

DISTRIBUCIÓN DE LA TASA DE DOSIS PARA PRODUCTOS IRRADIADOS EN UNA PLANTA DE IRRADIACIÓN SEMI INDUSTRIAL. 1ª PARTE.

Mangussi, J.

FACET - UNT. Avda. Independencia 1800- (4000) San Miguel de Tucumán
jmangussi@herrera.unt.edu.ar

Resumen

Se presenta la primera parte del modelado de la distribución de las tasas de dosis absorbidas en productos que reciben un proceso de irradiación dinámica en una planta de irradiación semi industrial. Se modelan los efectos de los desplazamientos lateral y vertical del producto con respecto al irradiador, así como su irradiación por ambos lados del irradiador. Se compara la distribución de tasa de dosis absorbida y su índice de uniformidad para distintos tipos de productos.

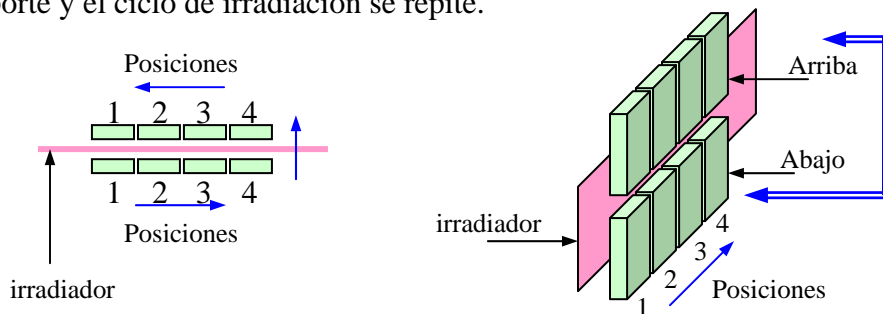
Se aplica el modelo a una situación real de irradiación de un producto y se obtiene un acuerdo aceptable con los valores experimentales. También se modeló otra situación de interés en una planta de irradiación: la tasa de dosis absorbida en aire atrás del producto; el acuerdo con los valores experimentales es aceptable.

Palabras clave: irradiación dinámica – modelo numérico - irradiación gamma

I. Introducción

La Planta de Irradiación Semi Industrial (PISI) que la CNEA opera en el CAE está diseñada para una actividad máxima de cobalto-60 de 37 PBq (ARN, 1998). Consiste en un irradiador plano y permite procesos de irradiación estática y de irradiación dinámica.

En el proceso dinámico el producto se irradia en cuatro (4) posiciones (“dwell positions”) a cada lado del irradiador plano constituyendo un ciclo. El producto está en cajas y en cada posición hay dos cajas, una arriba de la otra. Un esquema del proceso dinámico en la PISI (Graño 2004) se muestra en la Figura 1. Como el producto sobrepasa las fuentes radiactivas, las cajas son cambiadas de lugares (se intercambia arriba con abajo) en el carro de transporte y el ciclo de irradiación se repite.



Vista en planta. Un ciclo.

Posiciones: 1-2-3-4 + 4-3-2-1

Irradiación por un lado en un ciclo.

Cambio arriba ↔ abajo en 2º ciclo

Figura 1. Proceso de irradiación dinámica en la PISI. Vista en planta con las 4 posiciones a ambos lados del irradiador. Vista en perspectiva de las 4 posiciones por un lado que muestra las ubicaciones “Arriba” y “Abajo” de las cajas con el producto a irradiar.

El radio de uniformidad, RU, del producto irradiado es el cociente entre la máxima dosis absorbida y la mínima dosis absorbida. En la bibliografía (IAEA 1977) se recomiendan movimientos del producto en las direcciones horizontal y vertical para uniformizar la distribución lateral de la dosis, así como la irradiación por ambos lados del producto para uniformizar la distribución en profundidad de la dosis.

