



Determinación de PDD, Perfiles y Factores de campo

Alberto Alarcón - Oscar Apaza
Instituto Zunino – Fundación Marie Curie, Córdoba, ARGENTINA

Contenido

Dosimetría relativa



- a) Preparación de medidas relativas
 - Fantoma, cables y alineación
 - Detector de referencia
- b) PDD - CAX aire
 - Perfiles de dosis en profundidad
 - CAX en aire
- c) Perfiles
 - Campos pequeños y cálculo de la dosis
 - Penumbra
- d) Factores de campo
 - Pre-Trs 483
 - Método del campo intermedio
 - TRS 483 notación
 - Método Daisy Chain
 - Ejemplos
 - Conos

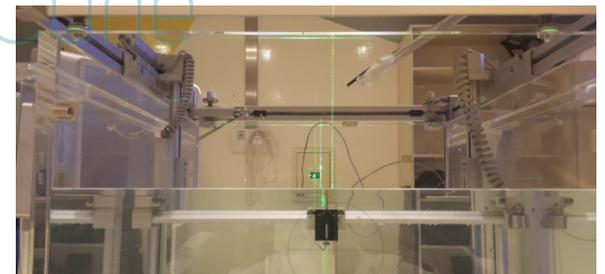
Preparación de medidas relativas

Preparación de medidas relativas

- Sistema y preparación de medidas

- **Fantoma**
- Cables de conexión y electrómetro
- Alineación del fantoma
 - Alineación geométrica y dosimétrica
- Orientación del detector
- Dirección del barrido
- Adquisición de datos
 - Procesamiento y análisis

- Dimensión adecuada - movimiento 3D
- Precisión y exactitud espacial
- Alta resolución espacial (campos pequeños)
- Efecto nulo de histéresis



Preparación de medidas relativas

- Sistema y preparación de medidas

- Fantoma
- **Cables de conexión y electrómetro**
- Alineación del fantoma
 - Alineación geométrica y dosimétrica
- Orientación del detector
- Dirección del barrido
- Adquisición de datos
 - Procesamiento y análisis

Verificar:

- FUGA
 - Conectores (TNC – BNC)
 - Cables
- Linealidad / reproducibilidad del electrómetro

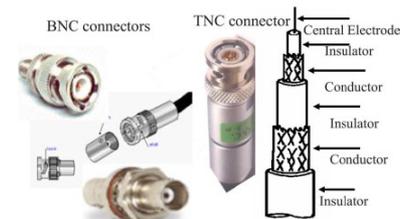


FIG. 4. BNC, TNC, and components of the triaxial cable.

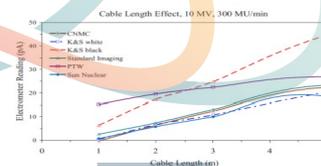


FIG. 5. Effect of cable length in radiation beam. The cables are of different types from various manufacturers.



Preparación de medidas relativas

- Sistema y preparación de medidas

- Fantoma
- Cables de conexión y electrómetro
- **Alineación del fantoma**
 - **Alineación geométrica y dosimétrica**
- Orientación del detector
- Dirección del barrido
- Adquisición de datos
 - Procesamiento y análisis

- Nivelación
- Límites
- Origen / Isocentro
- Origen del detector

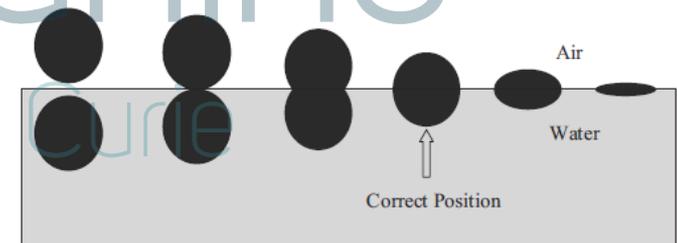
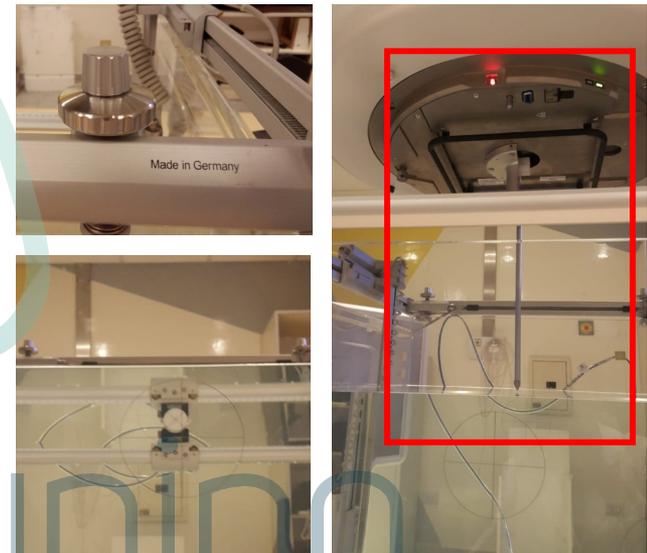
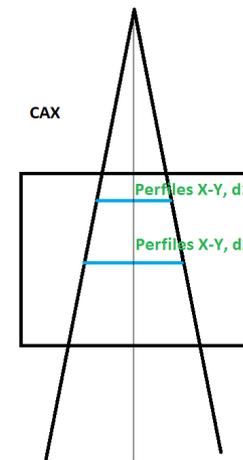
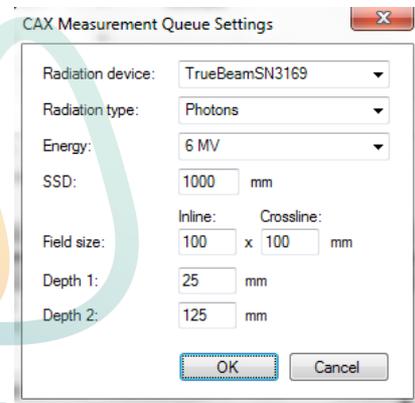


FIG. 6. Sequential appearance of chamber and its reflection in water viewed from tank side. The correct position is when both images form a perfect circle.

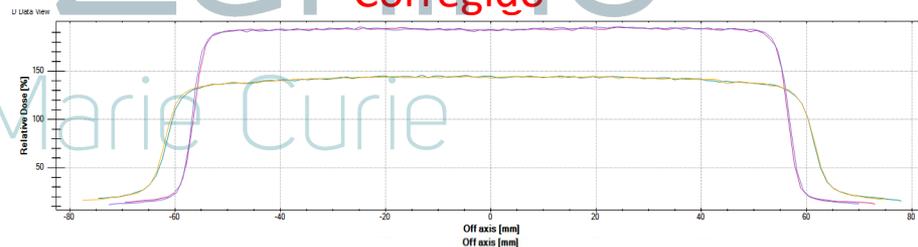
Preparación de medidas relativas

- Sistema y preparación de medidas

- Fantoma
- Cables de conexión y electrómetro
- **Alineación del fantoma**
 - **Alineación geométrica y dosimétrica**
- Orientación del detector
- Dirección del barrido
- Adquisición de datos
 - Procesamiento y análisis



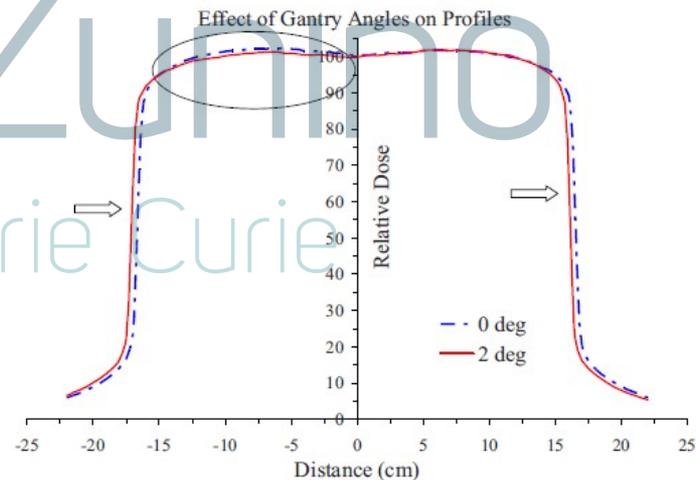
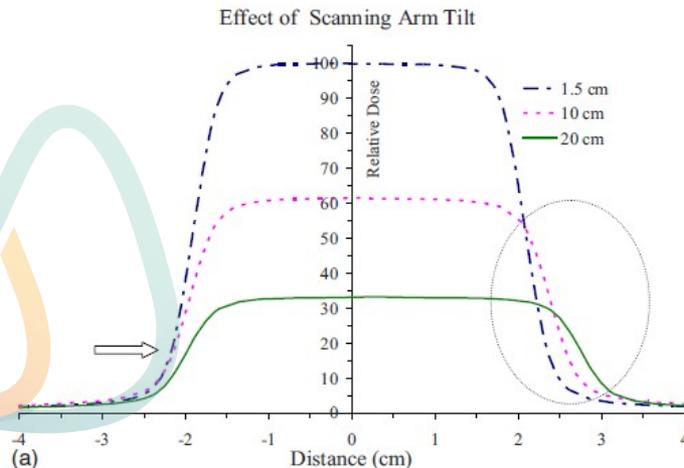
CAX: Se realizan perfiles *crossplane* e *in plane* a distintas profundidades y se establece el punto de máxima señal como el centro del haz.



