

## DETERMINACIÓN DE BLINDAJES PARA INSTALACIONES QUE ALBERGAN UNIDADES DE TELECOBALTO.

BÁSICAMENTE UNO DE LOS PUNTOS PRINCIPALES QUE SE MANEJAN DENTRO DE LA FORMACIÓN DE LA FÍSICA DE RADIACIONES Y ESPECÍFICAMENTE DE LAS RADIACIONES IONIZANTES, ES LA INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN POR LA MATERIA.

AL TRASLADAR LA MECÁNICA DE LOS PROCESOS MICROSCÓPICOS A NIVEL MACROSCÓPICO, SE PLANTEA LA UTILIZACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE ATENUACIÓN LINEALES Y MÁSICOS PARA EXPLICAR Y CUANTIFICAR LA ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN.

---

Y PARECIERA QUE ESTOS CONCEPTOS UN POCO ELABORADOS NUMERICAMENTE HABLANDO, NO FUERON FAVORÁBLEMENTE EMPLEADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE BLINDAJE, Y CONFORME A LO QUE MENCIONA UNA DE LAS BIBLIOGRAFÍA MÁS SOCORRIDAS PARA ESTOS MENESTERES (McGINLEY, POR EJEMPLO) PARECE QUE LAS FORMULACIONES EMPÍRICAS PROBADAS POR MUCHOS AÑOS, PREVALECIERON SOBRE LOS MÉTODOS MÁS RIGUROSOS.

Y ES POR ELLO QUE AL SER PUBLICADO EL SEÑERO NCRP-49 EN EL AÑO DE 1976, LAS ORGANIZACIONES DE ESTADOS UNIDOS MARCARON LA PAUTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS BLINDAJES Y EL DISEÑO DE LOS MISMOS EN FUNCIÓN DE LOS DISTINTOS MATERIALES DISPONIBLES PARA ESA FECHA.

---

ASÍ QUE CON ESTOS ANTECEDENTES PASAMOS A ESTABLECER LO QUE CORRESPONDE A LA MECÁNICA PARA DETERMINAR LOS VALORES DE BLINDAJE PARA LAS INSTALACIONES QUE NOS ATAÑEN, ES DECIR CUANDO HAY UN EQUIPO DE TELETERAPIA CON FUENTE DE COBALTO-60.

LA PROPUESTA PARA HACER ESTA PRESENTACIÓN ESTÁ BASADA EN QUE YA HAY UNA GRAN CANTIDAD DE PUBLICACIONES QUE HAN SIDO RECTORAS EN LOS PROCESOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS BLINDAJES REFERIDOS. VAN DESDE EL USO DE LOS HANDBOOKS DE FÍSICA DE RADIACIONES, MANUALES PRÁCTICOS EMITIDOS POR ASOCIACIONES

NACIONALES O LOS ARTÍCULOS APARECIDOS EN PUBLICACIONES DEL ÁREA DE LA PREOTECCIÓN RADIOLÓGICA O AFINES.

Y ES POR ELLO QUE CONSECUENTE CON UN PRINCIPIO DE CONDUCTA, ES MUY RECOMENDABLE TENER UN MÉTODO, QUE PUEDE SER DISCUTIBLE POR HABER OTROS, QUE TENER TODOS Y NINGUNO DEFINIDO POR CONSENSO. CIERTO QUE LA GRAN MAYORÍA EN LA ACTUALIDAD SE BASAN EN LOS MISMOS PROCEDIMIENTOS Y PRINCIPIOS DE CÁLCULO. ASÍ POR LO ANTERIOR Y CON BASE A LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN MÁS DE 40 AÑOS TRABAJANDO CON EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE TELETERAPIA. BÁSICAMENTE UTILIZANDO EL NCRP-49 A PARTIR DE SU PUBLICACIÓN, PROPONEMOS UTILIZAR A MANERA REFERENCIA BÁSICA, LA PUBLICACIÓN DEL OIEA DE LA SERIE REPORTES DE SEGURIDAD No. 47 (SRS-47), CUYO NOMBRE ES, "PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE RADIOTERAPIA", DEL AÑO 2006.

