# Precision para CyberKnife

Comisionado, indicaciones clínicas y flujo de planificación

Jaime Velasco Román

# Objetivos

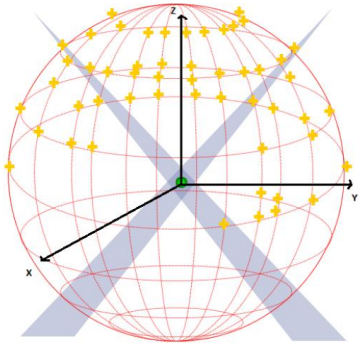
- Describir el proceso de comisionado del TPS (Ray Tracing y MC)
- Conocer las indicaciones clínicas tratables con los tres sistemas de colimación disponibles
- Recorrer el flujo completo de planificación hasta la exportación y el plan de QA
- Explicar los métodos de cálculo (Secuencial/Isocéntrico y VOLO) y los tres motores de cálculo (Ray Tracing, FSPB y Monte Carlo)
  - Fijo e Iris: Ray Tracing y MC
  - MLC: FSPB y MC

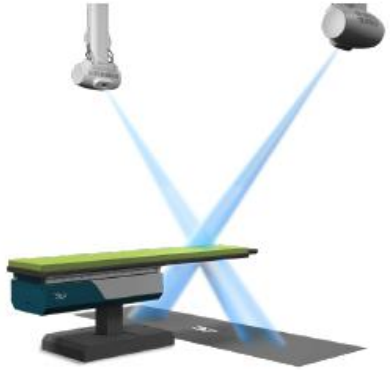

Precision
Patients and Plans
New Plan
Load Plan
Delete Plan
Retreatment
Administration
Image Review and Import
Report Administration
Patient Administration
Plan Administration
DICOM Administration
Patient Record Archive and Restore
System
Planning Settings
User Administration
System Administration
Communicating Tools
Beam Data Import
EXIT

# Sistema de tratamiento CyberKnife

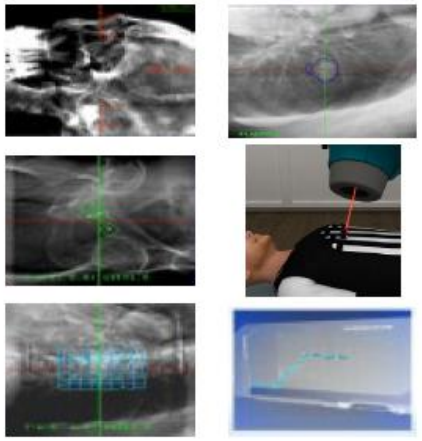



El robot
Campos no coplanares
Precisión submilimétrica
Rango amplio de movimiento
Path: nodos

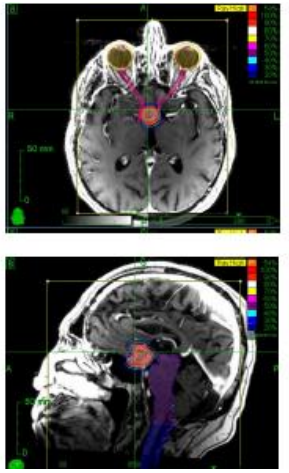


Toma de imágenes para posicionamiento e intrafracción



Adaptación en tiempo real al movimiento del blanco



Maximización de la dosis al blanco
Dosis mínima en OAR
Comfort del paciente

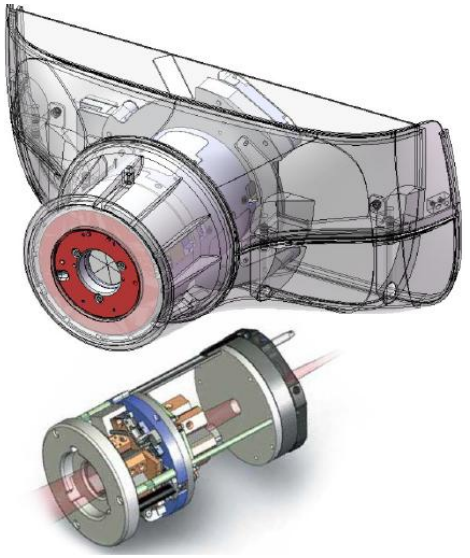
# Sistema de tratamiento CyberKnife



# Sistema de tratamiento CyberKnife

CONOS FIJOS

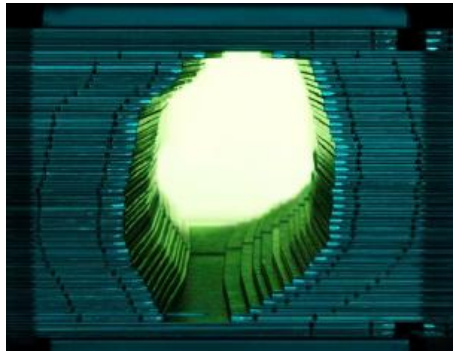


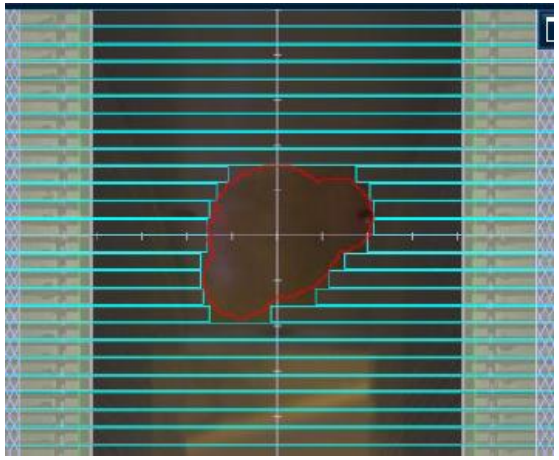


MLC



IRIS





# INDICACIONES CLÍNICAS Y SISTEMAS DE COLIMACIÓN

# ¿Qué patologías trato con cada colimador?

- **Conos fijos**: geometría circular fija, campos pequeños, dosimetría muy caracterizada. Uso típico: metástasis cerebrales pequeñas y esféricas, neuralgia del trigémino. Tamaño único por planificación
- **Iris™**: apertura circular variable con cambio dinámico. Uso típico: intracraneal de tamaño medio, schwannoma vestibular, columna/paraespinales pequeñas, algunas lesiones pulmonares periféricas pequeñas. ~~Iris 5mm~~
- **MLC InCise™**: conformación real del campo. Uso típico: cabeza y cuello, próstata, hígado/páncreas, volúmenes pulmonares o vertebrales grandes/irregulares, y en general cualquier blanco cóncavo o de gran tamaño.

# COMISIONADO DEL TPS

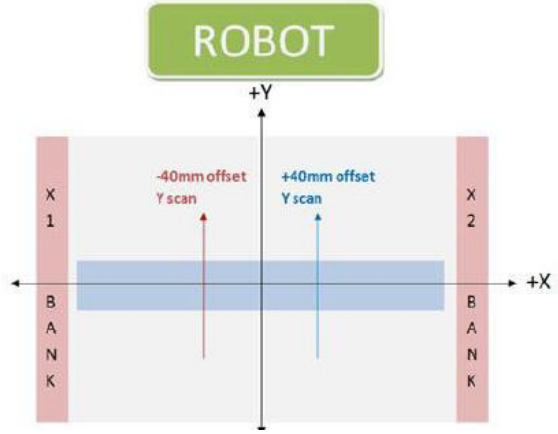
# Comisionado

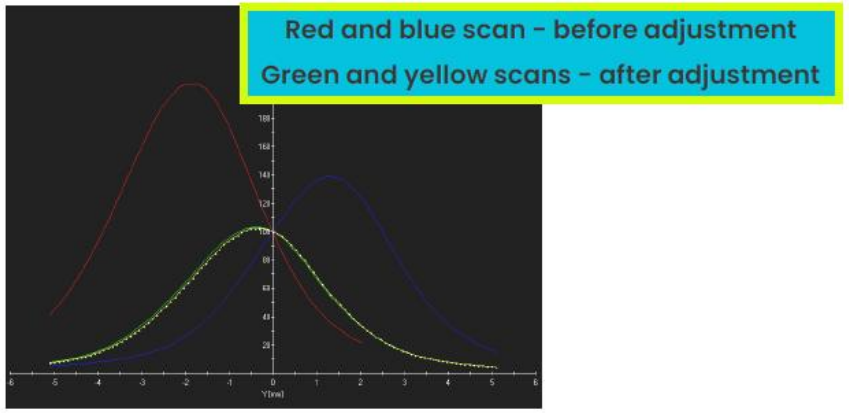
- El comisionado consiste en **adquirir, introducir y verificar** los datos de haz necesarios para que el planificador reproduzca con exactitud la dosis administrada por el sistema.
- Cada algoritmo de cálculo requiere su propio conjunto de datos.
- La verificación se realiza comparando los resultados calculados por Precision frente a **datos de referencia** (medidas propias, valores de fábrica del fabricante y recomendaciones de la comunidad científica, p. ej. AAPM TG-135, 135-B), no frente a un único "patrón oro" universal.
- El comisionado se documenta y se envía a Accuray como parte del control de calidad del programa.

# Posicionamiento del robot en las medidas

La libertad de movimientos del sistema hace necesario en insistir en el correcto posicionamiento de cuba y equipo

- Verificación de la verticalidad del equipo por reflexión en pinhole
- Asegurar que los ejes X e Y del equipo coincidan con los de la cuba
- Horizontalidad de la cuba y movimiento vertical del detector
- Particularidad para el MLC



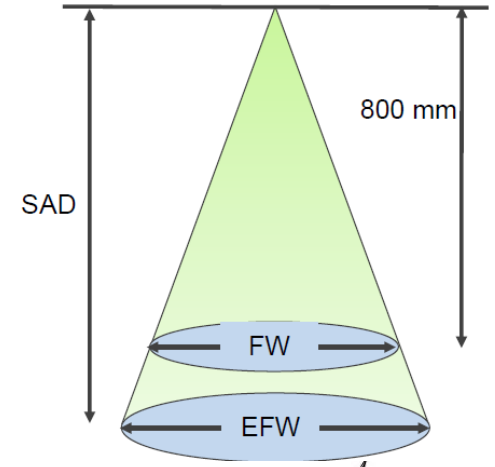
# Comisionado Ray Tracing (conos fijos e iris)

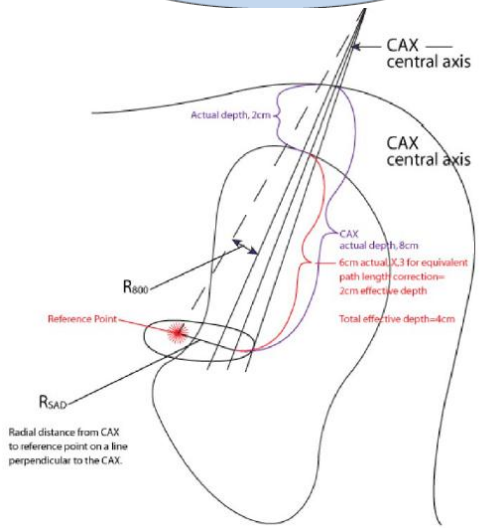
- Medidas necesarias, en cuba y con diodo o cámara de diamante
  - TPR: profundidades de 0 a 300mm de profundidad (cada mm)
  - OCR: medidos con SAD 800mm a 3 profundidades (15,100 y 300mm)
    - Conos fijos: a 0º y 90º
    - Iris: a 0º, 90º, 15º y 105º
  - Output factors: normalizados al cono de 60mm
    - Medidos a SAD 650, 800 y 1000mm
- Se introducen los datos en Precision, y se verifican por interpolación/extrapolación
- Comprobación cruzada mediante QA de haz único

# Algoritmo Ray Tracing

$$\frac{Dose(SAD, R, Depth, col)}{MU} = \frac{1cGy}{MU} * \frac{800^2}{SAD^2} * OCR(R_{800}, col, D_{Eff}) * TPR(D_{eff}, EFW) * OF(SAD, col)$$

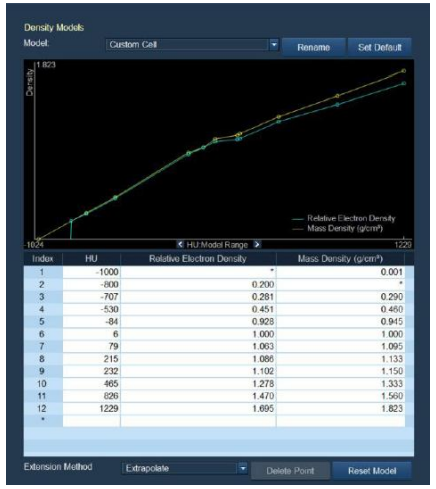
- Calibrado para dar 1cGy/UM con el fijo de 60mm, SAD de 800mm y a una profundidad de 15mm
- Corrección por inverso del cuadrado de la distancia
- OCR modelado como función de la distancia al centro (proyectado a SAD 800), según tamaño del colimador y profundidad efectiva
- TPR modelado como una función de profundidad y tamaño de campo efectivos
- Factor de salida en función de la SAD y el tamaño de colimador

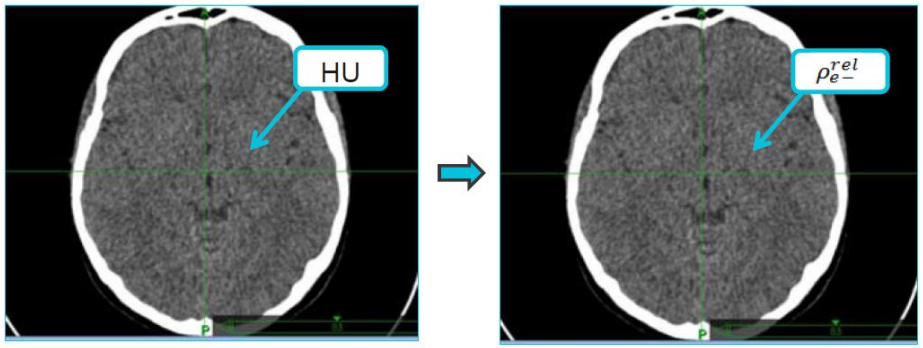


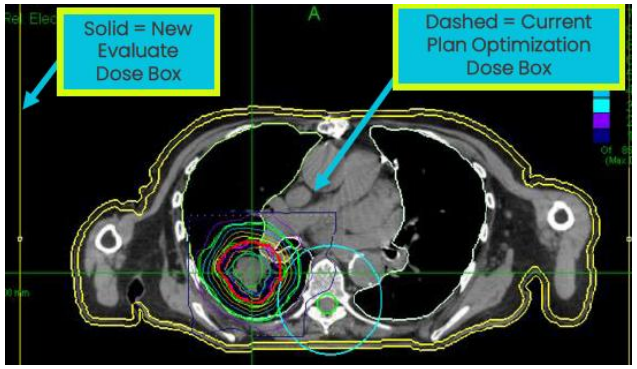
# Algoritmo Ray Tracing

Usa tablas de valores generados a partir de las medidas para los TPR, OCR y OF
Usa la profundidad efectiva para tener en cuenta la variación en densidad en los cálculos

