



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Radioterapia con hadrones

**Descripción general** (resumen y metodología):

La radioterapia es el uso médico de radiaciones ionizantes para tratar el cáncer. En la radioterapia convencional, se producen haces de rayos X (fotones de alta energía) mediante electrones acelerados que se hacen incidir sobre el paciente para destruir las células tumorales. Utilizando haces desde distintas direcciones, se irradia el tumor procurando preservar los tejidos normales circundantes. Inevitablemente, siempre se deposita alguna dosis de radiación en los tejidos sanos. Cuando los haces de radiación son partículas cargadas (protones y otros iones, como el helio o el carbono), la radioterapia se denomina hadronterapia. El interés de la hadronterapia reside en las propiedades físicas y radiobiológicas únicas de estas partículas; pueden penetrar en los tejidos con poca difusión y depositar la energía máxima justo antes de detenerse. Esto permite definir con precisión la región específica que debe irradiarse. La deposición de energía de los hadrones, tiene una forma característica, que se denomina pico de Bragg, y esto hace que el uso de hadrones permita irradiar el tumor mientras que el daño a los tejidos sanos se minimiza.

La idea de utilizar protones para el tratamiento del cáncer fue propuesta por primera vez en 1946 por el físico Robert Wilson, siendo tratados los primeros pacientes en la década de 1950 en instalaciones de investigación de física nuclear mediante aceleradores no dedicados.

En este trabajo se pretende hacer un estudio del proceso de interacción de hadrones (protones e iones de  $4\text{He}$ ) con medios materiales de interés clínico. Además, se analizará mediante expresiones analíticas sencillas y simulación Monte Carlo cómo es la deposición de dosis de estos haces, en función de la energía. Se analizarán las características que debería tener el haz de radiación en función de la forma y profundidad del tumor, y se estudiará el modo de obtener lo que se conoce como "picos de Bragg extendidos" (SOBP por sus siglas en inglés) para poder irradiar el tumor en toda su extensión.

Se hará uso del código Monte Carlo PENELOPE para realizar las simulaciones correspondientes. Se estudiará cómo están implementados los procesos básicos de interacción de protones e iones con la materia en dicho código. Se empezará con alguna simulación más sencilla para adquirir destreza en el manejo del código. Se estudiará el algoritmo analítico que permite generar SOBPs, se implementará construyendo un código mediante Python o FORTRAN y se estudiarán métodos alternativos para obtenerlos de forma automática.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

1. Estudio de los procesos de interacción de las partículas cargadas pesadas con la materia.
2. Estudio de la técnica de hadronterapia.
3. Análisis de la curva de deposición de dosis para protones e iones de  $4\text{He}$  para varias energías y diferentes materiales.
4. Obtención analítica de picos de Bragg extendidos para protones e iones de  $4\text{He}$ .
5. Estudio de otros posibles métodos para generar picos de Bragg extendidos.

**Bibliografía básica:**

- [1] J.E. Turner, Atoms, radiation and radiation protection (John Wiley and Sons, 1995).

- [2] F. Salvat, J.M. Fernández-Varea and J. Sempau, "PENELOPE- A code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport". Nuclear Energy Agency, Paris (2014).
- [3] R.R. Wilson, Radiological use of fast protons. Radiology 47 (1946) 487.
- [4] T. Bortfeld and W. Schlegel, An analytical approximation of depth-dose distributions for therapeutic proton beams. Phys. Med. Biol. 41 (1996) 1331.
- [5] T. Bortfeld. An analytical approximation of the Bragg curve for therapeutic proton beams. Med. Phys. 24 (1997) 2024.
- [6] D. Jette and W. Chen. Creating a spread-out Bragg peak in proton beams. Phys. Med. Biol. 56 (2011) N131.
- [7] L. Rezaee. Design of spread-out bragg peaks in hadron therapy with oxygen ions. Reports of Practical Oncology & Radiotherapy, 23 (2018) 433.

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** MARTA ANGUIANO MILLÁN

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

**Correo electrónico:** mangui@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Ámbito de conocimiento/Departamento:**

**Correo electrónico:**

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** ELENA GARRIDO GUTIERREZ

**Correo electrónico:** elenagagu18@correo.ugr.es