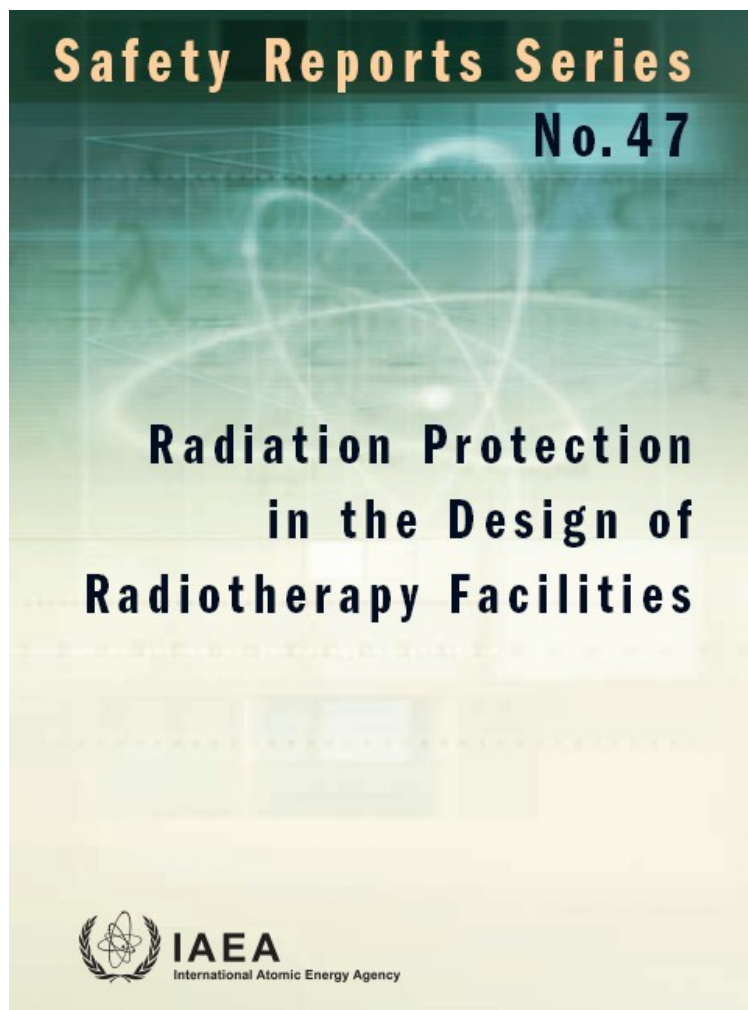
---

EN ESTE DOCUMENTO SE DAN DETALLES MUY CONCRETOS, CUYOS ANTECEDENTES SON DE OTRA PUBLICACIÓN DEL OIEA, EL TECDOC-1040, "Design and implementation of aradiotherapy programme: Clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects". QUE PUEDEN SER AMBOS DESCARGADOS DE LA PÁGINA DE ESE ORGANISMO. SE DA UNA JUSTIFICACIÓN QUE PARECE HECHA PARA NOSOSTROS COMO PAÍS, QUE SE ANOTA EN LA INTRODUCCIÓN DEL SRS-47: The preparation of this Safety Report was initiated as a result of an expected increase in the construction of radiotherapy facilities, and in response to Member States that have requested practical guidance regarding the design and shielding of such facilities.

---

PARA SER ENTONCES CONGRUENTE CON ESTAS LÍNEAS, REFERIMOS LA DETERMINACIÓN DE LOS BLINDAJES PARA INSTALACIONES DE TELETERAPIA CON UNIDADES CON FUENTES DE Co-60, Y AL DOCUMENTO DONDE SE PLASMA ESTA DETERMINACIÓN, LA LLAMAREMOS MEMORIA ANALÍTICA.

Y COMO LO DESCRIBE ESTE DOCUMENTO, UNA VEZ QUE DESARROLLA LA INTRODUCCIÓN, PASA AL CAPÍTULO DE LA TERMINOLOGÍA.



Y AQUÍ PRESENTA DE FORMA CLARA Y CONCISA, LOS CONCEPTOS Y PARÁMETROS NECESARIOS PARA LAS DETERMINACIONES NUMÉRICAS DE LOS VALORES DE BLINDAJE. Y UN ASPECTO QUE CONSIDERO BÁSICO PARA UTILIZAR ESTA REFERENCIA Y QUE ES UNA NOTABLE DIFERENCIA CON OTRAS PUBLICACIONES A QUE HE TENIDO OPORTUNIDAD DE ACCESAR Y ES LA UTILIZACIÓN DE DOS PARÁMETROS QUE PERMITEN HACER UNA COMPARACIÓN CON LOS VALORES MEDIDOS DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN UNA VEZ QUE SE HA REALIZADO Y CONCLUIDO LA CONSTRUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

---

INDICA QUE LA DESIGNACIÓN DE ÁREAS COMO ZONAS CONTROLADAS O VIGILADAS, A VECES PUEDE SER DEFINIDO EN TÉRMINOS DE LA TASA DE DOSIS EN EL LÍMITE. ESTE ENFOQUE PUEDE SER APROPIADO, PERO NO DEBE SER UTILIZADO SIN UNA EVALUACIÓN CUIDADOSA. POR EJEMPLO,

HABRÍA QUE TOMAR EN CUENTA LAS VARIACIONES EN LA TASA DE DOSIS Y LA OCUPACIÓN EN EL TIEMPO, COMO SE EXPLICA EN ESTE DOCUMENTO.

