



# Haz clínico en el RA6: Diseño y Caracterización

Juan M Longhino, GIN – CAB – CNEA  
longhino@cab.cnea.gov.ar

Dosimetría experimental  
Diseño y caracterización computacional

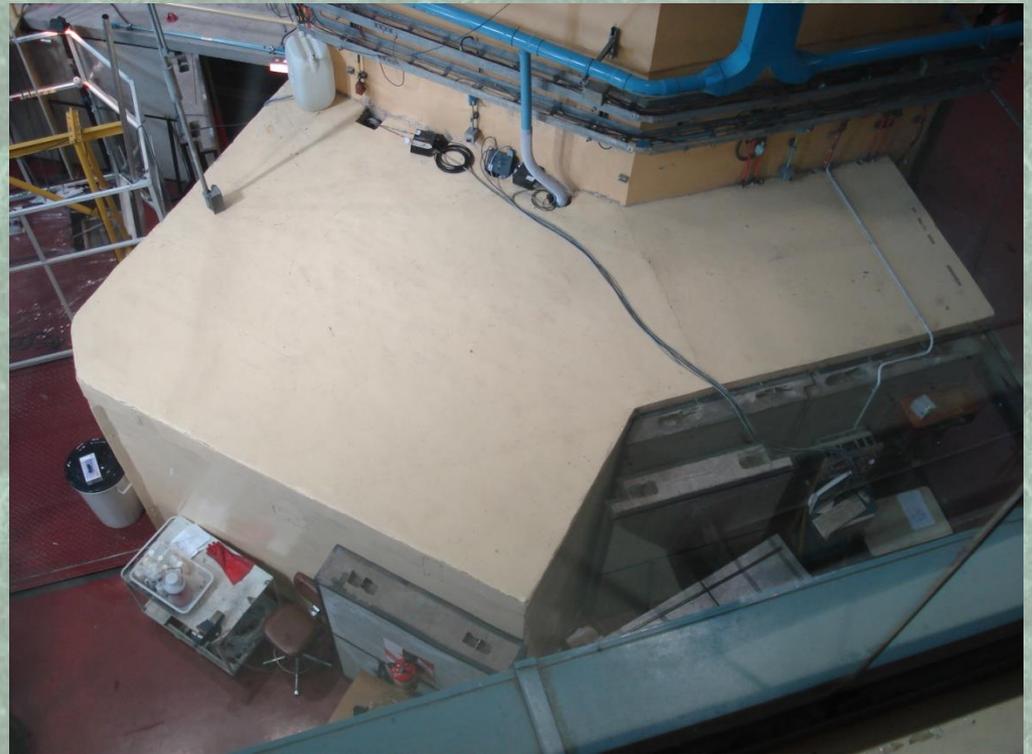


# Reactor de Investigación RA-6

- Pileta abierta, tipo MTR
- Hasta el 2007: 500 kW, U235 al 90%
- Desde el 2009: 1 MW (3 MW por diseño), U235 al 20%



Antigua columna térmica

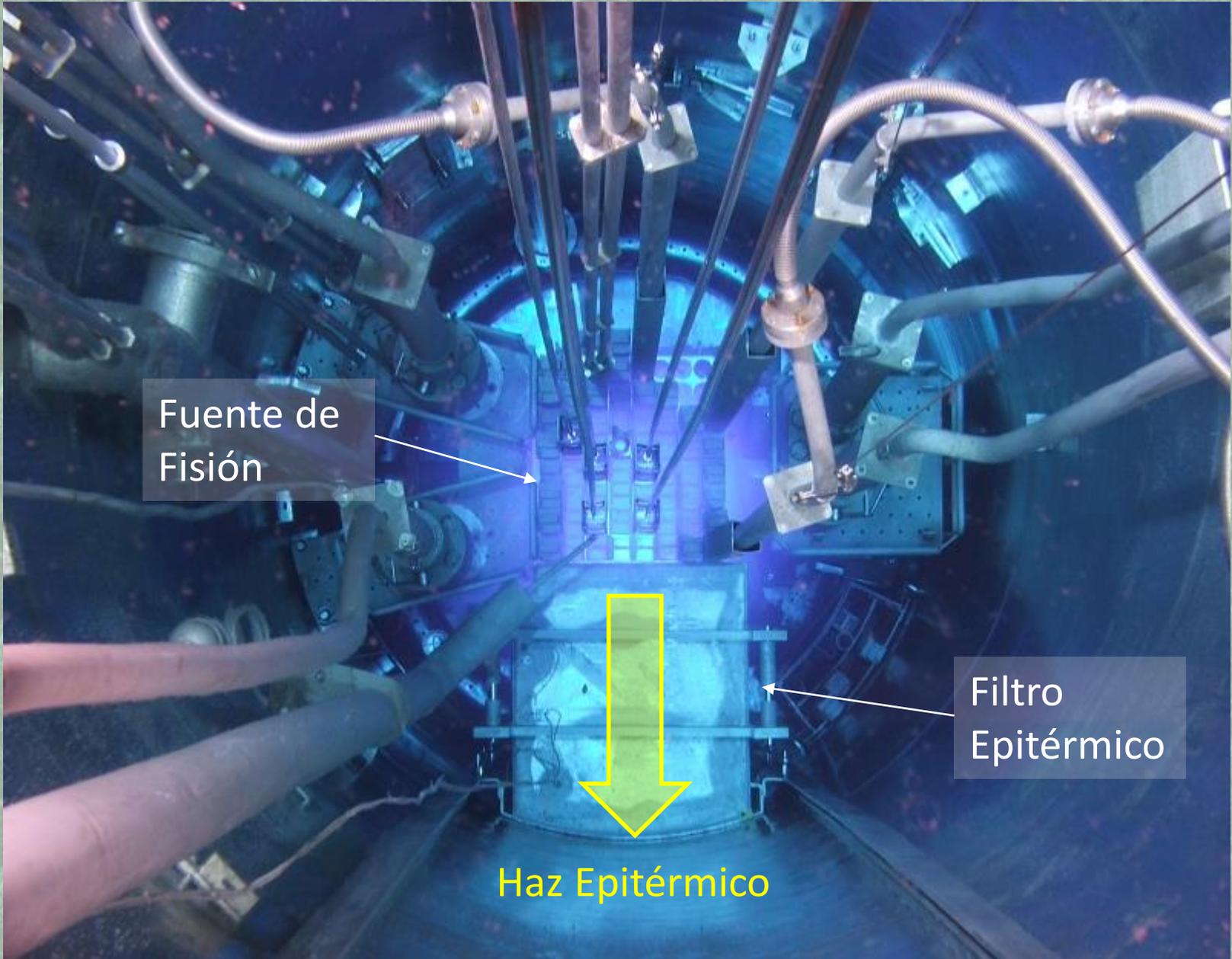


Facilidad de BNCT



- Luego del proyecto UBERA6 (2007-2009), se diseñó e implementó el actual Haz B2 (Hipertérmico) de BNCT.
- El Haz consta de dos etapas: Externa e interna.
- (Modelado/Diseño con MCNP5 v1.6)

- La etapa interna consiste en un filtro de grandes dimensiones, compuesto de **Aluminio** y **Óxido de Aluminio y Cadmio**.
- Esta composición de materiales conforma un **FILTRO EPITÉRMICO**.
- El filtro fue instalado en 1998.

