

# UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO VICERRECTORADO ACADÉMICO DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO ÁREA DE INGENIERÍA POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

#### TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

# LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA ONCOLÓGICA, EN HOSPITALES DE ALTO NIVEL DE COMPLEJIDAD

Presentado por:

MARIA DE LA PAZ PESTANA DE ABREU

para optar al Título de:

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Asesor

MARIA MAGDALENA RAMÍREZ CORREDORES, PhD

Caracas, Abril de 2.005

# UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO VICERRECTORADO ACADÉMICO DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO ÁREA DE INGENIERÍA POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

#### TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

# LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA ONCOLÓGICA, EN HOSPITALES DE ALTO NIVEL DE COMPLEJIDAD

Presentado por:

MARIA DE LA PAZ PESTANA DE ABREU

para optar al Título de:

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Asesor

MARIA MAGDALENA RAMÍREZ CORREDORES, PhD

Caracas, Abril de 2.005

## CONTENIDO

	ŀ	'ágina
Introducción		1
Capítulo I:	Propuesta del Proyecto	3
	1. Planteamiento y delimitación de la problemática.	3
	2. Justificación del proyecto.	4
	3. Objetivos del proyecto.	5
	4. Marco metodológico.	5
Capítulo II:	Marco Conceptual	10
	1. El cáncer y su evolución.	10
	2. Métodos de tratamiento del cáncer.	13
	3. Clasificación de la radioterapia.	15
	4. Historia y conceptos fundamentales de la	19
	radioterapia.	
Capítulo III:	Marco Organizacional	26
	1. Breve descripción del Sector Públicó de Salud	26
	2. Misión del MSDS.	27
	3. Objetivos estratégicos.	28
	4. Competencias del MSDS.	28
	5. Organigrama del MSDS.	30
	6. Descripción operativa del Sistema de Salud.	31
Capítulo IV:	Funcionamiento y Organización de un Servicio de	34
	Radioterapia Oncológica en un Hospital tipo IV	
	<ol> <li>Componentes del proceso radioterápico.</li> </ol>	34
	4.1.1. Evaluación inicial, decisión terapéutica y localización del tumor.	34

	4.1.2. Planificación del tratamiento	34
	4.1.3. Diseño y evaluación del plan de tratamiento	39
	4.1.4. Ejecución del tratamiento y verificación	40
	4.1.5. Garantía de Calidad en los tratamientos e	45
	incertidumbre.	
	4.2. Protocolo de atención del paciente sometido a	47
	tratamiento radioterápico.	
	4.3. Equipo de profesionales de la salud que	50
	participan en la radioterapia.	
	4.4. Tiempo de duración de las etapas del tratamiento	52
	4.5. Relación entre el Servicio de Radioterapia y otros	53
	servicios del hospital	
	4.6. Patologías susceptibles de radioterapia.	56
Capítulo V:	Equipamiento de un Servicio de Radioterapia	58
	Oncológica 5.1. Equipamiento requerido en las etapas de	60
	planificación, simulación y ejecución del tratamiento	
	Radioterápico	
	5.1.1. Planificación del tratamiento.	60
	5.1.2. Tratamiento.	63
	5.2. Equipamiento de dosimetría y control de calidad	84
	utilizado en el Servicio de Radioterapia Oncológica	
	5.3. Evaluación de la protección radiológica en el	86
	Servicio de Radioterapia Oncológica	
Capítulo VI:	Fases del Diseño de un Servicio de Radioterapia	88
	Oncológica 6.1. Aspectos a considerar en el diseño de un Servicio	88
	de Radioterapia Oncológica.	
	6.1.1. Aspectos organizativos- funcionales	88
	6.1.2. Aspectos físicos	89

	6.2. Fases del diseño.	95	
	6.2.1. Fase Conceptual (Esquemas Preliminares)	95	
	6.2.2. Esquemas espaciales de arquitectura	105	
	(propuestas técnicas de arquitectura)		
	6.2.3. Alternativas preliminares de arquitectura	123	
	6.3. Determinación del diagrama secuencial de	126	
	actividades para el diseño de un Servicio de		
	Radioterapia Oncológica		
Capítulo VII	Conclusiones y Recomendaciones	128	
	7.1. Conclusiones	128	
	7.2. Recomendaciones	136	
Bibliografía		142	

# **LISTA DE TABLAS**

		Página
Tabla № 1	Mortalidad total por tumores malignos	10
Tabla Nº 2	Estimaciones de demanda de atención oncológica por regiones en Venezuela, año 2002	12
Tabla Nº 3	Efectividad de diversos métodos de tratamiento en diferentes patologías de cáncer.	57
Tabla №4	Normativa para los equipos de planificación y ejecución del tratamiento radioterápico.	85
Tabla Nº 5	Normativas para el diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en hospitales	100
Tabla Nº 6	Pacientes diarios para los diferentes componentes del Servicio de Radioterapia Oncológica	116
Tabla Nº 7	Pacientes diarios en los ambientes de apoyo que integran el Servicio de Radioterapia Oncológica	117

# LISTA DE FIGURAS:

		Página
Figura Nº 1	Componentes del Proceso Radioterápico.	42
Figura Nº 2	Esquema del Proceso Radioterápico.	50
Figura Nº 3	Esquema de circulación de pacientes en un servicio típico de Radioterapia.	54
Figura Nº4	Componentes Básicos de un acelerador lineal.	68
Figura Nº 5	Cabezal de un acelerador de electrones.	70
Figura Nº 6	Imagen completa de un acelerador lineal.	77
Figura Nº 7	Planta del Bunker donde está ubicado el acelerador lineal.	78
Figura Nº 8	Equipo de Braquiterapia de carga remota o diferida.	81
Figura Nº 9	Local de un equipo de Braquiterapia de carga remota.	83
Figura Nº 10	Aspectos a considerar en el diseño de un Servicio de Salud.	90
Figura Nº 11	Estructura Desagregada de Trabajo (WBS) para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en Hospitales tipo IV.	92
Figura Nº 12	Organización funcional de un Servicio de	113
Figura Nº 13	Radioterapia Oncológica.  Diagrama de Gantt referencial para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en un Hospital tipo IV.	127

#### UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

# LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA ONCOLÓGICA, EN HOSPITALES DE ALTO NIVEL DE COMPLEJIDAD

Autora: MARIA DE LA PAZ PESTANA Asesora: MARÍA MAGDALENA RAMÍREZ, PhD. Marzo 2005

#### RESUMEN

El Ministerio de Salud y Desarrollo Social (MSDS), tiene entre sus estrategias la implementación de Centros de Tratamiento de Oncología Integral, lo que requiere la reestructuración de los Servicios de Radioterapia Oncológica. Esta investigación enmarcada en las ciencias económicas, bajo la disciplina organización y dirección de empresas, es del tipo Investigación-Desarrollo, y pretende mediante la aplicación de los procesos y metodología de planificación de proyectos del Project Management Institute para el manejo del alcance y el tiempo, establecer lineamientos técnicos para el Diseño de un Servicio de Radioterapia en los hospitales tipo IV. Se parte de la definición del funcionamiento y organización de un servicio de este tipo. hasta la determinación de los parámetros técnicos para sugiriendo además recomendaciones para su aplicación. Se plantea un WBS que incluye las actividades claves a seguir para el diagnóstico y la definición del caso bajo estudio, hasta llegar al diseño de la unidad, en lo relacionado a programas de áreas y espacios requeridos para que se realice el proceso radioterápico. Se detallan lineamientos técnicos que facilitan la selección del equipamiento y condicionan el diseño. Adicionalmente se propone un Diagrama de Gantt, que se origina del WBS planteado y se apoya en consultas a expertos en materia de edificaciones de salud, que sirve de referencia para el manejo del tiempo en el Diseño del Servicio de Radioterapia Oncológica. Finalmente, se hace énfasis en las necesidades de formación del equipo y personal de trabajo y de herramientas de Gerencia del Conocimiento útiles para su gestión.

Se propone entonces, una guía que permita la estandarización de criterios, incluyendo matrices de selección y ponderación, considerados en la elaboración de proyectos para Servicios de Radioterapia Oncológica, que sean requeridos por el MSDS a nivel nacional.

Palabras claves: edificaciones médico asistenciales, oncología clínica, radioterapia, planificación de servicios de salud.

operativas de los equipos, condicionan el diseño de los diferentes espacios o ambientes.

En el Capítulo VI se determina mediante el WBS, las fases y todas las actividades que se deben ejecutar para el diseño de un servicio de radioterapia en un hospital tipo IV, aplicándose herramientas como, diagramas de flujo, diagrama causa-efecto y matriz de priorización y proponiéndose un Diagrama de Gantt para la organización secuencial de las actividades.

El Capítulo VII, incluye las conclusiones y recomendaciones, las cuales se presentan por áreas temáticas como son planificación y organización de un servicio de radioterapia oncológica, recurso humano, planta física, equipamiento, y sistema de información y gerencia de conocimientos.

# **CAPÍTULO I: PROPUESTA DE PROYECTO**

#### 1. Planteamiento y delimitación de la problemática

El cáncer es actualmente uno de los factores más importantes del aumento de la tasa de mortalidad y morbilidad de los habitantes, y en tal sentido un problema de salud pública, por lo que es prioritario optimizar la atención que la población venezolana requiere en el diagnóstico y tratamiento de dicha enfermedad.

El Ministerio de Salud y Desarrollo Social (MSDS), tiene entre sus planes, la implementación de Centros de Tratamiento de Oncología Integral, cónsonos con los avances científicos y tecnológicos de la medicina, y con ello la reestructuración de los Servicios de Radioterapia.

En tal sentido se requiere realizar proyectos que permitan la readecuación y optimización de la capacidad instalada en las edificaciones hospitalarias a nivel nacional mediante la instalación de Servicios de Radioterapia para albergar los cambios tecnológicos y cubrir la demanda de la población, y en tal sentido el MSDS requiere contar con una guía que defina los parámetros y lineamientos técnicos que conlleven a la estandarización de criterios utilizados para el diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica de mediana y alta complejidad en Hospitales, en lo que se refiere al programa arquitectónico y equipamiento para la ejecución de las actividades de diagnóstico, tratamiento con radioterapia externa como interna y control de los pacientes oncológicos.

Se trata de un proyecto tecnológico que contribuye al logro de los objetivos de la Organización que gestiona la Salud de la Población Venezolana. Entre los objetivos del MSDS, se cuentan el desarrollo de políticas de salud, sociales y económicas dirigidas a elevar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso universal y equitativo a condiciones, recursos y servicios de salud. De esta manera, a través de un proyecto como éste se responde a necesidades sociales de toda la población, pues tiene

como fin el desarrollo, la integración y el uso efectivo de la tecnología para la creación de valor en la búsqueda de la satisfacción competitiva de necesidades y demandas de los clientes (usuarios y pacientes).

#### 2. Justificación del Proyecto

El MSDS en su rol de garante de la salud a todas las personas, dentro de sus líneas estratégicas considera la implementación de Centros de Tratamiento de Oncología Integral en los hospitales de mayor complejidad del país, cónsonos con los avances científicos y técnicos de la medicina, orientados a satisfacer la necesidades que demanda la población venezolana en materia del diagnóstico y tratamiento del cáncer, uno de los factores más importantes del aumento de la tasa de mortalidad.

La imposición surgida por los cambios y adelantos de la tecnología obliga a la reestructuración de los Servicios de Radioterapia Oncológica, desde la sustitución de los tradicionales equipos de unidades de cobalto hasta las unidades de aceleradores lineales, que involucran nuevas técnicas de simulación. Por su alto grado de complejidad, se requiere de nuevos espacios y ambientes físicos, instalaciones estructurales, mecánicas, eléctricas y sanitarias diferentes y especiales, con recurso humano muy especializado. El resultado final incluye tratamientos más modernos, con menores efectos secundarios y mayores tasas de curación, además de no producir desechos radioactivos.

En tal sentido, este trabajo obedece a la necesidad de contar con una guía que defina los lineamientos y parámetros técnicos que conlleven a la estandarización de los criterios utilizados en la elaboración de proyectos para el diseño de Servicios de Radioterapia Oncológica en Establecimientos Hospitalarios de alto nivel de complejidad, que sean requeridos por el MSDS a nivel nacional y optimizar los procesos de planificación, ejecución y control involucrados.

#### 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL:

Establecer los lineamientos técnicos para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica, en hospitales de alto nivel de complejidad

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.2.1. Describir el funcionamiento y organización de un Servicio de Radioterapia Oncológica de alta complejidad.
- 3.2.2. Determinar los lineamientos a seguir en la elaboración del programa arquitectónico funcional que determinan los ambientes requeridos para que se cumplan las actividades de diagnóstico, tratamiento y control de los pacientes de oncología.
- 3.2.3. Determinar los lineamientos técnicos para la definición del equipamiento requerido en las actividades de diagnóstico, tratamiento y control de los pacientes de oncología.

## 4. MARCO METODOLÓGICO.

El presente trabajo correspondiente a la Especialización en Gerencia de Proyectos, está enmarcado en la disciplina de Organización y Dirección de Empresas, dentro del campo de las Ciencias Económicas (UNESCO,1996). Asimismo, está orientado a la aplicación de los conocimientos del campo de las ciencias económicas en la gestión de empresas y demostrar la experticia en la identificación y resolución de problemas prácticos en organización y dirección de empresas.

Como lo señala Yáber y Valarino (2003), la investigación en la disciplina de gestión de empresas se puede clasificar en: (a) investigación científica, (b) investigación evaluativa, (c) investigación-acción y (d) investigación y desarrollo. Por tanto, de acuerdo al tema tratado en este trabajo y a lo mencionado anteriormente el mismo se clasifica como una

investigación aplicada del tipo Investigación-desarrollo, que tiene como propósito indagar sobre necesidades del ambiente interno o entorno de una organización, para luego desarrollar un producto o servicio que pueda aplicarse en la organización o dirección de una empresa o en un mercado.

El desarrollo de este trabajo se realizará en tres (3) etapas como se indica a continuación:

#### 4.1. Etapa Nº 1: Diagnóstico

Abarca la investigación, recolección y clasificación de información de Servicios de Radioterapia Oncológica.

- Se realizará investigación bibliográfica en textos y revistas especializadas, en la Web, además de consultas a expertos.
  - Visitas a Servicios de Radioterapia Oncológica ubicados en Hospitales

#### 4.2. Etapa Nº 2: Diseño

Abarca la descripción del funcionamiento y organización de un Servicio de Radioterapia Oncológica y la determinación de los parámetros y estándares técnicos necesarios para desarrollar el programa arquitectónico funcional y de equipamiento.

- Se utilizarán flujogramas de procesos, diagrama de recorrido , listas de chequeo y matriz de decisión.
- Se aplicará la metodología del PMBOK para las áreas de manejo de: alcance y de tiempo.

#### 4.3. Etapa N° 3:

Elaboración del documento final y recomendaciones para su aplicación.

#### Resultados esperados

Este trabajo permitirá a la Dirección General de Salud Poblacional del MSDS, contar con una guía que permita la estandarización de criterios para

el diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en establecimientos hospitalarios de alto nivel de complejidad, y de esta manera facilitar los procesos de revisión y aprobación de los proyectos que en materia de radioterapia oncológica sean efectuados por personal profesional del MSDS o contratados a terceros. Asimismo permitirá a los proyectistas seleccionados desarrollar su trabajo en consonancia con la normativa técnica establecida por el Ministerio, evitando retardos ya sea por omisiones, o incumplimiento de las normas y términos establecidos. También permitirá que para proyectos de servicios de radioterapia distintos realizados por proyectistas diferentes, se mantenga la homogeneidad de criterios en cuanto a la metodología a aplicar y a la forma de presentación de los productos resultantes.

Además será una herramienta en la elaboración de proyectos para Servicios de Radioterapia Oncológica, no sólo en el ámbito de los establecimientos públicos de salud sino también en los de tipo privado.

#### Consideraciones Éticas

Los elementos éticos y de conducta que se consideran durante la elaboración del estudio se obtienen de los Estándares Éticos de los Miembros del Proyect Management Institute (PMI), el cual contiene lo referido al Código de Ética y los Estándares de Conducta de los miembros.

El propósito del Código de Ética de los miembros del PMI es definir y clarificar las responsabilidades éticas de sus miembros actuales y futuros. En el ejercicio de la profesión de gerencia de proyectos, es vital que los miembros del PMI conduzcan su trabajo con ética, con la finalidad de ganar y mantener la confianza de los miembros del equipo, colegas, empleados, empleadores, clientes, la ciudadanía y la comunidad en general.

Como profesionales en el campo de la gerencia de proyectos, los miembros del PMI se comprometen a defender y cumplir con lo siguiente:

Mantener altos estándares de conducta íntegra y profesional.

- Aceptar las responsabilidades de sus acciones.
- Buscar continuamente la mejora de sus capacidades profesionales.
- Practicar la justicia y honestidad.
- Motivar a otros profesionales del área a actuar de manera ética y profesional.

Todos los miembros del PMI actuales o futuros deben guiar sus actividades según los Estándares de Conducta de los miembros del PMI en lo referido a:

Comportamiento profesional:

- Revelar en forma completa y precisa cualquier conflicto profesional
   o de negocio o potenciales conflictos de interés de manera oportuna.
- Abstenerse de ofrecer o aceptar cualquier tipo de pago, compensación o beneficio tangible, el cual no esté ajustada a la ley y le puedan proveer una ventaja injusta hacia él o su negocio.
- Respetar y proteger los derechos de propiedad intelectual de otros,
   así como revelar y reconocer apropiadamente las contribuciones intelectuales, profesionales y de investigación de otros.
- Procurar mejorar sus habilidades, capacidades y conocimientos profesionales; así como representar y promocionar sus servicios y calificaciones profesionales correcta y honestamente.

Relaciones con los clientes y empleadores:

- Proveer a los clientes y empleadores información completa,
   precisa, honesta e imparcial de sus calificaciones, servicios profesionales y
   de preparación de estimados de costos, servicios y resultados esperados.
- Honrar y mantener la confidencialidad y privacidad de la identidad de empleadores y clientes, información de trabajo, actividades realizadas y cualquier otra información obtenida durante la relación profesional, a menos que el cliente le conceda el permiso de hacerlo o que el mantenimiento de la confidencialidad sea un acto ilegal o no ético.

 No tomar ventaja profesional, de negocio o financiera de la información privada y confidencial adquirida durante el transcurso de la relación profesional.

Relaciones con la ciudadanía y comunidad en general:

- Honrar y respetar todas las obligaciones éticas y legales, incluyendo leyes, reglamentos y costumbres de la comunidad y país en el cual se desempeñan profesionalmente.
- Desempeñar el trabajo de manera consecuente y en conformidad con los estándares profesionales para asegurar que el público esté fuera de peligro o daño alguno.
- Adicionalmente, durante la elaboración del trabajo se mantendrá la confidencialidad de la información recibida, manipulada y generada, como también de los resultados arrojados, para garantizar los derechos o propiedad intelectual que los promotores poseen sobre la idea.

# CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

## 1. El cáncer y su evolución

La incidencia del cáncer va en aumento en la población mundial, en parte debido, paradójicamente al incremento de la esperanza de vida logrado por mejoras en estándares, desarrollo económico y tecnológico. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, OMS, se detectan nueve millones de nuevos casos de cáncer por año aproximadamente, de los cuales un poco más de la mitad corresponden a los países emergentes. Para el año 2015 se espera que ese número sea de quince millones, ocurriendo las dos terceras partes en esos países (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1998).

En nuestro país, durante el lapso comprendido entre el año 1998 al 2002, el cáncer fue la segunda causa de muerte diagnosticada tanto en hombres como mujeres, después de las enfermedades del corazón, según las estadísticas que maneja el MSDS. De tal forma que la Mortalidad registrada por sexo, para dicho lapso, refleja una tendencia incremental, como indica la Tabla Nº 1. El cáncer sigue siendo la segunda causa de muerte en nuestro país, con un 14,4% de la mortalidad diagnosticada y una tasa de mortalidad de 60 por cien mil habitantes.

TABLA Nº 1. Mortalidad Total por Tumores Malignos (Neoplasias)

			AÑO		
	1998	1999	2000	2001	2002
Varones	7.581	7.908	8.217	8.511	8.624
Hembras	7.453	7.863	7.993	8.332	8.826

Fuente: Registro Nacional de Cáncer; MSDS

Las localizaciones más frecuentes son: próstata, aparato respiratorio, estómago, colón y recto en los hombres; útero, mama, aparato respiratorio y estómago en las mujeres (Conclusiones del Congreso Centenario José Ignacio Baldó, Septiembre 2004). En la Tabla Nº 2 se refleja esta situación.

Las cifras de incidencia, mortalidad, años potenciales de vida perdidos junto con el sufrimiento que genera en el individuo y su entorno, demandan un compromiso por parte de la administración sanitaria, profesionales, pacientes y ciudadanos sobre la atención en salud. En este sentido, la atención sanitaria del paciente oncológico requiere mejorar el proceso asistencial desde una perspectiva global y por ello el MSDS, tiene entre sus políticas la implementación de Centros de Tratamiento de Oncología Integral (CTOI), cónsonos con los avances científicos y técnicos de la medicina, mediante la readecuación y optimización de la capacidad instalada en los hospitales de mayor complejidad del país. Un CTOI, tiene por objeto la atención integral de los procesos neoplásicos, incluyendo los medios diagnósticos necesarios, la cirugía oncológica, la oncología médica (quimioterapia y terapias biológicas y de sostén), y la oncología radioterápica. Debe contar con los apoyos precisos de otros servicios o departamentos del hospital, entre los que se puede mencionar: psiquiatría, psicología, unidad de cuidados intensivos, rehabilitación y recuperación plástica, ginecología, neumonología, funcional. cirugía urología. endocrinología, gastroenterología, medicina interna, pediatría.

La implementación de CTOI, pasa por una reestructuración de los Servicios de Radioterapia Oncológica, incluyendo las nuevas tecnologías tales como la sustitución de los tradicionales equipos de unidades de cobalto por las unidades de aceleradores lineales, acorde a la demanda que requiere la población venezolana en materia del diagnóstico y tratamiento del cáncer.

TABLA Nº 2. Estimaciones de Demanda de Atención Oncológica por Regiones en Venezuela, año 2002

					LOCA	LIZACIONES	LOCALIZACIONES MÁS FRECUENTES	TES			
REGIONES	ENTIDAD FEDERAL	ESTÓMAGO	COLÓN Y RECTO	PULMÓN	GLÁNDULAS MAMARIAS	ÚTERO Y OVARIOS	PRÓSTATA	LINFOMAS	LEUCEMIAS	OTRAS LOCALIZ.	TOTAL
	ANZOÁTEGUI	79	64	112	110	153	135	25	46	592	1.316
	SUCRE	67	62	80	76	121	156	21	40	392	1.015
NOR ORIENTAL	NVA. ESPARTA	31	28	58	53	22	52	7	30	312	628
	D. AMACURO	7	9	4	4	24	10	2	2	32	91
	SUBTOTAL	184	160	254	243	355	353	99	118	1.328	3.050
	BOLÍVAR	92	86	159	108	249	160	32	65	999	1,613
SUR ORIENTAL	MONAGAS	51	25	86	53	192	143	4	47	380	1.020
	AMAZONAS	7	9	Ω	8	18	7	0	9	43	95
	SUBTOTAL	134	158	250	164	459	310	46	118	1.089	2.728
	DTTO.CAPITAL	210	293	314	398	379	362	122	137	2.112	4.327
CENTRAL	MIRANDA	185	264	412	448	511	409	124	131	2.220	4.704
	VARGAS	21	8	53	44	63	37	10	22	289	673
	SUBTOTAL	416	591	779		953	808	256	2	4.621	9.604
	ARAGUA	108	142	200	295	294	251	52	8	1155	2.587
CENTRO Y SUR	GUÁRICO	53	52	97		188	143	12		357	982
	APURE	46	19	28		114	94	9	8	192	540
	SUBTOTAL	207	213	325	378	596	488	70	131	1704	4.112
	CARABOBO	166	181	213	259	377	278	67	124	1.395	3.060
	COJEDES	22	21	16	39	25	35	2	80	111	311
CENTRO	LARA	192	164	140	173	267	251	61	74	1.208	2.530
OCCIDENTAL	PORTUGUESA	75	9	41	63	143	69	4	2	467	986
	YARACUY	73	90	90	35	80	86	12	37	365	788
	BARINAS	64	29	43	49	138	79	13	25	317	757
	SUBTOTAL	265	505	503	618	1.062	798	169	322	3.863	8.432
	MÉRIDA	147	19	57	86	158	155	15	51	575	1.317
1	TÁCHIRA	270	104	76	100	207	165	36	9	787	1.805
OCCCIDENTALY	TRUJILO	132	70	24	78	105	128	13	58	435	1.076
	FALCÓN	51	54	89	78	66	86	22	33	450	941
	ZULIA	211	237	453	438	618	559	89	196	2.347	5.148
	SUBTOTAL	811	526	711	792	1.187	1.093	175	398	4.594	10.287
TOTAL VENEZUELA	NEZUELA	2.344	2.153	2.822	3.085	4.612	3.850	771	1.377	17.199	38.213

Fuente: Estimaciones sobre Datos Estadísticos del Registro Central de Cáncer. MSDS

#### 2. Métodos de tratamiento del cáncer

El cáncer puede tratarse con cirugía, radioterapia, quimioterapia, terapia hormonal o con terapia biológica. El médico puede usar un método o una combinación de métodos, dependiendo del tipo y ubicación del cáncer, de si la enfermedad se ha extendido, de la edad y salud general del paciente y de otros factores.

- La radioterapia usa rayos de alta energía para destruir las células cancerosas en un área determinada.
- La quimioterapia es el uso de fármacos para destruir células cancerosas en todo el cuerpo. El médico puede usar un fármaco o una combinación de fármacos.
- La terapia hormonal se usa para tratar ciertos cánceres que dependen de hormonas para su crecimiento. La terapia hormonal impide que las células cancerosas utilicen la hormona que necesitan para crecer. Este tratamiento puede incluir el uso de fármacos.
- La terapia biológica estimula el sistema inmune del cuerpo para combatir la enfermedad a través del uso de anticuerpos monoclonales, el interferón, la interleucina-2 y los factores estimulantes de colonias.

#### La radioterapia, concepto

La radioterapia es un tipo de tratamiento oncológico que emplea las radiaciones para eliminar las células tumorales, por lo que la radiación debe ser enfocada a la parte del organismo donde éstas se encuentren. Consiste en la utilización de las radiaciones ionizantes, corriente de partículas u ondas de alta energía, tales como rayos X, rayos gamma, electrones y protones, para eliminar o dañar las células cancerosas. La radioterapia se conoce, además, como terapia de radiación, terapia de rayos X, terapia de cobalto e irradiación.

La radioterapia es uno de los tratamientos más comunes contra el cáncer y se usa en más de la mitad de los casos de cáncer. La radiación es el tratamiento primario contra algunos tipos de cáncer, tales como ciertos cánceres de la piel no melanomas, los cánceres de la cabeza y el cuello, la enfermedad de Hodgkin en su etapa inicial y los linfomas no Hodgkin. Además, esta terapia se utiliza para tratar los cánceres del pulmón, del seno (mama), del cuello uterino, la próstata, los testículos, la vejiga, el tiroides y el cerebro. Para algunos pacientes, la radioterapia es el único tratamiento que reciben.

La radioterapia se aplica a través de un equipo especial que administra dosis altas de radiación a los tumores cancerosos, destruyéndolos o dañándolos de tal manera que no puedan crecer, multiplicarse o propagarse. Muy probablemente algunas células normales pueden afectarse en el ADN, por la radiación, pero la mayoría de ellas se recupera completamente de los efectos del tratamiento. Mientras la radioterapia afecta solamente al tumor y las áreas cercanas, la quimioterapia, por el contrario, expone todo el cuerpo a los agentes químicos que combaten el cáncer.

El objetivo de la radioterapia es maximizar la destrucción del tejido canceroso evitando dañar los tejidos sanos que rodean al tumor. Para ello los oncólogos radioterapeutas disponen de equipos especiales, aceleradores y BC que permiten dirigir la radiación a la zona identificada, alcanzándola con la dosis máxima, minimizando la exposición de los tejidos sanos cercanos.

La importancia de la radioterapia en el tratamiento de los pacientes neoplásicos es indiscutible. En aproximadamente el 50% de los pacientes se emplean radiaciones ionizantes con fines curativos, asociadas o no a cirugía o quimioterapia. En virtud del aumento de los esfuerzos orientados al diagnóstico temprano se podría lograr que aproximadamente un 70% de ellos no lleguen a desarrollar metástasis distantes; en cuyo caso sería

suficiente un tratamiento locoregional, en el que la radioterapia tendría un rol prominente.

La radioterapia es una disciplina médica que aprovecha los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes para tratar enfermedades relacionadas a la proliferación anómala de células, entre ellas predominantemente el cáncer. (ACS, 2002).

#### 3. Clasificación de la radioterapia

#### a.) Según la forma de producirse la energía:

La radiación utilizada puede variar tanto en su energía como en la forma de producirse, pudiéndose hablar en forma general de radioterapia de baja y alta energía producida por aparatos especiales, como los Aceleradores Lineales Clínicos (AL); y procedentes de material radiactivo, como las Unidades o Bombas de Cobalto 60 (BC). La utilización de una u otra energía está condicionada fundamentalmente por la profundidad a la que se encuentra el cáncer que se va a tratar.

#### b.) Según el uso que se le de a la radiación:

Se utilizan los términos de Radiología Diagnóstica y Radiología Terapéutica.

La Radiología Diagnóstica estudia la estructura anatómica y fisiológica de los tejidos normales y alterados por distintas enfermedades a través de imágenes estáticas y dinámicas. Unas imágenes se obtienen utilizando rayos X, ultrasonido, tomografía computarizada (TAC), resonancia magnética o el registro de radiactividad emitida por isótopos que se administran al paciente y se acumulan en órganos o sistemas orgánicos específicos.

La Radiología Terapéutica consiste en utilizar las radiaciones ionizantes en el tratamiento de enfermedades malignas. Se puede aplicar en

forma aislada o en combinación con fármacos o hipertermia. La Radioterapia se usa frecuentemente para tratar de evitar las recurrencias tumorales después de la intervención quirúrgica.

# c.) En función del lugar donde se sitúe la fuente productora de la radiación la radioterapia

Se administra de dos formas: externa e interna (Braquiterapia). Algunos pacientes reciben ambas.

