

NOTA TÉCNICA

ESTIMACIÓN DE MAGNITUDES DE PROTECCIÓN PARA IRRADIACIÓN EXTERNA A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE MAGNITUDES OPERACIONALES EN EL CAMPO DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

2021

ESTIMACIÓN DE MAGNITUDES DE PROTECCIÓN PARA IRRADIACIÓN EXTERNA A PARTIR DE LA MEDICIÓN
DE MAGNITUDES OPERACIONALES EN EL CAMPO DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

AUTOR:

Alfonso Espinoza Leyton
Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
Subdepartamento de Ambientes Laborales
Departamento Salud Ocupacional
Instituto de Salud Pública de Chile

ESTIMACIÓN DE MAGNITUDES DE PROTECCIÓN PARA IRRADIACIÓN EXTERNA A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE MAGNITUDES OPERACIONALES EN EL CAMPO DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

1. INTRODUCCIÓN.

Los principios fundamentales de la protección radiológica son el de justificación, el de limitación de dosis y el de optimización de la protección. Para dar cuenta de su cumplimiento, los países establecen un sistema de gestión del riesgo donde se establecen responsabilidades y derechos de instituciones, organizaciones y personas, mediante lo cual se busca asegurar su aplicación para todas las diferentes situaciones de exposición de los seres humanos en el uso pacífico de las radiaciones ionizantes.

Una de estas situaciones es la que se da en el contexto del trabajo, donde se encuentran adecuadamente justificados ciertos niveles de exposición. En dicho marco, se ejecuta además la optimización, buscando conseguir reducir al máximo posible dichos niveles, no comprometiendo la calidad del trabajo. Así mismo, se establecen límites, que solo representan un rango de niveles de exposición que se estiman justificados para el ámbito del trabajo.

Para determinar el riesgo de las exposiciones ocupacionales a radiaciones ionizantes se han establecido diferentes magnitudes, las cuales buscan ser utilizadas adecuadamente para determinar la probabilidad de que se presenten efectos estocásticos, o cuando corresponde, se pueda esperar que se encuentren o no efectos determinísticos, estos últimos también denominados como tisulares. Así mismo, existen magnitudes para estimar riesgos individuales o colectivos, así como generales o de tejidos u órganos específicos. De todas ellas, desde el punto de vista radiobiológico, lo que, en condiciones normales de trabajo resulta de interés para dimensionar el riesgo de las diferentes exposiciones es la dosis, aunque aún se debe precisar cuál es la dosis específica que puede ser la más adecuada para evaluar cada situación.

2. ALCANCE.

En la presente nota técnica se busca entregar una orientación para el medio nacional del ámbito ocupacional respecto de las definiciones formales de las diferentes magnitudes utilizadas en protección radiológica, a fin de precisar la relación entre las definiciones legales respecto de las magnitudes en las que se encuentran las que se obtienen del sistema de la vigilancia radiológica personal, donde forma parte la dosimetría personal externa e interna, así como también, las que se obtienen de mediciones instrumentales con lectura directa en los puestos de trabajo.

En el caso de la dosimetría personal externa sus resultados son obtenidos prácticamente en su totalidad mediante la utilización de detectores pasivos y retardados, cuyos resultados se expresan haciendo referencia a magnitudes específicas. Así mismo, por otro lado, para las evaluaciones ambientales es usual la utilización de detectores de lectura directa, los cuales se encuentran por lo general calibrados con referencia a otras magnitudes.

No se recomienda que de manera corriente se realicen las correcciones aquí indicadas para informar las dosis generadas por la dosimetría personal, sino que más bien para la realización de análisis más detallados del riesgo y para la formulación de criterios de interpretación de las magnitudes establecidas para la protección radiológica ocupacional en cada lugar de trabajo, a ser realizados por parte de profesionales con conocimientos más precisos de cada uno de los ambientes de trabajo y con un mayor grado de especialización y responsabilidad en las materias de la protección radiológica ocupacional de cada instalación radiactiva.

3. DEFINICIÓN DE MAGNITUDES RELEVANTES PARA IRRADIACIÓN EXTERNA.

En la presente nota técnica se abordarán las magnitudes más utilizadas para la evaluación individual y para la situación de irradiación externa, con las cuales, a nivel mundial, se están expresando las recomendaciones y los niveles de riesgo de las exposiciones a radiaciones ionizantes. Esto no significa que las mismas no se puedan utilizar para incorporación de material radiactivo, aunque esta situación no se abordará en este documento en profundidad.

3.1. Magnitudes físicas.

Las magnitudes físicas básicas son las siguientes:

- a. **Fluencia (ϕ):** Es el cociente entre dN y da , donde dN es el número de partículas incidentes en una esfera de área de sección transversal, con unidades [m^{-2}], es decir:

$$\phi = \frac{dN}{da} \quad (1)$$

- b. **Kerma (K):** Para partículas ionizantes no cargadas, es el cociente entre dE_{tr} y dm , donde dE_{tr} es la suma de las energías cinéticas de todas las partículas cargadas liberadas por las partículas no cargadas incidentes en dm , con unidades de [$J kg^{-1}$], cuyo nombre específico es gray [Gy], es decir:

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm} \quad (2)$$

Frecuentemente se utiliza en aire, en cuyo caso se indica como K_a .

- c. **Dosis Absorbida (D):** Es el cociente entre $d\bar{\epsilon}$ y dm , donde d es la energía impartida por la radiación ionizante a la materia de masa dm , con unidades de [$J kg^{-1}$] o [Gy], es decir:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} \quad (3)$$

3.2. Magnitudes de protección.

Estas son las magnitudes en las que internacionalmente se definen los límites de dosis. También denominadas magnitudes dosimétricas, aunque en general esta denominación incluye también a la ya mencionada Dosis Absorbida. En este caso, se considera una magnitud de protección cuando esta se refiere a la energía impartida en un órgano específico. En este caso se utiliza D_T , además se indica de manera explícita el órgano o tejido al cual se refiere. Sus unidades son gray [Gy].

Adicionalmente se tienen las siguientes:

a. **Dosis Equivalente (H_T):** Es la dosis en un órgano o tejido T dada por:

(4)

Donde $D_{T,R}$ es dosis absorbida media debida al tipo de radiación R en el órgano o tejido T, y w_R es un factor adimensional de ponderación relativo al tipo de radiación. Las unidades son [J kg⁻¹] cuyo nombre específico es sievert [Sv].

Los valores de w_R son los que se muestran en la siguiente tabla:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Tabla N°1:

Factores de ponderación relativos al tipo de radiación ionizante.

Tipo de radiación	Factor w_R
Fotones	1
Electrones y muones	1
Protones y piones cargados	2
Partículas alfa, iones pesados y fragmentos de fisión	20
Neutrones	$2,5 + 18,2 e^{-\frac{[\ln(E_n)]^2}{6}}$ $E_n < 1 \text{ MeV}$
	$5,0 + 17,0 e^{-\frac{[\ln(2 E_n)]^2}{6}}$ $1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV}$
	$2,5 + 3,25 e^{-\frac{[\ln(0,04 E_n)]^2}{6}}$ $E_n < 50 \text{ MeV}$

b. **Dosis Efectiva (E):** Es suma ponderada por tejido de las dosis equivalentes en todos los tejidos y órganos especificados del cuerpo, dada por:

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R} \quad \text{o} \quad \sum_T w_T H_T \quad (5)$$

Donde H_T o $w_R D_{T,R}$ es la dosis equivalente en el órgano o tejido T , w_T es un factor adimensional de ponderación relativo al tejido. Las unidades son $[J\ kg^{-1}]$ cuyo nombre específico es sievert [Sv].

Los valores de w_T son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N°2:

Factores de ponderación relativos al tejido u órgano.

Tipo de radiación	Factor w_T	w_T
Medula ósea, colon, pulmón, estómago, mama, resto de los tejidos *	0,12	0,72
Gónadas	0,08	0,08
Vejiga, esófago, hígado y tiroides	0,04	0,16
Superficie ósea, cerebro, glándulas salivales y piel	0,01	0,04
Total		1,00

* **Nota:** Resto de los Tejidos: Adrenales, región extra torácica (ET), vesícula, corazón, riñones, nódulos linfáticos, músculo, mucosa oral, páncreas, próstata, intestino delgado, bazo, timo y útero/cérvix.

3.3. Magnitudes operacionales.

Debido a que las magnitudes de protección, antes definidas, en la práctica no pueden ser determinadas de manera directa, por lo tanto, se han definido una serie de magnitudes denominadas operacionales, utilizadas en las mediciones de irradiación externa, con ellas se pueden realizar posteriormente estimaciones de las magnitudes de protección, con las que se encuentran establecidos los límites de dosis. Estas son las magnitudes en las cuales se encuentran calibrados los detectores de radiación, así como también, la propia dosimetría personal. Para todo ello, además se han debido estandarizar una serie de procedimientos de irradiación, características de campos de radiación, cualidades de haces, simuladores, entre otros aspectos.

Estas magnitudes se definen en un simulador de tejido conocido como esfera ICRU que consiste precisamente en una esfera de material equivalente al tejido con un diámetro de 30 cm, una densidad de $1\ g/cm^3$ y con una composición másica de 76,2 % de oxígeno, 11,1% de carbono, 10,1% de hidrógeno y 2,6% de nitrógeno.

A continuación, se entregarán las definiciones formales de las magnitudes operacionales más frecuentemente utilizadas para irradiación externa:

a. Equivalente de Dosis Personal ($H_p(d)$): Es el equivalente de dosis en tejido blando, a una profundidad apropiada d [mm] por debajo de un punto específico en el cuerpo. Las unidades son $[J\ kg^{-1}]$ cuyo nombre específico es sievert [Sv].

