

La película radiocrómica en dosimetría: metodología, experiencia, pros y contras

Jornada sobre dosimetría con película radiocrómica
Granada, 8 Abril 2011

Lluís Escudé
Centro Médico Teknon, Barcelona

Utilización de la película EBT

Novalis (Brainlab A.G.) => Radiocirugía, SRT, IMRT + IGRT

“Micro-MLC” m3 (anchura láminas: 3 mm en isocentro)

Tamaño máximo del campo 10 cm x 10 cm

IMRT dinámica (“sliding windows”) —> menor tiempo de tratamiento

Sistema de planificación: BrainScan & iPlan 4.1 (Brainlab A.G.)

Algoritmo “Pencil beam” —> prescindimos de las inhomogeneidades

Localizaciones principales de tratamiento: próstata, ginecológico, ORL

Verificación de los planes (antes del primer día de tratamiento):

- Dosis en un punto
- Distribución de la dosis en un plano coronal

Se trata de verificar si el sistema de acelerador + MLC es capaz de reproducir la distribución de la dosis calculada (más que de verificar el posicionamiento o el cálculo en las inhomogeneidades)

Película radiocrómica: Alternativas?

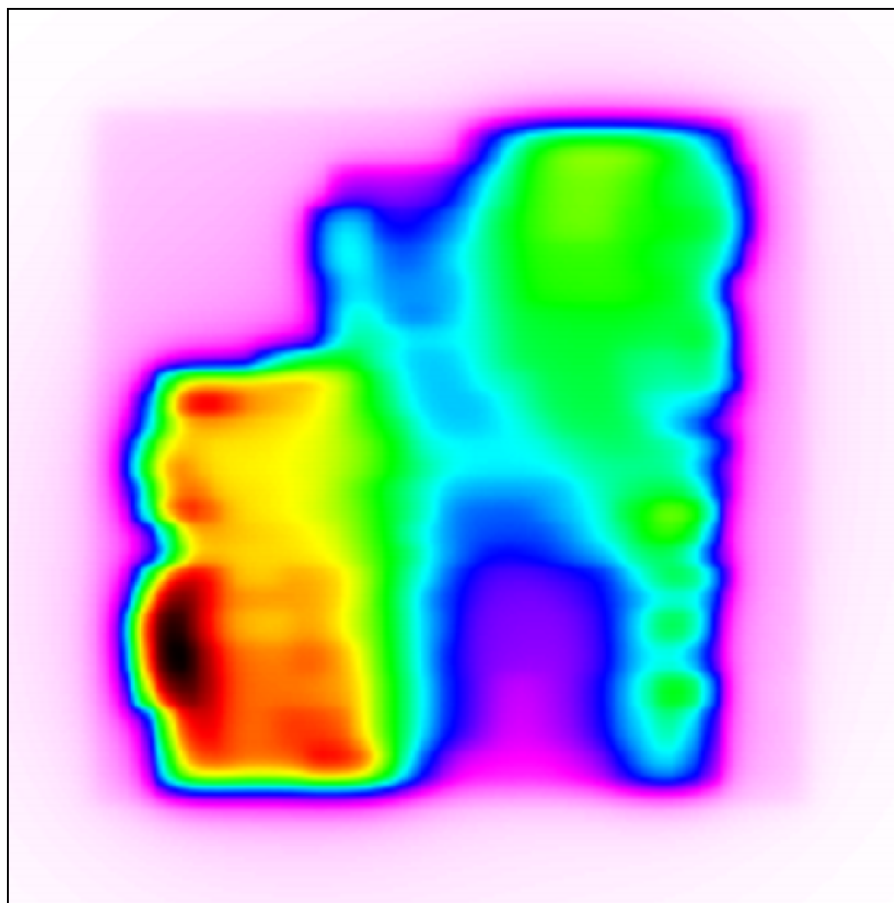
- Desaparición de las reveladoras ← Radiología digital
- EPID: no existe en Novalis

- “2D Arrays”:

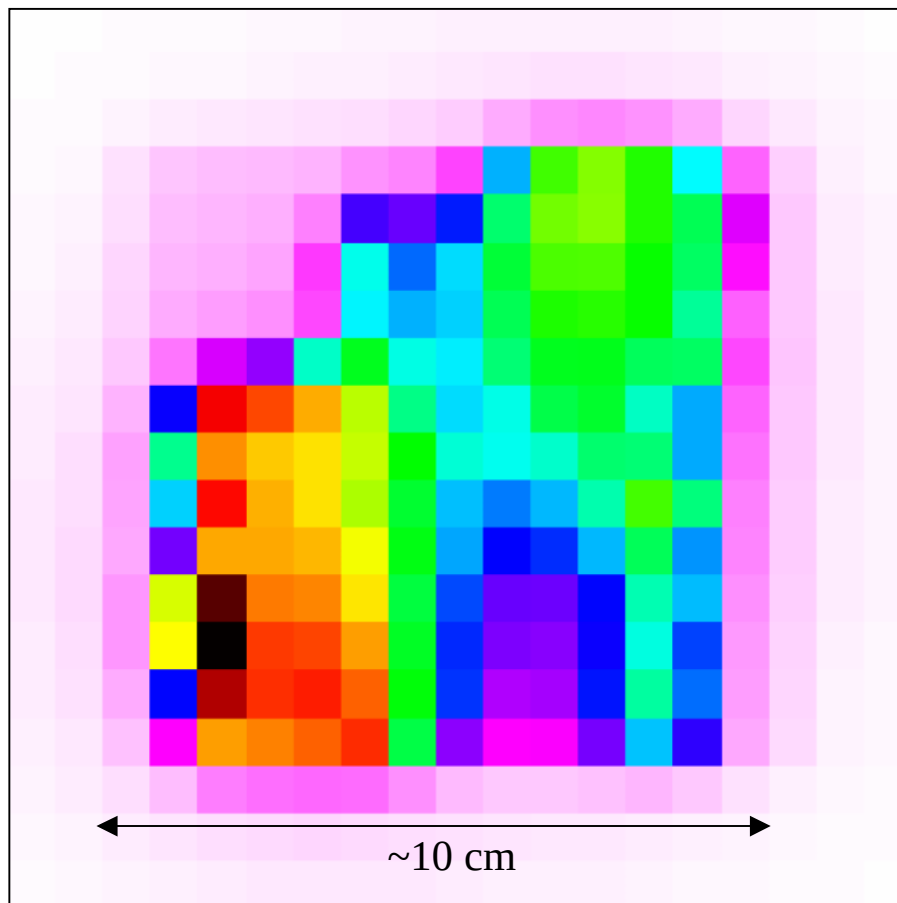
- Precio elevado
- El haz debe ser perpendicular a la superficie (salvo excepciones)
- Pobre resolución relativa:

