



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Y MATEMÁTICA**



**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y CÁLCULO DE BLINDAJE
PARA EL BÚNKER DEL SERVICIO DE RADIOTERAPIA
DEL INSTITUTO DE ONCOLOGÍA Y RADIOTERAPIA DE
LA CLÍNICA RICARDO PALMA**

Tesis
PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN FÍSICA

PRESENTA:
Ruben Alinber Quenhua Huapula

ASESOR DE TESIS:
Mg. Arminda Tirado Rengifo

**LIMA- PERÚ
2016**

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I: ENFOQUE DE LA TESIS	6
1.1. ANTECEDENTES	6
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.2.1. Formulación del problema.....	8
1.3. JUSTIFICACIÓN.	8
1.4. OBJETIVOS	10
1.4.1. Objetivos específicos.	10
1.5. FUNDAMENTOS DE LA FÍSICA DE LAS RADIACIONES Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. 10	
1.5.1. Generación de rayos X.	10
1.5.2. Mecanismos de producción de rayos X.	11
1.5.3. Tipos de radiación.	12
1.5.4. Interacción de la radiación electromagnética con la materia.	13
1.5.4.1. Efecto Compton o dispersión de Compton.....	14
1.5.4.2. Efecto fotoeléctrico o absorción fotoeléctrica.	15
1.5.4.3. Producción de pares.	16
1.5.4.4. Dispersión de Rayleigh o dispersión coherente.	17
1.5.5. Atenuación de los rayos X y gamma.	17
1.5.5.1. Atenuación exponencial.	17
1.5.5.2. Magnitudes de interacción	20
1.5.6. Aceleradores lineales de uso médico (LINAC)	23
1.5.6.1. Estructura de los aceleradores.	23

1.5.6.2. Generación de radiación en un LINAC.	25
1.5.7. Fundamentos de protección radiológica para instalaciones de radioterapia.	26
1.5.7.1. Principios fundamentales de protección radiológica.	28
1.5.7.2. Seguridad radiológica en instalaciones de radioterapia.	32
1.5.7.3. Técnicas básicas de protección contra radiaciones ionizantes para irradiación externa.	34
1.5.8. Principales blindajes para la atenuación de radiación X y gamma.	35
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.	37
2.1. BASES TEÓRICAS ESPECIALIZADAS SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DE BLINDAJES EN INSTALACIONES DE RADIOTERAPIA.	37
2.2. PRINCIPALES PROTOCOLOS ESTABLECIDOS PARA EL CÁLCULO DE BLINDAJE EN INSTALACIONES DE RADIOTERAPIA.	39
2.2.1. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).	39
2.2.2. Consejo Nacional de Protección y Medición de Radiación (NCRP).	39
2.2.2.1. Diseño y evaluación de la estructura del blindaje para el uso médico de rayos X & rayos gamma de energías hasta 10 MeV.	40
2.2.2.2. Directrices de diseño para la protección contra las radiaciones 0,1-100 MeV en instalaciones con acelerador de partículas.	41
2.2.2.3. Diseño y evaluación de la estructura del blindaje para instalaciones de radioterapia con rayos X & rayos gamma de energías mayores a 10 MV.	41
2.2.3. Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM).	42
2.2.4. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).	43
2.2.5. Parámetros y ecuaciones de cálculo de blindaje.	43
2.2.5.1. Barreras de protección.	43
2.2.5.2. Límites de dosis (P).	44
2.2.5.3. Clasificación de las áreas.	45
2.2.5.4. Tamaño de campo (F).	45