Preparación de medidas relativas

¡A considerar!

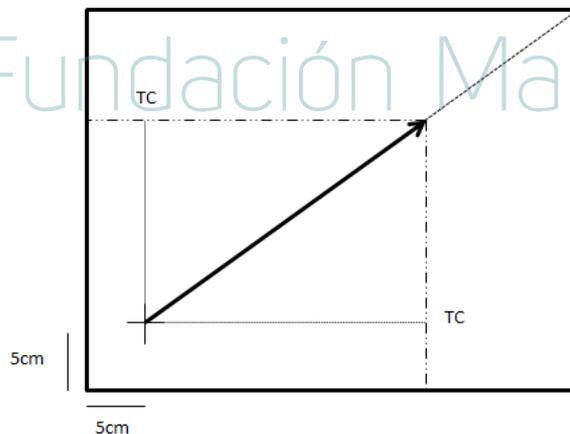
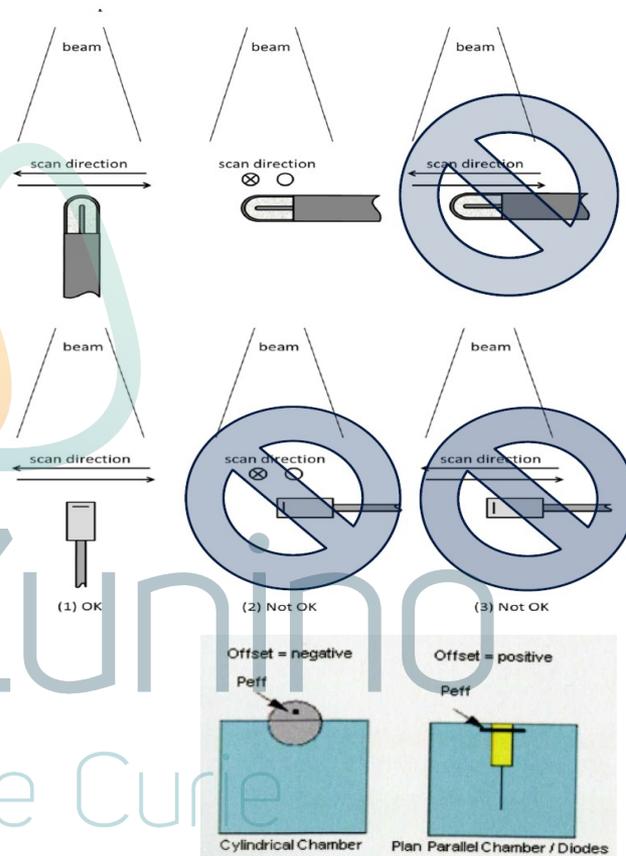
- Inclinación del **brazo de escaneo**
 - Cambio en la simetría de los perfiles que se acentúa a mayor profundidad.
- Inclinación de **Gantry**
 - Tiene efecto en la dirección *crossplane*.
 - Las medidas aparecen desplazados del eje central.



Preparación de medidas relativas

- Sistema y preparación de medidas

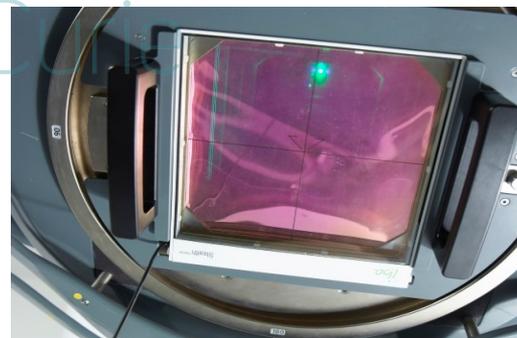
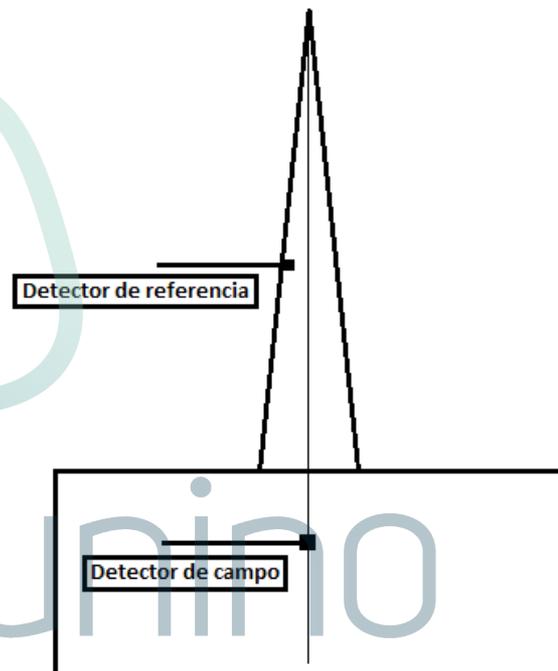
- Fantoma
- Cables de conexión y electrómetro
- Alineación del fantoma
 - Alineación geométrica y dosimétrica
- **Orientación del detector**
 - **Punto de medida**
 - Relativa: P_{eff} / Absoluta: Centro geométrico
 - **Buildup cap**
- **Dirección del barrido (diagonales)**
- Adquisición de datos
 - Procesamiento



Reporte TRS483

Preparación de medidas relativas

- Detector de referencia
 - Remueve las fluctuaciones instantáneas producidas en la salida del haz
 - Incrementa la relación señal ruido
- En campos pequeños (?):
 - Es recomendable retirar el detector de referencia
 - Realizar lecturas pasa a paso
 - Incrementar el tiempo de medida
 - Alternativa: Utilizar cámara de transmisión en el cabezal del AL



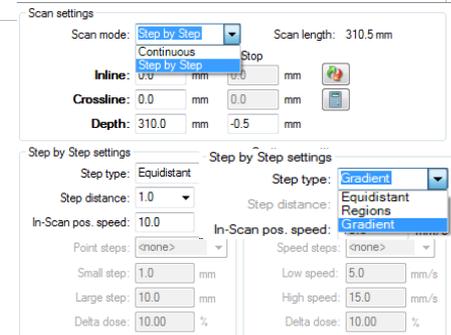
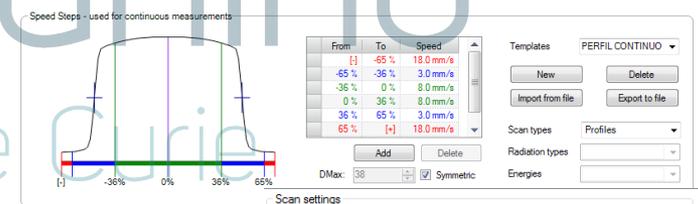
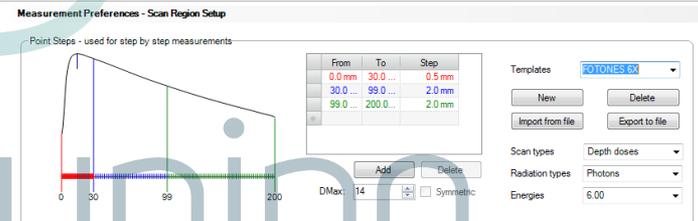
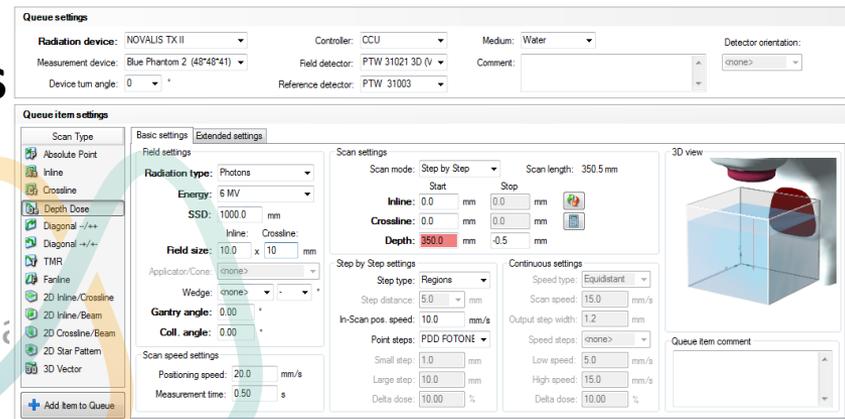
Stealth Chamber, IBA