Distancia entre detectores ~ 0.7 cm } $\rightarrow \sim 200$ pts. (o menos)
Max. 10 cm x 10 cm (Novalis)

Conveniencia dudosa en nuestro caso

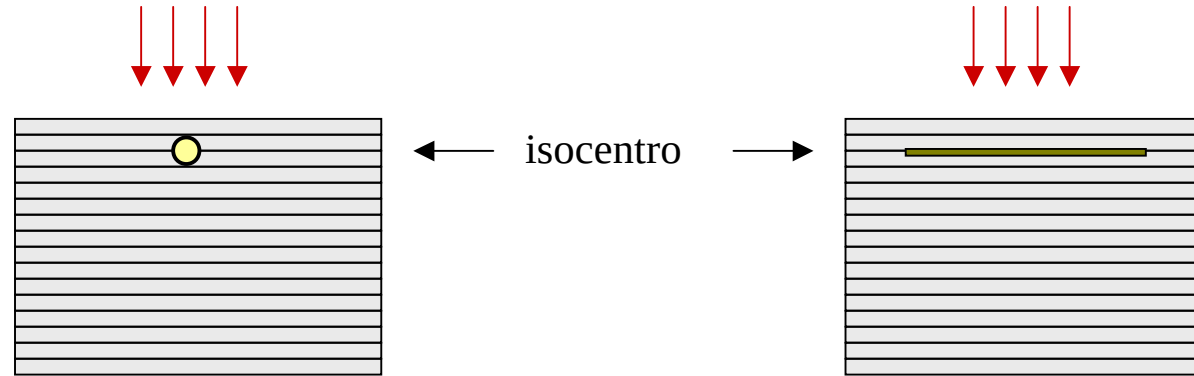


Resolución 0.5 mm



Resolución 7 mm

Calibración de la película



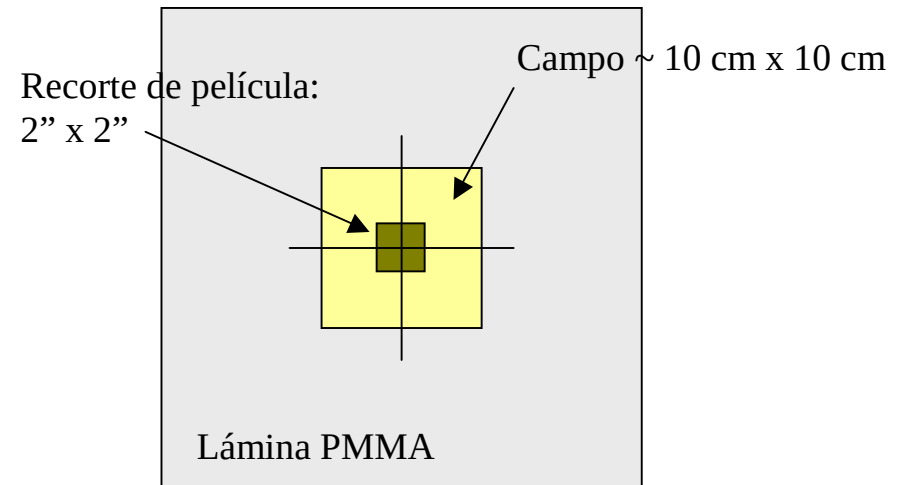
1. Irradiar cámara en PMMA

5. Irradiación película en las mismas condiciones

2. Determinar tasa de dosis en PMMA (protocolo antiguo, S^{PMMA}/S^{aire})

3. Aplicar factor corrección: $f(\text{antigo} \Rightarrow \text{nuevo})$

4. Preparar tabla de m.u. para dar diferentes dosis



Calibración de la película

Irradiación en PMMA $\longrightarrow$ Tasa de dosis?

A. Medida de la tasa de dosis en agua con protocolos antiguo y nuevo $\Rightarrow$ Determinación de $f(\text{antiguo} \Rightarrow \text{nuevo})$

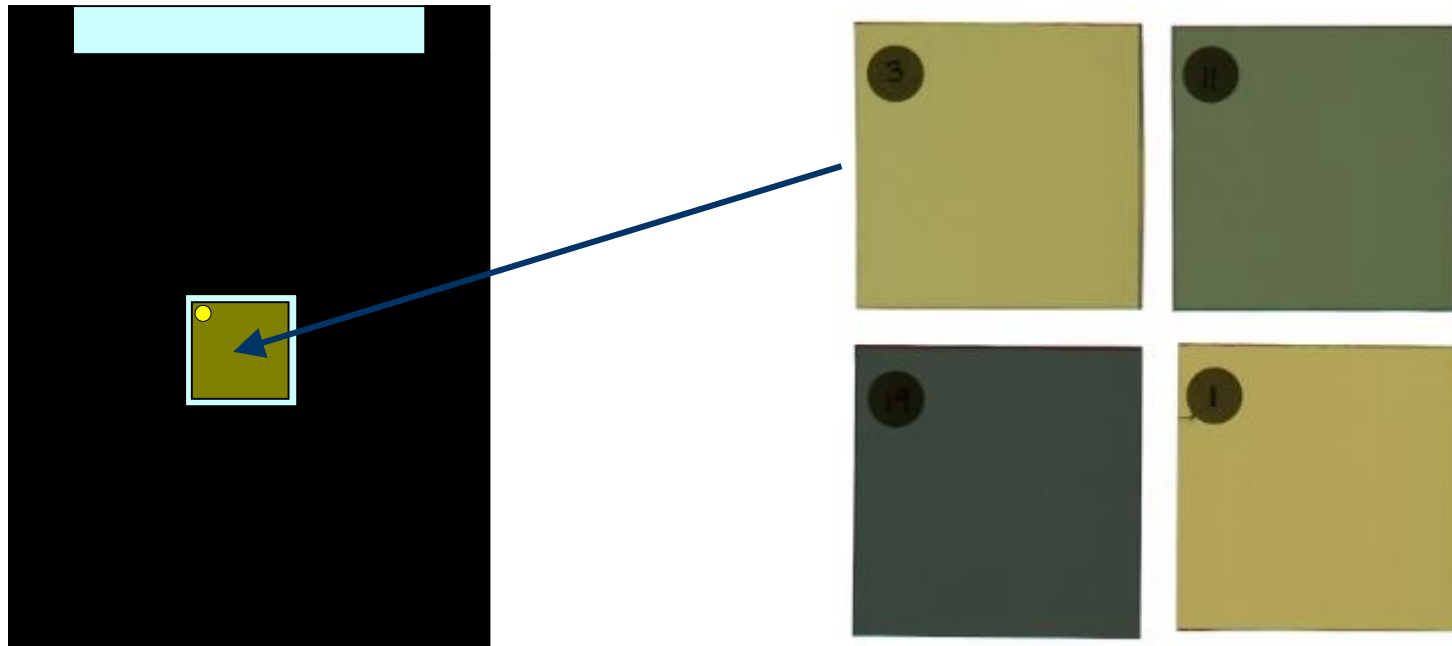
B. Verificación de la tasa de dosis en PMMA