En la *Radioterapia Externa* (radiación de rayos externos) la fuente emisora de la radiación se encuentra alejada del paciente, a mayor o menor distancia en función de la zona a tratar y del equipo de radiación utilizado. De forma general varía de una distancia de 80 centímetros en el caso de BC y a 1 metro en el caso de los AL, o prácticamente en contacto con la piel (radioterapia de contacto), utilizada en los cánceres de piel. Su aplicación puede llevarse a cabo en forma ambulatoria, en ambulatorios en un hospital o en centros de tratamiento, no siendo necesaria la hospitalización del paciente en la mayoría de los casos.





En la *Radioterapia Interna* o *Braquiterapia*, la fuente emisora de la radiación se introduce dentro del cuerpo del paciente, para situarla dentro del tumor o en íntimo contacto con él. En lugar de utilizar una máquina como agente productor de la radiación, se utiliza un material radiactivo en forma de

alambre o semilla, que se introduce en un pequeño recipiente llamado implante, el cual se coloca directamente dentro, o lo más cerca posible del tumor. Los implantes pueden colocarse de forma temporal o permanente. La Braquiterapia permite al médico administrar una dosis total de radiación más alta en un área más pequeña, y en un período de tiempo más corto que con el tratamiento de la radioterapia externa. Los dos tipos principales de radiación interna son: radiación intracavitaria y radiación intersticial (también llamada braquiterapia).

En la *Radiación intracavitaria*, se sella un material radiactivo en un recipiente pequeño, el cual se coloca en una cavidad del cuerpo como el útero. Con la radiación intersticial, el recipiente sellado que contiene el material radiactivo se coloca dentro o cerca del cáncer, pero no en una cavidad del cuerpo. La radiación interna también puede administrarse inyectando una solución radiactiva en el torrente sanguíneo o en una cavidad del cuerpo.

Normalmente la Braquiterapia se utiliza para tratar tumores de la cabeza y el cuello, la mama, el cuello uterino, el ovario y la próstata. Para su aplicación en algunos casos el paciente necesita hospitalización, requiriendo anestesia general o local para su colocación.

Otro tipo de terapia de radiación interna utiliza fuentes radiactivas sin sellar que se administran oralmente (por la boca) o mediante una inyección. Por lo general, este tipo de tratamiento requiere de una breve estadía en el hospital.

# d.) En función del objetivo perseguido con su utilización se puede distinguir:

Radioterapia radical o curativa, en la que el objetivo de su aplicación es la destrucción del cáncer y la curación del paciente. Se aplica en caso de pequeños tumores, cuya localización permita administrar una alta dosis.

Radioterapia preoperatoria es utilizada antes de la cirugía, con el fin de hacer operables tumores que no lo son por su extensión local o para disminuir la aparición del tumor en la zona intervenida. La Radioterapia preoperatoria tiene indicaciones limitadas; se prefiere en tumores que se encuentran en el límite de la resecabilidad, por ejemplo, carcinoma rectal y sarcomas de partes blandas.

Radioterapia intraoperatoria, se utiliza conjuntamente con la cirugía y en el mismo acto operatorio, siendo su objetivo esterilizar la zona donde asentaba el tumor para disminuir la posibilidad de reaparición. Consiste en administrar una fracción única de elevada dosis durante la cirugía, lo que puede hacerse tanto con electrones como con fotones de baja energía. El tratamiento radiante se hace en quirófanos equipados para tal propósito o transportando al paciente desde la sala de operaciones al sitio de irradiación. La principal ventaja radica en que se pueden excluir totalmente del campo de irradiación los órganos que se desean proteger, por ejemplo el intestino delgado en casos de irradiación intraoperatoria del retroperitoneo. Una desventaja es que la dosis se da en una sola aplicación, obviando los beneficios de los tratamientos fraccionados. Los mejores efectos de este tipo de radioterapia se han obtenido en sarcomas retroperitoneales.

Radioterapia postoperatoria se utiliza posteriormente a la intervención quirúrgica, siendo su objetivo esterilizar la zona donde se asentaba el tumor, mediante la destrucción de las células que hayan podido quedar tras el acto quirúrgico. La radioterapia postoperatoria se usa en una gran variedad de situaciones clínicas, por ejemplo, tumores de sistema nervioso central, cabeza y cuello, digestivo, mama, pulmón y aparato genitourinario. En lesiones resecables se prefiere porque permite que el tratamiento se adapte a los hallazgos del estudio anatomopatológico del espécimen quirúrgico, y es posible administrar dosis mayores que en la preoperatoria. Además, se reduce el riesgo potencial de una cicatrización

inadecuada de la herida quirúrgica, al no tener que suturar tejidos irradiados. Las desventajas potenciales de la radioterapia postoperatoria incluyen la necesidad de esperar la cicatrización completa de la herida quirúrgica, y el déficit vascular tisular que queda luego de una intervención.

Radioterapia paliativa o sintomática su aplicación sólo busca el alivio de la sintomatología causada por el cáncer avanzado y mejorar la calidad de vida de los pacientes de corta esperanza de vida. La Radioterapia es una herramienta de paliación rápida y efectiva contra los síntomas de enfermedad local y/o metastásica, para el control del dolor. Las metástasis óseas secundarias al cáncer de próstata, mama, y otros, son tratadas con campos localizados y cursos cortos de Radioterapia.

Radiocirugía ó Radioterapia estereotáxica, así llamada por su similitud al acto quirúrgico, al realizarse en una única sesión y un solo día y asemejarse el haz de irradiación a un bisturí, depositando toda la energía en un volumen pequeño y con gran precisión; ello se consigue mediante el empleo de un arco de estereotaxia que permite la localización exacta del tumor y la utilización de unos colimadores –filtros- de diámetros pequeños que permiten obtener haces muy finos de irradiación, con mínima afectación en los tejidos vecinos.

Radioterapia conformada, la cual persigue que el tamaño y la forma de los campos de tratamiento se adapten lo más posible a la forma del tumor limitando en buena medida el campo de tratamiento, con el objetivo, por un lado de poder aumentar la dosis en forma escalada, al salvar los tejidos sanos, y por otro la obtención de un mayor control local.

# 4. Historia y conceptos fundamentales de la Radioterapia

La radioterapia es un tratamiento que se viene utilizando desde hace un siglo, y ha evolucionado con los avances científicos de la Física, de la Oncología y de la Computación, mejorando tanto los equipos como la precisión, calidad e indicación de los tratamientos.

Las primeras utilizaciones de la radiación con fines terapéuticos comenzaron poco después de que Roentgen descubriera los rayos X, en 1895. A la par de brindar información anatómica de las partes internas del cuerpo de manera no invasora, esta radiación rápidamente mostró ser útil para el tratamiento de lesiones malignas. El primer caso reportado es un tratamiento de cáncer avanzado de mama, en enero de 1896. Por su parte, Marie y Pierre Curie descubrieron el Radio en 1898 y ya en 1904 este isótopo era usado para tratar cáncer de cuello uterino y lesiones de piel. En ese entonces poco se conocía acerca de las propiedades de la radiación y, por consiguiente, su aplicación clínica era totalmente empírica, persistiendo así durante casi treinta años.

El primero y segundo Congreso Internacional de Radiología, realizados en 1925 y 1928, constituyeron un avance mayor, ya que de ellos resultó el establecimiento del Roentgen como unidad de exposición. La incorporación de esta unidad permitió por vez primera reportar, comparar y manejar clínicamente la cantidad de radiación suministrada al paciente. Actualmente la magnitud física que se utiliza para cuantificar la deposición de energía en los tejidos es la dosis absorbida.

Luego de la segunda guerra mundial la evolución de la radioterapia fue impulsada por el desarrollo de la física nuclear, acompañada por la aparición de los reactores nucleares y la consiguiente obtención de isótopos radiactivos, como era el cobalto 60 (60Co), y posteriormente el desarrollo y aplicación de los aceleradores de partículas con fines clínicos. Le sucedieron luego los avances de la computación y, en los comienzos de la década del 70, la aparición de la tomografía axial computarizada (TAC), como herramientas de cálculo dosimétrico y de tratamiento geométrico de la anatomía humana.

Más recientemente, las modalidades de imágenes dadas por la resonancia magnética nuclear y la tomografía por emisión de positrones (PET) y la posibilidad de fusión de estas imágenes con las de TAC, han incrementado notablemente la posibilidad de localizar y delinear tumores y órganos aledaños. Como consecuencia de la mayor precisión en la definición de los volúmenes implicados, la tendencia actual es explorar todas las formas de irradiación y de cálculo a los efectos de optimizar los tratamientos.

Actualmente, las modalidades de radioterapia más utilizadas son terapia externa con haces de fotones o de electrones de alta energía y braquiterapia con fotones, combinadas o no. En braquiterapia se utilizan fuentes radioactivas que se colocan dentro o en las proximidades del tumor, de manera temporaria o permanente, con el fin de incrementar la dosis en la región de interés, a la vez de suministrar baja dosis a los tejidos sanos vecinos.

Conjuntamente, en el esfuerzo de mejorar el control de tumores que no responden bien a los fotones o electrones, la investigación se ha orientado al uso de otros tipos de radiación que presenten mejor efecto diferencial sobre el tejido neoplásico con relación al normal, y que brinden mejores posibilidades de localización geométrica para suministrar dosis superiores en la lesión. Estas modalidades incluyen neutrones y otras partículas aceleradas a altas energías, entre estas otras partículas se encuentran las partículas alfa, iones negativos, iones pesados y protones, .

Estas partículas requieren instalaciones realmente costosas, en los actuales momentos, limitando la capacidad clínica para disponer de ellas. Sin embargo, el interés físico, radiobiológico y clínico en este campo es permanente.

Debido a la capacidad de penetración de los fotones de alta energía y la consiguiente posibilidad de tratar zonas profundas, los haces externos de fotones de alta energía son los más usados, seguidos por los haces de electrones, que se usan para el tratamiento de regiones superficiales o medianamente profundas. El empleo de electrones ha reemplazado parcialmente al de rayos X de baja y media energía, dado que la mayoría de los AL de uso médico proveen aquella forma de irradiación. Actualmente, los fotones de alta energía para uso clínico son producidos mayoritariamente con AL y con equipos isotópicos de cobalto 60.

El AL de uso médico es un equipo que usa ondas electromagnéticas de alta frecuencia (microondas de aproximadamente 3000 MHz) a través de una estructura aceleradora lineal, para acelerar electrones a valores de energía elevados (unidades y decenas de MeV). Estos electrones pueden ser utilizados para conformar un haz terapéutico o pueden ser forzados a impactar en un blanco metálico para producir rayos X de alta energía. Otras formas de producción de haces de electrones con propósitos clínicos, ya en desuso, incluyeron el generador de Van de Graaff y el betatrón.

Más recientemente se ha introducido la radioterapia conformada, la cual utiliza haces de sección irregular (campos irregulares) logrados con bloques de protección o colimadores de hojas múltiples (MLC), con el objeto de lograr una distribución de dosis ajustada a la forma del volumen objetivo, minimizando así la dosis en los órganos de riesgo y tejido normal adyacente y permitiendo a su vez el escalamiento de dosis. Esta forma de irradiación reduce los efectos colaterales del tratamiento respecto al observado con irradiación con campos de formas simples o rectangulares. Los MLC consisten en una serie de hojas móviles incorporadas al cabezal del equipo, las cuales típicamente tienen un ancho de 1 cm. Esta facilidad incrementa la eficiencia del tratamiento pues permite obviar la colocación manual de bloques de protección en cada incidencia del mismo. También permite modular la intensidad de radiación del haz en el curso de cada disparo del equipo (cada incidencia de tratamiento), lo que se conoce como radioterapia de intensidad modulada (IMRT). Esta moderna modalidad de Radioterapia

también se puede lograr utilizando bloques especiales llamados compensadores. Con esta premisa, se han incrementado considerablemente los esfuerzos en desarrollar técnicas de conformación de campos, métodos de cálculo dosimétricos y cuantificación de la respuesta biológica.

La radioterapia de intensidad modulada es una técnica más avanzada y tiene su origen en la radioterapia conformada. En esta técnica, la intensidad del haz de fotones varía de manera controlada para hacerlo coincidir con el volumen a ser atacado, a diferencia de los métodos convencionales donde la intensidad del haz de fotones es esencialmente uniforme. Con este método se puede lograr que las dosis se ajusten a distribuciones con formas cóncavas, brindando en algunos casos mejores soluciones dosimétricas que la radioterapia conformada. Esta modalidad requiere equipos de irradiación, accesorios y planificadores computarizados específicos, además de personal especialmente entrenado, a un costo mucho mayor que el de la RT conformada y que es difícil de abordar por la mayoría de los centros de salud de los países en vías de desarrollo.

En lo que respecta a la evolución de la Braquiterapia (Braqui, del griego, en proximidad y terapia tratamiento) la posibilidad de implantar fuentes radiactivas directamente dentro del tumor, fue una estrategia sugerida en 1903 por Alexander Graham Bell. El primer caso ilustrado en la literatura médica de tratamiento con braquiterapia data de 1914, en Dublín, con el tratamiento de un sarcoma de parótida inoperable mediante braquiterapia intersticial.

La primera aplicación de braquiterapia endoluminal se realizó en Nueva York, en 1921, utilizando fuentes radiactivas de radón que se introdujeron en el tracto respiratorio del paciente para el tratamiento de un carcinoma bronquial. Los isótopos radiactivos se utilizan habitualmente en la práctica clínica en forma de "semillas", hilos, alabres, agujas, cápsulas, etc.

Las fuentes de radio han sido utilizadas en el tratamiento de los tumores desde el inicio de la braquiterapia hasta la década de los sesenta. Al principio, la braquiterapia se utilizó de forma empírica y posteriormente con el avance del conocimiento radiobiológico, que junto con el perfeccionamiento de los cálculos dosimétricos, permitieron evitar efectos indeseables. Simultáneamente, se incorporaron diversos isótopos radiactivos naturales y artificiales como el cobalto 60, y más tarde el cesio 137 y el iridio 192 para realizar implantes removibles y el yodo 125 para implantes permanentes. La introducción del iridio 192 en forma de hilos para sustituir a las agujas de radio en la braquiterapia intersticial fue un hecho de gran importancia en este tipo de tratamientos.

Las décadas de los sesenta y setenta representan en Europa y particularmente en Francia, el máximo esplendor de la braquiterapia de baja tasa de dosis, imprescindible en el tratamiento conservador de cáncer de mama, cavidad oral, canal anal, piel, pene, vejiga, etc. La mayoría de los implantes braquiterápicos se llevan a cabo con cesio 137, iridio 192, yodo 125 y oro 198.

Con el desarrollo de la braquiterapia, el tumor que más frecuentemente ha sido tratado es el de útero, utilizando métodos de tratamiento intracavitario (braquiterapia endocavitaria), con fuentes de cesio 137 de baja tasa de actividad cuyo papel clínico está perfectamente definido. La braquiterapia está marcada por la conjunción de sucesivas innovaciones en las últimas décadas como son: técnicas de carga diferida para realizar el implante de fuentes radiactivas, el empleo de radionucleidos artificiales, la dosimetría planificada con computador y las nuevas tecnologías en imagen.

#### Dosis absorbida de radiación

La cuantificación de la radiación ha evolucionado en el tiempo. A principios del siglo XX se usaban la dosis eritema (observación semiológica

del color de la piel) y el Roentgen (un tipo de medida de ionización producida en aire).

Actualmente, el parámetro aceptado es la "dosis absorbida", la cual representa la energía absorbida por unidad de masa. Físicamente, la dosis absorbida representa la energía depositada en el medio por partículas secundarias cargadas. La unidad de dosis absorbida es el Gray (Gy), definido como la absorción de 1joule por cada kilogramo de materia (J/kg). Un Gy equivale a 100cGy (centiGray), hasta hace unos años conocido como rad (radiation absorbed dose).

#### Radioterapia como tratamiento único

La radioterapia como tratamiento curativo único se usa en una variedad de enfermedades neoplásicas. El tratamiento puede consistir en radioterapia externa exclusiva, quimioterapia exclusiva, o la combinación de ambas. Mientras la radioterapia combinada bien sea con cirugía y/o con quimioterapia son los tratamientos más comunes en la actualidad.

La radioterapia exclusiva aún se utiliza como modalidad única en diversos estadios tempranos de cánceres de cabeza y cuello, y neoplasias ginecológicas. La radioterapia exclusiva ofrece los mismos resultados en el control de enfermedad para tumores de cavidad oral, orofaringe, supraglótico y glótico que la cirugía; se asocia además a una mejor respuesta funcional a largo plazo que ésta última. Lo mismo ocurre con el carcinoma de cérvix uterino cuando se compara radioterapia con cirugía. Otro tipo de neoplasia que se trata con radioterapia sola es el linfoma hodgkin en estadio precoz.

El uso más frecuente de la radioterapia es en combinación con cirugía y/o quimioterapia (radioterapia adyuvante). Cuando se combina con cirugía, se puede administrar antes (prequirúrgica o preoperatoria), después (posquirúrgica o postoperatoria) o durante (intraoperatoria) el acto operatorio.

# CAPÍTULO III: MARCO ORGANIZACIONAL

#### 1. Breve descripción del Sector Público de Salud

El sector salud está constituido por un subsector público, integrado por múltiples instituciones que operan de forma no integrada, centralizada y desconcentrada, y por el subsector privado.

El subsector público está conformado por el Ministerio de Salud y Desarrollo Social (MSDS), el Instituto Venezolano de los Seguros Sociales (IVSS), el Instituto de Previsión de Asistencia Social del Ministerio de Educación (IPASME), el Instituto de Previsión Social de las Fuerzas Armadas (IPSFA) y la Alcaldía Mayor (antes Gobernación del Distrito Federal). La red de establecimientos públicos de salud contempla diferentes niveles de atención y se encuentra distribuida a lo largo de todo el país.

El MSDS fue creado el 30 de agosto de 1999, por la República Bolivariana de Venezuela producto de la fusión entre el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y el Ministerio de la Familia. El MSDS está integrado por el Despacho del Ministro y dos viceministerios: Viceministerio de Salud y Viceministerio de Desarrollo Social. Existen 23 Direcciones Regionales del MSDS en todo el país.

El MSDS funciona como un sistema intergubernamental de salud: desconcentrado y/o descentralizado, basado en niveles de atención, con direcciones estadales de salud y distritos sanitarios. Cuenta con una red de hospitales y ambulatorios y cumple con actividades de promoción, prevención y educación en salud. Es el único organismo que ha avanzado en la descentralización de los servicios de salud, donde la salud se entiende como una competencia concurrente con responsabilidades compartidas entre los distintos niveles o ámbitos del sistema sanitario (nacional, subnacional / regional y local). El MSDS ha venido impulsando la transformación del

modelo de organización de los servicios de salud, planteándose como prioridad la reestructuración del nivel central del ministerio, el desarrollo de un nuevo modelo de atención y la creación de un sistema público nacional de salud.

La organización del MSDS responde a las reformas de la Ley Orgánica de la Administración Central. Su estructura organizativa actual se fundamenta en el Reglamento Interno del MSDS, publicado en Gaceta Oficial Nº 36.935 de fecha 18 de Abril de 2000. El MSDS, a partir del 2000 establece su estructura organizativa y funcional orientada a incrementar la capacidad de conducción estratégica gubernamental en las funciones de formulación de políticas, planificación, coordinación y regulación de los respectivos sectores de actividad pública en el área de su competencia, en la perspectiva de contribuir a la gobernabilidad del sistema social en su conjunto, facilitando la coordinación de políticas sociales, considerando el ámbito de desarrollo social como un eje transversal a diversos sectores de actuación del Estado.

Corresponde al MSDS la formulación de políticas y estrategias, la elaboración de normas, la planificación general y la realización de las actividades del Ejecutivo Nacional en materia de salud y calidad de vida y en tal sentido define su misión y objetivos de la siguiente manera:

#### 2. Misión del MSDS:

"Garantizar el derecho a la salud a todas las personas, mediante el desarrollo de políticas de salud, sociales y económicas dirigidas a elevar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso universal y equitativo a condiciones, recursos y servicios de salud, respondiendo a necesidades sociales de toda la población".

#### 3. Objetivos Estratégicos del MSDS:

- Orientar objetivos y procesos por el imperativo ético y político de dar respuestas a las necesidades de calidad de vida y salud y sus determinantes, sobre la base de la garantía universal de los derechos y el combate a las inequidades sociales.
- Adoptar la estrategia de promoción de calidad de vida y salud como el eje común de políticas, acciones y sistemas en el marco de agendas y estrategias de intervención transectoriales para responder a las necesidades de calidad de vida y salud en territorios sociales concretos que propicien la participación y emponderamiento social
- Desarrollar un nuevo modo de atención que reordene el conjunto de servicios y trabajadores; constituyendo sistemas de redes públicas de calidad de vida en ámbitos nacionales, estadales, locales y comunitarios que generen respuestas regulares suficientes, equitativas, oportunas e integrales a necesidades de calidad de vida, preservando el desarrollo y potencialidad de autonomía de personas y colectivos a lo largo de la vida.
- Construir una nueva institucionalidad pública de gestión social en función del interés colectivo, con capacidad de rectoría, sostenimiento e impacto a través de un modo de atención sustentado estrategias de promoción en respuestas a las necesidades de calidad de vida y alrededor de metas de cambios de la calidad de vida del venezolano.

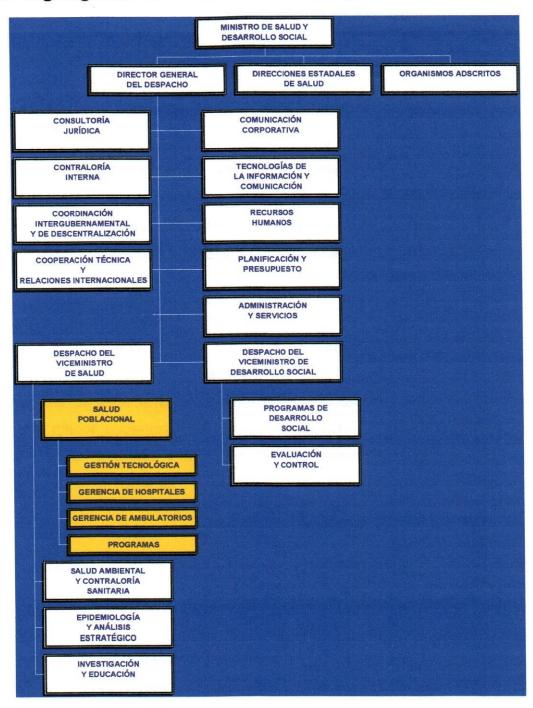
## 4. Competencias del MSDS

 La definición de los lineamientos políticos de dirección y planificación estratégica, así como los objetivos y metas nacionales de desarrollo en salud y calidad de vida.

- La evaluación y aprobación de políticas, planes y acciones en áreas de impacto en la salud y la calidad de vida de la población articulada con otros entes del Estado.
- La fijación de los criterios de asignación y distribución de los recursos nacionales a los organismos y redes públicas de servicios de los ámbitos nacional, estadal y municipal.
- La promoción, prevención, protección y recuperación de la salud, incluyendo los programas de saneamiento ambiental referidos a la salud pública.
- La vigilancia de productos farmacéuticos, cosméticos, edificaciones en general en cuanto a sus aspectos sanitarios.
- La inspección y vigilancia del ejercicio de toda profesión o actividad que tenga relación con la atención a la salud.
- La vigilancia epidemiológica nacional
- La coordinación, reglamentación, supervisión técnica y direccionamiento de las actividades y servicios nacionales, estadales, municipales y privados en materia de salud pública.
- La regulación, formulación, coordinación, programación, seguimiento y evaluación de las políticas, estrategias y planes dirigidos a lograr el desarrollo social de la Nación.
- Coordinar las acciones, planes y programas que, articulados a las políticas económicas propicien el desarrollo del equilibrio social.
- Promover la integración de los diversos componentes del desarrollo social, mediante la creación y coordinación de redes en sus diversas formas organizativas como parte del esfuerzo colectivo, corresponsable, intersectorial e integral de responder a las necesidades sociales de

calidad de vida y salud de personas y colectivos, en forma universal y equitativa.

### 5. Organigrama del Ministerio de Salud y Desarrollo Social



#### 6. Descripción Operativa del Sistema de Salud

El Sistema de Salud se organiza operativamente en las entidades federales de acuerdo a su nivel de complejidad, con referencia progresiva desde el nivel más simple al más complejo. En términos esquemáticos, se distingue tres niveles de atención:

#### 6.1. Nivel Primario

Su función está destinada a mantener y preservar la salud individual y colectiva, poniendo énfasis en las acciones de fomento, protección y recuperación de la salud. Los establecimientos de este nivel entregan atenciones en forma ambulatoria y son la puerta de entrada al sistema; los casos no resueltos son referidos a establecimientos más complejos.

#### 6.2. Nivel Secundario

Su función es resolver los casos derivados del nivel primario y derivar a los establecimientos de mayor complejidad los casos que no pueden ser resueltos en este nivel. Las atenciones son de complejidad intermedia y tienen menor cobertura que la atención primaria. Entregan principalmente atención ambulatoria y atención cerrada (hospitalización) en las cuatro especialidades básicas: medicina, cirugía, obstetricia – ginecología y pediatría.

#### 6.3. Nivel Terciario

Está constituido por una capacidad de atención que involucra alta especialización y en la que se resuelven los casos derivados del nivel secundario. Su cobertura es baja, ya que atienden los casos menos frecuentes y requieren de atención cerrada.

Las capacidades involucradas en las actividades de cada nivel de atención de salud antes señaladas, se entregan en establecimientos de salud de distinto tipo, tendiendo a cierto grado de especialización.

## Clasificación de Establecimientos de Atención Médica del Sector Público

(Según Decreto Nº 1.798, del 20 de enero de 1.983, publicado en la Gaceta Oficial Nº 32.650 del 21 de enero de 1.983)

#### a) Ambulatorios

- a.1. Ambulatorios Rurales
  - Ambulatorios Rurales Tipo I
  - Ambulatorios Rurales Tipo II
- a.1. Ambulatorios Urbanos
  - Ambulatorios Urbanos Tipo I
  - Ambulatorios Urbanos Tipo II
  - Ambulatorios Urbanos Tipo III

#### b) Hospitales

- b.1. Hospitales Tipo I
- b.2. Hospitales Tipo II
- b.3. Hospitales Tipo III
- b.4. Hospitales Tipo IV

Dentro de lo que corresponde a este trabajo se describirán las características correspondientes a un Hospital tipo IV, ya que ellos son parte del sujeto de estudio.

Los *Hospitales Tipo IV*, son los de mayor complejidad dentro del Sistema Público Nacional de Salud, prestan atención médica de los tres niveles descritos anteriormente, con proyección al ámbito regional en poblaciones mayores de cien mil habitantes, con un área de influencia superior al millón de habitantes. Tienen más de 300 camas, cuentan con

unidades de larga estancia y hospitalización de pacientes y cumplen además, actividades de docencia (pre y postgrado universitario) y desarrollan actividades de investigación. Cuenta con los Departamentos Clínicos Básicos: Medicina, Cirugía, Gineco-Obstetricia y Pediatría, además del Departamento de Medicina Crítica y Emergencia. También cuentan con los siguientes servicios de apoyo: Laboratorio, Farmacia, Anestesia y Diagnóstico por Imagen. En el Departamento de Medicina está ubicada la Unidad de Oncología

La estructura organizativa típica para un Hospital tipo IV, es la siguiente:



### CAPÍTULO IV: FUNCIONAMIENTO Y ORGANIZACIÓN DE UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA ONCOLÓGICA, EN UN HOSPITAL TIPO IV

#### 4.1. Componentes del Proceso Radioterápico

## 4.1.1. Evaluación inicial, decisión terapéutica y localización del tumor

La responsabilidad global de los procedimientos iniciales relacionados al tratamiento radiante recae sobre el médico radioterapeuta El objetivo de la evaluación inicial es obtener información acerca de la naturaleza del tumor, su localización primaria y su extensión regional y/o sistémica. Para ello se practica un examen físico completo del paciente, se realizan las biopsias adecuadas y se obtienen estudios diagnósticos complementarios como datos de laboratorio clínico e imágenes radiológicas, de tomografía, de resonancia magnética, de medicina nuclear y de ultrasonido.

Las prácticas mencionadas permiten clasificar a la mayoría de las neoplasias de acuerdo a sus estadios clínicos y así definir la intención curativa o paliativa del tratamiento que se ejecutará. Definido esto, se procede a la etapa crítica de determinación de la extensión y localización del volumen tumoral y de las estructuras normales adyacentes. Para ello se pueden utilizar las técnicas diagnósticas por imágenes mencionadas anteriormente.

#### 4.1.2. Planificación de tratamientos

El objetivo de la planificación terapéutica es lograr irradiar uniformemente a un blanco específico, minimizando la dosis a los tejidos normales que lo rodean. La distribución espacial de la dosis administrada depende, además de la morfología y geometría misma del tumor a atacar, de

un número de factores entre los que se incluyen la anatomía del paciente, la densidad de los tejidos, el tipo de haz radiante, y la configuración de los campos de irradiación. Adicionalmente y en virtud de la complejidad asociada a la geometría de los tumores, la planificación tridimensional basada en la data obtenida a partir de las imágenes anteriormente mencionadas, adquiere gran importancia.

#### 4.1.2.1. Simulación

La planificación del tratamiento involucra diversas etapas, comenzando por la simulación de la región a irradiar, en un equipo radiográfico especial llamado simulador que reproduce geométricamente al equipo de irradiación.

Como ya habíamos mencionado, la simulación se basa en el procesamiento de las imágenes de radioscopia para definir la selección de los campos de irradiación, el posicionamiento del paciente y la fabricación de suplementos de ayuda al tratamiento, incluidos diversos elementos de fijación e inmovilización del paciente. La mayoría de los pacientes son simulados en posición supina. Sin embargo, a menudo se requieren posiciones especiales para disminuir la dosis a órganos vecinos al volumen blanco.

Los pacientes que son simulados para el tratamiento del cáncer de mama, por ejemplo, requieren posiciones especiales de sus brazos para excluirlos de los haces de radiación; en casos de cáncer de vulva se coloca la paciente en posición de "rana" para exponer el área mencionada sin ser cubierta por las zonas internas de los muslos.

La inmovilización se logra con suplementos de soporte, máscaras termomoldeables, apoyabrazos, apoyacabezas graduados, mordillos, y otros sistemas que se fabrican en serie o en forma especial para el paciente que lo requiera. Estos elementos reducen las imprecisiones del posicionamiento diario causadas por los movimientos del paciente, entre otros factores. Los

bordes de los campos de tratamiento se definen a través de guía radioscopia basándose en el previo conocimiento de la anatomía del paciente y las características del tumor con sus territorios de posible diseminación.