II. Cálculo de la tasa de dosis

El cálculo de la tasa de dosis absorbida en el producto se realiza a través de un modelo geométrico resuelto en forma numérica. El modelo calcula la tasa de dosis directa absorbida como la suma del aporte de cada una de las 290 fuentes radiactivas cilíndricas que constituyen el irradiador de la PISI. La distribución de actividad en el irradiador y la ubicación de las cajas con los productos (Graño 2004) se muestran en la Figura 2.

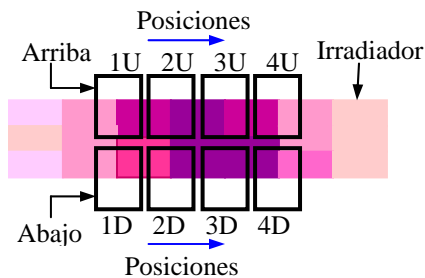


Figura 2. Ubicación de las cajas con los productos en las 4 posiciones con respecto al irradiador. La actividad en el irradiador está en una escala arbitraria de colores. Los colores más oscuros corresponden a actividades más altas.

Los detalles del cálculo de la tasa de dosis absorbida y el tratamiento de los objetos interpuestos (entre las fuentes radiactivas y los puntos de cálculo) que actúan como blindajes han sido descritos en trabajos anteriores (Mangussi, Gómez 2003) (Mangussi 2004).

La caja se discretiza en 11 planos paralelos al irradiador y se calcula la tasa de dosis absorbida en cada una de las 8 posiciones de irradiación a un lado del irradiador para los 11 planos que forman la caja. El movimiento lateral y vertical de la caja durante el proceso de irradiación se modela con la suma punto a punto de la tasa de dosis absorbida en cada una de las 8 posiciones. Los resultados para el plano de la caja próximo al irradiador (plano 01) se muestran en la Figura 3.

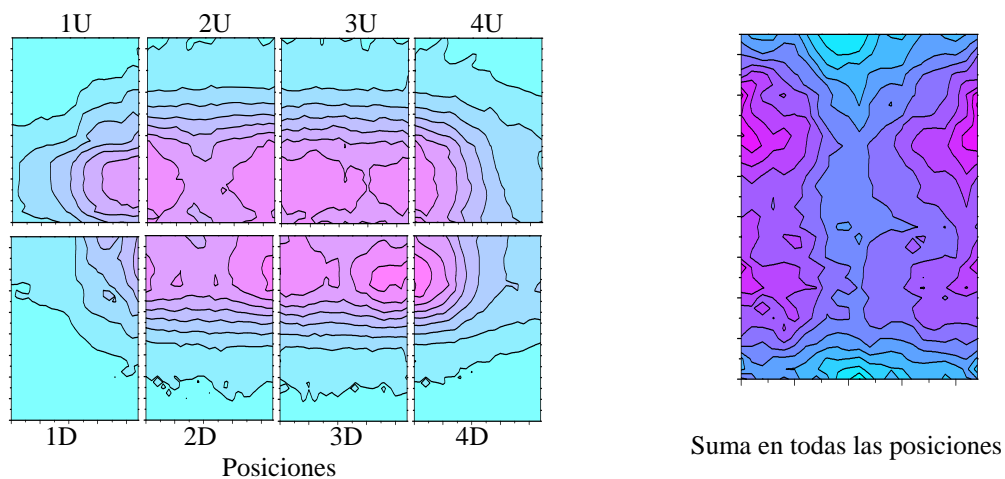


Figura 3. Tasa de dosis absorbida en el plano de la caja más cercano al irradiador en las posiciones 1D, 2D, 3D, 4D, 1U, 2U, 3U y 4U. Tasa de dosis absorbida en el mismo plano sumada sobre todas las posiciones. Los colores más cálidos corresponden a tasas de dosis más altas y los colores fríos a tasas de dosis más bajas.