1. Medida de la tasa de dosis en PMMA (prof. eq. agua)
2. Cálculo de la tasa dosis correspondiente en agua:

$$\dot{D}_{H_2O} = \dot{D}_{PMMA} \times \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_{PMMA}^{H_2O}$$

3. Medida de la tasa de dosis en agua
4. Comparación de resultados: diferencia $< 0.2\%$

Calibración de la película

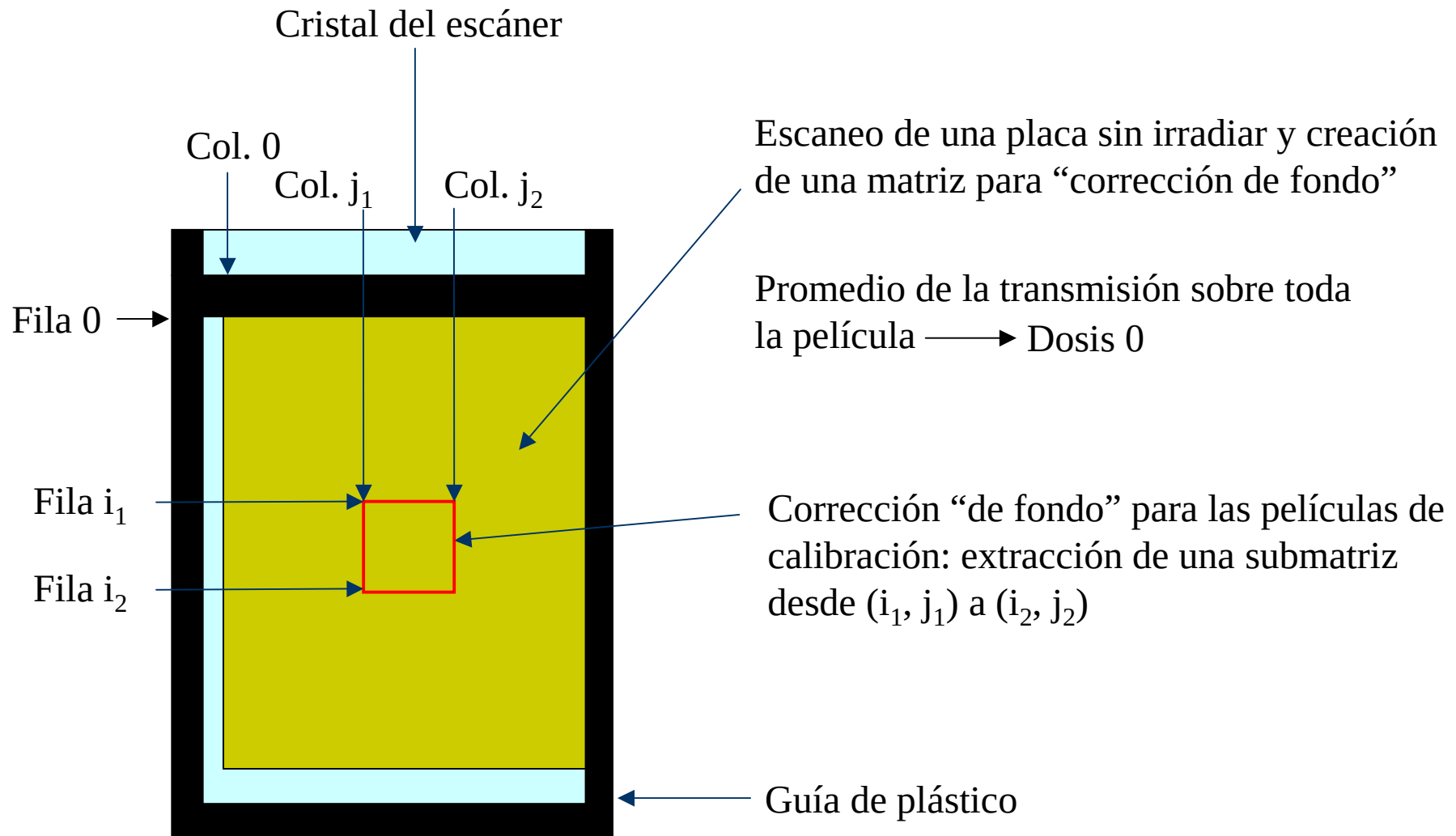


Transmisión: promedio de una región central de $\sim 5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$

Tabla de conversión Transmisión $\Rightarrow$ Dosis:

$$\text{Ajuste} \longrightarrow D = \frac{a + bT}{1 + cT} \quad a, b, c: \text{parámetros}$$

Corrección “de fondo” (inhomogeneidad de la transmisión)



