía de Calidad
 7. Prescripción, registro y elaboración de informes
- Anexo A. Ejemplos clínicos

1. Introducción

Hitos en SRT

- 1947 - Marco estereotáctico (Clarke & Horsley)
- 1951 - Primera RC (Leksell)
- 1954 - Partículas pesadas (Lawrence)
- 1962 - Protones (Kjellberg)
- 1967 - GammaKnife (Leksell)
- 1982 - ALE adaptado (Betti/Colombo)
- 1986 - Estandarización dispositivos (Winston/Lutz)
- 1992 - Linac dedicado a SRS (Loeffler/Alexander)
- 1993 - Tomoterapia (Mackie)
- 1994 - CyberKnife (Adler)
- 1997 - Novalis (DeSalles/Solberg)
- 2011 - GammaKnife eXtend (Sheehan)



1. Introducción

Recomendaciones

- **Algoritmos MC o deterministas en SRT**
 - Garantizar que la dosis en tejidos de densidad heterogénea se calcule con exactitud



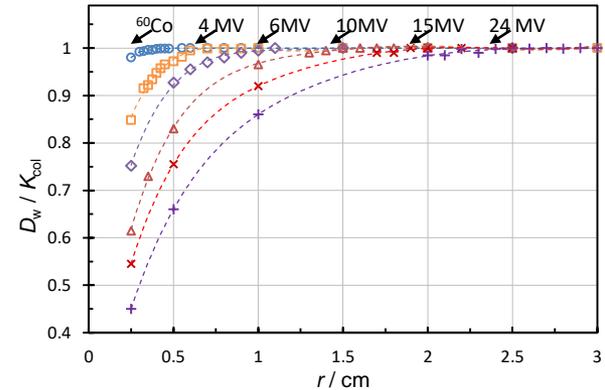
2. Dosimetría de haces pequeños

Definición

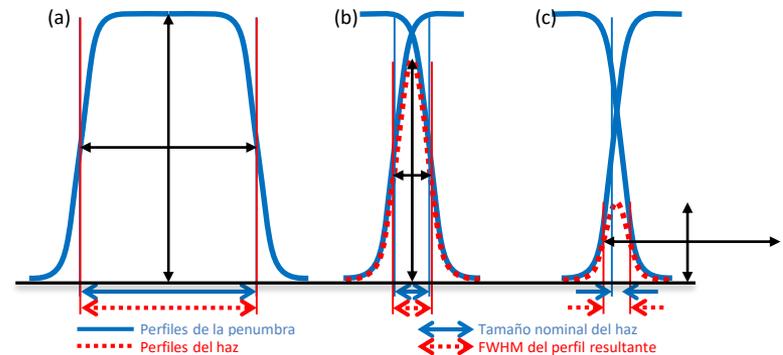
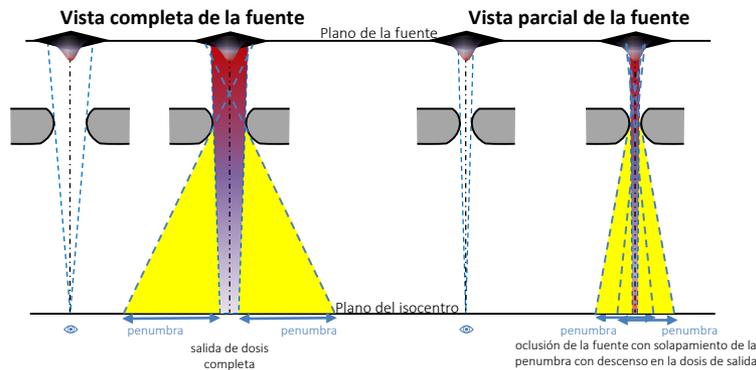
- Falta de equilibrio lateral

$$r_{LCPE}(\text{cm}) = 8.369 \cdot TPR_{20,10} - 4.382$$

$$r_{LCPE}(\text{cm}) = 0.07797 \cdot \%dd(10)_x - 4.112$$



- Oclusión parcial de la fuente



- Relación de tamaños Haz vs Detector

Si cámara para dosimetría de referencia estándar se hace demasiado grande para proporcionar resultados fiables

2. Dosimetría de haces pequeños

Formalismo (Alfonso *et al*, 2008)