Los radios de uniformidad para las posiciones de arriba (1U a 4U) son 92, 10, 10, 20 y para las posiciones de abajo (1D a 4D) son 40, 15, 15, 30; mientras que en el plano donde se suman las tasas de dosis absorbidas en las 8 posiciones el radio de uniformidad es 1,6. En estos valores se observa claramente el efecto de uniformidad logrado por los movimientos laterales y verticales. La distribución de la tasa de dosis absorbida en el plano 01 no depende del producto dentro de la caja mientras que en los otros planos la influencia del producto modifica la distribución de la tasa de dosis absorbida. Este efecto es más notorio en el plano de la caja más alejado del irradiador (plano 11) como se muestra en la Figura 4 para materiales con distintos coeficientes de atenuación lineal: $0,4 \text{ m}^{-1}$ que corresponde a un ajuste de un caso real y, para comparación, $6,41 \text{ m}^{-1}$ que corresponde al agua y $0,0075 \text{ m}^{-1}$ que corresponde al aire.

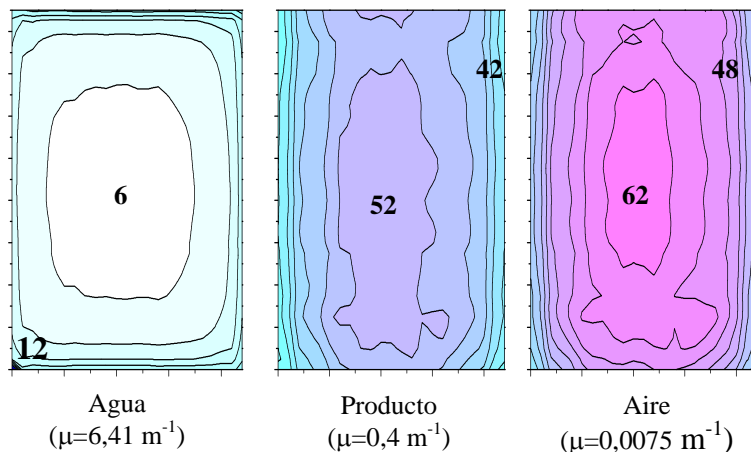


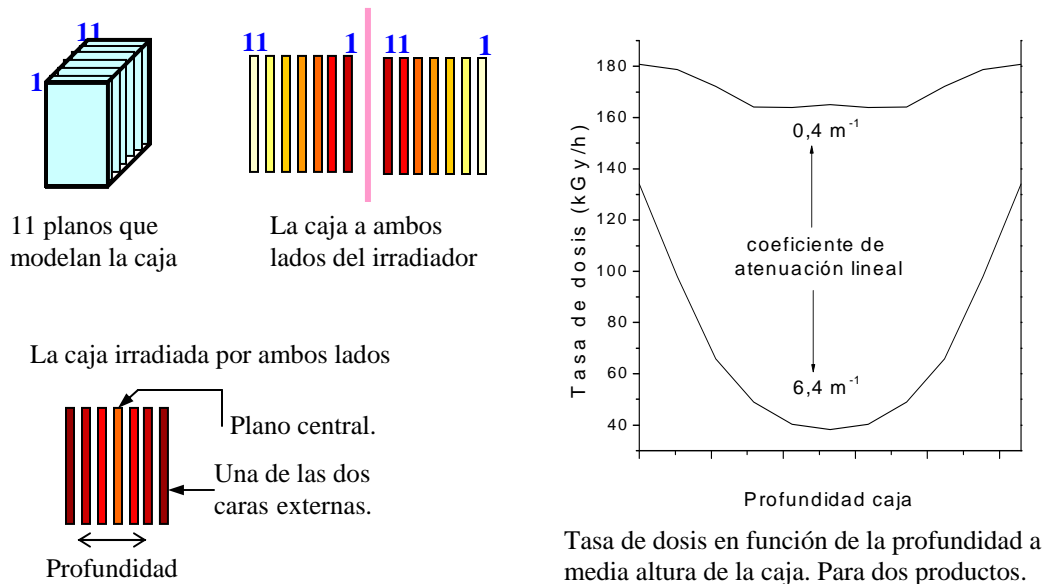
Figura 4. Tasa de dosis absorbida en aire, en kGy/h en el plano de la caja más alejado del irradiador para distintos materiales en la caja.

