

**Curso de capacitación continuada en
materia de radioprotección para
Responsables de Protección
Radiológica.**

**P-26 Particularidades de la Protección
Radiológica en Radioterapia.**

Objetivo

- **Que los participantes conozcan las particularidades de los aspectos de protección radiológica en la práctica de Radioterapia.**

CONTENIDO

- ✂Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica.
- ✂Requisitos de diseño de equipos.
- ✂Requisitos de diseño de las instalaciones. Blindajes.
- ✂Particularidades de la exposición ocupacional y de público en Radioterapia.
- ✂Particularidades de la exposición médica en Radioterapia.

Requisitos administrativos y organizacionales de la práctica

Requisitos administrativos y organizacionales

AUTORIZACIONES

Según la Norma UY 117 la práctica de Radioterapia se clasifica como Práctica de Categoría 1 y 2



Licencia

Teleterapia con LINAC, categoría 1



Braquiterapia HDR, categoría 2



Braquiterapia LDR, categoría 4



Registro

Requisitos organizacionales de la práctica

El Representante Legal debe presentar la correspondiente solicitud de licencia o a la ARNR según se establece en la Guía de Autorizaciones de Instalaciones vigente en URUGUAY.

Para solicitar la Licencia de Operación se debe presentar:

- Solicitud escrita y firmada por el representante legal con los datos de la instalación.
- Acreditación de la personería jurídica en caso de tratarse de una institución.
- Informe de Seguridad de la Práctica que se desarrollará en correspondencia con el Anexo 1.
- Especificaciones técnicas de las fuentes.
- Certificados de calibración de detectores y equipamiento adicional, cuando corresponda.
- Nota de designación del responsable de protección radiológica.
- Resultados de las pruebas de aceptación y puesta en servicio de los equipos.
- Plan de emergencia.

Requisitos organizacionales de la práctica

Autorizaciones Individuales

La Guía de Autorizaciones Individuales regula los requisitos de capacitación y autorización del personal que trabaja usando las radiaciones ionizantes.

Según el Artículo 23 de la Guía de Autorizaciones Individuales requieren estas autorizaciones:

- Responsable de Protección Radiológica; **RPR**
- Personal que manipule directamente la fuente de radiación u opere fuentes y equipos, en las instalaciones de Categoría 1, 2, 3, incluido el personal que realice el servicio técnico. **Tecnólogos y Personal de Servicio Técnico.**
- Personal médico que prescribe procedimientos diagnósticos y terapéuticos y personal que planifica los tratamientos médicos donde se involucran fuentes de radiación. **Médicos Oncólogos Radioterapeutas y Físicos Médicos**

Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Representante Legal

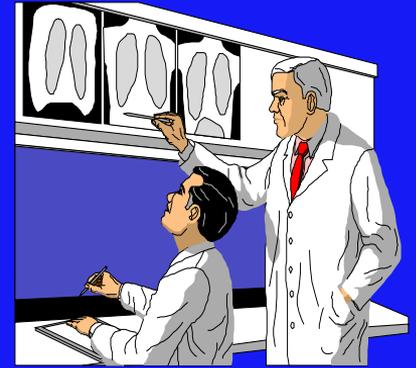
- Establecer el programa de protección radiológica.
- Proporcionar los recursos necesarios para que se cumpla con el programa de protección radiológica.
- Designar a un Responsable de Protección Radiológica que se encargará de supervisar el cumplimiento del programa de protección radiológica.
- Garantizar la adecuada protección de los pacientes, personal y miembros del público.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades de los **Médicos Oncólogos Radioterapeutas**, Norma UY 123:

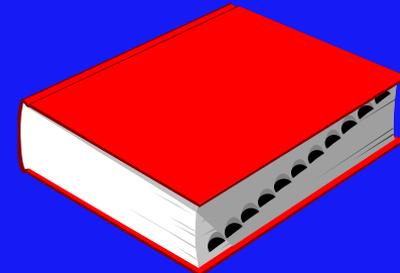
- prescribir los tratamientos radioterapéuticos de forma justificada para cada paciente;
- aprobar el marcado de los volúmenes clínicos y anatómicos de las estructuras asociadas al tratamiento en el planificador;
- aprobar los planes de tratamientos elaborados para cada paciente, en correspondencia con la prescripción realizada;
- participar y aprobar el posicionamiento inicial del paciente;
- velar que los tratamientos a los pacientes se realicen en correspondencia con lo prescrito;
- realizar el seguimiento clínico semanal para los pacientes de teleterapia tratados con fraccionamiento convencional. En el caso de tratamientos de braquiterapia o tratamientos de teleterapia hipofraccionados el seguimiento clínico se realizará con la frecuencia establecida en los protocolos clínicos vigentes;
- suspender el tratamiento cuando haya justificación clínica o cuando existan evidencias clínicas de que el tratamiento administrado al paciente no se corresponde con los resultados esperados e investigar las causas;
- supervisar que se registren adecuadamente los datos asociados con el avance de los tratamientos de los pacientes en curso.
- supervisar que se registren adecuadamente los resultados de los tratamientos en las historias clínicas de los pacientes;
- informar al RPR de cualquier situación que implique un detrimento de la protección radiológica.



Requisitos organizacionales de la práctica

Denominación de los Físico, Norma UY 123.

Denominación	Requisitos	Autorización individual
Físico médico en formación	Licenciatura en física médica	No se otorga autorización individual
	Licenciatura en física o equivalente	
Físico médico	Disponer de autorización individual emitida previamente a la publicación de la presente normativa.	Se otorga autorización individual.
Físico médico cualificado	Licenciatura en física médica, física o equivalente + Título de posgrado vinculado a la radioterapia + Formación clínica supervisada de al menos dos mil horas por un FMC	Se otorga autorización individual.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del **Físico Médico**, Norma UY 123.

d) El físico medico:

- todas las responsabilidades del físico médico cualificado que se deriven de las autorizaciones individuales vigentes al momento de la aprobación de la presente norma, con la excepción de elaborar programas de capacitación e impartir acciones de capacitación en materia de física médica para los físicos médicos en formación;
- esto estará restringido a los equipos, técnicas de tratamientos y centros de radioterapia ya autorizados en las mismas.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Físico Médico Cualificados, Norma UY 123.

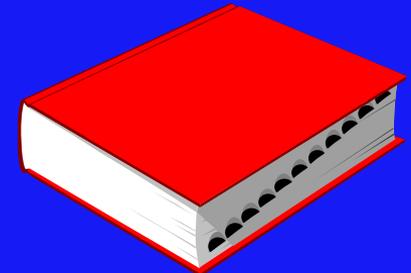
- aprobar las pruebas de aceptación y realizar la puesta en servicio de los equipos y las fuentes utilizadas en correspondencias con protocolos aceptados internacionalmente;
- elaborar el informe de puesta en servicio de los equipos que serán utilizados en la clínica y someter este informe a la aprobación del físico médico responsable;
- elaborar y aprobar los planes de tratamientos para técnicas de tratamientos convencionales (2DRT y 3DCRT) y en técnicas avanzadas de radioterapia (IMRT, SRT, SBRT, HDR, etc.) asegurando que se corresponden con la prescripción médica y los criterios de optimización establecidos;
- aprobar la revisión redundante e independiente de los planes de tratamiento elaborados en el TPS, en lo relativo a la verificación de las unidades de monitor o tiempo de tratamiento según corresponda;
- participar en el posicionamiento inicial del paciente velando por la implementación de los aspectos físicos del plan de tratamiento elaborado;
- revisar la realización de las pruebas diarias y pruebas mensuales de los equipos del servicio, siguiendo los protocolos establecidos y supervisar el mantenimiento actualizado de los registros correspondientes;
- realizar la calibración de todas las unidades de tratamiento y fuentes radiactivas de acuerdo con los protocolos adoptados;
- evaluar el alcance de la reparación realizada a los equipos, realizar las pruebas de control de calidad si estas son requeridas y aprobar el reinicio de los tratamientos después de confirmar los resultados favorables de las mismas;
- elaborar programas de capacitación e impartir acciones de capacitación en materia de física médica para los físicos médicos en formación;
- asesorar en el proceso de compra de los equipos de radioterapia con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los requisitos de seguridad radiológica.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del Responsable Físico, Norma UY 123.

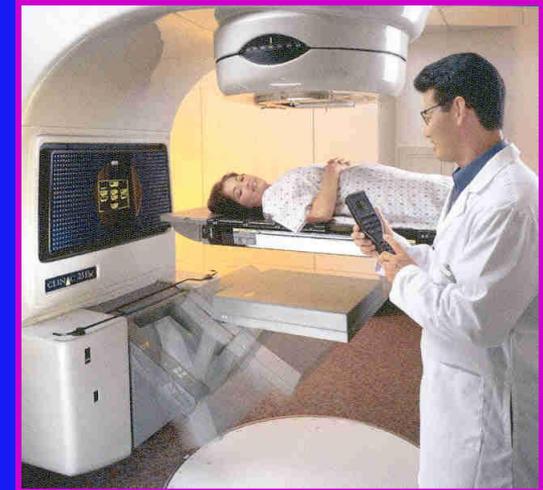
- implementar y aprobar los aspectos físicos del PPSR que se correspondan con los equipos y técnicas de tratamiento utilizadas;
- aprobar los cálculos de blindaje del centro;
- aprobar las pruebas de aceptación y puesta en servicio de los equipos y las fuentes utilizadas;
- velar por el cumplimiento del programa de mantenimiento de los equipos y alertar al representante legal cuando el mismo se haya afectado;
- supervisar que se realice la revisión redundante e independiente, de los planes de tratamiento elaborados en el sistema de planificación de tratamientos (TPS), en lo relativo a la verificación de las unidades de monitor, cuando corresponda;
- diseñar, implementar y controlar sistemáticamente el programa de control de calidad de los equipos, siguiendo los protocolos establecidos y manteniendo actualizados los registros correspondientes;
- aprobar las calibraciones de todas las unidades de tratamiento y verificar la actividad de las fuentes radiactivas de acuerdo con los protocolos adoptados;
- velar por que se realicen las calibraciones de los instrumentos de medición (cámaras, electrómetros, barómetro, termómetros, etc.) empleados en la puesta en servicio y controles de calidad de equipos y de las fuentes utilizadas en el servicio;
- aprobar las pruebas de aceptación de los equipos para su uso clínico luego de ser reparados, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. En caso de no existir, determinar la necesidad y alcance de los controles a realizar;
- implementar las acciones de capacitación y actualización en física médica de todo el personal una vez que se incorporen al servicio o en casos donde el servicio incluya nuevos equipos o técnicas de tratamiento;
- asignar y supervisar las tareas a realizar por los otros físicos del servicio sin que esto signifique delegar responsabilidades;
- informar al RPR y al médico vinculado las situaciones anómalas en relación a la entrega de dosis a pacientes.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del **Tecnólogo en Radioterapia**, UY 123

- administrar el tratamiento al paciente de acuerdo con la prescripción clínica y la planificación;
- garantizar la correcta identificación de los pacientes;
- mantener actualizada la hoja de tratamiento del paciente en lo relativo a la ejecución del mismo;
- observar la evolución clínica del paciente, detectar signos tempranos de complicaciones y si corresponde derivar al paciente al oncólogo radioterapeuta;
- realizar moldes, bolus y confeccionar los sistemas de inmovilización según los protocolos del servicio;
- proveer cuidado al paciente, prestando atención a su posicionamiento y a los parámetros de seguridad del equipo durante el tratamiento;
- participar en el posicionamiento inicial y realizar el posicionamiento durante todas las sesiones del tratamiento del paciente;
- detectar los problemas de funcionamiento de los equipos y reportar al físico médico de inmediato;
- conocer y aplicar las regulaciones vigentes en materia de protección radiológica, y detectar riesgos de irradiación innecesaria del público y del paciente;
- mantener actualizado el registro de las anomalías e incidencias en los equipos;
- contribuir en instancias de capacitación en el área;
- llevar a cabo el procedimiento de simulación según los protocolos clínicos del servicio y las indicaciones médicas;
- informar al responsable físico, al radioterapeuta vinculado y al RPR las situaciones anómalas en relación a la entrega de dosis a los pacientes.