Esta es la magnitud que se recomienda para la vigilancia radiológica individual. Para radiaciones fuertemente penetrantes se utiliza 10 mm, mientras que para radiaciones débilmente penetrantes se utiliza 0,07 mm. También se utilizan otras profundidades para casos particulares como es para el cristalino, para el cual se utiliza 3 mm.

- b. Equivalente de Dosis Ambiental ($H^*(d)$):** Es el equivalente de dosis en un punto de un campo de radiación que se produciría por el correspondiente campo alineado y expandido en la esfera ICRU a una profundidad de d [mm] y sobre el radio opuesto a la dirección del campo alineado. Las unidades son $[J\ kg^{-1}]$ cuyo nombre específico es sievert [Sv].

Esta magnitud es la que se recomienda para la vigilancia de áreas. Para radiaciones fuertemente penetrantes se utiliza $H^*(10)$, mientras que para radiaciones débilmente penetrantes como radiación Beta se utiliza $H^*(0,07)$.

- c. Equivalente de Dosis Direccional ($H'(d,\Omega)$):** Es el equivalente de dosis en un punto de un campo de radiación que se produciría por el correspondiente campo expandido en la esfera ICRU a una profundidad de d [mm] y en un radio en la dirección Ω . Las unidades son $[J\ kg^{-1}]$ cuyo nombre específico es sievert [Sv].

Esta magnitud es la que se recomienda para la vigilancia de áreas. Para radiaciones fuertemente penetrantes se utiliza $H'(10, \Omega)$, mientras que para radiaciones débilmente penetrantes como radiación Beta se utiliza $H'(0,07, \Omega)$, con la respectiva definición respecto de la direccionalidad de la irradiación.

Todas estas magnitudes, ya sean las físicas, de protección y operacionales, se pueden expresar respecto al tiempo dt , en este caso se denominan tasas y se miden y expresan en sus respectivas unidades adicionalmente con $[s^{-1}]$ y con un punto arriba de la letra mayúscula de la magnitud correspondiente, por ejemplo, la Tasa de Dosis Absorbida, que se representa como \dot{D} y sus unidades son $[J\ kg^{-1}\ s^{-1}]$ o $[Gy\ s^{-1}]$.

4. ANTECEDENTES LEGALES EN CHILE.

El sistema de protección radiológica ocupacional de Chile, no incorpora de manera clara instrumentos para la gestión de los principios de justificación y de optimización, siendo explícito solo en lo relativo al principio de limitación de dosis estableciendo, así mismo, en general solo para las situaciones de exposición planificada, y dentro de estas, para las categorías de exposición de tipo ocupacional. Estos límites se encuentran establecidos en el Artículo 12° del Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radioactivas, Decreto Supremo N°3, de 1985, del Ministerio de Salud, donde se establece lo siguiente:

El vigente Reglamento de Protección Radiológica posee una serie de limitaciones, entre otras, que se basa en las recomendaciones de la Publicación N°26, de 1977, de la Comisión Internacional de la Protección Radiológica (ICRP).

Por lo antigua de la referencia y de la reglamentación, es posible explicar que no se la haya referido al Sistema Internacional de Unidades, ya que en su lugar utiliza la unidad [rem], así como también, no se haya explicitado a qué tipo de dosis se refiere cada límite, menos aún si se trata de una magnitud operacional o de una magnitud de protección radiológica.

Artículo 12°:

Los límites de dosis (LD) para trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes serán los siguientes:

Órgano Expuesto	Límites de Dosis rem Anual
Cuerpo entero, gónadas, médula ósea	5
Cristalino	30
Cualquier otro órgano en forma individual	50

5. ESTIMACIÓN DE LAS MAGNITUDES DE PROTECCIÓN.

Se podría interpretar, en forma compatible con las recomendaciones internacionales actuales en las materias de la protección radiológica ocupacional, que los límites se encuentran establecidos en magnitudes de protección, es decir, cuando corresponde al cuerpo entero se hace referencia a una Dosis Efectiva y que para otros órganos se hace referencia a las respectivas Dosis Equivalentes.

De acuerdo con lo anterior, es que se podría interpretar entonces que los límites de dosis en Chile son los siguientes:

Tabla N°3:

Límites de dosis en magnitudes de protección.

Órgano Expuesto	Límite de Dosis	
	Dosis Efectiva E [mSv] Anual	Dosis Equivalente H _T [mSv] Anual
Cuerpo entero	50	---
Gónadas	---	50
Médula ósea	---	50
Cristalino	---	300
Cualquier otro órgano en forma individual	---	500

Esto es compatible con el Sistema Internacional de Unidades, al mismo tiempo, con las unidades utilizadas en la actualidad para la Vigilancia Radiológica Personal en el país.

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

Tal como ya se mencionó, las mediciones realizadas para la vigilancia radiológica personal, mediante la dosimetría personal externa, como también las mediciones para la vigilancia de áreas, lo que en el medio nacional pudiera ser conocido como mediciones realizadas en puestos de trabajo, no se realizan directamente en estas magnitudes. Es así como la dosimetría personal de cuerpo entero se encuentra referida a la magnitud operacional Equivalente de Dosis Personal a 10 [mm] de profundidad o $H_p(10)$. Así mismo, los detectores utilizados para la realización de evaluaciones de puestos de trabajo, tales como Cámaras de Ionización o Geiger Müller, usualmente se encuentran calibrados a la magnitud operacional Equivalente de Dosis Ambiental a 10 [mm] de profundidad, es decir, $H^*(10)$. Todo esto aplicable, en estos casos, de utilidad para radiaciones fuertemente penetrantes, como son los rayos X y la radiación gamma.

Un aspecto relevante de estas magnitudes operacionales es que, en general, al utilizarlas para hacer comparaciones de manera directa con las magnitudes de protección, que son en las que se encuentran establecidos los límites de dosis, usualmente las sobreestiman, algo que, ante incertidumbres, es un criterio aceptado en el ámbito de la salud ocupacional y la protección radiológica, sin embargo, cuando se requiere hacer mejores estimaciones, al mismo tiempo que, se conocen mejor las condiciones del ambiente de trabajo, es factible efectuar estimaciones más precisas de las magnitudes de protección mediante la utilización de diferentes tablas o gráficos, mediante los cuales se puede acceder a factores de conversión que resumen

la correspondencia entre estas magnitudes para distintas situaciones, como lo son los rangos de energías de fotones o partículas, como también diferentes geometrías de irradiación.

Se ha observado que la relación entre las magnitudes operacionales y las de protección es dependiente de la forma que tiene el campo de radiación y como se orientan las personas respecto del mismo, por lo que se ha analizado esta dependencia. Para sistematizar esto se han definido y estandarizado las siguientes geometrías de irradiación:

- a. **AP:** El campo de irradiación incide en forma perpendicular al eje longitudinal del simulador, desde la parte anterior a la posterior.
- b. **PA:** El campo de irradiación incide en forma perpendicular al eje longitudinal del simulador, desde la parte posterior a la anterior.
- c. **LAT:** El campo de radiación incide en forma lateral, así mismo, en forma perpendicular al eje longitudinal del simulador. Cuando es necesario, se especifica si es desde la derecha (RLAT) o desde la izquierda (LLAT). En los casos en que no existen diferencias significativas entre ambas orientaciones, se utiliza el promedio.
- d. **ROT:** Considera la rotación a velocidad constante del simulador sobre su eje longitudinal, con un haz de radiación unidireccional y perpendicular al eje longitudinal del simulador.
- e. **ISO:** Considera un campo de radiación en el cual el número de partículas por unidad de ángulo sólido es independiente de la dirección.

Las mismas geometrías se representan en la siguiente figura:

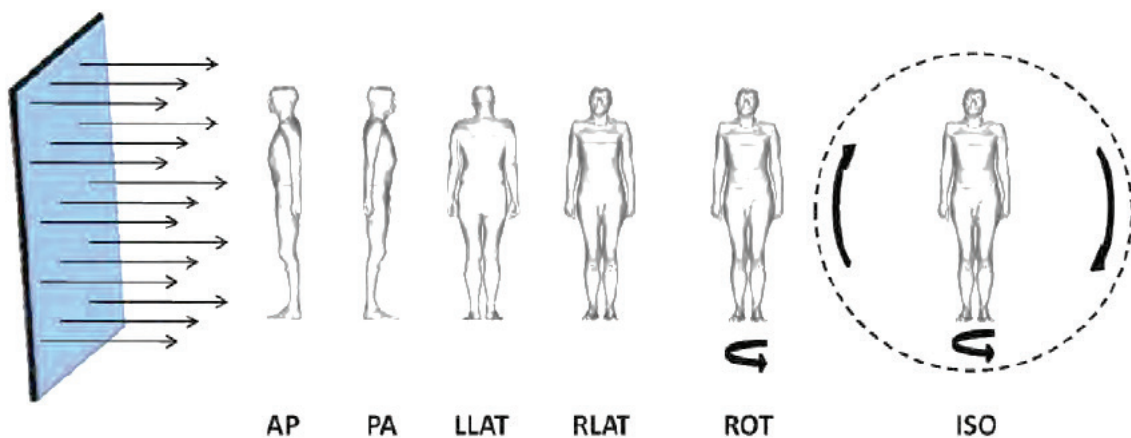


Figura N°1:

Representación esquemática de las geometrías de irradiación descritas.

Además, debe definirse y especificarse para cada caso, la distribución energética del campo de radiación incidente.

5.2. ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DE PROTECCIÓN DOSIS EFECTIVA PARA RADIACIÓN FUERTEMENTE PENETRANTE. RAYOS X Y GAMMA.

A continuación, se observan gráficos que muestran el comportamiento o relación que existe entre la magnitud de protección **Dosis Efectiva** y las magnitudes operacionales de mayor utilidad para las situaciones de exposición ocupacional en el país, como son **Equivalente de Dosis Personal $H_p(10)$** , utilizada por la dosimetría personal y **Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$** , en la que se encuentran calibrados los detectores o medidores de radiación utilizados en los ambientes de trabajo.