Con el advenimiento de la radioterapia conformada en tres dimensiones (3D) y la radioterapia de intensidad modulada (IMRT), la planificación de tratamientos ha incrementado el uso de la tomografía axial computarizada (TAC), permitiendo así la aplicación de los conceptos de volúmenes de interés dados por la International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU 50 en 1993 y su suplemento ICRU 62 en 1999). De acuerdo con estos reportes, los volúmenes de interés son identificados antes del tratamiento e incluyen el volumen blanco en bruto, el volumen blanco clínico y el volumen blanco de planificación (cuyas definiciones incluíremos más adelante, ver Sección 4.1.2.2). Los dos primeros responden a conceptos puramente oncológicos mientras que el tercero, aparte de incluir a los dos anteriores, considera, a través de la definición de márgenes, el movimiento del paciente, las inexactitudes en la posición del paciente respecto del haz y las tolerancias mecánicas propias del método de irradiación que se use. Adicionalmente, los órganos de riesgo pueden modificar el tamaño y forma del volumen blanco de planificación en función de la proximidad entre éstos y el volumen blanco clínico, como así también en función de su tolerancia a las radiaciones.

#### 4.1.2.2. Delineación del volumen blanco

Los estudios por imágenes ocupan un rol principal en la planificación de Radioterapia, proveyendo información geométrica del contorno del paciente y su anatomía interna. También permiten definir el tamaño, forma y localización del tumor, así como sus relaciones respecto a estructuras vecinas (órganos de riesgo).

En planificación en tres dimensiones 3D, el proceso comienza con la adquisición de una tomografía axial computarizada (TAC) con el paciente

inmovilizado en la posición de tratamiento. Se definen tres volúmenes para los efectos de planificación del tratamiento: el volumen tumoral blanco en bruto (Gross Target Volume, GTV), el volumen blanco clínico (Clinical Target Volume, CTV) y el volumen blanco de planificación (Planning Target Volume, PTV).

El GTV es el tumor visible en las imágenes de planificación terapéutica. Es el volumen palpable o visible

El CTV es un concepto clínico independiente de la unidad de tratamiento, que incluye al GTV y/o la zona de enfermedad microscópica que tiene que ser eliminada. Es necesario ampliar los márgenes del CTV para tener en cuenta los movimientos del paciente y las variaciones en el posicionamiento y poder asegurar la dosis que recibe realmente; esto se hace con el PTV

El PTV abarca los dos anteriores con un margen adicional para prevenir la incertidumbre del proceso de administración terapéutica. El PTV incluye los efectos de la movilidad propia de los órganos y la imprecisión del posicionamiento diario por los movimientos del paciente; típicamente varía entre 3 a 10mm. El PTV es un concepto geométrico y se utiliza para la planificación dosimétrica, es decir la elección de la técnica de tratamiento (número de haces, energía, tamaño de campo, angulación, etc.)

Adicionalmente, todos los órganos de riesgo que rodean a los volúmenes antes detallados son delineados. Con el uso de imágenes de TAC el médico delinea los volúmenes de interés utilizando alguna facilidad del planificador computarizado y prescribe la dosis a suministrar y su fraccionamiento.

La tomografía axial computarizada (TAC) es un método radiológico que a la vez de permitir un manejo tridimensional de las imágenes del paciente y dar lugar a la llamada simulación virtual, proporciona la distribución de densidad electrónica en el medio para su uso en el cálculo dosimétrico. En todos los casos la disposición del paciente en el simulador

y/o en el equipo de TAC debe ser idéntica a la que adoptará en el equipo de tratamiento, incluyendo los accesorios de inmovilización.

Mientras la TAC es la modalidad radiológica de mayor utilidad, la resonancia magnética (RMN) brinda información complementaria importante, especialmente para lesiones intra craneanas y tumores de cabeza y cuello.

Otras modalidades, como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada por emisión de fotón simple (SPECT), también proporcionan información que complementa al proceso de planificación. Los datos de los distintos estudios pueden consolidarse e integrarse para profundizar la información y mejorar la precisión de los procedimientos de definición volumétrica del tumor y estructuras sanas vecinas.

El físico y/o dosimetrista realizan el cálculo de la distribución de dosis a partir de diversas alternativas apropiadas de irradiación que luego, en conjunto con los médicos, analizan para determinar la mejor opción para el paciente.

Los procedimientos de cálculo dosimétrico conforman una etapa previa al tratamiento radiante, siendo uno de los eslabones en la planificación. Normalmente, los cálculos son efectuados con los llamados sistemas de planificación (o programas de computación planificadores) de tratamiento. Estos pueden ser comerciales, o programas de computación desarrollados localmente o simplemente constituir un conjunto de algoritmos de ejecución manual. La mayoría de los planificadores computarizados en uso cuentan con un sistema de adquisición de datos dosimétricos, un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes de pacientes, algoritmos de cálculo y métodos de representación de resultados. El hardware está constituido básicamente por una computadora, un digitalizador y una impresora, entre otros periféricos e interfaces.

En esta etapa se determinan, de acuerdo con las definiciones del ICRU 50, el volumen tratado (volumen que presenta una dosis absorbida

mayor o igual que la prescrita y que contiene al volumen de planificación) y el volumen irradiado (volumen cuya dosis es mayor o igual que un valor considerado significativo desde el punto de vista biológico).

La planificación del tratamiento se lleva a cabo interactivamente con una computadora que se usa para generar la distribución de dosis sobre las imágenes de TAC.

Las variables consideradas en la planificación incluyen el tipo de radiación, la energía del haz, el número de campos, los ángulos de incidencia, el "peso" relativo de cada haz, y la interferencia que provocan las unidades de modificación del haz (cuñas, compensadores, bloques de protección, etc).

La energía del haz se elige según la anatomía del paciente y la localización del tumor. Los fotones de alta energía se usan para tumores profundos; las lesiones superficiales pueden tratarse con fotones de ortovoltaje (4- 24 MV) o con electrones. El número de campos es determinado por una variedad de factores como el tamaño, forma y localización tumoral. Los dispositivos modificadores se usan principalmente para compensar las variaciones de la anatomía externa del paciente.

#### 4.1.3. Diseño y evaluación del plan de tratamiento

Se han desarrollado múltiples herramientas que ayudan a diseñar y evaluar el plan de tratamiento. Por ejemplo, el beam's eye view (BEV) permite visualizar la geometría del tumor con relación a las estructuras sanas críticas desde la perspectiva del haz de radiación. Las distintas orientaciones del haz se eligen para abarcar el PTV pero esquivar los tejidos sanos. Adicionalmente, el BEV permite diseñar bloques de protección particulares para cada haz incidente.

La evaluación cuantitativa del plan de tratamiento se realiza con el uso de histogramas de dosis-volumen (DVH) e histogramas de dosis-superficie (DSH). El DVH representa el volumen de una estructura particular

irradiada en función de la dosis. El área superficial en función de la dosis es representada por el DSH y es útil en la evaluación de órganos huecos. Cada una de las evaluaciones cuantitativas asiste en la elección del plan óptimo de tratamiento.

Los análisis tienen en cuenta la distribución de haces, la distribución de dosis (curvas de isodosis), los histogramas dosis-volumen para todos los volúmenes de interés y, en algunos casos, la evaluación de modelos biológicos que pueden incluir probabilidades de control tumoral (TCP) y probabilidades de complicación de tejidos normales (NTCP).

Finalmente, la planificación es aprobada por el médico radioterapeuta y se está en condiciones de dar inicio al tratamiento.

#### 4.1.4. Ejecución del tratamiento y verificación

#### 4.1.4.1. Radioterapia Externa

Actualmente, aunque no en forma exclusiva, se usan AL para administrar radioterapia externa. La mayoría de los aceleradores modernos son duales (pueden irradiar con fotones y electrones); cuentan en general con dos valores de energía de fotones (intervalo 4 -18 MV) y de 4 a 6 valores de energía de electrones (intervalo 6 - 20 MeV).

Están dotados de un puente que rota 360°, permitiendo tratamientos desde cualquier ángulo alrededor del paciente. Pueden ejecutarse tratamientos no coplanares gracias a la combinación de movimientos del brazo o Gantry y la mesa de tratamiento. El haz de radiación es rectangular; la forma puede modificarse interponiendo bloques de *cerrobend* o en los más modernos, con colimadores de hojas múltiples (MLC). El *cerrobend* es una aleación de metales con un punto de fusión inferior al plomo; los bloques son diseñados en forma particular para cada haz de tratamiento, y son interpuestos manualmente entre el cabezal del gantry y el paciente. Es un material reciclable con un desperdicio no mayor del 1%.

El tratamiento se administra con el paciente colocado sobre la mesa del equipo respetando cuidadosamente los recursos de inmovilización empleados en la planificación.

Antes del primer día de tratamiento se comprueba la factibilidad de la ejecución del mismo en el acondicionamiento, conocido también por el término en inglés de setup. En él se obtienen placas radiográficas especiales para fotones de alta energía (placas de verificación, oncology films), que son cotejadas con las placas de simulación. En este procedimiento interaccionan físicos y médicos para dar la aprobación final del plan terapéutico. Si la verificación no es óptima, se toman las medidas correctivas adecuadas, si aún así no se logra la aprobación del plan se repiten todos los procedimientos de planificación antes descritos.

Recientemente, se han incorporado equipos electrónicos de verificación y corrección de portales (electronic portal imaging devices, EPIDs), que ofrecen ventajas por la posibilidad de verificación en línea, así como la capacidad de monitorear y compensar los movimientos del paciente durante la terapia. Los métodos de imágenes portales constituyen una herramienta imprescindible para la verificación geométrica del tratamiento y brindan, además, información dosimétrica.

Los parámetros del tratamiento ejecutado a cada paciente son registrados diariamente y forman parte de la documentación que conforma la historia clínica. Los tratamientos son llevados a cabo por los técnicos operadores bajo la supervisión de los físicos en radioterapia y los radioterapeutas. Periódicamente se verifican aspectos geométricos del paciente (contornos, espesores y ubicación del paciente en el equipo) y se obtienen imágenes portales utilizando la salida de los mismos haces de tratamiento para verificar la correcta posición del paciente y sus estructuras. Estas imágenes pueden ser logradas con métodos radiográficos convencionales (uso de películas radiográficas) o mediante captura electrónica. En la captura electrónica se expone un panel detector al haz que

atraviesa al paciente y la señal asociada es procesada, generalmente en tiempo real, permitiendo tomar acciones correctivas insitu en caso de necesidad.

De ser posible se realiza dosimetría invivo con el uso de detectores semiconductores o termoluminiscentes y/o utilizando técnicas de imágenes portales. A la vez, el paciente es controlado clínicamente durante el curso del tratamiento, que en función de la dosis total y el fraccionamiento, puede durar varias semanas. Finalizado el tratamiento el paciente es objeto de seguimiento clínico y de tratamientos complementarios.

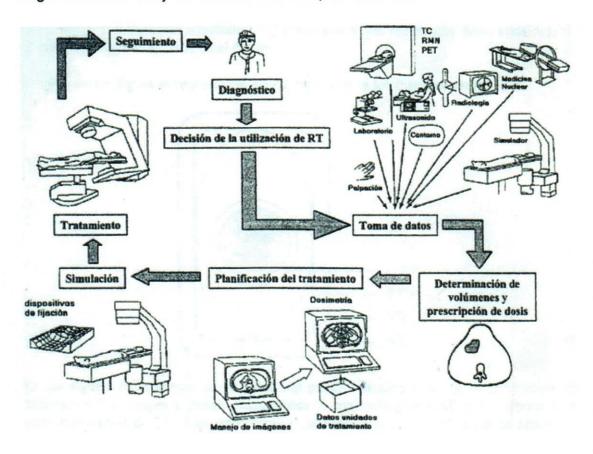


Figura Nº 1. Componentes del Proceso Radioterápico

#### 4.1.4.2. Braquiterapia

La braquiterapia (BQT), tal como hemos definido anteriormente, consiste en la colocación de fuentes radiactivas tanto dentro de una cavidad

anatómica existente (BQT intracavitaria), como directamente a través de los tejidos (BQT intersticial). Es la aplicación de radiación con material radiactivo a corta distancia dentro o muy cerca del área a tratar.

La BQT intracavitaria se lleva a cabo con la ayuda de aplicadores especiales; los más estudiados y empleados son los aplicadores de FletcherSuit, útiles en el tratamiento del cáncer de cérvix uterino. Consisten en una sonda intrauterina y dos cilindros que se colocan en los fondos de sacos laterales de la vagina. Otros aplicadores de uso en ginecología oncológica son las cápsulas de HeymanSimons (cáncer de cuerpo uterino) y los cilindros vaginales (neoplasias uterinas y vaginales).

Otros tipos de BQT intracavitaria se practica colocando fuentes radiactivas en una sonda nasogástrica (tumores nasofaríngeos y esofágicos), en un stent biliar (colangiocarcinoma), o directamente en la luz de un bronquio (cáncer de pulmón).

Los aplicadores en BQT intersticial son generalmente agujas huecas o catéteres plásticos flexibles que "atraviesan" el tumor o el lecho quirúrgico de donde fue extirpado un tumor. Su uso es frecuente en el cáncer de próstata, mama, piel y tumores de cabeza y cuello. En el interior de estos aplicadores se colocan fuentes radiactivas en forma de tubos, alambres o semillas.

En la mayoría de los centros de radioterapia la BQT se realiza colocando las fuentes radiactivas en formas diferida respecto a la colocación de los aplicadores, intentando disminuir al máximo la exposición del personal a los efectos de la radiación.

Las fuentes de radioterapia pueden ser colocadas en forma transitoria o definitiva. Inicialmente se usaban fuentes radioactivas con isótopos naturales como el radium y el radón. Posteriormente, y hasta la actualidad, se utilizaron isótopos producidos artificialmente como el cesio 137 (<sup>137</sup>Cs), el iridio 198 (<sup>198</sup>Ir) y el iodo 125 (<sup>125</sup>I).

Los planes se generan por digitalización y reconstrucción de la posición de las fuentes a partir de placas radiográficas. Los cálculos de dosis

se realizan tridimensionalmente y la dosis se prescribe a un número limitado de puntos. Tradicionalmente, la BQT se administra con el paciente internado durante 2 a 3 días, a baja tasa de dosis (*low dose rate*, LDR), por ejemplo, 40 - 70cGy/h en el punto de interés, utilizando el <sup>137</sup>Cs. La BQT a LDR se usa predominantemente en el tratamiento de cáncer cervicouerino.

En los últimos años, se ha popularizado en países desarrollados las técnicas de alta tasa de dosis (*high dose rate*, HDR), con el uso de fuentes de iridium de alta actividad y tasas que exceden los 200cGy/min, que usa el Iridio. A diferencia de LDR, HDR es un procedimiento que se realiza en pacientes ambulatorios y requiere anestesia mínima. Es particularmente recomendable en pacientes ancianos o con otros trastornos de salud asociados. Se han reportado resultados promisorios con HDR en tumores de cabeza y cuello, cérvix uterino, endometrio, y tumores nasofaríngeos y esofágicos, además de próstata. Existen controversias respecto a un aumento potencial en la tasa de complicaciones.

#### 4.1.4.3. Técnicas especiales: Radiocirugía y Radioterapia Estereotáxica

La radiocirugía es una técnica que permite administrar en forma precisa, una fracción única de alta dosis a un volumen blanco intracraneano pequeño. Cuando esta técnica utiliza múltiples fracciones se llama radioterapia estereotáxica. Ambas técnicas utilizan un marco fijo al cráneo que permite un posicionamiento milimétrico del paciente y el tumor.

La radioterapia estereotáxica se utiliza principalmente en el tratamiento de patologías intracraneanas benignas como malformaciones arteriovenosas, adenomas hipofisarios y neurinomas del nervio acústico.

La radioterapia externa convencional se administra con haces de intensidad uniforme. Sin embargo, para este tipo de patología se aplica más bien la IMRT, con las ventajas que se han discutido en las secciones anteriores.

## 4.1.5. Garantía de calidad en los tratamientos y manejo de la incertidumbre

Los aspectos clínicos (diagnóstico, decisión terapéutica, indicación de tratamiento y seguimiento) conjuntamente con los procedimientos relacionados a los aspectos técnicos y físicos de los tratamientos radiantes, deben ser objeto de control y planeamiento a los efectos de asegurar un tratamiento de alta calidad. El propósito de un programa de garantía de calidad es el monitoreo objetivo, sistemático y documentado de la calidad de todas las etapas requeridas en el tratamiento del paciente.

Si bien el concepto de garantía de calidad de los aspectos físicos de la radioterapia es conocido desde hace tiempo, sólo recientemente se ha reconocido que es absolutamente necesario un programa de calidad que reúna tanto los componentes clínicas como físicas. La calidad en radioterapia está asociada al logro seguro de la prescripción médica lo que conlleva a que la dosis deba ser impartida lo más exacta y consistentemente posible. La determinación del grado de exactitud en la entrega de la dosis ha motivado un análisis continuo y detallado.

Esta consideración se basa fundamentalmente en las diferentes respuestas que presentan los tejidos neoplásicos y normales a la radiación. En este sentido, Mijnheer et al (1987) discutieron observaciones clínicas relativas a reacciones de tejidos normales y concluyeron que una incertidumbre de un ±7% en la dosis puede resultar inaceptable. La información de un centro de atención transferida a otro con una incertidumbre en la dosis absorbida del ±7% puede involucrar riesgos inadmisibles. Interpretando ese valor como el doble de la desviación estándar concluyeron que es deseable una exactitud total mínima de ±3,5%.

Adicionalmente, para distinguir los resultados de radioterapia Brahme et al (1988) determinó, mediante estudios comparativos, que la exactitud debe ser ±5%, valor por encima del cual se recomienda tomar acciones correctivas. Este valor también resulta de otras recomendaciones (ICRU

1976, 1993). Para lograr estos niveles de exactitud se requiere una correcta calibración del equipo de irradiación, una ubicación fiel y reproducible del paciente y una alta precisión en los procedimientos de cálculo dosimétrico.

En general, la calibración del equipo de irradiación de fotones de alta energía se efectúa con cámaras de ionización calibradas en un laboratorio primario o secundario de dosimetría. Este tipo de instrumento es accesible a un costo razonable, presenta precisión en las irradiaciones con haces clínicos y la teoría para interpretar su respuesta está ampliamente desarrollada y entendida. Estos instrumentos también se utilizan para medir distribuciones de dosis con el fin de generar datos para su posterior uso en los sistemas de cálculo.

Las incertidumbres geométricas relacionadas a la ubicación del paciente en el equipo de tratamiento y consecuentemente la incorrecta cobertura del volumen blanco de planificación y órganos de riesgo adyacentes, entre otros volúmenes, pueden dar lugar a consecuencias clínicas inaceptables asociadas a discrepancias dosimétricas que van más allá de los valores mencionados. Este tópico relacionado a las imprecisiones geométricas es uno de los desafíos modernos, debido especialmente a que el escalamiento de dosis requiere el conocimiento y el control de las formas y posiciones de los volúmenes de interés.

El control de calidad dosimétrico de un tratamiento tiene sus eslabones finales en la etapa de tratamiento. Las variables relacionadas directamente a la dosis impartida y las vinculadas a la posición de las estructuras sometidas a irradiación pueden ser monitoreadas con dosimetría in vivo y con métodos de imágenes portales, respectivamente. Sin embargo, aun garantizada la calibración del equipo y la correcta disposición del paciente en las sesiones de tratamiento, el logro de la distribución espacial de dosis prescrita todavía depende de la exactitud de los métodos de cálculo

que se utilicen. Esto es debido a que dicha distribución no puede ser medida in vivo con procedimientos fácilmente aplicables.

## 4.2. Protocolo de atención del paciente sometido a tratamiento radioterápico

#### a) Primera Visita:

Es el primer contacto del paciente con el médico especialista que se hará cargo de su tratamiento. Después de un examen físico general y del área enferma, así como de una revisión de la historia clínica y de los resultados de las pruebas, el médico localizará con exactitud el área a tratar. Es posible además que se solicite algún examen adicional si se considera necesario para su correcta evaluación. Se explicará en líneas generales cual va a ser el plan de tratamiento previsto, en cuanto a duración, días que tiene que acudir, efectos posibles, etc.

#### b) Planificación del tratamiento:

Antes de iniciar las sesiones de tratamiento se efectúan una serie de procedimientos y cálculos, para el plan de tratamiento, de acuerdo con las características personales y las de la enfermedad. Esta planificación se lleva a cabo de acuerdo a los métodos y técnicas descritas en las secciones anteriores (véase particularmente las Secciones 4.1.2 y 4.1.3).

El paciente es colocado en la tabla del simulador con los soportes adecuados para permitirle acostarse cómodamente sin moverse, estos soportes también serán utilizados de la misma manera durante el tratamiento, mientras el técnico de radiación utiliza el Simulador o un Tomógrafo (TAC), para determinar el área de tratamiento y los campos a irradiar. Se le tatuará en la piel un punto central que será el origen de todos los desplazamientos en los tres ejes del espacio. El técnico utilizará tinta semipermanente para marcar el área con pequeños puntos hasta que finalice el tratamiento.

#### c) Verificación del Tratamiento

Una vez obtenida la planificación del tratamiento, el paciente acude a la unidad de tratamiento y en la misma posición en que se realizó el TAC de planificación y con desplazamientos en los tres ejes del espacio a partir del punto de origen, se realiza una radiografía o una imagen portal electrónica, que soporta rayos X de alta energía. La imagen que produce esta radiografía debe ser lo más parecida posible a la Radiografía Digital Reconstruida, y si es así se comienza el tratamiento.

#### d) Tratamiento

Consiste en varias sesiones de corta duración, habitualmente diarias de lunes a viernes, descansando sábados, domingos y festivos. En cada sesión de tratamiento se reproduce la misma posición, que es la misma que tuvo el paciente al realizar el TAC de planificación o simulación y la verificación.

El operador lleva al paciente a la sala de tratamiento donde se descubrirá la zona a tratar y adoptará la misma posición que tuvo en la simulación y que debe ser igual todos los días. Una vez posicionado el paciente en la mesa de tratamiento, el operador programará la máquina a su dosis prescrita, irá a la consola de control que se encuentra fuera del sala de tratamiento, cerrará la puerta, volverá a verificar los ajustes de la máquina, y comenzará el tratamiento, accionando los mandos de la unidad e iniciando la irradiación. Durante este período, el paciente estará constantemente vigilado o monitorizado por medio de un circuito cerrado de televisión- cámara de video y un sistema de micrófonos que mantendrá la comunicación con el operador, para atender cualquier incidente que pueda interrumpir el tratamiento.

Este procedimiento se repite para cada zona que se va a irradiar. Si se requiere más de una posición de la máquina, el terapeuta volverá a entrar a la sala para reiniciar la máquina y volver a verificar su posición. Cuando el

paciente ha recibido su dosis correspondiente, el terapeuta lo ayudará a sentarse y bajar de la mesa.

El primer día de tratamiento es más laborioso, ya que debe reproducirse el plan previsto en la simulación y generalmente se aplica la mayor dosis, estando presente para ello el Oncólogo Médico y el Tecnólogo Médico.

#### e) Control y seguimiento durante el tratamiento

Una vez por semana el paciente tendrá control con el oncólogo radioterapeuta, que tiene por finalidad conocer su estado de salud, explorar y vigilar el área enferma y controlar la realización de su tratamiento. Durante esta visita el paciente tendrá la ocasión de consultar los problemas o dudas que le surjan, informar de alguna molestia inesperada y conocer la evolución del proceso.

Entre las actividades que se pueden desarrollar están: la prescripción o renovación de medicaciones; la extracción de sangre para verificar los conteos de sangre pertinentes; la verificación del peso para asegurar el mantenimiento de una nutrición adecuada e informar sobre cuidados especiales durante la radioterapia. El manejo de la información es clave en esta etapa, donde el médico tratante desarrolla la motivación y confianza del paciente. Este reconocimiento puede hacerse antes o después de su tratamiento diario y usualmente dura unos cuantos minutos.

Además, es posible que durante el tratamiento se tomen radiografías especiales llamadas "gammagrafías" en el equipo correspondiente de Medicina Nuclear para determinar la evolución de tratamiento.

#### f) Seguimiento una vez finalizado el tratamiento

El paciente debe acudir a la consulta de Oncología Radioterápica periódicamente como mínimo una vez al año, para valorar toxicidades tardías y conocer los resultados del tratamiento efectuado. Para ello el oncólogo radioterapeuta, debe solicitar las exploraciones que considere oportuno para

detectar o descartar recidivas y remitir al paciente al especialista determinado.

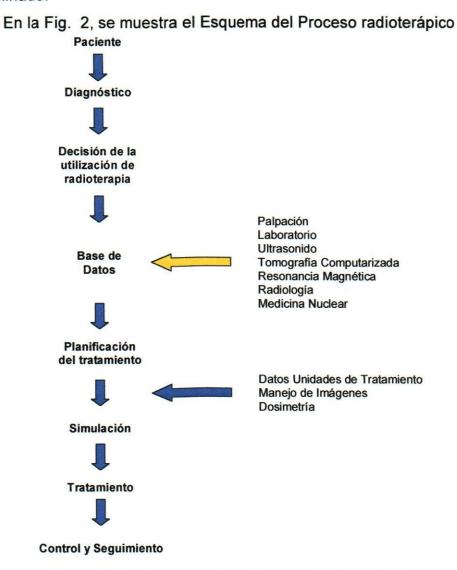


Figura Nº 2. Esquema del Proceso Radioterápico

# 4.3. Equipo de profesionales de la salud que participan en la radioterapia:

La radioterapia requiere cuidados coordinados de un equipo de profesionales de oncología de radiación. Además del médico de cabecera, el equipo deberá incluir un oncólogo de radiación, un dosimetrista médico, un terapeuta de radiación, una enfermera de oncología y un físico médico.

Juntos, dicho equipo especializado y con gran experiencia prescribe, planea, administra y monitorea los tratamientos de radiación e indica sobre los cuidados para el cáncer. Cada miembro del equipo que integra un Servicio de Radioterapia tiene un papel específico y estudios especializados:

- El oncólogo de radiación (Radioterapeuta): es un médico especialmente entrenado para tratar con radiación a los pacientes de cáncer, quien tomará muchas de las decisiones críticas relacionadas con el plan de tratamiento. Es el responsable de la prescripción del tratamiento, su diseño, como también la supervisión y vigilancia del paciente. El oncólogo de radiación consulta con el médico de cabecera para prescribir un plan de tratamiento de radiación individualizado.
- Dosimetrista médico: ayuda al médico a planificar el tratamiento bajo la supervisión del físico de radiación. Con base en la prescripción del oncólogo de radiación, calcula la dosis para cada tratamiento y planifica como administrar la dosis al área donde el cáncer está ubicado. El papel del dosimetristra médico es el de diseñar tratamientos que apunten efectivamente a las células cancerosas sin afectar las células normales.
- Físico médico: Se encarga de que el equipo de radiación funcione adecuadamente y esté bien calibrado, y se asegura que emita la dosis correcta de radiación, según las indicaciones del oncólogo de radiación.
   Como es el responsable de la planificación del tratamiento, debe asegurar la correcta administración de la dosis prescrita. Verifica los métodos de cálculo, control de calidad y funcionamiento dosimétrico de los equipos.
   Supervisa todos los tratamientos complejos. Efectúa junto al Oncólogo Radioterapeuta la simulación del tratamiento previa al mismo.
- Terapeuta de radiación ó técnico de radiación, especializado en tratamientos radioterápicos y en el manejo de los equipos: opera el equipo de radiación y coloca al paciente en posición para recibir el tratamiento. Tiene la responsabilidad de la ejecución diaria del

tratamiento prescrito y del cuidado / monitoreo del paciente en el equipo de tratamiento.

- Ingeniero: revisa periódicamente los equipos, realizando el mantenimiento preventivo y reparación cuando ésta es necesaria. Regulan el correcto funcionamiento mecánico y electrónico de los equipos.
- Operadores: Enfermeras, Auxiliares de Enfermería, Auxiliares
   Administrativos y Secretarias: Se encargan de la atención de pacientes
   en la consulta, citas, informes, etc., contribuyendo a su bienestar. Educan
   a los pacientes de cáncer y sus familias, monitorea a los pacientes en
   relación a señales y síntomas durante la terapia.
- Otros opcionales: dietista, fisioterapeuta, trabajador social, psicólogo, dentista u otros profesionales de la salud.

El tratamiento del cáncer con radiación requiere de un equipamiento complejo, así como de los servicios de muchos profesionales del cuidado de la salud. El costo exacto de la radioterapia dependerá entonces del tipo y el número de sesiones de tratamiento que necesite el paciente y de la magnitud y complejidad del equipo humano que labore en la Unidad.

#### 4.4. Tiempo de duración de las etapas del tratamiento

La simulación tiene una duración variable, entre 30 y 60 minutos, dependiendo del tipo de tratamiento.

Usualmente, la radioterapia se administra cinco días a la semana durante cinco a ocho semanas. Los recesos de fin de semana permiten que las células normales, es decir su ADN, se recuperen. Sin embargo, la dosis total de radiación y el número de sesiones que necesita el paciente dependerán de: el tamaño y la localización del cáncer, el tipo de cáncer y el estadio en que se encuentra, el estado general de salud del paciente y cualquier otro tratamiento que esté recibiendo.

El tratamiento de radiación externa, de por sí, dura sólo unos minutos (menos de 5 minutos); sin embargo, cada sesión puede durar de 15 a 30 minutos debido al tiempo que toma preparar el equipo, preparar al paciente, cambio de ropa, obtener las películas de entrada (port films) y colocarlo en la posición correcta.

El primer tratamiento usualmente dura de 30 a 45 minutos, 10 a 15 minutos por encima de lo normal debido a los procedimientos de precisión y seguridad. Los tratamientos usualmente se dan una vez por día.

# 4.5. Relación entre el Servicio de Radioterapia y otros servicios del hospital

Es conveniente vincular los servicios de radioterapia a los hospitales generales importantes, de preferencia universitarios en los que normalmente existen departamentos de medicina, cirugía, y servicios de apoyo como anatomía patológica y diagnóstico por imagen, así como salas para enfermos hospitalizados; como es el caso de la estructura de funcionamiento de un hospital tipo IV descrita en el Capítulo III. De esta forma se facilitarán las consultas entre los distintos especialistas clínicos.

Aunque la radioterapia es una especialidad independiente, el personal del Servicio de Radioterapia debe poder utilizar, siempre que sea necesario, los servicios de diagnóstico por imagen, laboratorio y quirófano del hospital, y disponer de medios de comunicación fácil con los restantes departamentos.