TAMBIÉN HAY QUE APLICAR QUE EN EL PÁRRAFO 1.29 DE LAS NORMAS BÁSICAS [1] EXIGE QUE LAS INSTALACIONES DE ESTAR DISEÑADOS PARA "... REDUCIR AL MÍNIMO LA NECESIDAD DE CONFIAR EN LOS CONTROLES ADMINISTRATIVOS Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA LA PROTECCIÓN Y LA SEGURIDAD DURANTE LAS OPERACIONES NORMALES DE TRABAJO ... "

---

ANTES DE SEGUIR DESEO HACER UN BREVE SEÑALAMIENTO, EN NUESTRO PAÍS NO ES RARO QUE HAYA HABIDO INSTALACIONES TERMINADAS O EN CONSTRUCCIÓN SIN HABERSE CONCLUIDO O SI QUIERA REALIZADO UNA MEMORIA ANALÍTICA. TENEMOS QUE DECIR LO OBVIO, LA MEMORIA ANALÍTICA DEBE SER LA REFERENCIA ÚNICA PARA QUE SE PUEDA CONSTRUIR LA SALA QUE CONTENDRÁ EL EQUIPO REFERIDO EN LA MEMORIA ANALÍTICA.

EN ESTA PARTE DEL DOCUMENTO, PRESENTA DE FORMA MUY SENCILLA, DE ALGO NO UTILIZADO EN OTRAS PUBLICACIONES RESPECTO LO QUE CORRESPONDE A LOS EQUIVALENTES DE DOSIS ASOCIADOS A LOS LÍMITES PARA POE Y PÚBLICO.

---

Y AQUÍ TAMBIÉN ES UNA PARTE IMPORTANTE A CONSIDERAR, YA QUE NOS ATAMOS A LOS PRORRATEOS DE LOS VALORES DE LÍMTES ANUALES VIGENTES POR LA LEGISLACIÓN NACIONAL, DE LOS RECOMENDADOS POR LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES Y DE LOS QUE SE ESTABLECEN EN LAS BIBLIOGRAFÍAS DE CÁLCULO.

Y ENTONCES MUESTRA EN LA TABLA 2, LOS VALORES QUE UTILIZAN PARA PROPÓSITOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA TRES REFERENCIAS QUE EL OIEA JUZGA SE DEBEN TOMAR EN CUENTA PARA ESTE PROPÓSITO. Y LAS PUBLICACIÓN CONSIDERA COMO UN BUEN PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA EL CÁLCULO. Y SON

Design limit for occupational exposure
--

6 mSv in a year [7] IDR is $7.5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ [6]
--

Design limit for public area
0.3 mSv in a year [7] IDR is $<7.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ [6] TADR is $<0.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ [6] TADR2000 $<0.15 \mu\text{Sv}/\text{h}$ [6]

---

ESTOS VALORES SE REFIEREN A QUE ESTA FORMULACIÓN SE BASA EN QUE HAY CRITERIOS QUE DEBEN SER TOMADOS EN CUENTA PARA OPTIMIZAR LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA YA QUE:

No hay ninguna norma internacional cuantitativa con respecto a restricciones de dosis para las instalaciones de radioterapia. (There is no quantitative international standard with regard to dose constraints for radiotherapy facilities).

---

Y QUE:

**El párrafo I.29 de las normas básicas [1] exige que las instalaciones de estar diseñados para "... reducir al mínimo la necesidad de confiar en los controles administrativos y equipo de protección personal para la protección y la seguridad durante las operaciones normales de trabajo ..."** (Paragraph I.29 of the BSS [1] requires that facilities be designed to "... minimize the need for relying on administrative controls and personal protective equipment for protection and safety during normal operations...")

FINALMENTE COMO NECESARIA CONCLUSIÓN RESPECTO A ESTOS VALORES QUE SERÁN REFERENCIA PARA EL CÁLCULO SE ESTABLECE EN CONGRUENCIA CON LA TABLA PREVIA, DEFINIENDO, LA TASA DE DOSIS INSTANTÁNEA Y EL TIEMPO PROMEDIADO DE TASA DE DOSIS QUE:

La orientación es designar un área controlada [6], si la IDR excede 7.5 mSv/h, y como supervisada, si TADR es menos de 7.5 mSv/h con un máximo para IDR de 500  $\mu$ Sv/h. Para un área controlada del límite anual de dosis de diseño es de 6 mSv por año ya que algunas referencias recomiendan –sin precisar- una fracción de 10 mSv por año [9]. Para áreas de público, el límite de dosis de diseño será de 0,3 mSv por año aún que también recomiendan, 1 mSv por año [10].