Preparación de medidas relativas

- Sistema y preparación de medidas

- Fantoma
- Cables de conexión y electrómetro
- Alineación del fantoma
 - Alineación geométrica y dosimétrica
- Orientación del detector
- Dirección del barrido
- **Adquisición de datos**
 - **Procesamiento y análisis**

- Tipo de medida – PDD, Perfiles transversal, etc.
- Tipo de barrido (continuo – Paso a paso)
- Resolución
 - Equidistante, regiones, gradiente, etc.
- Extensión



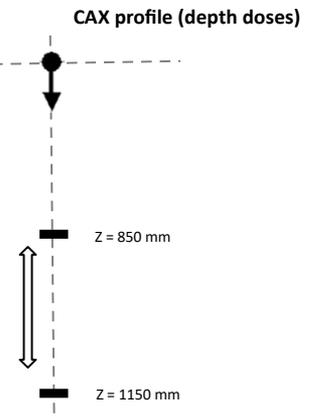
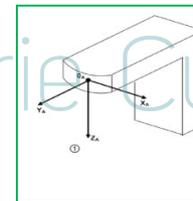
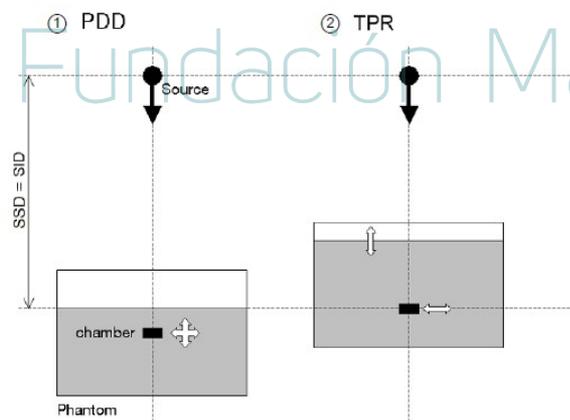
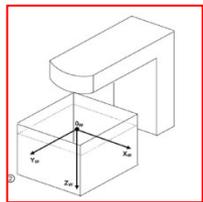
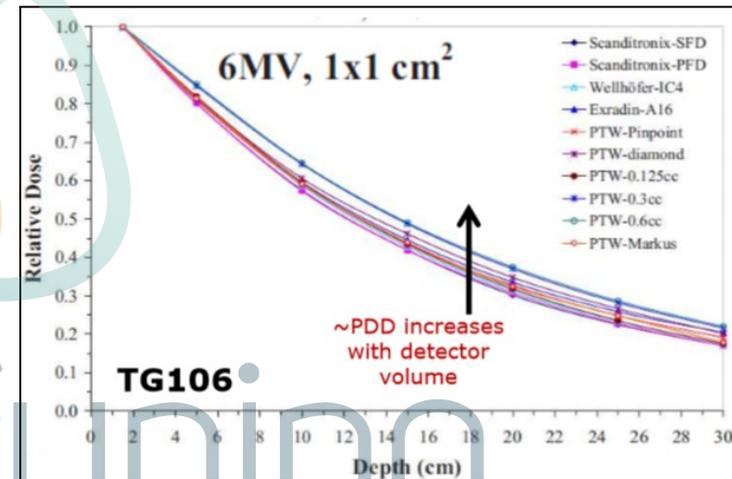
PDD - CAX en aire

PDD - CAX en aire

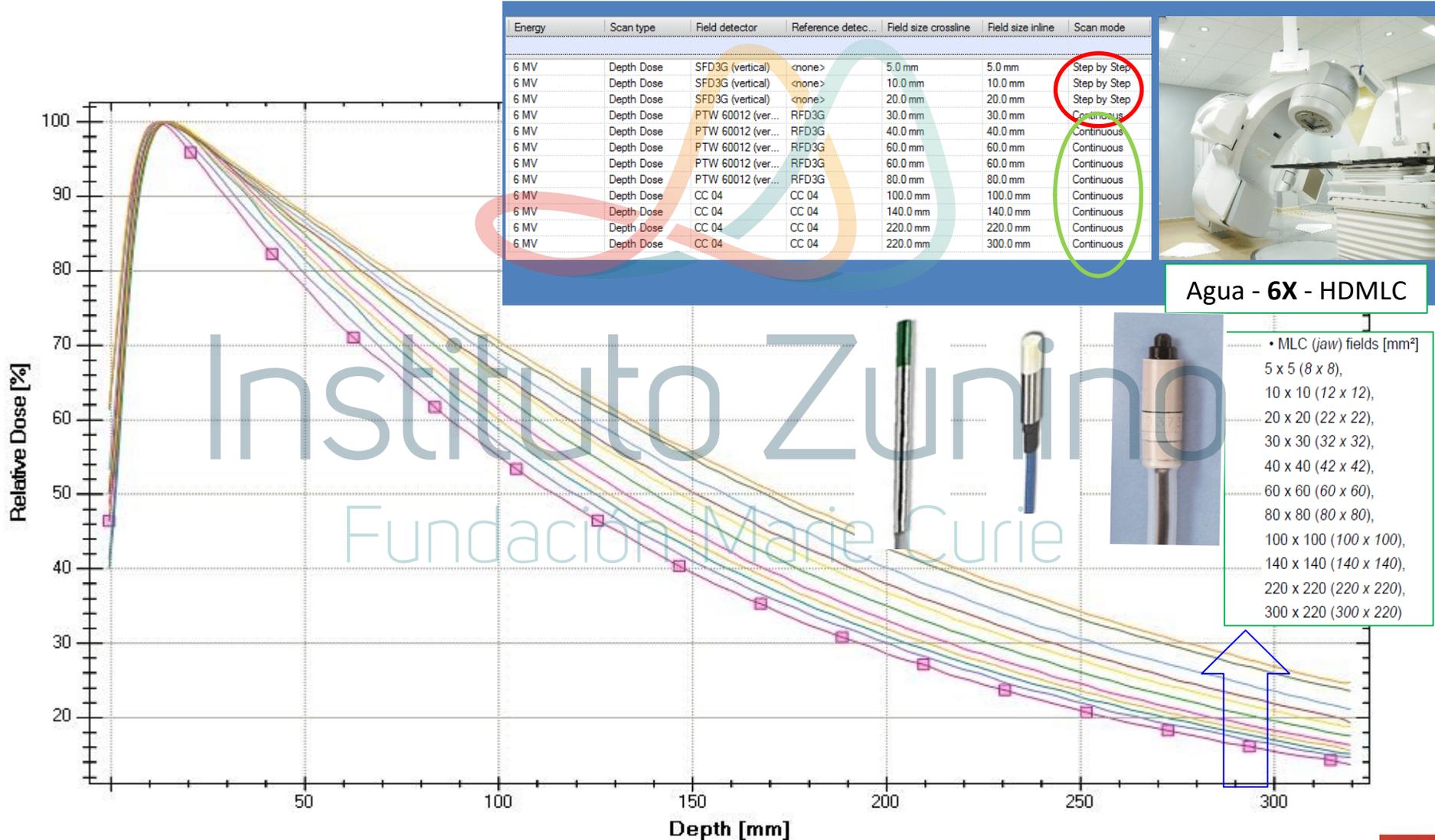
- Campos pequeños – Dosis en profundidad