- **Dosis Absoluta**

- Campo de referencia de la máquina

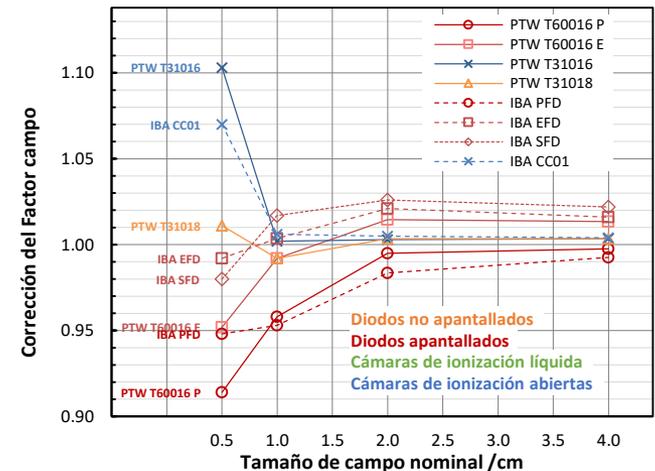
$$D_{w,Q_{msr}}^{f_{msr}} = M_{Q_{msr}}^{f_{msr}} N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0} k_{Q_{msr},Q}^{f_{msr},f_{ref}}$$

- Factores campo

$$\Omega_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}} = OF_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}} (det) \cdot k_{Q_{clin},Q_{msr}}^{f_{clin},f_{msr}}$$

- **Dosimetría relativa**

- **Detectores y Factores correctores**



2. Dosimetría de haces pequeños

Recomendaciones

- **Implementación SRT fotones ≤ 10 MV**
 - Consistente con ICRU 83
- **Diferentes detectores: factores campo y dosis absorbida**
 - Garantiza exactitud en la medida de haces pequeños.
 - Segundo chequeo: comparación con factores campo de otra institución
- **TPRs**
 - Medida directa
 - Datos MC fiables
- **Diodos sin blindaje**
 - Adecuados para dosimetría relativa



3. Definición de Volúmenes

ICRU 50, 62, 83, ...

- **GTV**
 - Imágenes para definición de GTV por localizaciones
- **CTV**
 - Definir siempre
 - Evaluar HDV
- **ITV**
 - Importante en ciertas localizaciones
- **PTV**
 - Definir siempre
 - Evaluar HDV
- **OR**
- **PRV**
- **RVR**
 - Más importante pacientes jóvenes

3. Definición de Volúmenes

Recomendaciones

- **Nomenclatura estandarizada y descriptiva**
 - GTV_{PET} , GTV_{RM-DCE}
- **Evaluar la dosis al CTV de forma expresa** en lugar de suponer que la penumbra cubrirá un CTV indefinido
- **Toxicidad observada**
 - Registrar y Evaluar
 - Estudios multicéntricos prospectivos
- **SBRT Próstata**
 - Co-registro TC y RM

SEMANA
DE LA
CIENCIA



CIEN-
TÍFICO

SIGLO
DE LA
'CIENCIA INFUSA'



MILLON-
TÍFICO

4. Algoritmos de planificación

Algoritmos

- **Tipos de algoritmos**

- Basados en parámetros

$$D_Q(d, \Phi_Q) = UM \left(\frac{D_{ref}(d_i, \Phi_i)}{UM} \right) \cdot PDD \left(d_i, \Phi_i \frac{f_i - d_i + d}{f_i + d} \right) \cdot \left(\frac{f_i + d}{f_i + d_{max}} \right)^2 \cdot \left(\frac{f_i}{f_i - d_i + d} \right)^2 OAR(d, r_Q).$$