---

EN SEGUIDA EL SRS-47, DETALLA ASPECTOS DE DISEÑO Y DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LOS BLINDAJES.

EN EL CAPÍTULO 5 PRESENTA DE FORMA PUNTUAL EL MÉTODO DE CÁLCULO. INICIA COMO PARECE NATURAL CON LAS BARRERAS PRIMARIAS, UTILIZA LA EXPRESIÓN:

$$B = \frac{P(d + SAD)^2}{WUT}$$

Donde cada uno de los parámetros anotados corresponden a:

- B Se define como la atenuación o el factor de atenuación que debe tener la barrera frente al punto de interés;
- P Es el valor de Eq. De dosis (Sv) por semana permitida por semana en el punto de interés. (is the allowed dose per week (Sv/week) outside the barrier);
- d Es la distancia en metros (m) al punto de interés, medido a partir del isocentro. ( is the distance from the isocentre to the outside of the barrier, in m);
- SAD Es distancia de la fuente al isocentro en metros (m). (is the source–axis of isocentre distance, in m);
- W Es la carga de trabajo expresada en Gy/semana a 1 m. (is the workload, in Gy/week at 1 m);
- U Es el factor de uso, que se determina por la proporción de tiempo que está incidiendo el haz útil al punto de interés. (is the use factor or fraction of time that the beam is likely to be incident on the barrier);

- T      Corresponde al factor de ocupancia y es el la fracción de tiempo en que una persona está en el punto de interés (ver Tabla 3). (is the occupancy factor or the fraction of time that the area outside the barrier is likely to be occupied).

UNA VEZ QUE SE DETERMIAN EL VALOR DE B OBTIENE DIRECTAMENTE EL VALOR DEL BLINDAJE EN CAPAS DECIRREDUCTORAS (CDR) ASOCIADO AL MATERIAL DE BLINDAJE SELECCIONADO, MEDIANTE LA ECUACIÓN:

$$\text{No. de CDR} = \log_{10} (1/ B)$$

LOS VALORES DE CDR APARECEN EN LA TABLA 4 DEL SRS-47

Y CON ESTOS CRITERIOS PROPONE LA DETERMINACIÓN DE MISMO ESPESOR DEL BLINDAJE PERO EMPLEANDO LO QUE SE HA DEFINIDO COMO LÍMITE DE DOSIS INSTANTÁNEA DE DISEÑO ( $P_{IDR}$ ) EN Sv/h (instantaneous design dose limit) Y TASA DE DOSIS MEDIDA AL ISOCENTRO PARA EL HAZ UTIL DEL EQUIPO ( $DR_0$ ) EN Gy/h, MEDIANTE LA EXPRESIÓN:

$$B_{IDR} = \frac{P_{IDR} (d + SAD)^2}{DR_0}$$

UNA VEZ OBTENIDA LA DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES PARA LAS BARRERAS PRIMARIAS, SE SIGUE CON LAS CONSABIDAS BARRERAS SECUNDARIAS, Y QUE SON PARA RADIACIÓN DE FUGA Y LA DISPERSA. PARA ESTA ÚLTIMA CONDICIÓN SEPARA LA FORMULACIÓN CUANDO EL DISPERSOR ES EL PACIENTE O CUANDO EL DISPERSOR ES UN MURO, EN EL CUAL INCIDE EL HAZ UTIL

PARA DETERMINAR EL BLINDAJE DEBIDO A LA RADAICIÓN POR FUGA SE APLICA LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

$$B_L = \frac{1000 P d_s^2}{WT}$$

DONDE:

- P Es el valor de Eq. De dosis (Sv) por semana permitida por semana en el punto de interés. (is the allowed dose per week (Sv/week) outside the barrier);
- $d_s$  Es la distancia en metros (m) al punto de interés, medido a partir del isocentro. ( is the distance from the isocentre to the outside of the barrier, in m);
- W Es la carga de trabajo expresada en Gy/semana a 1 m. (is the workload, in Gy/week at 1 m);
- T Corresponde al factor de ocupancia y es el la fracción de tiempo en que una persona está en el punto de interés (ver Tabla 3). (is the occupancy factor or the fraction of time that the area outside the barrier is likely to be occupied).

LA RADIACIÓN DE FUGA DE TIENE UNA ENERGÍA MUCHO MENOR QUE EL DE LA PRIMARIA DEBIDO A LA DISPERSIÓN POR EL CABEZAL DE EQUIPO, COMO LO DEMUESTRAN LOS DATOS DE LA CDR EN LA TABLA 4.