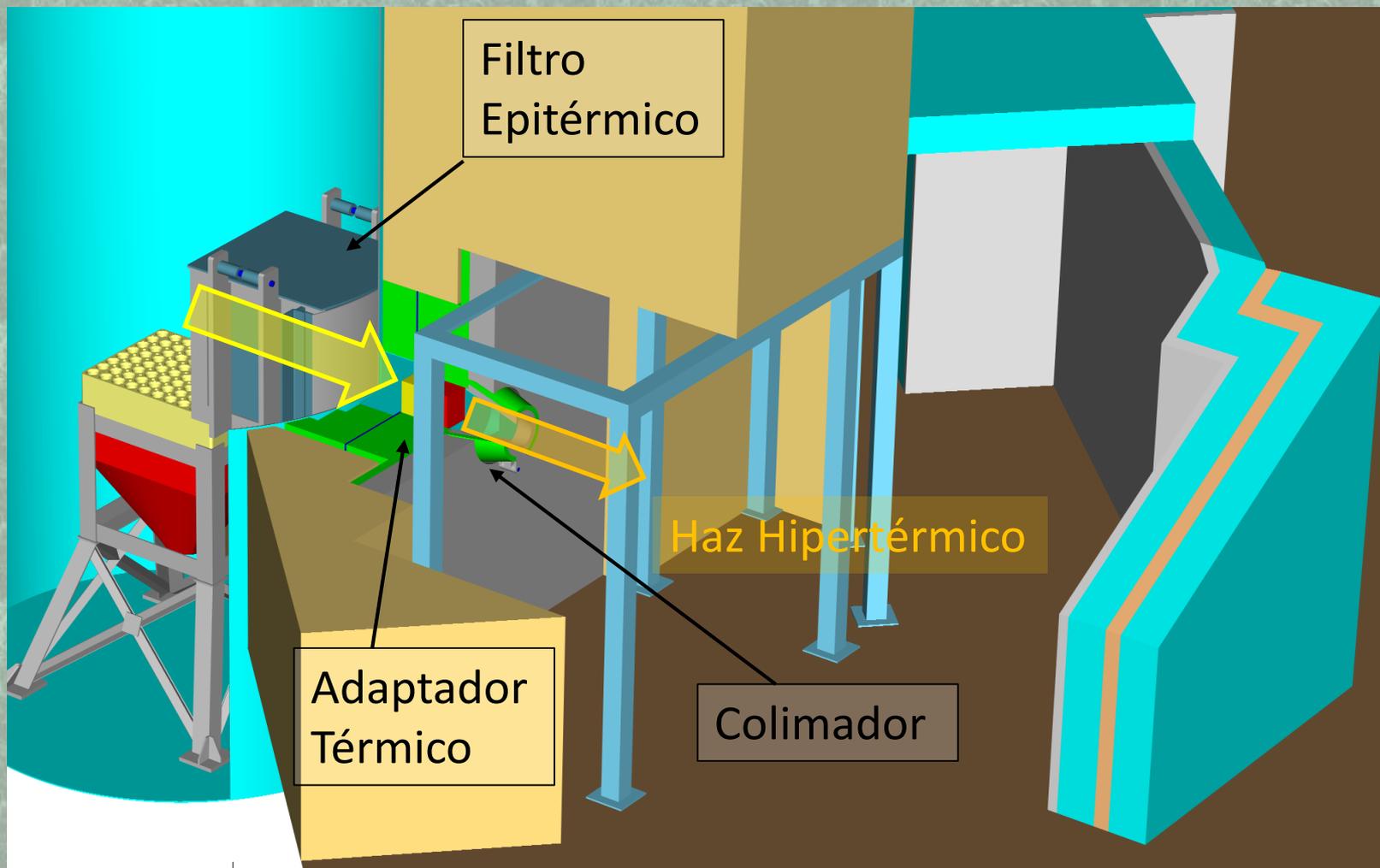


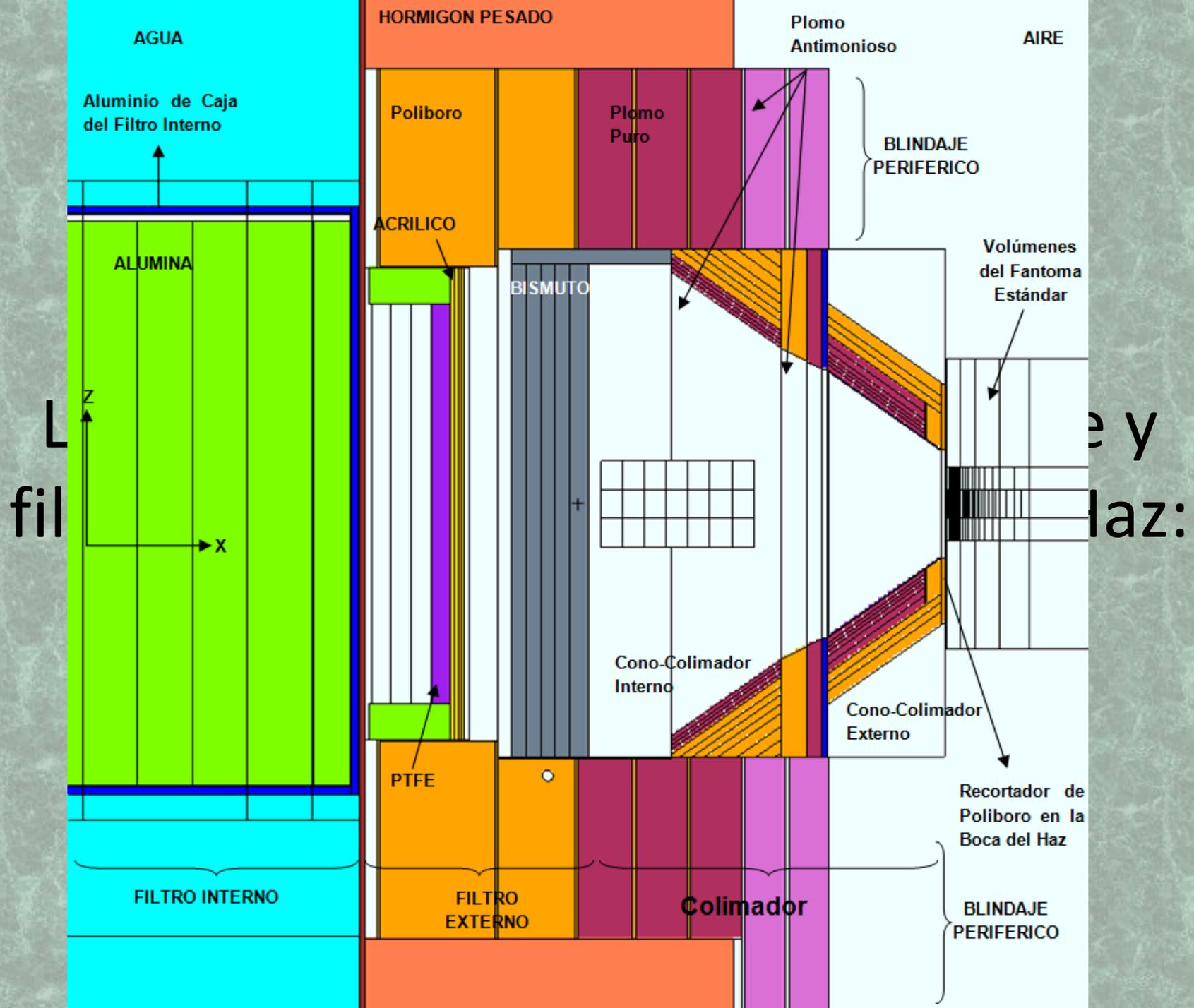
Fuente de Fisión

Filtro Epitérmico

Haz Epitérmico

- El Haz B2 provee intensidades de flujo neutrónico **térmico** y **epitérmico** similares, proveyendo un máximo térmico a 1cm de profundidad en material hidrogenado.
- Esta composición espectral se logra mediante filtrado del Haz Epitérmico base en placas de PTFE y Acrílico, blindadas con bismuto.
  - (Diseño con MCNP5 v1.6)





# Actual Haz de BNCT – Haz B2 (desde 2014)

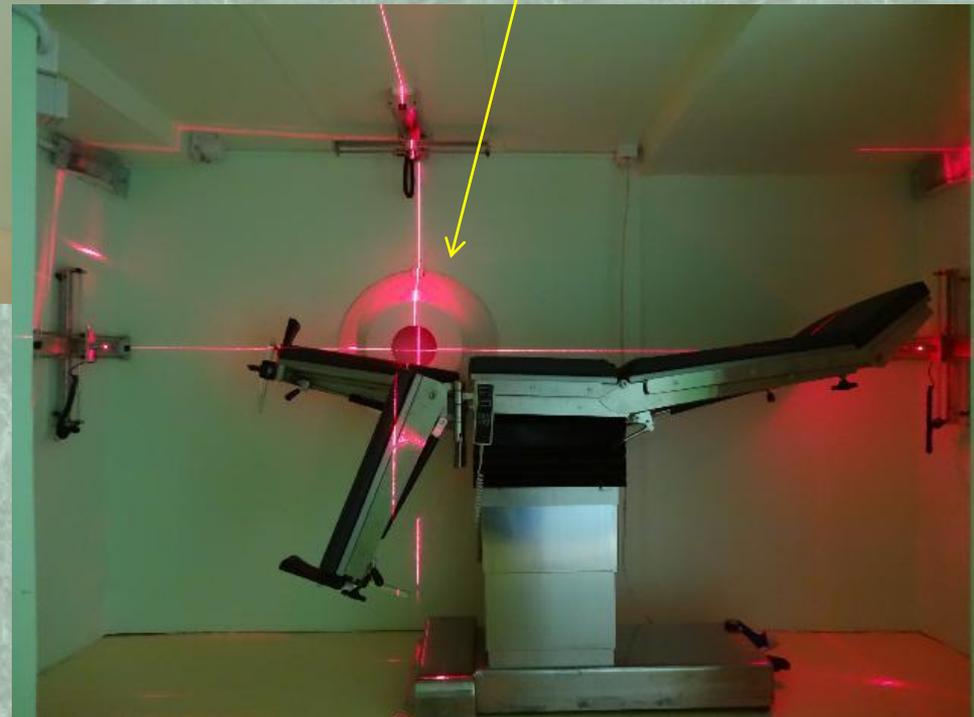


3 m ancho.