Requisitos organizacionales de la práctica

Responsabilidades del RPR, UY 123

- asesorar al representante legal en la toma de decisiones relativas a la seguridad radiológica de la práctica;
- hacer cumplir los requisitos de protección y seguridad radiológica establecidos en las regulaciones vigentes, así como los requisitos y condiciones de las autorizaciones otorgadas;
- verificar que todos los prestadores de servicios técnicos que así lo requieran (mantenimiento de equipos, reparación, dosimetría personal, etc.) tengan autorización de la ARNR para el cumplimiento de sus funciones y que dicha autorización se encuentra vigente;
- elaborar e implementar el PPSR;
- asegurar el cumplimiento de los procedimientos aprobados en el marco del PPSR;
- comunicar de inmediato al representante legal cualquier hecho que a su juicio pueda implicar un aumento del riesgo de exposición para los TOE, los pacientes o el público;
- llevar a cabo la vigilancia radiológica de la instalación considerando a los TOE, los pacientes, al público en general y al medio ambiente;
- supervisar las operaciones de mayor riesgo y velar por el cumplimiento de los procedimientos de seguridad radiológica aplicables a la práctica;
- realizar auditorías internas periódicas al PPSR;
- conducir la investigación e implementación de acciones correctivas resultantes de exposiciones accidentales, médicas, ocupacionales y del público;
- organizar y realizar ejercicios y simulacros de los planes de emergencia;
- estar presente durante las inspecciones reguladoras y velar por que se corrijan las observaciones de los inspectores de la ARNR;
- impartir acciones de capacitación y actualización en protección radiológica para todo el personal.



Requisitos organizacionales de la práctica

Plantel (Staff) del Servicio de Radioterapia, Artículo 74 Norma UY 123

Artículo 74.- Para la realización de la práctica de radioterapia se debe contar como mínimo con la presencia efectiva del personal siguiente:

- a) **Oncólogo radioterapeuta:** 40 horas semanales por cada 300 pacientes tratados anualmente. Se garantizará que, como máximo, un oncólogo radioterapeuta no esté atendiendo más de 25-30 pacientes en cualquier momento en que su carga de trabajo sea evaluada.
- b) **Físico médico:** 40 horas semanales de físico médico autorizado por cada servicio, de las cuales al menos 20 horas serán ocupadas por un "físico médico cualificado" (FMC). Cuando se realizan técnicas avanzadas de RT (por ejemplo, IMRT, VMAT, SBRT, SRS, etc.) se deben adicionar 10 horas semanales de "físico médico cualificado". Además, en todos los casos, el número total de horas de físicos médicos en el servicio debe satisfacer lo establecido en la tabla *Dotación de físicos médicos ARNR (Anexo III)* considerando todos los niveles y horas efectivas de los físicos disponibles en la clínica.
- c) **Técnico en radioterapia:**
 - Dos técnicos por equipo de teleterapia dedicados a la ejecución de los tratamientos, tratando no más de 20 pacientes por turno de 4 horas de trabajo.
 - Un técnico por equipo de braquiterapia HDR dedicado a la ejecución de los tratamientos, tratando no más de 4 pacientes por turno de 4 horas de trabajo.
 - Un técnico por equipo de simulación.
- d) **RPR y sustituto.**
 - Este rol puede ser llevado cabo por uno de los profesionales anteriormente señalados atendiendo a lo establecido en la Guía de autorizaciones individuales.



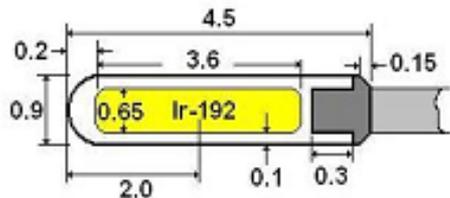
Requisitos de diseño de fuentes equipos e
instalaciones. Blindajes

Requisitos de diseño de las fuentes utilizadas en Braquiterapia

Las fuentes utilizadas en Radioterapia deberán satisfacer los requisitos de la normativa ISO- 2919

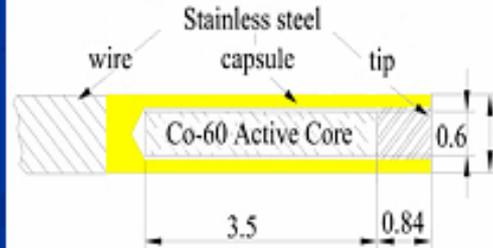
Los requisitos para la hermeticidad de las fuentes utilizadas en Radioterapia deberán satisfacer las exigencias de la normativa ISO - 9978

NUCLETRON

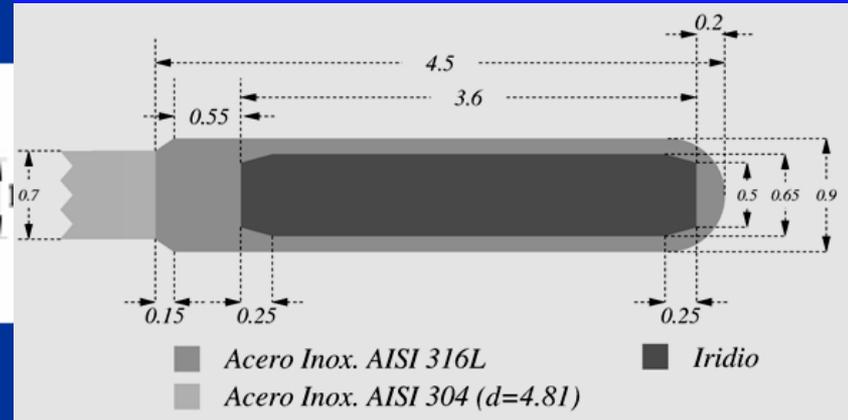


“Nuevo” diseño
105.002

ECKER & ZIEGLER



Diseño
BEBIG GmbH



Diseño de equipos usados en la práctica de Radioterapia

Normativa internacional aplicable:

En la UY 100, artículo 178 se establece que los titulares de licencia “velaran por que el equipo radiológico médico y los programas informáticos que puedan influir en la administración de la exposición medica se utilicen solamente si se ajustan a las normas aplicables de la Comisión Electrotécnica Internacional”.

IEC-60601-2-1, Para aceleradores (LINAC);

IEC-60601-2-11, Para equipos de terapia con haces externos;

IEC-601-2-8, Para equipos de terapia superficial con rayos X;

IEC-60601-2-29, Para simuladores;

IEC-62083, Para sistemas de planificación de tratamientos (TPS);

IEC-60601-1-4, Para sistemas de control computarizados de equipos médicos.

IEC-60601-2-17, Para equipos de braquiterapia de carga diferida automática.



NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
601-2-1

1981
MODIFICATION 2
AMENDMENT 2
1990-02

Modification 2 à la Publication 601-2-1 (1981)

Sécurité des appareils électromédicaux

Deuxième partie:

Règles particulières pour accélérateurs médicaux
d'électrons dans la gamme 1 MeV à 50 MeV
Section Un: Généralités

Section Deux: Sécurité radiologique des appareils

Amendment 2 to Publication 601-2-1 (1981)

Safety of medical electrical equipment

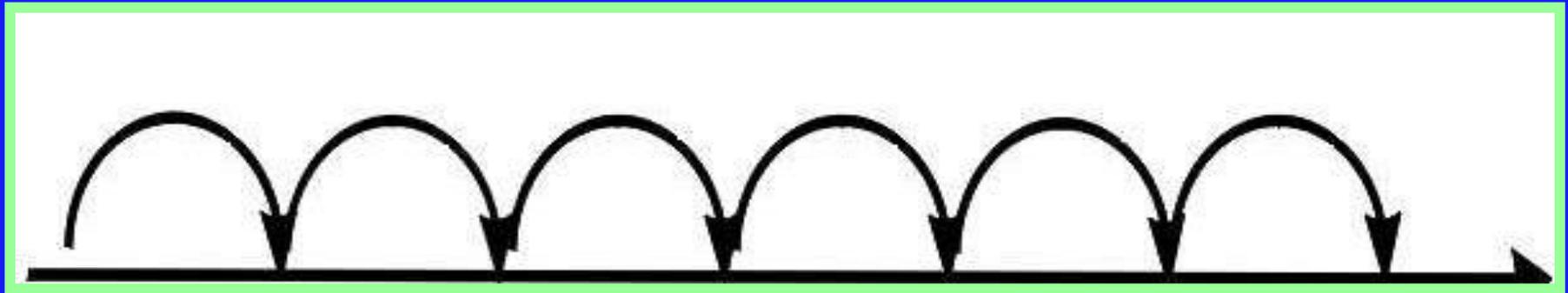
Part 2:

Particular requirements for medical electron
accelerators in the range 1 MeV to 50 MeV
Section One: General

Section Two: Radiation safety for equipment

Requisitos de diseño de las Instalaciones

La Radioterapia es un proceso que contempla la realización de múltiples etapas y tareas. El servicio de Radioterapia deberá incluir en su diseño diferentes locales y áreas donde se puedan ejecutar dichas etapas y tareas.



Diagnóstico Prescripción Def. del Volum. Simulación Planeación Tratamiento Seguimiento

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Ejemplo de distribución de locales en Radioterapia.

Pacientes a Tratamiento.



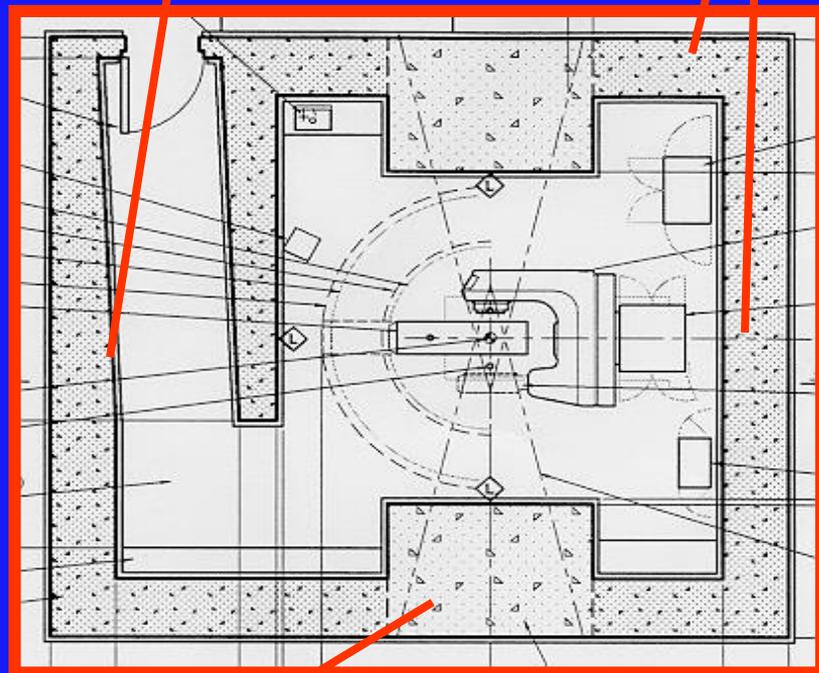
1. Jefe de Servicio
2. Consultas.
3. Planificación.
4. Local del Físico.
5. Delineación de volúmenes.
6. Citas de Radioterapia
7. Espera de pacientes.
8. Vestidores.
9. Local del TAC.
10. Panel de control del TAC.
11. Revelado placas Portales.
12. Local del LINAC.
13. Panel de Control LINAC
14. Local Equipo de Co⁶⁰.
15. Panel de Control Co⁶⁰
16. Cuarto de Molde.
17. Archivo, Control de Citas.
18. Baños.

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Los locales (Bunker) donde se instalan los equipos de Radioterapia deberán ser diseñados y construidos cumpliendo requisitos de Blindajes apropiados (cálculo de blindaje).