VALORES PARA EL COBALTO EN LA TABLA 4

Co-60	
TVL for concrete (density 2350 kg · m <sup>-3</sup> )	
Primary beam gamma/ X rays	218
Leakage gamma and X rays (90°)	218
TVL for steel (density 7800 kg · m <sup>-3</sup> )	
Primary beam gamma/ X rays	71
Secondary beam gamma/ X rays	69
TVL for lead (density 11360 kg · m <sup>-3</sup> )	
Primary beam gamma/ X rays	41
Secondary beam gamma/ X rays	40



PARA RADIACIÓN DISPERSA Y EL DISPERSOR ES EL PACIENTE, SE EMPLEA:

$$B_p = \frac{Pd_{sca}^2 d_{sec}^2}{aWT(F/400)}$$

DONDE LOS PARÁMETROS SON LOS HABITUALES MÁS PARA LA  $a$  QUE CORRESPONDE A LA FRACCIÓN DE DISPERSIÓN, SE ESTABLECE EN LA TABLA 5, PARA UN CAMPO DE RADIACIÓN CON ÁREA DE INCIDENCIA EN EL PACIENTE DE 400 cm<sup>2</sup> Y LA  $F$  CORRESPONDE AL TAMAÑO DE CAMPO SOBRE EL PACIENTE EN cm<sup>2</sup>.

Angulo (degree)	Co-60 <sup>a</sup>
10	$1.1 \times 10^{-2}$
20	$8.0 \times 10^{-2}$
30	$6.0 \times 10^{-3}$
45	$3.7 \times 10^{-3}$
60	$2.2 \times 10^{-3}$
90	$9.1 \times 10^{-4}$
135	$5.4 \times 10^{-4}$
150	$1.5 \times 10^{-4}$

TABLA 5.  
VALORES PARA  $a$  QUE CORRESPONDE A LA FRACCIÓN DE DISPERSIÓN,

AHORA CUANDO EL DISPERSOR ES UNA PARED:

$$B_w = \frac{Pd_w^2 d_r^2}{\alpha AWUT}$$

DONDE:

$d_w$	IS THE DISTANCE FROM THE RADIATION SOURCE TO THE SCATTERING SURFACE (WALL), IN m;
$d_r$	IS THE DISTANCE FROM THE SCATTERING SURFACE (WALL) TO THE POINT OF INTEREST, IN m;
$\alpha$	IS THE WALL REFLECTION COEFFICIENT, WHICH DEPENDS ON THE WALL MATERIAL, SCATTERING ANGLE, AND BEAM ENERGY (LAS TABLAS 6 Y 7 DAN LOS COEFFICIENTES DE REFLECCION DEL CONCRETO);
A	IS THE FIELD AREA PROJECTED ON THE SCATTERING SURFACE (WALL), IN $m^2$ .

LOS FOTONES DISPERSADOS POR LA PARED Y POR EL PACIENTE SON APROXIMADAMENTE DE LA MISMA ENERGÍA. SI EL ESPESOR NECESARIO DEL BLINDAJE PARA PROTEGER POR LA DISPERSIÓN DEL PACIENTE ES DIFERENTE DE LA REQUERIDA PARA PROTEGER POR DISPERSIÓN DE LA PARED, POR UNA CDR O MÁS, UTILICE ELMAYOR ESPESOR, DE LO CONTRARIO, UTILICE EL ESPESOR MAYOR Y AGREGUE UNA CHR.

PERO SI EL ESPESOR NECESARIO PARA EL BLINDAJE POR FUGA DIFIERE EN MENOS DE UN CDR, UTILIZA EL MAYOR ESPESOR Y AÑADA UNA CHR DE MATERIAL DE BLINDAJE PARA LA ENERGÍA DE LA RADIACIÓN DE FUGA. SI LOS DOS ESPESORES DE LAS FUGAS Y LA PROTECCIÓN DE DISPERSIÓN DIFIEREN EN MÁS DE UN CDR UTILIZAR EL MAYOR GROSOR.

