## **ÍNDICE**

[**SINOPSI** iii](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887708)

[**ABSTRACT** v](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887709)

[**ÍNDICE** vii](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887710)

[**INDICE DE TABLAS** xi](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887711)

[**INDICE DE FIGURAS** xii](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887712)

[Capítulo 1 1](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887713)

[1. Introducción 1](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887714)

[1.1 Aspectos Relativos a la Planificación en Radioterapia: Motivación y Justificación 1](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887715)

[1.2 Objetivos de la tesis 2](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887716)

[1.3 Estructura de la tesis 3](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887717)

[1.4 Marco de la tesis 4](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887718)

[Capítulo 2 6](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887719)

[2. Estado del arte 6](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887720)

[2.1 Breve Historia de la Planificación en Radioterapia 6](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887721)

[2.2 Método Monte Carlo en Planificación de Tratamientos Radioterapia 9](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887722)

[2.2.1 Definición del Método Monte Carlo y Desarrollo Histórico 9](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887723)

[2.2.2 Códigos Monte Carlo aplicados a Sistemas de Planificación de Radioterapia 10](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887724)

[2.3 Sistemas de Planificación 3D en Radioterapia 12](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887725)

[2.4 Maniquíes Computacionales para Dosimetría de la Radiación 15](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887726)

[2.4.1 Historia de la Evolución de los Maniquíes Voxelizados 17](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887727)

[2.4.2 Maniquíes Físicos 20](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887728)

[2.5 Normativa 20](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887729)

[Capítulo 3 24](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887730)

[3. Física de la Radioterapia 24](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887731)

[3.1 Interacción de Fotones con la Materia 24](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887732)

[3.1.1 Secciones Eficaces en Interacción de Fotones 24](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887733)

[3.1.2 Procesos de Interacción Fotónica 26](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887734)

[3.1.2.1 Absorción Fotoeléctrica 26](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887735)

[3.1.2.2 Interacción Compton y Procesos de Dispersión 27](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887736)

[3.1.2.2.1 Dispersión Incoherente 28](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887737)

[3.1.2.2.2 Dispersión Coherente 29](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887738)

[3.1.2.3 Producción de Pares y de Tripletes 30](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887739)

[3.1.2.4 Foto-Efecto Nuclear 31](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887740)

[3.1.3 Comportamiento Macroscópico 32](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887741)

[3.1.3.1 Atenuación del Haz y Coeficientes de Atenuación 32](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887742)

[3.1.3.2 Coeficiente Másico de Absorción de Energía, μen/ρ 33](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887743)

[3.2 El método Monte Carlo en Radioterapia 37](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887744)

[3.2.1 El Método Monte Carlo en Cálculo de Dosis en Radioterapia 37](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887745)

[3.2.1.1 Simulación del Transporte de Electrones y Fotones 37](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887746)

[3.2.1.2 Simulaciones Análogas 38](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887747)

[3.2.1.3 Simulaciones de Historias Condensadas 39](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887748)

[3.2.1.4 Cálculos de Dosis de Radioterapia Basados en Monte Carlo 41](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887749)

[3.2.1.5 Técnicas de Reducción de Varianza y Métodos de Mejora de la Eficiencia 42](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887750)

[3.3 Física de las Radiaciones Relevante en Cálculos Fotónicos con Inhomogeneidades 44](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887751)

[3.3.1 Interacciones Fotónicas: el Paso TERMA 44](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887752)

[3.3.2 Interacciones de Partículas Cargadas: el Paso DOSE 46](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887753)

[3.3.3 Equilibrio de Partículas Cargadas 47](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887754)

[3.3.4 Influencia de la Densidad de Órgano y del Número Atómico 48](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887755)

[3.3.4.1 Escalado de Densidades 48](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887756)

[3.3.4.2 Efectos del Número Atómico 50](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887757)

[3.3.5 Introducción a los Principios de Superposición y Convolución 51](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887758)

[Capítulo 4 54](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887759)

[4. Planificación en Radioterapia 54](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887760)

[4.1 Planificación de un Tratamiento 54](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887761)

[4.1.1 Definición del Objetivo 55](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887762)

[4.1.2 Adquisición de Datos del Paciente 56](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887763)

[4.1.3 Definición del Haz. Simulación Virtual. 57](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887764)

[4.1.4 Evaluación Dosimétrica del Planificador 59](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887765)