Laberinto

Barrera
Secundaria



Barrera Primaria

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Información requerida.

- Tipo de equipos
- Materiales
- Carga de trabajo
- Factor de uso
- Factor de Ocupación
- Distancia al área de interés
- Valor límite (restricción de dosis) en el área a blindar.
- Tipo de equipo que será utilizado (energías de fotones disponibles).
- Tasa de dosis en el isocentro.
- Técnicas de tratamiento que serán utilizadas (3DCRT, IMRT, TBI).
- Campo máximo.
- Distancia fuente-isocentro.



Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Carga de trabajo (W).

- Se mide por lo general en Gy/sem a un metro
- Debe considerar TODOS los usos (ej. incluir las mediciones de QA)
- Para procedimientos convencionales de radioterapia se puede determinar de la siguiente forma:

$$W_C = N \cdot D \cdot n_b \cdot d$$

Donde:

N – es el número de casos diarios

D – es la dosis promedio diaria a un metro por pacientes

d – días a la semana que se trabaja

n_b – número de blancos que como promedio se trata en cada paciente

- Debe incluir la “Carga Física” (W_{QA}) debido a QA y otras cargas debido a otras contribuciones.
- $W_T = W_C + W_{QA} + W_{TBI} + W_{IMRT} + \dots$



Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Factor de Uso (U) y Factor de Ocupación (T).

Factor de Uso (U).

- Es la fracción de tiempo que el haz primario está dirigido a una dirección específica, es decir al punto de cálculo escogido
- Debe incorporar márgenes para el uso realista.
- Deben utilizarse valores recomendados.

Factor de Ocupación (T).

- Fracción de tiempo que un sitio específico está ocupado por personal, pacientes o público
- Por ejemplo, su valor es de 1, para todas las oficinas y áreas de trabajo, a 1/40 para áreas de parqueo de automóviles (NCRP 151)

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Límite de diseño o Restricción (P).

TABLE 2. SUMMARY OF RECOMMENDED/LEGAL EFFECTIVE DOSE LIMITS AND DESIGN EFFECTIVE DOSE LIMITS

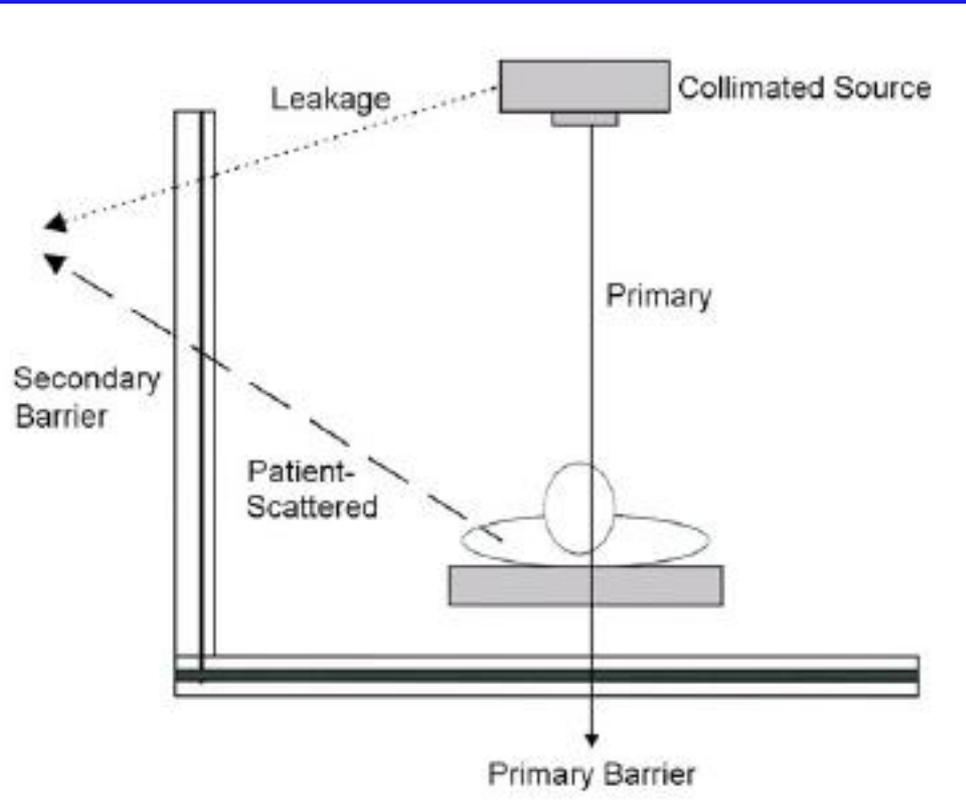
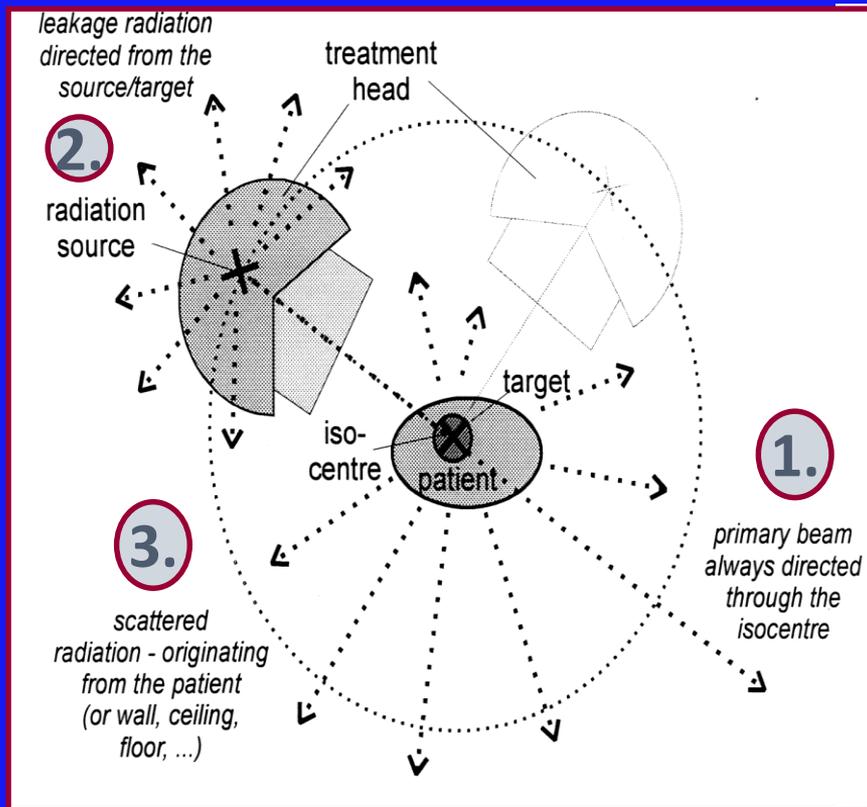
Dose limit	IAEA [1]	USA	United Kingdom
Occupational exposure dose limit	20 mSv per year averaged over 5 consecutive years and 50 mSv in any single year	Implied annual limit of 10 mSv, cumulative dose of age \times 10 mSv, and 50 mSv in any single year [9]	20 mSv in a year or 100 mSv in 5 consecutive years and 50 mSv in any single year [7]
Design limit for occupational exposure		Fraction of 10 mSv annually [9]	6 mSv in a year [7] IDR is $7.5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ [6]
Public dose limit	1 mSv in a year	Infrequently, 5 mSv annually, and continually, 1 mSv annually [9]	1 mSv in a year [7]
Design limit for public area		1 mSv annually [10] 20 μSv in any hour [8]	0.3 mSv in a year [7] IDR is $<7.5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ [6] TADR is $<0.5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ [6] TADR2000 $<0.15 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ [6]

En el Artículo 8 de la Norma UY 123 se define la restricción de dosis en:

- TOE, 6 mSv/año.
- Público, 0.3 mSv/año

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Fuentes de Radiación.



Requisitos de diseño de las Instalaciones

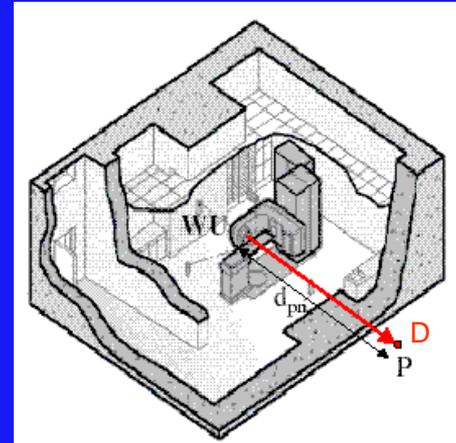
Pasos básicos de la metodología

- *Establecimiento del valor de Dosis (P) requerido en función del área a proteger. Habitualmente se utiliza la restricción de dosis.*
- *Estimación de la Dosis (D) en el punto a proteger asumiendo que no existe el blindaje.*
- *Obtención del Factor de Transmisión necesario para reducir el valor de **D** hasta el valor de P. El factor de transmisión se calcula como $B=P/D$.*
- *Cálculo del espesor de blindaje asumiendo una atenuación logarítmica.*

$$S = n * TVL, \quad \text{donde:}$$

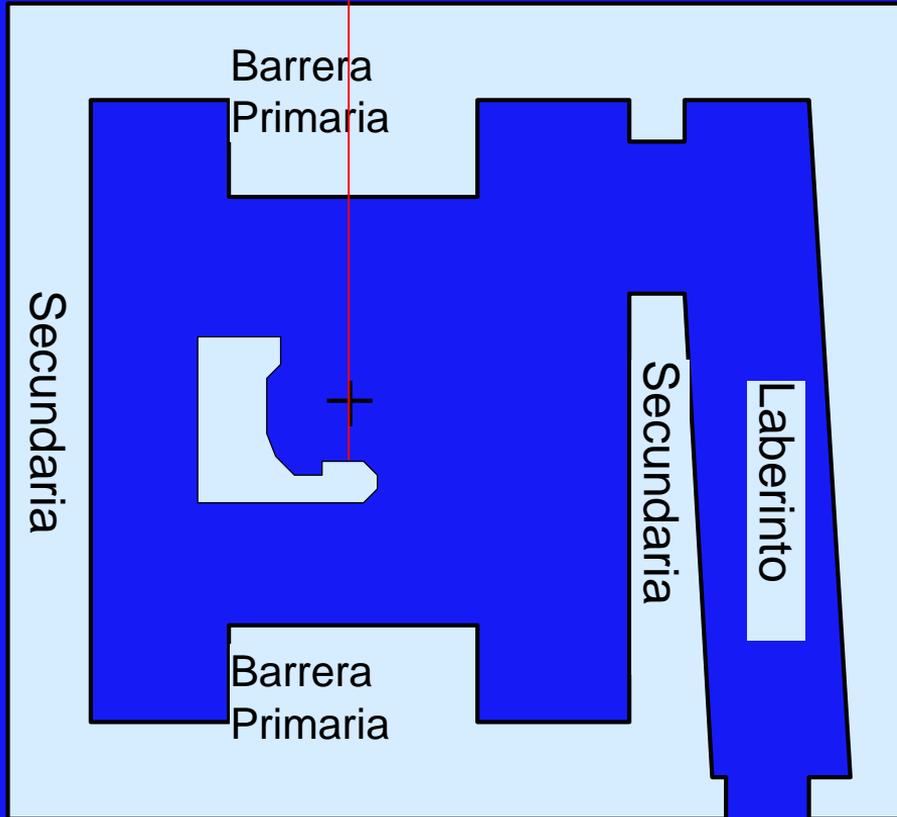
$$n = \log(1/B).$$

TVL es el espesor de la capa décimo-reductora.



Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo de B en la Barrera Primaria.