III. Tasa de dosis en el producto

En el proceso de irradiación dinámica la caja con el producto pasa en la ubicación de arriba por las 4 posiciones laterales por un lado del irradiador, se desplaza, y regresa, también en la ubicación de arriba, a través de las 4 posiciones laterales por el otro lado del irradiador. La caja se desplaza sin girar de manera que la cara de la caja más cercana al irradiador durante el movimiento por un lado del irradiador será la cara más alejada del irradiador cuando regresa por el otro lado. Luego se realiza el desplazamiento vertical, la caja pasa a la ubicación de abajo, y el ciclo por ambos lados del irradiador se repite.

Como se dijo en el punto II, el modelo considera la caja compuesta por 11 planos y calcula la tasa de dosis para cada plano en un solo lado del irradiador teniendo en cuenta el desplazamiento vertical y el desplazamiento lateral. Para evaluar el efecto de la irradiación por el otro lado del irradiador se suman, punto a punto, los planos de la caja simétricos con respecto al centro de la misma como se muestra en la Figura 5. En una caja con producto homogéneo se espera la tasa de dosis máxima en las caras externas de la caja y la tasa de dosis mínima en el plano central de la caja. La distribución de la tasa de dosis en la caja depende de la distribución de actividad en el irradiador, que en el caso de la PISI no es uniforme como se muestra en la Figura 2. Como también depende del tipo de producto, se calcularon las tasas de dosis en las cajas para dos valores del coeficiente de atenuación

lineal ($6,41 \text{ m}^{-1}$ y $0,4 \text{ m}^{-1}$). En la Figura 5 se muestran las tasas de dosis calculadas a lo largo de la profundidad de la caja.



Tasa de dosis en función de la profundidad a media altura de la caja. Para dos productos.

Figura 5. Planos que modelan la caja y proceso de irradiación por ambas caras del irradiador. Tasas de dosis calculadas a media altura de la caja, para dos coeficientes de atenuación lineal, dibujadas en función de la profundidad.

En la Figura 6 se muestran las tasas de dosis calculadas en la cara externa y en el plano central de una caja para dos tipos de productos. El radio de uniformidad, RU, para la caja es mayor para el mayor coeficiente de atenuación lineal (μ):

$\text{RU} = 4,8$ para $\mu = 6,41 \text{ m}^{-1}$ y $\text{RU} = 1,8$ para $\mu = 0,4 \text{ m}^{-1}$.

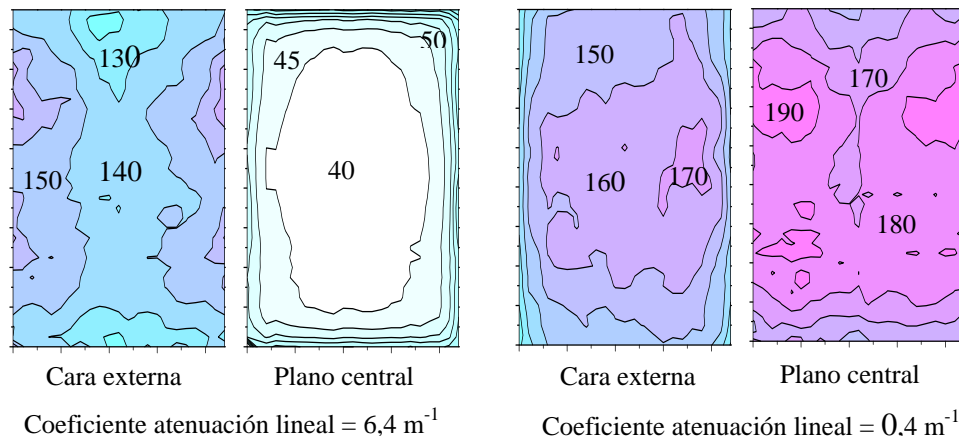


Figura 6. Tasas de dosis en kGy/h para la cara externa y el plano central de una caja con dos tipos de productos.