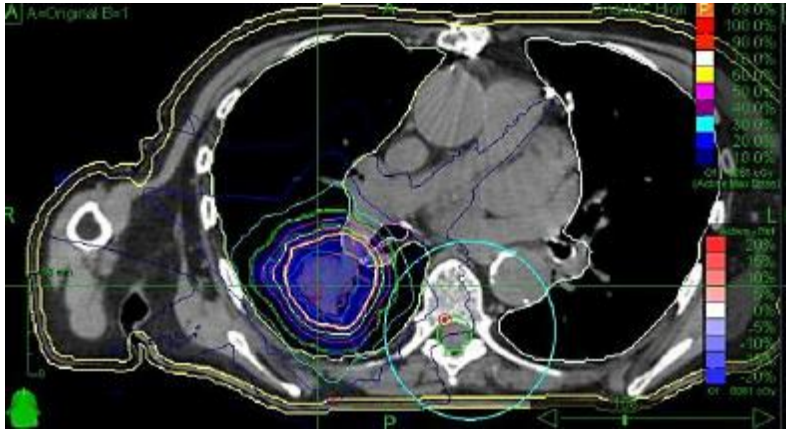



Se asocia una densidad electrónica relativa al HU correspondiente a cada voxel




Se define la caja de optimización y la de evaluación



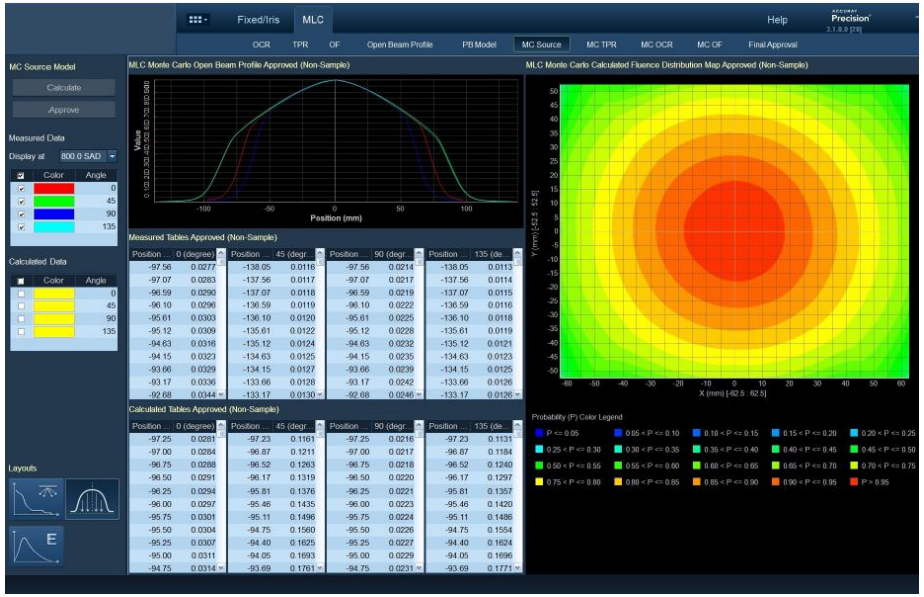
Limitaciones:

- Ignora cambios en la dispersión debido a heterogeneidades locales
- Generalmente sobreestima la dosis en tejido pulmonar de baja densidad

# Comisionado Monte Carlo (conos fijos e iris)

Requiere datos adicionales a los ya medidos

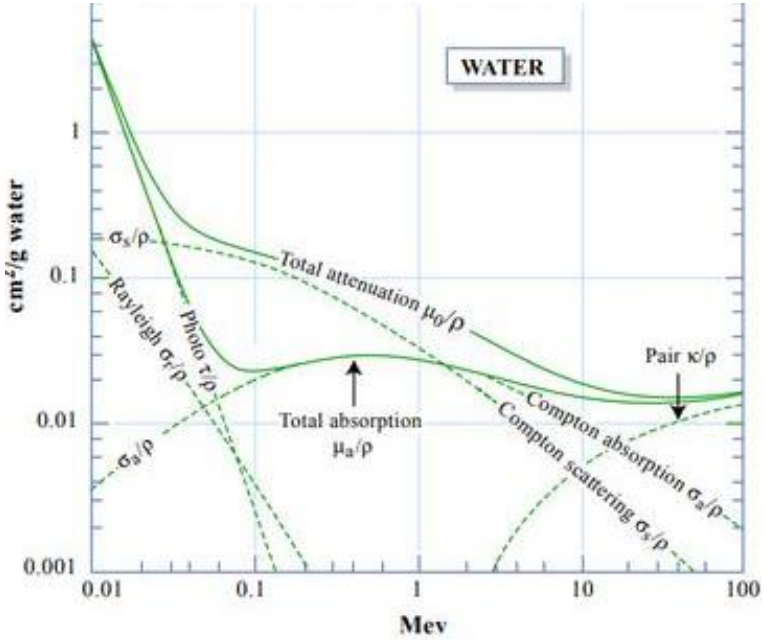
- PDD: tamaño 60mm, con SSD 800mm
- Perfil de campo abierto para colimador fijo
  - Sin colimador secundario
  - Profundidad de 25mm y SSD o SAD 800mm
  - De -80 a +80mm
  - Ortogonales a 0º y 90º
- Opcionalmente output factors en aire

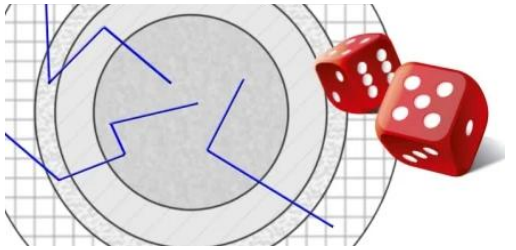



- La fuente (virtual) de fotones se modela como una distribución caracterizada por el FWHM (tamaño de la fuente virtual) mediante ajuste iterativo de la penumbra de los OCR calculados frente a los medidos
- Verificación por comparación de curvas calculadas frente a las medidas
- Para MLC no se necesitan medidas adicionales a las tomadas para FSPB

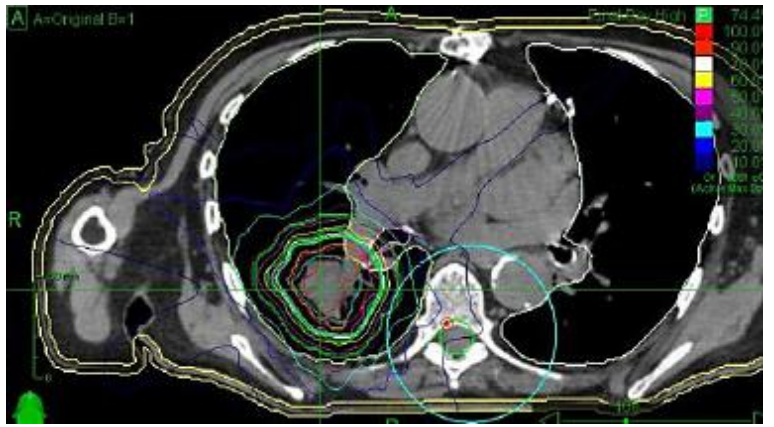
# Algoritmo Monte Carlo

- Basado en los principios básicos de la física que describen el transporte de partículas y la deposición de energía en los tejidos
- Calcula la dosis a través de muchas simulaciones aleatorias de los procesos que puede sufrir un fotón
- Gran precisión en el cálculo de dosis para tejidos heterogéneos



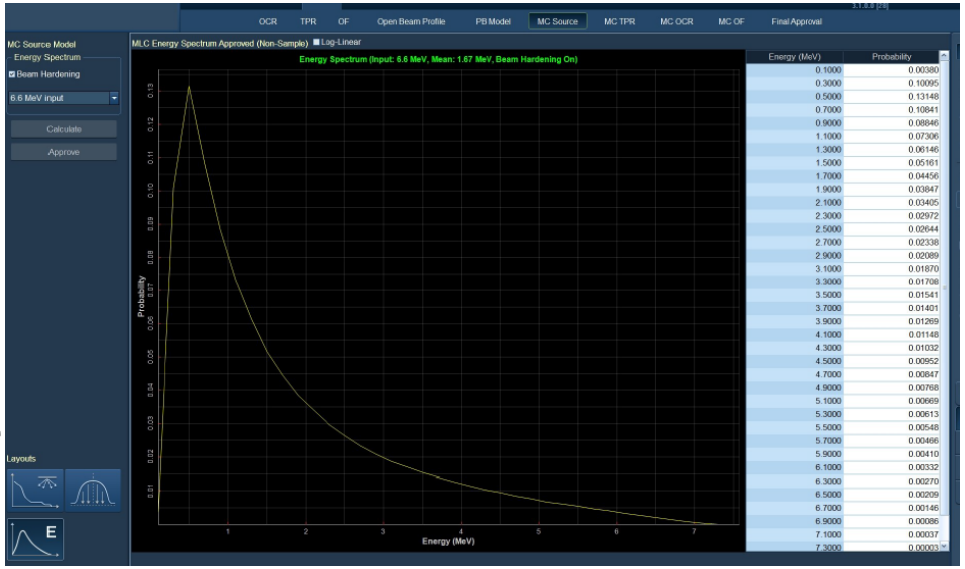



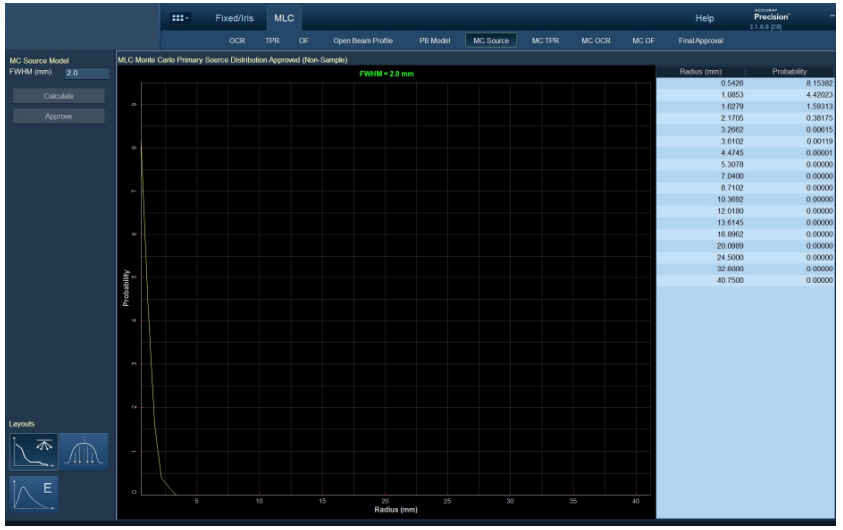
$$\frac{D_{calc}(v,C_i)}{MU} = \frac{\sum_{h=1}^{N Hist} \Delta E_h(v,C_i)}{m(v)N_{Hist}} * f_{normal} * d15(C_i) * OF(C_i) * e$$



# Algoritmo Monte Carlo

- Ventajas:
  - Basado en principios físicos
  - Alto grado de precisión en medios heterogé
- Desventajas:
  - Incertidumbre aleatoria
    - Cálculos repetidos con resultados diferentes
    - Calculos con “ruido”
- Limitaciones:
  - Sólo están bien modelados tejidos biológicos
    - Los cálculos pueden ser imprecisos para metales,…



# Comisionado Finite Size Pencil Beam (MLC)

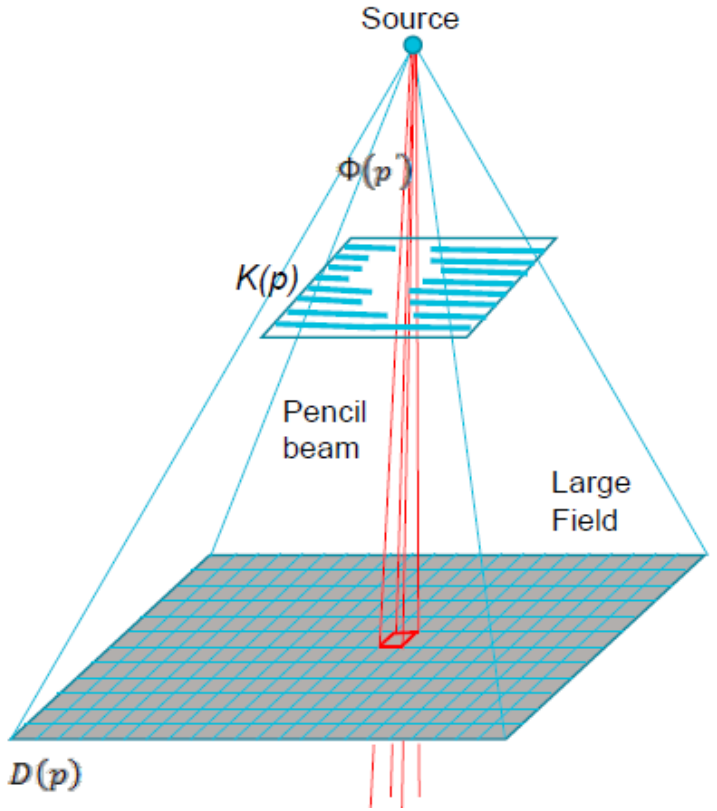
Requiere datos para un conjunto de campos MLC

- Perfiles de campo abierto:
  - X, Y y dos diagonales (45º y 135º), a 20mm de profundidad, a SSD o SAD
- Perfiles:
  - Medidos/convertidos a 800mm, 3 profundidades (15, 100 y 300mm), 0º y 90º
- TPR: de 0mm a 300mm de profundidad con paso de 1mm
- OF: a 800mm, normalizando al fijo de 60mm

| X (mm) | Y (mm) |
|---|---|
| 7.6 | 7.7 |
| 15.4 | 15.4 |
| 23.0 | 23.1 |
| 30.8 | 30.8 |
| 38.4 | 38.5 |
| 46.2 | 46.2 |
| 53.8 | 53.9 |
| 69.2 | 69.3 |
| 84.6 | 84.7 |
| 100 | 100.1 |
| 115 | 100.1 |

# Algoritmo FSPB (MLC)

- Divide cada haz MLC en pequeños “pencil beams” rectangulares
  - La dosis de cada uno es la fluencia de la energía por el kernel de deposición, determinados por los datos de comisionado
  - La dosis en un punto es la suma de la dosis de cada “pencil beam” que alcanza a dicho punto




$$D_{p'}(p) = A(p') \cdot \mathrm{TPR}_F(d_{eff}(p')) \cdot K_{p'}(p) \cdot \frac{800^2}{\mathrm{SAD}(p')^2}$$

- El modelo se verifica con pruebas de haz único o arrays para técnicas esterotácticas (con fiduciales)

# Requisitos por algoritmo y colimador

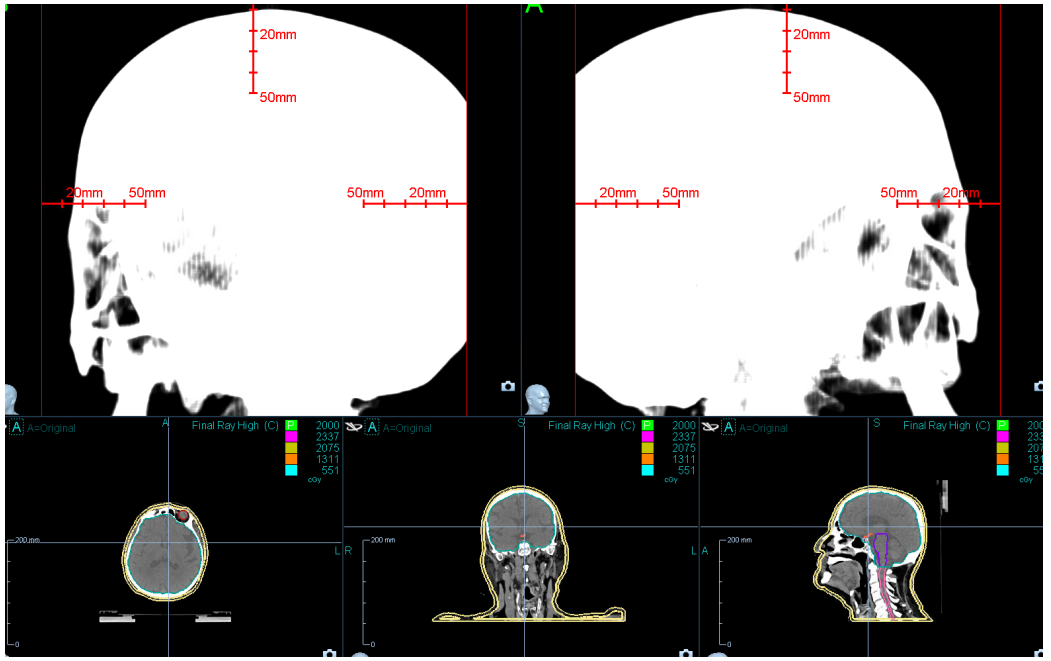
| Algoritmo | Colimador | Datos de haz requeridos | Particularidades |
|---|---|---|---|
| **Ray Tracing** | Fijos / Iris | TPR, OCR y factores de salida (OF) para cada tamaño/apertura, a las SAD de referencia (800/1000 mm) | Datos deterministas; base también usada por FSPB |
| **FSPB** | MLC | Mismas tablas TPR/OCR/OF que Ray Tracing; el algoritmo solo requiere medición a una SAD (a diferencia de Ray Tracing) | Modelo matemático de pencil beam; exclusivo del InCise™ 2 |
| **Monte Carlo** | Fijos / Iris | TPR, OCR, perfil de campo abierto, PDD en eje central; modelo de fuente (Gaussiano con FWHM, o OF en aire) | Ajuste iterativo del FWHM (tamaño virtual de fuente) frente a penumbra de OCR medida |
| **Monte Carlo** | MLC | Igual que MC fijos/Iris + optimización de transmisión de lámina y ajuste de OCR en campos grandes (colas/hombros) | FWHM de partida recomendado: 1,8 mm; comisionado más complejo de los tres |
| **Común a todos** | — | Prueba de QA de cálculo de haz único; calibración absoluta TRS-398 | Verificación cruzada final frente a dosis exportada |