En el caso de la relación entre la **Dosis Efectiva y Equivalente de Dosis Personal $H_p(10)$** se observa la siguiente relación:

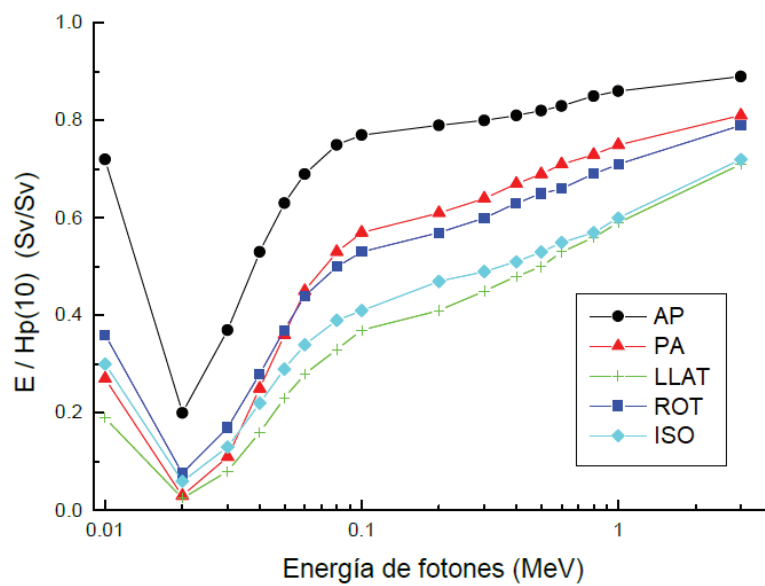


Gráfico N°1:

Relación entre Dosis Efectiva y $H_p(10)$ para fotones.

Por su parte, la relación entre la **Dosis Efectiva y Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$** se observa la siguiente relación:

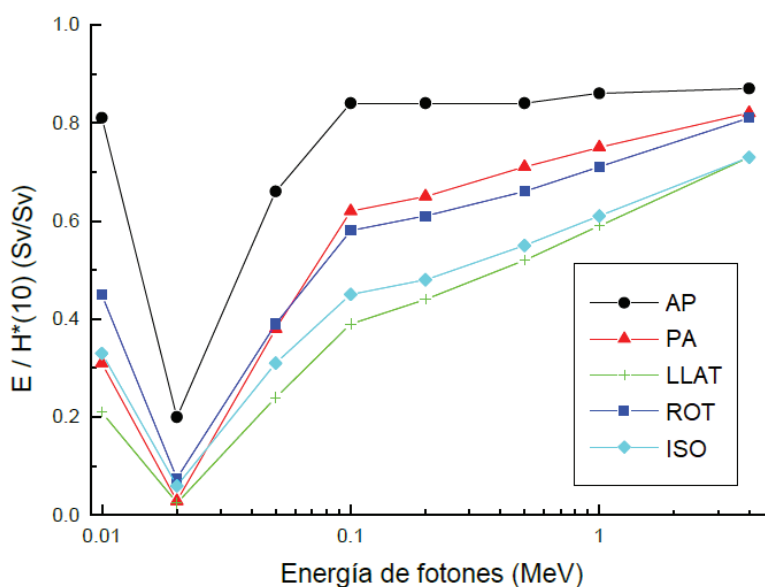


Gráfico N°2:

Relación entre Dosis Efectiva y $H^(10)$ para fotones.*

De acuerdo con lo anterior, se observa que, al menos en los rangos energéticos más comunes de hallar, para las exposiciones ocupacionales en el país, siempre estas magnitudes operacionales sobreestiman la Dosis Efectiva, por lo que, en general, en ausencia de una información detallada de las geometrías que tienen las exposiciones o ante la imposibilidad de su caracterización, es que usualmente se toman decisiones simplemente con las magnitudes operacionales. Sin embargo, en aquellas situaciones en las que se requiera alguna mayor precisión se pueden hacer correcciones de las magnitudes operacionales realizando, con este tipo de información, estimaciones de la magnitud de protección Dosis Efectiva.

A modo de ejemplo, en una situación laboral de un profesional que trabaja en prácticas intervencionistas, cuyo dosímetro es utilizado bajo el delantal plomado, dado que su exposición es fundamentalmente de frente al paciente, el cual dispersa la radiación en diferentes direcciones, pudiera ser un buen supuesto que la mayor parte de la dosis que recibe su dosímetro es en forma AP. En esta situación se ha determinado por dosimetría personal con un dosímetro calibrado en la magnitud operacional Equivalente de Dosis Personal $H_p(10)$, que su exposición trimestral alcanza un valor de **4,25 mSv**. Así mismo, dado que la energía de los fotones empleados para estas prácticas pudiera ser de hasta 100 keV para el haz principal, producto de que el trabajador y el dosímetro personal recibe sólo radiación secundaria, pudiera estimarse que la energía de la radiación que le llega al dosímetro a través del elemento de protección personal sería de 80 keV.

De esta manera, se requeriría un factor que relacione la magnitud operacional $H_p(10)$ con la Dosis Efectiva, para fotones de 80 keV, lo que según el Gráfico N°1 para una irradiación AP daría un valor aproximado de 0,75 para la razón $E/H_p(10)$, con lo que se tiene lo siguiente:

$$\frac{E}{H_p(10)} = 0,75 \left[\frac{Sv}{Sv} \right] \quad \text{o} \quad \frac{E}{H_p(10)} = 0,75 \left[\frac{mSv}{mSv} \right]$$

Dado que se ha medido que el Equivalente de Dosis Personal $H_p(10)$ para el trimestre es de **4,25 mSv** se tiene que:

$$\frac{E}{4,25} = 0,75$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud de protección Dosis Efectiva será:

$$E = 0,75 \left[\frac{mSv}{mSv} \right] \times 4,25 [mSv] = 3,19 [mSv]$$

Por otro lado, para la misma situación del ejemplo, utilizando el “Protocolo para la evaluación de puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes asociadas a prácticas con técnicas fluoroscópicas de uso médico, 2020, 2° Versión”, se realizó una evaluación de puesto de trabajo midiendo con una cámara de ionización calibrada en la magnitud operacional Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$, estimándose que, en la realización de este tipo de procedimientos y para la carga de trabajo del mismo trimestre, debiera estar involucrada un Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$ de **4,37 mSv**.

En este caso entonces un factor que relacione la magnitud operacional $H^*(10)$ con la Dosis Efectiva, para fotones de 80 keV, lo que según el Gráfico N°2 para una irradiación AP daría un valor aproximado de 0,80 para la razón $E/H^*(10)$, de esta manera se tiene lo siguiente:

$$\frac{E}{H^*(10)} = 0,80 \left[\frac{Sv}{Sv} \right] \quad \text{o} \quad \frac{E}{H^*(10)} = 0,80 \left[\frac{mSv}{mSv} \right]$$

Dado que se ha estimado para el Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$ para el trimestre es de 4,37 mSv se tiene que:

$$\frac{E}{4,37} = 0,80 \left[\frac{mSv}{mSv} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud de protección Dosis Efectiva será:

$$E = 0,80 \left[\frac{mSv}{mSv} \right] \times 4,37 [mSv] = 3,50 [mSv]$$

Estas dos estimaciones de la magnitud de protección Dosis Efectiva debieran ser más precisas, para este caso particular, que la medición inicial entregada por las magnitudes operacionales obtenidas, por un lado, mediante la vigilancia personal, es decir, por dosimetría, mientras que, por otro lado, mediante la vigilancia de áreas, esta vez por evaluaciones ambientales o de puesto de trabajo. Además, en ambos casos se observa claramente la tendencia de que las magnitudes operacionales sobreestiman la magnitud de protección dosis efectiva.

Finalmente, si bien aquí se muestran y utilizan gráficos, dado que se logra una mayor precisión al trabajar con las respectivas tablas que los originan, se recomienda trabajar con estas últimas. Ahora bien, no se tienen tablas generadas por ICRU de estas conversiones de manera directa por lo que usualmente estas conversiones se deben realizar utilizando tablas como las que se entregan en el Anexo A pasando previamente por conversiones a la magnitud física Kerma. A continuación, se aplica esta metodología aplicada al mismo ejemplo anterior, esta vez utilizando las tablas que se entregan en el citado anexo.

Para la primera condición donde se tiene un valor obtenido por dosimetría personal calibrada en la magnitud operacional Equivalente de Dosis Personal $Hp(10)$, con una dosis trimestral de **4,25 mSv**.

En primer lugar con la información de la Tabla A.1 se puede determinar que la relación entre la magnitud operacional $Hp(10)$ para 0°, es decir, en forma AP y la magnitud física Kerma en aire (K_a), para fotones de 80 keV se tiene lo siguiente:

$$\frac{H_p(10)}{K_a} = 1,903 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad \text{o} \quad \frac{H_p(10)}{K_a} = 1,903 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud física K_a será:

$$K_a = \frac{4,25 [mSv]}{1,903 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]} = 2,23 [mGy]$$

Luego con la Tabla A.3 se puede determinar que la relación entre la magnitud de protección Dosis Efectiva y la magnitud física Kerma en aire, para fotones de 80 keV es:

$$\frac{E}{K_a} = 1,433 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{E}{K_a} = 1,433 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud de protección Dosis Efectiva será:

$$E = 1,433 \left[\frac{mSv}{mGy} \right] \times 2,23 [mGy] = 3,20 [mSv]$$

Por otro lado, para la situación en la que se realizó una evaluación de puesto de trabajo midiendo con una cámara de ionización calibrada en la magnitud operacional Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$ donde se estimó un valor de **4,37 mSv**, se puede obtener en primer lugar, en la Tabla A.2, una relación entre la magnitud operacional $H^*(10)$ y la magnitud física Kerma en aire (K_a), para fotones de 80 keV, con lo que se tiene lo siguiente:

$$\frac{H^*(10)}{K_a} = 1,720 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{H^*(10)}{K_a} = 1,720 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud física K_a será:

$$K_a = \frac{4,37 [mSv]}{1,720 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]} = 2,54 [mGy]$$

Luego con la Tabla A.3 se puede determinar que la relación entre la magnitud de protección Dosis Efectiva y la magnitud física Kerma en aire, para fotones de 80 keV es:

$$\frac{E}{K_a} = 1,433 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{E}{K_a} = 1,433 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud de protección Dosis Efectiva será:

$$E = 1,433 \left[\frac{mSv}{mGy} \right] \times 2,54 [mGy] = 3,64 [mSv]$$

Se puede observar que con ambas metodologías se obtienen resultados similares, aunque se puede suponer que con las tablas se logran obtener resultados más precisos.

