



AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR



Autoridad Regulatoria
Nuclear

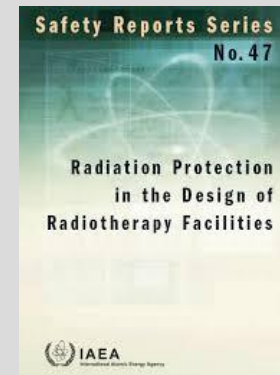
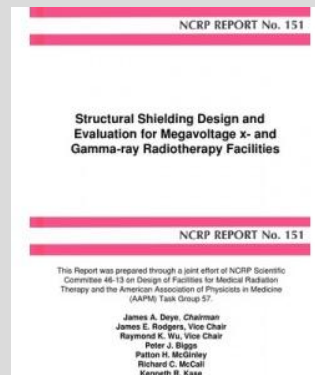
Presidencia de la Nación Argentina

CÁLCULO DEL ÁNGULO CRÍTICO (DOSIS MÁXIMA) EN CONSTRUCCIONES DE ALTURA EN SECTORES ADYACENTES A LOS EQUIPOS DE RADIOTERAPIA

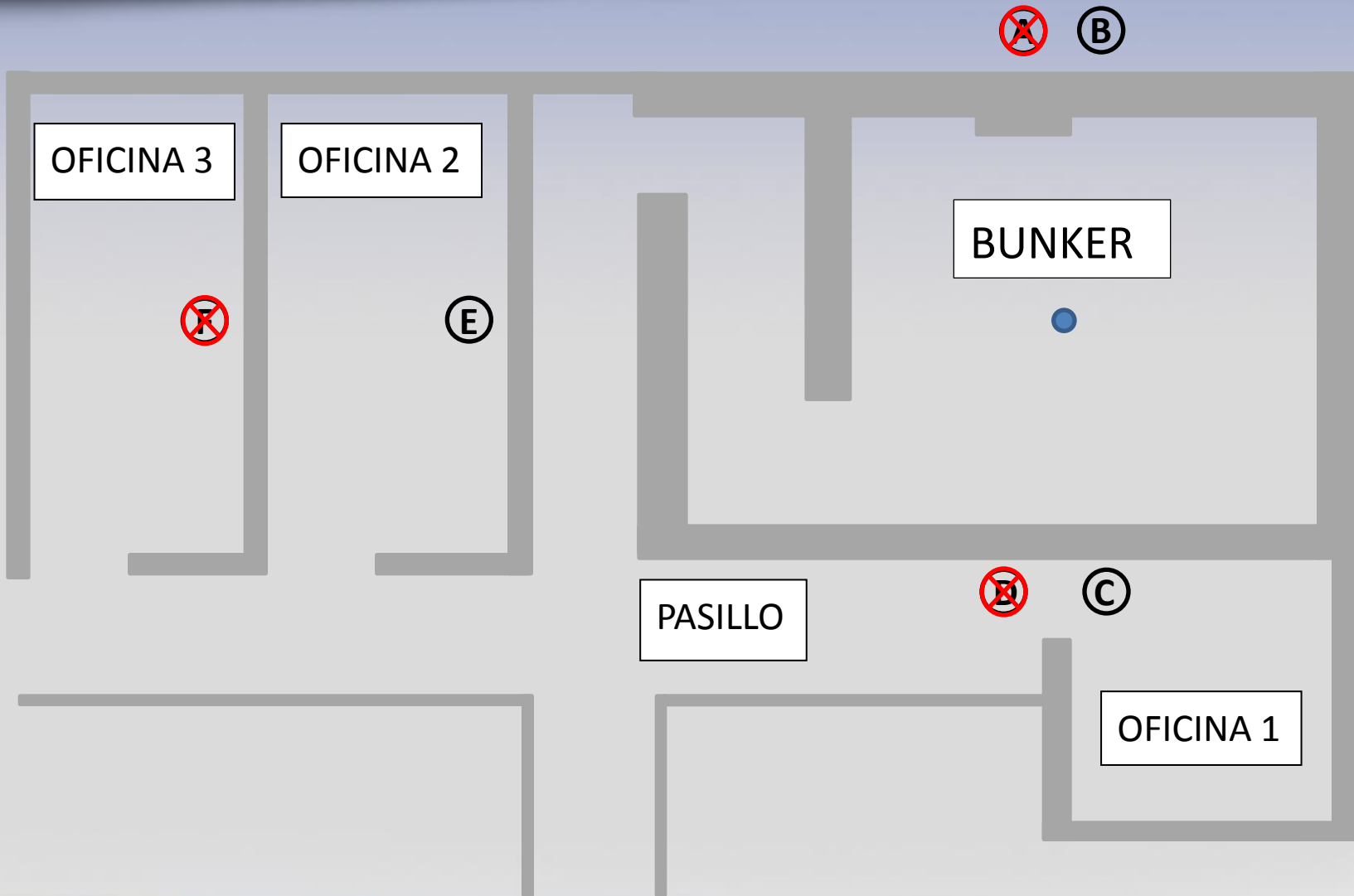
Autores: Ezequiel Soppe
Adrian Pablo Discacciatti
Sebastián Gossio