# MÉTODOS DE SEGUIMIENTO

**Skull**
**Fiducial**
**Spine Supine**
**Spine Tracking Prone con Synchrony**
**Fiducial con Synchrony y LOT (Lung Optimized Treatment)**

# Skull tracking

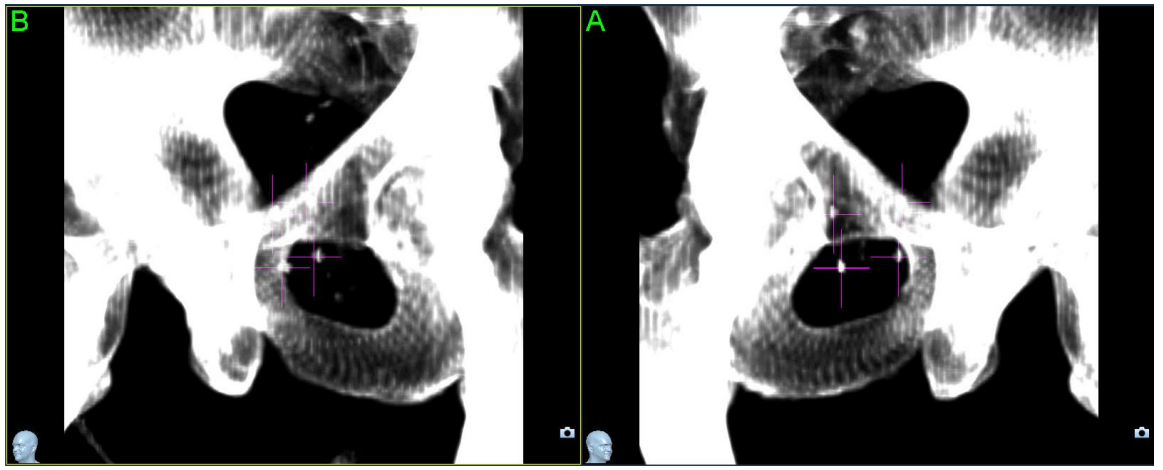
- Basado en anatomía ósea craneal, sin necesidad de marcadores implantados; indicado para blancos intracraneales y C1-C2..




- El *align center* se coloca dejando un espacio de aire de 0,7–1,0 cm en las direcciones superior y anterior sobre las DRR craneales.
- Es imprescindible que los **huesos faciales** queden dentro del campo de visión de la DRR al colocar el espacio de aire anterior; un *align center* que recorte los huesos faciales se considera incorrecto.

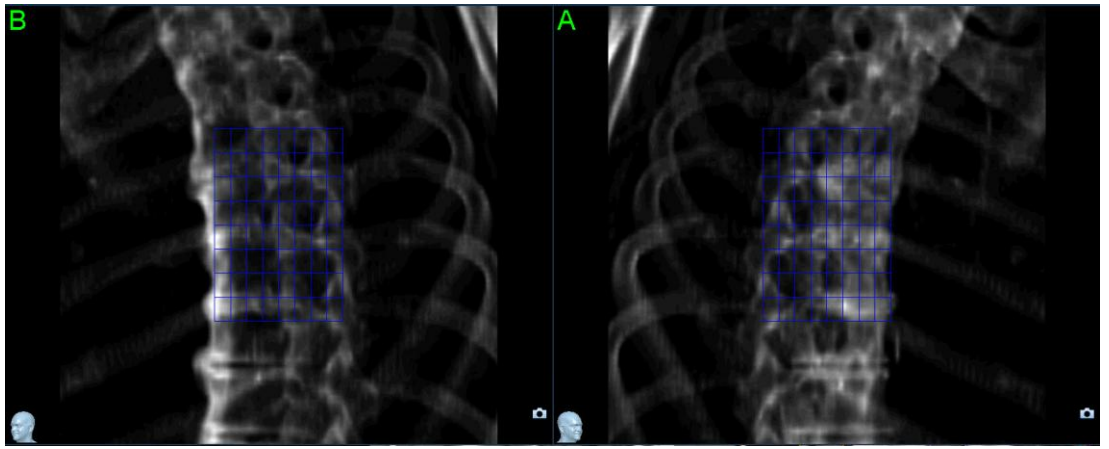
# Fiducial tracking

- Requiere implantación previa de marcadores radiopacos; indicado para blancos de tejido blando.



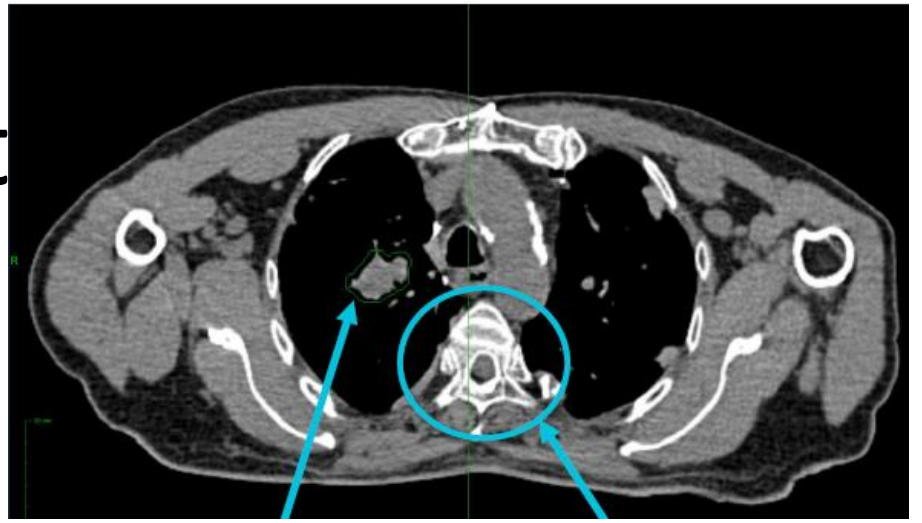

- **Marcado/identificación de los fiduciales**: en la tarea de alineación se localiza cada fiducial en el plano axial y se centra manualmente sobre él; Precision asigna automáticamente el *align center* al centro geométrico de la configuración 3D de los fiduciales identificados.
- El sistema avisa si se identifican **menos de 3 fiduciales** (no se corregirán los desplazamientos rotacionales en ese caso).
- Sin modelado respiratorio: pensado para blancos no afectados por el movimiento respiratorio (p. ej. próstata).

# Spine tracking: supino y prono




- **Spine Supine**: requiere anatomía ósea vertebral rica en detalle. El algoritmo emplea **deformación rígida de 81 puntos nodales**, ajustados por intensidad entre la DRR y las imágenes kV en vivo adquiridas durante el tratamiento; estos 81 puntos se conectan virtualmente formando la **malla/rejilla de la ROI**. Uso: columna, paraespinales, cervical a sacro, y ciertos tratamientos pulmonares (Spine Supine).
- El *align center* debe colocarse lo más próximo posible al blanco (no más de 50–60 mm), en hueso de buena calidad, lejos de interfases de alto gradiente de densidad (disco intervertebral, canal medular).
- **Spine Tracking Prone con Synchrony**: TC de planificación con el paciente en prono; modelado respiratorio activado por defecto (desactivable si no hay movimiento vertebral); requiere marcadores LED en piel a nivel del blanco.
- Ambas requieren generar el **volumen de seguimiento vertebral (STV)** en la tarea de contorneo.

# LOT: Lung Optimized Treatment



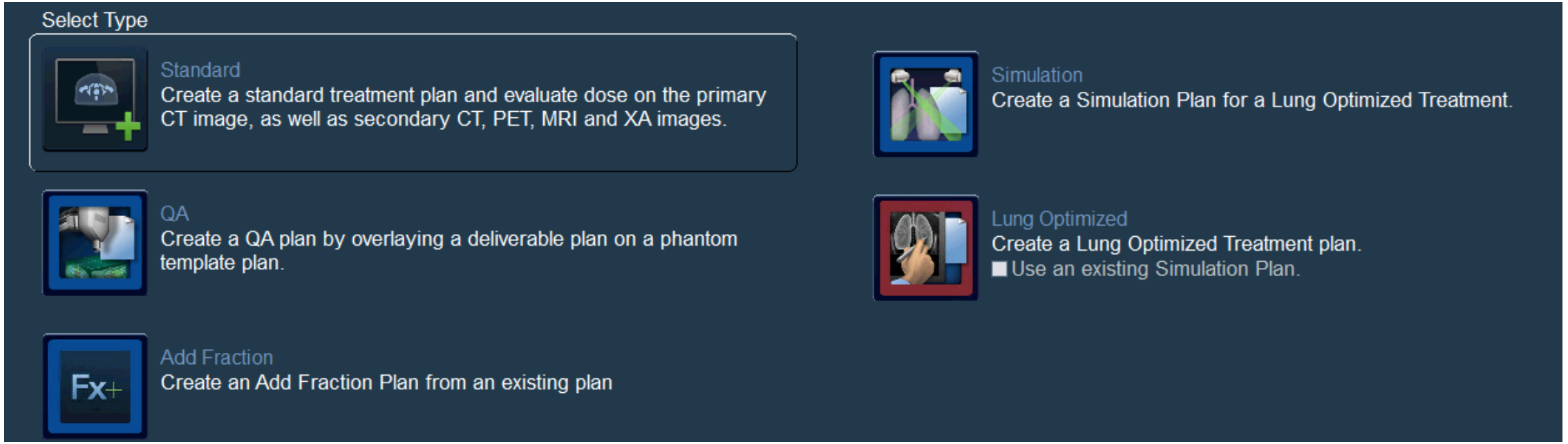
- Antes de la planificación dosimétrica definitiva, se genera un **plan de tipo Simulación**, sin cálculo de dosis.
- Requiere dos series de TC de planificación: **espiración** e **inspiración**, fusionadas automáticamente.
- En este plan se generan los TTV (Target Tracking Volume) en ambas fases, el ITTV (volumen envolvente) y el STV (Spine Tracking Volume), y se revisan las DRR y el *align center*.
- El informe resultante (*Sim Plan Report*) determina qué subtipo de seguimiento pulmonar será viable en función de qué cámara(s) del sistema de imagen puede(n) visualizar el blanco o los fiduciales.
- El plan de planificación dosimétrica posterior puede entonces **reutilizar los resultados de la simulación** o generarse de nuevo si las condiciones han cambiado.

# LOT: Resultado de la simulación

| Nomenclatura clínica habitual | Nomenclatura oficial en Precision | Cámaras que visualizan el blanco | Blanco |
|---|---|---|---|
| **Zero-view** | Supine Spine | Ninguna | ITV→ Versa |
| **A-view** | Lung 1 View A with Respiratory | Solo cámara A | CTV en espiración/inspiración |
| **B-view** | Lung 1 View B with Respiratory | Solo cámara B | CTV en espiración/inspiración |
| **Two-views** | Lung with Respiratory | Ambas cámaras | CTV en espiración |



# PLANIFICACIÓN: FLUJO



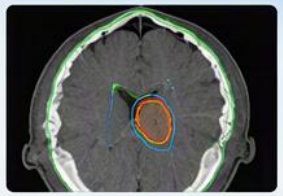
Precision®
Treatment Planning System

# Flujo de planificación en Precision para CyberKnife® S7

Desde la definición clínica hasta un plan listo para tratar, con precisión en cada paso.

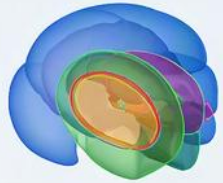



## 1 Contorneo



Definir y delinear las estructuras de interés (GTV, CTV, PTV y OAR) en las imágenes de planificación.

## 2 Volúmenes auxiliares



Crear volúmenes auxiliares (márgenes, PRV, ring, etc.) según la estrategia de planificación.

## 3 Selección del método de planificación




Elegir el algoritmo de planificación en Precision (Sequential, DAO o IP) según el caso clínico.

## 4 Elección del colimador




Seleccionar el/los colimador(es) más adecuados para la lesión y la estrategia de tratamiento.

## 5 Selección del método de seguimiento




Definir el método de seguimiento del movimiento del tumor (fiduciales, Synchrony, o Spine Tracking) según la localización y el tipo de lesión.

## 6 Configuración Secuencial/Isocéntrico o VOLO




Configurar la geometría del plan: tratamiento secuencial/isocéntrico o planificación no isocéntrica con VOLO.

## 7 Cálculo final



Ejecutar el cálculo final del plan de tratamiento en Precision.

## 8 Verificación de restricciones

- Cobertura de PTV ✓
- Órganos de riesgo (OAR) ✓
- Restricciones del sistema ✓
- Criterios institucionales ✓

Comprobar que el plan cumple todas las restricciones dosimétricas y criterios clínicos establecidos.

## 9 Aprobación médica



Revisión y aprobación del plan por parte del médico responsable (radioterapeuta).

## 10 Exportación



**DICOM RT**

- Plan de tratamiento
- Dosis
- Estructuras
- Imágenes (si aplica)

Exportar el plan aprobado al sistema de tratamiento (CyberKnife S7) mediante DICOM RT.

## 11 Plan de QA



- Revisión del plan
- QA especifico de paciente
- Verificación de parámetros
- Liberación para tratamiento

Realizar el plan de QA según el protocolo institucional antes del tratamiento.