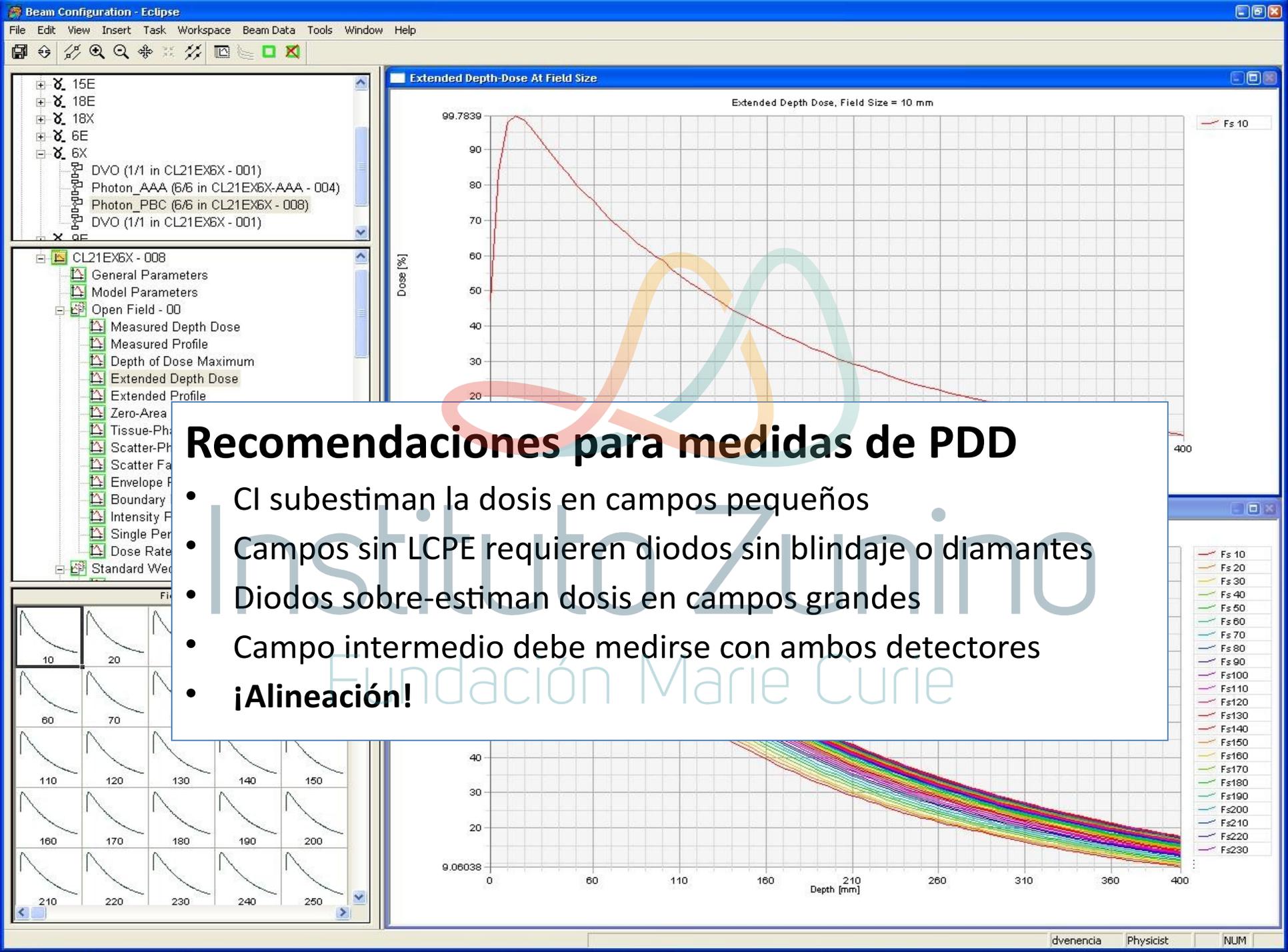
- Alineación crítica
- PDD Incrementa con el tamaño del detector
- Conversión de PDD a TPR **no** recomendable (ICRU 91)

$$P(d, W_m, F, h\nu) = 100 \cdot \frac{\text{dose at depth } d}{\text{dose at } d_m} = 100 \cdot \frac{D_X}{D_Y}$$



PDD - CAX en aire



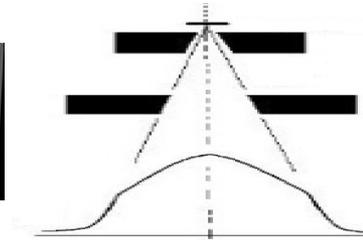
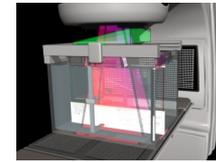


Recomendaciones para medidas de PDD

- CI subestiman la dosis en campos pequeños
- Campos sin LCPE requieren diodos sin blindaje o diamantes
- Diodos sobre-estiman dosis en campos grandes
- Campo intermedio debe medirse con ambos detectores
- **¡Alineación!**

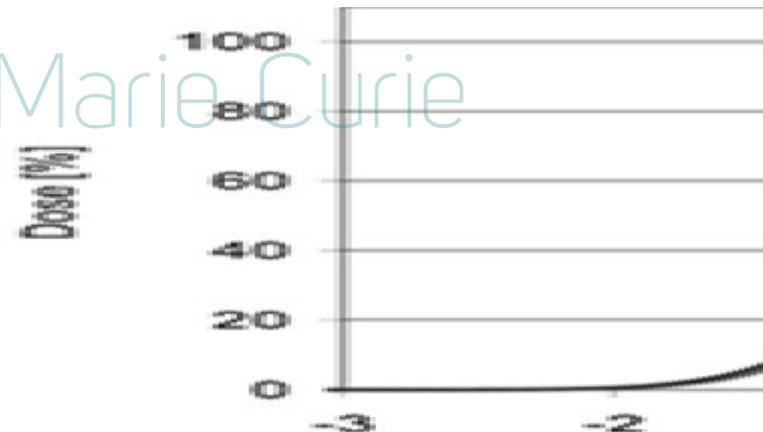
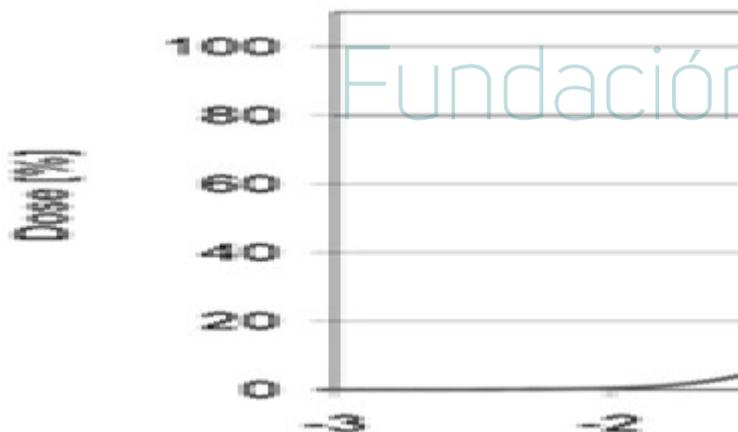
Perfiles

Perfiles



- Campos pequeños – Perfil de dosis

- Alineación y orientación críticos
- Detectores de **grandes volúmenes subestima** el valor en el eje central
- La normalización de la dosis en el eje central **sobreestima** la dosis en la **penumbra y el FWHM**



Instituto Zunino

Fundación Marie Curie

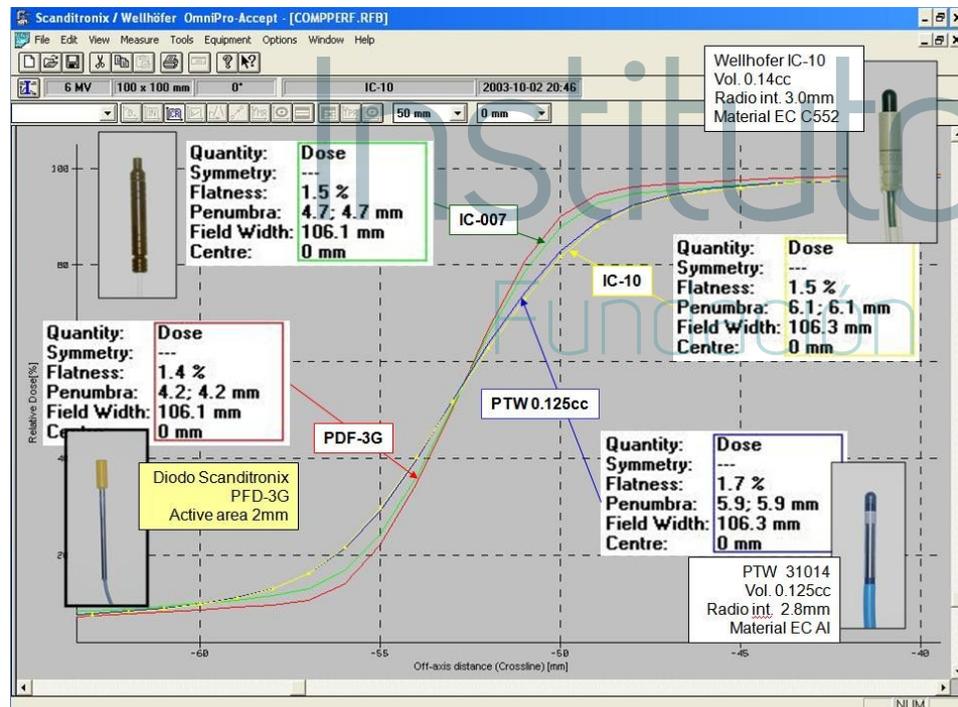
Perfiles

- Perturbación del detector

- Perfil de dosis medido puede **expresarse** como la **integral** a lo largo del volumen del detector del perfil real por la **función de sensibilidad relativa del detector**

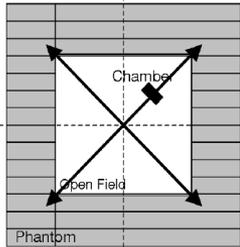
Exact analytical solution of the convolution integral equation for a general profile fitting function and Gaussian detector kernel