En general la mayoría de los pacientes requerirán un tratamiento ambulatorio o una simple vigilancia posterapeútica. Así pues, es extremadamente importante diseñar un sistema de recepción bien concebido, tanto para los pacientes hospitalizados como para los externos. La Fig. 3 representa esquemáticamente la circulación de pacientes en un servicio típico de radioterapia de un hospital general.

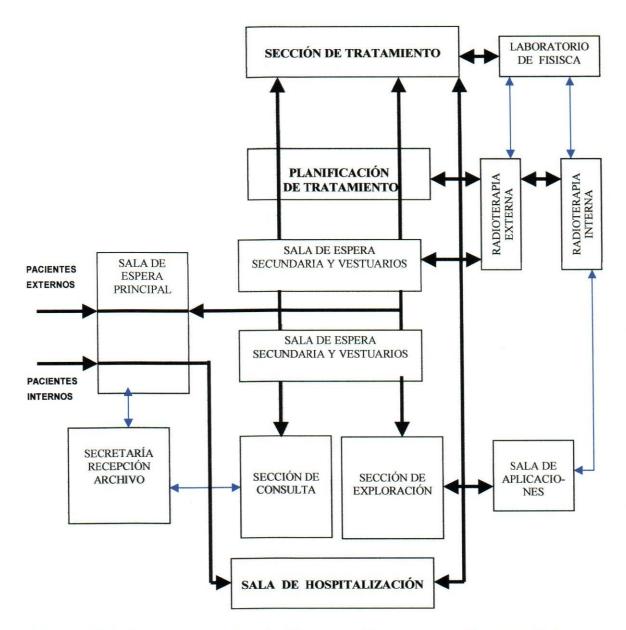


Figura Nº 3. Esquema de circulación de pacientes en un Servicio típico de Radioterapia

#### • Diagnóstico por imagen y laboratorio:

El diagnóstico del cáncer es el primer paso para su tratamiento. Por lo que el paciente debe ser objeto de una cuidadosa investigación clínica con investigaciones de diagnóstico que incluyan estudios de endoscopia,

laboratorio, estudios por técnicas de imágenes, tales como: tomografía y radiología, que utilizan rayos X; resonancia magnética que emplea campos magnéticos para producir imágenes y medicina nuclear que practica exploraciones usando isótopos radioactivos.

#### Quirófanos:

Ciertos métodos radioterápicos requieren la aplicación de técnicas quirúrgicas (cirugía), las cuales se llevan a cabo en quirófanos con técnicas asépticas, preparación de manos, cuarto de anestesia y recuperación.

#### Salas de Hospitalización:

En el hospital se deben reservar una cantidad suficiente de camas para las necesidades del servicio de radioterapia, destinada a los pacientes que requieren atención clínica durante el tratamiento.

#### Unidad de quimioterapia:

El 90% de los pacientes que requieren radioterapia también necesitan quimioterapia. Como se describió en el Capítulo II, la quimioterapia es un método de tratamiento del cáncer que utiliza fármacos, e idealmente debe operar en la misma área física donde funciona la radioterapia o adyacente a ella, de manera que puedan compartir algunos ambientes, tales como: espera general de pacientes y acompañantes, manejo y almacenamiento de historias médicas. Además de los ambientes anteriores los locales para suministro de quimioterapia, deben tener locales anexos para preparación, observación, laboratorio y depósito.

#### 4.6. Patologías susceptibles de radioterapia.

Los objetivos del tratamiento de cáncer son la curación, la prolongación de la vida y el mejoramiento de la calidad de vida (asistencia paliativa).

La definición del tipo de tratamiento o tratamientos combinados depende del estadio en la presentación de cada clase de cáncer, basado en las estimaciones realistas de curación y en la disponibilidad de recursos. En todo momento, en la asignación de recursos debe darse preferencia a los pacientes con un potencial más alto de curación, sobre aquellos con tumores incurables, estos últimos deben ser identificadas a los fines de brindarles cuidados paliativos.

Resulta eficaz tratar con propósitos curativos los tumores de cuello uterino, de mama, de la cavidad bucal y de colón, mientras que para los de pulmón, hígado y esófago todas las modalidades de tratamiento son en gran medida ineficaces, especialmente para la enfermedad avanzada. La radioterapia puede efectuar curaciones en los tumores de cabeza y cuello, en el cáncer de cuello uterino, el cáncer de próstata, la enfermedad de Hodgkin temprana y varios tumores cerebrales inoperables en los jóvenes.

La radioterapia se une a la cirugía como uno de los métodos más importantes de cura del cáncer localizado. A menudo se administra radioterapia antes de la cirugía (como procedimiento preoperatorio, neoadyuvante), después de la cirugía de citorreducción en tumores residuales grandes, o después de intervenciones quirúrgicas realizadas para preservar la función (coadyuvante).

La radioterapia facilita la cirugía o consolida los beneficios quirúrgicos y reduce la recurrencia local después de exterminar carcinomas anales y rectales, y tumores cerebrales y después de procedimientos quirúrgicos que conservan la mama en el cáncer de mama.

La radioterapia paliativa es valiosa en situaciones potencialmente mortales, como la hemorragia profusa de un tumor o el síndrome de la vena cava superior. La radioterapia también proporciona paliación eficaz en los casos resultantes de metástasis ósea, en los tumores que causan sangrado o síndromes compresivos, como la compresión de la médula espinal o la enfermedad metastásica cerebral.

En la Tabla Nº 3 se presenta la efectividad de diversos métodos de tratamiento para los tipos de cáncer más frecuentes, considerando la biología, el estadio en la presentación, terapias combinadas, la aplicabilidad en países en desarrollo y otros factores de pronóstico. Puede observarse que la quimioterapia como terapia coadyudante, puede prolongar la vida en el cáncer de mama y en el cáncer colón–rectal.

TABLA Nº 3. Efectividad de diversos métodos de tratamiento en diferentes patologías de cáncer

CANCER	DETECCIÓN TEMPRANA	CIRUGÍA	RADIOTERAPIA	QUIMIOTERAPIA/ TRATAMIENTO HORMONAL COADYUVANTE	TERAPIA NEOADYUVANTE	CUIDADOS PALIATIVOS
faringe						111
Esófago	_	+	++		-	+++
Estómago	-	+	-	-	-	+++
Colón/ recto	++	+++	++	+++	-	+++
Hígado	-	+	1=1	-	_	+++
Pulmón	-	+	++	•	-	+++
Mama	+++	+++	++	+++	•	+++
Cuello	+++	++	+++	_	-	+++
uterino						

Fuente: Programas Nacionales de Control de Cáncer. Políticas y Pautas para la Gestión. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 2004 (- inefectivo, + parcialmente efectivo, ++ efectivo., +++ muy efectivo)

# CAPÍTULO V: EQUIPAMIENTO DE UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA ONCOLÓGICA

En este capítulo se determinarán lineamientos técnicos que, en concordancia con lo desarrollado en el Capitulo IV sobre Funcionamiento y Organización de un Servicio de Radioterapia Oncológica en un hospital tipo IV, se deben considerar en la definición del equipamiento requerido para que se cumplan las actividades de diagnóstico, tratamiento y control de los pacientes de oncología, que corresponde al objetivo específico Nº 3 planteado para este trabajo.

El equipamiento abarca el mobiliario y los equipos médicos y biomédicos, industrial, de oficina, mecánico-eléctrico, etc.

Está previsto en este capítulo tratar sólo lo correspondiente al equipo médico y biomédico requeridos para la ejecución del acto propiamente médico en forma segura y eficiente, debido a que los demás tipos de equipos están relacionados directamente con la fase de Ingeniería Básica y de Detalle en lo correspondiente a las instalaciones mecánicas, eléctricas entre otras, que no están dentro del alcance del trabajo.

El equipo utilizado en radioterapia ha alcanzado en la actualidad niveles de desarrollo muy avanzados, aun cuando no todos los avances parecen estar al alcance de numerosas instituciones de América Latina. Sin embargo, hay un conjunto de elementos que resultan necesarios, de manera ineludible, en cualquier institución (OIEA, junio 2000):

 Unidades de tratamiento adecuadas para el tipo de tratamientos ofrecidos por la institución, con un programa eficiente de mantenimiento y reparación. Estas unidades deben haber pasado por un proceso de aceptación, y haberse realizado en ellas todas las mediciones necesarias para su utilización clínica, proceso que se denomina "puesta en servicio".

- Sistema de localización y simulación. Si, no se dispone de un simulador, deberá tenerse al menos fácil acceso a un equipo de Radiodiagnóstico, como el Tomógrafo computarizado, donde se puedan producir imágenes radiológicas con marcadores opacos para la señalización de zonas atómicas o puntos de interés.
- Sistema de planificación de tratamiento, con aceptación y puesta en servicio.
  - Accesorios modificadores del haz (cuñas, bloques, etc.)
- Sistema de colocación, alineamiento e inmovilización y protección del paciente
- Equipos de dosimetría absoluta, como cámaras de ionización y electrómetro) y relativa (como placas radiográficas, densitómetro) para la realización de controles de calidad

Es importante que el concepto de "puesta en servicio" se corresponde con el inglés commissioning, y es un proceso posterior al de "aceptación" de una máquina de radioterapia. En la aceptación se llevan a cabo mediciones para garantizar que las características de la máquina suministrada por el fabricante se corresponden verdaderamente con las de la máquina que se pretende comprar; se verifican solamente unos pocos parámetros. Las mediciones de puesta en servicio son un proceso exhaustivo donde se obtienen los datos dosimétricos para todas las configuraciones posibles de tratamiento en la instalación, su introducción en el sistema manual o computarizado de planificación de tratamientos, la preparación de procedimientos operacionales, y el entrenamiento del personal en la operación el nuevo equipo y en el uso de los datos. Las mediciones durante la puesta en servicio constituyen el conjunto de medidas de referencia con las que se compararán los contratos de calidad de cada equipo de radioterapia.

El equipamiento requerido para un Servicio de Radioterapia se establece considerando la etapa en la cual interviene durante el proceso radioterápico, Planificación, Simulación, Dosimetría y Tratamiento y Control de Calidad, descritas en el capítulo IV.

## 5.1. Equipamiento requerido en las etapas de planificación, simulación y ejecución del Tratamiento Radioterápico

#### 5.1.1. Planificación del tratamiento

Un tratamiento radioterápico correcto debe iniciarse por una simulación y planificación basadas en un sistema virtual con soportes informáticos de última generación, el cual permite la reconstrucción tridimensional de las imágenes de la tomografía computarizada y la interposición de los haces de radiación. De esta forma se determina con gran exactitud la situación y el volumen tumoral y se estudia la estrategia más conveniente para un tratamiento de gran precisión.

El tratamiento por radioterapia es planeado con el apoyo de un simulador, de un tomógrafo computarizado (CT), o de ambos. El simulador toma las imágenes radiográficas y con éstas, los médicos y terapeutas localizan el tumor y junto con las radiografías de diagnóstico definen el "campo" que va a ser tratado. Para la Planificación se deberá contar con los siguientes equipos:

• Simulador de tratamientos, es un equipo con soportes informáticos de última generación que permite la realización de simulación en tres dimensiones, 3D, es decir permite la reconstrucción de imágenes en 3D y de esta manera determina con gran exactitud la situación y volumen tumoral para el estudio de la estrategia más conveniente para un tratamiento de gran precisión.

Una vez planificado el tratamiento, se simula previo al inicio y por ello el simulador debe estar interconectado en red con el sistema de planificación tridimensional.

Está compuesto de: Brazo o Gantry, Generador de Rayos X, Consola de control remoto, Mesa similar a la mesa de tratamiento, Sistema de captura de imágenes, además deberá contar con los siguientes accesorios: Sistema externo de 3 láseres móviles (2 laterales, 1 sagital) para posicionamiento y verificación de pacientes dentro de la sala de simulación, kit completo para control de calidad del simulador y capacidad de conexión a la base de datos del Sistema de Información Oncológica del Servicio de Radioterapia, si contara con ello.

Todos los parámetros del movimiento (brazo, colimador y mesa) se deben realizar con un control basado en microprocesador ubicado en la sala de control del operador y de simulación.

El simulador requiere de un ambiente protegido con láminas de plomo de espesores de 2mm de espesor y alturas del orden de 3 m. El espacio, blindaje y ventilación de dicho ambiente deben ajustarse a la guía mecánica del aparato.

Debe contarse con un Simulador por cada Acelerador Lineal en un Centro o Servicio de Radioterapia. En la actualidad por razones de costos de adquisición y manutención los resultados del simulador son obtenidos con un Tomógrafo computarizado (TC), como el descrito a continuación, el cual además de permitir la realización de algunas funciones de evaluación y diagnóstico, coadyuva los últimos avances en las técnicas de tomografía para el manejo de imágenes tridimensionales.

 Tomógrafo Helicoidal Multicorte (TC) para simulación, consiste en un equipo de radiodiagnóstico compuesto por generador de rayos X, Brazo o Gantry, mesa de paciente motorizada y controlada por computador, que debe ser similar a la mesa del acelerador; con consola de operación o estación de trabajo colocada de manera que tenga un ángulo de visión con respecto al Gantry de 45grados, con capacidad para análisis y manipulación de imágenes, con software para reformateo multiplanar, reconstrucción en 3D, despliegue volumétrico y de superficie.



Contará con Geometría de exploración helicoidal y debe permitir escoger al menos seis (6) espesores de corte entre 1mm y 10 mm, en fracciones de segundos, así como realizar exploraciones de cuerpo entero. Además deberá tener un computador con múltiples procesadores paralelos, para ejecutar tareas concurrentes, con

software y hardware para conectarse en Red por DICOM (*Digital Image Communication in Medicine*), y sistema de (3) láser para posicionamiento y verificación del paciente.

Los cortes tomográficos se trasmiten al sistema de planificación en formato DICOM vía red, para que éste pueda efectuar los cálculos de dosis teniendo en cuenta las diferentes profundidades y densidades de los tejidos del paciente que el haz deberá atravesar para llegar al tumor. El TC para simulación debe instalarse en locales o ambientes con la protección recomendada por el fabricante, que en la mayoría de los casos consiste en una plancha de plomo de 2 mm de espesor, colocada en todas las paredes y puertas del local, además del piso, salvo si no hay nada debajo. El peso del equipo no sobrepasa los 2.000 kg repartido en 2 m², con altura de techo de 3 m aproximadamente.

Se debe disponer de un Tomógrafo por cada tres aceleradores lineales.

• Sistema Computarizado de Planificación de Tratamientos en 3 dimensiones (3D), que incluye Hardware y Software y se utiliza para planificar los tratamiento de tumores con AL o BQT, en la determinación de la dosis ó dosimetría tanto de fotones como de electrones. Este sistema debe estar conectado en red con el simulador ó en su defecto con el TC de simulación

Se debe disponer de un sistema portal-visión que, basado en la localización de referencias anatómicas, posibilita el chequeo de los volúmenes irradiados con la frecuencia que corresponda. Así como también debe disponerse de un equipo informático que integre este conjunto de sistemas con el acelerador, con lo que se mejora la calidad del servicio prestado y se disminuye el porcentaje de complicaciones médicas futuras.

La información derivada de la simulación (escaneo) del tomógrafo (imágenes) es introducida en o recibida vía red por la computadora que planifica el tratamiento, desplegando la posición, la anatomía interna, y el contorno del cuerpo del paciente y como se depositarán los haces del rayo en el tumor y en las áreas adyacentes. Si el tumor está muy cerca de una estructura sensible, como son el corazón, la médula o el intestino, se intenta que la dosis que puedan recibir sea la menor posible. Dado que con el Sistema de Planificación Tridimensional computarizado, se visualiza el tumor en 3D y su relación con los órganos sanos, se puede definir el margen de seguridad más adecuado para cada situación. Posteriormente, el computador del sistema dará las instrucciones y el acelerador las ejecutará, consiguiéndose así los mejores resultados.

Cuando se utilizan múltiples rayos para tratar la misma área, la computadora calcula cómo interactúan entre si estos rayos. Con modelos computarizados se puede desplegar el efecto de seleccionar diferentes energías del rayo, direcciones del rayo, fuerza del rayo y el efecto de poner bloques de blindaje en el campo, obteniéndose distintas opciones para los planes de tratamiento.

#### 5.1.2. Tratamiento

#### 5.1.2.1 Acelerador lineal de partículas.

Ya hemos mencionado los AL, se trata de aparatos electrónicos complejos que producen electrones y también fotones de alta energía, radiaciones éstas que se utilizan fundamentalmente para el tratamiento del

cáncer, en los servicios de oncología radioterápica, en la aplicación de tratamientos de focos tumorales de forma más rápida y con mayor precisión. Se trata de equipamiento de radioterapia de última generación que han dejado atrás a las BC. Debe contarse con un AL por cada 45 pacientes en tratamiento. (OMS, 2004)

El acelerador ha perfeccionado su tecnología, de modo que repercute

en la calidad de los resultados obtenidos con aparatos convencionales. Por un lado, el aparato tiene un colimador multiláminas (MLC) integrado en el cabezal que permite las conformaciones del campo de radiación con más precisión y mayor realización eficacia. la de técnicas para radioterápicas multiconformales. Esta facilidad permite modificar la forma rectangular del haz obviando la colocación manual en cada incidencia del mismo de bloques de protección de cerrobend entre el cabezal y el paciente, como se efectuaba seguridad y eficacia.



anteriormente al uso de esta tecnología. Las láminas del MLC permanecen en continuo movimiento, lo que permite distribuir dosis más homogéneas y modular la intensidad de radiación de un grupo de haces. Esta técnica, llamada radioterapia de intensidad modulada dinámicamente (IMRT) logra una mayor uniformidad de la dosis en el tumor y evitar daños en el tejido sano, con lo que se puede aumentar la dosis y destruir mejor el tumor.

Otra ventaja es que permite ver en tiempo real el tratamiento que se está realizando. Anteriormente, en el AL habitual se realizaba el tratamiento y posteriormente se comprobaba si estaba bien. Con la nueva tecnología que incluye el sistema de portal de visión, se pueden comparar en el momento los resultados de un día con los del cualquier otro día anterior. Adicionalmente, sus capacidades incluyen la facilidad de instalación de una red informática que integra el acelerador provisto de la tecnología IMRT con el simulador o TC de simulación y con los computadores de cálculo del sistema de planificación 3D descrito en la sección anterior, haciendo posible diseñar directamente los campos a irradiar y calcular las dosimetrías y el tiempo que el paciente tiene que estar sometido al haz de radiación sobre las imágenes de cada paciente. A través de la red informática se envían y cargan automáticamente en el acelerador lineal los datos del plan de tratamiento resultante y de este modo, se reduce el tiempo global del proceso.

Asimismo, el equipo está preparado para realizar tratamientos secuenciales, es decir administrar los sucesivos campos de radiación sin la intervención directa del operador, que se dedica a verificar los parámetros

del tratamiento en tiempo real. De esta manera, el personal médico dispone del tiempo para una mayor interacción con el paciente y las capacidades para el desarrollo de planes de tratamiento más complejos. La tecnología en la que está basada la electrónica del aparato



aparato Con esta nueva técnica, se ha instalado una red informática que une el acelerador con los ordenadores de cálculo.

repercute directamente en la calidad de los tratamientos pues los dispositivos de estado sólido empleados controlan mejor la alta tensión que interviene en el proceso de generación de las radiofrecuencias encargadas de acelerar las partículas, lográndose mayor estabilidad de los parámetros físicos del haz, tales como la tasa de dosis.

La conjunción de las facilidades expuestas anteriormente, potencializan la ventaja de que se puede utilizar en cualquier tipo de tumores, sea cual sea el perfil y edad del paciente, aunque se trata en su mayoría de adultos entre 50 y 60 años. Muchos países están procediendo de manera progresiva a la sustitución de las unidades de cobalto 60 por AL con haces de radiación de penetración precisa, que tienen menor penumbra, lo

que proporciona dosis mayores y más homogéneas en el tumor, con mejor protección de los tejidos sanos.

La penumbra es una región donde hay una disminución rápida de dosis de energía, es decir sólo una parte de la fuente está contribuyendo a la dosis. El tamaño de la penumbra depende del tamaño de la fuente (mayor tamaño de la fuente implica mayor penumbra); de las distancias de la fuente, DFS y del colimador a la superficie, DCS (mayor DFS implica menor penumbra, y mayor DCS implica mayor penumbra) y de la energía de los fotones (menor energía mayor penumbra). Así una unidad de <sup>60</sup>Co tiene mucha más penumbra que un acelerador lineal debido a la menor energía y al mayor tamaño de la fuente (2cm frente a 1mm del AL), aunque la DFS sea por lo general menor (80 cm frente a 100 cm del AL)

Si se dispone de un acelerador con energías de fotones y de electrones ya no es preciso disponer de cobaltoterapia; sin embargo, lo que si se precisa es una selección cuidadosa de pacientes y la localización correcta de los tumores, para alcanzar así el máximo rendimiento. A medida que mejoran los sistemas que producen la radiación y los sistemas de planificación, se pueden subir las dosis de irradiación con una seguridad que antes no existía. En la mayoría de los casos se logra aumentar la dosis en un 20%, aunque en ciertos tumores como en el de hígado esta dosis es casi del 100%.

Los AL son capaces de generar fotones y electrones de diferentes rangos de energía, desde cualquier ángulo de rotación, en posición estacionaria, en movimiento continuo, o en tratamientos estacionarios secuenciales múltiples, con lo cual pueden cubrir todas las necesidades de radioterapia externa. Esta flexibilidad es útil al momento de diseñar los tratamientos para los más de 250 tipos conocidos de malignidad.

Hay una diferencia entre la absorción de fotones y la de electrones. El poder de penetración de los fotones es mucho mayor y por ello cuando el

haz de fotones incide, estos penetran a todas las profundidades, aunque su número vaya disminuyendo con la distancia. Por otra parte los electrones penetran sólo hasta cierta profundidad (la cual depende de la energía), es decir tienen un rango máximo de penetración. Su energía entonces, puede ser definida de manera ventajosa cuando se considera el tratamiento de un volumen a una profundidad determinada con un órgano de riesgo inmediatamente debajo.

#### a. Clasificación de los aceleradores lineales

Los aceleradores se clasifican de acuerdo a sus niveles de energía. Los de baja energía producen de 4 a 6 millones de voltios (MV) con fotones, las unidades de mediana energía producen de 8 a 10 MV con fotones y de 9 a 15 millones de electrones voltio (MeV) con electrones, y los aceleradores de alta energía producen de 15 a 22 MV con fotones y un rango de energía entre 4 y 22 MeV con electrones. Muchos aceleradores son duales es decir ofrecen los dos tipos de energía (ECRY, Linear accelerators; Radiotherapy Ubits, Cobalt, marzo 2002).

## b. Componentes básicos

El diseño de un acelerador lineal consta de una sección fija y una rotatoria. La sección fija o "estativo", contiene el generador de ondas de radiofrecuencia (klystron o magnetrón) y la unidad de enfriamiento. La sección rotatoria comprende el cañón de electrones, la estructura aceleradora, el cabezal de tratamiento y otros dispositivos montados en el puente o brazo giratorio (Gantry). En la Fig. 4 se muestran los componentes básicos de un acelerador lineal.

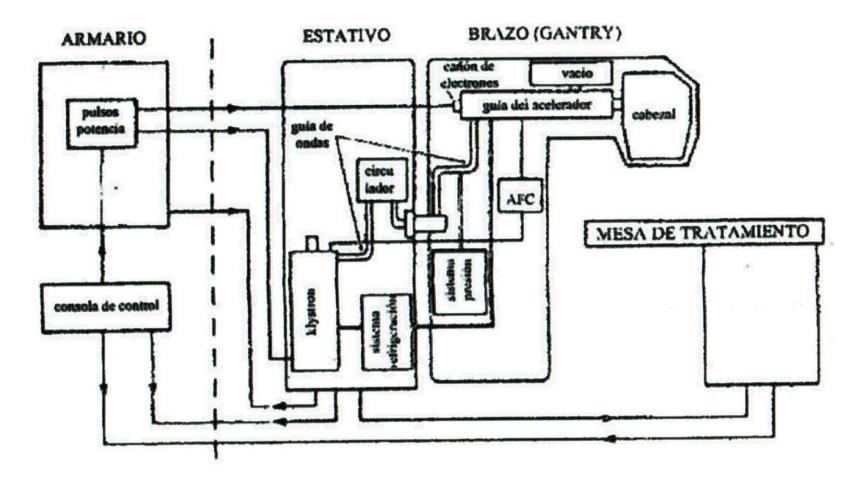


Figura Nº 4: Componentes Básicos de un Acelerador Lineal

- b.1. Brazo o Gantry, en el se encuentra:
- El cañón de electrones ó fuente de iones, que se trata de un diodo que produce electrones por calentamiento indirecto
- Sistema acelerador y deflector de electrones compuesto por: Generador de radiofrecuencia que genera, amplifica y transmite microondas de alta frecuencia para acelerar los electrones a alta energía; Tubo acelerador, que se trata de una guía de ondas a alto vacío provista también de un sistema de bobinas para corregir la trayectoria del haz y un Deflector magnético que es un imán cuya función es desviar el haz de electrones que circula por el tubo acelerador y enfocarlo hacia el blanco o las folias dispersoras. En el interior de la guía aceleradora es necesario que exista un alto vacío, por lo que se requiere el funcionamiento continuo de bombas de extracción físicas e iónicas. Para conseguir rayos X de alta energía (mayor de 6 MV) son necesarias quías de 1 ó 2 metros de longitud. En el cabezal se sistemas de colimación, estabilización incluyen monitorización del haz. La Fig. 5 muestra el cabezal de un acelerador de electrones.
- Blanco (para fotones) y/o folios dispersores (para electrones): los blancos están hechos de platino para bajas energías y de cobre para energías mayores a fin de minimizar la producción de neutrones y generar mayormente reacciones fotonucleares. Para el modo de tratamiento con electrones, el blanco se mueve horizontalmente y las folias dispersoras toman el lugar del blanco Un interruptor ubicado en el soporte del blanco detecta la posición correcta de las folias, habilitando la terapia de haces de electrones.
- Filtro aplanador: los filtros aplanadores son cónicos y están hechos de plomo, para bajas energías, y de tungsteno, para

- energías altas. Su función es mejorar la distribución de dosis en el paciente homogeneizando la radiación x que emerge del blanco en el modo fotones.
- Sistema monitor de dosis: es un sistema de 4 cámaras de ionización que permite monitorear la dosis entregada al paciente.
   Las cuatro cámaras cumplen diferentes funciones.
- Sistema conformador de haz (colimadores y conos): se trata de un sistema construido de tungsteno que permite variar la forma y tamaño del campo de radiación
- Sistema de vacío: produce y mantiene el vacío necesario para el funcionamiento del sistema de aceleración y deflección de electrones.

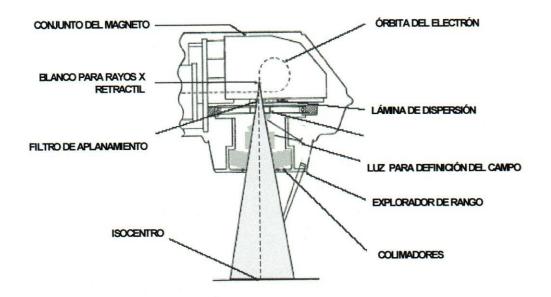


Figura Nº 5: Cabezal de un acelerador de electrones

#### b.2. Armario

Se ubica normalmente dentro de la sala de tratamiento. En el armario se encuentra una fuente de alto voltaje y el sistema modulador de pulsos, que alimentan con pulsos de alta potencia y alto voltaje el Klystron o magnetrón (amplificador de potencia de alta frecuencia) y el cañón de

electrones. En aceleradores de alta energía, es decir mayor a 6 MV, el amplificador de potencia se denomina Klystron, el cual tiene una vida útil estimada en 10 años y en aceleradores de baja energía, hasta 6 MV, se le llama magnetron, el cual tiene una vida útil estimada en 3 años.

- b.3. Estativo, incluye el Klystron, el sistema de enfriamiento o refrigeración y la guía de ondas. El sistema de enfriamiento está previsto para regular y mantener la estructura aceleradora a una temperatura constante.
- b.4. Mesa de tratamiento
- b.5. Consola de control de tratamiento con monitor e impresora: desde ella se opera, maneja y controla el acelerador. Contiene casi todas las funciones de operación y control, salvo aquellas que permiten el posicionamiento del paciente en la sala de tratamiento.
- b.6. Control manual colgante: se utiliza para posicionar al paciente, moviendo la camilla y/o el cabezal. Generalmente está colgado sobre la camilla de tratamiento.

## c. Funcionamiento del acelerador

El AL es un dispositivo que utiliza ondas electromagnéticas de alta frecuencia para acelerar electrones a través de un tubo lineal, hasta velocidades de ¼ de la velocidad de la luz. Un cañón de electrones inyecta un pulso de electrones en el tubo acelerador. Este tubo es una estructura de guía de ondas en el cual la energía es transferida a los electrones por los campos de radiofrecuencia suministrados por una fuente de microondas. El generador de microondas es generalmente una válvula llamada magnetrón; en algunos aceleradores de muy alta energía se utiliza una válvula klystron (amplificador de microondas) en lugar del magnetrón. El haz de electrones entra a la guía de ondas al mismo tiempo en que es energizado por las microondas, el campo electromagnético de alta frecuencia y potencia generado acelera los electrones, hasta el 99% de la velocidad de la luz.

Tanto en la válvula magnetrón como en el klystron, se usa una gran corriente de electrones de energía relativamente baja para excitar oscilaciones en una serie de cavidades acopladas. La energía de estas cavidades pasa a la guía de ondas (también es una serie de cavidades acopladas) donde se usa para acelerar una pequeña corriente de electrones hasta energías muy altas. Se podría decir por lo tanto que el magnetrón o klystron y la guía de ondas son, respectivamente, el primario y el secundario de un transformador bastante complejo. Estos electrones acelerados a alta energía pueden utilizarse directamente ó bien frenarlos haciéndolos chocar contra un blanco de material pesado de alto número atómico, (normalmente de Tungsteno) para convertir su energía cinética a energía luminosa y generar un haz de rayos X, que una vez colimados, se emplean sobre el paciente para tratamientos tanto superficiales, como semiprofundos, con buena protección de los órganos subyacentes. De otra manera, los electrones sin impactar sobre el blanco, también colimados, se emplean terapéuticamente para tratar tumores cercanos a la superficie del cuerpo, así como para la piel o mama.