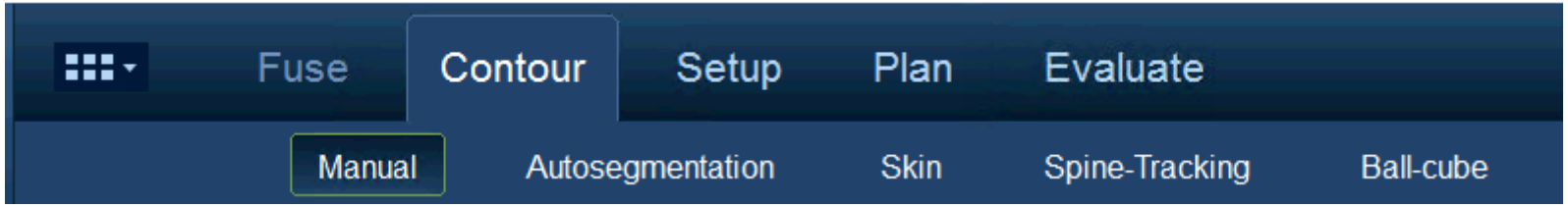
**PRECISIÓN** en cada decisión

**SEGURIDAD** para cada paciente

**CONFIANZA** en cada tratamiento

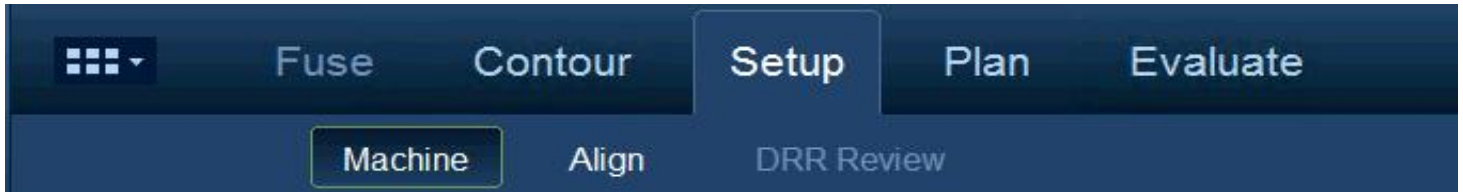
PLANIFICACIÓN INTELIGENTE.
MEJORES RESULTADOS.

# Contorneo y autosegmentación

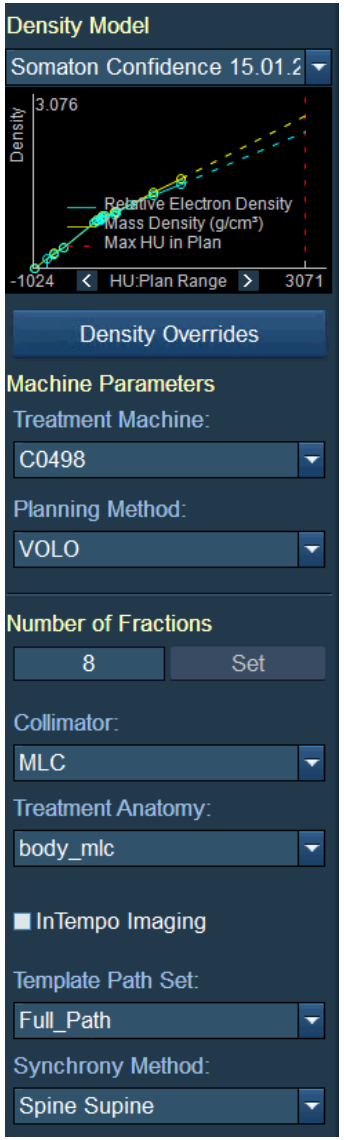



- Herramientas de contorneo manual: curvas suaves, generación desde isocurva, operaciones booleanas de VOI.
- Modelos de **AutoSegmentation™** disponibles: cabeza y cuello, próstata (pelvis masculina) y cerebro.
- **Spine Tracking Volume (STV)**: necesario en Spine Supine/Prone y en LOT (cuando el align center es vertebral).
- Se debe asignar el tipo de órgano “target” a los volúmenes blanco (GTV, CTV, ITV, PTV) y el de “skin” al contorno externo
- También se disponen de herramientas de fusión de imágenes

# Selección del método de planificación, colimador y anatomía

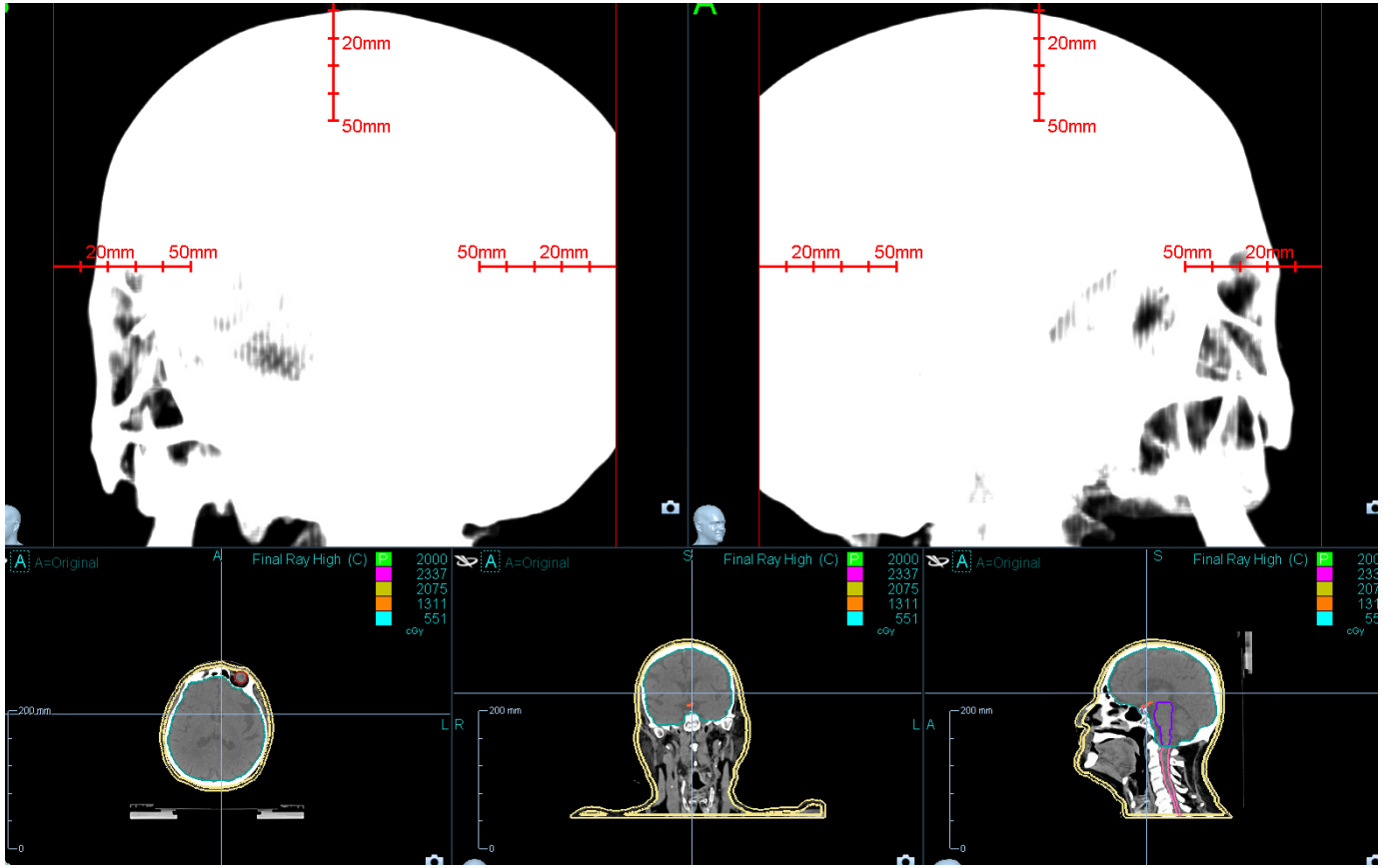



- Casos con blancos pequeños, esféricos y homogéneos → Secuencial/Isocéntrico suele ser suficiente y eficiente.
- Casos con volúmenes grandes, cóncavos, próximos a OAR exigentes, o necesidad de escalada de dosis con protección fina de tejido sano → VOLO, especialmente con MLC.
- Casos pulmonares LOT → habitualmente Secuencial con conos/Iris, aunque también es posible VOLO con MLC
- Anatomía de tratamiento: Cabeza, cuerpo, QA



# Selección del método de seguimiento y centro de alineación: Skull

- **Skull**: espacio de aire 0,7–1,0 cm superior y anterior en las DRR craneales; huesos faciales siempre dentro del campo de visión.




Machine Parameters

Treatment Machine:

C0498

Planning Method:

VOLO

Number of Fractions

1 Set

Collimator:

MLC

Treatment Anatomy:

head_mlc

InTempo Imaging

Template Path Set:

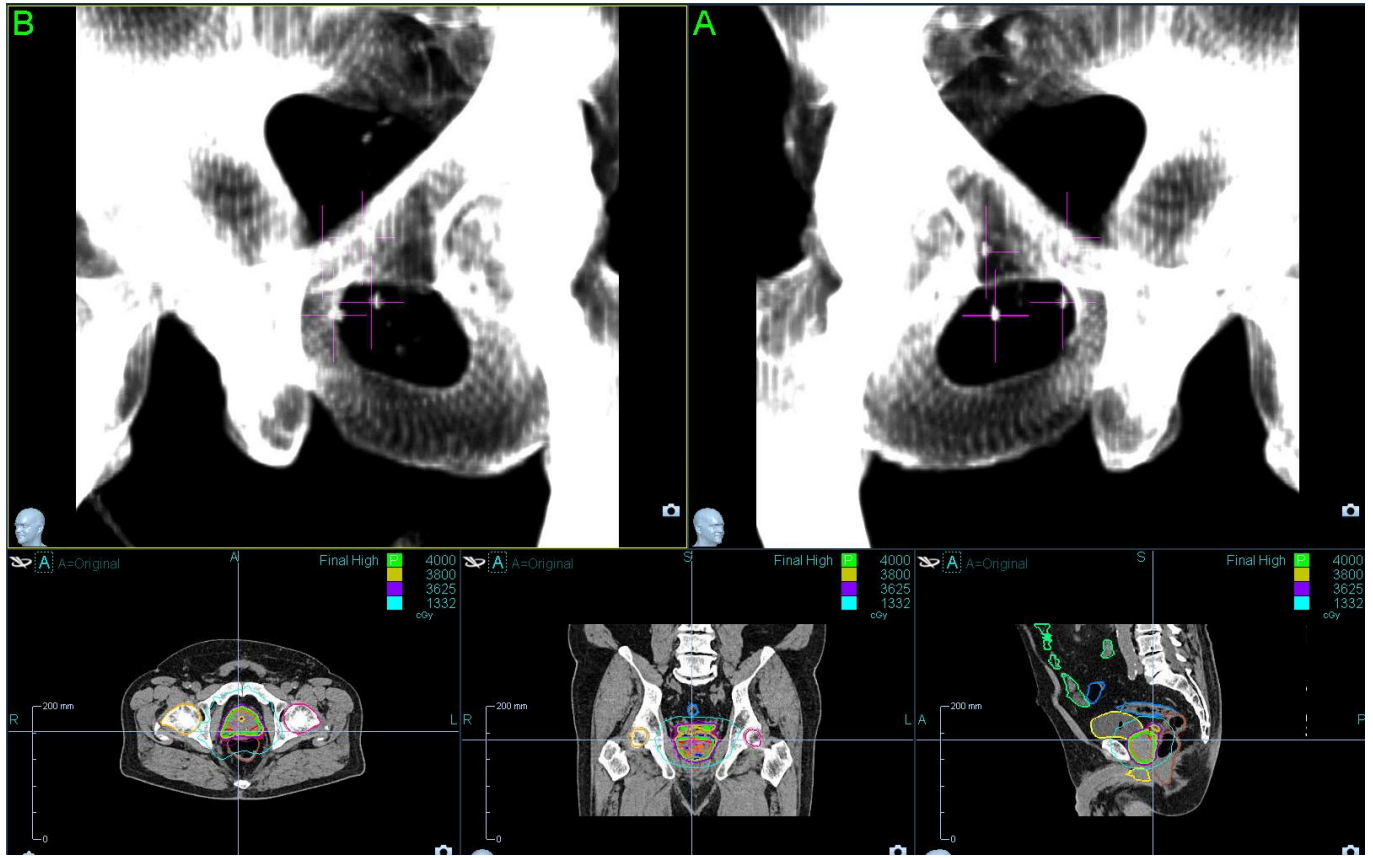
Full_Path

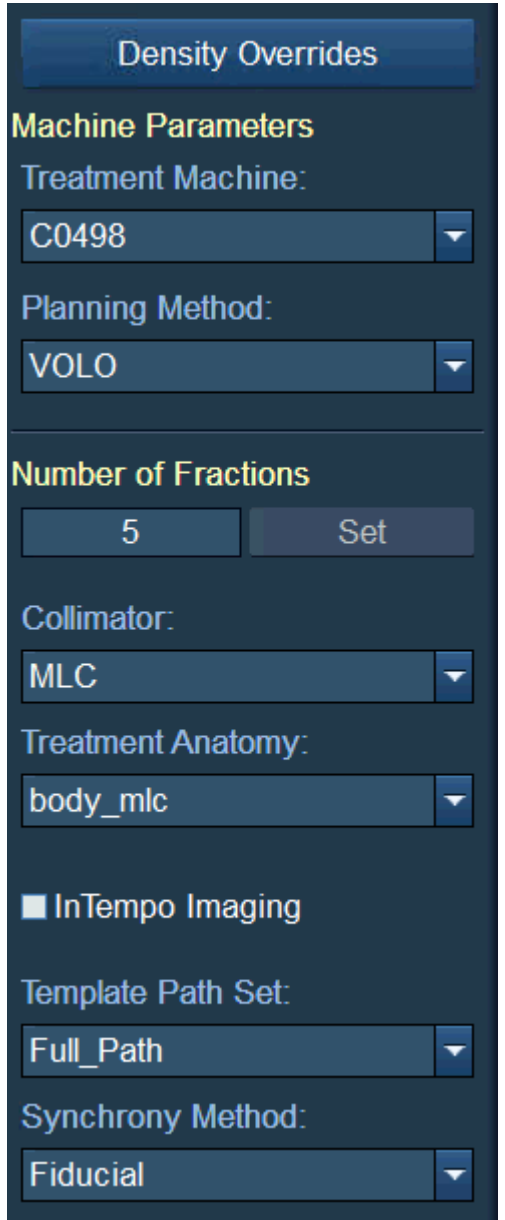
Synchrony Method:

Skull

# Selección del método de seguimiento y centro de alineación: Fiducial

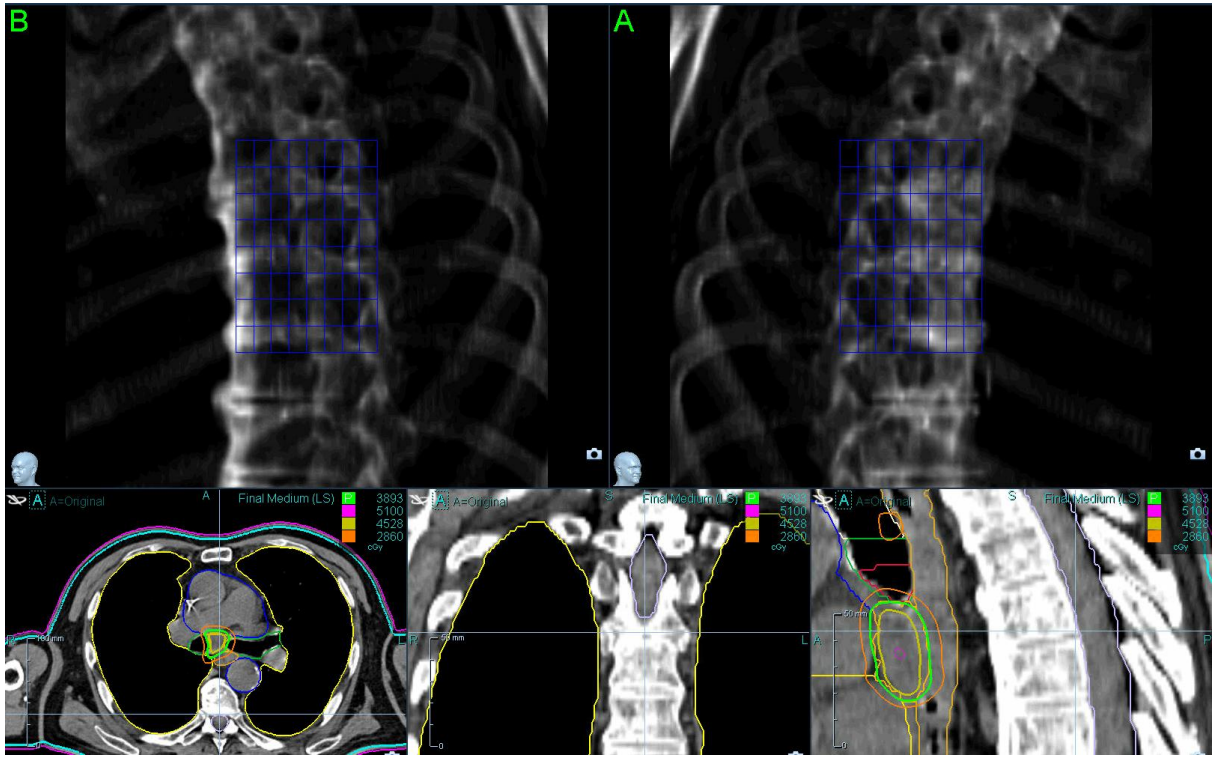
- **Fiducial (con o sin respiración)**: identificación/marcado manual de cada fiducial en el plano axial; *align center* automático en el centro geométrico 3D de los fiduciales; mínimo recomendado de 3 fiduciales identificados.