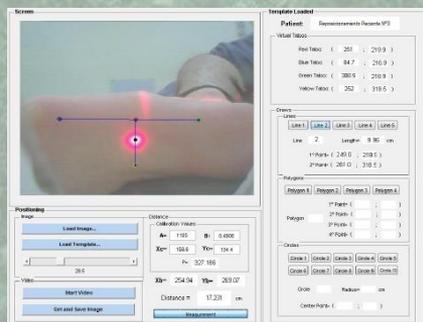
Cono protuberante de 15 cm.

Camilla electromecánica.

Sistema de láseres de posicionamiento y marcación.



Sistema de visualización interno.



# Caracterización experimental

- Ámbitos:
  - Caracterización Libre en aire.
  - Caracterización en Fantoma Estándar de agua (40x40x20cm<sup>3</sup>).
- Métodos:
  - Medición de flujos neutrónicos:
    - Detectores de activación Oro-Cobre mediante el método de dos materiales para la medición de Flujos Térmico y Epitérmico.
    - Detectores de Threshold de Indio para la medición de Flujos Rápidos.
  - Medición de componentes de dosis:
    - Separación de componentes de dosis (Dosis de fotones y Dosis de neutrones No-Térmicos), previa medición de flujo térmico, mediante Cámaras de Ionización Apareadas (Cámaras FTW de Grafito y Tejido equivalente, IC-18g y IC-18 respectivamente).