F Garcia-Vicente†, J M Delgado‡ and C Rodriguez§



Perfiles

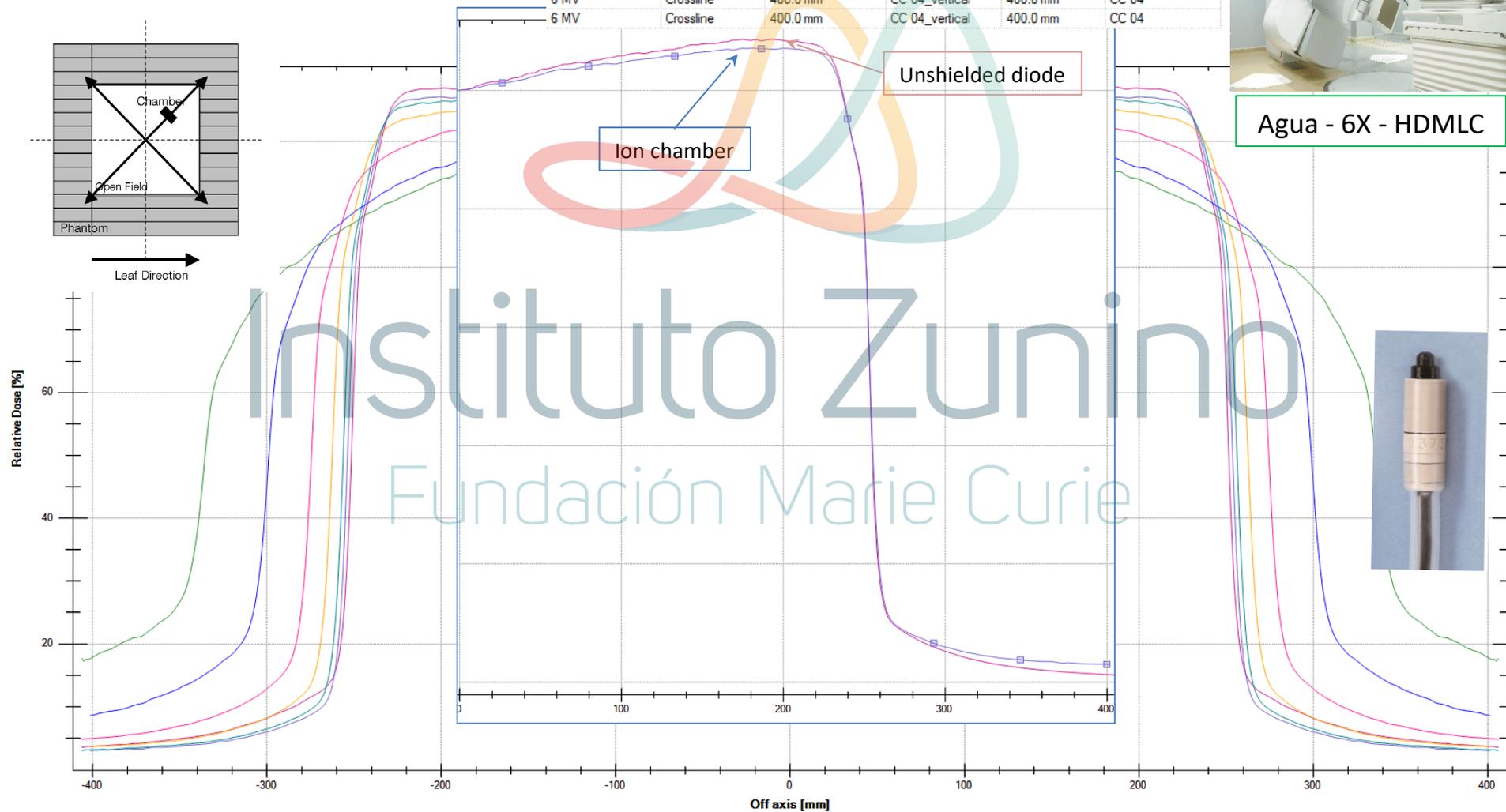
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04
6 MV	Crossline	400.0 mm	CC 04_vertical	400.0 mm	CC 04

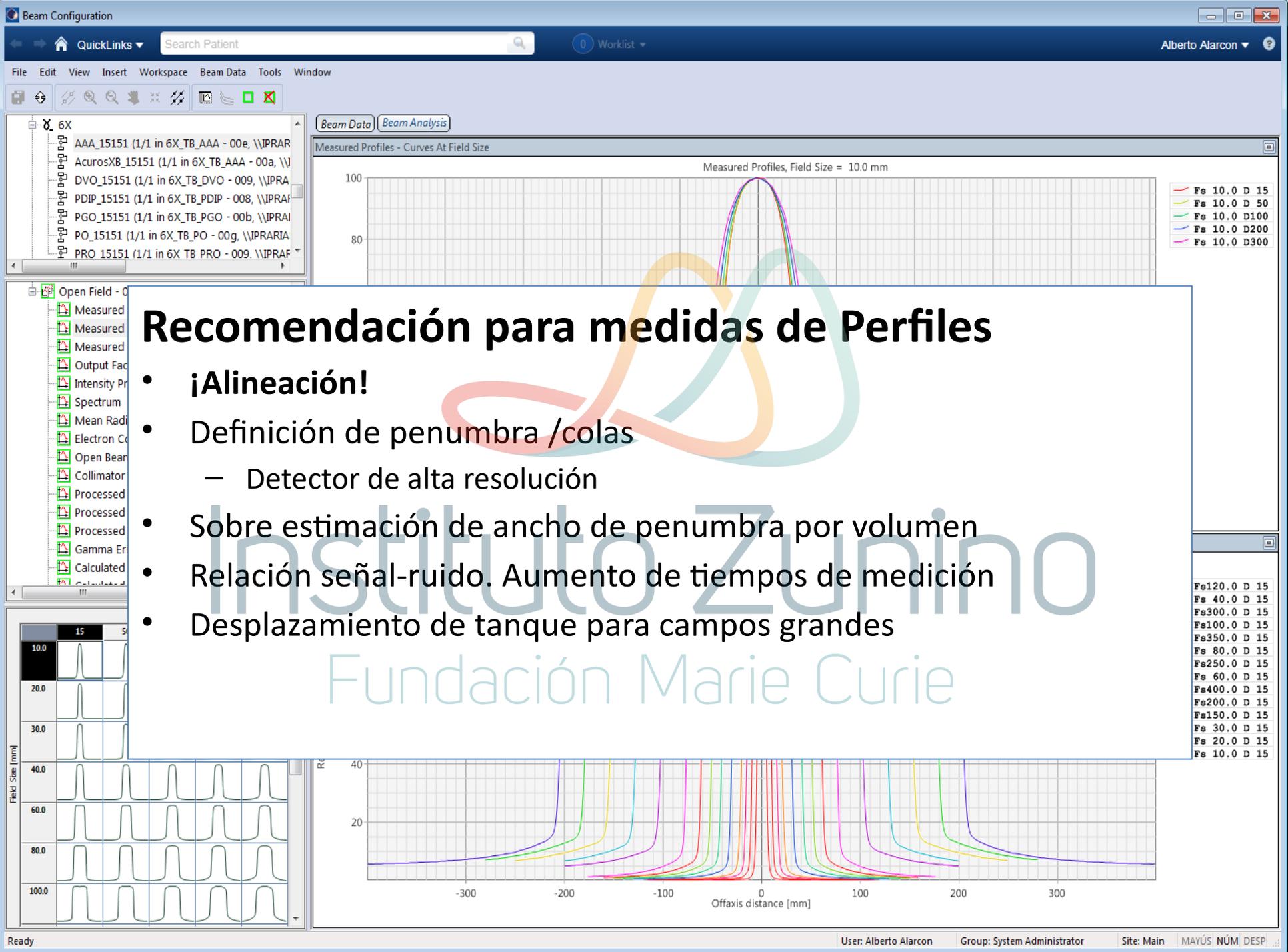


Agua - 6X - HDMLC

Ion chamber

Unshielded diode





Recomendación para medidas de Perfiles

- ¡Alineación!
- Definición de penumbra /colas
 - Detector de alta resolución
- Sobre estimación de ancho de penumbra por volumen
- Relación señal-ruido. Aumento de tiempos de medición
- Desplazamiento de tanque para campos grandes