#### d. Accesorios estándares de un acelerador lineal

Factores de modificación del haz

Hay tratamientos que exigen el uso de bandejas para moldes, filtros de cuña, bloques, aplicadores para los electrones que modifican la salida del

haz. El acelerador lineal produce haces de rayos

X que son cuadrados o rectangulares. Pero los
pacientes con frecuencia necesitan campos de
tratamiento que sean circulares o de forma
irregular. Para dar forma a estos campos se
usan "bloques personalizados" o moldes,
realizados con una aleación de plomo. Estos
bloques son colocados entre el acelerador lineal y



Protección de cerrobend para campos de fotones

el paciente, de manera que los rayos X los penetren muy levemente. Esto reduce significativamente la dosis de rayos X en aquellas partes del cuerpo que se encuentran detrás de la sombra proyectada por los bloques sobre el cuerpo. Puede ser necesario un bloque para cada dirección del rayo utilizada en el tratamiento.

El oncólogo radiólogo diseña un bloque, perfilando el tamaño y forma del bloque o de los bloques necesarios en la película de simulación. Los terapeutas cortan orificios de esa figura y tamaño en bloques grandes dentro de los cuales se vierte una aleación metálica fundida, la cual se endurece en la forma deseada. Los bloques terminados son montados en una bandeja plástica en la posición exacta empatada en la película del simulador. La bandeja de bloques es deslizada en una ranura acanalada en el cabezal de la máquina de tratamiento, y se deja en posición durante el tratamiento. Las bandejas de bloques son personalizadas y reservadas para cada paciente por el tiempo que dure su tratamiento.

Una alternativa más actualizada a los moldes es la utilización de los colimadores multiláminas. Este colimador multiláminas (MLC) está integrado al cabezal de tratamiento estándar, el cual, como ya se ha mencionado, permite obtener diferentes conformaciones de campos fijos para la realización de técnicas radioterápicas multiconformales. Para realizar técnicas de modulación de la intensidad del haz en campos pequeños de cualquier localización, así como para tratamientos de radiocirugía con un acelerador lineal convencional se precisa un microcolimador multilámina

Accesorios de inmovilización para aceleradores lineales.



Máscara termomoldeables para cabeza y cuello

Se utilizan para asegurar la reproducibilidad del tratamiento, mediante la inmovilización del paciente. Pueden ser usado para inmovilizar cabeza y cuello, mamas, pelvis, así como para protección de ojos y testículos en los pacientes.

- Sistema láser para el posicionamiento y verificación del paciente (laterales, sagital y en el techo) y sistema de monitorización a través de circuito cerrado de televisión, con cámaras de video sagital colocada con un ángulo de visión de 15 grados respecto al AL y (2) laterales colocadas con un ángulo de visión de 45 grados respecto al AL.
- Sistema de intercomunicación de dos vías entre el operador y el paciente.
  - Sistema de seguridad y alarmas por apertura de puertas.
  - Sistema de monitoreo del nivel de radiación.
- Opcionales: Es recomendable considerar la inclusión de un Sistema de Imagen de visión portal que permita monitorizar en tiempo real los campos de tratamiento.

## e. Requerimientos esenciales que debe tener el local donde se ubicará el Acelerador Lineal

El local donde será instalado el acelerador lineal debe cumplir con ciertas características específicas para su funcionamiento adecuado y seguro, las cuales están relacionadas con el tamaño y peso del equipo, así como el ángulo de rotación de sus componentes, las dimensiones del local y la protección requerida en techos, paredes y piso y en el acceso correspondiente, las cuales son establecidas por el fabricante del equipo. El tamaño del equipo definido por Largo\*Ancho\*Altura (L\*w\*h) dependiendo de la marca y el modelo del equipo varía entre un rango en metros de:  $2.59 \le L \le 3.60$ ;  $1.24 \le w \le 1.90$  y  $2.48 \le h \le 3.71$ , respectivamente.

El ángulo de rotación del Gantry oscila entre +195 y +185 grados y el de la mesa alcanza los 270 grados, mientras que el del colimador puede estar entre +290 y +360 grados.

Con base en las dimensiones de los equipos y capacidad de movimiento de sus componentes, señalados anteriormente, así como los

requerimientos para su operación eficiente y segura, los fabricantes establecen también las dimensiones mínimas recomendadas para el local donde se instala el acelerador, a los fines de que dicho equipo funcione a plena capacidad en el espacio diseñado. Estas dimensiones mínimas recomendadas se mantienen dentro de los siguientes rangos estimados en metros: 6 < L < 7; 5.1 < w < 7 y 3 < h < 3.2. Los requerimientos de voltaje VAC y potencia en KVA, que demandan los AL están en 208 a 220 V y 30 a 45 KVA

El peso del equipo, dada su gran magnitud que puede estar dentro de un rango de 6.2 a 9.66 Tm. dependiendo de la marca y el modelo de acelerador lineal; es un factor que impacta también el diseño del Servicio de Radioterapia Oncológica en lo relacionado con los elementos estructurales, como fundaciones, vigas y columnas, que soportan la carga de la edificación.

Los equipos de radioterapia externa deben instalarse en locales apropiadamente equipados y blindados. Los fabricantes de equipos de radioterapia diseñan y construyen sus unidades, sin embargo es responsabilidad del usuario proveer la facilidad de tratamiento. Los fabricantes del equipo sólo deberán especificar los servicios eléctricos y auxiliares requeridos y el tamaño del recinto así como sugerir los dispositivos de seguridad y enclavamientos compatibles con el equipamiento.

En el diseño del local o bunker donde se ubicará el acelerador se considerará una superficie interior mínima de 30 m², sin considerar los espacios destinados a los laberintos; con un espacio independiente para el control de mando; iluminación artificial tipo incandescente mínima con 100 luxes regulable; y con un sistema de acondicionamiento y ventilación adecuado al tipo de generador.



Los aspectos más importantes desde el punto de vista del diseño seguro de instalaciones para radioterapia externa, son:

- Dimensiones del local o bunker blindado que permitan el alojamiento cómodo del equipo, el paso de camillas y la entrada y salida de equipamiento utilizado en tareas de mantenimiento.
- Espesores de blindaje adecuados en las paredes, piso y techo del bunker compatibles con los límites de dosis vigentes y los factores de ocupación de los locales vecinos.
  - Sistemas de visualización del interior del recinto.
  - Monitores de radiación, enclavamientos, señalización y alarmas.

En las Fig. 6 y 7se muestran la imagen completa de un acelerador lineal y la ubicación en planta del local tipo Bunker, respectivamente.

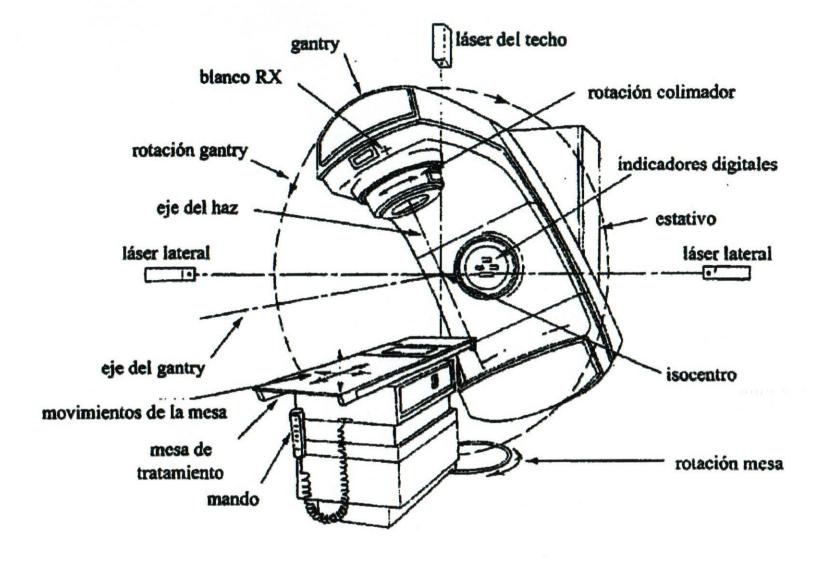


Figura Nº 6: Imagen Completa de un Acelerador Lineal

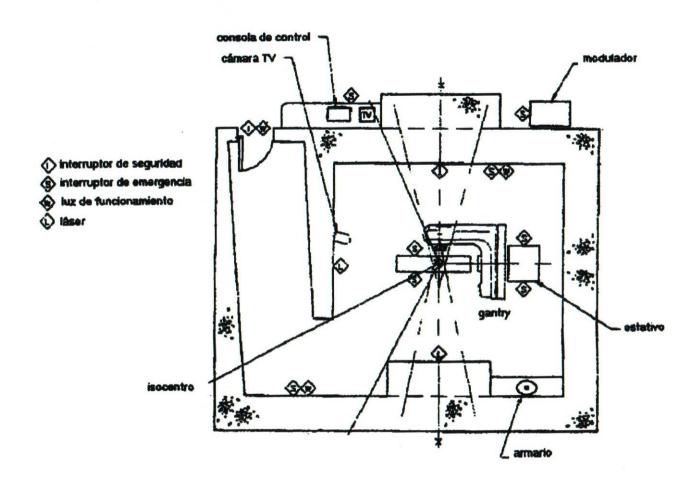


Figura Nº 7: Planta del Bunker donde está ubicado el Acelerador Lineal

## 5.1.2.2. Equipo de Braquiterapia (BQT).

## a. Clasificación de los equipos de Braquiterapia

#### a.1. Manual

- Intersticial: cuando la fuente se introduce dentro de los tejidos. Se emplean fuentes de iridio 192 y yodo 125 en forma de semillas y alambres, o fuentes de cesio137 en forma de agujas.
- Intracavitaria: cuando las fuentes se ubican en orificios naturales del cuerpo. Se usan fuentes de cesio 137, de actividades comprendidas entre 0,1 y 1,85 GBq, en forma de tubos.
- Superficial: se utilizan fuentes de estroncio 90, con actividades entre 370 MBq y 1,5 GBq.
- Permanente: para implantes intersticiales que permanecen en el paciente indefinidamente. Se utilizan fuentes de oro 198, con una actividad aproximada de 2 GBq, en forma de cilindros o agujas, o fuentes de iridio 192 y yodo 125 en forma de semillas.

#### a.2. Remota

- De alta tasas de dosis: se utilizan equipos de carga diferida para tratamientos intracavitarios o intersticiales. Se emplean fuentes de iridio 192, con actividades del orden de 370 GBq.
- De baja tasas de dosis: es similar a los equipos de alta tasas de dosis, pero con fuentes de cesio 137 con una actividad del orden de 1 GBq.

El equipo de BQT de alta tasa permite realizar tratamientos ambulatorios, que disminuyen los costos y produciendo mayor confort para el paciente ya que los tratamientos son muy cortos. Además permite la realización de implantes intracavitarios, intersticiales y con moldes, con la posibilidad de braquiterapia intraoperatoria.



La selección entre un equipo de BQT de HDR o LDR está determinada por el tipo de neoplasias más frecuentes o que demandan mayor atención en la zona donde se va a localizar el Servicio de Radioterapia y su radio de acción o influencia.

En la BQT de LDR, la radiación liberada por unidad de tiempo de la sustancia radiactiva es baja, por lo que el paciente debe permanecer durante varias horas, generalmente dos o tres días aislado en una habitación, para poder recibir una dosis determinada al tumor. Además el personal sanitario se irradia al introducir los hilos del material radiactivo dentro de los tubos insertados en el paciente.

En la BQT de HDR se utiliza una sustancia radiactiva que libera mucha radiación en poco tiempo (fuente radiactiva de muy alta actividad aproximadamente 1000 veces superior a la actividad utilizada para los implantes permanentes y removibles de baja tasa), generalmente de alta tasa, que tiene muy poco volumen (1x4 mm), por lo que se puede introducir por tubos muy finos automáticamente y puede ser controlado desde un computador localizado en otra habitación. Cada sesión de tratamiento dura muy pocos minutos, generalmente menos de 10 minutos, y el personal sanitario no se irradia durante la introducción de los isótopos en los tubos. Las unidades de alta tasa de dosis constan fundamentalmente de una sola fuente muy activa (de 10 curios de actividad). El tratamiento se programa de forma que la fuente radiactiva permanezca tiempos determinados en lugares preestablecidos dentro de los aplicadores, obteniendo al final del tiempo de irradiación, la distribución de dosis deseada.

De acuerdo al sistema de carga del implante radiactivo, la BQT puede ser de carga inmediata cuando utiliza un sistema que se carga al finalizar la colocación de los aplicadores en el tumor; ó de carga diferida cuando utiliza durante el proceso de implantación intersticial o endocavitaria, vectores o portadores huecos, como el de la Fig. 8. Posteriormente y una vez comprobada su adecuada colocación, por medio de rayos X, con fuentes ficticias o fantomas (phantoms), se carga en la misma habitación en donde permanecerá el paciente durante el tratamiento, mediante control remoto. A partir de la década de los 90s

su utilización es casi universal y con su empleo se ha reducido drásticamente el riesgo de exposición del personal laboralmente expuesto a las radiaciones.

Los equipos de carga diferida automáticos, son sistemas que robóticamente transportan la fuente radiactiva desde un contenedor blindado hasta los aplicadores colocados en el paciente y retornan la fuente automáticamente cuando el tratamiento ha finalizado. Tienen la ventaja de permitir una mejor dosimetría por emplear una fuente radiactiva móvil, consigue una mejor administración de la dosis ya que se realiza en un corto periodo de tiempo (minutos) y con escasa movilidad de los órganos durante este tiempo.

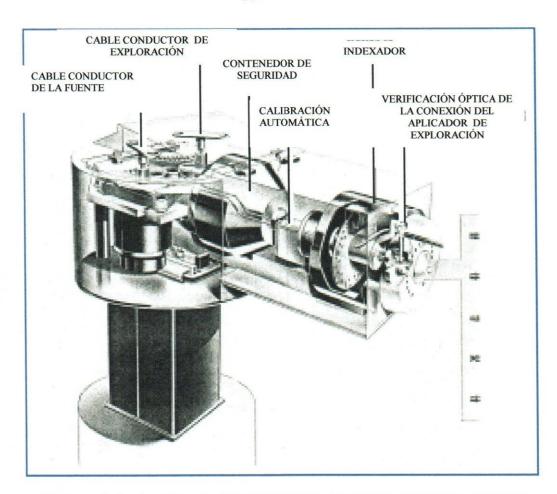


Figura Nº 8 . Equipo de Braquiterapia de carga remota o diferida

Opcionalmente podrá contar con un Sistema Computarizado (Hardware, Software, consola de operación, estación de trabajo, cableado de red interna)

interconectado para gestión y verificación de tratamientos, que permita que todo el servicio esté gestionado informáticamente, controlando, en cada paciente, todas las características de su tratamiento: campos, dosis acumulada, cuñas, colimación, etc. (control inteligente del acelerador, del equipo de braquiterapia, de gestión de pacientes y del servicio).

## b. Componentes del equipo de Braquiterapia

El equipo para tratamiento de Braquiterapia intracavitario e intersticial consta de: Fuente Radiactiva, Descargador, Indexador, Consola de Control, Paquete de control de calidad (Cámara de pozo, Electrómetro y Sistema de verificación de desplazamiento de la fuente) para el físico, y Planificador del tratamiento (hardware y software). La fuente puede ser de Iridio (192 Ir), si es de alta tasa (HDR) o de Cesio (137 Cs) ó lodo (125 I), cuando es de baja tasa (LDR).

Debe incluirse en el equipamiento un equipo de rayos X móvil con arco en "C" y un monitor , que facilite la visualización de la introducción de la fuente a través del catéter en el órgano o cavidad a irradiar y una máquina de anestesia dado que dicho procedimiento de tipo invasivo produce dolor en el paciente.

En la Braquiterapia, los elementos radioactivos, de pequeño tamaño y distintas formas, son colocados en la posición de tratamiento a través de guías llamados catéteres o sondas. Los elementos radioactivos entran dentro de éstas guías o aplicadores tras su colocación en el paciente, controlados por un programa informático en el cual el físico calcula la dosis de tratamiento prescrita por el médico. Por lo que en el equipamiento también debe incluirse los aplicadores del tratamiento: ginecológicos, bronquiales, esofágicos, nasofaríngeos, juegos de partes blandas (mamas, cabeza y cuello) y aplicadores Intersticiales.

Es recomendable que exista 1 juego completo de Braquiterapia ginecológica por cada 5 pacientes en terapia, o por cada 50 pacientes anuales con cáncer uterino. Este juego incluye miniovoides y ovoides, sondas uterinas de distintas curvaturas y cilindros vaginales de diámetros distintos.

Los equipos de BQT de carga remota consiste en: un contenedor blindado para el almacenamiento de las fuentes, un mecanismo de transporte de las fuentes, una guía flexible y un aplicador mediante los cuales se transfieren las fuentes encapsuladas desde su contenedor blindado a aplicadores previamente posicionados en el paciente

Las fuentes radiactivas en cantidad y calidad suficiente, deben estar en buenas condiciones de blindaje, con sus correspondientes dispositivos para implante, o un sistema de carga remota. En ambos casos debe contarse con un recinto o local adecuado para dicho tratamiento.

# c. Requerimientos esenciales que debe tener el local donde se ubicará el Equipo de Braquiterapia

La utilización de los equipos de carga remota eliminan virtualmente las dosis que reciben el personal de enfermería y el radioterapeuta ya que cuando las fuentes se hallan expuestas sólo se encuentra el paciente dentro de la habitación. La consola de control del equipo está ubicada fuera del recinto blindado. Un esquema de la unidades prestación del servicio, con los equipos de carga remota puede observarse en la Figura 9.

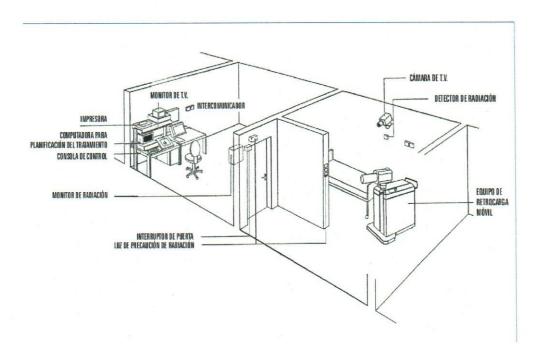


Figura Nº 9 . Local de un Equipo de Braquiterapia de carga remota

Estos equipos deberán estar ubicados en locales que tengan blindajes estructurales y además deberán tener dispositivos de seguridad independientes de los propios del equipo, por ejemplo:

- Señal lumínica en el exterior del local, para indicar que las fuentes están fuera del blindaje señal de alarma cuando las fuentes no retornen al blindaje.
- Interruptor de irradiación por apertura de puerta.
- Monitores o detectores del nivel de radiación.
- Cámaras de video.
- Sistema de intercomunicación de 2 vías.

El almacén de material radiactivo con sus componentes de seguridad, deberá ubicarse dentro del área de la braquiterapia. Todos los sistemas de seguridad tanto del equipo como de la instalación deberán verificarse periódicamente.

En la tabla 4, se mencionan algunas normativas internacionales que deben cumplir los equipos involucrados en la Planificación y la Ejecución del Tratamiento Radioterápico.

## 5.2. Equipamiento de Dosimetría y Control de Calidad utilizado en el Servicio de Radioterapia Oncológica

Incluye todos los equipos de medición como electrómetros calibrados, cámaras de ionización, phantoms y demás accesorios necesarios para el control de calidad interno de las unidades de tratamiento radioterápico (radiación externa e interna), que deben realizarse de acuerdo a los protocolos de control establecidos según las especificaciones y manuales de manutención y operación entregados por el fabricante de los equipos, según las normas del International Basic Safety Standards for Radiation Protection and Safety of Radiation Sources (BBS).

Tabla Nº 4. Normativa para los equipos de Planificación y Ejecución del Tratamiento Radioterápico

EQUIPO	NORMATIVA		
Simulador	<ul> <li>International Electrotechnical Comisión (IEC). Medical Electrical Equipment. Part 1: General Requirements, for Safety ;Publication IEC 601-1, IEC Geneva.1988</li> <li>International Electrotechnical Comisión(IEC). Medical Electrical Equipment. Medical Part 2:Particular Requirements for the Safety of Raddiotherapy Simulators, Pub. IEC-660601-2-29,IEC, Geneva (1993).</li> <li>Certificación del FDA 510K, si es manufacturado en EE.UU., o su equivalente al país de origen</li> </ul>		
Tomógafo Helicoidal y	Certificación del FDA 510K, si es manufacturado en EE.UU., o su		
Sistema de Planificación en 3D	equivalente al país de origen		
Acelerador Lineal Dual de diferentes tipos de Energía	<ul> <li>International Electrotechnical Comisión (IEC). Safety of Medica Electrical Equipment. Part 1: General Requirements, Publication 601-1. IEC Geneva.1981</li> <li>International Electrotechnical Comisión(IEC). Medical Electrica Equipment. Medical electron acclerators Functional performance chracteristics, IEC 976, IEC Geneva.</li> <li>Certificación del FDA 510K, si es manufacturado en EE.UU., o su equivalente al país de origen</li> <li>International Electrotechnical Comisión (IEC). Safety of Medica Electrical Equipment. Part 1: General Requirements, Publication 601-1 IEC Geneva.1981</li> </ul>		
Equipo de Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis	<ul> <li>International Electrotechnical Comisión (IEC). Medical Electrical Equipment. Publication 601.2.17, IEC Geneva. 1994</li> <li>Certificación del FDA 510K, si es manufacturado en EE.UU., o su equivalente al país de origen</li> </ul>		

El control de calidad interno permitirá garantizar el funcionamiento del equipo en forma adecuada y segura, su periodicidad dependerá del tipo de equipo. Además los equipos de medición deberán también tener su propio control de calidad.

En el caso de los simuladores y AL se deberán practicar chequeos diarios y semanales, incluye componentes mecánicos (lasers, indicador de distancia, coincidencia campo / luz de radiación, indicador ángulo de cabezal y colimador, isocentro de rotación del cabezal del colimador y de la mesa, entre otros), dosimétricos (tasa de exposición de fotones y tasa de exposición de electrones,

con y sin fantomas) y de los mecanismos de seguridad (funcionamiento de luces de señalización, interruptor en la puerta, interruptor de emergencias. monitor de radiación en la sala, etc). Debe existir un juego completo de Dosimetría por Centro o Servicio de Radioterapia Oncológica.

## 5.3. Evaluación de la protección radiológica en el Servicio de Radioterapia Oncológica

Todo Servicio de Radioterapia deberá estar autorizado para su funcionamiento o acreditado por la institución responsable para velar porque los equipos, las instalaciones y el personal del Servicio cumplan las normas de protección radiológica para proteger a las personas sin riesgo ocupacional que ingresen a él, que en el caso de Venezuela corresponde al Departamento de Radiofísica Sanitaria adscrito a la Dirección General de Salud Ambiental y Contraloría Sanitaria del MSDS y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, IVIC.

Los recintos o locales donde exista riesgo de exposición a radiaciones deberán contar con avisos de advertencia, y un sistema adecuado de detección de radiaciones que permita alertar al personal de un riesgo eventual, y deberán permanecer adecuadamente cerrados cuando no estén siendo utilizados por el personal. Los recintos anexos, como consultas médicas y salas de espera, deberán ser sometidos a medición para asegurar la ausencia de niveles de radiación.

Las personas profesionalmente expuestas deberán utilizar dosímetros personales. Deberán cumplirse las normas sobre el manejo de las fuentes radiactivas tanto durante su utilización como en almacenamiento, con énfasis especial en los chequeos posteriores a las descargas de las fuentes y en todas las áreas factibles de contener accidentalmente una: por ejemplo en el ambiente de lavado de material, sucio, ropa de cama, etc.

En Venezuela para el área de radioterapia existe la normativa COVENIN referida a la Protección contra las radiaciones ionizantes provenientes de fuentes externas e internas usadas en radioterapia, basada en las directrices establecidas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Comisión

Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Comisión, IEC) que establece: las responsabilidades y niveles de formación del personal del Servicio de Radioterapia, los requisitos de diseño de fuentes y equipos, los requisitos de diseño y construcción de la edificación con sus respectivos ambientes e instalaciones donde funcionaría el Servicio, los requisitos operacionales de los procesos y equipos para la planificación y tratamiento y para el manejo de los desechos radiactivos. También define los protocolos y las rutinas, con las respectivas frecuencias, para la calibración de equipos y control de calidad de las actividades que se ejecutan en el Servicio; así como los principales registros de datos relevantes, situaciones anormales y modificaciones obtenidos en las distintas secuencias operativas Determina además los niveles de exposición permitidos y los equipos de protección y medición requeridos.

En la Tabla Nº 5 del Capítulo VI, dentro de la materia radiaciones, se incluye un listado de la normativa nacional e internacional en materia de protecciones que debe ser consultada por el proyectista a los fines de aplicarla en el diseño del Servicio.

# CAPÍTULO VI: FASES DEL DISEÑO DE UN SERVICIO DE RADIOTERAPIA ONCOLÓGICA

## 6.1. Aspectos a considerar en el diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica:

El proceso de diseño para la construcción y puesta en marcha de un Servicio de Radioterapia Oncológica, al igual que en cualquier otro proyecto de ingeniería contempla: una fase conceptual, cuyo producto se denomina anteproyecto, unas fases intermedias donde predomina la planificación y el diseño que abarca la ingeniería básica y de detalle, y la etapa operacional que incluye la construcción y puesta en marcha.

En el diseño de una edificación hospitalaria (y similarmente un Servicio de Radioterapia oncológica que vaya a operar en él) se debe considerar aspectos físicos y aspectos organizativos-funcionales.

## 6.1.1. Aspectos organizativos-funcionales:

Están relacionados con el programa arquitectónico que es consecuencia del programa médico funcional; esto incluye:

- La distribución, zonificación y relación entre los espacios arquitectónicos y los servicios médicos y de apoyo dentro del hospital, la relación de dependencia física y funcional las diferentes áreas de un hospital, así como sus dimensiones, circulaciones y accesibilidad.
- Logísticos (depósitos, insumos en general, recursos humanos, etc.) y
- Organizativos (organigrama, normas, procedimientos, protocolos, procesos administrativos, rutinas de mantenimiento, etc.)

## 6.1.2. Aspectos físicos:

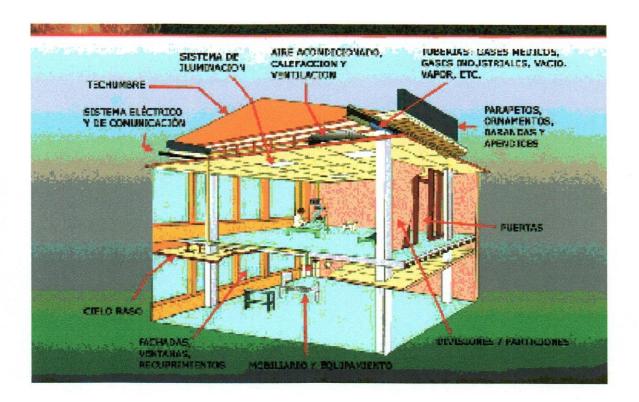
Se pueden clasificar en estructurales y no estructurales, entre los cuales existe una relación importante.

#### Elementos estructurales

Corresponde a los elementos que soportan el peso de la edificación y que la mantienen en pie. La función principal de estos elementos es la de resistir y transmitir los diversos tipos de carga hacia el suelo de fundación. Estos incluyen columnas, muros portantes, vigas y techos.

#### · Elementos no estructurales

Se refiere a aquellos componentes de un edificio que están unidos a las partes estructurales y comprenden las líneas vitales (instalaciones), los elementos arquitectónicos y el equipamiento.



 Las líneas vitales o instalaciones contemplan la energía eléctrica, agua, alcantarillado, sistema de distribución de: gases industriales, gases médicos y vacío; red de vapor, sistemas de acondicionamiento ambiental (aire acondicionado, ventilación) sistema contraincendios, transporte vertical, comunicaciones y red de evacuación de desechos líquidos y sólidos.

- Los elementos arquitectónicos incluyen entre otros, divisiones interiores, tabiquería, puertas y ventanas, fachadas, recubrimientos, techos y cubiertas, pisos, cielos falsos y acabados en general),
- El equipamiento abarca el mobiliario y los equipos (médicos y biomédicos, industrial, de oficina, mecánico-eléctrico, etc.).

Los aspectos organizativos-funcionales y los aspectos físicos que se deben tomar en cuenta para el diseño de un establecimiento o servicio de salud se resumen en el diagrama mostrado en la Fig. 10.

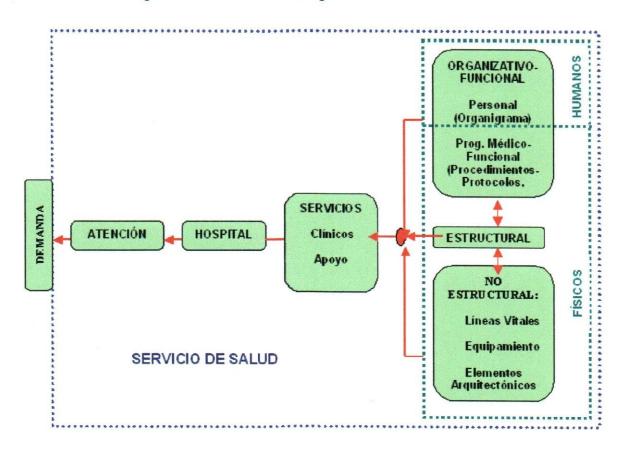


Figura Nº 10. Aspectos a considerar en el Diseño de un Servicio de Salud

El diseño arquitectónico de cualquier servicio que presta atención médico asistencial, y especialmente de Radioterapia Oncológica es una labor difícil en la cual el arquitecto diseñador se enfrenta a un panorama muy amplio de interrogantes que cubre además de los aspectos relativos a la construcción de la edificación, otros aspectos relacionados con las características de la comunidad

potencialmente usuaria. En cuanto a la población potencial cuentan aspectos tales como: índices de natalidad, morbilidad y mortalidad; situación socio-económica, situación geográfica, etc. Por lo que respecta a equipamiento: los aspectos macro y micro, progresos y adelantos de la ciencia médica y la especialización continua, el desarrollo de nuevas tecnologías para el diagnóstico, tratamiento y administración, complejidad de los equipos e instalaciones. La lista final es entonces, muy extensa y variada en aspectos que necesariamente deben tenerse en cuenta para que el diseño resulte eficiente, efectivo y seguro.