Procedimiento de medida

Maniquí cilíndrico de metacrilato con una ranura

Plano coronal

Escáner: "Flatbed" Epson Perfection V700 Photo, tamaño A4

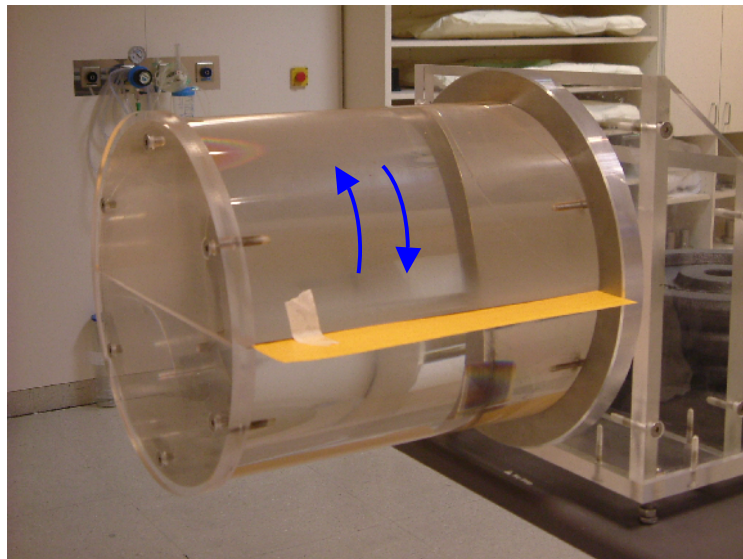
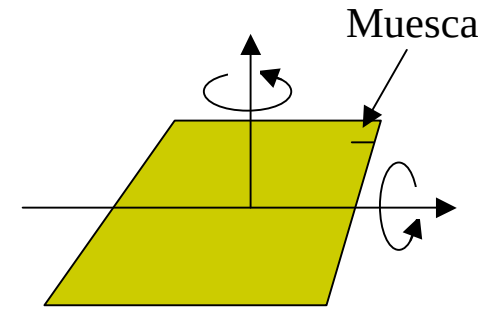
Orientación película consistente (igual que al calibrar)

Resolución: 72 ppp (1 punto cada 0.35 mm)

48 bits (16 bits por canal)

Formato tiff

Programa ImageJ: extracción del canal rojo y conversión a fichero de texto



35564	35537	35513	35397	35146	34885	34851	34617	34621	34513	34036	34068	33909	33
35520	35261	35306	35212	34916	34781	34786	34627	34456	34154	33850	33906	33663	33
35239	35164	34947	34823	34688	34636	34572	34304	34255	34053	33921	33615	33413	33
34841	34748	34745	34740	34665	34220	34405	34151	33833	33928	33823	33582	33256	33
34707	34522	34642	34469	34280	34017	34100	33771	33480	33488	33311	33212	33024	32
34690	34393	34286	34268	34122	33956	33810	33643	33417	33285	33060	33069	32720	32
34348	34287	33823	34009	33749	33700	33515	33270	33015	32938	32790	32300	32414	32
34000	33824	33796	33889	33666	33359	33302	33068	32839	32657	32536	32376	32265	32
33734	33764	33644	33478	33351	33343	33058	32950	32657	32093	31964	31756	31	
33699	33387	33533	33120	32913	32983	32828	32550	32007	31956	31701	31		
33616	33101	33116	32992	33009	32623	32474	32337	32004	31722	31341	30		
33380	33499	33122	32904	32501	32528	32407	32007	31703	31575	31359	31180	31	
33124	33154	32880	32662	32532	32176	32190	31623	31239	31158	30999	30782	30	
33017	32986	32620	32574	32321	32190	31623	31239	31158	30999	30782	30		
32789	32576	32583	32352	32250	31684	31161	31237	31069	31003	30710	30524	30391	30
32359	32487	32236	32047	32085	31536	31271	31065	30807	30694	30362	30		
32348	32263	32268	31696	31376	31095	31054	30782	30752	30587	30358	30		
32259	32087	32007	31851	31221	31258	30997	30941	30842	30565	30427	30		
32448	31953	32014	31831	31684	31161	31237	31069	31003	30710	30524	30391	30	
32224	32169	32153	31743	31759	31548	31342	31312	31036	30931	30742	30569	30296	30
32010	31794	31842	31695	31694	31368	31364	31175	31063	30773	30622	30292	30134	29
32152	31829	31786	31860	31532	31361	31261	31060	31037	30679	30557	30417	30240	29
32117	31820	31753	31573	31420	31080	31127	31048	30910	30836	30683	30540	30217	29
32051	32072	31439	31257	31326	31535	31266	31205	31000	30793	30743	30488	30100	29
31984	31988	31600	31295	31515	31302	31052	30914	30767	30584	30762	30609	30378	30
31836	31707	31686	31608	31401	31334	31072	30994	30776	30748	30707	30527	30335	30
31792	31636	31609	31504	31430	31025	31076	31288	30970	30752	30555	30372	30243	30

Procedimiento

(Software propio)

- 1
 - Lectura de la matriz de dosis calculada ← (exportada como fichero de texto por el TPS)
 - Lectura de la matriz de dosis medida
- 2
 - Corrección “ de fondo ” de la dosis medida según el protocolo de ISP
 - Conversión transmisión a dosis (*LUT*: Transmisión => Gy)
- 3
 - Pre-Normalización y registro de las matrices
 - Remuestreo
 - Normalización
- 4
 - Comparación y evaluación

Registro de las matrices de dosis



(No hacemos marcas de referencia)

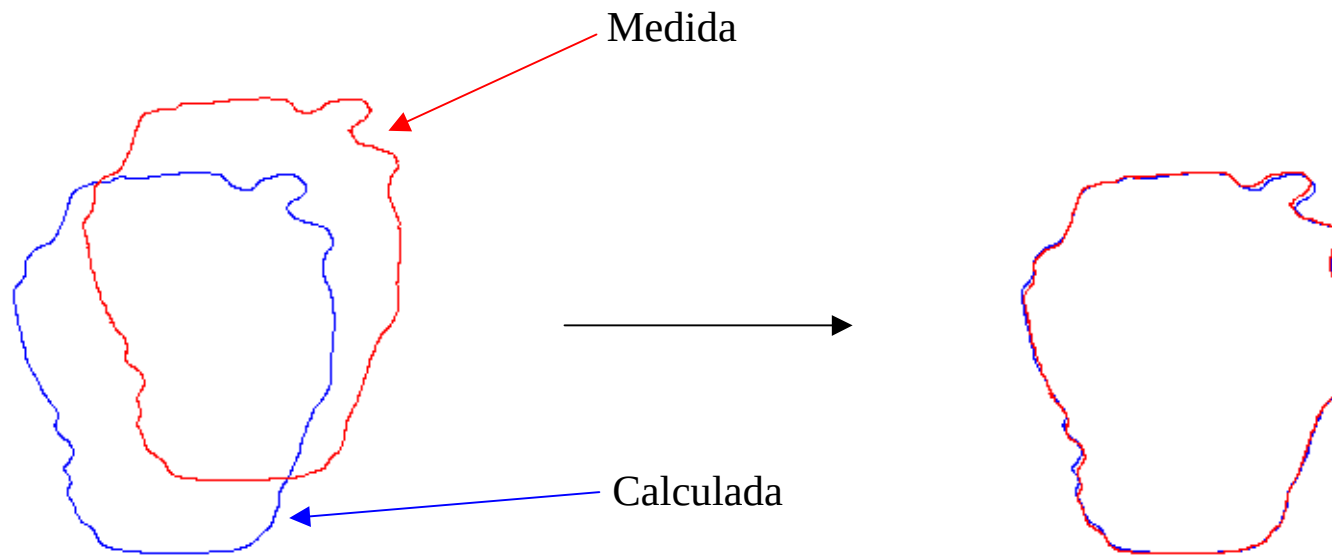
Hacer coincidir una curva de isodosis (~70% del máximo) de cada distribución