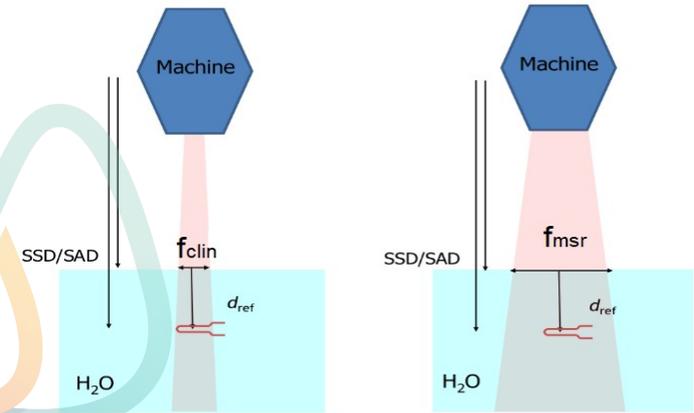
Fs120.0 D 15
Fs 40.0 D 15
Fs300.0 D 15
Fs100.0 D 15
Fs350.0 D 15
Fs 80.0 D 15
Fs250.0 D 15
Fs 60.0 D 15
Fs400.0 D 15
Fs200.0 D 15
Fs150.0 D 15
Fs 30.0 D 15
Fs 20.0 D 15
Fs 10.0 D 15

Factores de campo

Factores de Campo

Pre TRS483:

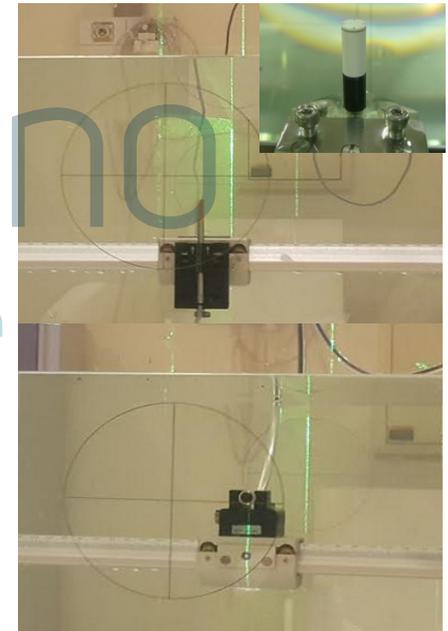
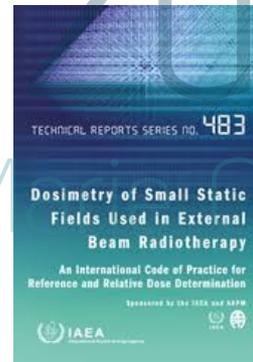
$$S_{c,p} = \frac{D_p(z_{ref} + f_{clin})}{D_p(z_{ref})}$$



Cambio de notación



fmsr=TC "machine specific reference" para LINAC es 10x10
 fclin=TC "clínico", a medir

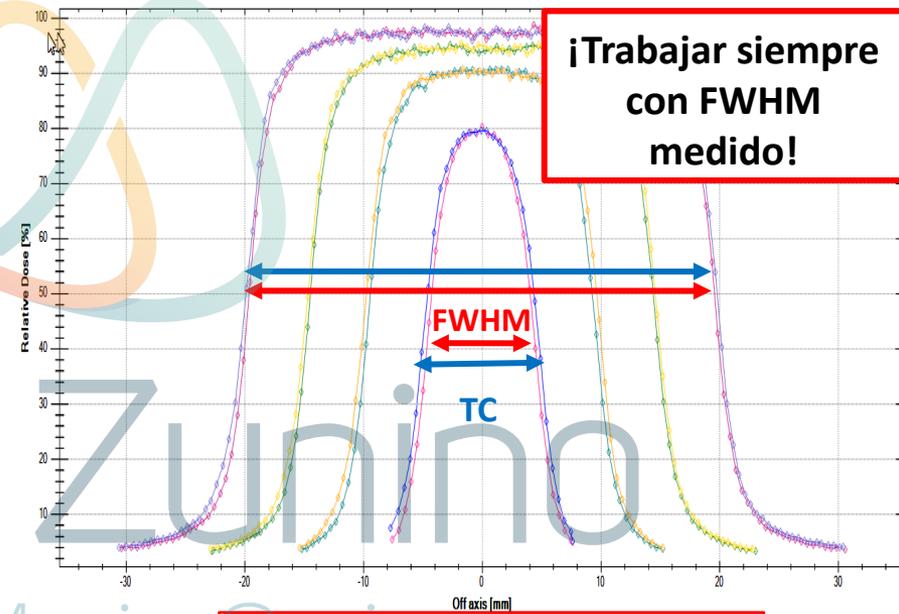


Factores de Campo TRS483

- Razón de lecturas no es lo mismo que razón de dosis

Definición del tamaño del campo (FWHM=TC?)

$$\frac{f_{clin}}{f_{msr}} = \frac{Q_{msr}}{Q_{clin}}$$



$$\Omega \frac{f_{msr}}{Q_{msr}} = \frac{L}{D}$$

TC equivalente para k de Ω
 Utilizar la media geométrica

$$S_{clin} = \sqrt{AB}$$

A y B = FWHM $0.7 < A/B < 1.4$

$$k_{\Omega}^{f_c} = \frac{(S_{w,air})_{f_{clin}} \prod_i P_{i,f_{clin}}}{(S_{w,air})_{f_{msr}} \prod_i P_{i,f_{msr}}}$$

Método del campo intermedio "Daisy-chain"

¡No existe detector perfecto!

Ejemplo Scp de 1x1 cm

$$S_{cp} = \frac{M_p(z_{rep}, A)}{M_p(z_{rep}, A)}$$

Factor de campo intermedio

Pre TRS 483:

$$S_{cp} = \frac{M}{M}$$

TRS 483:

$$\Omega = \frac{M_{diodo\ 1x1}}{M_{diodo\ 4x4}}$$

=1

$$\Omega_{Q_{clin}, Q_{msr}}^{f_{clin}, f_{msr}} = \left[\Omega_{Q_{clin}, Q_{int}}^{f_{clin}, f_{int}} \right]_{det} \left[\Omega_{Q_{int}, Q_{msr}}^{f_{int}, f_{msr}} \right]_{IC}$$

$$\Omega_{Q_{clin}, Q_{msr}}^{f_{clin}, f_{msr}} = \left[\frac{M_{Q_{clin}}^{f_{clin}}}{M_{Q_{int}}^{f_{int}}} k_{Q_{clin}, Q_{int}}^{f_{clin}, f_{int}} \right]_{det} \left[\frac{M_{Q_{int}}^{f_{int}}}{M_{Q_{msr}}^{f_{msr}}} k_{Q_{int}, Q_{msr}}^{f_{int}, f_{msr}} \right]_{IC}$$



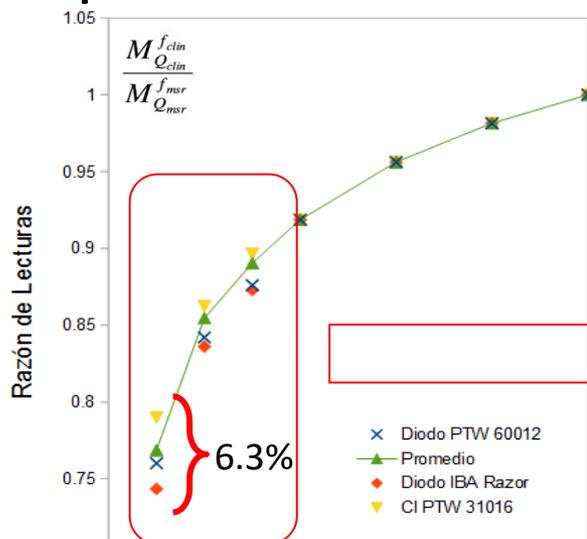
$$\left[k_{Q_{clin}, Q_{int}}^{f_{clin}, f_{int}} \right]_{det} = \frac{\left[k_{Q_{clin}, Q_{msr}}^{f_{clin}, f_{msr}} \right]_{det}}{\left[k_{Q_{int}, Q_{msr}}^{f_{int}, f_{msr}} \right]_{det}}$$

$$\left[k_{Q_{int}, Q_{msr}}^{f_{int}, f_{msr}} \right]_{IC} = 1$$

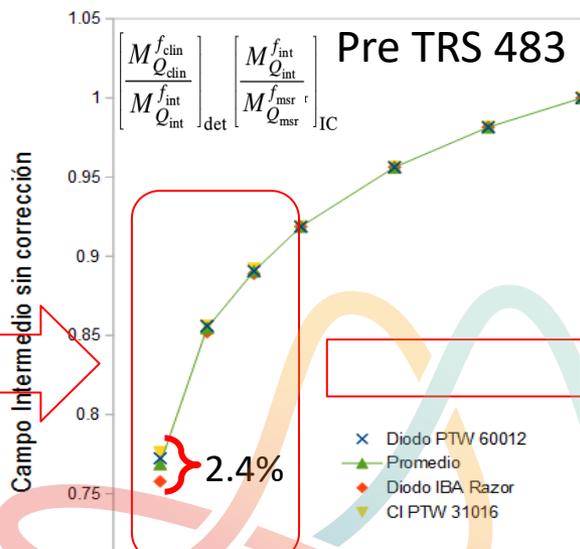
- f_{clin} = Tamaño
- f_{int} = Tamaño
- f_{msr} = Tamaño