IV. Comparación con resultados experimentales

Se modeló un proceso completo de irradiación dinámica para cajas conteniendo bolsas valvuladas. El mapeo de dosis en una caja (Bof 2004) incluye el tipo de dosímetro y la densidad aparente de la caja, un parámetro importante para el modelado. Como el modelo calcula la tasa de dosis absorbida en aire, sus resultados deben compatibilizarse con el tipo de dosímetro experimental a fines de la comparación. Por otro lado el modelo considera que la caja contiene un producto homogéneo con un coeficiente de atenuación lineal que es el parámetro de ajuste. El valor de partida de este parámetro se estima con el coeficiente de atenuación lineal de las bolsas valvuladas y con la densidad aparente de la caja.

Las tasas de dosis absorbidas en aire en la cara externa de la caja y en su plano central se comparan con los valores experimentales compatibilizados en la Figura 7 y dan un acuerdo aceptable.

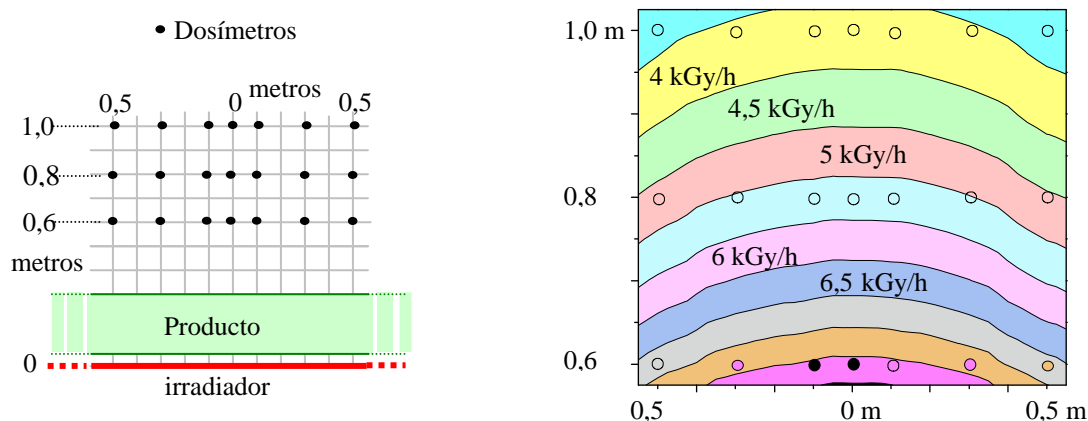


Figura 7. Tasas de dosis absorbidas en aire (kGy/h), en escala de colores arbitrarios. Valores calculados y medidos para la cara externa y para el plano central de una caja con bolsas valvuladas luego de la irradiación dinámica.

Se modeló la tasa de dosis absorbida en aire atrás del producto, que es una situación de interés para los operadores de la PISI y para la cual se dispone de datos experimentales (Graño, Pawlak 2005). En este caso el producto irradiado fue suero congelado. La zona de interés es el plano horizontal a media altura del irradiador. En la Figura 8 se muestra la ubicación de los dosímetros así como las tasa de dosis absorbidas calculadas y experimentales que tienen un acuerdo aceptable.

V. Conclusiones

Uno de los objetivos de este modelo es ser el centro de un software a medida para la PISI que se ha comenzado a elaborar por personal de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la UNT y por personal del CAE (CNEA, UNT 2004).

Por esta razón, si bien el acuerdo entre los resultados del modelo y las medidas experimentales es bueno quedan aspectos pendientes de estudio. Uno de ellos es analizar la influencia de la estructura metálica de los carros que contienen las cajas con el producto a irradiar. El segundo aspecto está vinculado a los cambios en la dosis absorbida calculada vinculados con la degradación del espectro del cobalto dentro del producto y con los efectos de buildup.