- Basados en modelos

- Tipo A: PB

- Tipo A-B: AAA

- Tipo B: CCC

- Tipo B avanzado: **MC; AXB**

- **Equivalencia $D_{50\%}$**

3x 20Gy EPL en pulmón

Noëll C Van der Voort van Zyp et al., 2010b

< 3cm: 3x 16Gy

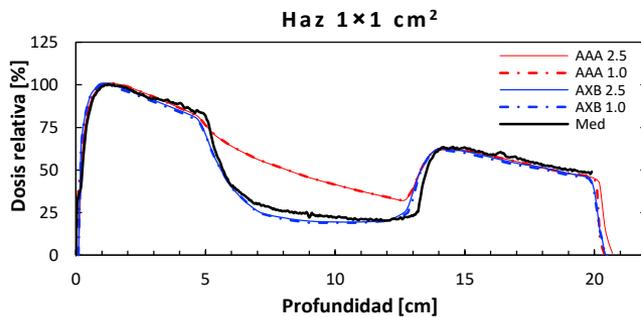
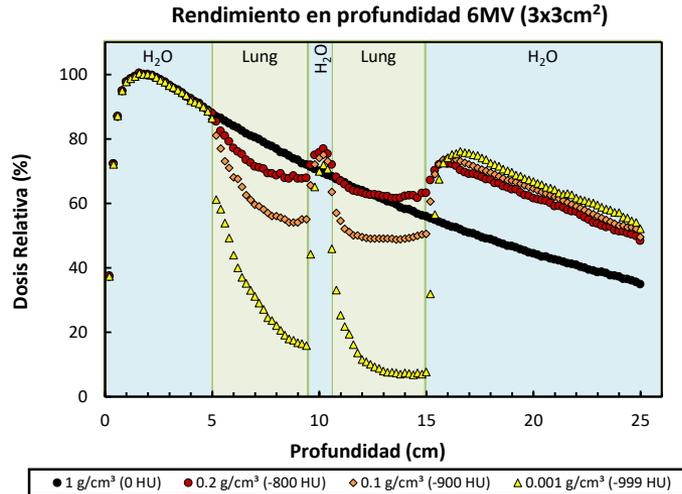
3-5cm: 3x 17Gy

> 5cm: 3x 18Gy

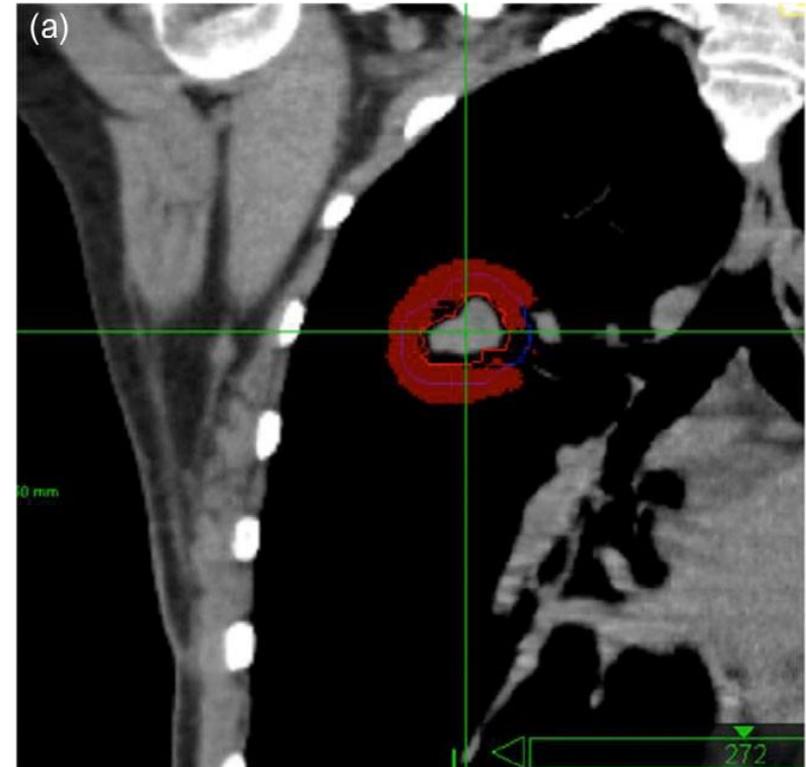
4. Algoritmos de planificación

Heterogeneidades

- Baja densidad



- Diferencias >15Gy



4. Algoritmos de planificación

Recomendaciones

- **Algoritmos MC o deterministas**
 - Garantizar que la dosis en tejidos de densidad heterogénea se calcule con exactitud
- **Precisión algoritmo $\Rightarrow E \leq 10$ MV**
- **Rejilla de cálculo**
 - AAPM TG101
 - ≤ 2 mm
 - AAPM TG105
 - Haces $>3 \times 3$: 5-2mm
 - Haces $<3 \times 3$: 2-1mm