Eclipse:

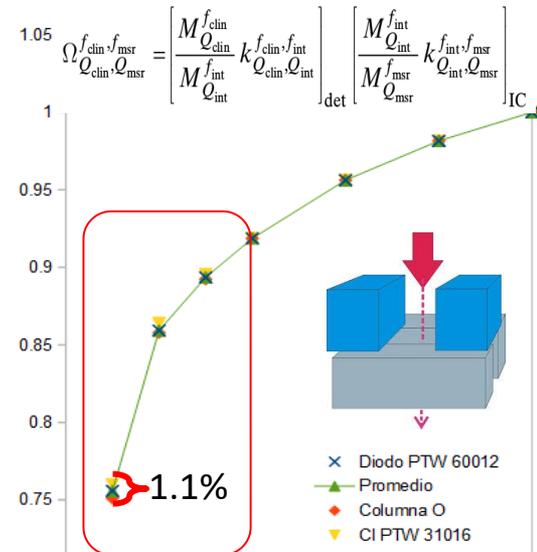
Razón de lecturas



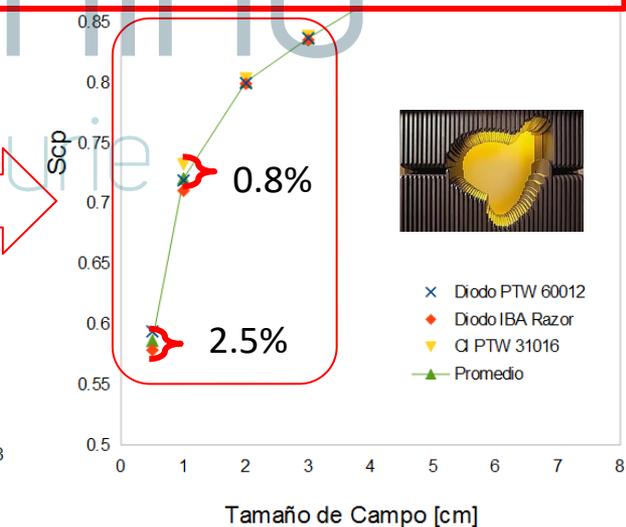
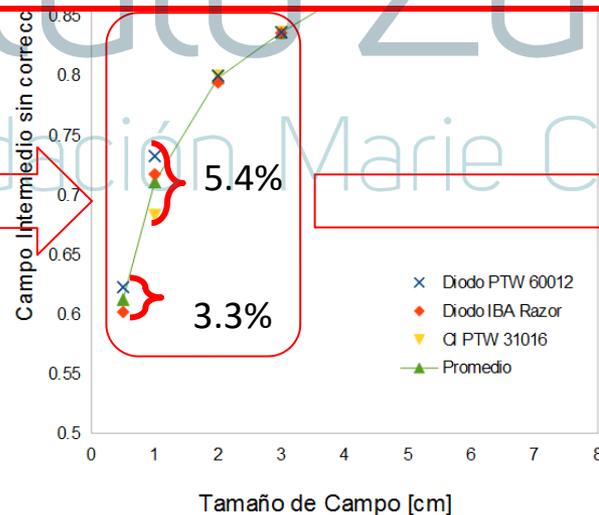
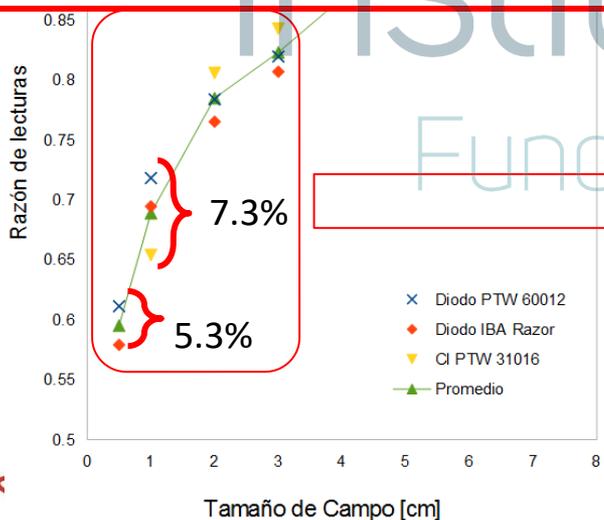
Método del campo intermedio sin corrección



Scp Metodo intermedio



Promedio de los resultados de varios detectores es **¡MUY importante!**

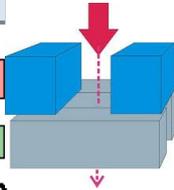


Tamaño de campo equivalente

PTW 60012



ECLIPSE: Scp DIODO PTW 60012



Y/X	Metodo DC (Semiflex 3D y Diodo PTW60012)								Metodo tradicional- razon de lecturas (Semiflex 3D)							
	1x	2x	3x	4x	6x	8x	10x	12x	15x	20x	30x	40x				
1	0.756	0.802	0.814	0.818	0.825	0.828	0.834	0.835	0.835	0.836	0.837	0.837				
2	0.800	0.856	0.873	0.883	0.893	0.897	0.904	0.908	0.909	0.909	0.909					
3	0.812	0.871	0.884	0.891	0.899	0.902	0.906	0.908	0.909	0.910	0.911	0.911				
4	0.814	0.88	0.891	0.896	0.901	0.903	0.905	0.906	0.907	0.908	0.909	0.909				
6	0.821	0.89	0.901	0.905	0.909	0.911	0.913	0.914	0.915	0.916	0.917	0.917				
8	0.824	0.897	0.926	0.945	0.959	0.966	0.974	0.978	0.984	0.987	0.990	0.991				
10	0.826	0.901	0.932	0.951	0.976	0.989	1.000	1.006	1.013	1.021	1.025	1.028				
12	0.828	0.904	0.934	0.956	0.981	0.996	1.007	1.014	1.023	1.030	1.036	1.039				
15	0.83	0.904	0.934	0.961	0.989	1.004	1.016	1.023	1.032	1.040	1.047	1.051				
20	0.83	0.913	0.946	0.963	0.992	1.009	1.022	1.030	1.040	1.051	1.060	1.065				
30	0.834	0.913	0.946	0.966	0.997	1.016	1.030	1.039	1.052	1.064	1.075	1.079				
40	0.836	0.914	0.947	0.968	1.000	1.019	1.033	1.044	1.056	1.068	1.082	1.085				

$TC_{eq} = S_{clin}$ media geométrica

$TC_{eq} = 4A/P$ BRJ25

$TC_{eq} = 4A/P$ BRJ25

Factores de Corrección

Y/X	(Semiflex 3D)		40
	1	2	
1	0.979	0.999	1.001
2	0.992	1.000	1.000
3	0.993	1.000	0.996
4	0.995	1.000	1.000
6	0.996	1.000	1.000
8	0.997	1.000	1.000
10	0.997	1.000	1.000
12	0.998	1.000	1.000
15	0.998	1.000	1.000
20	0.998	1.000	1.000
30	0.999	1.000	1.000
40	0.999	1.000	1.000

Existe Diferencias en TC_{eq} para campos elongados
Ej. FWHM = $1 \times 40 \text{ cm}^2$

- Media geométrica:

$$S_{clin} = \sqrt{AB} = 6.32 \text{ cm}^2, \frac{A}{B} = 40 > 1.4 \text{ No recomendado}$$

- $4A/P$ BRJ25:

$$TC_{eq} = \frac{2AB}{A+B} = 1.95 \text{ cm}^2$$

Esta diferencia repercute en los factores

$$k^{f_{clin, fmsr}}(S_{clin}) = 1.0092$$

$$k^{f_{clin, fmsr}}(TC_{eq}) = 1.0154$$

Existe 0.6% de diferencia

Detector:	Diodo PTW 60012
Detector de transferencia:	PTW Semiflex
fint:	4x4 cm
fmsr:	10x10 cm
fclin:	
FWHM cross (A):	0.92 cm
FWHM in (B):	0.99 cm
A/B: 0.9292 < 1.4	
-Las dimensiones cumplen con la condicion del TRS483	

TABLE 26. FIELD OUTPUT CORRECTION FACTORS $k_{Q_{clin}^{f_{msr}}}$ FOR FIELDS COLLIMATED BY AN MLC CONE AT 6 MV WFF AND FFF MACHINES, AS A FUNCTION OF THE EQUIVALENT SQUARE FIELD SIZE