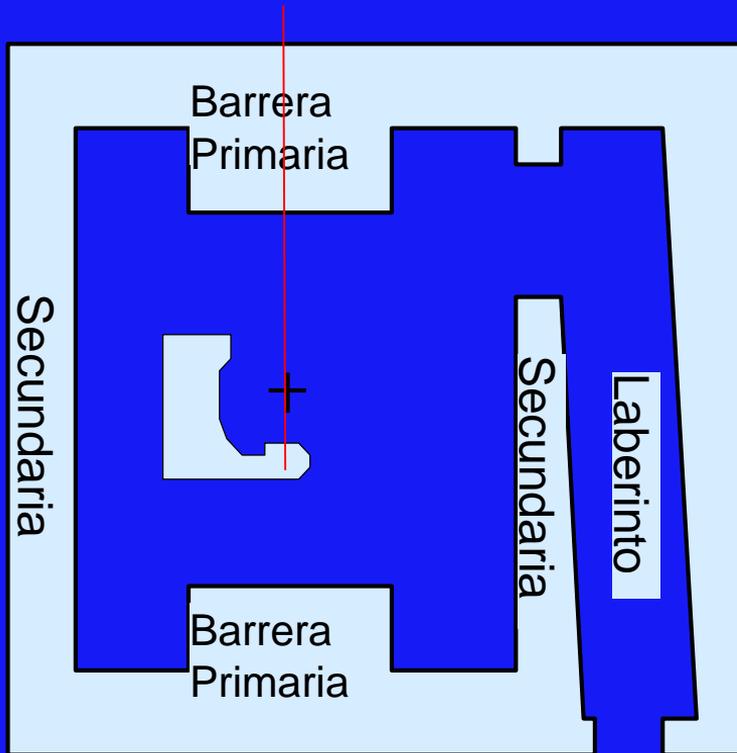
$$B_{pri} = \frac{P \cdot d^2}{WUT}$$

Donde:

- P – [Sv/sem]
- d - [m]
- W – [Gy/sem] a 1 metro
- U y T – sin unidades
- B_{pri} - Factor de Transmisión

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo de S en la Barrera Primaria.



$$n = \log \left(\frac{1}{B_{pri}} \right)$$

$$S = TVL_1 + (n-1) \cdot TVL_e$$

$$S = n \cdot TVL$$

Nota: Elegir correctamente TVL_1 y TVL_e para la energía del haz.

Si la máquina dispone de dos energías de fotones calcule S_1 y S_2 y verifique:

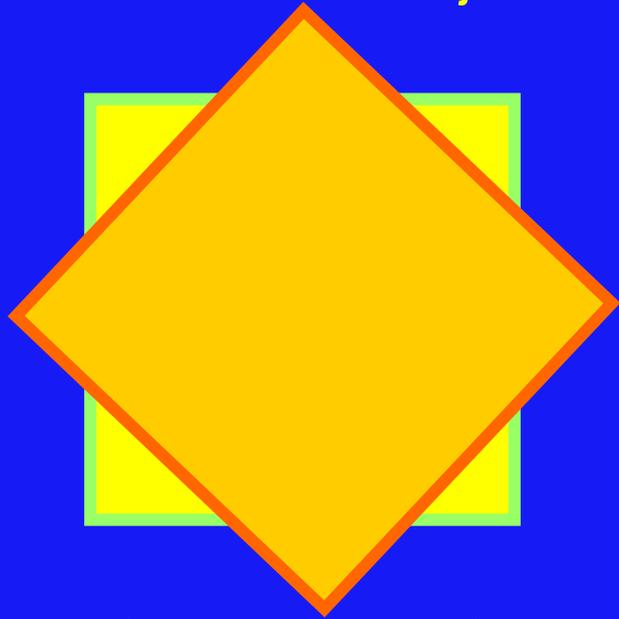
$$|S_1 - S_2| \geq TVL \Rightarrow S = \text{Max}(S_1, S_2)$$

De lo contrario:

$$S = \text{Max}(S_1, S_2) + HVL$$

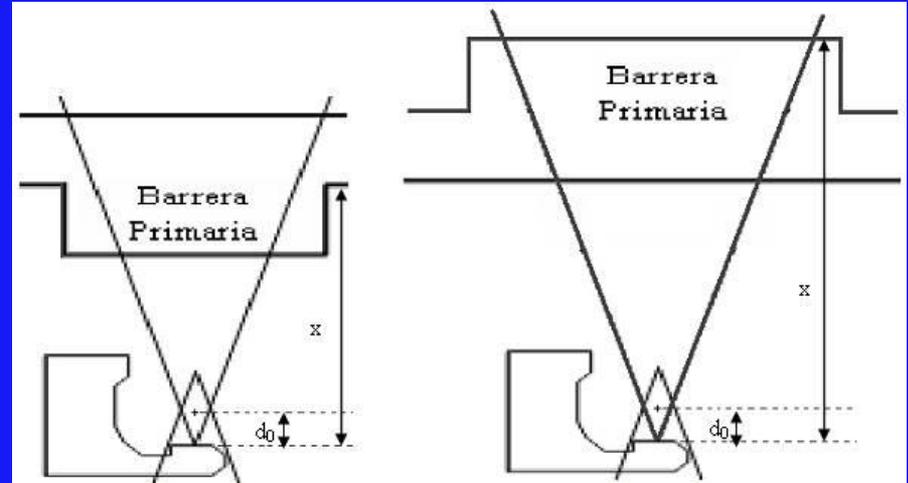
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo del ancho (A) de la Barrera Primaria.



Tamaño de campo

Dimensión de campo máxima



$$A = A_{45} \cdot \frac{x}{d_0} + 0.61$$

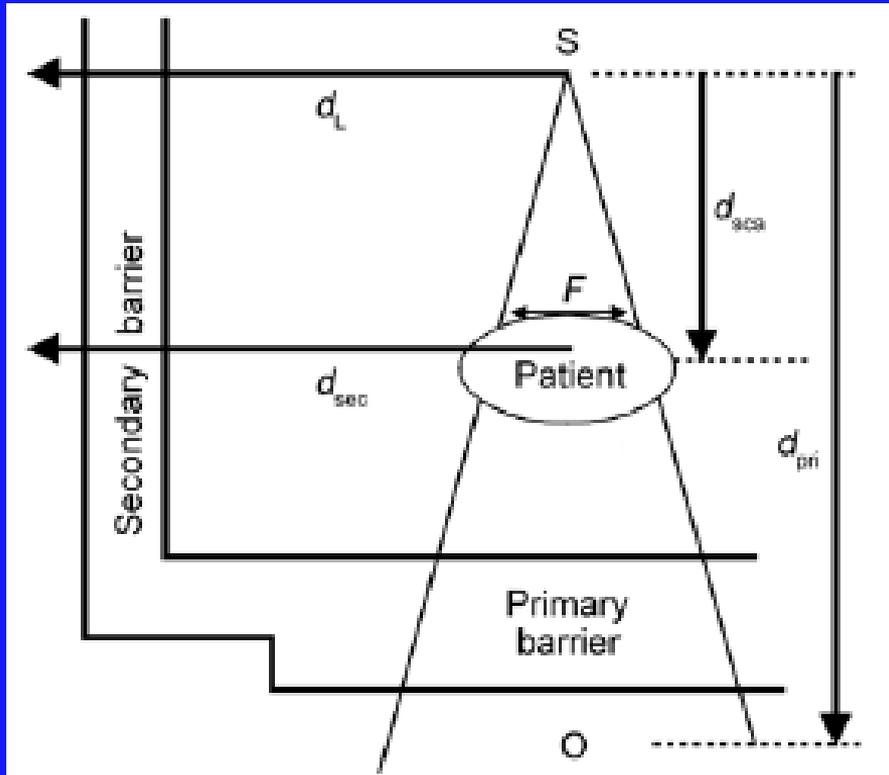
$$A_{45} = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

Donde:

- d_0 es la distancia desde la fuente hasta el isocentro en metros,
- x es la distancia en metros a la cual es proyectada el campo máximo

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo de la Barrera Secundaria. Fuga (BL)



Donde:

$$B_L = \frac{P d_L^2}{10^{-3} W T}$$

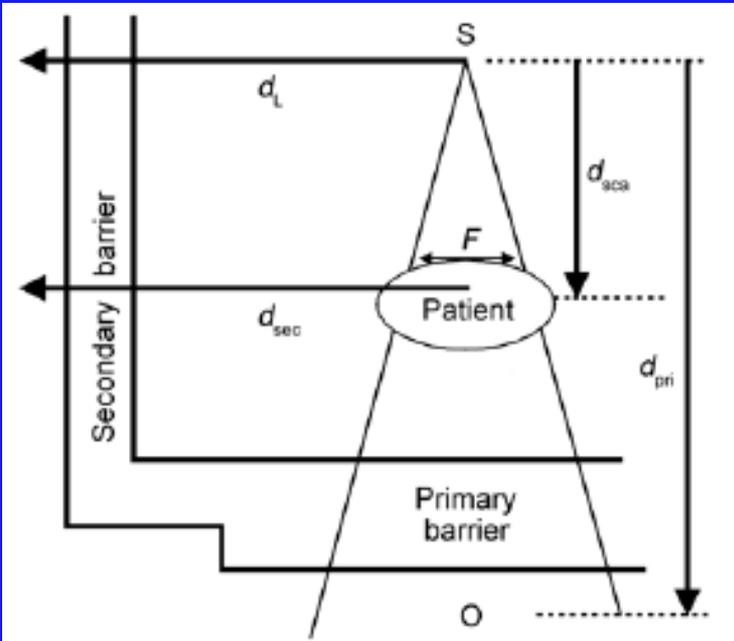
- d_L - [m]
- T – Factor de ocupación
- $W = W_L$ – [Gy/sem] a 1 metro
- B_L – Factor de Transmisión por fugas

$$W_L = W_{conv} + CI * W_{IMRT}$$

Donde, CI es el factor IMRT que puede estar entre 2 y 10

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo de la Barrera Secundaria. Dispersa (B_p)



$$B_p = \frac{P d_{sca}^2 d_{sec}^2}{a W T (F/400)}$$

Donde:

- B_p -es el Factor de Transmisión para radiación dispersa
- a -es la fracción de dispersión definida a la distancia d_{sca}
- F -es el área del campo incidente en el paciente en cm^2

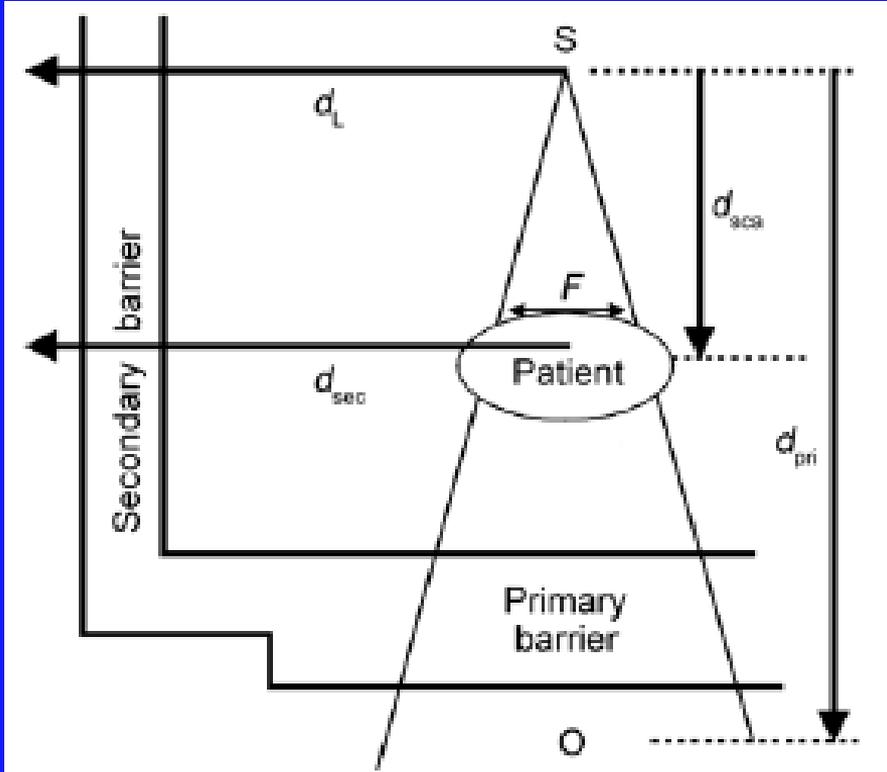
$$n = \log\left(\frac{1}{B_p}\right)$$

$$n = \log\left(\frac{1}{B_L}\right)$$

$$S_{p,L} = TVL_1 + (n - 1) \cdot TVL_e$$

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo de la Barrera Secundaria. Dispersa (B_p)



$$S_{p,L} = TVL_1 + (n-1) \cdot TVL_e$$

Una vez calculado S_p y S_L , Si:

$$|S_p - S_L| \geq TVL \Rightarrow S_s = \text{Max}(S_p, S_L)$$

De lo contrario:

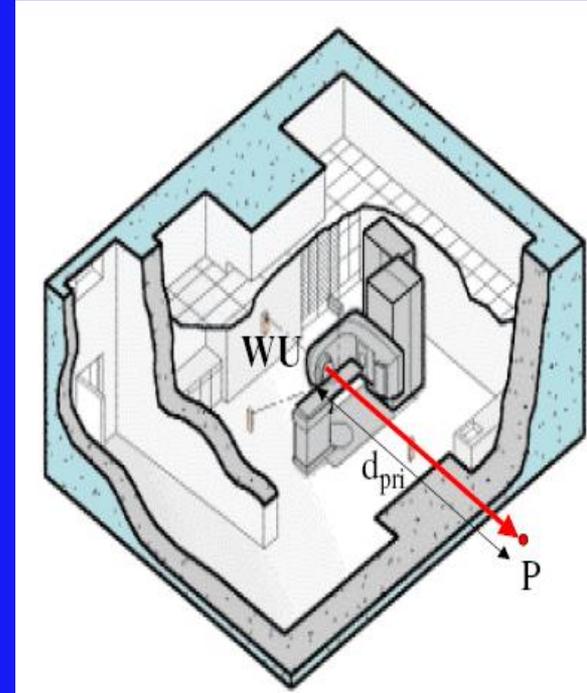
$$S_s = \text{Max}(S_p, S_L) + HVL$$

$$S_s = \text{Max}(S_p, S_L) + 0.301 \cdot TVL$$

Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo del Laberinto.

- Lo ideal es que éste sea tan largo y de pequeña sección transversal como sea posible.
- El ancho mínimo se puede determinar por las dimensiones de la unidad de tratamiento a trasladar por esta ruta y/o para permitir el acceso de una cama de hospital.
- Un laberinto adecuado reduce la necesidad de una puerta de blindaje costosa y pesada.
- Constituye una ruta para conductos de ventilación y conductores eléctricos, sin comprometer el blindaje.



Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo del Laberinto.

H_{PS}

Dosis en la puerta del laberinto debida a la radiación dispersa en el paciente.

H_s

Dosis en la puerta del laberinto debida a la dispersión del haz primario en la pared.

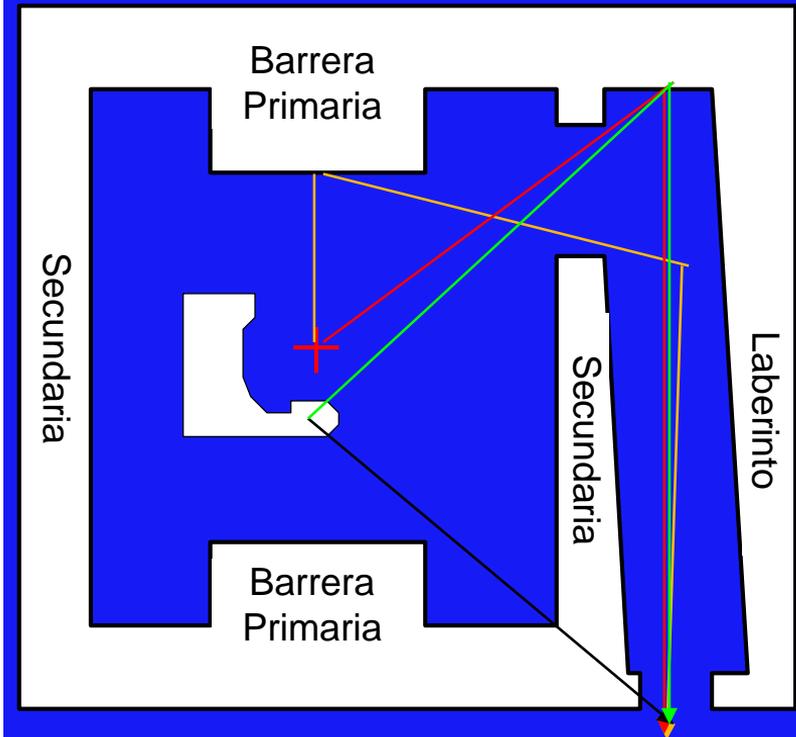
H_{LT}

Dosis en la puerta del laberinto debida a la radiación de fuga que se transmite a través de la pared del laberinto.

H_{LS}

Dosis en la puerta del laberinto debida a la dispersión de la radiación de fuga.

Dosis por fotones en la entrada del laberinto



Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo del Laberinto.

Para cada ángulo del Gantry puede obtenerse el aporte de cada contribución según la ecuación:

$$H_G = f H_S + H_{LS} + H_{ps} + H_{LT}$$

f , considera la fracción transmitida a través del paciente. Aproximadamente un 30%

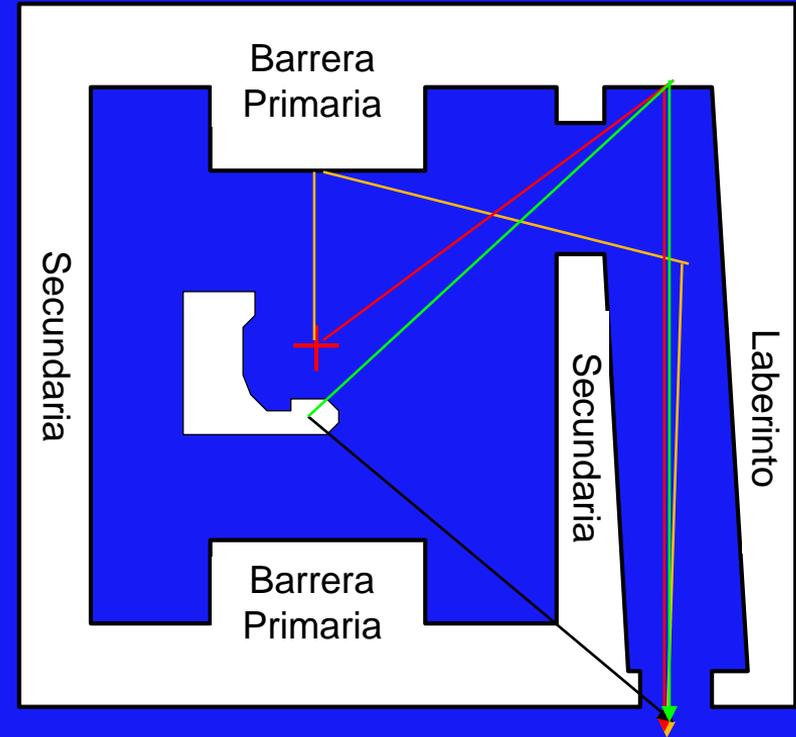
Para considerar el aporte de todos los ángulos:

$$H_{Tot} = 2.64 H_G$$

$$B_p = \frac{P}{H_{Tot}}$$

$$n = \log\left(\frac{1}{B_p}\right)$$

Dosis por fotones en la entrada del laberinto



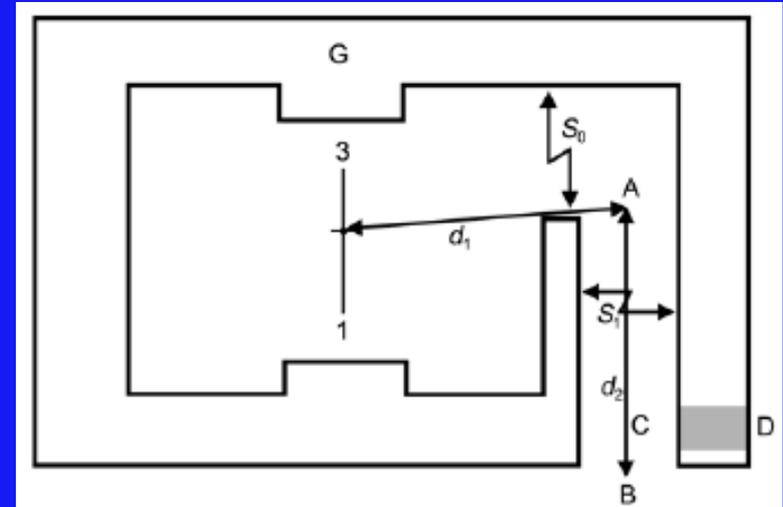
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Cálculo del Laberinto. LINAC de más de 10MV

En estos casos la dosis a la entrada del laberinto estará dada por el aporte de tres componentes fundamentales:

- H_{Tot} - dosis por dispersión y fuga de los fotones,
- H_{cg} - dosis por captura gamma, y
- H_n - dosis por los neutrones.

$$H_w = H_{Tot} + H_{cg} + H_n$$



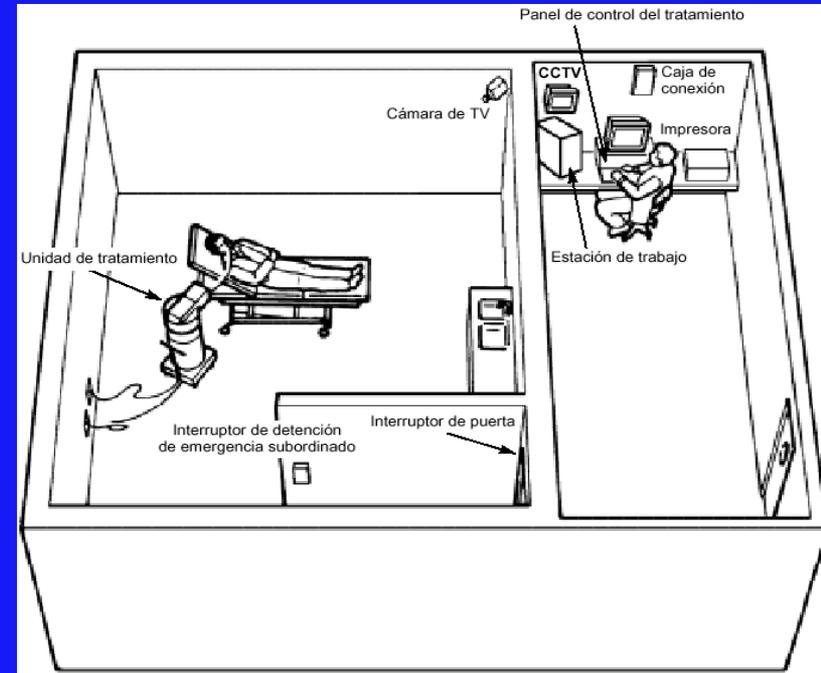
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Cálculo de Blindaje. Braquiterapia

- *Tipos de equipos y fuente.*
- *Carga de trabajo.*
- *Dosis al blanco.*
- *Distancias a las áreas de interés (esquemas).*
- *Ocupación de las áreas a ser blindadas.*
- *Restricciones de dosis aplicables.*