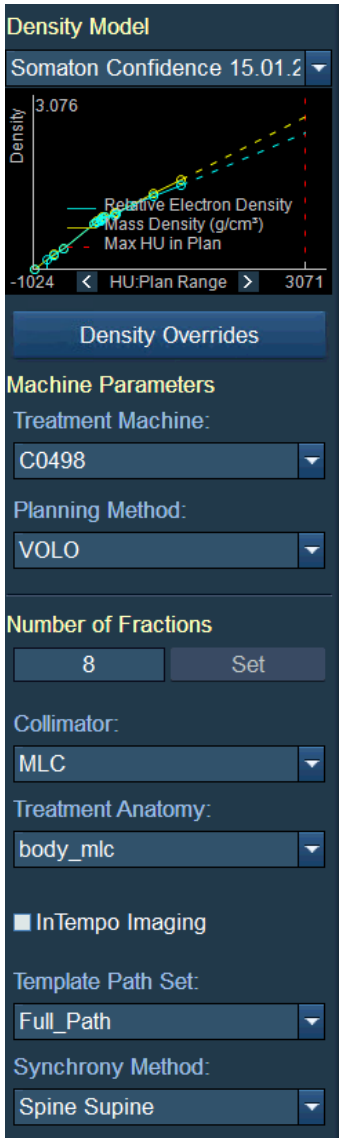


# Selección del método de seguimiento y centro de alineación: Spine

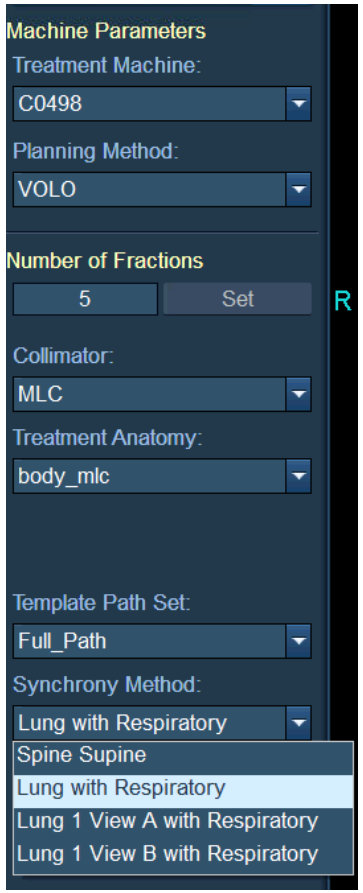
**Spine (Supine/Prone)**: colocación sobre la malla/rejilla ósea de 81 puntos nodales de la STV, lo más cerca posible del blanco (≤ 50–60 mm) y en hueso alejado de interfases de alto gradiente.

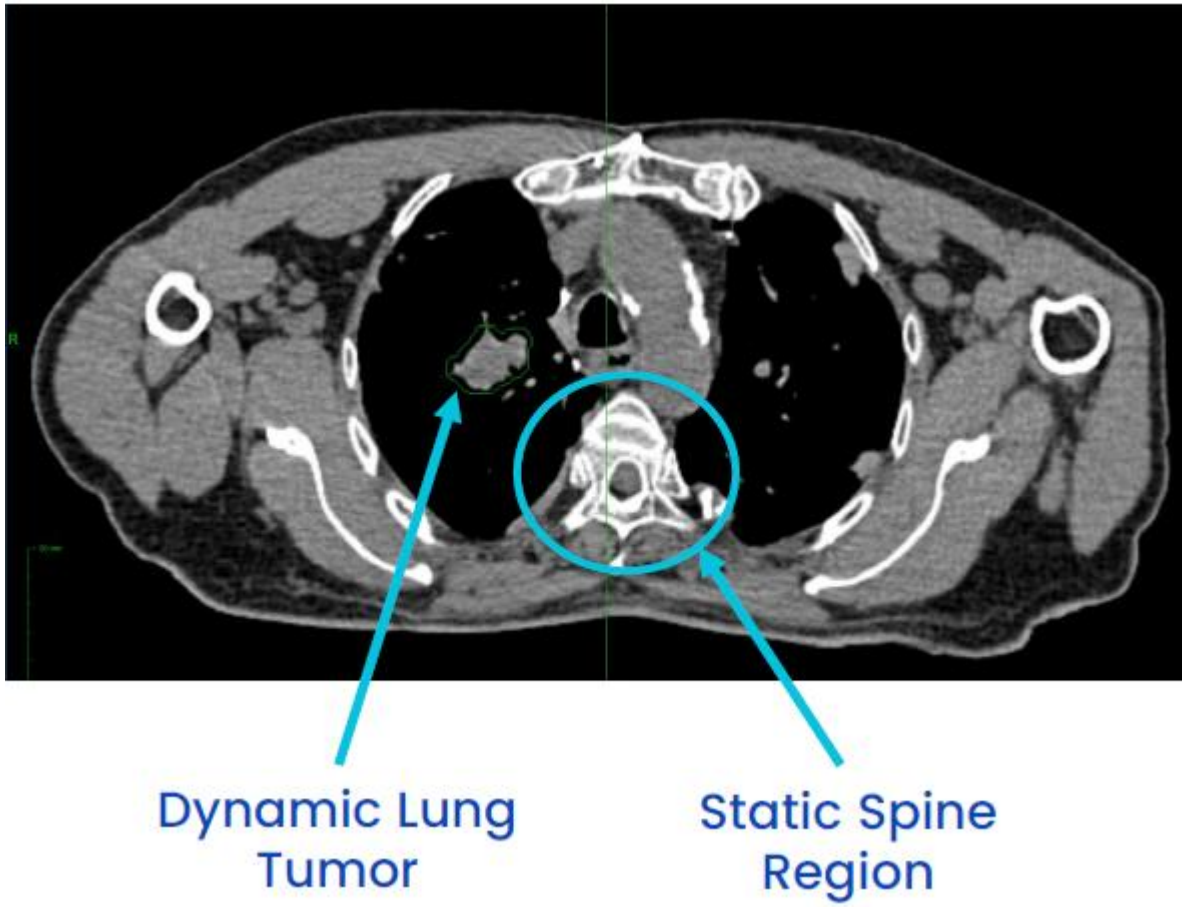


# Selección del método de seguimiento y centro de alineación: LOT

**LOT**: el *align center* se hereda de la simulación previa (diapositiva 26) y puede ser vertebral (Zero-view) o pulmonar directo (A/B/Two-views)



ACCURAY

Fuse | Contour | Setup | Plan | Evaluate | Utilities | Settings | Help

10.144.63.51

ACCURAY Precision® 3.3.1.2 [5]

Settings | VOLO

Tools | VOIs | Display

**Script**

Auto-shells

**Plan Setup**

Max Nodes (1 - 171): 40

**Optimization**

Fluence:

Auto Proceed

Segments:

**Prescription**

Prescription

**Dose Calculation**

Algorithm: FSPB

Resolution: High

Lateral Scaling

**Size to fit:**

CT | Skin | VOIs

Calculate Final Dose

Goals | NTO | Parameters | Beam Intersection

**Target Goals** VOI Add Remove DVH Goal Add Remove

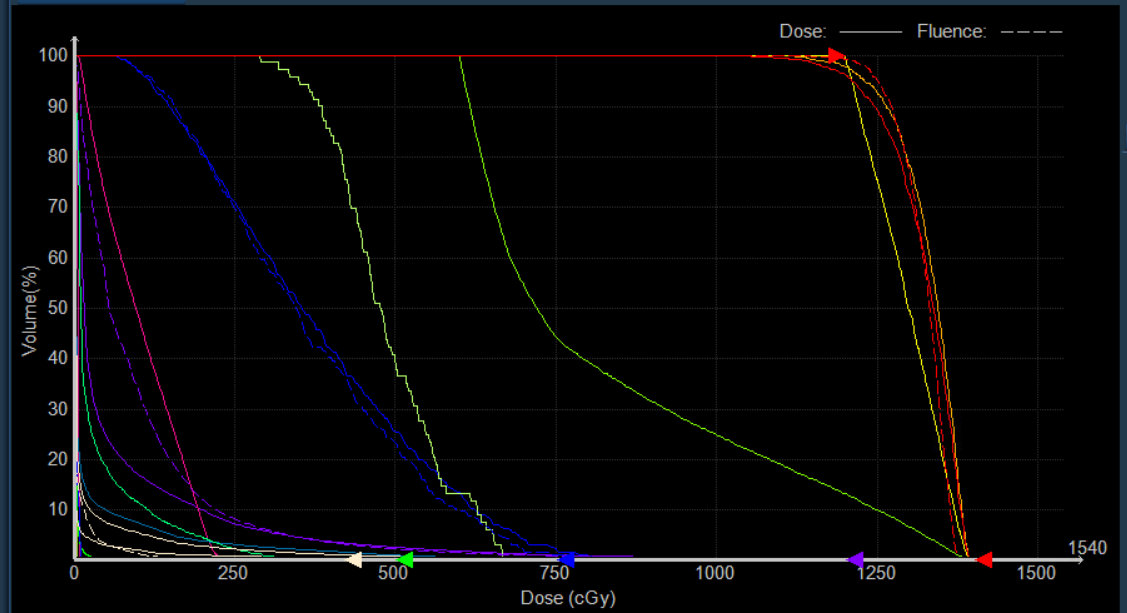
| VOI | Sampling | Goal Type | Weight | Specified Dose (cGy) | Achieved Dose (cGy) | Volume (cm³) | Volume (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PTV_1200_T | High | Min | 10.0 | 1200 | 990 | 0.90 | 100.0 |
| | | Max | 20.0 | 1400 | 1394 | 0.00 | 0.0 |

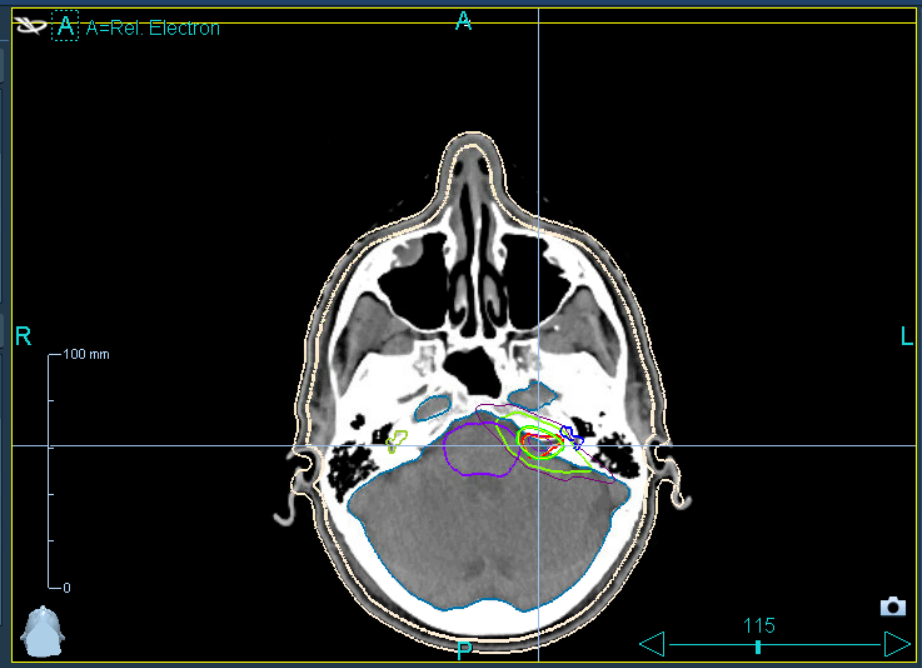
**Critical Goals** VOI Add Remove DVH Goal Add Remove

| VOI | Sampling | Goal Type | Weight | Specified Dose (cGy) | Achieved Dose (cGy) | Volume (cm³) | Volume (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cochlea_L | High | Max | 10.0 | 750 | 851 | 0.00 | 0.0 |
| | | Mean | 5.0 | 360 | 373 | | |
| Brainstem | High | Max | 5.0 | 1200 | 1241 | 0.00 | 0.0 |
| [PTV_1200_T] Shell 1 | High | Max | 20.0 | 500 | 510 | 0.00 | 0.0 |
| Skin | Low | Max | 10.0 | 420 | 716 | 0.00 | 0.0 |

NTO : On (Body) Total Samples: 145,044

DVH Properties | Selected DVH: PTV_1200_T




Nodes: 6 Beams: 6 Segments: 6

Total MU: 2029.1 Min MU/Segment: 129.0 Max MU/Segment: 505.2

Max Dose (cGy): 1394 Estimated Treatment Time Per Fraction (minutes): 12

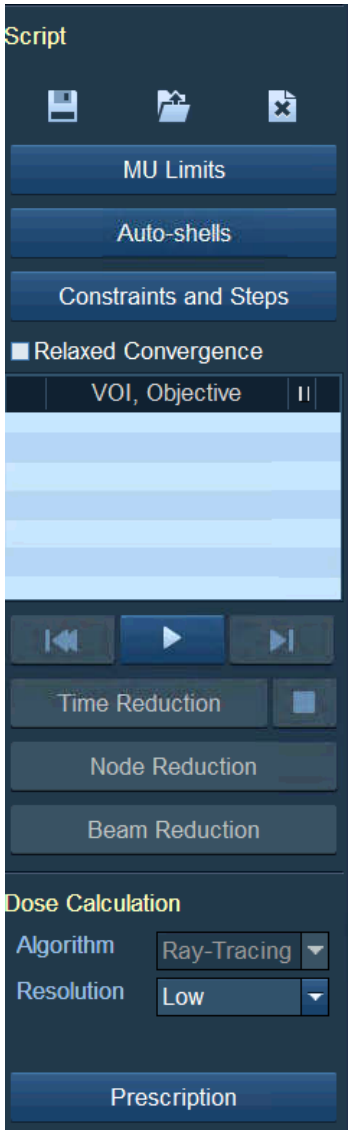
Dose Statistics Table | Dx Vx Values | Plan Information | Dose Points

| Name | Dose (cGy) | Dose (%) | Volume (cm³) | Volume (%) | Criteria (double-click to edit) | # |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PTV_1200_T | **1200** | 86.1 | 0.86 | 96.1 | | |
| GTV | **1200** | 86.1 | 0.73 | 97.8 | | |
| Brain | **1200** | 86.1 | 0.76 | 0.1 | Volume (cm³) < 10.00, Ma... | ✓ |
| Brainstem | **1000** | 71.7 | 0.07 | 0.2 | Volume (cm³) < 0.50 | ✓ |
| Brainstem | 1101 | 79.0 | **0.03** | 0.1 | Dose (cGy) < 1200, Max: ... | ✓ |
| Chiasm | **800** | 57.4 | 0.00 | 0.0 | | |
| OpticNerve_R | **800** | 57.4 | 0.00 | 0.0 | | |
| OpticNerve_L | **800** | 57.4 | 0.00 | 0.0 | | |
| CN_V_L | **1400** | 100.4 | 0.00 | 0.0 | | |
| Cochlea_L | **400** | 28.7 | 0.09 | 41.6 | Dose (cGy) < 400, Max: 9... | ⚠ |