Detector	Equivalent square field size, S_{clin} (cm)											
	8.0	6.0	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
Ionization chambers												
IBA/Wellhöfer CC04	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.002	1.009	1.022	1.041	—	—	—
IBA/Wellhöfer CC13/IC10/IC15	1.000	1.000	1.000	1.001	1.002	1.009	1.030	—	—	—	—	—
PTW 31002 Flexible	1.000	1.000	1.001	1.004	1.009	1.023	—	—	—	—	—	—
PTW 31010 Semiflex	1.000	1.000	1.000	1.001	1.002	1.008	1.025	—	—	—	—	—
IBA PFD3G shielded diode	1.000	1.000	0.998	0.995	0.992	0.986	0.976	0.968	0.961	0.952	—	—
IBA EFD3G unshielded diode	1.005	1.009	1.014	1.016	1.016	1.015	1.012	1.008	1.004	0.998	0.988	0.979
IBA SFD unshielded diode (stereotactic)	1.008	1.017	1.025	1.029	1.031	1.032	1.030	1.025	1.018	1.007	0.990	0.970
PTW 60012 unshielded diode	1.005	1.010	1.015	1.017	1.017	1.016	1.010	1.003	0.996	0.985	0.970	0.950

Tamaño de campo equivalente

$$S_{clin} = \sqrt{AB} = 0.9544 \text{ cm}$$

Interpolar el valor de K para el TC= Sc_{lin}

	Inf	Campo Equiv	Sup
Tamaño	0.800	0.954	1.000
Factor K	0.985	0.993	0.996

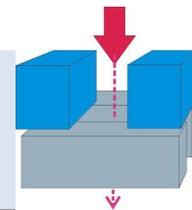
$$[k_{Q_{Diodo}}^{f_{msr}}, S_{Diodo}] = [k_{Q_{Semiflex}}^{f_{msr}}, S_{Semiflex}]$$

Y/X	1	2	12	15	20	30	40
1	0.979	0.992	0.999	1.000	1.000	1.000	1.001
2	0.992	1.000	1.002	1.002	1.002	1.002	1.001
3	0.993	1.002	1.002	1.001	1.000	0.999	0.999
4	0.995	1.002	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000
6	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	0.997	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.997	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
12	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
40	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

MATRIZ DE CORRECCION!!

Veamos un ejemplo (1x1):

Eclipse: Ω Promedio y Campos rectangulares



Semiflex 3D



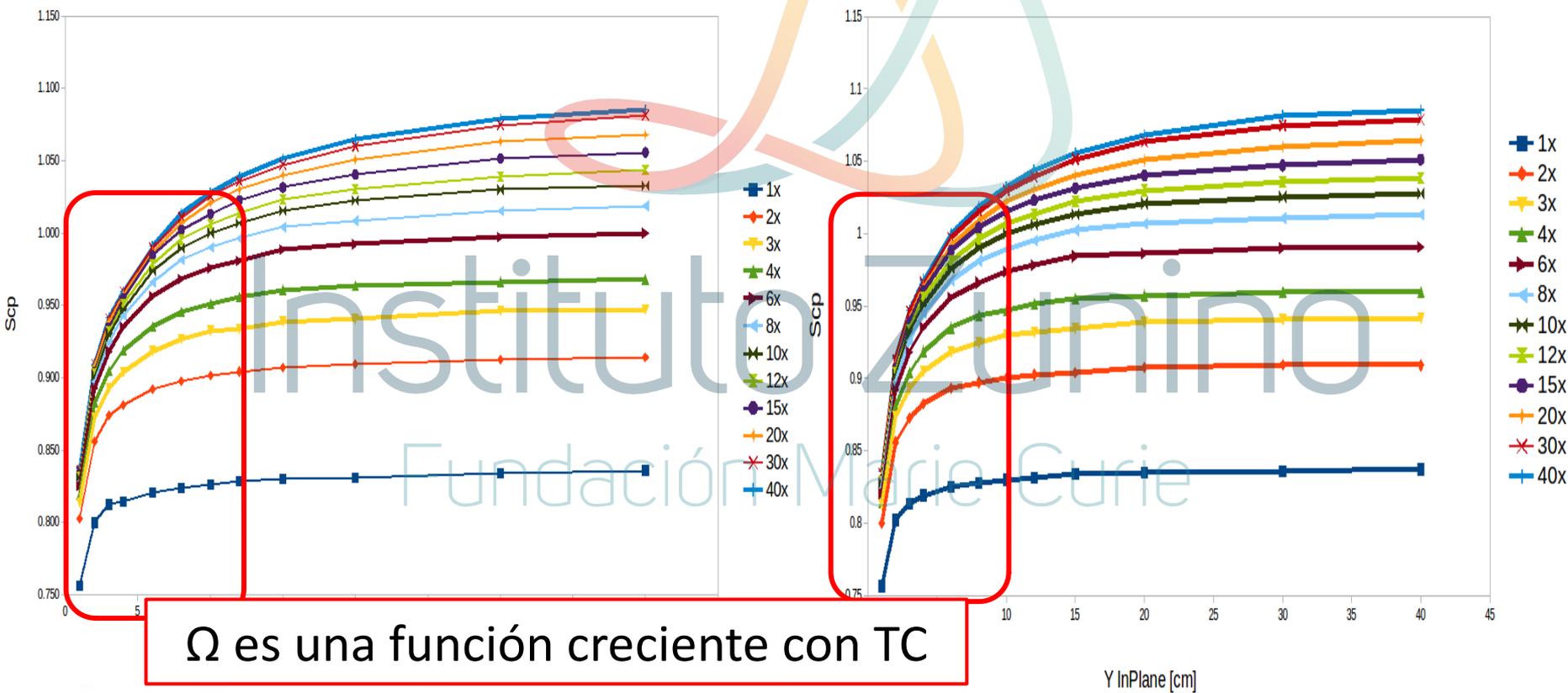
PinPoint 31016



PTW 60012



IBA RAZOR



Factores de campo en aire



PinPoint 31016

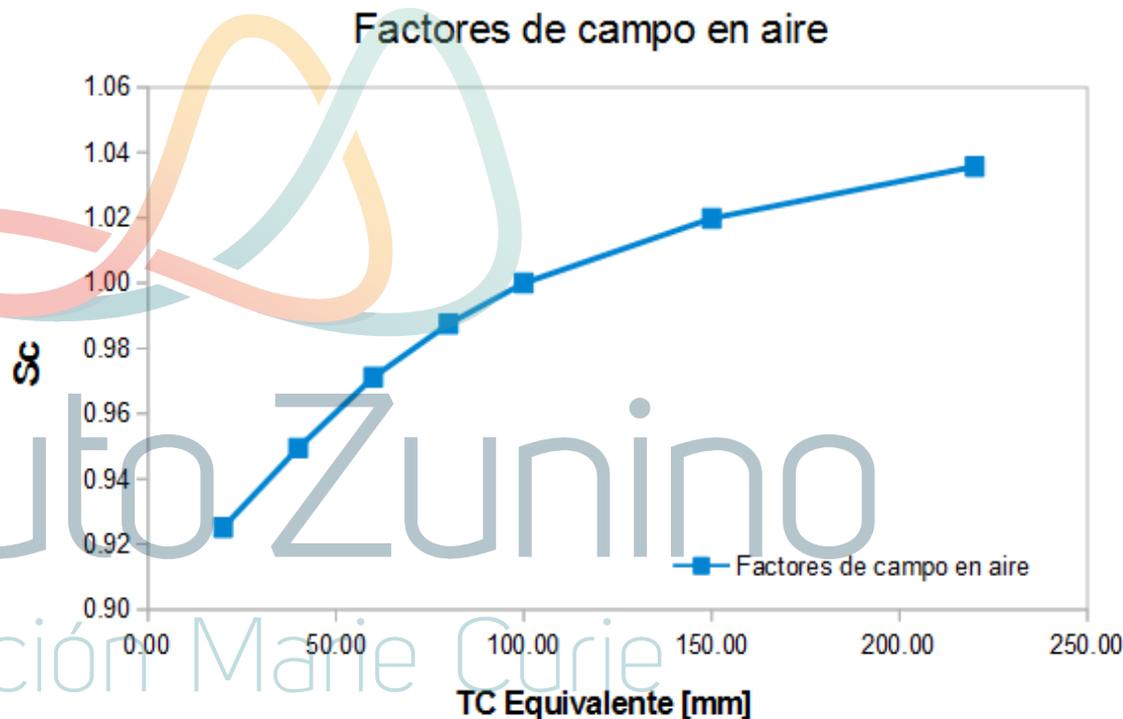


PTW Semiflex 3D



Factores de campo en aire

Método tradicional PTW 31016			
X (crossplane)	Y (inplane)	TC Equivalente	Sc
20	20	20.00	0.9251
40	40	40.00	0.9494
60	60	60.00	0.9712
80	80	80.00	0.9875
100	100	100.00	1.0000
150	150	150.00	1.0198
220	220	220.00	1.0357
50	220	81.48	1.0027
100	220	137.50	1.0257
250	50	83.33	0.9751
250	10	142.86	1.0076



No elementos de dispersión (NO fantoma)
¡Medidas con Caperuza de Build up(E)!