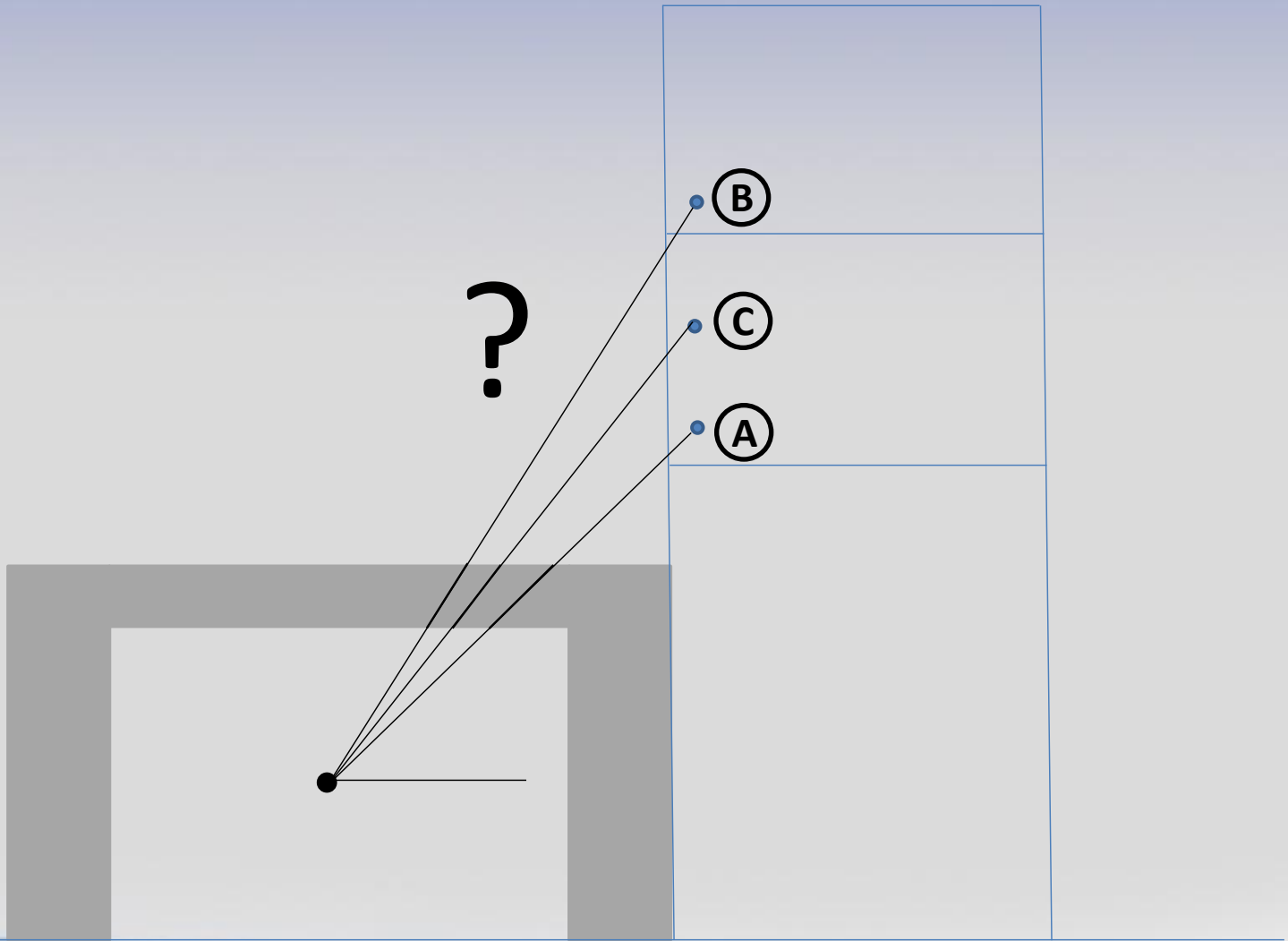
El proceso de verificación del diseño de los blindajes de los recintos que alojan a los equipos de diagnóstico y radioterapia, en cuanto al nivel de protección contra la irradiación externa, consta de tres pasos:

1. Selección de los puntos radiológicamente más significativos. Para ello se tienen en cuenta los blindajes, el factor de ocupación, el factor de uso y la distancia.
2. Calculo de la dosis en dichos puntos.