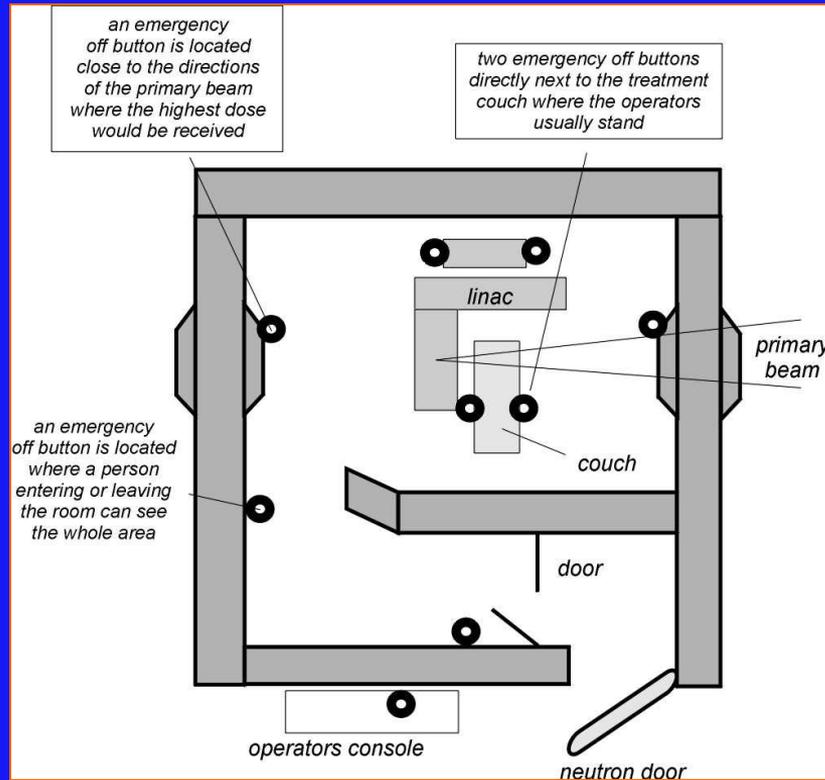
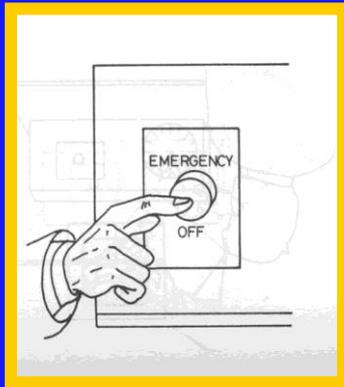
Particularidades del cálculo

- *Todas las barreras son primarias,*
- *Factor de usos, $U = 1$,*
- *Se asume, conservadoramente, que no hay atenuación en el paciente.*



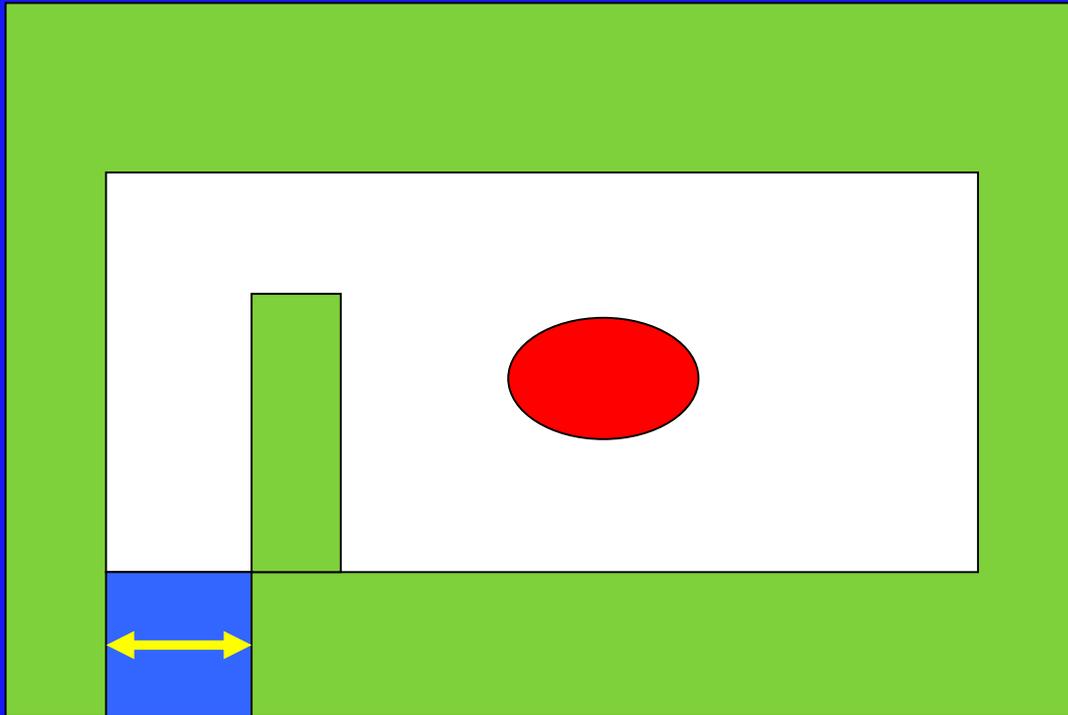
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Las instalaciones de teleterapia deben constar interruptores de emergencia convenientemente distribuidos



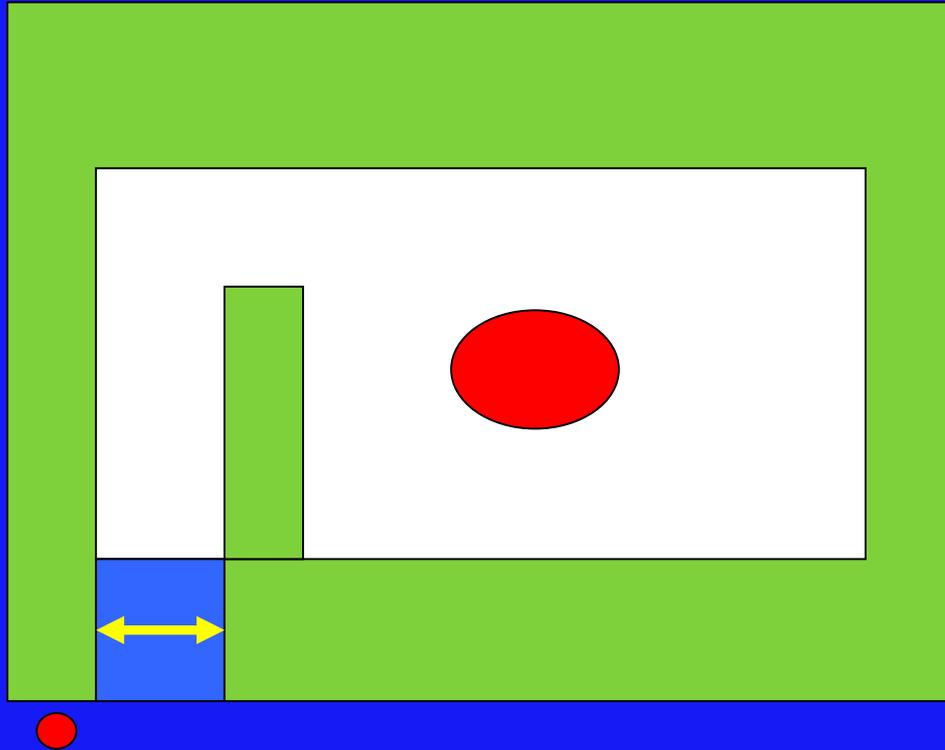
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Las instalaciones deben constar con dispositivos que permitan interrumpir el tratamiento cuando se intenta entrar inadvertidamente a la sala de tratamiento.



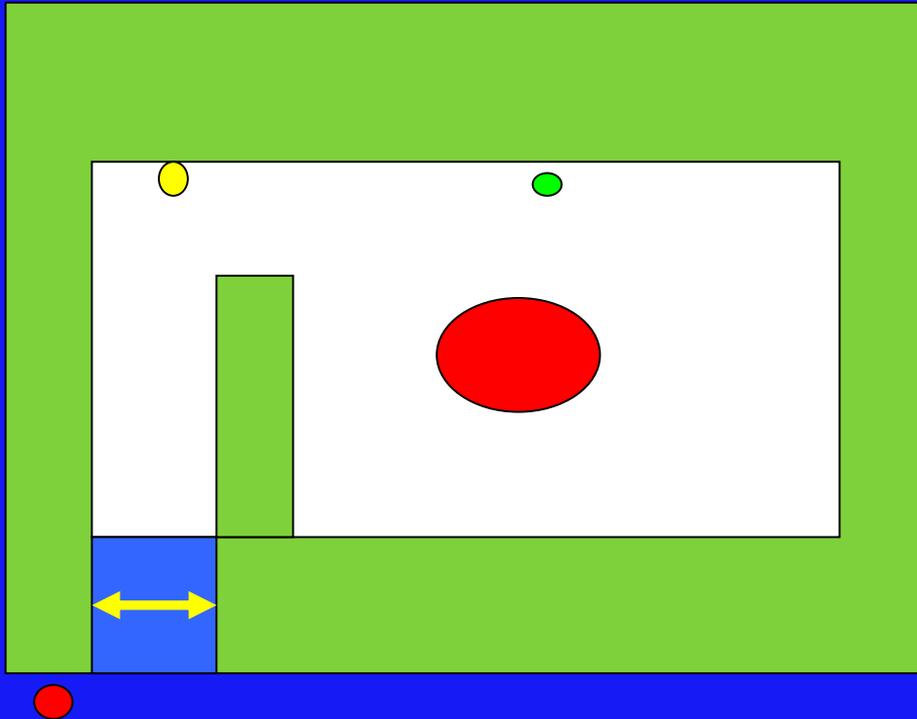
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Deben constar con señales lumínicas y sonoras que advierten que el equipo se encuentra irradiando. Estas señales se replican en el panel de control del equipo.



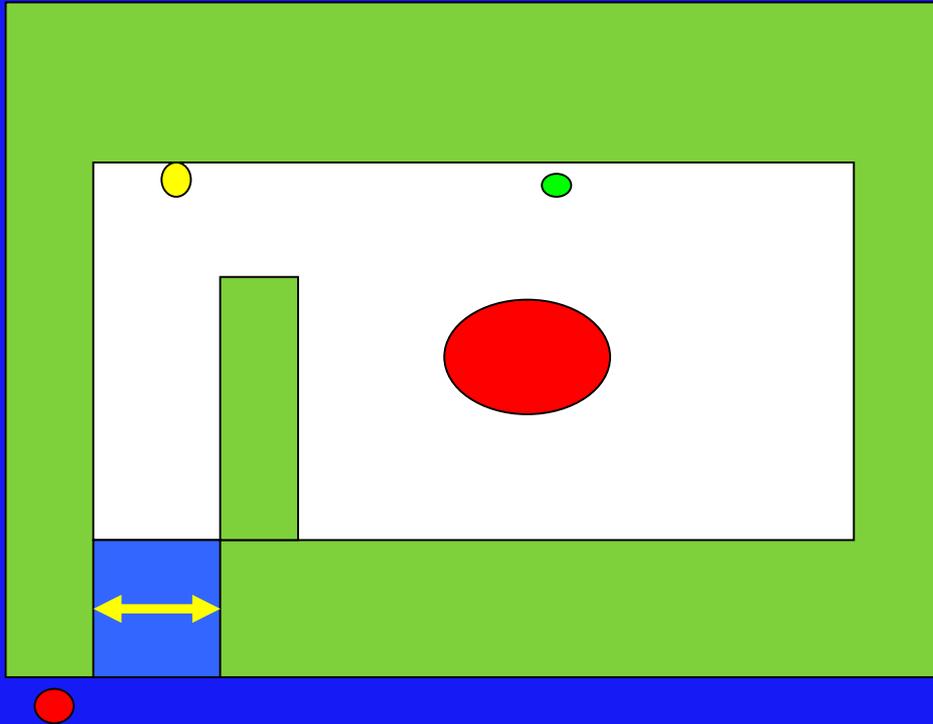
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Para equipos de telecobaltoterapia y Braquiterapia HDR se debe tener equipos dosimétricos fijos (detectores de área) que permitan detectar y señalizar, cuando el equipo se encuentra irradiando.