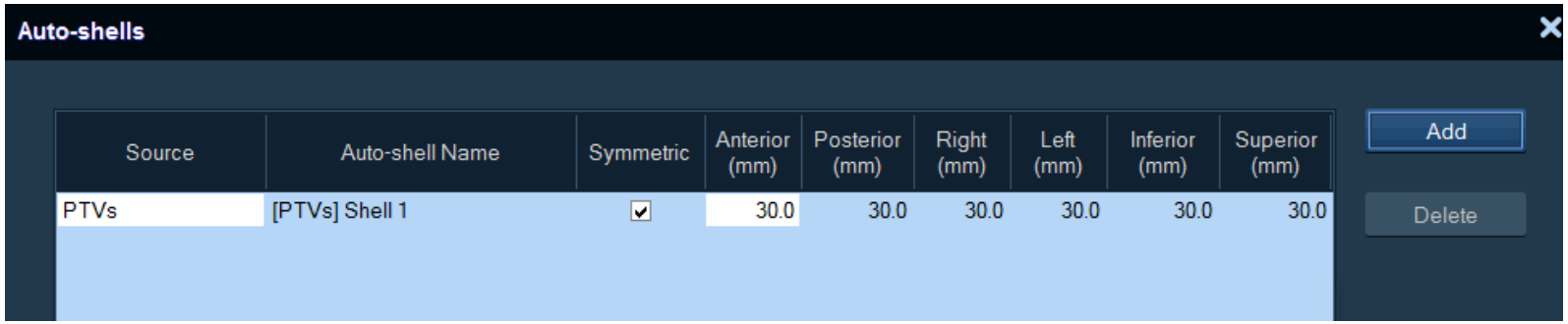
Add | Delete | Move Up | Move Down

# Configuración Secuencial/Isocéntrico

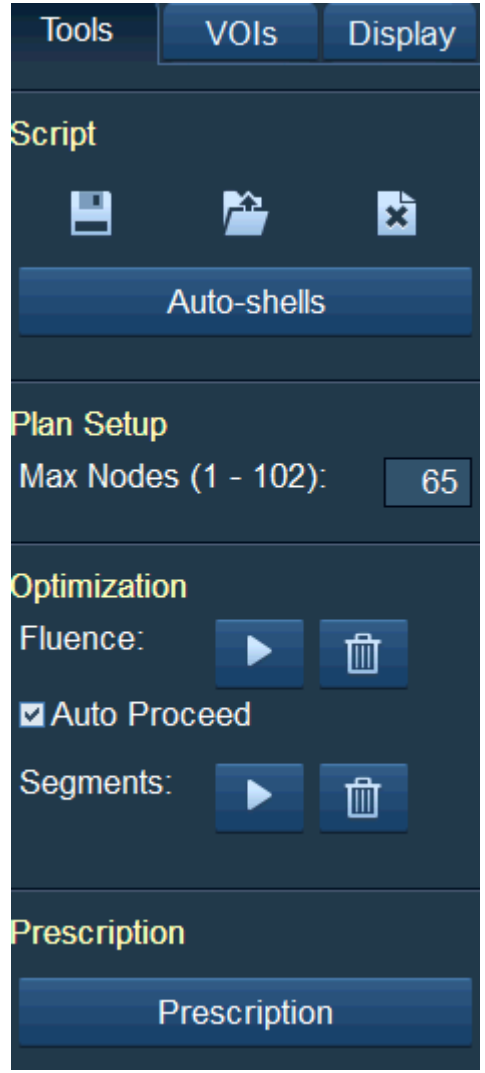
- Selección automática o manual del colimador.
- Límites de UM (total, por haz, por nodo).
- Definición de shells automáticos, restricciones y pasos (steps) de optimización, objetivos para blancos y OAR, puntos de muestreo y resolución de cálculo.
- Para MLC: número máximo de nodos, tipos de plan MLC, márgenes y justificación de lámina.



# Configuración VOLO: Shells, nodos

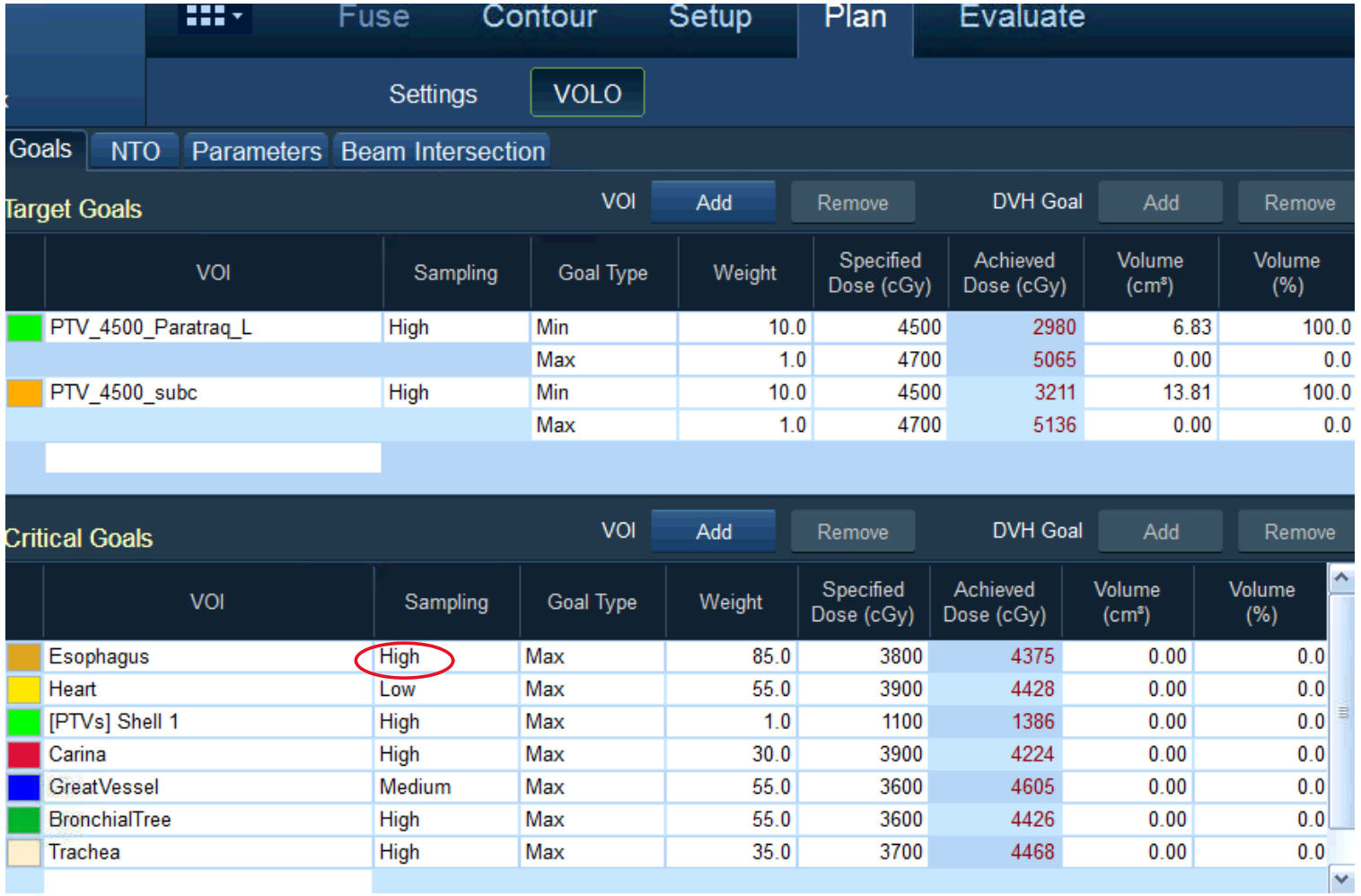



- Los shells son contornos auxiliares de un pixel de grosor que utilizamos para forzar la conformación y evitar altas dosis a distancia
- Se puede seleccionar el número máximo de nodos que conformen el “path” del tratamiento, hay un tope que depende del tipo de colimador
- En MLC aparece por separado el cálculo de fluencia y la creación de los segmentos, aunque se pueden encadenar con “Auto Proceed”



# Configuración VOLO: Objetivos

- Objetivos (goals) para blancos y OAR con su tipo, peso y dosis especificada

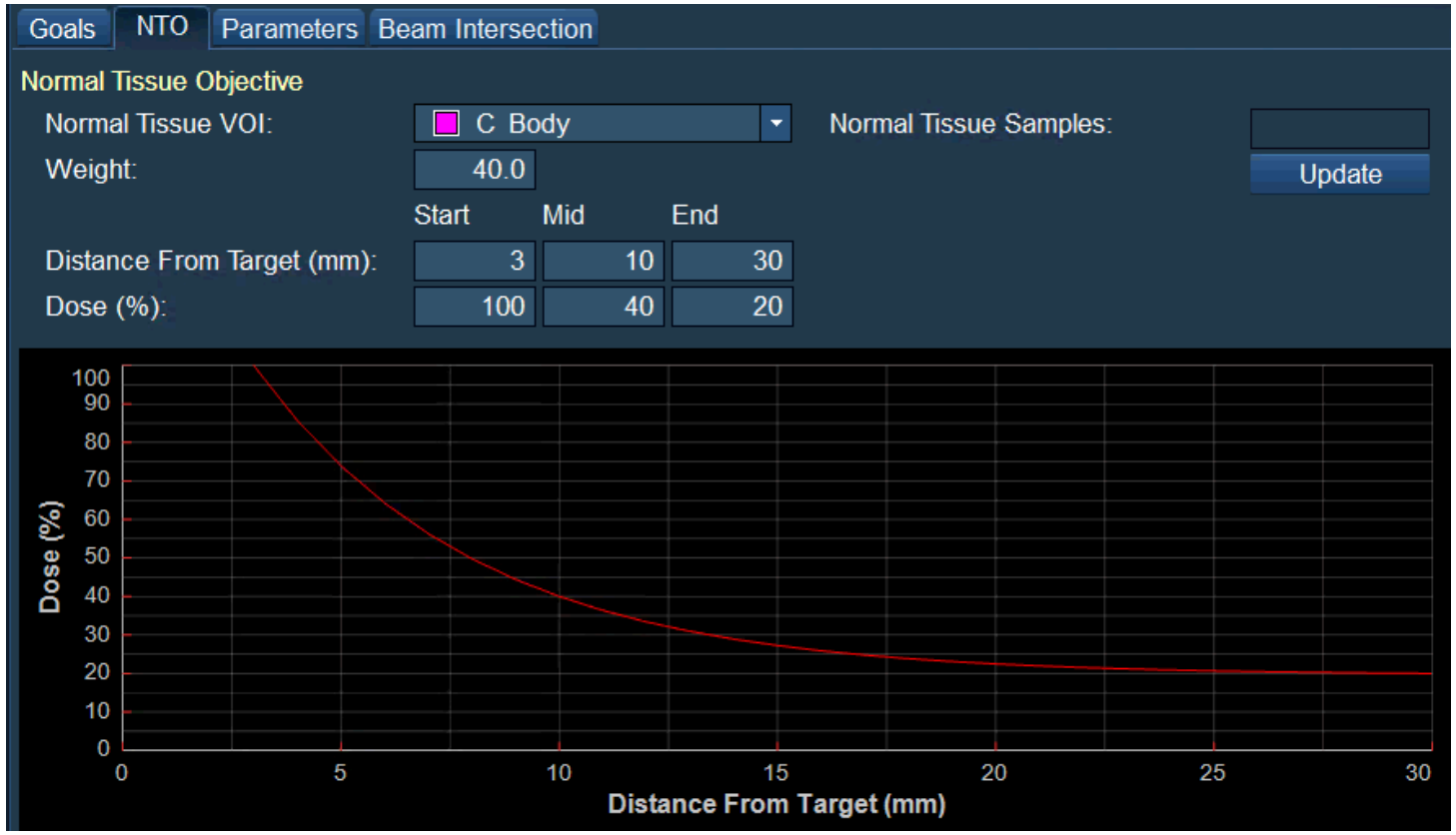



Total Samples: 45,185

El software no tolera que el número de puntos de muestreo sea superior a los 500000

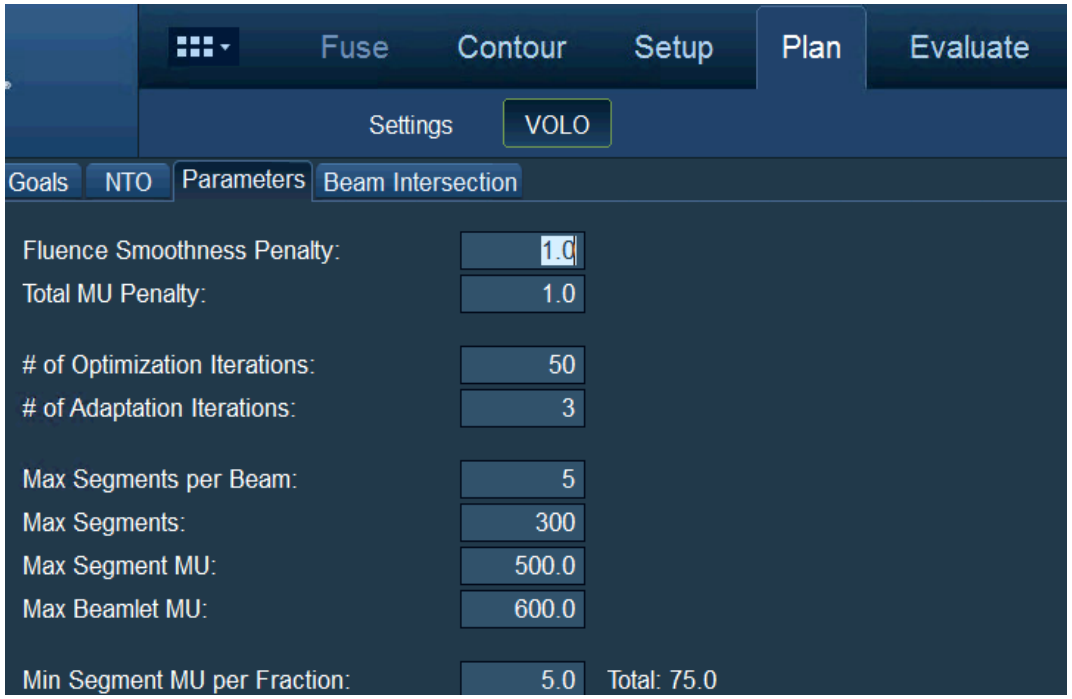
# Configuración VOLO: NTO

- El **NTO (Normal Tissue Objective)** es exclusivo de VOLO y penaliza la dosis en tejido sano circundante de forma continua, a diferencia del enfoque por shells discretos de la Optimización Secuencial.