2.2.5.5. Carga de trabajo (W).....	46
2.2.5.6. Factor de uso (U).....	46
2.2.5.7. Factor de ocupación (T).	47
2.2.6. Ecuaciones de cálculo.	48
2.2.6.1. Barrera primaria.....	48
2.2.6.1.1. Parámetros para calcular el largo de la barrera primaria.....	49
2.2.6.1.2. Límite de dosis fuera de la sala de tratamiento en cualquier hora (R_h).	49
2.2.6.2. Barreras secundarias.....	50
2.2.6.2.1. Límite de dosis fuera de la sala de tratamiento en cualquier hora.	53
2.2.6.3. Puertas y laberintos.	53
2.2.6.4. Puertas de acceso directo.	59
2.2.6.5. Blindaje de las paredes adyacentes a la puerta de acceso directo.	59
CAPÍTULO III: MÉTODO	61
3.1. EQUIPOS.....	61
3.1.1. Características técnicas del acelerador lineal del Instituto de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma.	61
3.1.2. Características dosimétricas del acelerador lineal del Instituto de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma.	62
3.2. MATERIALES	64
3.3. AMBIENTES	65
3.4. PROCEDIMIENTO	67
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	68
3.5.1. Cálculo de blindaje en función de los datos proporcionados por las autoridades del Instituto de Oncología y Radioterapia de la Clínica Ricardo Palma.....	68
3.5.2. Cuarto de comando – consola.	69
3.5.3. Cuarto de comando – consola.	70

3.5.4. Barrera primaria que colinda con el subsuelo.....	71
3.5.5. Barrera secundaria que colinda con el consultorio.....	72
3.5.6. Techo.....	73
3.5.7. Barrera secundaria del techo.....	74
3.5.8. Espesor de la pared del laberinto.....	75
3.5.9. Cálculo del blindaje de la puerta.....	76
<i>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</i>	<i>77</i>
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	77
4.2. VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	78
4.2.1. Validación de resultados mediante el límite de dosis en cualquier hora.....	78
<i>CAPÍTULO V.....</i>	<i>83</i>
5.1. DISCUSIÓN.....	83
5.2. CONCLUSIONES.....	85
5.3. SUGERENCIAS Y RECOMENACIONES.....	86
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>	<i>87</i>
<i>ANEXOS.....</i>	<i>89</i>

Lista de tablas

Tabla 1. Límites de dosis para público.	31
Tabla 2. Límites de dosis para POE.	31
Tabla 3. Factores de uso para barreras primarias.	47
Tabla 4. Factores de ocupación.	47
Tabla 5. Características técnicas del LINAC.	62
Tabla 6. Características específicas del LINAC	62
Tabla 7. Ventajas y desventajas de los materiales utilizados para blindajes de instalaciones.	64
Tabla 8. Determinación de la carga de trabajo W.	68
Tabla 9. Espesores necesarios para el blindaje del acelerador lineal.	77
Tabla 10. Parámetros para calcular el Rh para POE y Público.	79
Tabla 11. Corrección de lecturas de dosis en cualquier hora.	80
Tabla 12. Parámetros para calcular dosis en cualquier hora (Rh) corregido para POE y Público.	80

Lista de figuras

Figura 1. Representación de la radiación primaria y secundaria.	12
Figura 2. Radiación de fuga y dispersa.	13
Figura 3. Efecto Compton.	15
Figura 4. Efecto Fotoeléctrico.	16
Figura 5. Producción de pares.	16
Figura 6. Atenuación exponencial	18
Figura 7. Configuración de un acelerador lineal.	25
Figura 8. Representación de las barreras protectoras y distancias.	44
Figura 9. Parámetros utilizados para el cálculo del factor de transmisión para la radiación dispersada por el paciente	51
Figura 10. Distribución de la sala general para la definición de los parámetros utilizados en blindaje para puerta y laberinto.	54
Figura 11. Plano de las paredes y piso del búnker.	66
Figura 12. Plano del techo del búnker.	66
Figura 13. Diseño optimizado del búnker.	67

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Cálculo de barrera primaria de la consola.....	69
Gráfica 2. Cálculo de la barrera secundaria de la Consola.	70
Gráfica 3. Cálculo de la barrea primaria del subsuelo.	71
Gráfica 4. Cálculo de la barrea secundaria del consultorio.	72
Gráfica 5. Cálculo de la barrera primaria del techo.	73
Gráfica 6. Cálculo de la barrea secundaria del techo.....	74
Gráfica 7. Cálculo del espesor del laberinto.	75
Gráfica 8. Cálculo del espesor de la puerta.....	76
Gráfica 9. Límite de dosis en cualquier hora para POE.....	81
Gráfica 10. Límite de dosis en cualquier hora para Público.....	82