



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Presupuesto
- Anexos

ÍNDICE DE LA MEMORIA

ABREVIACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1. OBJETIVOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.2. MOTIVACIÓN.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3. JUSTIFICACIÓN.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.4. ESTRUCTURA.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO 2. CONCEPTOS BÁSICOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1. RADIATIVIDAD.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2. REACCIONES NUCLEARES.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3. INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON LA MATERIA:.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4. SECCIÓN EFICAZ.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.5. ANTECEDENTES: BREVE HISTORIA DE LA MEDICINA NUCLEAR.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO 3. TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES (PET)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1. TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES (PET).	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2. RADIOFÁRMACOS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3. TIPOLOGÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1. <i>Generadores</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.3.2. <i>Reactores nucleares</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.4. RADIOFÁRMACOS SELECCIONADOS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.1. <i>Flúor-18</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.4.2. <i>Galio-68</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
CAPÍTULO 4. CICLOTRÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1. ACELERACIÓN DE PARTÍCULAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2. PRODUCCIÓN DE RADIONUCLEIDOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MODELO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.1. MCNP6.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2. VISED.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.3. LIBRERÍAS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.4. JANIS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.5. MATLAB.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.7. GEOMETRÍA Y MATERIALES SELECCIONADOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.8. CICLOTRÓN Y FUENTE.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.9. REACCIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO 6. SIMULACIÓN CON MCNP6	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1. FUNCIONAMIENTO DE MCNP6.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.3. MATERIALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.4. FUENTE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.5. MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE VARIANZA EN MCNP6	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

- 6.6. TALLY ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 6.7. DOSIMETRÍA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

- 7.1. DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 7.2. EVALUACIÓN DE LA DOSIS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 7.2.1. *Protección radiactiva en la producción de Flúor-18* *¡Error! Marcador no definido.*
 - 7.2.2. *Protección radiactiva en la producción de Galio-68* *¡Error! Marcador no definido.*
 - 7.2.3. *Comparación entre ambos radionucleidos*..... *¡Error! Marcador no definido.*

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

- 8.1. CONCLUSIONES GENERALES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 8.2. LÍNEAS FUTURAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

BIBLIOGRAFÍA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1. OBJETIVO DEL PRESUPUESTO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2. PRESUPUESTO DESGLOSADO.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.1. Coste personal.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
2.1.2. Coste software.	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
2.1.3. Coste hardware.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
2.1.4. Otros costes.	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3. PRESUPUESTO TOTAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

INPUT.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1. FLÚOR-18.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2. GALIO-68.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
XSDIR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3. OXÍGENO-18	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4. ZINC-68.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Tipos de Radiación. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2: Efecto fotoeléctrico. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 3: Efecto de Compton. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 4: Producción de pares. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5: Sección eficaz. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 6: Sección eficaz de producción del ^{18}F en función de la energía de la partícula incidente. Fuente: TENDL 2017 Nuclear Data Library.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 7: Sección eficaz de producción del ^{68}Ga en función de la energía de la partícula incidente. Fuente: TENDL 2017 Nuclear Data Library.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 8: Aceleración de partículas en un ciclotrón. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 9: Relación de proporcionalidad entre velocidad y tiempo. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 10: Geometría del recipiente que contiene el blanco. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 11: Geometría de la habitación a escala. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 12: Ciclotrón del Centro Nacional de Aceleradores (CNA). Obtenido de: CNA - Ciclotrón de IBA.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 13: Haz de protones. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 14: Desintegración de los radionucleidos. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 15: Secciones eficaces de las reacciones por bombardeo de protones en ^{18}O . Fuente: Nuclear Data Library, JANIS.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 16: Secciones eficaces de las reacciones por bombardeo de protones en ^{68}Ga . Fuente: Nuclear Data Library, JANIS.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 17: Esquema de la simulación de MCNP6. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 18: Operadores Boléanos de relación entre superficies. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 19: Definición de un cilindro una celda. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 20: Geometría del modelo. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 21: Fuente cónica. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 22: Coeficientes de atenuación para fotones. Obtenido de: NIST base de datos de referencia 2016.**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 23: Poderes de frenado para protones. Obtenido de: NIST base de datos de referencia 2016.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 24: Registro de neutrones en el interior de la habitación. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 25: Distribución energética de los neutrones en el interior de la habitación para las energías entre 0-5 MeV en la producción de Flúor 18. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 26: Distribución energética de los neutrones en el interior de la habitación para las energías entre 5-10 MeV en la producción de Flúor 18. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 27: Producción relativa de Flúor-18. Elaboración propia. ...**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 28: Producción relativa de Galio-68. Elaboración propia. ...**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 29: Concentración de la solución productora de Galio-68. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 30: Concentración de la solución productora de Flúor-18. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 31: Comparación unitaria entre la producción de ambos radionucleidos. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 32: Comparación unitaria entre la producción de ambos radionucleidos. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 33: Distribución de la tasa de dosis efectiva generada en la producción de ¹⁸F. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 34: Fluencia de neutrones en la producción de ¹⁸F. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 35: Distribución de la tasa de dosis efectiva generada en la producción de ⁶⁸Ga. Elaboración propia.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 36: Flujo de neutrones en la producción de ⁶⁸Ga. Elaboración propia. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 37: Tasa de dosis efectiva en mSv/h. Elaboración propia. ...**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 38: Trébol de advertencia para protección radiológica de zonas controladas de acceso restringido.**¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los radionucleidos empleados para PET.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2: Unidades de las magnitudes importantes de MCNP6.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3: Partes y materiales de la geometría.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4: Tarjetas de superficies en MCNP6.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5: Tarjetas a definir en la fuente.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6: Tipos de <i>Tallies</i> en MCNP6.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7: Tarjetas de definición del <i>Tally</i> FMESH para MCNP6.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8: Factores de ponderación de la radiación w_R	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9: Niveles de clasificación de las zonas.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10: Presupuesto desglosado del coste de personal.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11: Desglose de las horas realizadas por el autor.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12: Presupuesto desglosado del coste de software.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13: Presupuesto desglosado del coste de hardware.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14: Presupuesto desglosado de otros costes generales realizados.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15: Presupuesto total.	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1: Definición de las superficies en MCNP6.¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 2: Definición de las celdas en MCNP6.....¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 3: Definición de los materiales en MCNP6.¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 4: Definición de la fuente en MCNP6.....¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 5: Definición de las tarjetas *cutoff* en MCNP6.¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 6: Definición de las importancias en MCNP6.....¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 7: Definición del FM4 en MCNP6.....¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 8: Definición del FMESH en MCNP6.¡Error! Marcador no definido.
- Cuadro 9: Definición del FMESH para protección radiológica en MCNP6.¡Error! Marcador no
definido.
- Cuadro 10: Definición del FMESH para la distribución energética de neutrones.¡Error! Marcador no
definido.
- Cuadro 11: *Output* del Tally FM4 en MCNP6.¡Error! Marcador no definido.