3. Comparación de los valores de dosis obtenidos con las restricciones establecidas regulatoriamente y evaluación de su cumplimiento con las mismas.





MODELO DE CÁLCULO

El modelo de cálculo para la dosis, D , debida al haz principal, esta descrito en el documento NCRP 151 [1].

$$D = \frac{W \cdot U \cdot T \cdot B}{d^2}$$

$$B = 10^{-1} 10^{-\left[\frac{r - TVL_1}{TVL_e}\right]}$$

Donde:

B es el factor de transmisión

W es la carga de trabajo

U es el factor de uso

T es el factor de ocupación

d es la distancia desde isocentro al punto de cálculo

TVL_1 es el primer deci-espesor

TVL_e es el deci-espesor de equilibrio

r es el espesor del blindaje.

ÁNGULO CRÍTICO

El ángulo crítico φ_c es el que corresponde al valor máximo de la dosis.

$$D = \frac{W.U.T. 10^{-1} 10^{-\left[\frac{r-TVL_1}{TVL_e}\right]}}{d^2}$$

De la figura 1 se deduce:

$$\text{sen } \varphi = \frac{x}{r}$$

$$\text{cos } \varphi = \frac{a}{d}$$

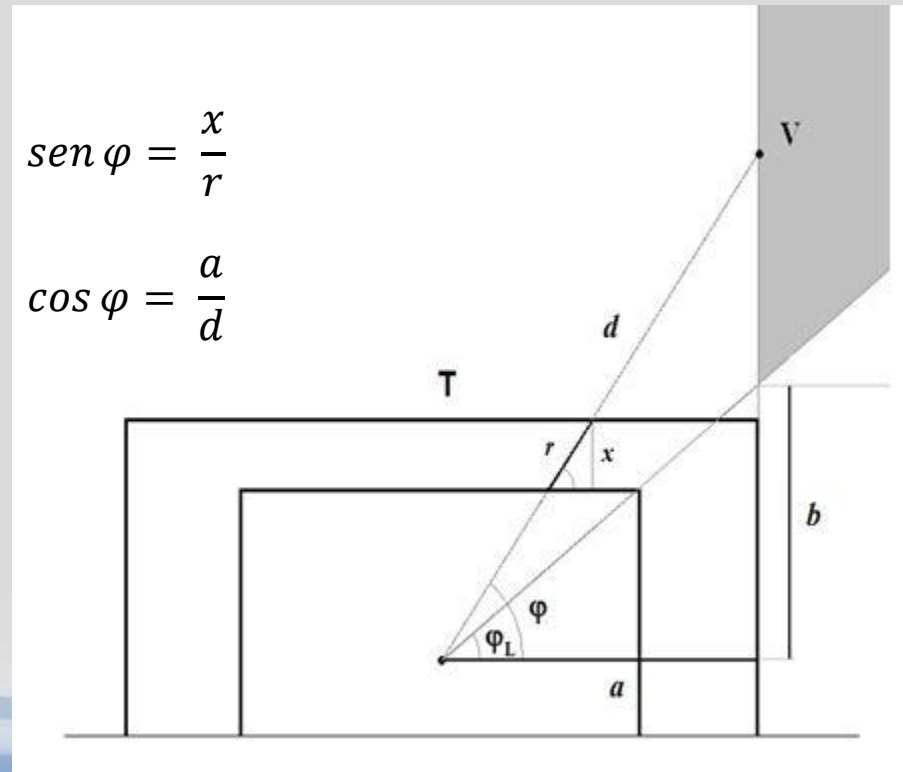


Figura 1: Corte transversal del recinto de irradiación.

Expresión de la dosis en función del ángulo φ .

$$D(\varphi) = \frac{W.U.T. 10^{-1}}{a^2} \cos^2 \varphi 10^{-\left[\frac{\frac{x}{\sin \varphi} - TVL_1}{TVL_e} \right]}$$

Para obtener el máximo de la dosis, D , se deriva con respecto a φ y se iguala a cero.

$$\cotg^2 \varphi_c = \frac{2 \operatorname{sen} \varphi_c TVL_e}{x \cdot \ln 10}$$

Aplicando la identidad se obtiene

$$\cotg^2 x + 1 = \operatorname{csc}^2 x$$

$$\frac{2 \cdot TVL_e}{x \cdot \ln 10} \operatorname{sen}^3 \varphi_c + \operatorname{sen}^2 \varphi_c = 1$$

Siempre tiene una solución real y esa solución suministra el valor del ángulo crítico φ_c . Se observa la dependencia de φ_c con el espesor de la losa, x y con el deci-espesor de equilibrio, TVL_e (y a través de este con el potencial acelerador).