# Configuración VOLO: Parámetros

MLC




Fijo/Iris




Algunos de estos parámetros tienen límites y valores aconsejados que aparecen en los manuales

# Configuración VOLO: Intersecciones

Podemos indicar si los haces están autorizados a atravesar los distintos OAR contorneados, tres opciones: permitido, nunca y solo haz de salida

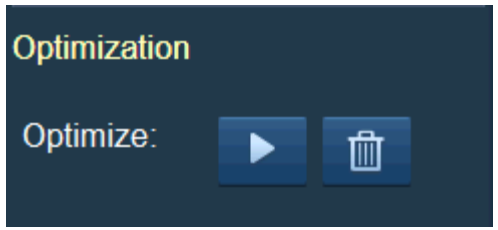
| Name | Intersection |
|---|---|
| Brain | Allowed |
| Brainstem | Allowed |
| OpticNerve_L | Allowed |
| OpticNerve_R | Allowed |
| Chiasm | Allowed |
| Eye_L | Never |
| Eye_R | Never |
| Lens_R | Never |
| Lens_L | Never |
| Cochlea_R | Allowed |
| Cochlea_L | Allowed |
| OralCavity | Allowed |
| SpinalCord | Allowed |
| Pituitary | Allowed |
| body-5 mm | Allowed |
| Dermis | Allowed |
| GTV | Allowed |
| zBlock_1 | Exit Only |
| zBlock_2 | Exit Only |

# Parámetros Secuencial/Isocéntrico vx VOLO

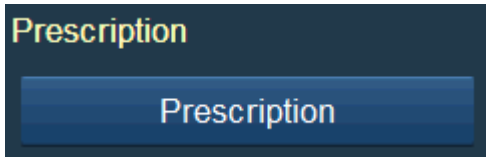
| Parámetro / concepto | Optimización Secuencial (Isocéntrico/Conformal) | VOLO |
|---|---|---|
| **Selección de colimador** | Automática o manual | Automática o manual (todos los colimadores) |
| **Límites de UM** | Total, por haz, por nodo | Total MU Penalty (0–10, def. 1,0); Max Beam MU (100–5000, def. 500); Min Beam MU per Fraction (2–100, def. 2; 5 UM en nuestro centro) |
| **Número de haces/segmentos** | Definido por selección de nodos/colimador | Max Beams (20–500, def. 300) |
| **Iteraciones** | Pasos (steps) de optimización secuenciales | Número de iteraciones de optimización (50–500, def. 50) |
| **Modulación de tejido sano** | Shells automáticos/manuales (discretos) | Shells + NTO (Normal Tissue Objective, penalización continua) |
| **Objetivos de dosis** | Restricciones por VOI, puntos de muestreo | Goals (tipo, peso, dosis) por blanco/OAR |
| **Configuración MLC específica** | Nº máx. de nodos, márgenes y justificación de lámina | Igual + riesgo de "hot dose fingers" si Max Beam MU es excesivo |
| **Motor de cálculo asociado** | RT/FSPB inicial → conversión a MC final | MC puede usarse desde el inicio, o RT/FSPB inicial → MC final |

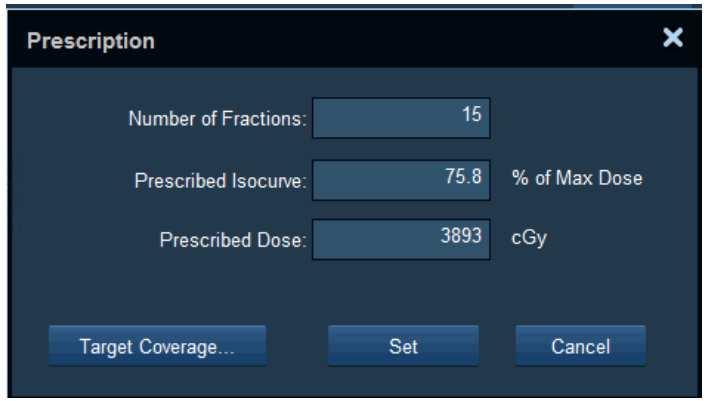
# Cálculo y prescripción

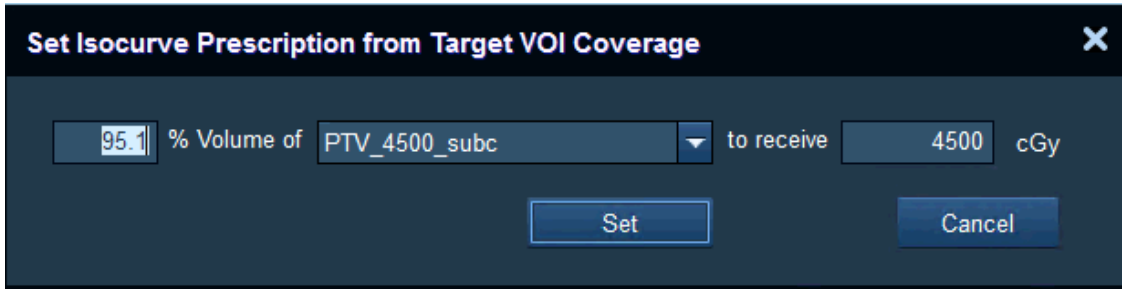
- Una vez seleccionados todos estos parámetros, podemos iniciar el cálculo




- Curiosamente hay que esperar que finalice para introducir la prescripción, y repetirlo después de cada cálculo

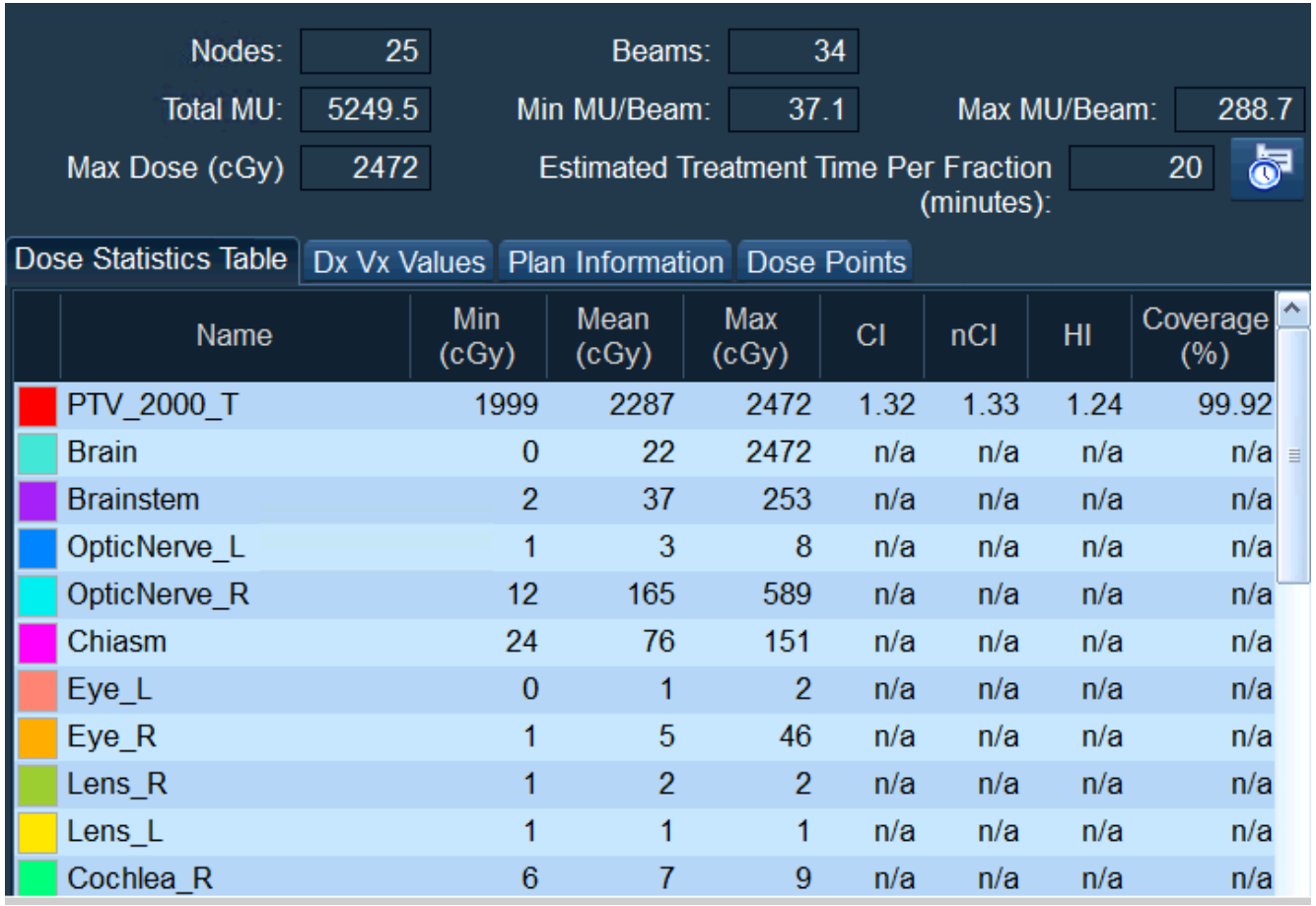


# Información estadística

- Al finalizar el cálculo nos da información sobre el tratamiento: nº de nodos, nº de haces, …
- También una estimación del tiempo total de la fracción, incluyendo la colocación del paciente y la toma de imágenes intrafracción
- También presenta una serie de valores estadísticos de las dosis recibidas por cada uno de los contornos, incluso algunos índices para los PTVs



| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nodes: | 25 | | Beams: | 34 | | | | |
| Total MU: | 5249.5 | | Min MU/Beam: | 37.1 | | Max MU/Beam: | 288.7 | |
| Max Dose (cGy) | 2472 | | Estimated Treatment Time Per Fraction (minutes): | | 20 | | | |

Dose Statistics Table | Dx Vx Values | Plan Information | Dose Points

| Name | Min (cGy) | Mean (cGy) | Max (cGy) | CI | nCI | HI | Coverage (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PTV_2000_T | 1999 | 2287 | 2472 | 1.32 | 1.33 | 1.24 | 99.92 |
| Brain | 0 | 22 | 2472 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Brainstem | 2 | 37 | 253 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| OpticNerve_L | 1 | 3 | 8 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| OpticNerve_R | 12 | 165 | 589 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Chiasm | 24 | 76 | 151 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Eye_L | 0 | 1 | 2 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Eye_R | 1 | 5 | 46 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Lens_R | 1 | 2 | 2 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Lens_L | 1 | 1 | 1 | n/a | n/a | n/a | n/a |
| Cochlea_R | 6 | 7 | 9 | n/a | n/a | n/a | n/a |

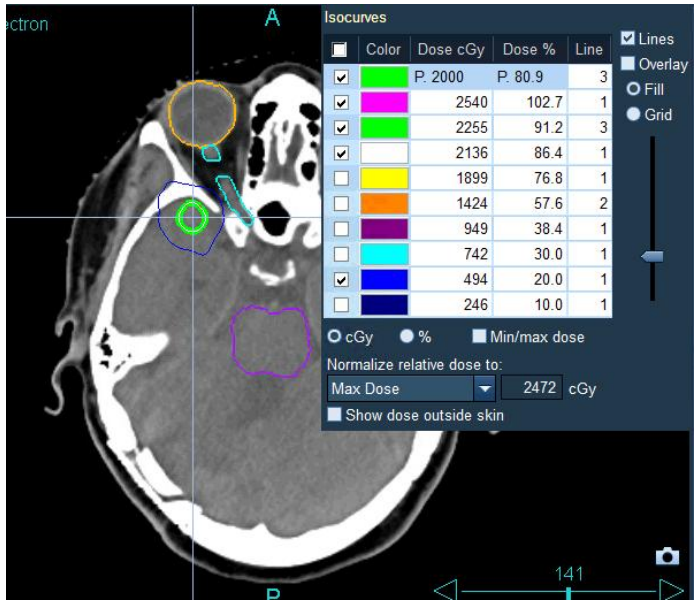
# Verificación de restricciones y “hot dose fingers”

- Revisión de DVH (aparecen los contornos con objetivos) y valores VxDx (metidos a mano).
- Artefacto a vigilar: los **"hot dose fingers"** — picos de dosis focales que pueden aparecer en zonas alejadas del PTV.



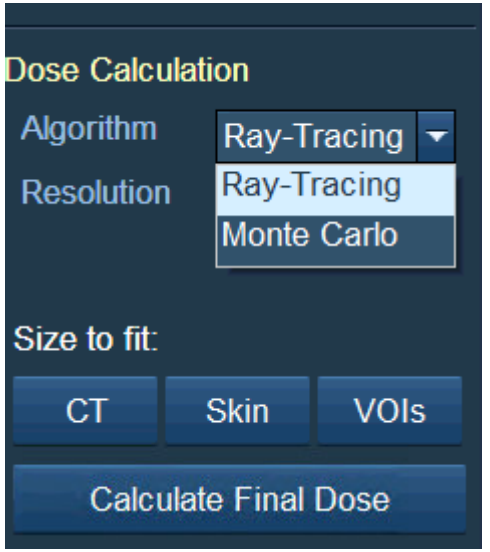

Dose Statistics Table | Dx Vx Values | Plan Information | Dose Points

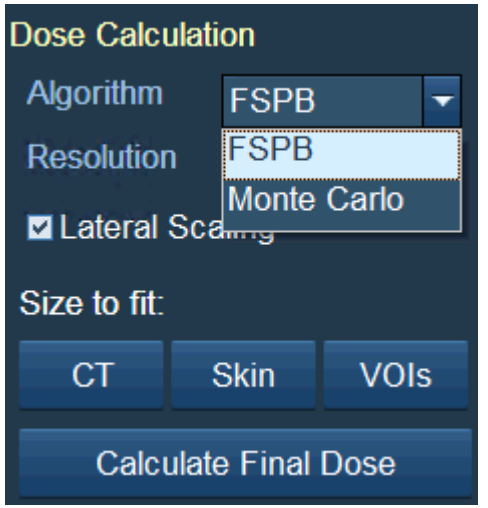
| Name | Dose (cGy) | Dose (%) | Volume (cm³) | Volume (%) | Criteria (double-click to edit) | # |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PTV_2000_T | **2000** | 80.9 | 0.51 | 100.0 | Volume (%) >= 100.0 | ✓ |
| OpticNerve_R | **800** | 32.4 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.04 | ✓ |
| OpticNerve_R | **1000** | 40.5 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.10 | ✓ |
| OpticNerve_L | **800** | 32.4 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.04 | ✓ |
| OpticNerve_L | **1000** | 40.5 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.10 | ✓ |
| Chiasm | **800** | 32.4 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.04 | ✓ |
| Chiasm | **1000** | 40.5 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.10 | ✓ |
| Brain | **1200** | 48.5 | 2.07 | 0.2 | Volume (cm³) <= 10.00 | ✓ |
| Brainstem | **1000** | 40.5 | 0.00 | 0.0 | Volume (cm³) <= 0.50 | ✓ |
| Eye_L | **200** | 8.1 | 0.00 | 0.0 | Dose (cGy) <= 200 | ✓ |



# Cálculo final: de RT/FSPB a Monte Carlo

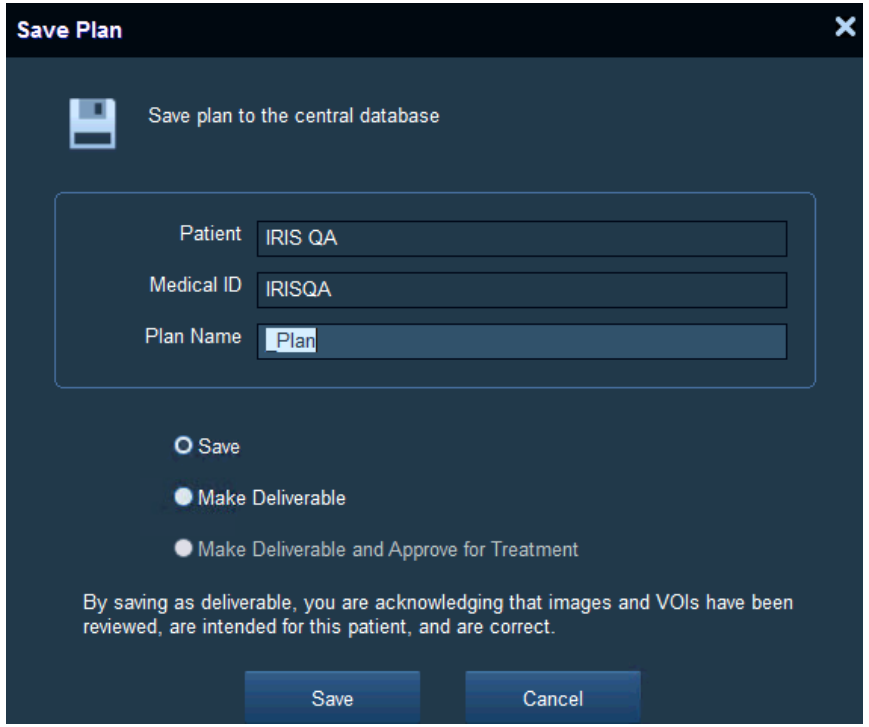
- Estrategia habitual: optimizar primero con RT o FSPB, manteniendo un número elevado de haces/segmentos con UM no nula, y **recalcular con Monte Carlo solo al final**, ya que la optimización Monte Carlo solo actúa sobre los haces/segmentos que sobrevivieron a la poda del algoritmo rápido.
- Con VOLO, Monte Carlo puede seleccionarse directamente como algoritmo de cálculo desde el inicio, sin necesidad de un plan previo en RT/FSPB.
- También podemos cambiar la caja de cálculo para que incluya todo el paciente o solo una parte
- Después de este cálculo final hemos de volver a prescribir la dosis y revisar los parámetros dosimétricos y la aparición de “hot dose fingers”