Hojuela de Au puro

Alambre de Au puro

Hojuela de In

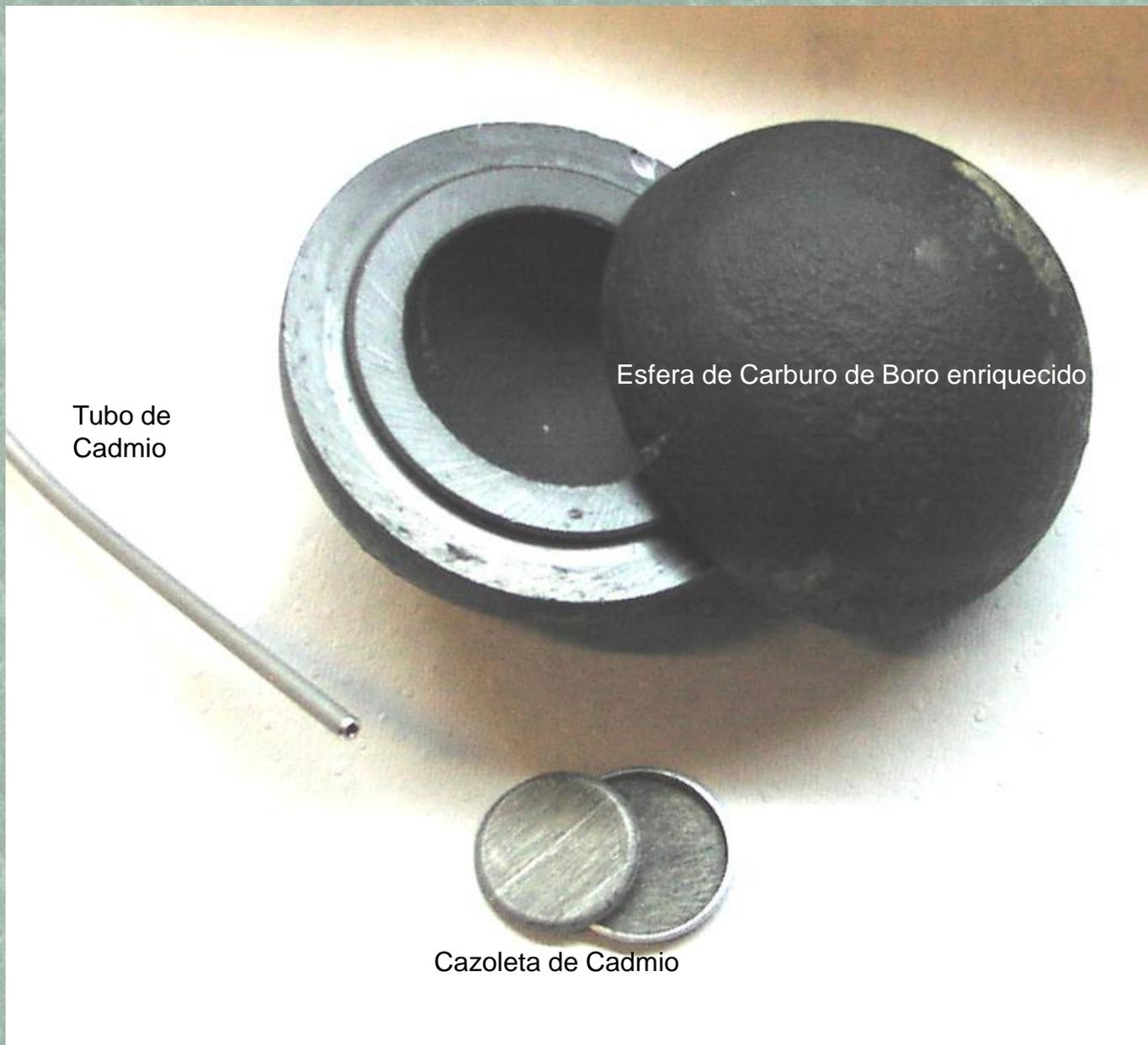
Alambre de Mn/Cu

Hojuela de Au/Al

Alambre de Au/Cu

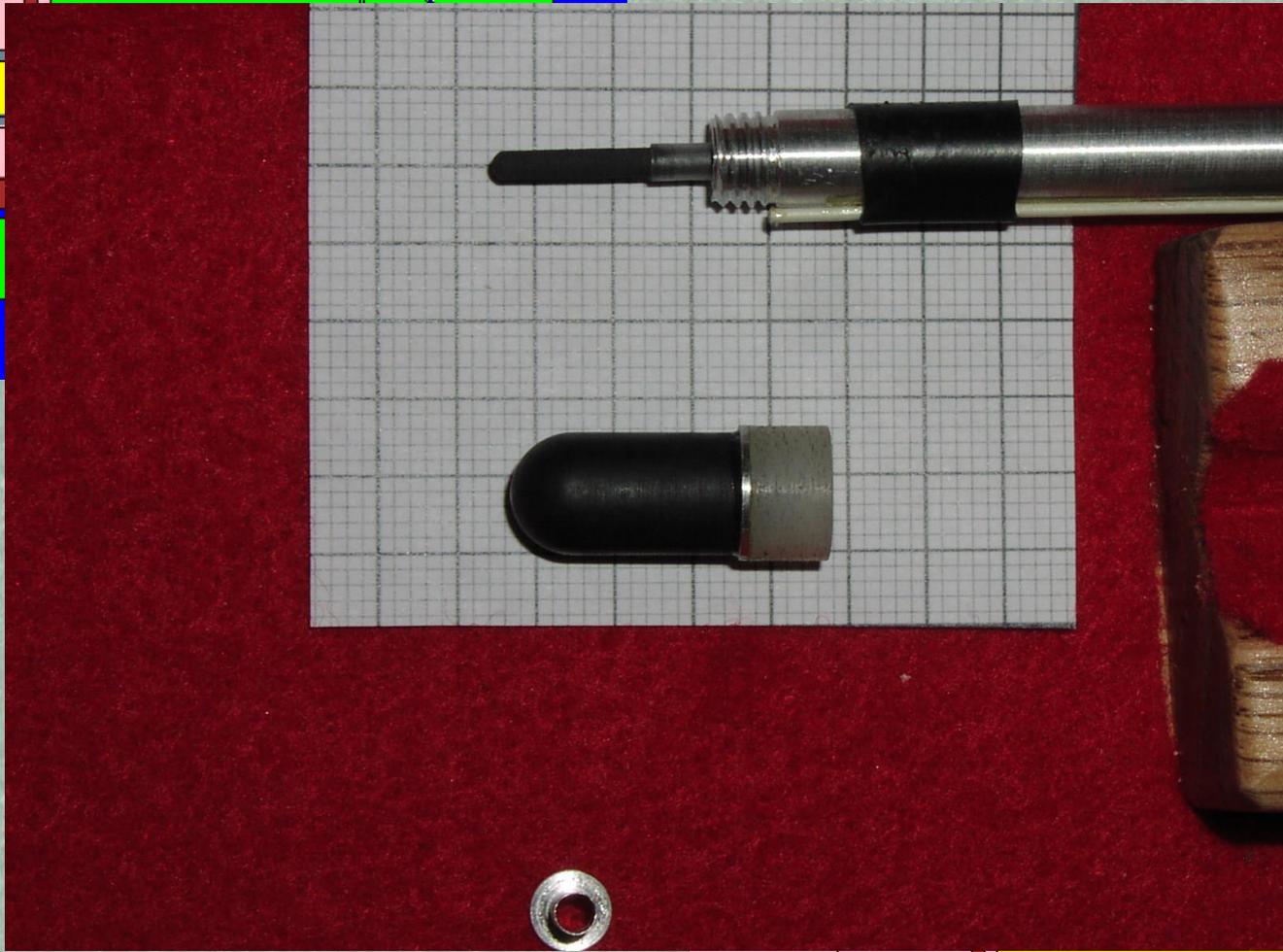
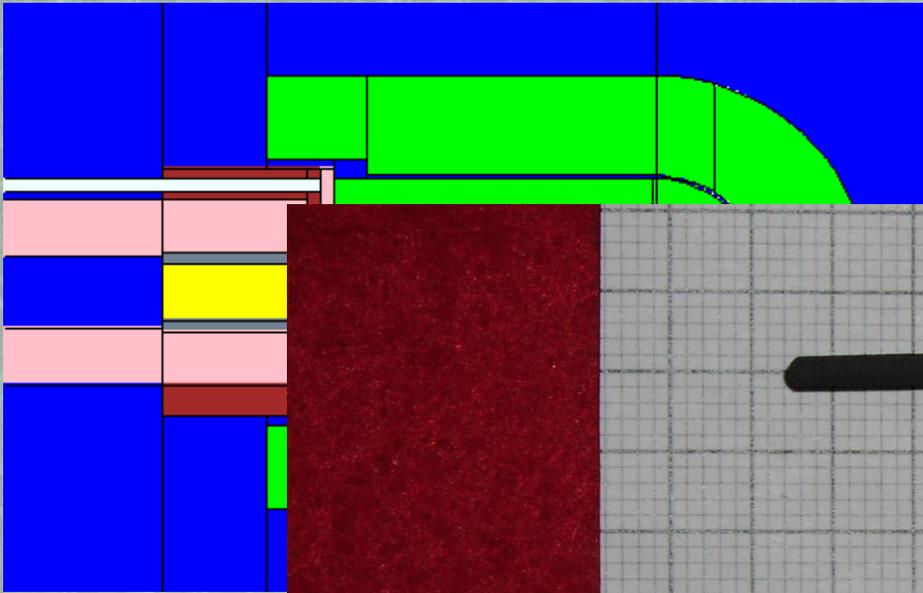
Alambre de Au/Al

Detectores de activación rutinariamente utilizados en tareas de BNCT.

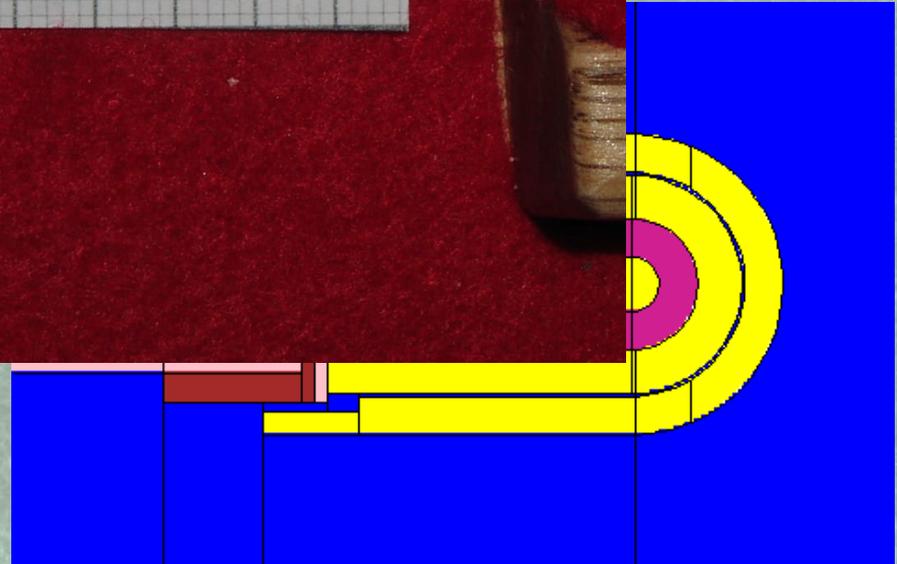


Coberturas utilizadas con los detectores de activación.

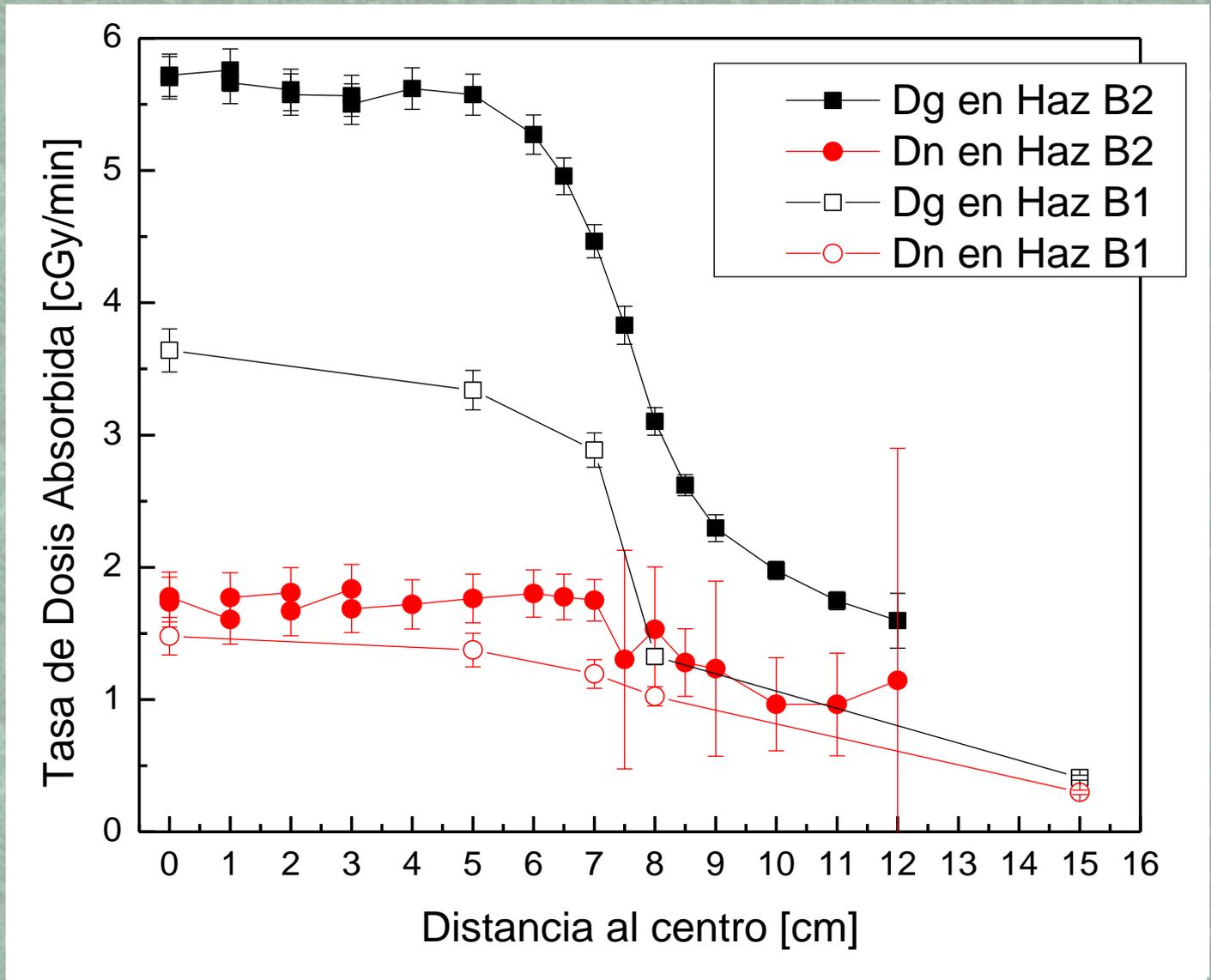
Modelo de cálculo MCNP de la CI C(CO<sub>2</sub>), en vacío, con CAP de grafito incluido.