Los estudios que intervienen en el diseño de una edificación hospitalaria o un servicio que funciona en él como es el de radioterapia oncológica son múltiples. En primer lugar, surge lo relacionado con la ubicación física de la edificación o del servicio, la cual debe obedecer no sólo a los estudios de planificación en salud sino también a las evaluaciones técnicas que definen los usos del suelo Y el condicionamiento ambiental del entorno. Otras variables del análisis incluyen el acceso al terreno y los servicios: agua, electricidad y alcantarillado. En particular, en cuanto a la electricidad debe existir una planta de emergencia que cubra al menos un 50% del consumo del edificio, ello con la finalidad de atender los ambientes prioritarios. El diseño debe estar orientado especialmente a lograr una óptima asignación y configuración del espacio o locales requeridos, de forma tal que se maximizara la funcionalidad y la operabilidad de las diferentes actividades, contando con la mejor interrelación entre los ambientes.

Para ello se utilizará la Estructura Desagregada de Trabajo ó Word Breakdown Structure (WBS), que es una herramienta para la planificación y delimitación del alcance de proyectos, desarrollada en la metodología del Project Management Institute (PMI), que permite organizar un proyecto por niveles y desagregar cada uno de éstos en paquetes de trabajo (Palacios, L. 2000). En la Fig. 11, se presenta el WBS desagregado según la secuencia de ejecución del diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica, el cual se inicia con los esquemas preliminares y culmina con la ingeniería de detalle.

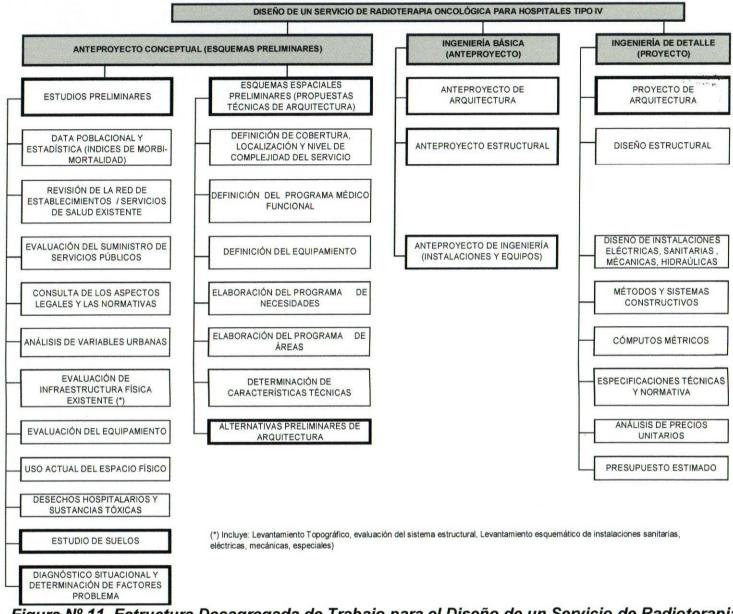


Figura Nº 11. Estructura Desagregada de Trabajo para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en hospitales tipo IV

A los fines del alcance de este trabajo se describen detalladamente los aspectos que se deben considerar en el diseño para la etapa de Anteproyecto Conceptual (conceptualización y planificación), que abarca desde los estudios preliminares, que permiten determinar el tamaño (capacidad y cobertura) y la localización del servicio, hasta los esquemas espaciales o alternativas preliminares de arquitectura, con la determinación del programa arquitectónico funcional.

En este Capítulo, se desarrollan los lineamientos a seguir en la elaboración del programa arquitectónico funcional que determina los ambientes requeridos para que se cumplan las actividades de diagnóstico, tratamiento y control de los pacientes de oncología correspondiente al objetivo específico Nº 2 de este trabajo.

El proceso reflejado en la Fig, 11, implica que a medida que se avanza en el diseño se requieren herramientas de mayor precisión, (*Palacios, L. 2000*). para que el diseñador (proyectista) pueda comunicar sus intenciones al interesado, ya sea el constructor, el usuario final o cualquier otro cliente de información, que en este caso particular corresponde al MSDS. En el proceso el proyectista deberá utilizar las siguientes herramientas:

#### Análisis del Entorno:

Es la labor investigativa que debe hacer el proyectista para familiarizarse con el lugar donde se quiere ejecutar el proyecto, las regulaciones y normativas, los precedentes históricos, las estadísticas, situación actual y necesidades, análisis oferta-demanda. De este proceso surge la Memoria Descriptiva que indica las condiciones de diseño, áreas, capacidad, equipos mayores, requerimientos especiales, etc. Esta herramienta de diseño se usa en la conceptualización del proyecto, específicamente en la fase de *Estudios Preliminares*.

### Diagramas Conceptuales:

Es la etapa en donde se busca identificar las posibles alternativas de solución y/ o solicitar opiniones. Se caracteriza por planos de muy poca precisión, entre los más comunes están: bocetos (dibujos a mano alzada que muestran con poco trazo la idea básica del diseño); diagramas de burbuja (bubble plan, son dibujos que ayudan a delimitar áreas en función del uso programado para ellas) y diagramas de bloque, que se emplean cuando hay procesos para identificar las actividades que lo conforman y su secuencia, así como el equipamiento y tecnologías utilizadas en cada una de las áreas. Esta herramienta de diseño se usa específicamente en la fase de Esquemas Espaciales y Alternativas Preliminares de Arquitectura.

## Diseño Esquemático:

Una vez escogida la mejor opción viene su desarrollo, donde se delimita la ubicación de elementos y ambientes. Algunos de los planos técnicos que se pueden incluir en esta etapa son: diagramas de localización (site plan, que indican la ubicación de los principales ambientes, instalaciones o equipos en el espacio); planos de planta (que muestran la posición de columnas, paredes, salidas, entradas y equipos, en los espacios interiores); perspectivas (que suelen ser dibujos o maquetas mostrando el diseño en tres dimensiones, usualmente para la promoción de la idea). Todos ellos permiten representar gráficamente en planos, los criterios de diseño aplicados en la propuesta seleccionada. Puede ser usada en la fase de *Esquemas Espaciales y Alternativas Preliminares de Arquitectura*.

#### Diseño Final:

Es la etapa de definición de todas las variables de diseño, donde se busca visualizar dimensiones, espacios internos, elementos externos, etc. Entre los planos que se emplean para esta etapa están: cortes (sections) que se usan para dar indicación de los espacios verticales planteados para la edificación y equipos, de forma de poder visualizar fácilmente las dimensiones; planos de fachada que presentan el exterior de la edificación

con sus elementos decorativos, texturas, colores, accesos, etc.; planos de interiores para mostrar el interior del espacio diseñado, indicando tamaño, texturas, colores, posición de los elementos, etc.; paisajismos, para situar los elementos naturales que conformarán la integralidad del proyecto. Esta herramienta de diseño se usa en la fase de *Ingeniería Básica* o *Anteproyecto*.

#### Diseño Detallado:

Es la etapa donde se transmite la información al especialista encargado de construir o hacer realidad el diseño. Está conformado por múltiples tipos de planos, entre los más vistos están: Planos de Detalles, que son dibujos independientes sobre elementos particulares que se realizan para aclarar todas sus características en el momento de su construcción; Planos estructurales, que muestran la forma y características de los empates, soldaduras y uniones que se requieren para ensamblar la estructura; Planos de Servicio o isometrías, para indicar el diseño de la red eléctrica, de conducción de aguas, de instalaciones mecánicas, de gases y cualquier otras instalaciones especiales. Esta herramienta de diseño se usa la fase de *Ingeniería de Detalle*.

#### 6.2. Fases del Diseño

## 6.2.1. Fase Conceptual (Esquemas Preliminares)

#### 6.2.1.1 Estudios Preliminares

#### a. Data poblacional y estadísticas:

En este contexto se debe estudiar el origen geográfico de la población a ser atendida en el servicio de radioterapia oncológica que se está proyectando y además se recopila información de los aspectos relativos a la población a la cual servirá, tanto local como a nivel de las entidades federales que conforman la región y que es referida o derivada al Servicio

que se está planeando (área de influencia). Dicha revisión se realiza con el fin de precisar la demanda de servicios en función de las necesidades poblacionales (perfil epidemiológico, grupos de riesgo, demanda insatisfecha-discrepancia oferta. vs. necesidades, alta morbimortalidad).

Para determinar la data poblacional es necesario revisar las variables demográficas como son: densidad de población, tasa de crecimiento poblacional, estructura por edad y sexo, tasa de mortalidad general y por grupos de edad, tasa de fecundidad, migración. Es importante considerar los factores de riesgo de la población en estudio, como el índice de desnutrición por edad y sexo; consumo de tabaco y alcohol por edad y sexo, entre otros.

También es necesario revisar las variables epidemiológicas entre las cuales están: mortalidad por edad, sexo, distribución geográfica; diez primeras causas de muerte y porcentaje de cada una sobre la mortalidad general; tasas de mortalidad general y por enfermedad, morbilidad por edad, sexo, distribución geográfica; diez primeras causas; porcentaje de población enferma; % de atención médica solicitada; tasas de morbilidad por sexo y grupos de edad.

En el caso específico de pacientes afectados por cáncer las tasas de mortalidad y de morbilidad se analizan en un período de tiempo, normalmente de cinco (5) años; así como el tipo y localización de tumores malignos con mayor incidencia en la región considerada.

Las estadísticas de morbilidad sirven para saber de que se enferman o padecen los habitantes de determinada región. Su conocimiento permite calcular la población a servir con determinados programas y la demanda de servicios que su atención exigirá.

La tasa de morbilidad es un indicador de riesgo que se determina anualmente y está compuesto por un numerador específico equivalente al número de enfermos por tipo de cáncer, dividido entre un denominador específico equivalente a la población expuesta al riesgo.

Las estadísticas de mortalidad tiene como objeto conocer el número de defunciones ocurridas en determinada población, durante un período de tiempo y de acuerdo a las características de la población donde ocurren. La tasa de mortalidad es un indicador de riesgo compuesto por un numerador específico igual al número de fallecidos por tipo de cáncer, dividido entre un denominador específico igual a la población expuesta al riesgo.

El número total de defunciones por causa - localización permite: calcular la capacidad de los servicios asistenciales que deben prestarse en base a la cuantificación de la población a ser atendida y determinar la tecnología a utilizar para el tratamiento, de acuerdo a las patologías frecuentes en una población susceptibles de aplicación de radioterapia.

b. Revisión de la red de Establecimientos / Servicios de Salud existentes en la región:

En este aspecto se revisa la Red de Salud existente en la región, tanto pública como privada: instituciones, establecimientos por categoría y adscripción institucional, ubicación, accesibilidad, tipo de atención/ servicios y cobertura. Dicha revisión se realiza con el fin de determinar la oferta de servicios existente y la disponibilidad de infraestructura adaptable, incorporable o mejorable.

Esta actividad permitirá verificar la existencia de otros servicios de radioterapia en establecimientos médico asistenciales en los que pudiera apoyarse el nuevo servicio a diseñar, y se analizará la cantidad y capacidad que presten los mismos, la relación tiempo-distancia del servicio que se va a diseñar con respecto a los de referencia o de apoyo, así como el radio de acción de los servicios de radioterapia de apoyo.

Los estudios descritos en los apartados a. y b. permiten la determinación cuantitativa de: la población que se proyecta atender en el servicio de radioterapia oncológica que se va a diseñar y los pacientes referidos entre los establecimientos/ servicios de salud, en el radio de acción directo o indirecto, del servicio planificado.

## c. Evaluación del suministro y/o disponibilidad de servicios públicos:

El servicio de radioterapia se va a diseñar para que opere en los espacios de un hospital que está funcionando. En tal sentido, el proyectista debe verificar la existencia (disponibilidad) y confiabilidad de los servicios de agua potable, aguas servidas, canalizaciones, cloacas, electricidad, gases medicinales, aseo urbano, teléfono, gas doméstico y transporte, así como las vías que permitan el acceso de la población al servicio de salud objeto del proyecto.

En lo que se refiere al suministro eléctrico se debe analizar adicionalmente lo correspondiente a la disponibilidad de acometida eléctrica de alta tensión, condiciones de los alimentadores, banco de transformación independiente, de manera de garantizar el funcionamiento y confort del servicio de radioterapia oncológica cuyo requerimientos de energía está determinada principalmente por la energía que demandan los equipos a instalarse.

Si la parcela de terreno donde está ubicado el hospital no cuenta con energía eléctrica de reserva que permita cubrir la demanda eléctrica para el funcionamiento en condiciones de eficiencia y seguridad del nuevo servicio de radioterapia, la dirección del hospital deberá solicitar al proveedor local de energía el incremento de la carga eléctrica, considerando además las posibles expansiones futuras.

Con respecto al servicio de agua potable, aguas servidas, canalizaciones y cloacas, deberá evaluarse lo correspondiente a capacidad, estado en que se encuentran y la disponibilidad de las tuberías matrices de suministro de aguas blancas, las tuberías colectoras de aguas negras y de lluvia y las tanquillas de descarga final a la red de cloacas, para absorber las nuevas demandas

Similarmente, se deberá verificar la existencia y/o disponibilidad de los servicios de gas doméstico y teléfonos/ telecomunicaciones y/o las posibilidades/ capacidades/ versatilidad de dichas conexiones.

En donde sea necesario se deberá obtener por parte de las dependencias y organismos oficiales proveedores de los servicios, la certificación de la posibilidad real de contar con los servicios públicos requeridos para el funcionamiento del servicio planificado.

## d. Consulta de los Aspectos legales y normativos

En los aspectos legales se considera todo lo relacionado con la situación legal del terreno donde se va a ubicar el servicio a diseñar como son: tipo de propiedad (pública: estadal, municipal o institucional o privada: particular, sucesoral); ubicación (estado, sector, urbanización, calle); linderos o límites y área en metros cuadrados o hectáreas.

Los aspectos normativos contemplan la revisión de todas las normas y regulaciones vigentes inherentes al proyecto en elaboración, tanto internacionales como nacionales, regionales o locales.

En la Tabla Nº 5 se mencionan algunas de ellas, considerando principalmente aquellas que tienen efectos en el diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en hospitales. Mención especial merecen las normas que controlan el entorno ambiental y laboral, funcionamiento, operación, seguridad, etc. del ámbito de las radiaciones, también incluidas en esta tabla y que deben ser observadas y consideradas por todos los involucrados y en particular por el proyectista.

### e. Análisis de las variables urbanas establecidas:

Este aspecto requiere por parte del proyectista la investigación de las siguientes variables dependientes de la ubicación geopolítica del establecimiento / Servicio a diseñar: zonificación, protección de ríos o quebradas, protección de derecho de vía, de gasoducto o alta tensión, etc.; retiros permitidos; porcentaje de ubicación y de construcción en el terreno. Estas variables son establecidas por el organismo estadal y/o municipal correspondiente.

TABLA Nº 5. Normativas para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en hospitales

MATERIA	TÍTULO	PUBLICACIÓN
	Normas para proyectos., construcción, reparación, reformas y mantenimiento de edificaciones	G.O.E. Nº 4044 SAS-MINDUR , 08/09/88
	Especificaciones Generales para la construcción de edificios	COVENIN-MINDUR Nº 1750-80 y 1970- 80,1980
Edificaciones Edificaciones para uso médico asistencial	Normativa para personas discapacitadas: proyecto, construcción y adaptación de edificaciones de uso público, accesibles a personas con impedimentos físicos	COVENIN-MINDUR Nº2733-90, mayo 1991
	Guía Instructiva sobre medios de escape	COVENIN Nº 810-74 y 823-74, 1974
	Norma venezolana para edificaciones sismorresistentes	COVENIN Nº 1756-1999
	Normativa para Impermeabilización de Edificaciones	COVENIN № 1998
	Normas para fundaciones, estructuras de concreto armado, estructuras metálicas y otros elementos	COVENIN Nº 1618-1999 y demás
	Normativa sanitaria	G.O.E. Nº 4044 SAS-MINDUR 1998
	Clasificación de Establecimientos de Atención Médica del Sub-Sector Público	G.O. Nº 32650, 21/01/83
	Clasificación y manejo de Desechos en establecimientos de salud	Decreto Nº 2218, 23/04/92
	Clínicas, Policlínicas, Institutos u Hospitales Privados. Clasificación	COVENIN. Nº 2339-87
	Construcción de edificios: Revestimientos y acabados en paredes y otros elementos, protecciones contra radiaciones	MOP, 1960
Instalaciones Mecánicas	Ashrae Handbook y Handbook of Air Conditioning System Design	CARRIER
	Incineradores	COVENIN
	Detección y Extinción de Incendios	COVENIN
Instalaciones Eléctricas	Manual de Normas y Criterios para proyectos de instalaciones eléctricas, Tomos I, II Y III	MOP, 1968
	Código Eléctrico Nacional	CODELECTRA-COVENIN, 2000
Contratación	Condiciones Generales de Contratación para Estudios y Proyectos del Sector Público	G.O. Nº 30785, 03/09/75
de Estudios,	Manual de Contratación de Servicios de Consultoría de Ingeniería, Arquitectura y Profesiones afines	CIV, Noviembre 1994
Proyectos y Obras	Condiciones Generales de Contratación de Obras con el Estado	G.O. E N° 5096 16.09.96

G.O.E. Gaceta Oficial Extraordinaria I.E.C. Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Comision)

# TABLA Nº 5. Normativas para el Diseño de un servicio de radioterapia oncológica en hospitales (..cont)

MATERIA	TÍTULO	PUBLICACIÓN
	Requisitos Arquitectónicos y de Equipamiento para Servicios de Emergencia en Establecimientos de Salud	G.O. Nº 36090,20/11/96
Edificaciones para uso médico asistencial	Requisitos Arquitectónicos y de Equipamiento para Servicios de Medicina Crítica en Establecimientos de Salud	G.O. Nº 36090,20/11/96
	Requisitos Arquitectónicos y de Equipamiento para Servicios de Quirófano en Establecimientos de Salud	G.O. Nº 36574,04/11/98
	Requisitos Arquitectónicos y de Equipamiento para Servicios de Anatomía Patológica en Establecim. de Salud	G.O. Nº 36788,16/09/99
	Requisitos Arquitectónicos y de Equipamiento para Unidades de Cirugía Ambulatoria en Establecim. de Salud	G.O. Nº 37144,20/02/01
	Símbolos Básicos para Radiación Ionizante	COVENIN 96: 92
	Protección Radiológica: definiciones	COVENIN 2256:2001
	Radiaciones Ionizantes: clasificación, señalización y demarcación de la zona de trabajo	COVENIN 2257:1995
	Vigilancia Radiológica: requisitos	<b>COVENIN 2258:1995</b>
	Radiaciones Ionizantes. Límites anuales de dosis	<b>COVENIN 2259:1995</b>
Radiaciones		COVENIN 3299:1997
	Programa de Protección Radiológica: requisitos  Protección Radiológica. Medidas de seguridad para la protección contra las radiaciones ionizantes y las fuentes de radiación	COVENIN 3496: 1999
	Aspectos Físicos de la Garantía de Calidad en radioterapia: Protocolo de Control de Calidad	COVENIN 3605:2000
	Protección c/ Radiaciones Ionizantes provenientes de fuentes externas usadas en la medicina, parte II.	COVENIN 218-2:2002
	Radioterapia Equipos Electromédicos, parte 2-1: Requisitos particulares para la seguridad de los Aceleradores de electrones en el rango de 1 MeV a 50 MeV	IEC: 60601-2-1
	Equipos Electromédicos, parte 2-8: Requisitos particulares para la seguridad de equipos de Rayos X terapéuticos que operan en el rango de10 KeV a 1 MeV.	IEC: 60601-2-8
	Equipos Electromédicos, parte 2-11: Requisitos particulares para la seguridad de equipos de Gammmaterapia	IEC: 60601-2-11
	Equipos Electromédicos, parte 2-17: Requisitos particulares de seguridad para equipos teledirigidos automáticos de carga diferida de fuentes de radiación gamma	IEC: 60601-2-17
	Equipos Electromédicos, parte 2-29: Requisitos particulares de seguridad para los simulares de radioterapia	IEC: 60601-2-29
	Protección a la radiación. Fuentes radiactivas selladas. Requisitos Generales y Clasificación	ISO 2219: 1999
	Protección a la radiación. Fuentes radiactivas selladas. Métodos de ensayo de fuga	ISO 9978: 1992
	Ley Orgánica de Prevención y Condiciones y Medio Ambiente del trabajo	G.O.E. Nº 3850, 18/07/86
	Ley Organica del Ambiente	G.O. Nº 31004, 16/6/76

#### f. Evaluación de la Infraestructura física existente:

Incluye la evaluación del sistema estructural existente, así como el levantamiento esquemático de las instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas (sistemas de aire acondicionado y ventilación, transporte vertical) de gases, de incendios y comunicaciones con el diagnóstico correspondiente de capacidades actuales y la evaluación de la disponibilidad para absorber incrementos de las demandas de servicio. Asimismo debe evaluarse lo referente a tableros de electricidad tanto de potencia como de iluminación y tomacorrientes.

También contempla el levantamiento topográfico (en el caso que no exista) de toda el área de terreno donde se proyecta construir el servicio de radioterapia, así como de las áreas cercanas. Ello a los fines de determinar los desniveles y cotas.

#### g. Evaluación del equipamiento

En esta actividad se debe realizar el Inventario del equipamiento existente (equipos médicos, no médicos y mobiliario) y la evaluación de las condiciones actuales y de funcionalidad del equipo inventariado.

h. Uso actual del espacio físico seleccionado para ubicar el servicio de radioterapia que se está proyectando:

El proyectista realiza el levantamiento de las funciones que se desempeñan al momento del estudio (situación operativa y funcional vigente) en el sitio escogido para ubicar el servicio que se proyecta, es decir realiza el levantamiento de los usos que se dan a los diferentes ambientes que pueden conformar el espacio físico seleccionado. Para ello deberá representar gráficamente la situación operativa vigente en forma de zonificación sobre planos, para lo cual puede usar los diagramas de tipo conceptual y esquemático descritos en la Sección 6.1 de este capítulo. Con esta actividad se obtiene una visión de conjunto que permite integrar el análisis espacial y

técnico y facilita la identificación de posibles factores de problemas potenciales.

#### i. Desechos hospitalarios:

En el hospital, donde va a operar el Servicio de Radioterapia Oncológica, debe existir un programa de recolección, clasificación, disposición temporal y final de los desechos que allí se generan. En consonancia y armónicamente, con este programa debe integrarse el manejo de los desechos que se generarían en el servicio de radioterapia a proyectarse. El proyectista debe considerarlo para por un lado, diseñar los espacios y circulaciones para el servicio, y por el otro para definir el sistema de recorridos que permita lograr una adecuada y eficiente disposición final de todos los desechos.

Los desechos de material radiactivo generados en el servicio de radioterapia deben ubicarse bajo los más estrictos controles de seguridad y cumpliendo los requisitos de protección radiológica. Deben diseñarse los espacios correctamente identificados y totalmente resguardados, de acuerdo a la normativa vigente. Los espacios reservados y diseñados para el resguardo temporal de desechos radiactivos deben estar claramente identificados y cumpliendo estrictos controles de seguridad y requisitos de protección radiológica, de acuerdo a la normativa vigente.

#### 6.2.1.2 Estudios de Suelos:

El objeto de este estudio es conocer las propiedades de los estratos subyacentes al lugar seleccionado para la ubicación del servicio de radioterapia. A través de él se determinan las condiciones geotécnicas del subsuelo, su respuesta a la penetración normal, conocer la ubicación del nivel freático y obtener muestras para la clasificación del suelo, analizar su comportamiento para finalmente proponer un sistema adecuado de fundaciones, de acuerdo a la características de seguridad y funcionabilidad de la estructura.

#### 6.2.1.3 Diagnóstico Situacional y determinación de Factores Problema

Con esta actividad se consolidan todos los aspectos incluidos en el componente de Estudios Preliminares correspondiente a la Fase de Anteproyecto Conceptual (Esquemas Preliminares) para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica de un Hospital tipo IV, identificada en el WBS representado en la Fig. 11.

El resultado de la revisión y análisis de los aspectos contenidos en los Estudios Preliminares descritos en los apartados 6.2.1.1 y 6.2.1.2, permite la identificación de los factores problema que engloban características fuertes y débiles que afectan o condicionan el diseño del servicio en el hospital, en términos de capacidad (cobertura), localización y tamaño bajo criterios de funcionabilidad, seguridad, flexibilidad y en cumplimiento de las políticas de salud vigentes.

Dichos factores que determinan el diagnóstico situacional, pueden ser registrados en una Lista de Chequeo, utilizada particularmente cuando más de una persona está involucrada en la recolección de la data (en este caso: autoridades de salud regionales ó estadales, autoridades del hospital, personal médico del servicio y miembros del equipo del proyecto), asegurando consistencia en la data registrada y evitando así que se omita durante el proceso de diseño propiamente dicho la información consignada.

Una vez obtenida la visión general de la situación actual, determinada por los factores problema identificados, se establecerá la influencia de ésta o de éstos en: la determinación de la tecnología a utilizar, la definición espacial de la tecnología y de los procesos, el funcionamiento, las relaciones y la operatividad del Servicio a diseñar.

Para ello se puede utilizar el Diagrama Efecto – Solución, también conocido como la espina de pescado hacia atrás. Con este tipo de análisis es posible evaluar los efectos probables de los factores problemas

identificados y sus implicaciones en el servicio que se pretende diseñar, determinando su solución a través de las propuestas de diseño.

## 6.2.2. Esquemas espaciales de arquitectura (propuestas técnicas de arquitectura).

La labor del arquitecto diseñador se inicia en esta etapa con el estudio del Programa Médico Funcional. El análisis del programa médico funcional permite dimensionar los diversos componentes o ambientes del servicio y además complementar con los requerimientos de espacios e instalaciones de aguas blancas, negras, instalaciones eléctricas entre otros.

Es posible producir mejores diseños, si el arquitecto está informado de las condiciones específicas y funcionales implicadas en los procedimientos terapéuticos, para quien y por quien son administrados los tratamientos y su tiempo de duración, entre otros.

El tratamiento del cáncer implica una serie de visitas del paciente al servicio oncológico, día tras día por varias semanas, y luego continúan chequeos anuales por el resto de su vida. Es absolutamente esencial que el paciente sienta seguridad, comodidad y familiaridad en el ambiente del servicio, con el personal y con otros pacientes.

El autor David Porter (1973) señala: "la experiencia más interesante que puede experimentar alguien que está vinculado al diseño de una edificación médico-asistencial es obtener una clara imagen del paciente".

En esta etapa se definirá la conformación del sistema espacial, constituido por las tecnologías y sus unidades funcionales correspondientes, así como la definición de las características técnicas.

Será requisito fundamental que la propuesta arquitectónica seleccionada, resultante de esta etapa:

 Pueda responder a necesidades de variación, crecimiento, así como de conservación y mantenimiento, sin ocasionar alteraciones en el normal funcionamiento del servicio ó en la estructura física del mismo (Flexibilidad).

- Deberá ser el resultado de la interacción entre los subsistemas: espacial- funcional, de circulaciones, de instalaciones y el estructural.
- Considere en su desarrollo criterios relativos a la humanización, mantenimiento y economía; así como en la organización del sistema espacial, criterios que faciliten el proceso de transformación/ adaptación a los avances tecnológicos y de la medicina y a los cambios de procedimientos.

#### 6.2.2.1 Definición de Cobertura, Localización y Nivel de Complejidad del Servicio de Radioterapia Oncológica

El Director General de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), Mohammed El Baradei, expresó en julio del 2003 : " Hasta el 60% de los enfermos de cáncer podrían beneficiarse con la radioterapia, que destruye los tumores cancerosos". En cuanto al equipamiento la OIEA, considera que debe existir una Bomba de Cobalto por cada 500.000 habitantes y un Acelerador Lineal por cada 1.000.000 de habitantes.

Entre las conclusiones del Congreso Centenario José Ignacio Baldó, (Septiembre 2004) se cita que: ...."Los Servicios de Radioterapia deben dotarse de aceleradores lineales, pero no basta sólo con adquirirlos, deben ser instalados y los Servicios dotados de personal capacitado para su correcto manejo"....

En Venezuela, los requerimientos de radioterapia en todos los pacientes afectados por cáncer, es de un 70% para aquellos diagnosticados por primera vez. Esta cifra se reduce a 60% al considerar los pacientes con diagnóstico en etapa terminal. De este 60%, la mayor parte de los pacientes reciben tratamientos curativos y un resto de aproximadamente un 10% reciben tratamientos paliativos.

En nuestro país se estiman 50 pacientes diarios por cada unidad de megavoltaje, y para su operación se recomiendan 4 técnicos radiólogos. Se

calcula que en el 60% de los pacientes de cáncer debe aplicarse radioterapia (Vargas, 1996).

Los insumos para esta actividad de diseño provienen de la información levantada y evaluada en los apartados (a) hasta (h), 6.2.1.2 y 6.2.1.3. correspondientes a la Fase de Estudios Preliminares.

En todo proyecto de creación o ampliación de un Servicio de Radioterapia, la localización geográfica y capacidad está en función de la magnitud de las necesidades de la población, del número probable de enfermos oncológicos y de las disponibilidades de personal y de recursos financieros para adquisición de equipos y su mantenimiento. En general, para una región dada, la radioterapia se practica solo en un número relativamente pequeño de centros, cada uno de los cuales puede servir a varios hospitales. Por ello, lo conveniente es vincular estos servicios a los hospitales generales más completos, de preferencia universitarios en los que se facilitarán las consultas entre los distintos especialistas clínicos, ya que normalmente existen todos aquellos servicios de apoyo tales como los de medicina y cirugía, además de anatomía patológica, diagnóstico por imagen y salas para enfermos hospitalizados.

En cuanto a la localización de un centro o servicio de radioterapia dentro de una red de servicios, se estima que debe tener cobertura directa para 500.000 habitantes. Debido a sus exigencias en cuanto al equipamiento, personal y mantenimiento, es recomendable que este servicio sea parte de un gran hospital, dotado incluso de actividad docente, como es caso del hospital Tipo IV, descrito en capítulo II.

Por la exigencia de la elevada protección a las radiaciones, se suele colocar el Servicio de Radioterapia Oncológica, enterrado en un edificio separado y conectado al cuerpo principal del hospital para evitar la colocación en áreas adyacentes, de locales destinados a personas.

Asimismo se suele ubicar en sótanos o pisos inferiores, debido al peso muy elevado de los equipos que deberá soportar la estructura, que puede alcanzar los 18.000 kg.

Por todo lo anteriormente expuesto, el Servicio de Radioterapia en hospitales grandes debe tener una ubicación autónoma, pero garantizando las relaciones funcionales relativas a la circulación del personal que requieren estar en comunicación con las salas de hospitalización y con el Servicio de Diagnóstico por Imágenes, entre otros. Otra consideración de importancia en la ubicación del Servicio de Radioterapia en el hospital es la conveniencia tanto para pacientes hospitalizados (internos) como para pacientes ambulatorios (externos), a fin de no hacerlos deambular a través de toda la edificación.