Condición previa: curvas de isodosis similares

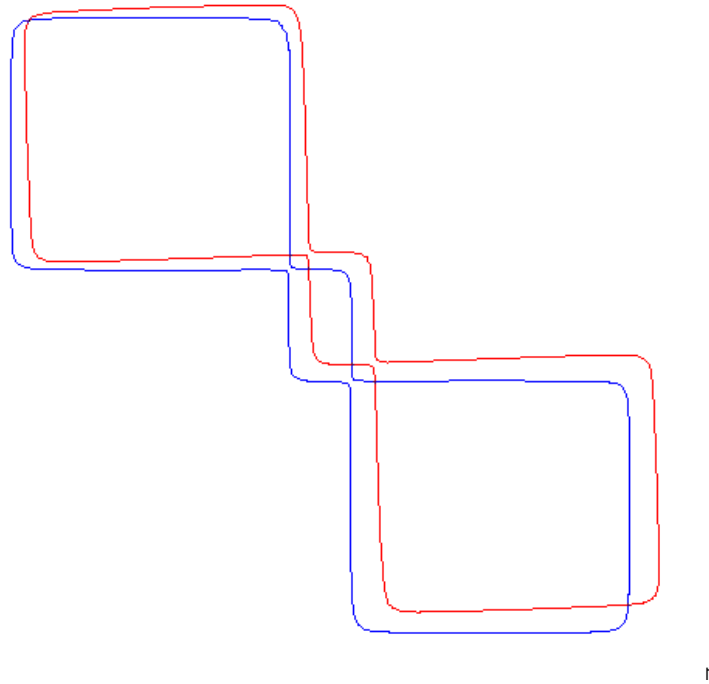
Normalización →

- 1 - Dosis calculada: 100 al máximo
- 2 - Se renormaliza la distribución medida imponiendo la misma dosis media que la otra distribución (para los puntos con $D \geq 10\% D_{\max}$)

Registro automático: Se calcula un desplazamiento para hacer coincidir sus centros de masas
(Rotación: en desarrollo)



Registro manual: traslación y /o rotación arrastrando con el ratón una curva de isodosis de una distribución

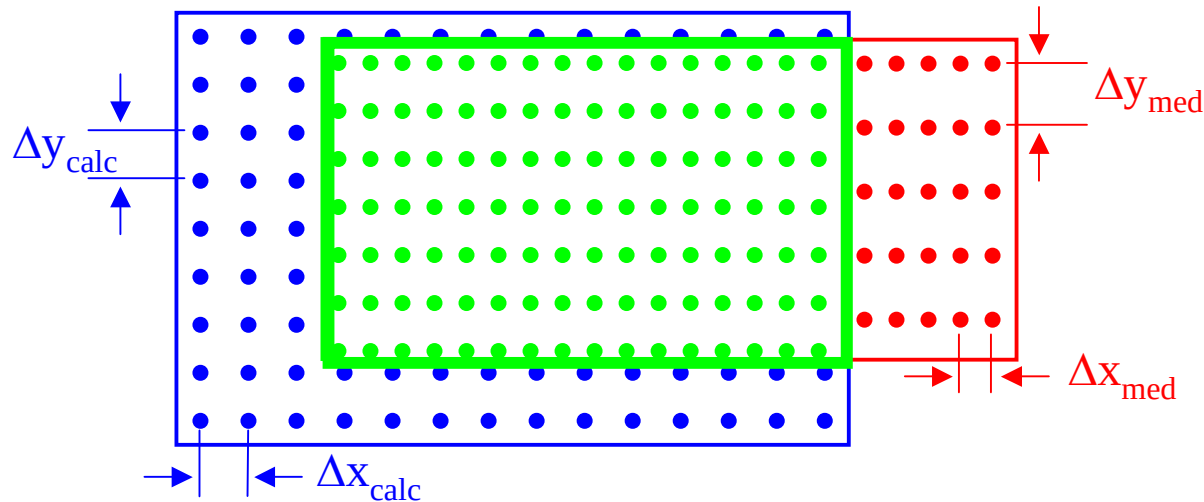


Se aplican los desplazamientos y la rotación de rotación a la matriz correspondiente a la curva roja.

Remuestreo ('Resampling')

Necesario para hacer cálculos y comparaciones punto a punto

Las dos matrices no tienen necesariamente la misma dimensión / resolución



Procedimiento:

1 – Nuevas matrices: $\mathbf{D}_{\text{calc}} \cap \mathbf{D}_{\text{med}}$

2 – Nuevos puntos: $\Delta x = \text{Min}(\Delta x_{\text{calc}}, \Delta x_{\text{med}})$

$\Delta y = \text{Min}(\Delta y_{\text{calc}}, \Delta y_{\text{med}})$

3 - Dosis recalculada por interpolación lineal

Normalización final

Se normaliza la matriz D_{med} multiplicándola por un escalar k ,

$$D_{med} \rightarrow k D_{med}$$

que minimiza la cantidad ε :

$$\varepsilon(k) \equiv \sqrt{\frac{1}{n_x n_y} \sum_{i=1}^{n_x} \sum_{j=1}^{n_y} [D_{calc}(i, j) - k D_{med}(i, j)]^2}$$

Mediante un poco de cálculo matricial, se determina el valor de k :

$$k = \frac{Tr(D_{calc} D_{med}^T)}{Tr(D_{med} D_{med}^T)} \quad Tr(A) = \sum_j A_{jj}$$

Parámetros utilizados para la evaluación

Superposición de las curvas de isodosis (inspección visual)

Comparación de los perfiles entre 2 puntos cualesquiera

Cálculo del indicador ε :

$$\varepsilon \equiv \sqrt{\frac{1}{n_x n_y} \sum_{i=1}^{n_x} \sum_{j=1}^{n_y} [D_{med}(i, j) - D_{calc}(i, j)]^2} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{para } i, j \text{ tales que:} \\ D_1 < D(i, j) < D_2 \\ \text{(por ejemplo:} \\ D_1 = 0.5 D_{max} \text{ y } D_2 = D_{max}) \end{array}$$