TABLE 6. DIFFERENTIAL DOSE ALBEDO (WALL REFLECTION COEFFICIENT) 45° INCIDENT ANGLE, ORDINARY CONCRETE [34]

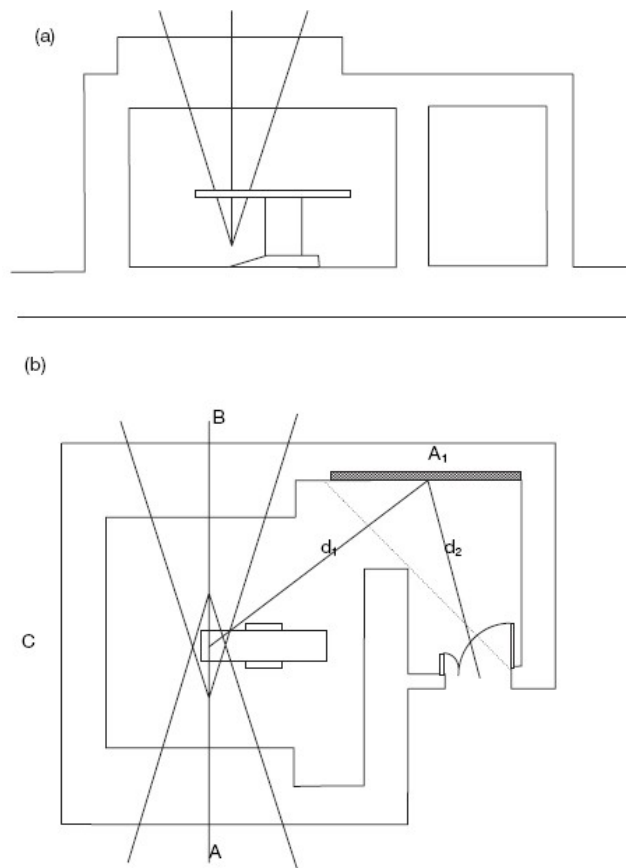
	Angle of reflection (from normal)			
	75	45	15	0
Co-60	1.26E-02	1.19E-02	1.07E-02	1.02E-02

TABLE 7. DIFFERENTIAL DOSE ALBEDO (WALL REFLECTION COEFFICIENT) NORMAL INCIDENCE, ORDINARY CONCRETE [34]

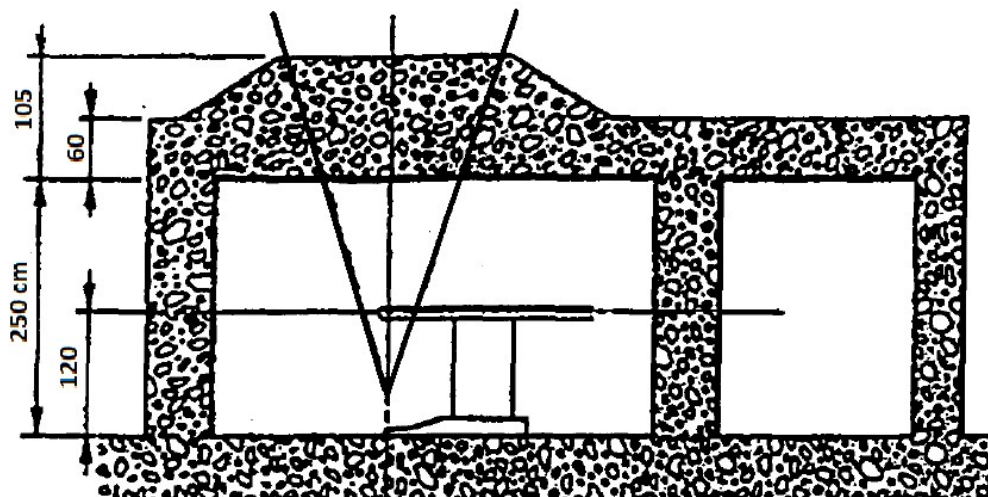
	Angle of reflection (from normal)				
	75	60	45	30	0
Co-60	4.06E-03	5.94E-03	7.00E-03	7.65E-03	7.79E-03