La Coordinación Nacional del Programa de Oncología de la Dirección de Programas, adscrita a la Dirección General de Salud Poblacional del MSDS plantea tres niveles de complejidad, para los Servicios de Radioterapia Oncológica:

- Alta complejidad con especialidades de neurocirugía y tratamiento con radiocirugía, para ubicarlos en hospitales tipo
   IV.
- Media-alta complejidad para ubicarlos en hospitales tipo IV.
- Básico para ubicarlos en hospitales tipo III, localizados en zonas de baja densidad de población.

En este trabajo los lineamientos técnicos discutidos se orientan a los Servicios de Radioterapia del nivel de media-alta complejidad.

#### 6.2.2.2. Cuantificación y Caracterización Funcional-Espacial.

Se refiere a los lineamientos que servirán de base para la elaboración de la programación funcional / operativa de las tecnologías y los ambientes contenidos en las propuesta espaciales para el Servicio de Radioterapia

Oncológica, así como la cuantificación del espacio físico por ellos requerido. Deberá establecerse con el personal médico especializado involucrado de acuerdo a los Determinantes Operacionales del Servicio que se va a diseñar (las condiciones laborales del personal que operará las tecnologías involucradas, las pautas de utilización del servicio, la selección de la ubicación, el número y tipo de tecnologías médicas y de apoyo que operarán en el Servicio propuesto y la interrelación entre los diferentes ambientes que lo componen y con otros servicios del hospital)

Las actividades que conforman dicha programación, son:

- i. La definición de la Programación Médico-Funcional , que contiene la calificación y cuantificación de los aspectos funcionales del Servicio, es decir el tipo y la cantidad de actividades necesarias para que se ejecute el tratamiento radioterápico que conforma. Se determina en función de: el nivel de complejidad del servicio, la descripción / tipo y cantidad de actividades a realizar en el servicio y la necesidad de actividades de apoyo; que es definida por el Jefe del Servicio. Los elementos relevantes de la programación médico funcional son: estadísticas de utilización de los servicios de radioterapia, actuales y proyectadas; estudio de los radios presentes y proyectados de procedimientos /m² de espacio requerido por las tecnologías; necesidades espaciales actuales y proyectadas; funciones, actividades y/o tareas correspondientes a las tecnologías y calificación y cuantificación del recurso humano.
- ii. La determinación del equipamiento requerido, cuyos lineamientos se han desarrollado en el Capítulo V y se efectúa considerando los puntos a, b, d, y g de la Fase de Estudios Preliminares.
- iii. La determinación del Programa de Necesidades ó Caracterización Espacial- Funcional, que establece los locales, espacios y ambientes necesarios para el funcionamiento Integral del Servicio de Radioterapia Oncológica, considerando las características técnicas del equipamiento y las instalaciones requeridas para el servicio. El Programa de

Necesidades se obtiene a partir del Programa Médico Funcional, el equipamiento, la Normativa y las características técnicas de los equipos e instalaciones requeridas.

Los ambientes o locales requeridos para la radioterapia deben contemplar (*Vargas, 1986*): sala de espera, consulta, tratamiento, sala de reuniones, sala de física (planificación del tratamiento), sala de revelado.

En la organización espacial del servicio se diferencian algunas zonas principales como: acceso, diagnóstico, preparación, tratamiento y servicios auxiliares (Rossi Prodi 1990), que se describen a continuación:

- Acceso: debe contener espacio para secretaría, administración y archivo de historias médicas, espera de pacientes externos e internos (ambulatorios y hospitalizados, que vienen de diferentes formas: por sus propios medios, acompañados, en sillas de ruedas o camillas).
- Diagnóstico: dotada de salas de examen, con vestidores para los pacientes, y consultorios para los médicos. El número de salas de examen dependen del número de pacientes que se atienden por día, en muchos casos se requieren de un número mayor debido a que los tiempos de consulta-examen se alargan por el tipo de paciente que se atiende, como es el caso de ancianos.
- Preparación: antes de iniciar el tratamiento, se requiere planificarlo, operación que se realiza en un ambiente provisto de un simulador con una sala de control, ambiente para computador y una oficina del físico médico.
- Salas de tratamiento: son del tipo Bunker con superficies protegidas para colocar los equipos que emiten radiaciones. Las protecciones dependerán del tipo de energía. Debe tener un acceso tipo laberinto para atenuar las eventuales radiaciones dispersas. Debe contar con una sala externa de control con ventanilla protegida o circuito cerrado de televisión (en caso de terapias de megavoltaje) para observar el paciente; vestidores para pacientes y ambientes para ubicar equipos complementarios del acelerador lineal.

Soporte Docente: puede constar de sala de reuniones, biblioteca,
 salón de clases y estar para el personal.

En términos funcionales se puede decir que un Servicio de Radioterapia Oncológica deberá contemplar cuatro grandes unidades básicas:

- 1. Consulta Externa, representada por las consultas médicas determinadas por la capacidad de tratamiento que puede dar el servicio. Su localización debe servir de enlace entre el exterior y el servicio, y su respuesta física deber estar signada por espacios agradables y suficientes para que tanto pacientes como acompañantes permanezcan el tiempo necesario en las mejores condiciones de comodidad posible. La actividad médica debe realizarse en espacios amplios acordes con las características específicas de los pacientes oncológicos (confort físico y psicológico). Incluye: espera general para pacientes con familiares que vienen a consulta y los que vienen a tratamiento, sanitarios, consultorios con sala de examen, control de citas y archivo temporal de historias médicas.
- 2. Estudio-Diagnóstico y Planificación de los Tratamientos: cuyo elemento fundamental es el simulador para la planificación. Contempla la localización de la actividad médica y la de apoyo del servicio. Esta área será compartida por pacientes y personal del servicio y deberá sectorizarse en lo posible, para evitar que se obstaculice el desempeño de la actividad médica por la injerencia de pacientes. Incluye el puesto de enfermeras (para control de flujo de pacientes y personal), espera de pacientes en tratamiento y el área de apoyo con la sala de planificación y dosimetría (laboratorio de Física), oficina del físico, sala para equipos de calibración y control de calidad, el cuarto de moldes y el cuarto de revelado.
- 3. **Tratamiento** representada por las salas donde estarán ubicados los equipos de radioterapia interna y externa, cuyo espacio físico es el elemento más relevante en la constitución de los espacios requeridos por el Servicio, pues sus características constructivas hacen que su ejecución

establezca un condicionamiento a otras áreas del hospital. Consta de las salas para tratamiento con radioterapia interna y externa, cada con sus cuartos de control y en el caso de radioterapia interna, como se trata de procedimiento de tipo invasivo deberá preverse ambientes para la preparación y recuperación de pacientes con los equipos mínimos de monitoreo.

4. Administración del Servicio de Radioterapia Oncológica que contempla las actividades administrativas y de dirección del servicio, con los siguientes ambientes: oficina del Jefe de Servicio y Secretaria, cubículos de especialistas, sanitarios de personal, sala de descanso, sala de reuniones y discusión de casos y otros ambientes que se pudiesen ubicar en esa área como depósito de insumos y materiales, cuarto para labores de limpieza, depósitos de desechos hospitalarios y cuarto para albergar equipos necesarios para el funcionamiento ("chillers" y compresores) del acelerador lineal; bombonas de gases medicinales (oxígeno y óxido nitroso), y compresor para succión, equipo hidroneumático y bombas, planta eléctrica de emergencia y closet de tableros eléctricos. En la Fig. 12 se grafica la organización funcional del Servicio de Radioterapia Oncológica, basada en las unidades funcionales básicas.

### iv. Elaboración del Programa de Áreas o Cuantificación espacial

La predeterminación de áreas para la cuantificación espacial de la propuesta se obtiene de la información conjunta de:

- Programación Médico Funcional (ver [i]),
- Programación de necesidades ó caracterización espacialfuncional (ver [iii]),
- Aplicación de la normativa vigente (Sección d)
- Análisis de la capacidad de producción del Servicio de Radioterapia, determinada por el horario, la frecuencia de utilización de los equipos de radioterapia y la duración-horario-

frecuencia de cada actividad requerida en el proceso radioterápico.

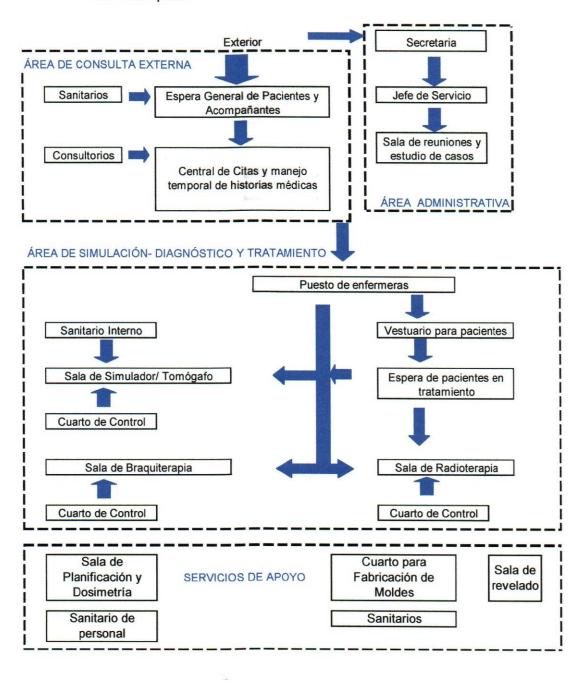


Figura Nº 12. Organización Funcional de un Servicio de Radioterapia Oncológica

Las dimensiones del servicio, y las áreas de los locales y ambientes que lo conforman, dependerán del número de salas de tratamiento, y del tipo de tratamiento que se aplica.

En Venezuela se tienen 32 Centros de Radioterapia (Rebolledo, 1998; Vargas, 1996) los cuales tienen equipos de megavoltaje cuyos rangos están entre 4 y 6 MeV; y hay solo uno de 18 MeV. Una sala de tratamiento para equipos de alta energía o megavoltaje (energía > 1 MeV), requiere un cierto número de locales o ambientes de soporte, que garantizan su funcionamiento. En general requiere 500 m² de superficie y una altura de 3 metros, en algunas zonas.

Según reporte regulatorio (Vargas 1996) los requerimientos mínimos de equipo para tratamiento radioterapéutico son: al menos una unidad de megavoltaje con una energía mayor de 1MeV con distancia fuente-piel de 80 cm., equipos y fuentes adecuadas para braquiterapia intersticial y/o intracavitaria, equipo para la calibración periódica de las unidades de tratamiento; un simulador y un tomógrafo para la planificación de los tratamientos.

Una sala de tratamiento de alta energía requiere necesariamente un cierto número de locales de soporte, que no pueden faltar sin afectar su funcionamiento, por lo que se estima que el área operativa para una primera sala no debe ser inferior a 400 m² (Taddia, et al, 1984, en Rossi-Prodi 1990). Naturalmente si se aumenta el número de salas, la incidencia unitaria de superficie, disminuye.

La capacidad de los equipos de radioterapia externa o interna (Braquiterapia) y el horario de utilización definen la cantidad y tipo de actividades relacionadas con el tratamiento de pacientes oncológicos. Por esta razón, en primer término, se determina el número de pacientes que pueden acceder al Servicio diariamente y cumplir el tratamiento. (MSAS, Unidad Coordinadora de Proyecto Salud. 2001)

En este sentido se establecen tres parámetros básicos: horario y tiempo de estadía del paciente en las actividades desarrolladas y frecuencia de repetición de cada actividad en un paciente en tratamiento, discriminado en cada uno de los ambientes.

Idealmente un Servicio de Radioterapia debe funcionar entre 10 y 12 horas diarias, distribuidas en dos turnos de trabajo, dedicados a atender pacientes oncológicos, pues menor tiempo puede suponer una infrautilización de los recursos. A este tiempo de atención debe añadirse un tiempo adicional que se estima en 2 horas, requerido para los controles diarios necesarios, mantenimiento y pausas para descanso del personal, cambios de turno y cierre de unidades de tratamiento. Por ello, para 12 horas útiles de trabajo se precisan de 14 horas de funcionamiento real. En la estimación de la cantidad de pacientes diarios que asisten al Servicio y la determinación de los ambientes de apoyo necesarios se parte de los siguientes criterios:

- La mayoría de los pacientes requieren cambiarse de ropa y colocarse batas, por lo tanto debe preverse vestuarios para tal fin, localizados cercanos a las salas de tratamiento y planificación.
- Las consultas oncológicas pueden ser consultas de primera vez y las consultas sucesivas de control y seguimiento, en ambos casos están determinadas por la capacidad de tratamiento que tenga el Servicio.
- El tiempo promedio de estadía en el ambiente de la sala de espera se estima en 1 hora, por lo que se debe disponer de sanitarios cercanos a este ambiente.
- En la estimación de la capacidad del área de depósito temporal de historias médicas se estima que las mismas permanecerán archivadas en dicho depósito una semana más después del tratamiento.

En la Tabla Nº 6 se determinan la cantidad de pacientes diarios para los diferentes componentes de actividad del Proceso Radioterápico y en la Tabla Nº 7 se estiman la cantidad de pacientes diarios en los ambientes de

apoyo que integran el Servicio de Radioterapia Oncológica. Una vez determinada la cantidad de pacientes que se tratan diariamente, se determinan los ambientes de apoyo requeridos y el área mínima en m², constituyendo esto el Programa de áreas.

Tabla Nº 6. Pacientes diarios para los diferentes componentes del Servicio de Radioterapia Oncológica

Componente del Proceso Radioterápico	Horario (horas/día)	Frecuencia Estudio/ Paciente	Duración de la sesión (minutos)	Duración del Tratamiento (semanas)	Cantidad de Pacientes/ día por equipo
Planificación	12	1 sola vez	60	_	12 max.
Tratamiento con R .Externa con acelerador lineal	12	Diario (lunes a Viernes)	10	5	72 (12x60x10)
Tratamiento con R .Interna	12	1 vez / semana	60	4	12 máx.
Consultas por primera vez	6 <sup>(1)</sup>	1 sóla vez	60	-	5 <sup>(3)</sup>
Consultas de control para RE	6 <sup>(1)</sup>	1 vez / semana	15 <sup>(2)</sup>	5	15 <sup>(4)</sup>
Consultas de control para RI	6 <sup>(1)</sup>	1 vez / semana	60 <sup>(2)</sup>	4	6 <sup>(4)</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>(1)</sup>Tiempo máximo reglamentado por el MSDS para consulta especializada- jornada asistencial no administrativa

<sup>&</sup>lt;sup>(2)</sup>Tiempo Mínimo establecido para consulta de control 15 min, para BQT se estima en 1 h(máximo)

<sup>&</sup>lt;sup>(3)</sup>Estimando ¼ de hora entre cada consulta

<sup>&</sup>lt;sup>(4)</sup> Valores estimados según observación directa

Tabla Nº 7. Pacientes diarios en los ambientes de apoyo que integran el Servicio de Radioterapia Oncológica

Componente del Proceso Radioterápico	Cantidad de pacientes por día en los ambientes de apoyo								
	Total de pacientes por día	Vestuarios	Sala de Espera de pacientes/en tratamiento	Sala de Esper General de pacientes y acompañante	Citas y Depósito				
Planificación	12	12		12					
Tratamiento con R .Externa con acelerador lineal	72	72		72	132 <sup>(4)</sup>				
Tratamiento con R .Interna	12	12		12	60 <sup>(5)</sup>				
Consultas por primera vez	5			5					
Consultas de control para RE	15			15					
Consultas de control para R	6	TOTAL	6 <sup>(1)</sup>	6 10 <sup>(2)</sup>	117 <sup>(3)</sup> 192				

<sup>(1)</sup> Horas de uso del vestuario: 12 h/ día, Estadía/ paciente en vestuario: 10 minutos (1/6 h), en promedio 6 pacientes /día simultáneos ( 3 entrando y 3 saliendo) estimado.

### Resumen de ambientes requeridos:

- Espera general de pacientes / familiares.
- Sanitarios de espera individuales (masculino y femenino) con dimensiones según normas sanitarias

<sup>&</sup>lt;sup>(2)</sup> Horas de uso de la espera para tratamiento: 12 h/ día, Estadía promedio de paciente en espera: 1 hora, en promedio 10 pacientes /día simultáneos estimado. Al estimar estadía de 1 h en espera, debe disponer de sanitarios cercanos,

<sup>(3)</sup> Horas de uso de la espera general: 12 h/ día, Estadía promedio de paciente en espera: 1 h, en promedio 8 pacientes /día simultáneos estimado. Total de acompañantes simultáneos (uno x paciente) Al estimar estadía de 1 h en espera, debe disponer de sanitarios cercanos,

(4) Estimando 11 pacientes simultáneos durante las 6 semanas x 12 diarios

<sup>(5)</sup> Estimando 60 pacientes semanales simultáneos en tratamiento con BQT

<sup>&</sup>lt;sup>(6</sup> Total de historias médicas acumuladas simultáneamente.

- Puesto de enfermeras con capacidad de trabajo de dos enfermeras
- Central de citas y manejo temporal de historias, capacidad 2 personas.
- Depósito de historias médicas; capacidad 192 historias médicas
- Consulta, demanda (21 consultas de tratamiento y 6 consultas de primera) 3 a 4 consultorios con posibilidad de realizar examen, dimensiones según norma y especificaciones de mobiliario.
- Sala de planificación y dosimetría con capacidad para 3 computadores, con cableado estructurado y tecnología banda ancha.
- Sala para el Simulador, que demanda 12 pacientes a 12 horas de uso, y cuarto de control, con posibilidad de TC con reveladora al seco.
- Sala para realizar tratamiento de Braquiterapia, con dimensiones determinadas por especificaciones del equipo, con cuarto de control
- Sala de preparación y recuperación para Braquiterapia
- Sanitario ubicado dentro del ambiente del simulador
- Cuarto oscuro, cercano al simulador.
- Sala de Radioterapia con un cuarto de control
- Vestuarios para pacientes en tratamiento:6
- Espera de pacientes en tratamiento, capacidad 10 pacientes
- Cuarto para fabricación de moldes de acuerdo a especificaciones.
- Oficina del jefe de servicio
- Oficina de secretaría
- Sala de reuniones para estudio de casos, capacidad 6 personas.
- Sanitarios de personal, dimensiones según normas sanitarias y de discapacidad
- Espacio para depósito de (i) camillas y sillas de ruedas, (ii) materiales y suministros, (iii) equipos de calibración, de acuerdo a especificaciones de equipos (iv) artículos y enseres para limpieza, (v) desechos.

#### 6.2.2.3. Criterios de Desarrollo

La propuesta de diseño deberá reflejar una respuesta a las necesidades y condiciones físicas y psicológicas del paciente además de los aspectos funcionales del servicio, y los aspectos técnicos-constructivos de la edificación (Cedrés, S. 2002). Entre los criterios básicos de diseño se pueden mencionar:

- Seguridad y apoyo al paciente: proveer a los pacientes de un ambiente cálido a fin de disminuir el miedo y ansiedad, salvaguardando la sensibilidad personal y dignidad humana de los pacientes y familiares. Ello se puede lograr por ejemplo en la selección de los acabados y el tipo de iluminación.
- Flexibilidad en el diseño para cambios futuros, sobre todo por el avance en las tecnologías y tratamientos del cáncer.
- Funcionalidad: organizar los espacios para obtener la máxima eficiencia funcional. Esto puede lograrse principalmente en la planificación de las circulación de pacientes y personal, programación de suficientes áreas a fin de usarlas a un alto nivel de ocupación. Es decir organizar los espacios y las actividades evitando largas circulaciones para pacientes y personal para reducir los tiempos de traslado que se traduce en eficiencia.
- Privacidad: espacios individualizados para el contacto entre los pacientes oncológicos, sus familiares y el personal de la unidad son necesarios.
- Accesibilidad. Debe considerar facilidades para el acceso de pacientes en sillas de ruedas, camillas o muletas en todas las áreas.
- Confort: se refiere principalmente al equipamiento, mobiliario y acondicionamiento ambiental para estos pacientes que deben hacer largas y repetidas visitas al servicio.

#### 6.2.2.4. Caracterización Técnica

#### a. Consideraciones Ambientales

El Servicio de Radioterapia no debe parecer severamente institucional para los pacientes, sobre todo debe evitarse las superficies duras fáciles de mantener, recubiertas con materiales fríos y acústicamente reflexivos; salas de espera en filas reglamentadas, largos corredores y niveles altos de iluminación continua.

Debe lograrse en lo posible espacios amplios, con ventanas, luz natural y aire fresco, con intimidad en las consultas, con elementos físicos que estimulen el ánimo del paciente, y favorezcan la comunicación y el apoyo moral entre pacientes-familiares y el personal médico y técnico.

#### b. Protecciones contra las radiaciones

Al diseñar un Servicio de Radioterapia Oncológica (Cedrés, S. 2002) debido a que se generan radiaciones de alta intensidad es poco posible que el arquitecto pueda diseñar una estructura flexible que admita cualquier cambio futuro, pues no se trata de mover tabiques y replantear algunas instalaciones, sino de problemas de protección radiológica, aire acondicionado entre otros. Para proteger las personas de las radiaciones existen tres formas.

- Tiempo: a menor tiempo de exposición, menor es el peligro de contaminación.
- Distancia: cuanto más nos alejamos de una fuente radiactiva menor es la intensidad de la exposición. [Ley del inverso del cuadrado de la distancia: la intensidad de la radiación en un punto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de dicho punto a la fuente].
   Aumentar la distancia entre las personas expuestas y la fuente de radiación.
- Barreras de Protección. Interponer blindajes entre las personas expuestas y la fuente de radiación. Cada capa de material bloqueador de radiaciones entre las personas y la fuente reduce la intensidad de la radiación en un porcentaje determinado según el tipo de material.

En el inicio del diseño se debe establecer la ubicación de los equipos de radioterapia a objeto de tomar en cuenta las superficies a proteger y las circulaciones por el servicio. Si el Servicio de Radioterapia se ubica en niveles superiores de la edificación hospitalaria se deberá proteger en 6 direcciones (techo, piso y 4 paredes), además de reforzar la estructura para soportar el peso de los equipos. Si se ubica en un sótano, ó enterrado, se eliminarían algunas superficies a proteger y se apoya el peso del equipo directamente en el terreno.

La protección se puede lograr con diferentes espesores que pueden alcanzar el metro y medio, en paredes y en las losas dependiendo del tipo de material. Esta protección se obtiene con diversos materiales como el cemento, el cemento barítico, acero y plomo. Las barreras de concreto son más efectivas y menos costosas que las láminas de plomo, pero son factibles de ejecutar en construcciones nuevas, en cambio el plomo es más usado en caso de reestructuraciones o remodelaciones de edificaciones existentes pues requiere de menores espesores.

#### c. Necesidades de equipamiento y de instalaciones

Partiendo de los criterios establecidos en la programación médico funcional se determinan las necesidades ambientales, de equipamiento, de instalaciones y las condiciones técnicas requeridas por ellos.

#### d. Aspectos constructivos

El acelerador lineal se ubica en una sala radioprotegida, normalmente denominada bunker, cuyas paredes y techos están protegidas y con el acceso de entrada en ángulo, con las paredes de igual protección que el bunker (laberinto), y con el ancho suficiente para el paso y giro de una camilla. ( Cedrés, S. 2002).

Generalmente debido al tamaño y peso del equipo de radioterapia; específicamente el acelerador lineal, se debe planificar el momento de su colocación, previendo la ruta por donde va a pasar, y luego de colocado.

completar las paredes, las cuales se pueden prever para ser removidas en caso de tener que hacer el recorrido a la inversa (Vasallo, 1993); o se pueden introducir los equipos a través de aberturas en el techo, donde una vez colocado el equipo se cierra la abertura con compuertas de concreto, colocadas sobre vigas prefabricadas, removibles en caso de mantenimiento o reposición del equipo.

El espesor de las paredes de concreto requeridas para la ubicación de equipo de radioterapia (externa o interna) dependerán de la ubicación del equipo en la sala, geometría final y trayecto del haz de radiaciones.

Los conductos eléctricos y de plomería deben ser tejidos en las paredes en forma de serpentina para prevenir el rompimiento de la protección si la ranura se hace en línea recta y se produzca escape de las radiaciones por las posibles ranuras. La configuración en forma de zigzag produce que los rayos tengan un recorrido más tortuoso y por consiguiente su efecto disminuya.

Un principio similar es usado para diseñar las entradas a las salas de tratamiento radioterápico, al pasar hacia estas salas, los pacientes se encuentran con una especie de laberinto con paredes de concreto para protección, que produce movimientos a la derecha y a la izquierda, esta configuración permite que los fotones decaigan en su intensidad antes de alcanzar el pasillo de acceso.

Con esta actividad se establece el programa definitivo de áreas y de necesidades de ambientes que constituye la Programación Arquitectónica, que es en definitiva un método que permite la traducción de los requerimientos de las actividades de los usuarios (prescritos en el Programa Médico Funcional) a requerimientos cualitativos y cuantitativos de espacios arquitectónicos.

Entonces, se elabora en forma esquemática, la propuesta espacialfuncional con la definición de las unidades funcionales con las correspondientes áreas, y las circulaciones internas de cada una de ellas, y las áreas complementarias y el sistema estructural. Se indicarán en forma gráfica los criterios de flexibilidad y/o crecimiento propuestos. Asimismo en cuanto al sistema de circulación por los ambientes, se indicarán los accesos y las circulaciones por tipos (escaleras, rampas, ascensores, montacargas, etc); los flujos de los materiales e insumos, diferenciados en distribución limpia, contaminada, retorno usado y circulaciones propias del personal y pacientes en el Servicio.

#### 6.2.3. Alternativas preliminares de arquitectura

Como se ha dicho anteriormente, la labor del arquitecto proyectista se inicia con el estudio del Programa Médico Funcional, que permite identificar y dimensionar los diferentes componentes del Servicio, así como la determinación de los elementos estructurales, que constituyen el Programa Arquitectónico; el cual se complementa con el estudio del entorno en lo referente a características del terreno, vías de comunicación, vías de circulación, disponibilidad y capacidad de servicios básicos (electricidad, agua, gas).

En la localización, distribución y determinación de los diferentes espacios que conforman el Servicio el proyectista debe considerar:

- Las funciones que se realizan en un ambiente determinado
- Las funciones o relaciones funcionales entre ambientes
- El partido arquitectónico.

Las funciones en un ambiente o las diversas actividades que deben realizarse en él y los equipos necesarios, conforman el conocimiento necesario de cada componente del Servicio.

Las funciones entre ambientes es la interacción entre los diferentes ambientes, lo que permite al arquitecto crear las futuras unidades o ambientes.

El partido es la solución o propuestas de solución que toma el arquitecto, y que dará una disposición particular de cada componente y del conjunto. El partido es una decisión creativa y por tal el resultado de las condicionantes que todos los requerimientos exigen, así como de las posibilidades económicas.

En esta fase se producirá la toma de decisiones en la adopción de criterios relacionados con el sistema espacial a desarrollar. Para ello se analizará los subsistemas:

- Espacial-Funcional, partiendo de las unidades funcionales que albergan el equipamiento técnico y sus áreas complementarias, y las relaciones entre sí, se analizan las diferentes alternativas de ordenamiento y agrupamiento posibles.
- Circulatorio, se tomará en cuenta para la definición de los accesos ( entradas y salidas) al Servicio de Radioterapia, la trama urbana externa, las vías de acceso circundantes en cuanto a fluidez, accesibilidad y medios de transporte, los flujos circulatorios internos discriminados en circulaciones de pacientes, de visitantes, de personal, de abastecimiento, etc., ya sea en forma peatonal o través de escaleras, rampas, ascensores y los sectores de tránsito de pacientes (hospitalizados y ambulatorios).
- Instalaciones eléctricas, mecánicas, entre otras; se buscará dentro del universo de soluciones técnicas posibles aquellas que permitan la aplicación de criterios generales, a tal efecto se optará por soluciones modulares, flexibles con posibilidades para posibles expansiones.
- Estructural, está relacionado con la totalidad del diseño del Servicio de Radioterapia, ya que actuará como soporte y ordenador de otros subsistemas, por lo tanto la escogencia de los materiales, los sistemas modulares y normalizados, las técnicas constructivas y la disponibilidad de la mano de obra serán elementos que se deben considerar en su definición.

Todo el análisis deberá efectuarse con base en los criterios de flexibilidad aplicados, así como el aspecto económico (costo de construcción) y el costo de mantenimiento.

La alternativa que se seleccione debe ser la que mejor integre los subsistemas señalados anteriormente, en términos de flexibilidad y costos.

Para facilitar la selección de la alternativa de arquitectura se puede emplear una Matriz de Decisión que consiste en la evaluación de cada alternativa, considerando criterios, específicos para cada aspecto, sean económicos, técnicos o de flexibilidad

Algunos ejemplos de criterios que se podrían considerar para el análisis comparativo de alternativas son: la facilidad de acceso expedito de los pacientes internos o externos a la zona del Servicio; la cercanía estratégica con el Servicio de Diagnóstico por Imagen; la proximidad o lejanía con las tuberías matrices de suministro (agua, gas); las dificultades constructivas al ejecutar la obra; los Costos constructivos; la facilidad de cambios de usos entre espacios o ambientes dentro del mimo Servicio; las deficiencias significativas en el número de ambientes; la compatibilidad del tipo de sistema constructivo a utilizar para el Servicio con la del hospital donde se va a establecer; la mezcla de actividades funcionales ó la dificultad de separación entre éstas y las de zonas de circulación de pacientes y personal,

Para ello se construye una tabla donde se califican las distintas alternativas, sobre la base de criterios que pueden tener distinto nivel de importancia o peso. Además se puede establecer criterios de suficiencia, donde las alternativas deben cumplir con un mínimo preestablecido para ser aptas en participar en la elección. Se determina la puntuación acumulada para cada alternativa considerada, sumando los productos obtenidos de multiplicar el peso del criterio analizado "p" por la calificación "c" de la alternativa con respecto a dicho criterio. La decisión se alcanza al determinar la alternativa que acumule mayor puntuación.

## 6.3. Determinación del diagrama secuencial de actividades para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica

Una planificación efectiva de proyectos requiere la realización de una serie de procesos básicos para delimitar las actividades, el tiempo y el costo, tal como lo define el *PMBOK*, así como una serie de procesos de soporte que complementan el estudio para obtener un plan coherente e integrado para la ejecución.