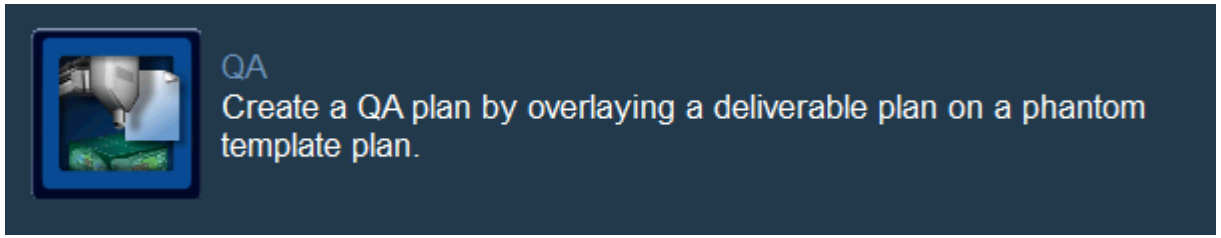



# Aprobación y exportación

- El plan solo puede pasar a "Deliverable" (administrable) si se cumplen condiciones como: *align center* confirmado, cálculo de dosis en resolución media/alta realizado, ausencia de inconsistencias (p. ej. haces con UM por debajo del mínimo administrable, plan de fiduciales sin fiduciales identificados, segmentos MLC no válidos).
- **La aprobación del plan por parte del médico (oncólogo radioterápico) es obligatoria** antes de exportar o generar el plan de QA: la aprobación requiere usuario y contraseña específicos, además de indicar el código ICD10, solo entonces el plan queda disponible para tratamiento.
- Opcionalmente (política MITA, activable en el sistema), se puede exigir una **segunda aprobación por parte del radiofísico**; el propio software no verifica automáticamente que el plan de QA se haya realizado o superado, solo registra la aprobación del físico.
- No es necesario exportar los datos, ya que se guardan en una red compartida (como en Aria)



# Plan QA




Elegimos el plan aprobado, un fantoma y una plantilla según el tipo de colimador

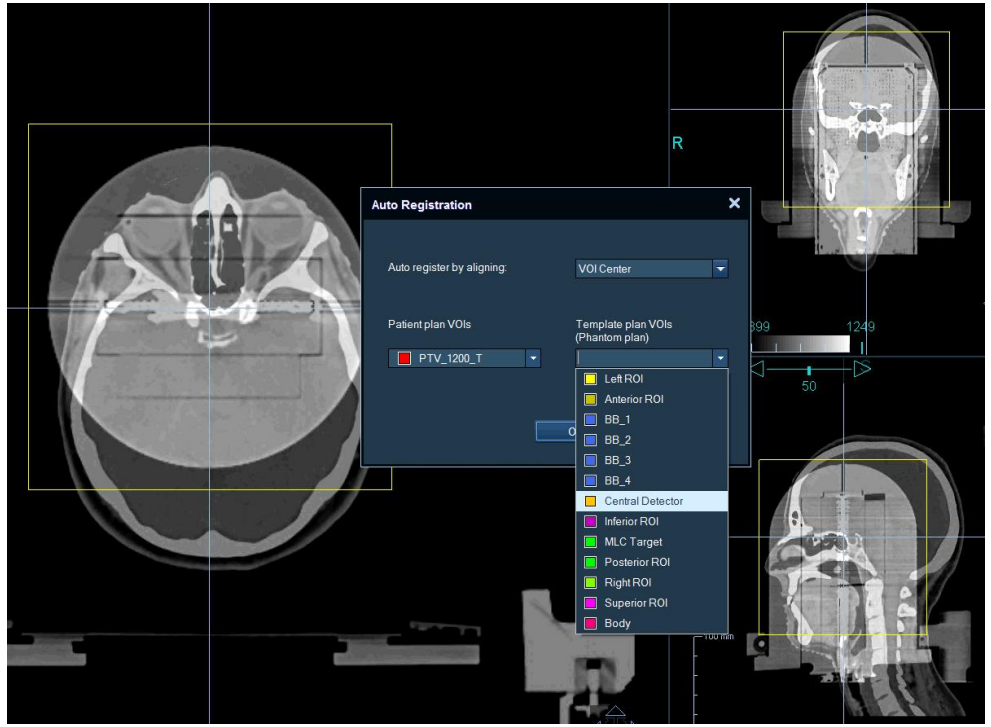
| Last Name | First Name | Medical ID | Gender | Birth Date | Type |
|---|---|---|---|---|---|
| AQA | AQA | 00000009 | Unspecified | 28 Nov 1992 | Phantom |
| CK_Cabeza | Phantom | _93524 | Unspecified | 12 Dec 2003 | Phantom |
| CK_CABEZA_2025 | PHANTOM | _21042025 | Unspecified | 21 Apr 2005 | Phantom |
| Mapcheck | SRS | 000010 | Unspecified | 01 Jan 2001 | Phantom |
| PINPOINT | DQA | 0000000008 | Unspecified | 25 Nov 1990 | Phantom |
| QA | IRIS | IRISQA | Unspecified | 01 Jan 2000 | Phantom |
| RESPIRATORIO | PULMON | 00010010001 | Unspecified | 01 Jan 1954 | Phantom |
| SANZ MARTINEZ | ANA BELEN | ES127373 | Female | 01 Jan 1970 | Patient |

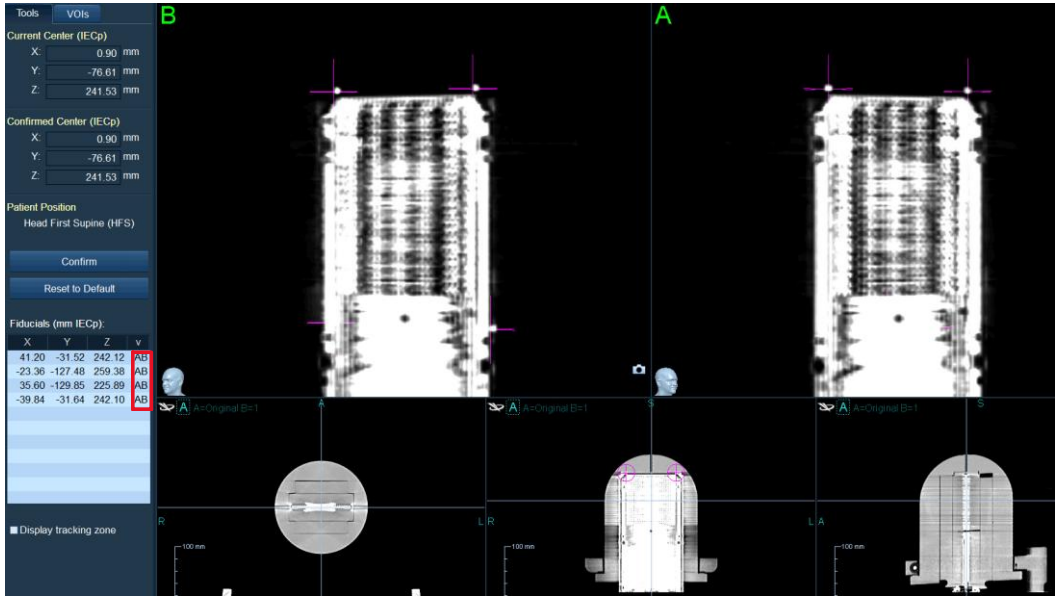
Select Plan

| Plan Name | Treatment Machine | Rx Dose (cGy) | Type | Status | Mode | Last Saved (hr:min:sec) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IRIS_QA | C0498 | 1208 | Standard | Under-treatment | Iris Fiducial | 03 Apr 2024, 04:12:35 PM |
| Fixed_Iris_PatientQA | C0498 | 1011 | Standard | Deliverable | Fixed Fiducial | 15 Mar 2024, 01:33:32 PM |

# Plan QA

- Alineamos el detector central del fantoma con el volumen blanco



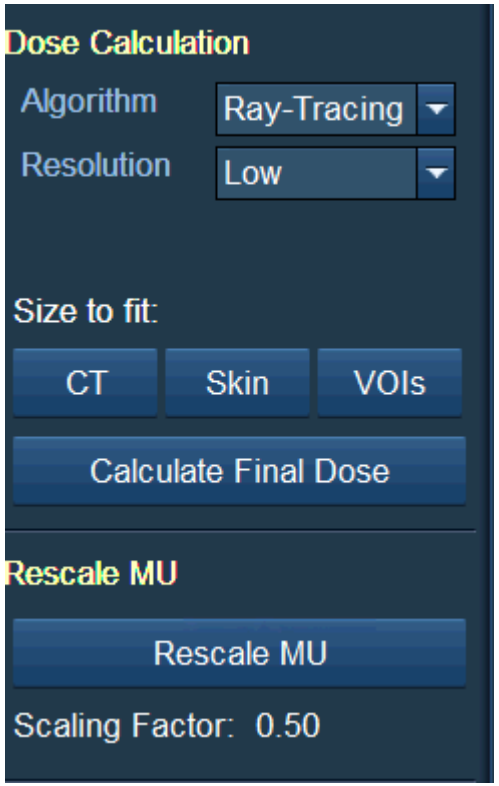

- Verificamos/ajustamos para que se pueda ver con las dos cámaras de Rx

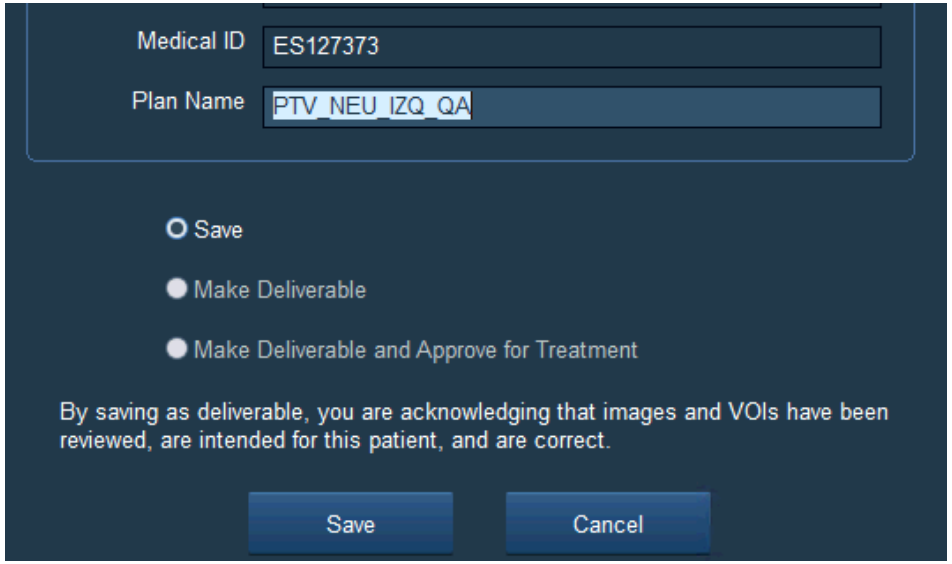
Fiducials (mm IECp):

| X | Y | Z | v |
|---|---|---|---|
| 41.20 | -31.52 | 242.12 | AB |
| -23.36 | -127.48 | 259.38 | AB |
| 35.60 | -129.85 | 225.89 | AB |
| -39.84 | -31.64 | 242.10 | AB |

# Plan QA

- Elegimos el algoritmo de cálculo y la resolución, además de la rejilla antes de lanzar el cálculo final de la dosis
- Podemos re-escalar el plan obtenido para reducir el tiempo
- Guardamos como “Deliverable”

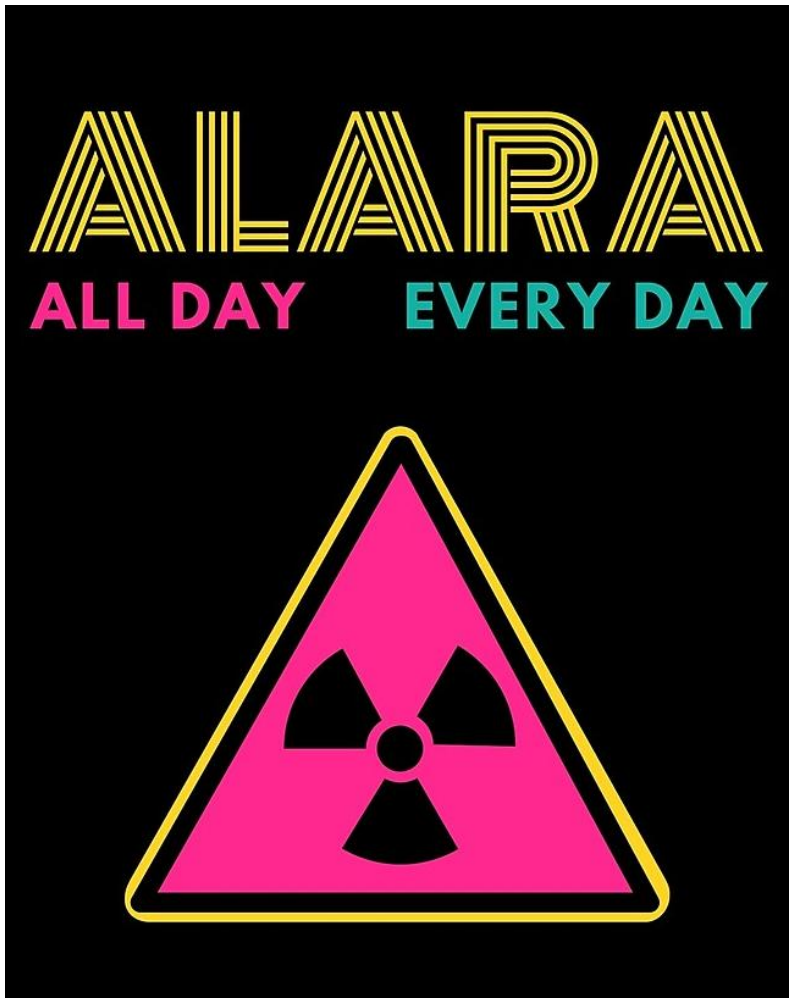


# Conclusiones

- El comisionado establece la fiabilidad del cálculo frente a datos de referencia, de forma independiente para Ray Tracing, FSPB y Monte Carlo.
- El flujo de planificación en Precision combina decisiones clínicas (patología, método de seguimiento, colimador) con decisiones físicas (algoritmo de optimización y de cálculo).
- La verificación experimental específica de paciente cierra el ciclo, confirmando que lo planificado es lo que efectivamente se administra.


MUCHAS
GRACIAS
POR
SU
ATENCION
KeepCalmAndPosters.com


ALARA
ALL DAY
EVERY DAY