Mapa de diferencias de dosis y DTA punto a punto + Histogramas

Mapa del índice gamma (3 % / 3 mm):

- Cálculo con un umbral de 10% o (más habitualmente) ninguno.
- Normalmente, representación binaria + Histograma
- % de puntos con $\gamma \leq 1$

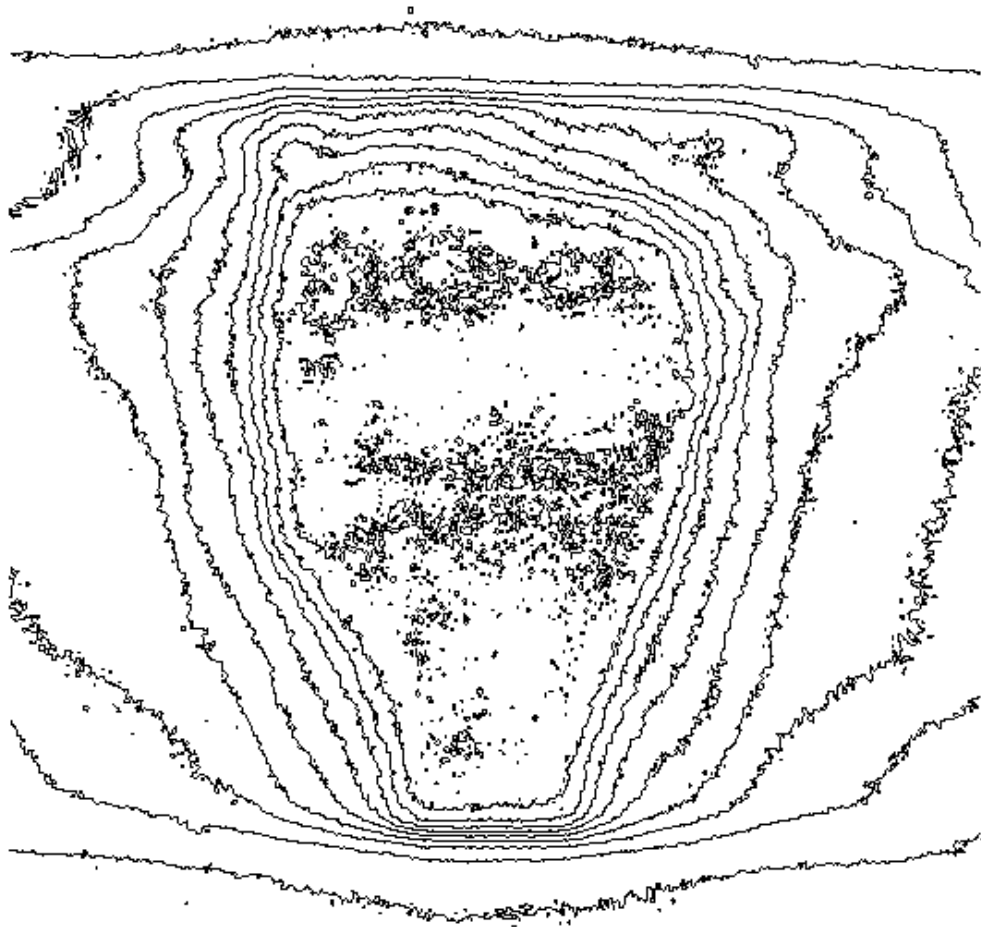
Media aritmética y desviación típica en cada caso

Superposición (“blend”) de los mapas con las matrices originales

Problemas: ruido

Sugerencia del fabricante:

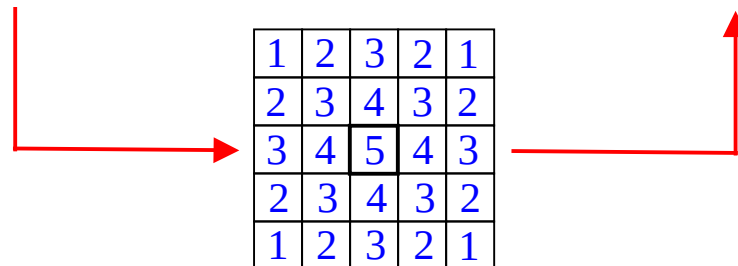
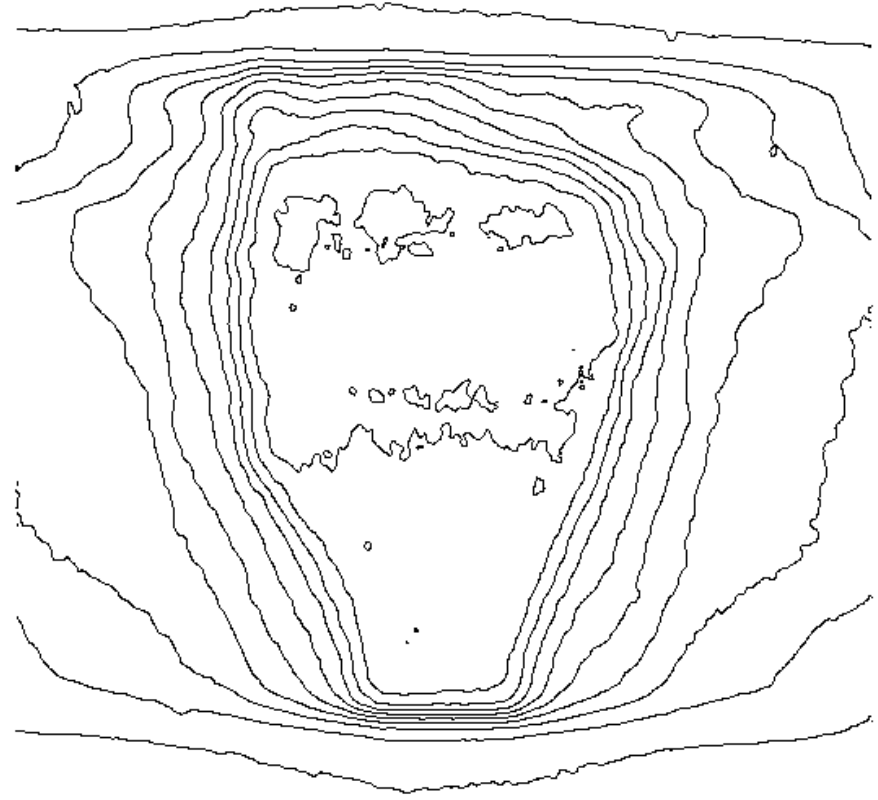
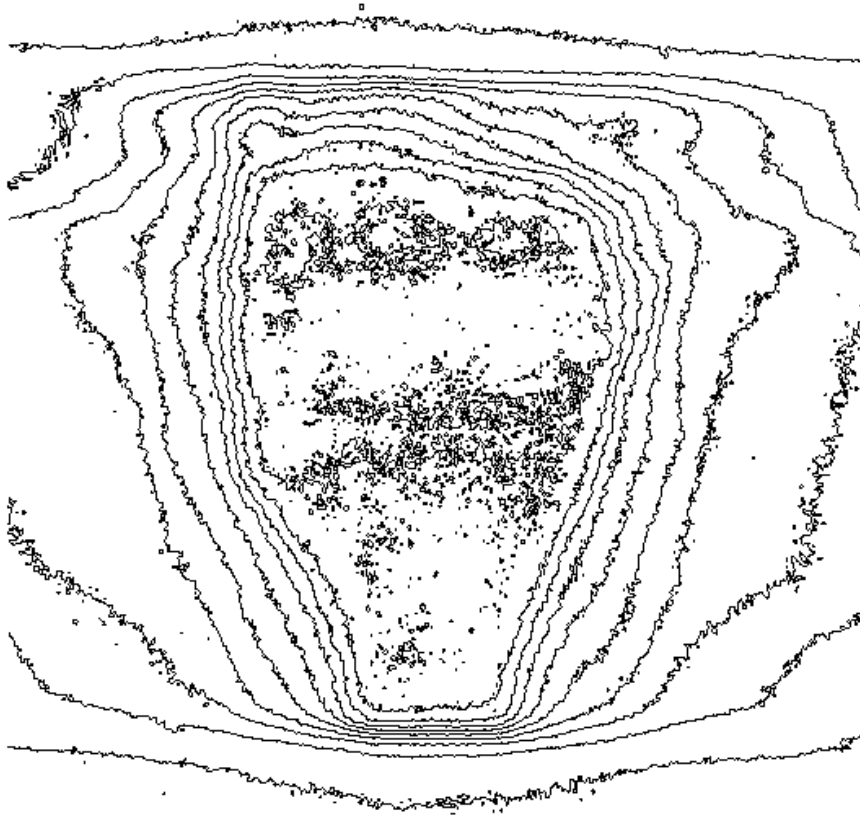
Escanear a menor resolución, por ejemplo: 50 ppp → 1 punto cada 0.51 mm