RESULTADOS

La siguiente expresión es la solución real expresada en función del parámetro s .

$$\begin{aligned} \text{sen } \varphi_c = & \left(\frac{1}{2s} - \frac{1}{27s^3} \left(\left(\frac{1}{2s} - \frac{1}{27s^3} \right)^2 - \frac{1}{729s^6} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{1}{3s} + \dots \\ & + \dots + \frac{1}{9s^2 \left(\frac{1}{2s} - \frac{1}{27s^3} \left(\left(\frac{1}{2s} - \frac{1}{27s^3} \right)^2 - \frac{1}{729s^6} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}}} \end{aligned}$$

Donde

$$s = \frac{2 \cdot TVL_e}{x \cdot \ln 10}$$

Tabla 1: Ángulos críticos, φ_c , de acuerdo al espesor de la losa, x , y al potencial acelerador.

Potencial acelerador [MV]	Deciespesor de equilibrio, TVL_e [cm]	Espesor de la losa, x [cm]	Angulo crítico, φ_c
6	33	60	58
		80	61
		100	63
		120	65
		140	67
		160	68
		180	69
10	37	60	56
		80	60
		100	62
		120	64
		140	65
		160	67
		180	68
15	41	60	55
		80	58
		100	61
		120	63
		140	64
		160	66
		180	67
⁶⁰Co	21	60	63
		80	66
		100	68
		120	69
		140	71
		160	72
		180	73

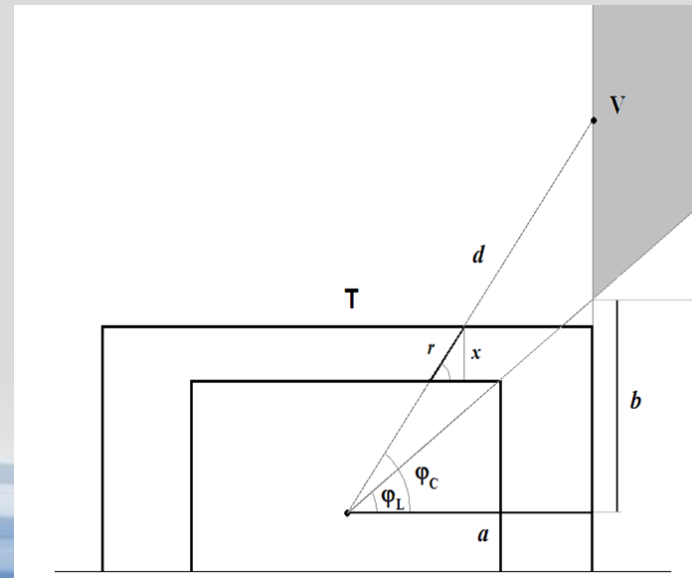
CONCLUSIONES

Se estableció la metodología para el cálculo del ángulo crítico φ_c que corresponden al valor máximo de dosis por radiación primaria de los aceleradores para usos médicos en los puntos ubicados sobre la medianera a alturas mayores que la del recinto de irradiación. Se calcularon estos ángulos en función del espesor de la losa y del potencial acelerador y se presentaron los resultados en la Tabla 1.

La evaluación del cumplimiento de los requerimientos de dosis bajo el ángulo crítico garantiza el cumplimiento en todos los puntos a diferentes alturas sobre la misma vertical (zona sombreada) permitiendo optimizar el cálculo del blindaje.

Tabla 1: Ángulos críticos, φ_c , de acuerdo al espesor de la losa, x , y al potencial acelerador.

Potencial acelerador [MV]	Deciespesor de equilibrio, TVL_e [cm]	Espesor de la losa, x [cm]	Angulo crítico, φ_c
6	33	60	58
		80	61
		100	63
		120	65
		140	67
		160	68
10	37	60	56
		80	60
		100	62
		120	64
		140	65
		160	67
15	41	60	55
		80	58
		100	61
		120	63
		140	64
		160	66
^{60}Co	21	60	63
		80	66
		100	68
		120	69
		140	71
		160	72
180	73		



Muchas gracias!!!