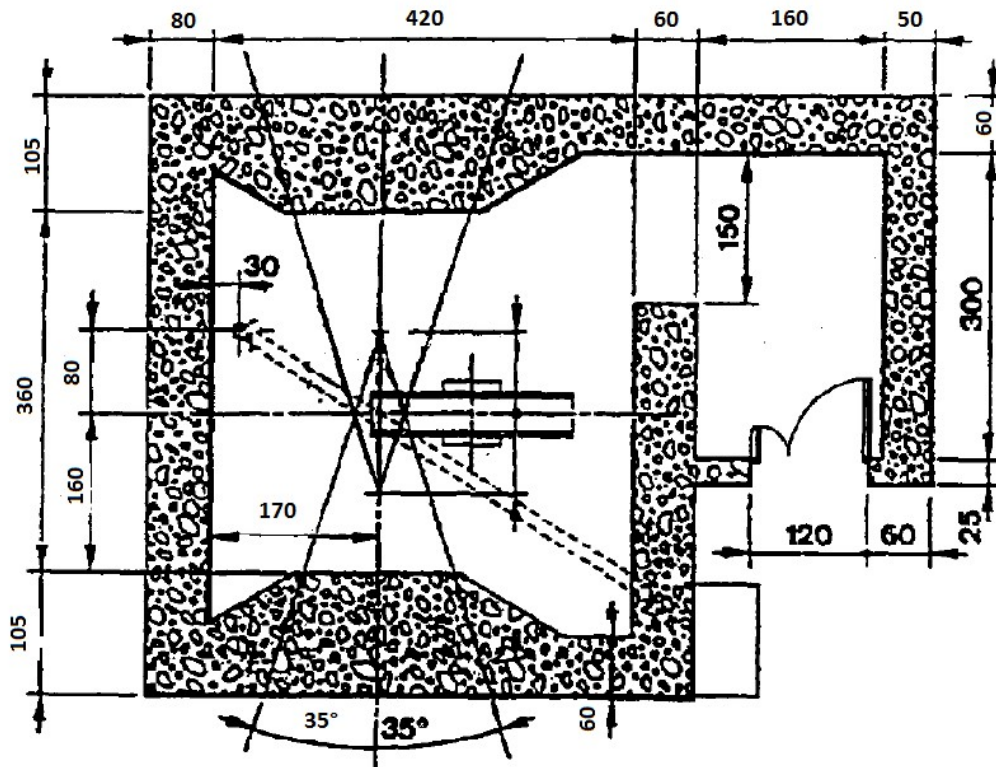
YA CON ESTAS CONDICIONES ESTABLECIDAS PASEMOS A REVISAR UN EJERCICIO QUE SE PROPONE EN ESTE DOCUMENTO.

LA DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO CORRESPONDE AL SIGUIENTE ESQUEMA:



EL CROQUIS (a) ES LA VISTA LATERAL DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA (b) CORRESPONDE A LA VISTA DE PLANTA Y LAS DIMENSIONES SE ANOTAN EN LA FIGURA SIGUIENTE.





SE ANOTAN LOS VALORES DE CADA DIMENSIÓN PARA PROPÓSITOS DEL CÁLCULO

#### 6.1.1. LÍMITES DE DOSIS PARA DISEÑO

A DESIGN DOSE LIMIT OF 6 mSv/año IS USED FOR CONTROLLED AREAS [6, 7]. IF NO SPECIAL PROCEDURES ARE TO BE PERFORMED, THEN THE DOSE WILL BE DISTRIBUTED EVENLY THROUGHOUT THE YEAR AND THE WEEKLY DOSE LIMIT WILL BE  $(6 \div 50 =) 0.12$  mSv/semana.

FOR PUBLIC AREAS A DESIGN LIMIT OF 0.3 mSv/año IS USED, OR  $(0.3 \div 50 =) 6$  mSv/semana [6, 7]. THIS EXAMPLE ILLUSTRATES BARRIER CALCULATIONS BASED ON THIS SET OF LIMITS. DEPENDING ON LOCAL REGULATIONS, OTHER LIMITS MAY BE APPLIED AND DIFFERENT BARRIER REQUIREMENTS WILL BE OBTAINED.

#### 6.1.2. ESPECIFICACIONES DE LA FUENTE

IF THE SOURCE SPECIFICATION IS 0.8 Gy/min at 1 m, AND THE ISOCENTRIC DISTANCE OF THE TREATMENT UNIT (SAD) IS 80 cm, THEN THE DOSE RATE AT THE ISOCENTRE IS  $(0.8 \times (100/80)^2 \times 60 = 75 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1})$

THE DOSE RATE AT 1 m IS  $(0.8 \times 60 =) 48 \text{ Gy/h}$ .

### 6.1.3. CARGA DE TRABAJO

FOR A Co-60 TREATMENT FACILITY, 40 PATIENTS/día, CON JORNADA DE 8 h, IS A REASONABLE ASSUMPTION. IF THE DOSE DELIVERED PER PATIENT AT THE ISOCENTRE IS 3 Gy AND THE FACILITY IS USED FIVE DAYS PER WEEK, THEN THE WORKLOAD IS  $(40 \times 3 \times 5 =) 600 \text{ Gy/semana}$  AT THE ISOCENTRE (SAD = 80 cm) o  $(600 \times 0.82 =) 384 \text{ Gy/semana}$  A 1 m. THE TOTAL DOSE DELIVERED AT THE ISOCENTRE PER DAY IS  $(40 \times 3 =) 120 \text{ Gy}$ . SO THE TOTAL BEAM-ON TIME PER DAY IS  $(120 \div 75) = 1.6 \text{ h}$ . THE TADR FOR THIS EXAMPLE IS DETERMINED FROM EQ. (1):

$$\text{TADR} = \text{IDR} \times [1.6 \times U / 8]$$

### 6.1.4. PARA BARRERAS PRIMARIAS.

THE REQUIRED ATTENUATION B IS DETERMINED FROM EQ. (5), WHERE

P THE DESIGN LIMIT FOR A CONTROLLED AREA IS 0.12 mSv/semana;

SAD IS 0.8 m;

d THE DISTANCE FROM THE ISOCENTRE TO THE POINT OF INTEREST (A AND B IN FIG. 10) IS 3.0 m;

W IS  $384 \times 10^3 \text{ mGy/h}$ ;

U THE USE FACTOR IS 0.25;

T THE OCCUPANCY IS 1.