← 72 ppp (1 punto cada 0.35 mm)

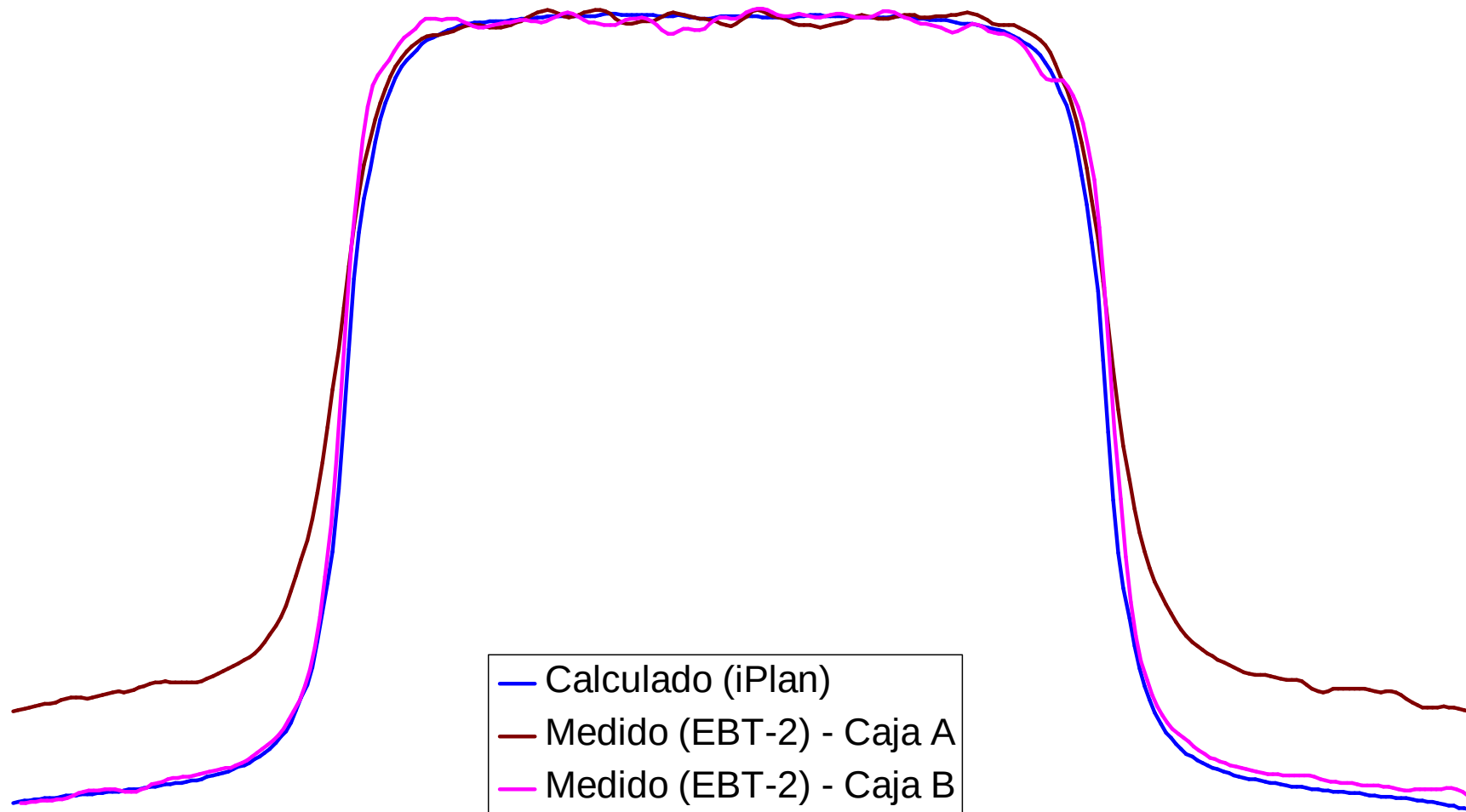
Problemas: ruido

Aplicación de un filtro de suavizado



Problemas: sobrerrespuesta en zonas de baja dosis

Perfiles X a través del eje central del haz
(Dirección paralela al movimiento de las láminas)
Campo abierto de 5 cm x 5 cm