Con estos resultados es factible efectuar comparaciones con el límite de dosis para cuerpo entero establecido en el Reglamento de Protección Radiológica o el mismo exhibido en la Tabla N°3.

Finalmente, se debe comentar que este proceder es el mismo que se debe realizar en el caso de que no se tengan las magnitudes integradas, es decir, en aquellos casos en que las magnitudes se tengan en función del tiempo, o sea, se tengan las magnitudes en forma de tasas de dosis.

5.3. ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DE PROTECCIÓN DOSIS EQUIVALENTE PARA RADIACIÓN FUERTEMENTE PENETRANTE. RAYOS X Y GAMMA.

Similar procedimiento se utiliza para realizar estimaciones de la magnitud de protección Dosis Equivalente a partir de mediciones tanto de las magnitudes operacionales Equivalente de Dosis Personal $H_p(10)$ y Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$. Para esto sólo se requiere el empleo de tablas específicas a partir de las cuales se puede conocer, primero la equivalencia entre la magnitud operacional y la magnitud física Kerma en aire, para posteriormente utilizar la equivalencia de Kerma en aire con la magnitud de protección dosis absorbida, de allí utilizando la Formula N°4 se puede obtener la magnitud de protección Dosis Equivalente para efectuar comparaciones con la Tabla N°3.

A modo de ejemplo, se utilizará la misma información antes descrita. En este caso un profesional de sexo masculino que trabaja en prácticas intervencionistas, con un dosímetro que es utilizado bajo el delantal plomado, se ha determinado con calibración a la magnitud operacional Equivalente de Dosis Personal $H_p(10)$ una exposición trimestral que alcanza un valor de **4,25 mSv**. Ahora se quiere estimar la dosis en gónadas masculinas.

Al igual que los anteriores casos, por las mismas explicaciones anteriores, se estima adecuado obtener la relación entre la magnitud operacional $H_p(10)$ y magnitud física Kerma en aire utilizando una energía de fotones de 80 keV con lo que de la Tabla A.1 se tiene lo siguiente:

$$\frac{H_p(10)}{K_a} = 1,903 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{H_p(10)}{K_a} = 1,903 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud física K_a será:

$$K_a = \frac{4,25 \left[mSv \right]}{1,903 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]} = 2,23 \left[mGy \right]$$

Luego con la Tabla A.10 se puede determinar que la relación entre la magnitud de protección Dosis Equivalente en testículos y la magnitud física Kerma en aire, para fotones de 80 keV es:

$$\frac{D_T}{K_a} = 1,953 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{D_T}{K_a} = 1,953 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud de protección Dosis Equivalente será:

$$D_T = 1,953 \left[\frac{mSv}{mGy} \right] \times 2,23 \left[mGy \right] = 4,36 \left[mSv \right]$$

Por otro lado, para la situación en la que se realizó una evaluación de puesto de trabajo midiendo con una cámara de ionización calibrada en la magnitud operacional Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$ donde se estimó un valor de 4,37 mSv, se puede obtener en primer lugar, en la Tabla A.2, una relación entre la magnitud operacional $H^*(10)$ y la magnitud física Kerma en aire (K_a), para fotones de 80 keV, con lo que se tiene lo siguiente:

$$\frac{H^*(10)}{K_a} = 1,720 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{H^*(10)}{K_a} = 1,720 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud física K_a será:

$$K_a = \frac{4,37 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]}{1,720 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]} = 2,54 \left[mGy \right]$$

Luego con la Tabla A.10 se puede determinar que la relación entre la magnitud de protección Dosis Equivalente en testículos y la magnitud física Kerma en aire, para fotones de 80 keV es:

$$\frac{D_T}{K_a} = 1,953 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] \quad o \quad \frac{D_T}{K_a} = 1,953 \left[\frac{mSv}{mGy} \right]$$

Por lo tanto, se puede determinar que la magnitud de protección Dosis Equivalente será:

$$D_T = 1,953 \left[\frac{mSv}{mGy} \right] \times 2,54 \left[mGy \right] = 4,96 \left[mSv \right]$$

Con estos resultados es factible efectuar comparaciones con el límite de dosis para gónadas establecido en el Reglamento de Protección Radiológica o el mismo exhibido en la Tabla N°3.

5.4. ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DE PROTECCIÓN PARA OTRAS RADIACIONES IONIZANTES.

Para otro tipo de radiaciones y otro tipo de prácticas, la metodología es análoga, no se presentan en este documento otros ejemplos, entre otros motivos por no tratarse de prácticas muy frecuentes en el medio nacional, así mismo, en las bibliografías mencionadas se pueden encontrar tablas para su realización, mismas que no se han incluido en esta publicación para no hacer mucho más extenso el documento considerando lo infrecuente de su necesidad, lo que en ningún caso debe hacer pensar que dicha aplicación sea innecesaria al momento de la realización de análisis más precisos de los niveles de riesgos de estas prácticas.

6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES.

Se han presentado diferentes ejemplos para situaciones comunes, considerando algunas condiciones específicas que son factibles de caracterizar en los ambientes de trabajo, con las que resulta factible aproximarse a conocer de manera más precisa las magnitudes de protección, que se entiende son las que define la reglamentación nacional, en circunstancias que las diferentes mediciones que se realizan en los ambientes de trabajo, ya sean con instrumentos de evaluación instantánea o con los dispositivos retardados como los empleados para la dosimetría personal, los cuales se encuentran referidos a diferentes magnitudes operacionales.

Este criterio de evaluación puede ser utilizado para un manejo más preciso del análisis del riesgo de las diferentes exposiciones ocupacionales a radiaciones ionizantes y al mismo tiempo, la determinación de si las mismas cumplen efectivamente los límites de dosis establecidos en la reglamentación nacional.

No se espera que de manera corriente se realice este tipo de análisis o correcciones a la hora de informar las dosis generadas por la dosimetría personal, sino que más bien a la hora de hacer análisis más precisos de la gestión del riesgo en cada lugar de trabajo o instalación radiactiva, a ser efectuado por profesionales de la salud, prevencionistas de riesgos, higienistas ocupacionales u otro personal con un mayor grado de conocimiento de las condiciones de cada puesto de trabajo, así como con una mayor especialización y responsabilidad en las materias de la protección radiológica ocupacional de un específico centro de trabajo.

En el presente documento se ha intentado poner el foco en situaciones que pudieran resultar más frecuentes en el ámbito laboral nacional, dejándose afuera explicaciones más detalladas de otras situaciones. De acuerdo a ello, no se debe entender la materia abordada como acotada para el medio nacional, requiriéndose para algunas otras situaciones laborales más complejas o infrecuentes una mayor profundización así como la utilización de información que aquí no se ha incluido.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- a) ICRP 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103.
- b) ICRP 60, The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, 1990.
- c) ICRP 26, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 26, 1977.
- d) Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, European Commission, Food and Agriculture Organization of United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, United Nations Environment Programme, World Health Organization, IAEA Safety Standards Series N°. GRS Part 3, 2014.GSR Part 3. 2016.
- e) IAEA, Safety Standard Series N° GSG 7, Occupational Radiation Protection, 2018.
- f) IAEA, Evaluación de la Exposición Ocupacional debida a Fuentes Externas de Radiación, Patrocinada conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Oficina Internacional del Trabajo, Guía de Seguridad N° RS-G-1.3, 2004.
- g) IAEA, Protección Radiológica Ocupacional, Patrocinada conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Oficina Internacional del Trabajo, Guía de Seguridad N° RS-G-1.1, 2004.
- h) ICRU Report 57, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection. Against External Radiation, 1998.
- i) ICRU Report 85, Fundamental Quantities and Units por Ionizing Radiation (Revised), 2011.
- j) IAEA, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series 115, 1996.
- k) Apunte Curso de Postgrado en Protección Radiológica y Seguridad de Fuentes de Radiación, Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina, Universidad de Buenos Aires, 2008.

ANEXO A.

ALGUNAS TABLAS CON RELACIONES ENTRE MAGNITUDES OPERACIONALES Y MAGNITUDES DE PROTECCIÓN.

Se reconoce la existencia de este tipo de tablas para relaciones entre otras magnitudes, así como, para otros tipos de radiaciones ionizantes como electrones, positrones, neutrones, protones, muones, piones, entre otros; sin embargo, en la presente publicación se han incluido las que se estiman más necesarias de acuerdo a las características del medio nacional, así como, las que permitan determinar las magnitudes de protección para tejidos que se encuentran mencionados en la legislación nacional.

Tabla A.1:

Tabla A.24 ICRU Report 57, 1998.