Modelo de cálculo MCNP de la CI TE(TE), en vacío, con CAP de TE incluido.

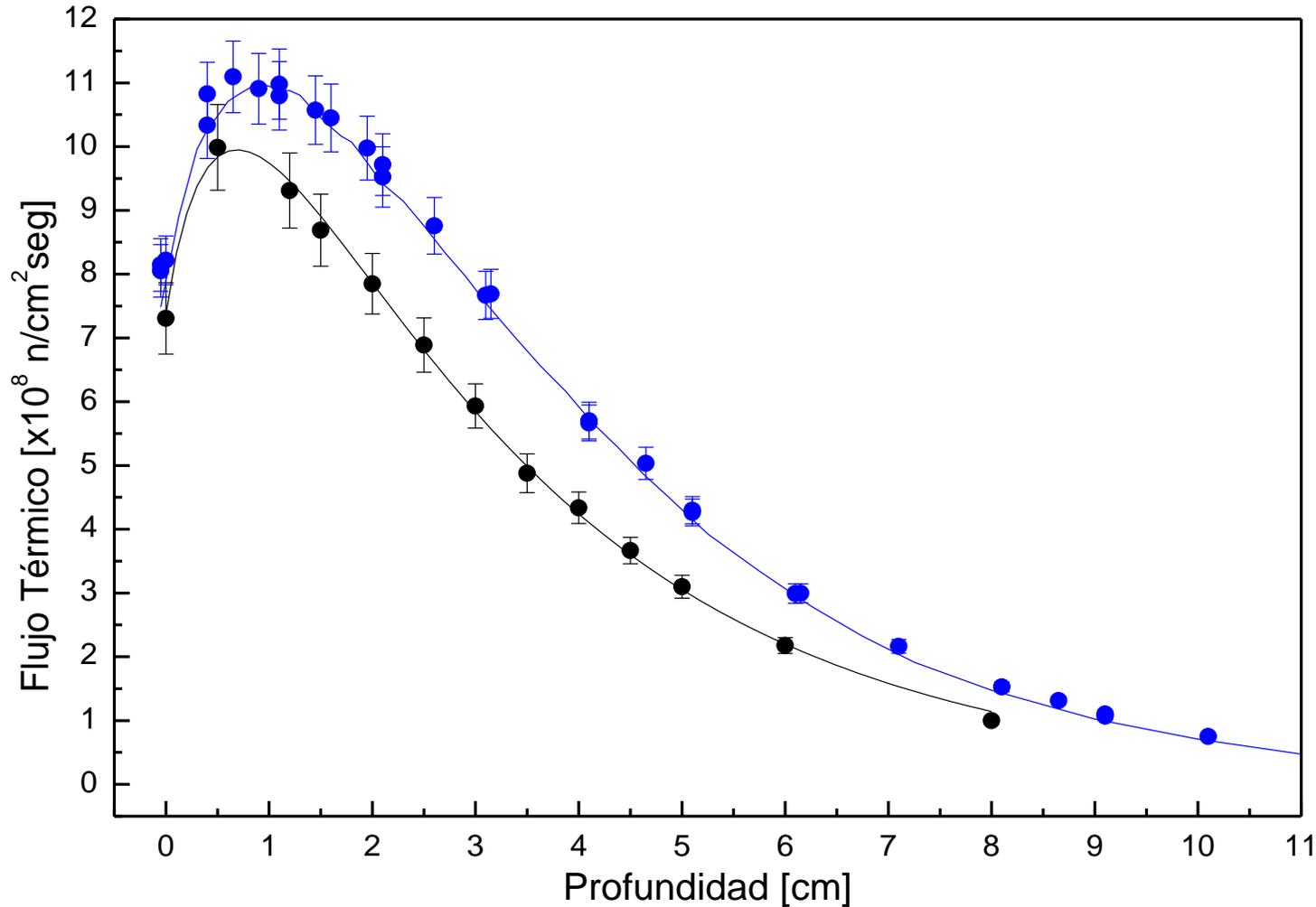


# Caracterización y Comparación B2/B1

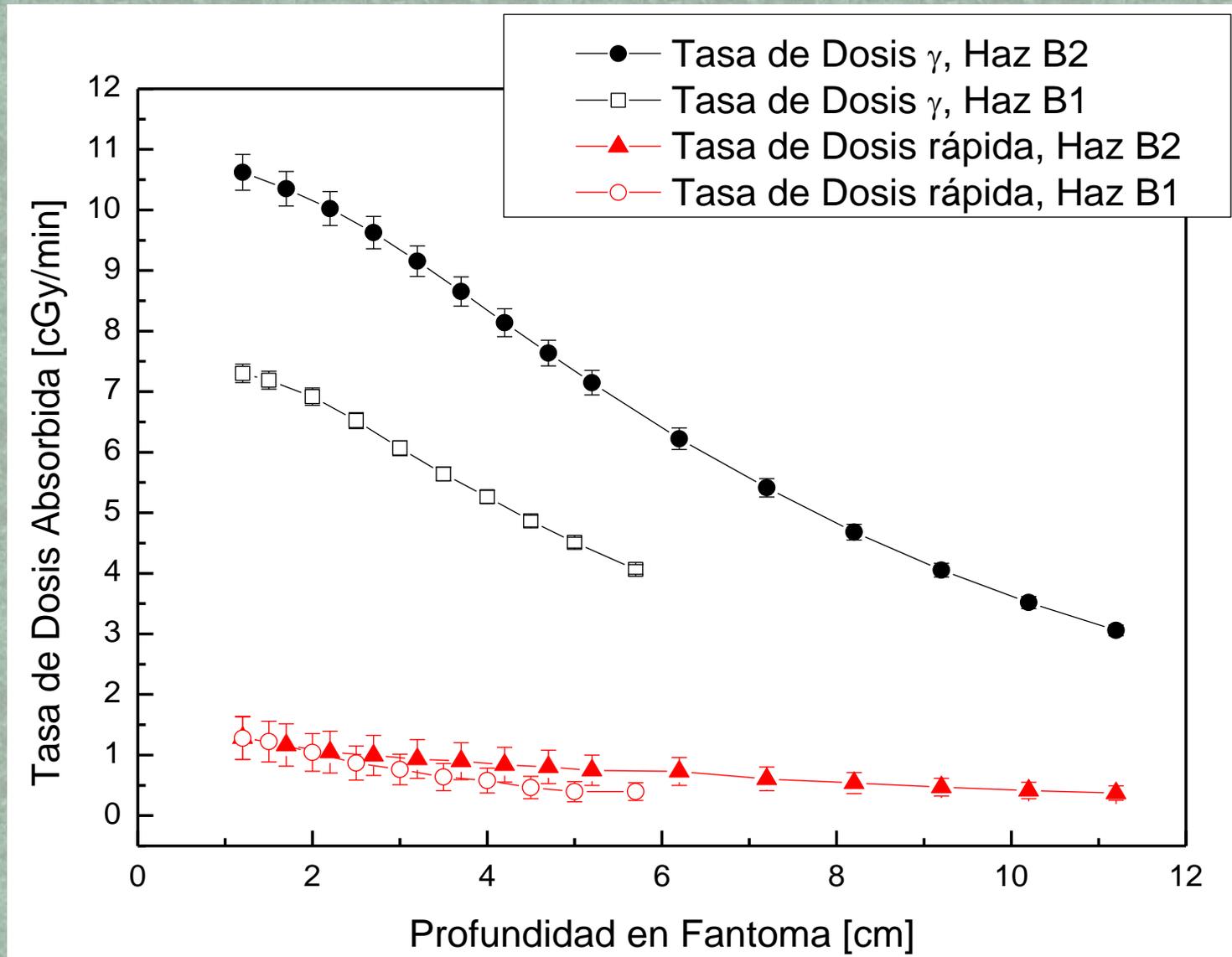


# Caracterización y Comparación B2/B1:

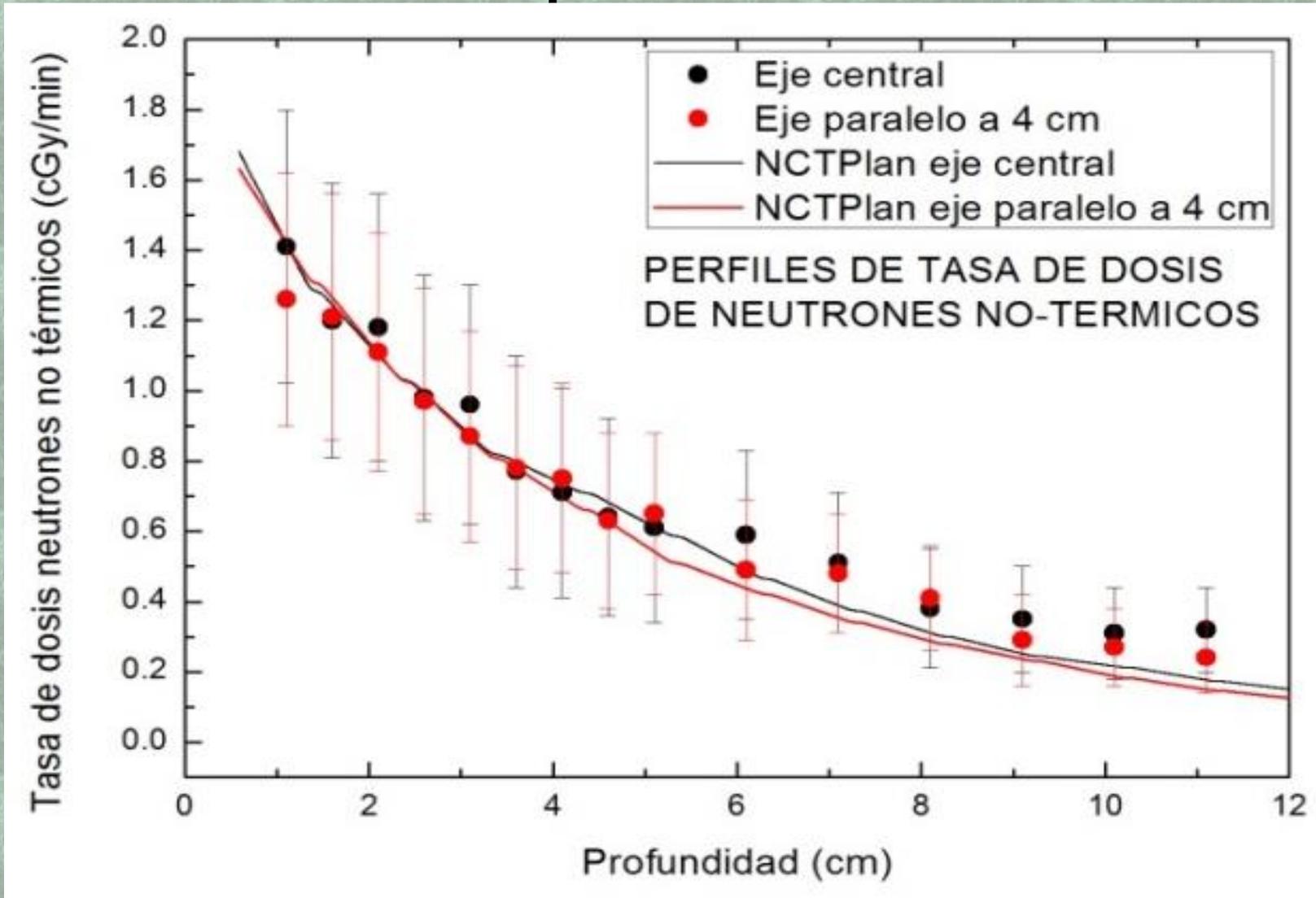
- Flujo Térmico en el Eje central del Fantoma de Referencia, con Haz B1
- Flujo Térmico en el Eje central del Fantoma de Referencia, con Haz B2