[4.1.4.1 Curvas de Isodosis 60](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887766)

[4.1.4.2 Análisis de Dosis en Volumen 60](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887767)

[4.2 El método Monte Carlo en la Planificación basada en Pacientes 61](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887768)

[4.2.1 Simulación Monte Carlo del Transporte de Radiación en Aceleradores y Pacientes 61](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887769)

[4.2.1.1 Simulación del Cabezal del Acelerador 61](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887770)

[4.2.1.2 Modificadores del Haz Específicos para cada Paciente 62](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887771)

[4.2.2 Incertidumbres Estadísticas 63](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887772)

[4.2.2.1 Varianza Latente y Estimadores de Estadística 63](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887773)

[4.2.2.2 Influencia de las Incertidumbres Estadísticas en las Distribuciones de Dosis 64](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887774)

[4.2.3 Prescripción de Dosis y Cálculos en Unidades de Monitor 66](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887775)

[4.2.4 Conversión TC-a-Material 67](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887776)

[4.2.5 Dosis en Agua y Dosis en Medio 68](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887777)

[4.2.6 Efecto del Tamaño de Vóxel 68](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887778)

[Capítulo 5 70](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887779)

[5. Descripción del código MCNP 70](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887780)

[5.1 Introducción. ¿Por qué MCNP? 70](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887781)

[5.2 Versión MCNP5 71](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887782)

[5.2.1 Librería de Transporte de Fotones: MCPLIB84 71](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887783)

[5.2.2 Librería de Transporte de electrones: EL03 71](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887784)

[5.2.3 Tallies o Registros Dosimétricos en MCNP5 72](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887785)

[5.2.3.1 Tally de Flujo. 73](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887786)

[5.2.3.2 Tarjeta FMESH 73](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887787)

[5.2.3.3 Tarjetas DE/DF (DEn Dose Energy Card / DFn Dose Function Card) 73](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887788)

[5.3 Versión MCNPX 73](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887789)

[5.4 Métodos de Reducción de Varianza en MCNP 74](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887790)

[5.4.1 Métodos de Corte 75](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887791)

[5.4.2 Métodos de Control de la Población 75](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887792)

[5.4.3 Interacción Implícita o “Survival Biasing” 76](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887793)

[5.4.4 Contribución a un Detector Puntual (PD) 77](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887794)

[5.4.5 Métodos de Modificación del Muestreo 77](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887795)

[5.4.6 Método del Adjunto 78](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887796)

[5.5 Paralelización del Código 83](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887797)

[Capítulo 6 84](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887798)

[6. Materiales y Métodos 84](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887799)

[6.1 Voxelización de un Maniquí Antropomórfico y Transcripción mediante Estructuras de Repetición 84](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887800)

[6.1.1 Selección de Métodos de Descripción de la Geometría de un Maniquí Antropomórfico 84](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887801)

[6.1.2 Métodos de Voxelización y Selección 89](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887802)

[6.1.3 Descripción de la Voxelización mediante Lattice en MCNP5 93](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887803)

[6.2 Integración de MCNP5 en el Sistema de Planificación PLanUNC: MCTPS-UPV 95](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887804)

[6.2.1 Historia, Ventajas y Aplicaciones del Sistema de Planificación 3D PlanUNC 96](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887805)

[6.2.1.1 Algoritmos de Cálculo empleados en PlanUNC 99](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887806)

[6.2.1.1.1 Método Exponencial de Batho 100](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887807)

[6.2.1.1.2 Algoritmo de Convolución 101](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887808)

[6.2.2 Integración en MCTPS-UPV de la Unidad de Irradiación Elekta Precise con MLC 102](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887809)

[6.2.2.1 Modelado en MCNP de la Unidad Elekta con MLC y Validación Experimental 102](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887810)

[6.2.2.2 Inplementación y Comisionado de la Unidad Elekta con MLC en PLUNC 106](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887811)

[6.2.3 Interfaz MCI de PLUNC y Acoplamiento con MCNP5 mediante MCTPS-UPV 107](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887812)

[6.2.3.1 Protocolo de Uso de MCTPS-UPV 108](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887813)

[6.2.3.2 Descripción de los bloques de programas de MCTPS-UPV: PLUNC2MCNP, MCNP2PLUNC y SUM2DOSE 110](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887814)

[6.2.4 Acotación de los Números Hounsfield por Intervalos 119](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887815)