FROM EQ. (6), THE NUMBER OF TVLS OF CONCRETE DENSITY  $2350 \text{ Kg/ m}^3$  CAN BE DETERMINED:

$$B = \frac{0.12 \times (3.0 + 0.8)^2}{384 \times 10^3 \times 0.25 \times 1} = 1.81 \times 10^{-5}$$

THE TVL FOR 60CO IN CONCRETE (DENSITY  $2350 \text{ KG/ m}^3$ ) IS 218 mm (Tabla 4).

$$n\text{TVLs} = \log_{10} \left( \frac{1}{1.81 \times 10^{-5}} \right) = 4.74$$

THEREFORE, THE REQUIRED THICKNESS FOR THE PRIMARY BARRIERS IS (4.74 X 218 =) 1033 mm.

FOR THIS BARRIER THICKNESS THE IDR BEYOND THE BARRIER IS DETERMINED. THE DOSE RATE DR<sub>0</sub> IS OBTAINED FROM THE SPECIFICATION OF THE SOURCE AT 1 m. IF THE SOURCE SPECIFICATION IS 0.8 Gy/min AT 1 m (DR<sub>0</sub> = 48 Gy/h = 48 X 10<sup>6</sup> mGy/h), THE IDR OUTSIDE THIS PRIMARY BARRIER WILL BE:

$$\text{IDR} = \frac{48 \times 10^6 \times 1.81 \times 10^{-5}}{(3 + 0.8)^2} = 60 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$$

THE TADR (R<sub>8</sub>) MAY BE DETERMINED FROM THIS IDR VALUE. THE TOTAL BEAM-ON TIME PER DAY HAS PREVIOUSLY BEEN ESTIMATED TO BE 1.6 h POR 8 h día. ASSUMING A USE FACTOR OF 0.25, THE TADR BEYOND THIS BARRIER WILL BE:

$$\text{TADR}(R_8) = 60 \times \frac{1.6 \times 0.25}{8} = 3 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$$

THE TADR<sub>2000</sub> [6] MAY ALSO BE DETERMINED BY AVERAGING THE DESIGN DOSE LIMIT OVER 2000 H (6 MSV ÷ 2000 =) 3 mSv/h. THE USE FACTOR HAS ALREADY BEEN ACCOUNTED FOR IN THIS VALUE, BUT THE OCCUPANCY HAS BEEN ASSUMED TO BE UNITY. IF THE AREA BEYOND THIS BARRIER IS AN OFFICE WITH A HIGH OCCUPANCY, THEN IT WOULD NEED TO BE A CONTROLLED AREA. HOWEVER, IF THE AREA ONLY HAS A LOW OCCUPANCY OF 0.05 WITH NO PUBLIC ACCESS THE TADR<sub>2000</sub> WOULD BE (6 mSv ÷ 2000 × 0.05 =) 0.15 mSv/h. AT THIS LEVEL OF OCCUPANCY THE AREA SHOULD BE DESIGNATED A SUPERVISED AREA UNDER THE GUIDANCE NOTES.

IF THE AREA BEYOND THE PRIMARY BARRIER IS INTENDED TO BE A PUBLIC AREA, THEN A DESIGN LIMIT OF 0.3 mSv/año, OR AN IDR OF 7.5 μSv/h MAY BE USED [6]. THE BARRIER THICKNESS REQUIRED TO LIMIT THE IDR IS THEREFORE DETERMINED. THE SAME VALUES ARE USED, EXCEPT THAT THE DESIGN LIMIT IS 7.5 MSV·H<sup>-1</sup> AND DR<sub>0</sub> THE DOSE RATE AT 1 M IS USED IN PLACE OF (WUT).

FROM EQ. THE REQUIRED ATTENUATION BIDR IS GIVEN BY:

$$B_{\text{IDR}} = \frac{7.5(3.0 + 0.8)^2}{1 \times 48 \times 10^6} = 2.26 \times 10^{-6}$$

$$n\text{TVLs} = \log_{10} \left( \frac{1}{2.26 \times 10^{-6}} \right) = 5.65$$