Coefficientes de conversión para Kerma en Aire a Equivalente de Dosis Ambiental $H_p(10,0^\circ)$ incidente en un paralelepípedo ICRU y los factores de dependencia angular $H_p(10,\alpha)/H_p(10,0^\circ)$

Energía Fotón [MeV]	$H_p(10,0^\circ)$ /Ka [Sv/Gy]	Relación $H_p(10,\alpha)/H_p(10,0^\circ)$ para el ángulo α indicado					
		0°	15°	30°	45°	60°	75°
0,0100	0,009	1,000	0,889	0,556	0,222	0,000	0,000
0,0125	0,098	1,000	0,929	0,704	0,388	0,102	0,000
0,0150	0,264	1,000	0,966	0,822	0,576	0,261	0,030
0,0175	0,445	1,000	0,971	0,879	0,701	0,416	0,092
0,0200	0,611	1,000	0,982	0,913	0,763	0,520	0,167
0,0250	0,883	1,000	0,980	0,937	0,832	0,650	0,319
0,0300	1,112	1,000	0,984	0,950	0,868	0,716	0,411
0,0400	1,490	1,000	0,986	0,959	0,894	0,760	0,494
0,0500	1,766	1,000	0,988	0,963	0,891	0,779	0,526
0,0600	1,892	1,000	0,988	0,969	0,911	0,793	0,561
0,0800	1,903	1,000	0,997	0,970	0,919	0,809	0,594
0,1000	1,811	1,000	0,992	0,972	0,927	0,834	0,612
0,1250	1,696	1,000	0,998	0,980	0,938	0,857	0,647
0,1500	1,607	1,000	0,997	0,984	0,947	0,871	0,677
0,2000	1,492	1,000	0,997	0,991	0,959	0,900	0,724
0,3000	1,369	1,000	1,000	0,996	0,984	0,931	0,771
0,4000	1,300	1,000	1,004	1,001	0,993	0,955	0,814
0,5000	1,256	1,000	1,005	1,002	1,001	0,968	0,846
0,6000	1,226	1,000	1,005	1,004	1,003	0,975	0,868
0,8000	1,190	1,000	1,001	1,003	1,007	1,987	0,892
1,0000	1,167	1,000	1,000	0,996	1,009	0,990	0,910
1,5000	1,139	1,000	1,002	1,003	1,006	0,997	0,934
3,0000	1,117	1,000	1,005	1,010	0,998	0,998	0,958
6,0000	1,109	1,000	1,003	1,003	0,992	0,997	0,995
10,0000	1,111	1,000	0,998	0,995	0,989	0,992	0,966

Tabla A.2:

Tabla A.21 ICRU Report 57, 1998.

Coeficientes de conversión para Equivalente de Dosis Ambiental $H^*(10)$ y Equivalente de Dosis Direccional $H'(0.07,0^\circ)$ para fluencia de fotones y Kerma en Aire.

Energía Fotón [MeV]	$H^*(10) / K_a$	$H'(0.07,0^\circ) / K_a$	K_a / ϕ	$H^*(10) / \phi$	$H'(0.07,0^\circ) / \phi$
	[Sv/Gy]	[Sv/Gy]	[pGy cm ²]	[pSv cm ²]	[pSv cm ²]
0,010	0,008	0,950	7,600	0,061	7,200
0,015	0,260	0,990	3,210	0,830	3,190
0,020	0,610	1,050	1,730	1,050	1,810
0,030	1,100	1,220	0,739	0,810	0,900
0,040	1,470	1,410	0,438	0,640	0,620
0,050	1,670	1,530	0,328	0,550	0,500
0,060	1,740	1,590	0,292	0,510	0,470
0,080	1,720	1,610	0,308	0,530	0,490
0,100	1,650	1,550	0,372	0,610	0,580
0,150	1,490	1,420	0,600	0,890	0,850
0,200	1,400	1,340	0,856	1,200	1,150
0,300	1,310	1,310	1,380	1,800	1,800
0,400	1,260	1,260	1,890	2,380	2,380
0,500	1,230	1,230	2,380	2,930	2,930
0,600	1,210	1,210	2,840	3,440	3,440
0,800	1,190	1,190	3,690	4,380	4,380
1,000	1,170	1,170	4,470	5,200	5,200
1,500	1,150	1,150	6,120	6,900	6,900
2,000	1,140	1,140	7,510	8,600	8,600
3,000	1,130	1,130	9,890	11,100	11,100
4,000	1,120	1,120	12,000	13,400	13,400
5,000	1,110	1,110	13,900	15,500	15,500
6,000	1,110	1,110	15,800	17,600	17,600
8,000	1,110	1,110	19,500	21,600	21,600
10,000	1,100	1,100	23,200	25,600	25,600

Tabla A.3:

Tabla A.17 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Efectiva por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]					
	AP	PA	RLAT	LLAT	ROT	ISO
0,010	0,00653	0,00248	0,00172	0,00172	0,00326	0,00271
0,015	0,04020	0,00586	0,00549	0,00549	0,01530	0,01230
0,020	0,12200	0,01810	0,01510	0,01550	0,04620	0,03620
0,030	0,41600	0,12800	0,07820	0,09040	0,19100	0,14300
0,040	0,78800	0,37000	0,20500	0,24100	0,42600	0,32600
0,050	1,10600	0,64000	0,34500	0,40500	0,66100	0,51100
0,060	1,30800	0,84600	0,45500	0,52800	0,82800	0,64200
0,070	1,40700	0,96600	0,52200	0,59800	0,92400	0,72000
0,080	1,43300	1,01900	0,55400	0,62800	0,96100	0,74900
0,100	1,39400	1,03000	0,57100	0,64100	0,96000	0,74800
0,150	1,25600	0,95900	0,55100	0,62000	0,89200	0,70000
0,200	1,17300	0,91500	0,54900	0,61500	0,85400	0,67900
0,300	1,09300	0,88000	0,55700	0,61500	0,82400	0,66400
0,400	1,05600	0,87100	0,57000	0,62300	0,81400	0,66700
0,500	1,03600	0,86900	0,58500	0,63500	0,81200	0,67500
0,600	1,02400	0,87000	0,60000	0,64700	0,81400	0,68400
0,800	1,01000	0,87500	0,62800	0,67000	0,82100	0,70300
1,000	1,00300	0,88000	0,65100	0,69100	0,83100	0,71900
2,000	0,99200	0,90100	0,72800	0,75700	0,87100	0,77400
4,000	0,99300	0,91800	0,79600	0,81300	0,90900	0,82400
6,000	0,99300	0,92400	0,82700	0,83600	0,92500	0,84600
8,000	0,99100	0,92700	0,84600	0,85000	0,93400	0,85900
10,000	0,99000	0,92900	0,86000	0,85900	0,94100	0,86800

Nota: En otra Publicación de Referencia del Instituto de Salud Pública se incluyó una tabla similar a esta para estos fines. En esa oportunidad se utilizó la más actualizada Tabla A.2. Photons: effective dose per air kerma free-in-air, in units of Sv/Gy, for mono-energetic particles incident in various geometries de Publication 116, 2010. En esta oportunidad para dar consistencia con las siguientes tablas se decidió incluir esta de ICRU Report 57 de 1998. Ambas tablas muestran algunas diferencias, sin embargo, en cualquier caso la recomendación principal es indicar la tabla que se utiliza, así mismo, se cita a continuación lo que la Publicación 116 indica en su presentación "Las magnitudes operacionales para fotones, neutrones y electrones continúan siendo obtenidas con una buena aproximación por los coeficientes de conversión para dosis efectiva para los rangos de energía considerados en la Publicación ICRP 74 e ICRU Report 57, pero no para altas energías consideradas en la presente publicación".

Tabla A.4:

Tabla A.2 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en vejiga por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00834	0,00000	0,00000	0,00140	0,00081
0,020	0,08950	0,00000	0,00000	0,01840	0,01140
0,030	0,47400	0,03910	0,02540	0,15700	0,11100
0,040	0,97000	0,19900	0,12100	0,38900	0,28600
0,050	1,37700	0,41500	0,25000	0,62000	0,46500
0,060	1,62200	0,60200	0,35800	0,79000	0,59900
0,070	1,72200	0,71300	0,42100	0,88900	0,67600
0,080	1,73200	0,76100	0,45000	0,92200	0,69800
0,100	1,65600	0,78900	0,47600	0,92200	0,70400
0,150	1,45800	0,75200	0,47400	0,84100	0,66100
0,200	1,33600	0,72400	0,46600	0,80300	0,62900
0,300	1,23100	0,70400	0,49900	0,77700	0,60600
0,400	1,18200	0,70900	0,52400	0,77200	0,60900
0,500	1,15100	0,72100	0,54200	0,77400	0,61900
0,600	1,13000	0,73300	0,55900	0,77800	0,63200
0,800	1,10200	0,75600	0,59200	0,79000	0,65700
1,000	1,08400	0,77400	0,62000	0,80200	0,68000
2,000	1,04100	0,82400	0,71000	0,84900	0,75000
4,000	1,01500	0,84100	0,78300	0,89800	0,80100
6,000	1,00000	0,83000	0,81200	0,92000	0,81900
8,000	0,98600	0,81400	0,82800	0,93200	0,83000
10,000	0,97300	0,80100	0,83800	0,94000	0,83900

Tabla A.5:

Tabla A.3 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en médula ósea por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00029	0,00048	0,00000	0,00022	0,00014
0,015	0,00411	0,00788	0,00197	0,00409	0,00311
0,020	0,01440	0,03160	0,00904	0,01670	0,01360
0,030	0,06970	0,17100	0,05850	0,09320	0,07330
0,040	0,21100	0,45000	0,17500	0,26200	0,21100
0,050	0,40000	0,77200	0,32300	0,47300	0,38500
0,060	0,57300	1,03700	0,45600	0,66000	0,53900
0,070	0,69800	1,21200	0,55200	0,78800	0,64500
0,080	0,76800	1,30200	0,60300	0,85600	0,69800
0,100	0,82200	1,34700	0,64300	0,90000	0,72900
0,150	0,80800	1,25400	0,63500	0,86600	0,70600
0,200	0,78300	1,17500	0,62900	0,83500	0,68900
0,300	0,76100	1,08800	0,62200	0,80400	0,66900
0,400	0,75500	1,04300	0,62700	0,79200	0,66500
0,500	0,75600	1,01700	0,63700	0,78900	0,66800
0,600	0,76100	1,00000	0,64700	0,79000	0,67400
0,800	0,77400	0,98300	0,66700	0,79700	0,69000
1,000	0,78700	0,97400	0,68600	0,80600	0,70500
2,000	0,83300	0,96800	0,75300	0,84500	0,76200
4,000	0,87700	0,98000	0,81900	0,88700	0,82100
6,000	0,90000	0,99200	0,85100	0,91100	0,85200
8,000	0,91600	1,00100	0,87200	0,92700	0,87300
10,000	0,92700	1,00700	0,88900	0,94000	0,88900

Tabla A.6:

Tabla A.4 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en hueso (superficie) por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00143	0,00201	0,00163	0,00161	0,00103
0,015	0,02470	0,03350	0,02180	0,02660	0,01970
0,020	0,10100	0,13200	0,08840	0,10700	0,08260
0,030	0,53700	0,69400	0,42200	0,53900	0,42200
0,040	1,25700	1,57200	0,92800	1,21800	0,97000
0,050	1,88400	2,29700	1,34400	1,79300	1,43700
0,060	2,18500	2,61700	1,52600	2,05700	1,65300
0,070	2,21900	2,62800	1,54100	2,07800	1,67800
0,080	2,08300	2,45200	1,43200	1,94100	1,56500
0,100	1,75700	2,04000	1,20600	1,62800	1,32200
0,150	1,26800	1,44800	0,88300	1,17500	0,96500
0,200	1,07400	1,21600	0,76300	1,00200	0,82900
0,300	0,93800	1,04800	0,68500	0,87900	0,73900
0,400	0,89200	0,98700	0,66600	0,84000	0,71300
0,500	0,87300	0,95900	0,66300	0,82600	0,70600
0,600	0,86600	0,94300	0,66600	0,82100	0,70700
0,800	0,86300	0,92900	0,67600	0,82100	0,71500
1,000	0,86600	0,92400	0,69000	0,82600	0,72700
2,000	0,88500	0,92900	0,74900	0,85800	0,77500
4,000	0,91200	0,94700	0,80800	0,89300	0,82800
6,000	0,92800	0,96000	0,83700	0,91100	0,85500
8,000	0,93800	0,97100	0,85600	0,92700	0,87200
10,000	0,94700	0,98000	0,87000	0,93900	0,88500

Tabla A.7:

Tabla A.5 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en mama femenina por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,02230	0,00000	0,00513	0,00869	0,00763
0,015	0,18600	0,00000	0,04510	0,07470	0,06640
0,020	0,46500	0,00000	0,12800	0,19800	0,18300
0,030	0,95800	0,04890	0,33300	0,44900	0,42300
0,040	1,29600	0,18100	0,50700	0,65500	0,61500
0,050	1,52200	0,32800	0,63400	0,81100	0,75200
0,060	1,64400	0,43900	0,72400	0,90900	0,83600
0,070	1,68300	0,51100	0,76500	0,95800	0,87800
0,080	1,67000	0,54500	0,77300	0,97100	0,88300
0,100	1,60000	0,57400	0,77100	0,95800	0,87400
0,150	1,44900	0,60000	0,75500	0,91200	0,82900
0,200	1,36100	0,62500	0,74700	0,87500	0,81300
0,300	1,26400	0,66300	0,75600	0,85100	0,79500
0,400	1,21400	0,69300	0,76600	0,85100	0,79400
0,500	1,18400	0,71700	0,77400	0,85400	0,79800
0,600	1,16400	0,73700	0,78200	0,85800	0,80400
0,800	1,13800	0,76700	0,79900	0,86500	0,81500
1,000	1,12300	0,79100	0,81400	0,87200	0,82600
2,000	1,10100	0,86300	0,86600	0,90200	0,86500
4,000	1,08400	0,90500	0,90700	0,92300	0,89700
6,000	1,06800	0,91100	0,92100	0,92700	0,90600
8,000	1,05500	0,91100	0,92700	0,92900	0,90900
10,000	1,04200	0,91100	0,93100	0,93000	0,91100

Tabla A.8:

Tabla A.6 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en colon por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]					
	AP	PA	RLAT	LLAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00034	0,00000	0,00000	0,00000	0,00011	0,00009
0,020	0,01490	0,00000	0,00000	0,00000	0,00047	0,00008
0,030	0,25100	0,06550	0,03060	0,02810	0,09450	0,06190
0,040	0,66100	0,29500	0,13300	0,14100	0,31900	0,22400
0,050	1,04000	0,58100	0,26300	0,29200	0,56600	0,41100
0,060	1,28900	0,80500	0,37000	0,41900	0,74800	0,55300
0,070	1,41700	0,94000	0,43600	0,49300	0,85600	0,63800
0,080	1,45400	1,00600	0,46700	0,52900	0,90200	0,67300
0,100	1,41600	1,03600	0,48400	0,55000	0,90700	0,67700
0,150	1,28000	0,96300	0,46200	0,53200	0,84200	0,64000
0,200	1,18400	0,91200	0,45900	0,52000	0,81200	0,61400
0,300	1,09900	0,87300	0,47100	0,52300	0,78900	0,60300
0,400	1,06500	0,86000	0,48600	0,53600	0,78000	0,60600
0,500	1,04600	0,85700	0,50100	0,55100	0,77800	0,61400
0,600	1,03500	0,85800	0,51600	0,56500	0,78000	0,62300
0,800	1,02000	0,86300	0,54400	0,59100	0,79000	0,64300
1,000	1,01000	0,87000	0,57000	0,61400	0,80000	0,66200
2,000	0,98500	0,88700	0,65800	0,69400	0,83800	0,72900
4,000	0,98400	0,90100	0,73300	0,76500	0,86800	0,78800
6,000	0,98800	0,90800	0,76500	0,79700	0,87900	0,81100
8,000	0,98400	0,91200	0,78300	0,81600	0,88400	0,82500
10,000	0,97800	0,91500	0,79700	0,83000	0,88800	0,83400

Tabla A.9:

Tabla A.7 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en ovarios por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,020	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,030	0,15800	0,07850	0,00963	0,06600	0,03510
0,040	0,51100	0,34500	0,09960	0,27700	0,19100
0,050	0,84600	0,67600	0,23400	0,52700	0,38300
0,060	1,07200	0,94400	0,34500	0,72300	0,52000
0,070	1,20000	1,11300	0,41400	0,84400	0,60700
0,080	1,26200	1,20100	0,45300	0,90100	0,65300
0,100	1,28200	1,23400	0,47900	0,92600	0,66600
0,150	1,18500	1,11600	0,47000	0,88200	0,60900
0,200	1,10600	1,03400	0,47800	0,84100	0,58800
0,300	1,01700	0,96300	0,49100	0,81000	0,58600
0,400	0,97200	0,93600	0,50100	0,79600	0,59900
0,500	0,94800	0,92400	0,51100	0,78900	0,61400
0,600	0,93400	0,91800	0,52200	0,78600	0,62700
0,800	0,92100	0,91100	0,54200	0,78700	0,65000
1,000	0,91800	0,90800	0,55900	0,79300	0,66800
2,000	0,93600	0,90500	0,62400	0,83300	0,71900
4,000	0,98100	0,91000	0,69600	0,89100	0,76900
6,000	1,01300	0,91700	0,74000	0,92600	0,79900
8,000	1,03700	0,92200	0,77200	0,94900	0,82000
10,000	1,05600	0,92600	0,79600	0,96600	0,83600

Tabla A.10:

Tabla A.8 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en testículos por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,02920	0,00000	0,00000	0,00744	0,00559
0,015	0,19500	0,00000	0,00000	0,05710	0,04460
0,020	0,50300	0,00000	0,00000	0,16000	0,13800
0,030	1,09300	0,04110	0,02300	0,38100	0,33700
0,040	1,50600	0,16000	0,10500	0,59300	0,51600
0,050	1,76700	0,30800	0,19800	0,76300	0,66100
0,060	1,90800	0,44000	0,26400	0,86300	0,75400
0,070	1,96100	0,52400	0,31200	0,92100	0,80200
0,080	1,95300	0,56500	0,33900	0,94600	0,81500
0,100	1,85500	0,59900	0,37200	0,93400	0,79200
0,150	1,63100	0,62900	0,39200	0,86600	0,74400
0,200	1,49700	0,64100	0,42200	0,83100	0,72000
0,300	1,36600	0,67500	0,45700	0,79400	0,71000
0,400	1,30300	0,70500	0,48000	0,78100	0,71200
0,500	1,26500	0,72600	0,50300	0,77900	0,71700
0,600	1,23800	0,74300	0,52700	0,78000	0,72500
0,800	1,20200	0,76500	0,57200	0,78900	0,74200
1,000	1,17700	0,78200	0,60700	0,79900	0,75700
2,000	1,11900	0,83100	0,70300	0,84800	0,79900
4,000	1,07100	0,86400	0,77600	0,89500	0,84300
6,000	1,04300	0,87400	0,80700	0,91600	0,86800
8,000	1,02300	0,88000	0,82200	0,93000	0,88300
10,000	1,00400	0,88400	0,83300	0,94000	0,89300

Tabla A.11:

Tabla A.9 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en gónadas* por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,01460	0,00000	0,00000	0,00372	0,00280
0,015	0,09700	0,00000	0,00000	0,02850	0,02230
0,020	0,24600	0,00000	0,00000	0,07610	0,06750
0,030	0,62800	0,05830	0,01650	0,22300	0,18400
0,040	1,01300	0,24800	0,10000	0,43500	0,35600
0,050	1,31300	0,49200	0,21600	0,64700	0,52700
0,060	1,49900	0,70300	0,31000	0,79900	0,63800
0,070	1,58900	0,83400	0,36400	0,89000	0,70900
0,080	1,61300	0,89600	0,39800	0,92700	0,74300
0,100	1,56400	0,91700	0,42600	0,92600	0,72700
0,150	1,39900	0,85800	0,42500	0,87000	0,66900
0,200	1,29600	0,83000	0,46100	0,83300	0,65800
0,300	1,18900	0,82100	0,47600	0,80600	0,65000
0,400	1,13700	0,82800	0,48600	0,79300	0,65800
0,500	1,10800	0,83600	0,50200	0,78600	0,67100
0,600	1,08800	0,84300	0,52000	0,78400	0,68500
0,800	1,06600	0,85200	0,55500	0,78600	0,70800
1,000	1,05400	0,85900	0,58400	0,79400	0,72500
2,000	1,03700	0,87700	0,66700	0,84400	0,76100
4,000	1,04000	0,89300	0,74100	0,90300	0,80300
6,000	1,04500	0,90100	0,77900	0,93100	0,83400
8,000	1,04900	0,90700	0,80300	0,94800	0,85200
10,000	1,05500	0,91000	0,81900	0,96100	0,86500

* Nota: Esta tabla es presentada porque en los cálculos de dosis efectiva se usa la dosis absorbida media entre ovarios y testículos.

Tabla A.12:

Tabla A.10 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en hígado por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]					
	AP	PA	RLAT	LLAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00316	0,00063	0,00015	0,00000	0,00091	0,00046
0,020	0,04180	0,01090	0,00285	0,00000	0,01390	0,00762
0,030	0,31800	0,15900	0,14200	0,00300	0,15900	0,10900
0,040	0,73200	0,44800	0,42700	0,02800	0,42000	0,30500
0,050	1,09400	0,73700	0,71100	0,07230	0,67400	0,50200
0,060	1,32100	0,93400	0,90200	0,11900	0,84600	0,64100
0,070	1,42500	1,04300	1,00100	0,15600	0,93800	0,72100
0,080	1,44600	1,08300	1,03200	0,18000	0,97000	0,74400
0,100	1,40300	1,07700	1,01900	0,19800	0,95900	0,74200
0,150	1,26100	0,99200	0,94000	0,21300	0,88700	0,69000
0,200	1,17600	0,94200	0,89900	0,22600	0,84700	0,66700
0,300	1,09400	0,90100	0,86500	0,25100	0,80600	0,65400
0,400	1,05600	0,88700	0,85400	0,27700	0,79500	0,65600
0,500	1,03400	0,88200	0,85100	0,30100	0,79600	0,66300
0,600	1,02200	0,88100	0,85200	0,32400	0,80000	0,67200
0,800	1,00800	0,88200	0,85900	0,36400	0,81100	0,69000
1,000	1,00200	0,88600	0,86800	0,39900	0,82200	0,70800
2,000	1,00200	0,91000	0,90600	0,52000	0,86100	0,77200
4,000	1,00600	0,93100	0,93400	0,62600	0,89200	0,82000
6,000	1,00300	0,93500	0,94000	0,67100	0,90200	0,83200
8,000	0,99800	0,93400	0,94300	0,69500	0,90600	0,83600
10,000	0,99400	0,93300	0,94500	0,71300	0,90900	0,83700

Tabla A. 13:

Tabla A.11 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en pulmones por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00175	0,00325	0,00009	0,00111	0,00058
0,020	0,03040	0,04820	0,00037	0,01630	0,01000
0,030	0,29700	0,36000	0,07590	0,20000	0,14100
0,040	0,69300	0,78000	0,24600	0,49800	0,37500
0,050	1,02300	1,11700	0,42500	0,76200	0,59200
0,060	1,22300	1,31900	0,55200	0,93200	0,72700
0,070	1,31300	1,41400	0,62000	1,01700	0,80000
0,080	1,33100	1,43500	0,64100	1,03900	0,81700
0,100	1,29100	1,39700	0,64200	1,01800	0,80600
0,150	1,16400	1,26400	0,60700	0,93600	0,74900
0,200	1,10100	1,19500	0,59600	0,89500	0,72500
0,300	1,04400	1,13000	0,59700	0,86200	0,71200
0,400	1,02100	1,10100	0,61000	0,85600	0,71400
0,500	1,00900	1,08400	0,62500	0,85800	0,72000
0,600	1,00300	1,07400	0,63900	0,86100	0,72800
0,800	0,99700	1,06100	0,66400	0,86900	0,74400
1,000	0,99500	1,05400	0,68600	0,87700	0,76000
2,000	0,99100	1,03800	0,76400	0,90700	0,81500
4,000	0,98500	1,02400	0,82900	0,92700	0,86100
6,000	0,98000	1,01300	0,85200	0,93200	0,87800
8,000	0,97500	1,00500	0,86300	0,93600	0,88600
10,000	0,97100	0,99900	0,87000	0,93900	0,89300

Tabla A. 14:

Tabla A.12 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en esófago por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]					
	AP	PA	RLAT	LLAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,020	0,00000	0,00000	0,00015	0,00005	0,00000	0,00000
0,030	0,05850	0,04350	0,03210	0,04990	0,05070	0,03140
0,040	0,26800	0,27900	0,14900	0,18800	0,23700	0,16500
0,050	0,52200	0,60700	0,29800	0,36200	0,47900	0,34100
0,060	0,72100	0,87200	0,41900	0,51000	0,67900	0,48700
0,070	0,84800	1,03200	0,51600	0,60200	0,80000	0,59200
0,080	0,90200	1,10500	0,57200	0,65000	0,85800	0,63800
0,100	0,92600	1,13800	0,60300	0,66200	0,88500	0,66500
0,150	0,84600	1,08300	0,59900	0,65400	0,84000	0,64300
0,200	0,82700	1,01800	0,59700	0,65000	0,80500	0,61100
0,300	0,81100	0,94900	0,60400	0,65900	0,77200	0,60700
0,400	0,80900	0,92000	0,61900	0,68100	0,76600	0,62400
0,500	0,81300	0,90600	0,63700	0,70200	0,77100	0,64200
0,600	0,81800	0,90000	0,65300	0,71900	0,77900	0,65600
0,800	0,82800	0,89700	0,68200	0,74600	0,79800	0,68000
1,000	0,83600	0,90000	0,70400	0,76700	0,81500	0,69800
2,000	0,86000	0,92100	0,77200	0,82500	0,86900	0,75400
4,000	0,89600	0,93400	0,83000	0,86400	0,91400	0,80400
6,000	0,92000	0,93300	0,85600	0,87800	0,93600	0,83000
8,000	0,93400	0,93200	0,86800	0,88800	0,95000	0,84700
10,000	0,94300	0,93000	0,87500	0,89600	0,96100	0,86100

Tabla A. 15:

Tabla A.13 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en resto del cuerpo por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]					
	AP	PA	RLAT	LLAT	ROT	ISO
0,010	0,00065	0,00066	0,00027	0,00027	0,00048	0,00033
0,015	0,00643	0,00643	0,00230	0,00231	0,00438	0,00314
0,020	0,03260	0,03670	0,00665	0,00672	0,02010	0,01390
0,030	0,21400	0,21200	0,05250	0,06950	0,14600	0,10400
0,040	0,52700	0,51300	0,16900	0,22000	0,37900	0,28400
0,050	0,82700	0,81000	0,30500	0,39000	0,61500	0,47100
0,060	1,03000	1,01900	0,41200	0,51700	0,78400	0,60500
0,070	1,13600	1,13300	0,47900	0,59500	0,88200	0,68600
0,080	1,17700	1,17700	0,51000	0,62700	0,92000	0,71600
0,100	1,17200	1,17400	0,52900	0,63800	0,92500	0,71900
0,150	1,07000	1,07600	0,51800	0,61600	0,86400	0,68200
0,200	1,00300	1,01300	0,51500	0,60500	0,82600	0,66100
0,300	0,94500	0,95500	0,52300	0,60600	0,80000	0,65000
0,400	0,92400	0,93200	0,53900	0,61500	0,79400	0,65100
0,500	0,91600	0,92100	0,55600	0,62700	0,79400	0,65700
0,600	0,91300	0,91600	0,57200	0,64000	0,79800	0,66500
0,800	0,91100	0,91300	0,60000	0,66500	0,80700	0,68300
1,000	0,91200	0,91300	0,62500	0,68700	0,81700	0,70100
2,000	0,92300	0,92200	0,70700	0,75700	0,85200	0,76500
4,000	0,93200	0,93500	0,77600	0,81500	0,88600	0,81900
6,000	0,93300	0,94100	0,80400	0,83800	0,90100	0,83900
8,000	0,93300	0,94400	0,82000	0,85100	0,91000	0,84800
10,000	0,93200	0,94800	0,83100	0,86100	0,91600	0,85500

Tabla A. 16:

Tabla A. 14 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en piel por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,23500	0,23700	0,14200	0,20000	0,17200
0,015	0,37700	0,37700	0,25200	0,33100	0,30300
0,020	0,48800	0,48700	0,34300	0,43300	0,40700
0,030	0,65400	0,64800	0,47200	0,58100	0,54400
0,040	0,80800	0,79600	0,57800	0,71400	0,65800
0,050	0,94400	0,92900	0,66900	0,83000	0,75800
0,060	1,04000	1,02500	0,73800	0,91100	0,82800
0,070	1,09800	1,08300	0,79000	0,96800	0,87900
0,080	1,10900	1,09600	0,79600	0,98100	0,88600
0,100	1,09700	1,08300	0,80500	0,97700	0,88500
0,150	1,05000	1,04600	0,79500	0,94800	0,86500
0,200	1,02200	1,02000	0,78900	0,92600	0,85000
0,300	0,99200	0,98700	0,78700	0,90400	0,83500
0,400	0,97800	0,97300	0,79100	0,89900	0,83200
0,500	0,97200	0,96700	0,79700	0,90000	0,83300
0,600	0,97000	0,96600	0,80500	0,90300	0,83700
0,800	0,97000	0,96700	0,81900	0,90900	0,84700
1,000	0,97200	0,97000	0,83300	0,91600	0,85700
2,000	0,98400	0,98400	0,87900	0,93900	0,89100
4,000	0,99100	0,99500	0,91000	0,95300	0,91400
6,000	0,98900	0,99500	0,91700	0,95300	0,91900
8,000	0,98600	0,99400	0,92000	0,95200	0,91900
10,000	0,98200	0,99200	0,92100	0,95000	0,91800

Tabla A. 17:

Tabla A.15 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en estómago por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]					
	AP	PA	RLAT	LLAT	ROT	ISO
0,010	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00835	0,00000	0,00000	0,00014	0,00182	0,00107
0,020	0,08800	0,00000	0,00021	0,00486	0,02490	0,01320
0,030	0,48300	0,04890	0,00119	0,14900	0,16900	0,12200
0,040	0,99800	0,23000	0,02230	0,43100	0,42200	0,31400
0,050	1,40800	0,45900	0,06410	0,70500	0,67400	0,50500
0,060	1,63700	0,64300	0,11000	0,88500	0,84400	0,64100
0,070	1,73500	0,74900	0,14500	0,98000	0,93700	0,71700
0,080	1,74000	0,80100	0,16700	1,00800	0,97200	0,73800
0,100	1,65000	0,81500	0,19100	1,00200	0,96200	0,73900
0,150	1,45700	0,77100	0,20700	0,93300	0,87400	0,68800
0,200	1,35500	0,74700	0,22300	0,88900	0,83500	0,66700
0,300	1,24300	0,73800	0,25200	0,85400	0,81000	0,64400
0,400	1,18500	0,74200	0,28100	0,84600	0,80300	0,64700
0,500	1,15000	0,74800	0,30700	0,84700	0,80300	0,65600
0,600	1,12500	0,75500	0,33200	0,85200	0,80400	0,66500
0,800	1,09300	0,76800	0,37400	0,86300	0,81000	0,68100
1,000	1,07300	0,78000	0,41100	0,87400	0,81900	0,69700
2,000	1,03800	0,82700	0,53300	0,90200	0,86500	0,76800
4,000	1,02300	0,86300	0,63900	0,91500	0,90700	0,82400
6,000	1,01600	0,87400	0,68600	0,91800	0,92100	0,83700
8,000	1,00800	0,88000	0,71300	0,92300	0,92800	0,84300
10,000	1,00200	0,88300	0,73400	0,92700	0,93400	0,84800

Tabla A. 18:

Tabla A.16 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en tiroides por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00126	0,00000	0,00000	0,00029	0,00012
0,015	0,09620	0,00000	0,00211	0,02270	0,00969
0,020	0,35800	0,00000	0,05430	0,12100	0,05100
0,030	0,91000	0,01140	0,33500	0,40900	0,20600
0,040	1,35500	0,10600	0,65000	0,71800	0,40900
0,050	1,67000	0,25300	0,89200	0,96800	0,59200
0,060	1,84600	0,38300	1,06200	1,12200	0,71500
0,070	1,92500	0,46500	1,14600	1,20400	0,78300
0,080	1,93800	0,50300	1,17900	1,23400	0,81800
0,100	1,87300	0,53200	1,18800	1,22900	0,81700
0,150	1,67400	0,54400	1,13100	1,16100	0,77300
0,200	1,54300	0,53800	1,09100	1,10900	0,75200
0,300	1,41000	0,56000	1,05900	1,05500	0,73900
0,400	1,35400	0,58900	1,05700	1,03100	0,74100
0,500	1,32400	0,61600	1,06300	1,02100	0,74800
0,600	1,30200	0,64000	1,06900	1,01900	0,75400
0,800	1,26900	0,67700	1,07600	1,02300	0,76600
1,000	1,24400	0,70400	1,08100	1,03100	0,77700
2,000	1,16600	0,76100	1,09300	1,05400	0,81900
4,000	1,09300	0,81400	1,07500	1,06600	0,87000
6,000	1,05300	0,85100	1,05200	1,06600	0,90100
8,000	1,02600	0,87800	1,03600	1,06400	0,92000
10,000	1,00700	0,89900	1,02300	1,06400	0,93500

Tabla A. 19:

Tabla A.18 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en cristalino por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,3040	0,0000	0,0880	0,1140	0,0877
0,015	0,6640	0,0000	0,2520	0,2870	0,2360
0,020	0,9120	0,0000	0,3900	0,4230	0,3650
0,030	1,1970	0,0000	0,5790	0,5880	0,5230
0,040	1,3340	0,0186	0,7180	0,6940	0,6390
0,050	1,4190	0,0521	0,8380	0,7930	0,7420
0,060	1,4920	0,0837	0,9300	0,8860	0,8120
0,070	1,5360	0,1220	0,9880	0,9580	0,8570
0,080	1,5500	0,1560	1,0230	0,9990	0,8820
0,100	1,5300	0,1930	1,0490	1,0300	0,9070
0,150	1,4250	0,2410	1,0240	1,0170	0,8940
0,200	1,3570	0,2620	1,0200	0,9940	0,8680
0,300	1,2800	0,2950	1,0150	0,9580	0,8460
0,400	1,2320	0,3330	1,0130	0,9350	0,8390
0,500	1,1990	0,3690	1,0120	0,9210	0,8360
0,600	1,1740	0,4010	1,0100	0,9130	0,8350
0,800	1,1380	0,4530	1,0070	0,9080	0,8370
1,000	1,1130	0,4950	1,0040	0,9090	0,8430
2,000	1,0470	0,6180	1,0050	0,9430	0,8780
4,000	0,9950	0,7230	1,0150	0,9950	0,9170
6,000	0,9670	0,7750	1,0220	1,0240	0,9360
8,000	0,9460	0,8070	1,0280	1,0440	0,9500
10,000	0,9310	0,8330	1,0340	1,0630	0,9630

Tabla A.20:

Tabla A.19 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en timo por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,01510	0,00000	0,00000	0,00299	0,00163
0,020	0,16100	0,00009	0,00000	0,04220	0,02640
0,030	0,70000	0,00762	0,03080	0,22400	0,15900
0,040	1,24600	0,08870	0,15100	0,48200	0,37300
0,050	1,62100	0,22300	0,30200	0,71000	0,57200
0,060	1,82600	0,34700	0,41500	0,85300	0,69400
0,070	1,91300	0,42500	0,48800	0,92900	0,76200
0,080	1,92600	0,46300	0,52300	0,96400	0,78800
0,100	1,86600	0,48700	0,53000	0,97400	0,78600
0,150	1,64000	0,50500	0,53600	0,90100	0,74700
0,200	1,49900	0,49800	0,54900	0,86300	0,72000
0,300	1,35900	0,48900	0,58000	0,84600	0,70300
0,400	1,28900	0,49600	0,60600	0,84000	0,70400
0,500	1,24600	0,51000	0,62800	0,83600	0,71000
0,600	1,21500	0,52500	0,64600	0,83400	0,71500
0,800	1,17100	0,55300	0,67500	0,83100	0,72600
1,000	1,14100	0,57700	0,70000	0,83200	0,73800
2,000	1,06300	0,64500	0,77900	0,85000	0,78600
4,000	1,00300	0,71500	0,84000	0,88300	0,83500
6,000	0,97200	0,75800	0,86100	0,90500	0,85600
8,000	0,95000	0,78900	0,87200	0,92000	0,86700
10,000	0,93300	0,81300	0,88000	0,93200	0,87500

Tabla A.21:

Tabla A.20 ICRU Report 57, 1998.

Dosis Absorbida en útero por unidad de Kerma en aire, fotones monoenergéticos para diferentes geometrías de irradiación en un modelo computacional antropomórfico de un adulto.

Energía Fotón [MeV]	D_T/K_a [Gy/Gy]				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0,010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,015	0,00024	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,020	0,00133	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,030	0,21700	0,07000	0,00817	0,07590	0,04910
0,040	0,60600	0,30900	0,08500	0,28300	0,19500
0,050	0,96600	0,59400	0,20100	0,52400	0,37100
0,060	1,20900	0,81400	0,30300	0,70800	0,51100
0,070	1,33300	0,95500	0,37900	0,81600	0,59600
0,080	1,38100	1,02500	0,41200	0,86200	0,63000
0,100	1,37600	1,05400	0,43100	0,87400	0,63600
0,150	1,22400	0,97300	0,43900	0,81100	0,60900
0,200	1,12600	0,91000	0,44000	0,77200	0,58600
0,300	1,03200	0,86600	0,45000	0,74300	0,56200
0,400	0,98800	0,85700	0,46200	0,73900	0,56400
0,500	0,96500	0,85400	0,47700	0,74200	0,57400
0,600	0,95200	0,85300	0,49400	0,74700	0,58600
0,800	0,94100	0,85300	0,52900	0,75900	0,60800
1,000	0,93700	0,85400	0,56100	0,76900	0,62700
2,000	0,92900	0,86200	0,66700	0,79800	0,69200
4,000	0,91500	0,86800	0,74200	0,82600	0,75200
6,000	0,90200	0,86700	0,76500	0,84400	0,78000
8,000	0,89300	0,86300	0,77500	0,85500	0,79800
10,000	0,88500	0,85900	0,78200	0,86400	0,81000