# Caracterización y Comparación B2/B1:



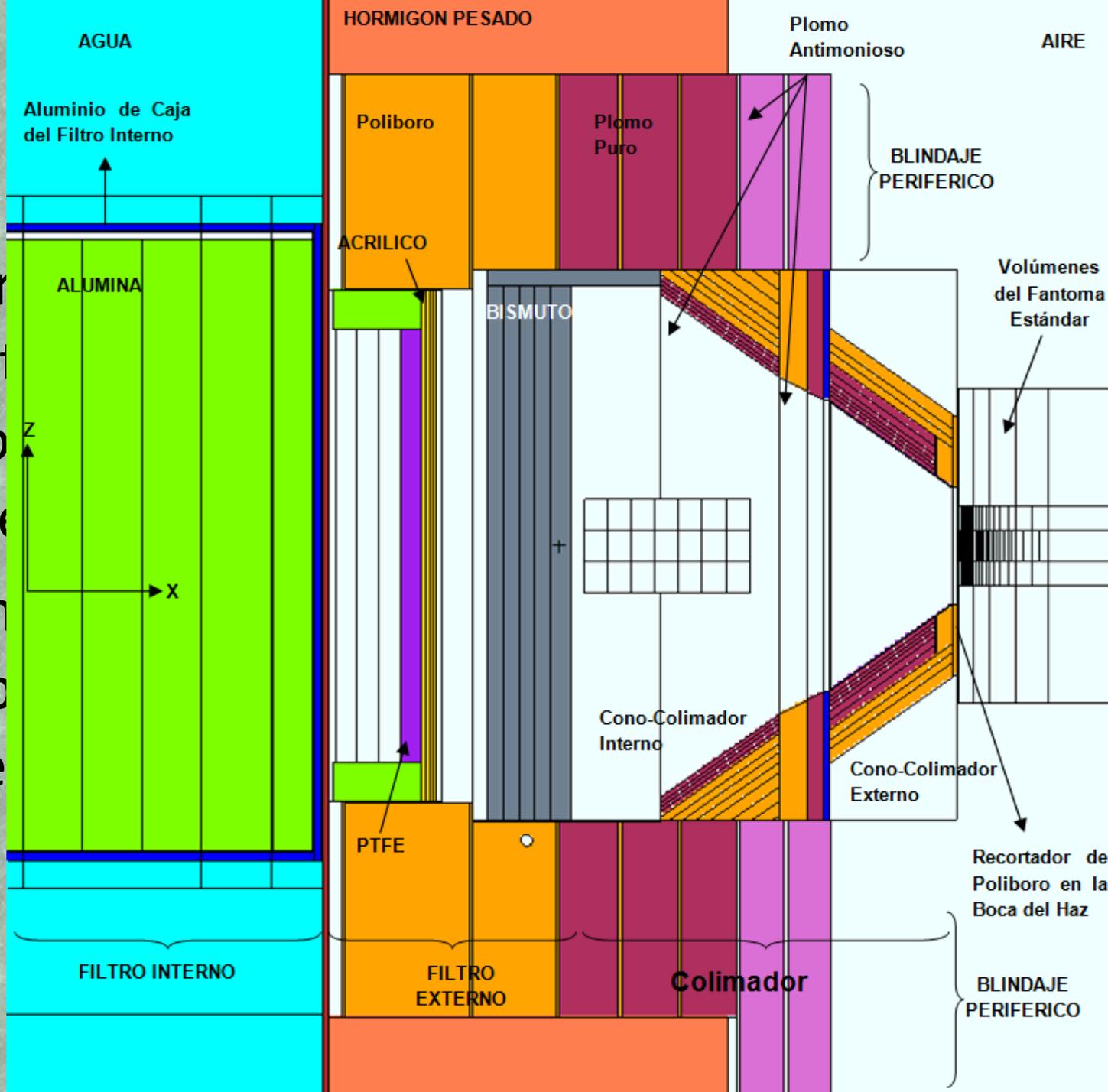
# Dosimetría Experimental vs Computacional



## 2017 en adelante: ¿nuevo target?

- La actual composición del Haz B2 fue establecida con el propósito de optimizar su aplicación superficial (hasta 1cm de profundidad).
- Para casos de Head & Neck, resulta probable que el haz debiera ser optimizado para tratamientos más profundos... (¿abandonar el modelo hipertérmico, y retornar al haz epitérmico?)