En cuanto a planificación, para el Manejo del Alcance se emplean dos procesos: la planificación del alcance, que constituye las bases del proyecto, e incluye la justificación, la identificación de los productos y los objetivos del proyecto; y otro proceso como la delimitación del alcance, donde se determina todo el trabajo que forma parte y el que no forma parte del proyecto. Para ello se utiliza la Estructura Desagregada de Trabajo, WBS, que permite establecer el esquema de trabajo.

Como se explicó en las secciones precedentes, la WBS para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en hospitales tipo IV, de la Fig. 11, organiza el proyecto de diseño por fases según su secuencia de ejecución que incluyen diferentes paquetes de trabajo o actividades.

Para el manejo del tiempo, también se distinguen varios procesos, como son la determinación de las actividades que componen el proyecto; la lógica secuencial, que establece las interrelaciones que existen entre las actividades, la estimación de duraciones para cada actividad y la programación de actividades, que consiste en ensamblar sobre un diagrama de red cada actividad, indicando su inicio y fin, y el proyecto completo.

En base a ello se elaboró un Diagrama de Gantt referencial para el Diseño del Servicio de Radioterapia Oncológica, Fig. 13, estimándose la duración de cada actividad, en base a consultas con expertos en el área de elaboración de proyectos de diseño para edificaciones de salud.

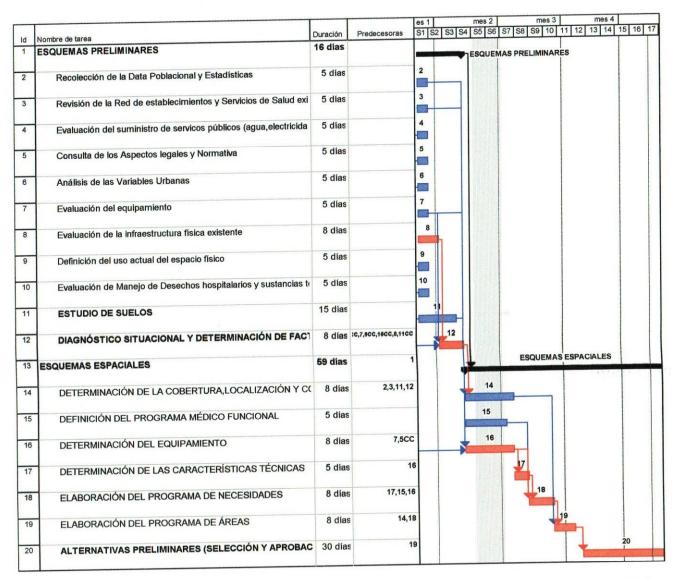


Figura Nº 13. Diagrama de Gantt referencial para el Diseño de un Servicio de Radioterapia Oncológica en un Hospital tipo IV

considerar la formación continua del personal involucrado en supervisar, operar, mantener y dar soporte técnico a dichas tecnologías, para finalmente prestar servicios en el uso de las mismas (Cadena de Valor).

## En cuanto a la planificación y organización de un Servicio de Radioterapia Oncológica

- Todo proyecto orientado a establecer o ampliar un Servicio de Radioterapia Oncológica deberá tener en cuenta un cierto número de factores, entre los que cabe destacar la situación sanitaria general del país, los servicios médicos existentes, la frecuencia de las distintas formas de cáncer, la distribución de la población, los medios de transporte y las disponibilidades de personal calificado, así como los recursos económicos disponibles, entre otros.
- Un Servicio de Radioterapia Oncológica debe ser autosuficiente,
   estar dirigido por un radiotereapeuta experto y asociarse estrechamente a un hospital docente.
- Se debe contar por los menos con dos radioterapeutas adiestrados y con experiencia, con el fin de evitar interrupciones en el funcionamiento de la instalación por vacaciones o enfermedades, que podrían traer consecuencias desastrosas para los nuevos tratamientos y los que están en ejecución.
- Un tratamiento radioterápico eficiente debe iniciarse por una simulación y una planificación basadas en un sistema de simulación virtual con soportes informáticos de última generación, que determine con gran exactitud la situación y volumen tumoral y se estudia la estrategia más conveniente para el tratamiento más adecuado. Todo el servicio debe estar gestionado informáticamente, controlando en cada paciente, todas las características de su tratamiento: campos, dosis acumulada, colimación (para conformar campos más precisos y eficaces), etc.

# CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Conclusiones:

#### Premisas básicas

Antes de incluir las conclusiones, las cuales se han separado por áreas temáticas, es importante considerar ciertas premisas:

- El diseño para la construcción de un Servicio de Radioterapia Oncológica, puede verse como un proyecto tecnológico que está determinado por el tiempo (obsolescencia), donde la condición fundamental que debe cumplirse es "Listo a Tiempo", determinado por las necesidades del cliente (tratamientos eficaces y seguros). En estos casos, la situación del mercado está determinada por las exigencias de los pacientes oncológicos que requieren de más y mejores centros de atención y tratamiento (demanda), para descongestionar los Servicios existentes, así como la alta velocidad de cambios en la tecnología de radioterapia y simulación, soportada en la informática (oferta).
- Durante la reestructuración de los servicios de radioterapia tienen lugar procesos de transferencia de tecnología, que involucran no solo la transferencia de conocimientos, sino también de las mejores prácticas, procedimientos, metodologías, y el adiestramiento para la acción. Los objetivos perseguidos son: asegurar su total comprensión e implantar con toda seguridad y dominio. Así se garantizan el buen funcionamiento y operación ininterrumpida de la tecnología en la prestación de servicios de atención y tratamiento del paciente oncológico.
- El MSDS es un organización usuaria de nuevas tecnologías, que debe elaborar sus propias estrategias tecnológicas. Esta estrategia debe

considerar la formación continua del personal involucrado en supervisar, operar, mantener y dar soporte técnico a dichas tecnologías, para finalmente prestar servicios en el uso de las mismas (Cadena de Valor).

## En cuanto a la planificación y organización de un Servicio de Radioterapia Oncológica

- Todo proyecto orientado a establecer o ampliar un Servicio de Radioterapia Oncológica deberá tener en cuenta un cierto número de factores, entre los que cabe destacar la situación sanitaria general del país, los servicios médicos existentes, la frecuencia de las distintas formas de cáncer, la distribución de la población, los medios de transporte y las disponibilidades de personal calificado, así como los recursos económicos disponibles, entre otros.
- Un Servicio de Radioterapia Oncológica debe ser autosuficiente, estar dirigido por un radiotereapeuta experto y asociarse estrechamente a un hospital docente.
- Se debe contar por los menos con dos radioterapeutas adiestrados y con experiencia, con el fin de evitar interrupciones en el funcionamiento de la instalación por vacaciones o enfermedades, que podrían traer consecuencias desastrosas para los nuevos tratamientos y los que están en ejecución.
- Un tratamiento radioterápico eficiente debe iniciarse por una simulación y una planificación basadas en un sistema de simulación virtual con soportes informáticos de última generación, que determine con gran exactitud la situación y volumen tumoral y se estudia la estrategia más conveniente para el tratamiento más adecuado. Todo el servicio debe estar gestionado informáticamente, controlando en cada paciente, todas las características de su tratamiento: campos, dosis acumulada, colimación (para conformar campos más precisos y eficaces), etc.

- Todo Servicio de Radioterapia Oncológica deberá disponer de consultas y de camas. En el hospital se debe reservar una cantidad suficiente de camas para las necesidades del Servicio de Radioterapia Oncológica, destinadas a los pacientes que requieren atención clínica durante el tratamiento.
- El conjunto de requisitos mínimos que debe tener un Servicio de Radioterapia Oncológica para alcanzar un nivel aceptable de calidad, incluyen la disponibilidad de instalaciones y equipos adecuados, entre ellos, unidades de tratamiento y producción de imágenes, de equipos medidores de radiación, de sistemas de planificación de tratamiento, y niveles de personal cualificado.
- El diseño y construcción de un Servicio de Radioterapia
   Oncológica debe cumplir las regulaciones nacionales o internacionales para la obtención de las licencias de emplazamiento (instalación) y de operación de las instalaciones. Los detalles de diseño y construcción deberán ser supervisados por un físico médico cualificado, familiarizado con las técnicas de tratamiento que aplicarán en el Servicio de Radioterapia Oncológica.
- La calidad de un tratamiento de radioterapia está sujeta a considerar sistémicamente factores que se interrelacionan íntimamente y que pueden clasificarse como clínicos, (tales como el diagnóstico, la localización del tumor, la estrategia de tratamiento escogida y la continua re-evaluación de dicho tratamiento), dosimétricos o físicos (tales como la incertidumbre en el cálculo de la dosis, su optimización y su verificación, la idoneidad de los equipos para proporcionar un haz de radiación consistente con la planificación del tratamiento) y finalmente, relacionados con la aplicación práctica del tratamiento de radioterapia y con el manejo del paciente.

#### En cuanto al Recurso humano

- El equipo de trabajo que compone un Servicio de Radioterapia Oncológica debe ser un personal altamente especializado que va desde el médico responsable del servicio, los médicos oncólogos tratantes (radioterapeutas), el físico médico hasta los técnicos que operan el equipo, y los que realizan la calibración y el mantenimiento. Particularmente en el caso de los técnicos que operan el equipo deben ser capacitados periódicamente para el manejo del software y sus actualizaciones.
- La cantidad de profesionales en cada especialidad y el número de horas de trabajo por semana, está relacionado con el volumen de pacientes y la capacidad de los equipos de tratamiento disponibles, incluyendo el equipo de simulación o de producción de imágenes y la sofisticación de los tratamientos.
- El mejoramiento continuo del servicio pasa por la implantación de nuevas tecnologías que impactan la organización y traen en consecuencia una transformación. La preparación de la organización para los nuevos procesos y la preparación de la gente, especialmente en la absorción de las nuevas competencias, debe abocarse antes de instalar la tecnología. Ejemplos son los médicos oncólogos radioterapeutas quienes deben adiestrarse en las nueva técnicas de diagnóstico y tratamiento y en el manejo de software para la aplicación del tratamiento radiante, los físicos y tecnólogos quienes deben adquirir destrezas para manejar en forma automatizada la planificación de los tratamientos que cambian con el avance de la informática, etc.
- El manejo del cambio debe anticiparse a la implantación de las nuevas tecnologías, elementos como la comunicación, el adiestramiento y la motivación son fundamentales para el éxito del proyecto. La adopción de las nuevas tecnologías para los Servicios de tratamiento oncológico redefinen la forma de trabajar, lo que puede generar desconfianza en los operadores de las mismas y en los receptores de los beneficios obtenidos de dicha tecnología, ya sea por falta de información o por temor a lo

desconocido, o por no querer hacer las cosas de otra forma diferente a la que venía haciéndolo. En tal sentido en la medida en que los operadores asimilen los cambios y adquieran las nuevas competencias y destrezas asegurará su permanencia en la organización pues le será útil y por lo tanto superar sus temores.

#### En relación a la planta física:

- El diseño de un servicio de Radioterapia debe basarse en instalaciones adecuadas y flexibles, que a la vez que generan confianza y seguridad a los pacientes con padecimientos oncológicos y a los demás usuarios, permitan la adecuación de sus espacios para albergar los avances tecnológicos de la medicina.
- El lineamiento básico y principal es que un Servicio de Radioterapia Oncológica deberá contar con ambientes para acceso, sala de espera, área administrativa y de archivo, diagnóstico (consultas y vestuarios), sala de física (planificación del tratamiento, con el simulador y sala de control), salas de tratamiento (bunker con los equipos que emiten radiaciones de alta y baja energía) y servicios auxiliares como sala de reuniones, biblioteca, depósitos, entre otros.
- La sala de tratamiento deberá contar con las dimensiones adecuadas en función de las dimensiones del equipo y su movimiento, con las protecciones recomendadas, y el acceso a las mismas debe ser a través de un laberinto o con una puerta corrediza forrada de plomo.

#### En relación al equipamiento:

 El Equipamiento mínimo necesario en un Servicio de Radioterapia Oncológica debe estar conformado por: unidades de tratamiento; sistema de localización y simulación; sistema de planificación de tratamiento; accesorios modificadores del haz; sistema de colocación, alineamiento e inmovilización y protección del paciente y equipos de dosimetría absoluta y para la realización de controles de calidad

- Las bondades de los aceleradores de alta energía han sido demostradas globalmente y aunque requieren de una inversión considerablemente mayor en capital que las bombas de cobalto y exigen un mantenimiento complejo y calibración frecuente, proporcionan al radioterapeuta un haz de rayos X de mayor energía, capacidad de suministrar rayos de electrones de energía especificada y de mejor delineación que conllevan a tratamientos más efectivos.
- El uso costo-efectivo de un acelerador lineal está determinado por el tratamiento de un alto número de pacientes; esto significa que el Servicio de Radioterapia se debe organizar eficazmente para que sea capaz de trabajar con un rendimiento elevado y de igual manera la estructura de apoyo al Servicio.
- Se debe aplicar la Braquiterapia de sistemas de carga diferida de dosis altas con aplicación a control remoto, en todos aquellos casos que así lo ameriten. De esta manera se reducen o eliminan casi completamente la exposición del personal a las radiaciones y aumenta la capacidad de tratamiento en pacientes ambulatorios.

### En cuanto al sistema de información y de conocimientos:

• La calidad de la atención médica depende de la calidad y disponibilidad de información, por lo que un sistema de registro eficiente de todos los pacientes, contentivo de antecedentes, resultados de la exploración clínica y los análisis, indicaciones sobre el tratamiento seguido es de amplia utilidad. Este instrumento, además de proporcionar información acerca de la situación general de la enfermedad, forman la base para la toma de decisiones acerca de la implantación y organización del tratamiento y facilitan la evaluación de la eficiencia de las actividades

contra el cáncer, el seguimiento posterior de los enfermos y evaluación de los resultados terapéuticos, que serían la base para indicar los cambios necesarios en la mejora de los procesos.

- Para el manejo de las brechas tecnológicas, ante la introducción de las nuevas tecnologías como son los aceleradores lineales y los Sistemas de Planificación automatizados en tres dimensiones, que impactan los procesos organizacionales y las estructuras organizativas de los Servicios de Radioterapia Oncológica del Servicio, se debe aplicar herramientas de Gerencia de Conocimiento, que permitirán registrar y mejorar todas las prácticas existentes y procedimientos establecidos en cuanto a la planificación y ejecución del tratamiento radioterápico.
- En el proyecto de reestructuración de los servicios de Radioterapia con la introducción de nuevas tecnologías para la planificación, simulación y tratamiento, al principio existe un conocimiento compartido entre quienes suministran la tecnología y los compradores de la misma y responsables futuros por el tratamiento radiante. En el equipo nacional deben estar representados los niveles decisorios del MSDS, coordinadores del proyecto y los responsables del Programa de Oncología a nivel nacional (incluyendo los expertos radioterapeutas del más alto nivel) y las Sociedades Científicas (niveles estratégicos). Posteriormente ese conocimiento debe ser transferido a los niveles operativos, mediante la comunicación, capacitación y aprendizaje, "aprender haciendo" a médicos especialistas y físicos, así como a los profesionales responsables del diseño, construcción y puesta en funcionamiento de los Centros. Posterior a la implantación de la tecnología, se acumula un nuevo conocimiento en materia de adopción de tecnología, operación, procesos y normas de trabajo, que se documentan y permite ampliar la base de conocimientos al servicio de la organización.
- La infraestructura informática necesaria para desarrollar un sistema de "Gerencia del Conocimiento" como el descrito debe ser

considerado desde los inicios del proyecto. Así se garantiza que provea de información correcta y apropiada al personal de la organización, cuando sea necesario, sin importar el lugar donde se encuentren, de tal manera que tengan acceso a la información referente a: procesos, políticas, procedimientos, instrucciones, planos, manuales, tips y cualquier información que se haya utilizado en alguna ocasión para resolver algún problema o contingencia. Es decir, se favorece la trasmisión de la información que se posee (el know how) y que va a poder servir y ahorrar tiempo en el futuro.

- En conclusión los seis pilares que deben incorporarse en la plataforma de gerencia del conocimiento son:
  - 1. los nuevos conocimientos desarrollados,
  - 2. el acceso a fuentes externas,
  - la utilización del conocimiento obtenido en la toma de decisiones,
  - la incorporación del conocimiento en el producto final entregado al cliente (atención y tratamiento del paciente oncológico),
  - la organización estructurada del conocimiento, en documentos, bases de datos y software, y
  - el establecimiento de un proceso para poder medir y evaluar los resultados obtenidos (rendición de cuentas y control de gestión).

#### 7.2. Recomendaciones

- La localización, cobertura y nivel de complejidad de un Servicio de Radioterapia Oncológica, debe concentrarse en las necesidades de las personas, asegurando su accesibilidad y eficacia, estableciendo pautas clínicas y de gestión basadas en datos clínicos, listados de medicamentos esenciales, sistemas de evaluación y seguimiento y capacitación continua de los diferentes profesionales involucrados, garantizando el uso eficiente de los recursos disponibles que beneficien a la mayoría.
- Los principales objetivos del tratamiento del cáncer son la curación, la prolongación de la vida útil y el mejoramiento de la calidad de vida, y en tal sentido los servicios de tratamiento deben asignar prioridad a los tumores tempranamente detectables y los cánceres en potencia curables.
- La cantidad de Centros o Servicios de Radioterapia Oncológica que generalmente se considera necesaria en lo países en desarrollo es de uno a dos por cada millón de habitantes (*OMS;1980*); hoy día en Venezuela se dispone de 32 centros de radioterapia, por lo que se deberá evaluar la creación de 18 nuevos centros ó fortalecer y ampliar la cobertura de los existentes con la incorporación de nuevas tecnologías como la descritas en este trabajo y en consecuencia la adecuación de la infraestructura física hospitalaria y la actualización del recurso humano correspondiente.
- En el desarrollo costo-efectivo de los Servicio de Radioterapia
   Oncológica para el mayor aprovechamiento de los escasos recursos, son condiciones esenciales una planeación apropiada, una jefatura decidida, elasticidad en las políticas de importación, rapidez en los trámites aduanales y un adiestramiento anticipado del personal.
- La planeación de un nuevo Servicio de Radioterapia Oncológica debe realizarse simultáneamente con la capacitación del personal requerido, para evitar que no se cuente con el equipo después que el

personal se ha adiestrado o viceversa. Programando que terminasen al mismo tiempo, tanto el período de formación del personal, como la construcción del nuevo servicio, permitiría un arranque armónico del servicio. De no ser posible, se debe contar al menos con el físico y el radioterapeuta capacitados para que supervisen la fases finales de construcción, la instalación de los equipos y la recepción /aceptación de los mismos bajo especificaciones acordadas.

- La radioterapia moderna, con radiaciones de alta energía requiere la máxima precisión y dominio de numerosos problemas de física y técnico-científicos en general; por lo tanto para lograr tratamientos eficaces es imprescindible que exista una estrecha colaboración, en un plano de igualdad, entre el radioterapeuta y el especialista en física médica, el cual debe contar con un cargo fijo dentro de la estructura de cargos del hospital.
- El tratamiento del cáncer exige siempre una labor de equipo multidisciplinario, por lo que resulta indispensable la colaboración de todos los clínicos involucrados y las consultas en común.
- El Servicio de Radioterapia Oncológica no debería consagrase enteramente al tratamiento, es conveniente dotarlo de los medios necesarios para desarrollar actividades de investigación, que contribuirán además a elevar la calidad del tratamiento.
- Para la selección del equipamiento para tratamiento radioterápico se debe considerar los siguientes factores: la facilidad de administración de una determinada dosis y la uniformidad de la emisión; la confiabilidad en el funcionamiento y la disponibilidad de mantenimiento y servicio; la polifuncionalidad, es decir, la posibilidad de emplear el equipo de radiaciones para tratar más de uno de lo grupos de lesiones especificados (lesiones profundas, lesiones próximas a la superficie corporal, lesiones superficiales, procesos generalizados o con metástasis); la protección contra las radiaciones, el costo de inversión inicial y el costo de funcionamiento y conservación.

- Los equipos de tratamiento deben estar acordes al tipo de tratamiento que se aplica, haber pasado por las pruebas de aceptación y mediciones para su puesta en servicio, y contar con un programa eficiente de mantenimiento y reparación.
- La consideración de la obsolescencia de los equipos utilizados en el tratamiento de cáncer implica la incorporación de la tecnología de aceleradores lineales y braquiterapia de alta o baja energía en función al tipo y número de patologías demandadas. Así mismo, incluir los Sistemas avanzados de Planificación del tratamiento en 3D, con capacidad para conectarse a la base de datos del Sistema de administración de Información Oncológica, garantizando a través de la aplicación de protocolos de calidad, la seguridad de pacientes y usuarios, podría significar la administración de salud del siglo XXI en nuestro país.
- En el caso específico de actualización tecnológica para el tratamiento de enfermedades neoplásicas con radioterapia externa el equipamiento debe contemplar: acelerador lineal multienergético dual, con colimador multiláminas IMRT, sistema de imagen de visión portal y estación de trabajo; sistemas de localización y simulación, si no se dispone de simulador deberá utilizarse un tomógrafo TC, helicoidal multicorte; sistema de planificación de tratamientos, con aceptación y puesta en servicio con conexión al TC o al simulador y estaciones de trabajo para tratamiento convencional y para tratamiento IMRT; accesorios modificadores del haz, como cuñas y bloques; sistemas de colocación, inmovilización, y protección del paciente y equipos de dosimetría para realización de controles de calidad correspondientes.
- En caso que la cantidad de pacientes sea elevada y se disponga de personal técnico adiestrado, instalaciones adecuadas y de sistema para planeación de la dosis se debe seleccionar el equipo de Braquiterapia con sistema de carga diferida de dosis altas.

- Los métodos de tratamiento deben incluir el apoyo psico-social, la rehabilitación (física, psicológica y social) de las personas con deficiencias debido al cáncer, asimismo para sus familiares; y una estrecha coordinación con la asistencia paliativa para asegurar la mejor calidad de vida posible para los pacientes con cáncer.
- Siendo el cáncer considerado como una enfermedad terminal, el estado de los pacientes que acuden a los Servicios de Radioterapia Oncológica demanda una actitud comprensiva por parte del personal. La mayoría de los pacientes inquietos por la perspectiva del tratamiento, son muchas veces incapaces de tomar las decisiones más elementales o de cumplir las formalidades administrativas por sí solos. Se recomienda el empleo de asistentes o trabajadoras sociales y darle cabida al personal voluntario que presta esa asistencia y actúa como intermediario entre el paciente y el personal médico, para en particular aplacar sus tensiones y preocupaciones. Así el personal médico y administrativo podrá consagrarse a sus tareas esenciales.
- Lo fundamental para lograr los cambios deseados en el comportamiento adecuado con las nuevas políticas es efectuar la capacitación continua de los trabajadores que integran el Servicio de acuerdo con la gestión de calidad. Deben concentrarse esfuerzos en fomentar la participación activa, el mejoramiento continuo, la innovación y la creatividad. De este modo, se logrará mejorar el desempeño, abordar la diversidad socio cultural, las nuevas necesidades y los retos de un entorno cambiante.
- Al establecer las áreas y distribución de los espacios requeridos cuando se hace el diseño un Servicio de Radioterapia Oncológica se debe considerar que la radioterapia es una especialidad médica que está evolucionando rápidamente, asimismo los equipos emisores de radiaciones para tratamiento están sujetos a progreso técnico continuo, por lo que es de esperar modificaciones frecuentes. De ello se derivan los siguientes

principios de planificación: debe preverse la flexibilidad y funcionalidad de los espacios e instalaciones, la posibilidad de ampliar sin dificultad los locales de tratamiento y de modificar la disposición de las salas sin que ello perturbe gravemente el trabajo del servicio; asimismo los locales de tratamiento debe instalarse en la parte más baja de la edificación, para evitar los gastos de protección de los pisos superiores y el reforzamiento estructural.

- Deben crearse sistemas de información para vigilar los procesos e indicar modificaciones específicas para mejorarlos; un buen sistema de información permitirá identificar los retrasos en el tratamiento radioterápico y los impedimentos al seguimiento, y debe estar vinculado con los registros de cáncer basados en la población. Las lecciones aprendidas y mejores prácticas deben compartirse entre las diferentes unidades existentes por lo que sería recomendable la interconexión de los sistemas de información a través de una comunidad de conocimiento virtual.
- El proceso de adopción de una nueva tecnología, como la que se pretende en el Servicio de Radioterapia Oncológica, implica: aprendizaje, entendimiento, prueba, adopción inicial e internalización de la nueva forma de hacer las cosas, a fin de cerrar las brechas mediante la Gerencia del Conocimiento apoyada por el uso de la tecnología de información, que permite remover la incertidumbre o ignorancia en la organización de los servicios y lograr la transferencia del conocimiento a través del proceso de crear, identificar, recolectar, organizar, compartir, adaptar y usar, es decir generar un nuevo conocimiento a partir de otro incorporando nuevas prácticas y añadiendo valor. En resumen se aumenta el conocimiento útil en la organización, fomentando la comunicación, ofreciendo oportunidades para el aprendizaje, que facilita la mejora continua de los procesos, traduciéndose en una ventaja competitiva de la organización ante el cambiante entorno global.

 La implantación de este tipo de sistema de información y conocimiento, requiere la integración de todos los niveles de la organización, así como el compromiso de los integrantes para documentar toda la información que pueda llegar a ser compartida en la base de datos, porque el éxito depende en que la información este documentada en forma adecuada, y pueda utilizarse en el futuro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- American Cancer Society, ACS(2002). Información de referencia sobre el cáncer. Estados Unidos. http://www.cancer.org
- American Society of Radiologic Technologists ASRT (2002). Su equipo de tratamiento de radioterapia. Estados Unidos. <a href="http://www.astro.org">http://www.astro.org</a>
- Asociación española contra el cáncer, AECC (2005). *Radioterapia*. España. <a href="http://www.todocancer.org">http://www.todocancer.org</a>.
- Asociación Española de Radioterapia y Oncología AERO (1999).

  Documento-Guía para la Elaboración del Programa de Garantía y Control de Calidad en Radioterapia. España: AERO.
- Asociación Española de Radioterapia y Oncología AERO (2001). Recomendaciones de la AERO sobre estándares asistenciales mínimos en servicios de oncología radioterápica. España: AERO.
- Asociación Española de Radioterapia y Oncología, AERO (2004). Radioterapia. España. http://www.ciencia.net
- Binia S. (2003). Radioterapia Oncológica. Argentina: Fundación Escuela de Medicina Nuclear , FUESMEN. <a href="http://www.fuesmen.edu.ar">http://www.fuesmen.edu.ar</a>
- Cedrés, S. (2002). Los Establecimientos de Salud, Criterios de diseño y planificación. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Conserjería de Sanidad y bienestar Social de Castilla y León, SACYL (2004). Pliego de prescripciones técnicas que regirá en el concurso abierto convocado por SACYL para el suministro de un acelerador lineal

- con destino al hospital "general Yagüe" de Burgos y la ejecución de las obras necesarias para su instalación. España: SACYL.
- ECRI (2002). Lineal Accelerators; Radiotherapy Units, Cobalt. Estados Unidos: Ecri. Healthcare Product Comparison System.
- Educación Médica Continua (2003). Radioterapia. México. <a href="http://www.tusalud.com">http://www.tusalud.com</a>
- Green R. (2001). *Radioterapia*. Estados Unidos: Enciclopedia Médica. http://www.medlineplus.com
- Instituto de Radiomedicina, IRAM. (sin fecha). Información a pacientes.

  Argentina. <a href="http://www.institutodeRadiomedicina.com">http://www.institutodeRadiomedicina.com</a>
- Instituto Nacional del Cáncer (2003). El cáncer: preguntas y respuestas. Estados Unidos. <a href="http://www.cancernet.nci.nih.gov">http://www.cancernet.nci.nih.gov</a>.
- Instituto Nacional del Cáncer de USA (2004). Programa de Centros Oncológicos del Instituto Nacional del Cáncer. Estados Unidos. http://cancer.net.nci.gov
- Instituto Privado de Radioterapia Oncológica, IPRO (2002). Radioterapia. http://www.latin-cancer.com
- Maryland Regional Cancer Care, MRC. (Sin fecha). *Información para pacientes*. Estados Unidos: MRC. <a href="http://www.marylandcancercare.com">http://www.marylandcancercare.com</a>
- Ministerio de Salud de Chile, División de Salud de la personas, Unidad de Cáncer. (1999). Normas de Radioterapia para la Acreditación de Servicios. Chile.

- Ministerio de Salud y Desarrollo Social, MSDS (2003). *Memoria y Cuenta*. Venezuela: MSDS.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, MSAS. Unidad Coordinadora de Proyecto Salud. (1996). *Guía Metodológica para la elaboración de Planes Estadales de Salud*. Venezuela: MSAS.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, MSAS. Unidad Coordinadora de Proyecto Salud. (2001). Servicio de Radioterapia: Programa arquitectónico Funcional. Venezuela: MSAS.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1983). Gaceta Oficial de la República de Venezuela Nº 32650: Normas sobre clasificación de establecimientos de atención médica del Subsector Público. Venezuela.
- Morello E. Cámara de Instituciones de diagnóstico médico, CADIME (2000).

  Manual de Radioprotección. Argentina: CADIME.

  http://www.cadime.com.ar
- Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA (2002). Aspectos Físicos de la Garantía de Calidad en Radioterapia: Protocolo de Control de Calidad. Austria: OIEA.
- Organización Mundial de la Salud, OMS (1966.) Serie de Informes técnicos Nº 328: Organización de los Servicios de Radioterapia. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud, OMS (1980). Serie de Informes técnicos Nº 644: Empleo Óptimo de la radioterapia. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud, OMS (2004). Programas Nacionales de Control de Cáncer. Políticas y Pautas para la Gestión. Ginebra: OMS.

- Palacios, L. (2000). *Principios esenciales para realizar proyectos. Un enfoque latino.* (2° ed.). Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Pérez, F. (2001). Un Modelo de Hospital. España: Ars Medical.
- Project Management Institute (2002). *Una Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos* (Traducido al español por PMI Capítulo Argentina). Maryland, EUA: Automated Graphic Systems (Original publicado en 2000.)
- Roselló J. (2004) Control de calidad en radioterapia externa conformada e IMRT. España: Hospital Central de Valencia.
- Sánchez G., P. (2001) Introducción a la física de la radioterapia. España: Unidad de radiofísica del Hospital Central de Asturias. Oviedo (Revisión Octubre 2001).
- Santalla, Zuleyma (2003). Guía para la elaboración formal de reportes de investigación. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Yáber, G. y Valarino, E. (2003). Tipología, fases y modelo de gestión para la investigación de postgrado en Gerencia. Venezuela.