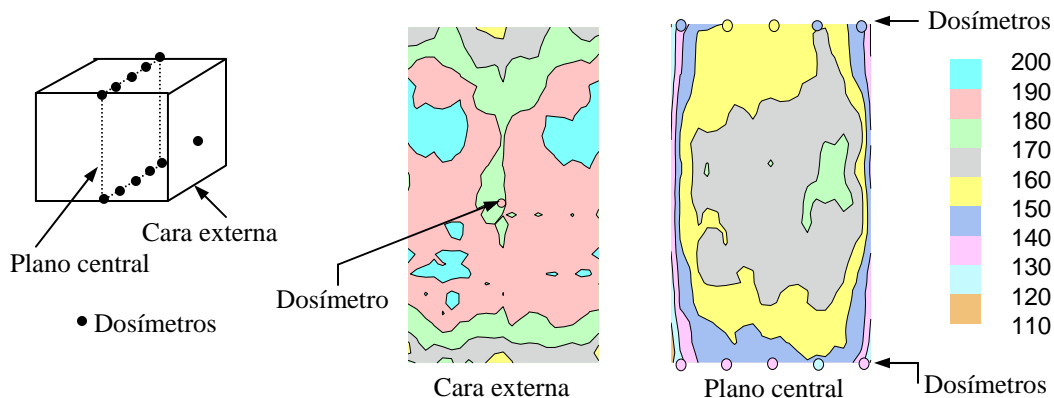


Figura 8. Tasas de dosis absorbidas en aire (kGy/h) calculadas y valores experimentales detrás del productos a irradiar, para un plano horizontal a media altura del irradiador. El tamaño de los círculos, que representan las medidas experimentales, no tiene relación con el error experimental.

Soporte Institucional

Este trabajo fue realizado dentro del proyecto de investigación “Modelo fundamental de la tasa de dosis para una distribución de fuentes radiactivas de uso industrial”, aprobado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. 2005.

Referencias

- ARN, Autoridad Regulatoria Nuclear. 1998. "Informe Anual".
- Bof, E. 2004. Información en el ámbito del Acuerdo Específico. Laboratorio de Dosimetría de Altas Dosis. CNEA.
- CNEA, UNT. 2004. "Modelización y Cálculo de Dosis de Radiaciones Ionizantes en una Distribución de Fuentes Radiactivas de Uso Industrial". Acuerdo Específico (N° 0899 004).
- Graño, J. 2004. Información en el ámbito del Acuerdo Específico. Planta de Irradiación Semi Industrial del CAE. CNEA.
- Graño, J., Pawlak, E. 2005. Información en el ámbito del Acuerdo Específico. Dosimetría de la PISI.
- IAEA. 1977. “Manual of Food Irradiation dosimetry”. Cap. 2. Technical Reports Series N° 178, Viena.
- Mangussi, J., Gómez, E. 2003. “Modelado de la tasa de dosis en una planta de irradiación semi industrial. 1ª parte”. XXX Reunión Anual de la AATN. Bs. As.
- Mangussi, J. 2004. “Modelado de la tasa de dosis en una planta de irradiación semi industrial. 2ª parte”. XXXI Reunión Anual de la AATN. Bs. As.

DOSE RATE DISTRIBUTION FOR AN IRRADIATED PRODUCT IN A SEMI INDUSTRIAL IRRADIATION PLANT. 1st STAGE

Mangussi, J.

FACET - UNT. Avda. Independencia 1800- (4000) San Miguel de Tucumán
jmangussi@herrera.unt.edu.ar

The model of the bulk product absorbed dose distribution in a semi industrial irradiation plant is presented. In this plant the products are subject to a dynamic irradiation process: single-plaque, single-direction, four-pass. The additional two passes, also one on each side of the plaque, serve to minimize the lateral dose variation as well of the depth-dose non-uniformity. The first stage of this model takes only in account the direct absorbed dose rate, the model outputs are the depth-dose distribution and the lateral-dose distribution.

The calculated absorbed dose in the bulk product and its uniformity-ratio after the dynamic irradiation process for different products is compared. The model results are in good accord with the experimental measurements in (a) a bulk of irradiated product, and (b) the air absorbed dose rate in the irradiation chamber behind the product subject to the dynamic irradiation process.