5. IGRT

Imprescindible en SRT

- **Distribuciones de dosis**
 - Elevados gradientes
 - Alta conformación
 - Múltiples haces pequeños
- **Esquemas de tratamiento**
 - Hipofraccionados o en fracción única
 - Altas dosis por fracción
- **No se puede hablar de promediado en los errores**
- **Mejora la exactitud de la posición del target**

5. IGRT

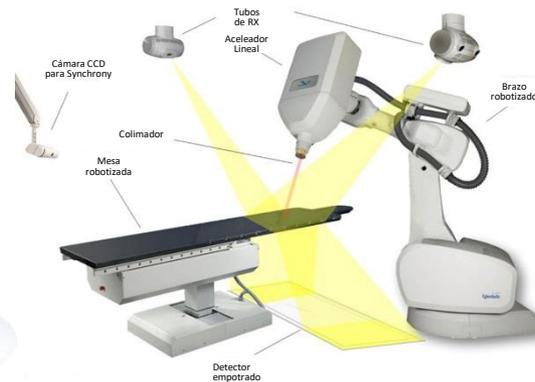
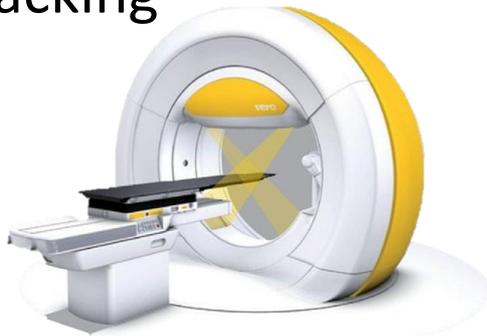
Protocolos online

- **Corrección posición PTV mediante técnicas de imagen**
- **Recomendaciones AAPM 104**
 - PREtratamiento \Rightarrow Corrección posicionamiento
 - Durante \Rightarrow Cuantificación movimiento intrafracción
 - POSTtratamiento \Rightarrow Control de Calidad
- **Adaptativa**

5. IGRT

Sistemas planares

- **EPID (kV, MV)**
 - Panel plano solidario con la unidad
- **Estereoscópicas (kV)**
 - Corrección posicionamiento
 - Tracking



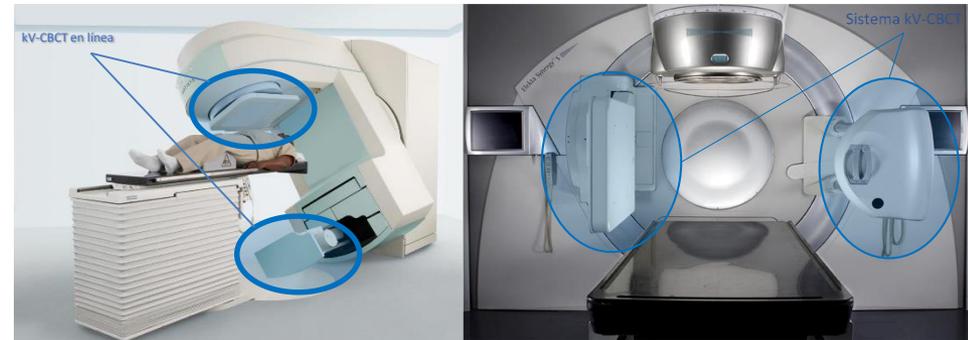
5. IGRT

Sistemas volumétricos

- CT in room



- Cone Beam CT (kV; MV)



- Fan Beam CT (MV)