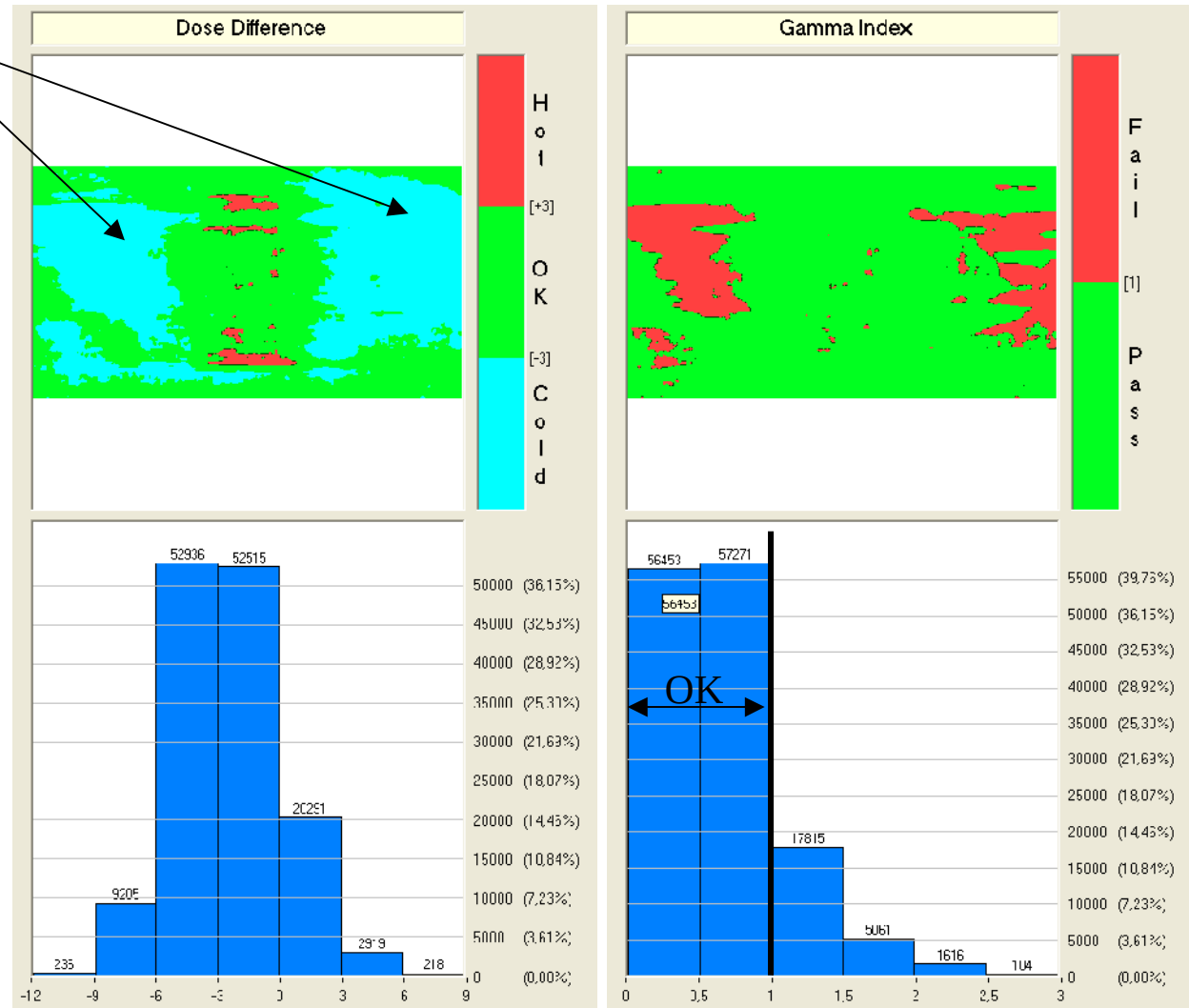
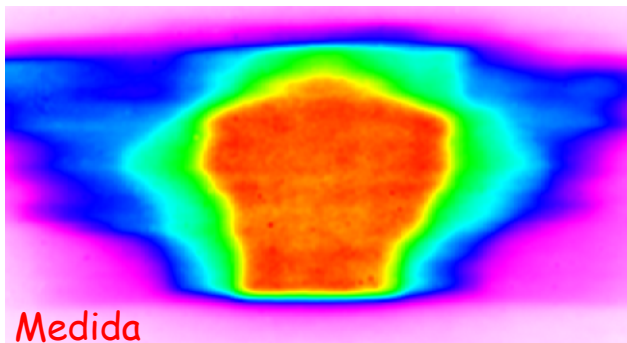
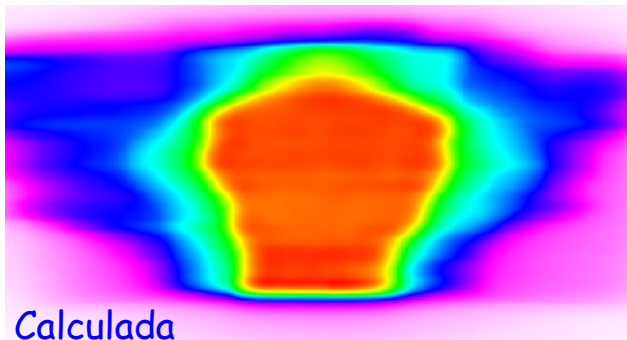
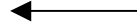


Sobrerespuesta en zonas de baja dosis

$\gamma \leq 1$: ~ 70% o más puntos (> 95% con película Kodak)

$$D_{\text{calc}} < D_{\text{med}}$$

Dirección de movimiento de las láminas:



Precauciones razonables e intentos inútiles

- Manipular la película con guantes
- Precalentar el escáner
- Calentamiento de la lámpara: escanear la placa varias veces seguidas y aceptar la última
- Atención a la orientación

- Tomar el promedio de 4 escaneos de la misma placa
- Determinar la corrección de fondo individualmente para cada placa (antes de irradiarla)
- Comparar el mismo campo irradiado a dos tasas de repetición (μ/minuto) distintas

Conclusión única

Los resultados dependen de la caja de película utilizada...
...y las cajas salen “buenas” o “malas” aleatoriamente

Es un sistema tan práctico que sería lamentable que
el fabricante no pudiera solucionar los problemas