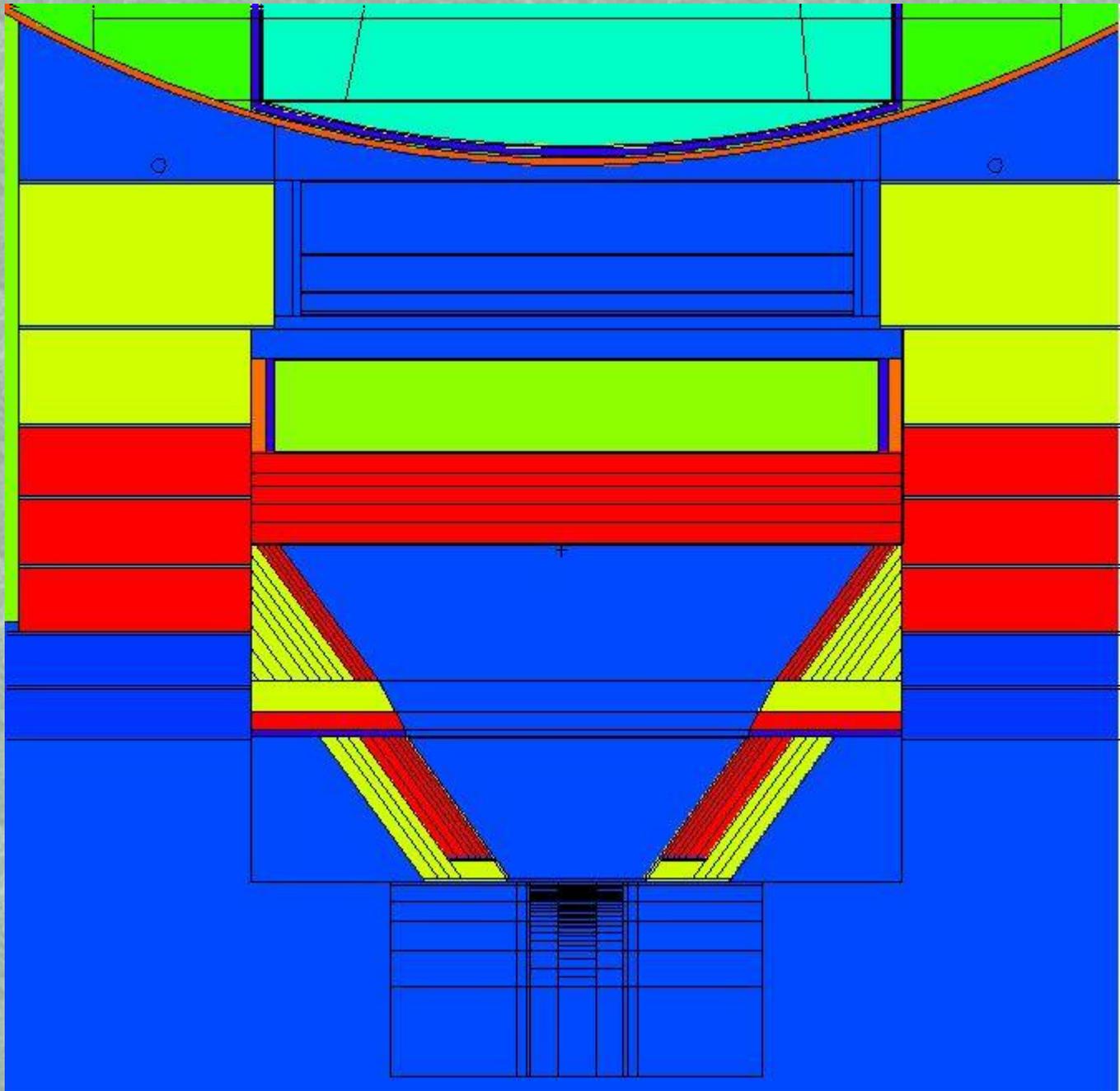
- Or...
- fil...
- co...
- ele...
- En...
- ap...
- se...



del  
 ante  
 o es  
 a

- Se replantea el concepto de ***HAZ SINTONIZABLE*** mediante la introducción de un elemento ***MODERADOR LIQUIDO DINÁMICO***, de Agua Pesada.

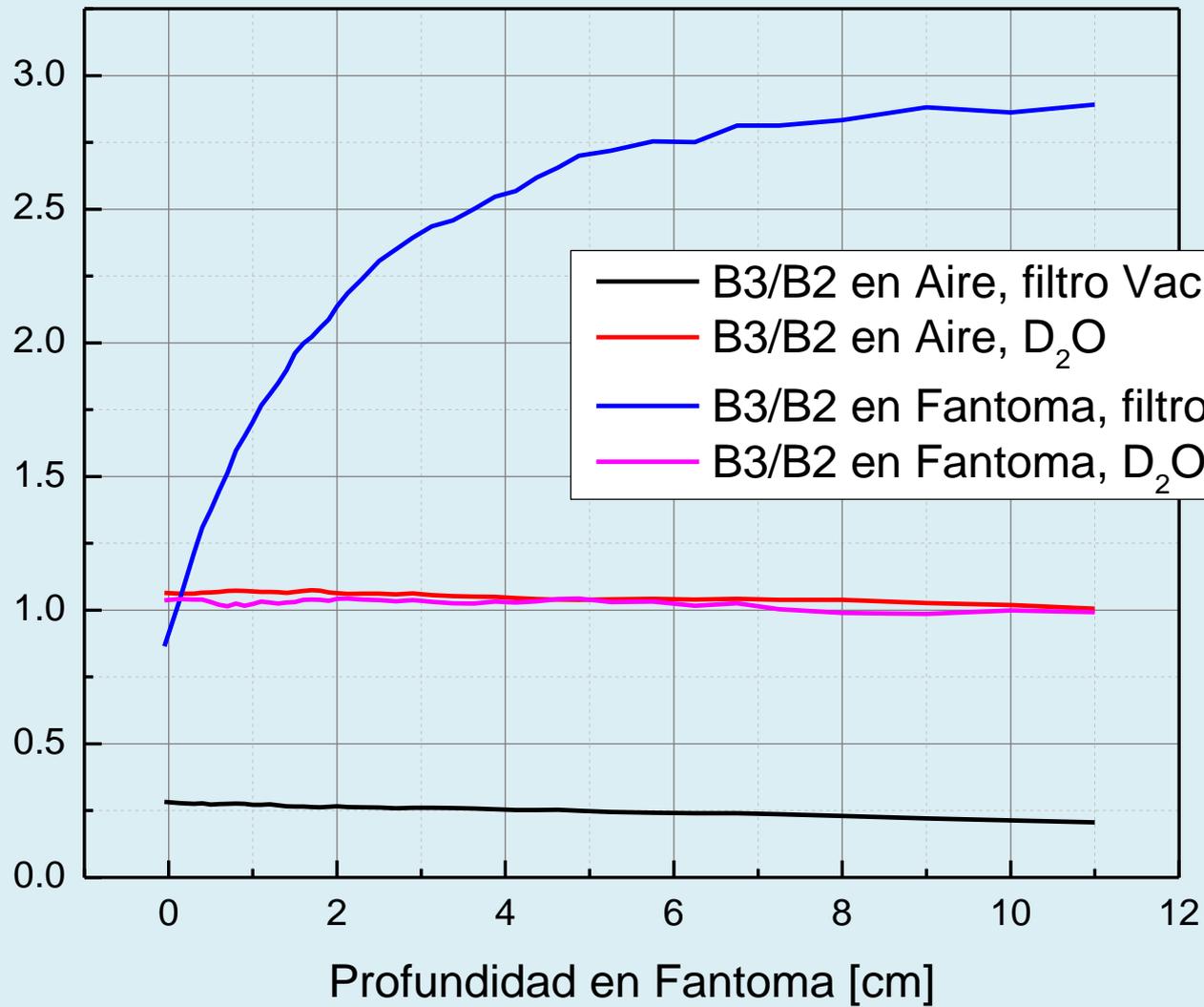
- SE REALIZO LA EVALUACION COMPUTACIONAL DEL DESEMPEÑO DE UN FILTRO LÍQUIDO DE CÁMARA ESTANCA DE D<sub>2</sub>O.
- Se hizo uso del código de transporte MCNP5 (v1.6), sobre el modelo de cálculo oficial de la instalación BNCT del RA6.
- Tras la remoción de los elementos moderadores en el modelo presente, se incluyó un modelo de filtro consistente en un único compartimiento de 10cm de espesor, con paredes de Aluminio6061 (2mm).