[6.2.5 CERR: Evaluación y Comparación de Resultados 121](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887816)

[6.3 Maniquí Físico RANDO 121](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887817)

[6.3.1 Historia y Aplicaciones del Maniquí Físico RANDO 122](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887818)

[6.3.2 Aplicación del Maniquí Físico RANDO 124](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887819)

[6.4 Parámetros de Simulación con MCNP 125](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887820)

[6.4.1 Opciones de Compilación MCNP5 125](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887821)

[6.4.2 Comparación y Selección de Versiones de MCNP 128](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887822)

[6.4.3 Definición de Materiales y Factores de Conversión Flujo-a-Dosis 139](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887823)

[6.4.4 Selección del Tamaño de Vóxel 140](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887824)

[6.4.5 Física del Modelo 148](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887825)

[6.4.6 Métodos de Reducción de Varianza: Cutoffs, Importancias, Weighting Factor 148](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887826)

[6.4.6.1 Selección de Cutoffs 148](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887827)

[6.4.6.2 Reducción por Desdoblamiento según la Geometría con Ruleta Rusa 152](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887828)

[6.4.6.3 Estudio de Factores Weight Windows o Ventanas de Pesado 154](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887829)

[6.4.6.4 Prueba con Número de Nodos Elevado 160](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887830)

[6.4.6.5 Conclusión al Estudio de Reducción de Varianza 161](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887831)

[Capítulo 7 162](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887832)

[7. Resultados 162](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887833)

[7.1 Resultados para MCNP5 163](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887834)

[7.1.1 Resultados para un Haz Cuadrado 163](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887835)

[7.1.1.1 Haz de 5 cm x 5 cm 163](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887836)

[7.1.1.2 Haz de 7 cm x 7 cm 175](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887837)

[7.1.1.3 Haz de 10 cm x 10 cm 183](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887838)

[7.1.1.3.1 Influencia de las Cavidades de Aire 191](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887839)

[7.1.1.3.2 Influencia de Materiales con Elevado Número Atómico 193](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887840)

[7.1.1.4 Haz de 12 cm x 12 cm 194](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887841)

[7.1.1.5 Haz de 15 cm x 15 cm 202](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887842)

[7.1.1.6 Haz de 20 cm x 20 cm 210](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887843)

[7.1.1.6.1 Influencia de las Cavidades de Aire 218](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887844)

[7.1.1.6.2 Influencia de Materiales con Elevado Número Atómico 220](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887845)

[7.1.2 Resultados para un Haz Conformado 221](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887846)

[7.1.2.1 Haz de 5 cm x 10 cm 222](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887847)

[7.1.2.2 Haz de 10 cm x 20 cm 229](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887848)

[7.1.2.3 Haz Romboidal 238](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887849)

[7.1.2.3.1 Zonas de Penumbra 246](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887850)

[7.2 Resultados para MCNPX 248](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887851)

[7.2.1 Resultados para un Haz Cuadrado 248](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887852)

[7.2.1.1 Haz de 5 cm x 5 cm 248](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887853)

[7.2.1.2 Haz de 10 cm x 10 cm 253](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887854)

[7.2.1.2.1 Influencia de las Cavidades de Aire 258](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887855)

[7.2.2 Resultados para un Haz Romboidal 260](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887856)

[Capítulo 8 265](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887857)

[8. Conclusiones 265](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887858)

[8.1 Discusión de los Resultados 265](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887859)

[8.1.1 Voxelización del maniquí RANDO. 265](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887860)

[8.1.2 Optimización de Parámetros y Reducción de Varianza en MCNP. 265](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887861)

[8.1.3 Comparación de Algoritmos en MCTPS-UPV y Heterogeneidades. 267](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887862)

[8.2 Conclusiones Generales 268](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887863)

[8.3 Líneas Futuras 268](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887864)

[8.4 Publicaciones (Revistas y Congresos) 269](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887865)

[8.4.1 Publicaciones internacionales. 269](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887866)

[8.4.2 Publicaciones nacionales. 269](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887867)

[8.4.3 Comunicaciones internacionales. 270](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887868)

[8.4.4 Comunicaciones nacionales. 271](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887869)

[8.4.5 Libros Publicados. 272](file:///D%3A%5CUPV%20-%20MCNP%5CUPV_NUKE%5CTESIS%5CDOCU_TESIS%5CTESIS.docx#_Toc372887870)