- Tomosíntesis digital



5. IGRT

Sistemas no RX

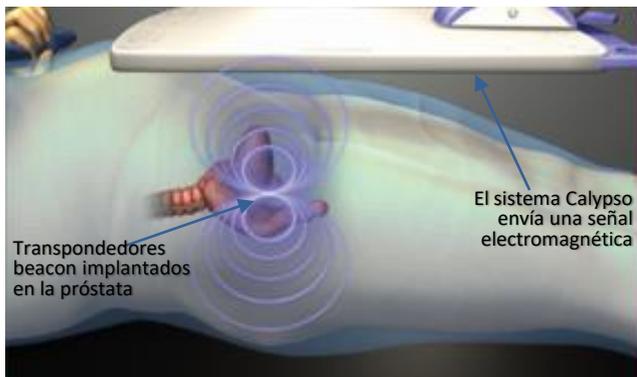
- Eco-3D



- Superficie



- RF



- RM



5. IGRT

Exactitud y Tolerancias

Sistema	Errores geométricos residuales
Novalis ExacTrac	Total residual average error: $\leq 1.5\text{mm} \pm 0.7\text{mm}$ (Hacker et al., 2006) $0.56\text{mm} \pm 0.7\text{mm}$ (Jin et al., 2008b) $0.6\text{mm} \pm 0.9\text{mm}$ (Verellen et al., 2003)
CyberKnife	Maximum error: $0.56\text{mm} \pm 0.7\text{mm}$ (Antypas and Pantelis, 2008) $0.8\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ (Desai et al., 2006) $0.4\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ Skull tracking; $0.5\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ Spine tracking; $0.3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ Fiducial tracking; (Kilby et al., 2010)
CBCT	$<1.4\text{mm}$ translations and $< 0.7^\circ$ rotations at 95 % confidence interval level (Hyde et al., 2012) $1\text{--}1.5\text{mm}$ 95 % confidence interval level (Sharpe et al., 2006)
TomoTherapy	$\pm 1\text{mm}$ (Fenwick et al., 2004) 1mm (Boswell et al., 2006)
VERO	$0.54\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ (Depuydt et al., 2011)

5. IGRT

Recomendaciones

- Tener en cuenta los errores **aleatorios** y los errores **sistemáticos**, en **cada fracción**



6. Control de Calidad

Apartados

- **Localización y delimitación** de las estructuras
- Cálculos dosimétricos en el **RTPS**
- Unidad de tratamiento
- Sistema de IGRT

6. Control de Calidad

Recomendaciones

- Comprobación **extremo a extremo** para evitar los **errores sistemáticos** en
 - Calibración del haz
 - Configuración del haz en el TPS
 - Algoritmo de cálculo
- **Pruebas diarias** de exactitud de concordancia $iso_{MV} - iso_{IGRT}$



7. Prescripción, registro, ...

Recomendaciones

- **Targets (PTV, CTV y GTV/CTV)**

- $D_{50\%}$

- $D_{\text{near-max SRT}} (D_{2\%}, D_{35\text{mm}^3})$

- $D_{\text{near-max SRT}} (D_{98\%}, D_{V-35\text{mm}^3})$

- **ORs**

- V_D tejido D clínicamente relevante

- $D_{\text{near-max SRT}}$

- D_{media} ó $D_{50\%}$

- **Proveedores de TPS**

- $D_{\text{media}}, \sigma(D_{\text{media}})$

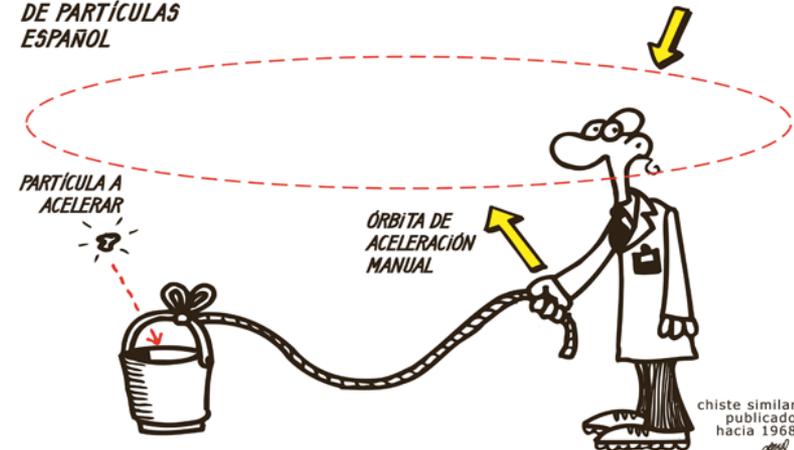
- $IC = \frac{TV \times PIV}{TV_{PIV}^2}$ (para GTV)

- RC o SRS: $IG = \frac{PIV_{\text{half}}}{PIV}$ ó V_D

VOLVEMOS AL PASADO...

"CAÑITRÓN," ACELERADOR
DE PARTICULAS
ESPAÑOL

DR. ROMERALES,
FÍSICO TEÓRICO





**Gracias por
su atención**