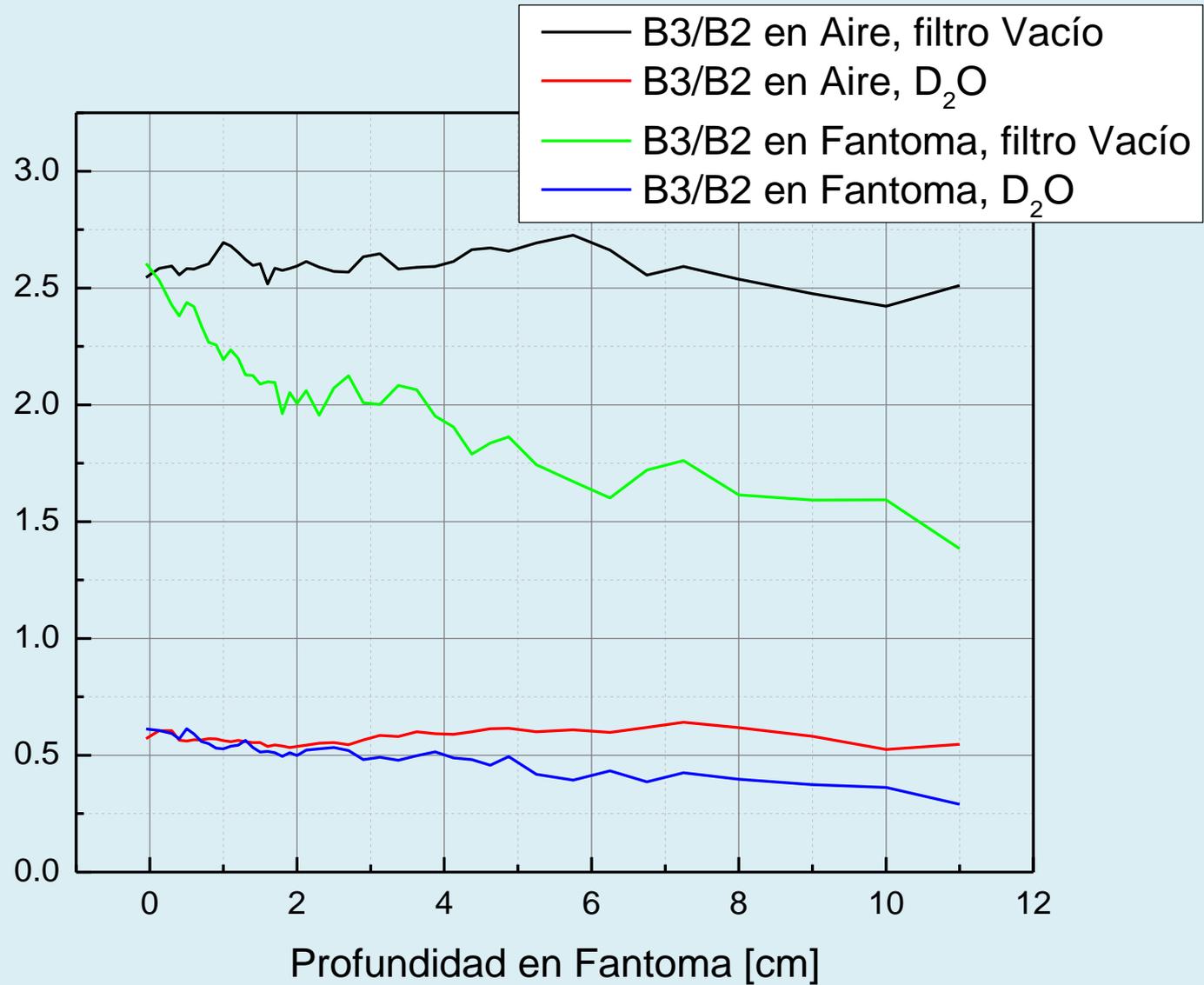
# Resultados de Diseño

- Los resultados se obtuvieron en el eje central del Haz.
- Los parámetros directos a analizar fueron:
  - Flujo Térmico vs Distancia al puerto (o Prof. en Fantoma).
  - Dosis Gamma vs Distancia.
  - Dosis de neutrones no-térmicos vs Distancia.

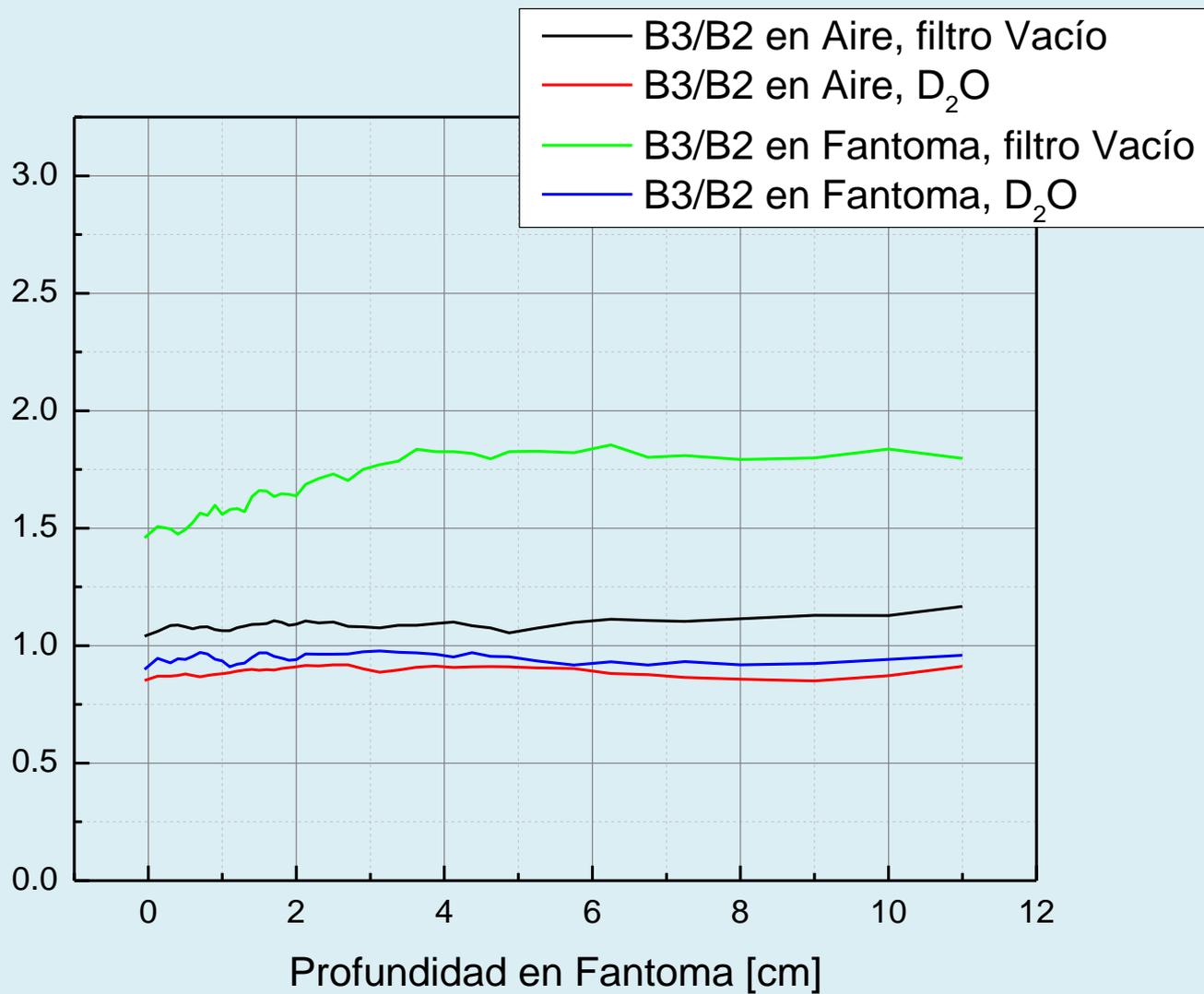
Flujo Térmico relativo: B3/B2



Dosis de Neutrones (relativa): B3/B2



Dosis de Fotones (relativa): B3/B2



0

## Conclusiones de diseño del... ¿Haz B3?

- La introducción de un dispositivo de filtrado de radiaciones basado en la inserción de un espesor adicional de moderación en Agua Pesada es una alternativa válida para la sintonización del Haz de BNCT del RA6, con particular impacto en el posible tratamiento de tumores ubicados a más de 10mm de profundidad.
- Adicionalmente, es posible retornar a una configuración de haz básicamente equivalente a la actual, desde el punto de vista de sus efectos radiológicos estimados en el medio de referencia.

➤ Filtro Vacío == HAZ EPITÉRMICO

➤ Filtro Lleno == HAZ HIPERTÉRMICO

**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN!!**

[longhino@cab.cnea.gov.ar](mailto:longhino@cab.cnea.gov.ar)