

Resumen

La tesis presentada en este documento se enmarca dentro del ámbito de la física médica. Dentro de esta rama de la física, se desarrollan herramientas computacionales para ofrecer mejoras en planificación de tratamientos que involucren radiación ionizante. En estas planificaciones, se calculan factores dosimétricos como la dosis total absorbida tanto en la región de interés de tratamiento, objetivo del mismo, como al resto de tejidos u órganos de riesgo próximos a la zona objetivo. Para poder efectuar estos cálculos, existen diferentes técnicas, siendo las simulaciones basadas en Monte Carlo las consideradas como la herramienta más precisa. Este tipo de simulaciones permiten modelizar los dispositivos médicos que emiten el haz de radiación de tratamiento a los pacientes, de manera detallada. Además, las simulaciones Monte Carlo permiten describir las fuentes de radiación minuciosamente y considerar el transporte de las partículas involucradas en el problema a través de la geometría considerada.

En los trabajos que conforman esta tesis, se han utilizado diferentes códigos Monte Carlo, que son MCNP6, penEasy y penRed, dependiendo del problema a abordar. Por ejemplo, MCNP6 se ha empleado en varios trabajos debido a su capacidad y facilidad para modelar geometrías complejas utilizando mallas volumétricas, penEasy como código para validar algunas de las herramientas diseñadas, y penRed, por sus características especializadas en física médica, como la lectura y procesamiento automático de DICOM y las fuentes de braquiterapia, lo que facilita mucho las simulaciones en el entorno médico. De hecho, penRed ya fue diseñado con este objetivo en su primera versión, en la cual la autora ya participaba en su desarrollo. Debido a estos hechos, y dado que penRed es de código abierto y no requiere licencia, a diferencia de MCNP, se ha decidido ampliar las capacidades que le faltan para poder equiparar su uso al de los demás códigos en los problemas abordados durante la realización de la tesis doctoral.

Todos estos trabajos contribuyen al desarrollo de herramientas que, mediante la simulación Monte Carlo, permiten optimizar los cálculos en radioterapia. Más aún, las herramientas desarrolladas, tienen una aplicabilidad más general y pueden usarse en otros campos o problemas, como, por ejemplo, diagnóstico basado en imagen médica. El primero de ellos cubre la necesidad del código MCNP6 de ser

capaz de leer y escribir archivos de espacio de fase en formato de la Agencia Internacional de Energía Atómica, International Atomic Energy Agency (IAEA). Muchos de los códigos de simulación Monte Carlo, tienen implementada esta herramienta. Esto permite leer información de haces en la salida de diferentes dispositivos médicos, ya sea proporcionada por grupos de investigación o fabricantes, y realizar simulaciones dirigiendo el haz a diferentes elementos, maniqués o pacientes. De esta manera, se ahorra tiempo en la realización repetida de simulaciones, lo que puede contribuir a la optimización de las planificaciones si estos haces se utilizan para este propósito. Para suplir la falta de esta capacidad en MCNP6, en esta tesis se desarrolla un código capaz de realizar estas conversiones entre el formato de espacio de fase interno de MCNP6 y formatos IAEA y viceversa.

En el segundo trabajo, se utilizan simulaciones Monte Carlo para diseñar un filtro que homogenice el haz de electrones de 12 MeV en la salida de un acelerador de radioterapia intraoperatoria. Dado que, para una cierta configuración del acelerador, los especialistas clínicos habían notado que el haz de salida no era completamente homogéneo, se propuso participar en el diseño del filtro mencionado. Gracias a las herramientas desarrolladas anteriormente, el diseño y validación del filtro se pudo llevar a cabo a partir del espacio de fase en la salida del acelerador proporcionado por la compañía. El trabajo proporciona una configuración de filtro, diseñada con simulación Monte Carlo y validada con otro grupo de investigación independiente. A partir de los datos proporcionados con las simulaciones, se construyó el filtro y se validó su propósito experimentalmente. La metodología proporcionada en el trabajo para realizar este tipo de cálculos se puede extender a otras configuraciones de aceleradores, haz energético y aplicador del mismo.

El tercer trabajo, se basa en ofrecer una mejora a los elevados tiempos de computación al realizar planificaciones de radioterapia con simulaciones Monte Carlo para tratamientos con diferentes irradiaciones angulares. La propuesta del trabajo se centra en presentar una metodología para la generación computacional de espacios de fase que caractericen el haz proveniente del dispositivo según sus posibles configuraciones teniendo en cuenta el tamaño y forma de la lesión a irradiar. Esto se traduce en conformar el haz según las diferentes posiciones del colimador multiláminas, que forma parte de los aceleradores lineales médicos. Con esta herramienta se pretende agilizar significativamente el proceso de cálculo de distribución de dosis en el maniquí o paciente, sin tener que realizar la simulación a través de todos los componentes del acelerador. La herramienta desarrollada, combinada con las del primer trabajo, permiten que los resultados presentados puedan ser utilizados independientemente del código Monte Carlo.

Finalmente, dado que se utilizaron geometrías basadas en mallas en las simulaciones realizadas con MCNP6 en los trabajos anteriores, se ha visto la importancia de esta capacidad, especialmente en simulaciones en el ámbito de la física médica.

La definición de geometrías para describir el sistema, es una parte fundamental de cualquier simulación, independientemente del código que se utilice para llevarla a cabo. Es por eso que el cuarto trabajo se centra en el desarrollo de un módulo para simular sobre geometrías malladas en penRed, el cual no tenía implementada aún esta funcionalidad. Más aún, no solo penRed, sino el resto de códigos basados en PENELOPE, no disponen de esta funcionalidad, por lo que, del resultado de este trabajo, se pueden beneficiar no solo los usuarios de penRed sino los usuarios de la librería PENELOPE en general.