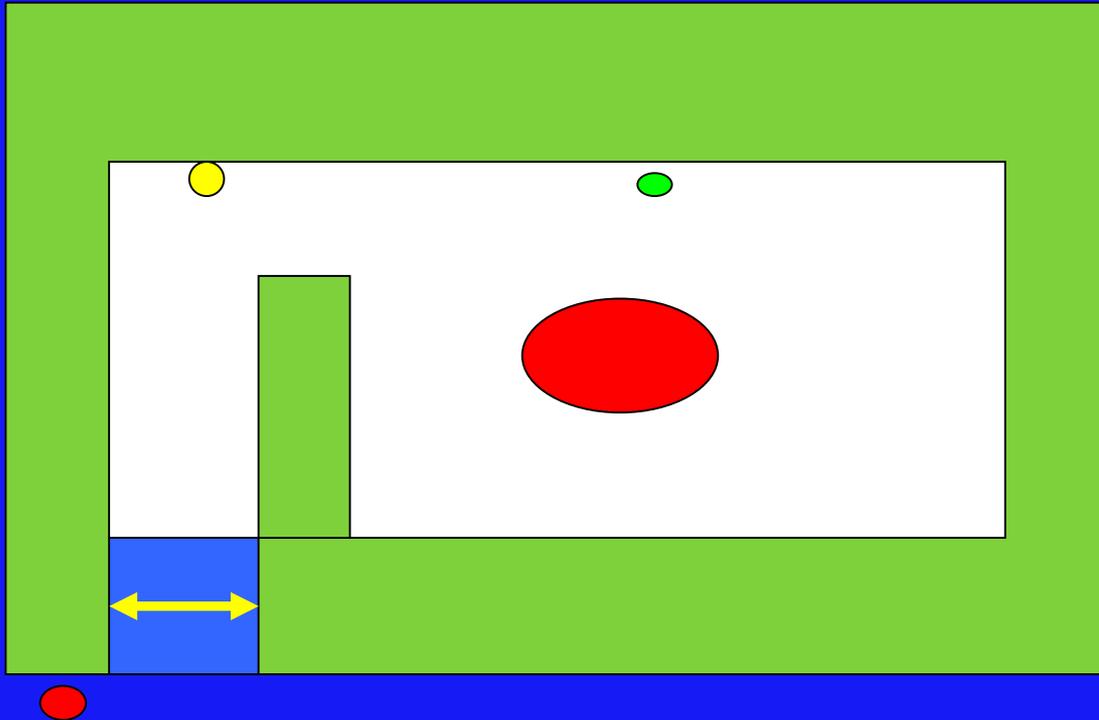
Requisitos de diseño de las Instalaciones

Las instalaciones deben constar con equipos que permitan controlar la posición del paciente y el funcionamiento del equipo durante la ejecución de los tratamientos (circuito cerrado de TV).



Requisitos de diseño de las Instalaciones

Se deben constar con equipos que permitan mantener **comunicación bidireccional** con el paciente, durante la ejecución de los tratamientos (intercomunicadores).



Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional.

Los trabajadores de la práctica de Radioterapia se encuentran expuestos a los siguientes riesgos:

Exposición Externa: Exposición total o localizada del cuerpo humano a las radiaciones emitidas por fuente radiactiva externa. Durante la realización de las actividades siguientes:

- Montaje y puesta en servicio de los equipos de Radioterapia.
- Posicionamiento diario de los pacientes para el caso de equipos de Telecobaltoterapia y Braquiterapia.
- Administración de los tratamientos desde el panel de control.



Reducción:

Distancia



Tiempo



Blindaje



Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional.

Los trabajadores de la práctica de Radioterapia se encuentran expuestos a los siguientes riesgos:

Contaminación radiactiva: presencia indeseada de sustancias radiactivas (en forma de gases y aerosoles, líquida, de polvo,) en objetos, superficies, o en el cuerpo humano. El riesgo de contaminación está presente solo en los equipos de telecobaltoterapia y Braquiterapia en caso de deshermetización de las fuentes.



Interna: Radionucleidos ingeridos o inhalados



Reducción:

Externa: Radionucleidos depositados sobre la piel



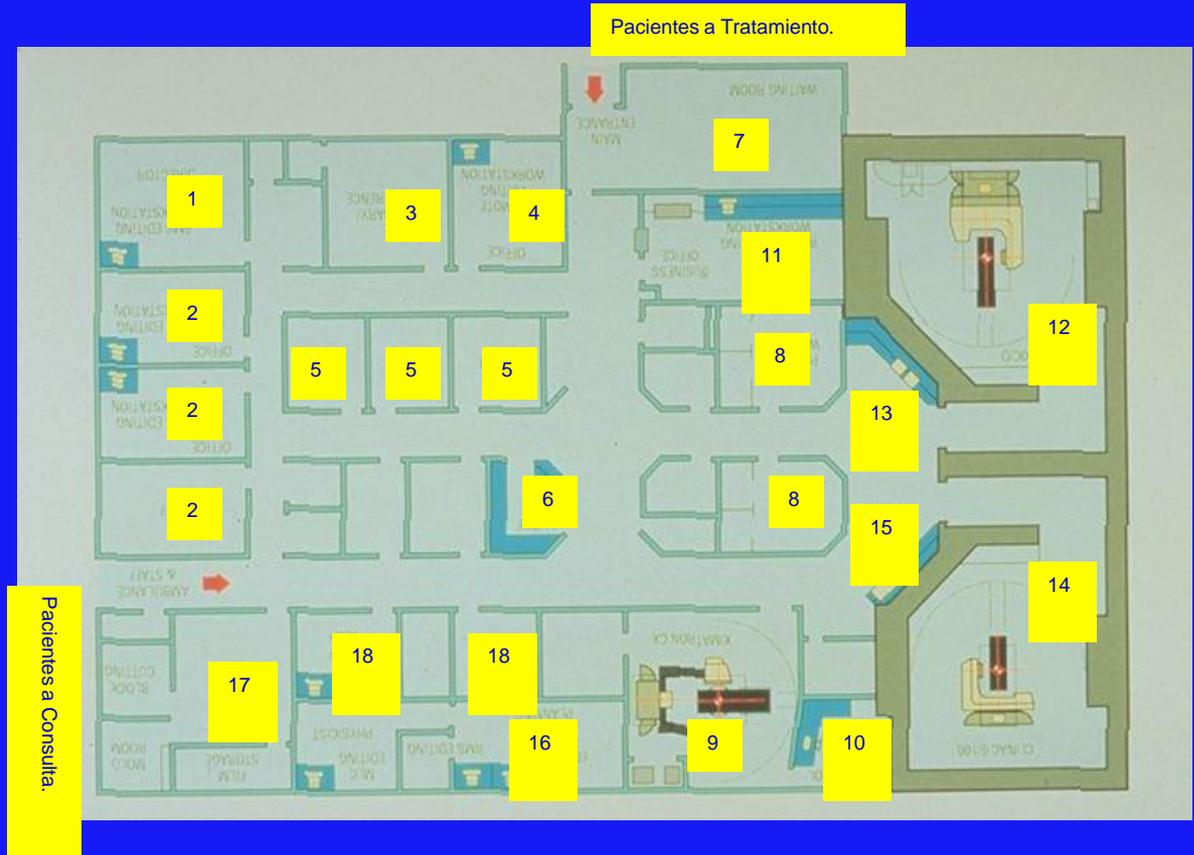
Mediante la realización de pruebas de hermeticidad de las fuentes. Después se la instalación y periódicamente durante la operación

Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional. Delimitación de áreas

¿Área Controlada?

¿Área Supervisada?



Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

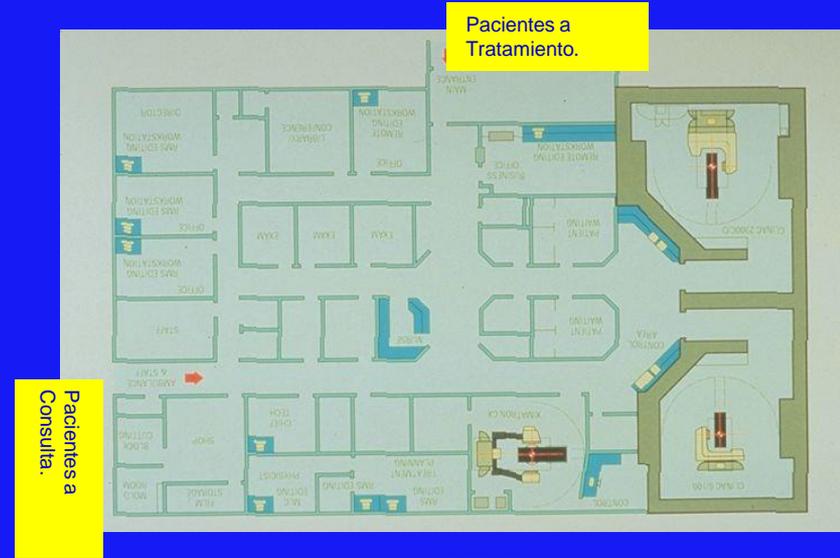
Exposición Ocupacional. Delimitación de áreas

Área Controlada.

- *Locales de tratamientos de equipos de Telecobaltoterapia, equipos de terapia de RX y Aceleradores.*
- *Local del TAC.*
- *Local del Simulador.*

Área Supervisada.

- *Local del panel de control de los equipos de telecobaltoterapia, equipos de terapia con RX y Aceleradores.*
- *Local del panel de control del TAC.*
- *Local del panel de control del simulador.*
- *Pasillo de acceso a los locales de los equipos de teleterapia.*



**TRABAJO CON RADIACIONES
ZONA CONTROLADA
NO PASE**

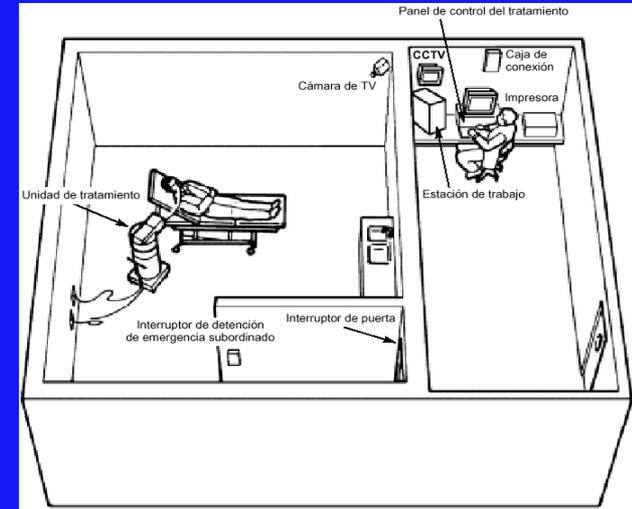


Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional. Delimitación de áreas

“Área Controlada” En braquiterapia se consideran como áreas controlada las siguientes:

- *Braquiterapia manual o diferida manual.*
 - Almacén de Fuentes,
 - Local de preparación de fuentes,
 - Cuartos para la hospitalización de pacientes.
- *Braquiterapia diferida automática.*
 - Local de tratamiento.
- *En todos los casos los locales de equipos de Rx para obtención de imágenes para planificación.*

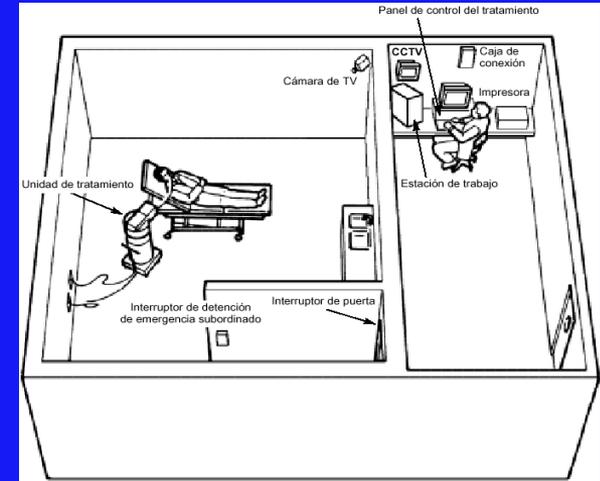


Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional. Delimitación de áreas

“Área Supervisada”. En braquiterapia se consideran como áreas supervisada las siguientes:

- *Braquiterapia manual o diferida manual.*
 - Local de enfermería,
 - Pasillo de acceso a los cuartos de hospitalización.
- *Braquiterapia diferida automática.*
 - Panel de mando del equipo,
 - Pasillo de acceso al local de tratamiento.



Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional. Vigilancia radiológica individual

Vigilancia Radiológica Individual: El titular de la práctica garantizará que se realice la evaluación de la exposición ocupacional de los trabajadores en base al monitoreo individual de aquellos que lo requieran.

El monitoreo deberá realizarse por un servicio de dosimetría autorizado y los resultados se darán en valores de dosis equivalente personal Hp(d).

Como criterio cuantitativo para determinar la necesidad del dosímetro individual se puede tomar: que el trabajador no reciba, por concepto **de su exposición normal o por exposiciones accidentales**, dosis mayores de 2 mSv/año.

Evaluación de la exposición ocupacional: Para aquellos trabajadores que no usen dosímetros individuales se deberá realizar la evaluación de la exposición recibida partiendo del monitoreo radiológico del puesto de trabajo y asumiendo consideraciones realistas relativas al tiempo de exposición.



Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición Ocupacional. Programa de monitoreo radiológico de zona

Monitoreo de puestos de trabajo: Se deberá implementar un programa de monitoreo de los puestos de trabajo que incluya:

- *Magnitudes que deben ser medidas,*
- *Donde, cuando y con qué frecuencia monitorear.*
- *Procedimientos y métodos de medición más apropiados.*
- *Niveles de referencias y acciones que deben ser aplicadas si estos son superados.*

El monitoreo deberá realizarse con equipos apropiados, capaces de medir para la energía y tipos de radiación en cuestión, niveles de tasa de dosis que se encuentren entre los **μSv y las decenas de mSv** . (Equipos de radiación pulsada como Aceleradores y Terapia con Rx deben ser medidos con Cámaras de Ionización)

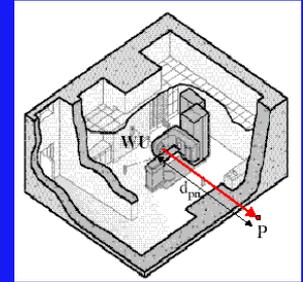


Particularidades de la exposición ocupacional y de público.

Exposición del público.

El control de la exposición del público en la práctica de Radioterapia se sustenta en 3 elementos claves:

- **El diseño del servicio de radioterapia, en particular el diseño de los blindajes:** El diseño deberá garantizar que los niveles de dosis que reciba el público no sobrepase la restricción de dosis establecida para el público en la Norma UY 123 (0.3 mSv/año).
- **El control de acceso de los visitantes.** La señalización y la delimitación de área constituyen barreras físicas y administrativas muy importantes
- **La correcta gestión de las fuentes radiactivas en desuso.** En caso de desmantelamiento o recambio de fuentes de Radioterapia deberá preverse la gestión segura de estas o su devolución al suministrador.



TRABAJO CON RADIACIONES
ZONA CONTROLADA
NO PASE



Particularidades de la exposición médica.

Justificación.

La justificación general de la práctica de Radioterapia no se cuestiona ya que es una alternativa de tratamiento sola o combinada con la cirugía y la quimioterapia que ha demostrado su viabilidad por mas de 100 años.

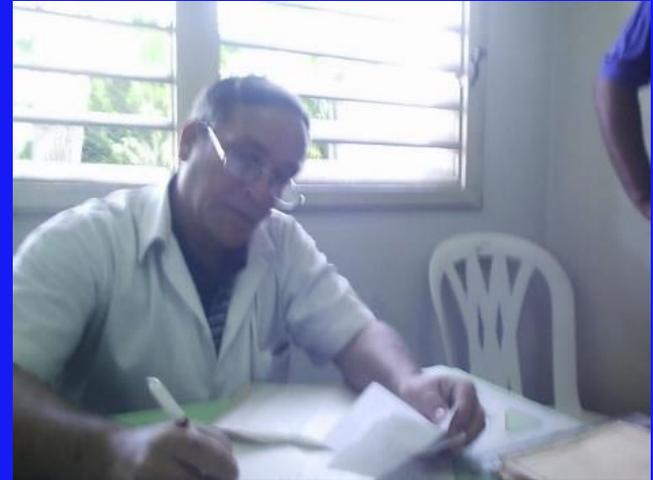
Sin embargo la Radioterapia debe ser justificada para cada paciente en específico, teniendo en cuenta criterios clínicos médicos y los protocolos clínicos aprobados aceptados en el servicio. La justificación específica es responsabilidad del Médico Oncólogo Radioterapeuta y la misma debe ser evaluada durante la prescripción del tratamiento. En cualquier caso la prescripción debe ser por escrito y debidamente firmada por el Médico.



Particularidades de la exposición médica.

Justificación.

Todo procedimiento terapéutico que difiera de lo establecido en los protocolos clínicos existentes en el país deberá ser considerado una “investigación o ensayo clínico”. En tales casos los mismos deben ser autorizados por un Comité de revisión ética, y debe realizarse cumpliendo con la “Declaración de Helsinki”.

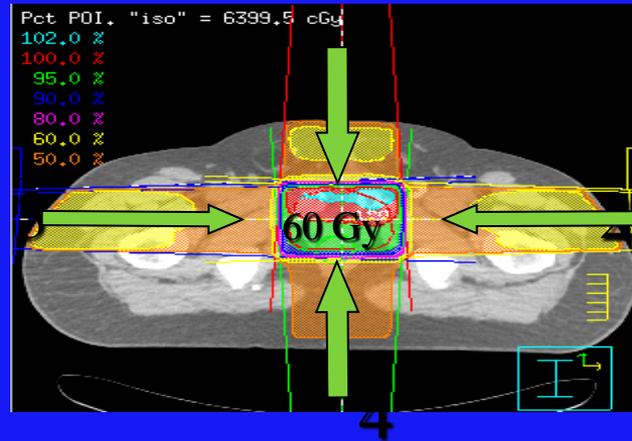


Particularidades de la exposición médica.

Optimización.

Para lograr esta Optimización será necesario tomar en cuenta:

- *Consideraciones relativas al diseño de los equipos utilizados,*
- *Consideraciones relativas a la operación,*
- *Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuentes*
- *Aspectos relacionados con la dosimetría clínica,*
- *Aspectos relacionados con la garantía de calidad.*



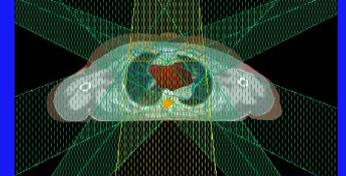
Particularidades de la exposición médica.

Optimización.

Consideraciones relativas a la operación.

Las reglas locales y procedimientos deberán incluir todos aquellos aspectos de proceso de tratamiento que influyen en la seguridad y calidad de estos. Los principales aspectos que influyen en la optimización son:

- *Correcta inmovilización del paciente,*
- *Correcta localización de la lesión y delineación de volúmenes,*
- *Correcta elaboración del plan de tratamiento,*
- *Correcta conformación del volumen de tratamiento,*
- *Correcta identificación del paciente que será sometido a tratamiento*
- *Verificación del plan de tratamiento al inicio y periódicamente durante la ejecución de este.*



Particularidades de la exposición médica.

Optimización.

Consideraciones relativas a la operación.

Correcta inmovilización del paciente la prescripción.

La correcta inmovilización del paciente permite garantizar la reproducibilidad de su posicionamiento durante la adquisición de las imágenes utilizadas para la planificación y durante la ejecución de cada una de las sesiones de tratamiento. El uso de los dispositivos de inmovilización y fijación de los pacientes se realizará en correspondencia con los protocolos utilizados y el criterio clínico médico

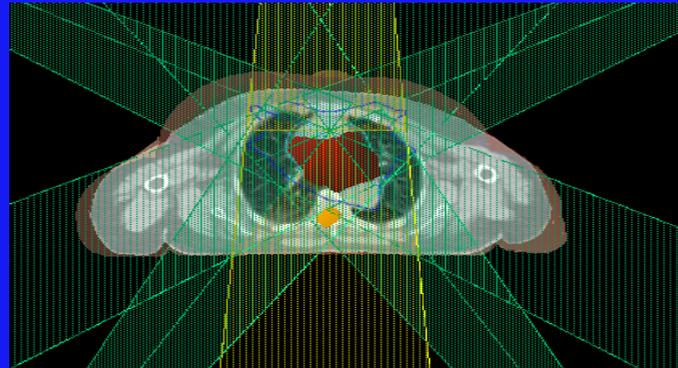
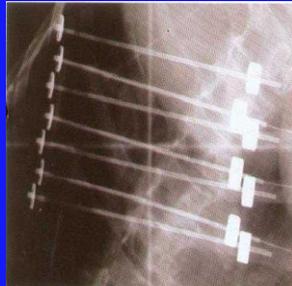
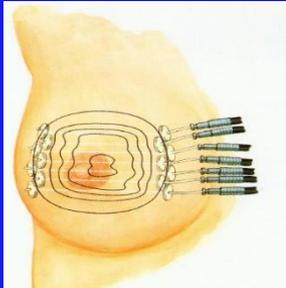


Particularidades de la exposición médica.

Optimización.

Correcta localización de la lesión y delineación de volúmenes.

La correcta localización de la lesión implica utilizar equipos de adquisición de imágenes adecuados para lograr imágenes que permitan hacer la definición de volúmenes de tratamientos y órganos de riesgo tomando en cuenta la intención terapéutica del tratamiento. (Paliativo o Curativo)



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Consideraciones relativas a la operación.

Correcta elaboración del plan de tratamiento.

El plan de tratamiento deberá ser elaborado y aprobado atendiendo a que el mismo resulte ser la mejor distribución relativa de dosis posible, para garantizar los requisitos de la prescripción con la menor dosis posible al tejido sano y los órganos de riesgo. Durante la aprobación de los planes de tratamiento, los físicos y los médicos se auxiliarán de todas las posibilidades que brinda el sistema de planificación (histogramas dosis – volumen) para asegurar la optimización del plan.

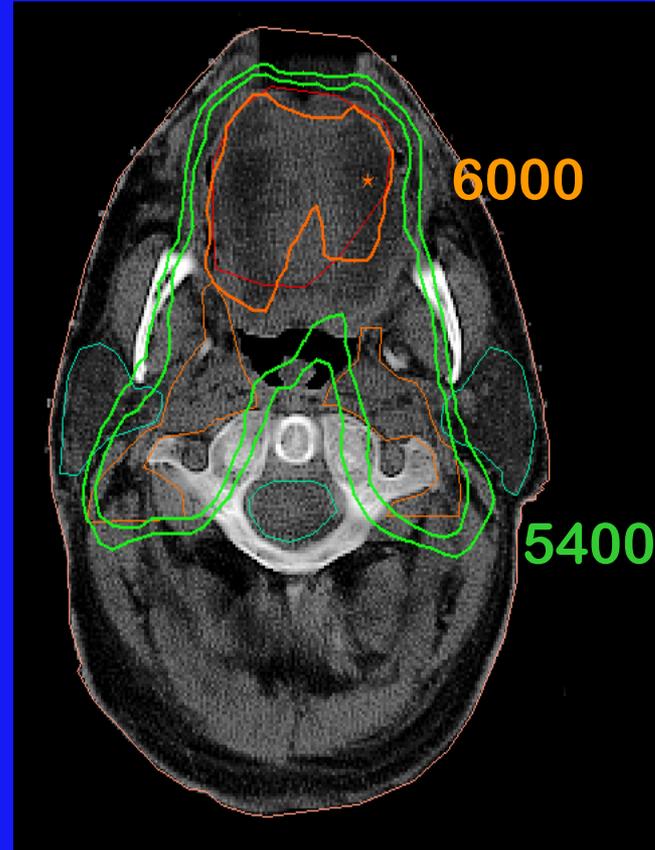
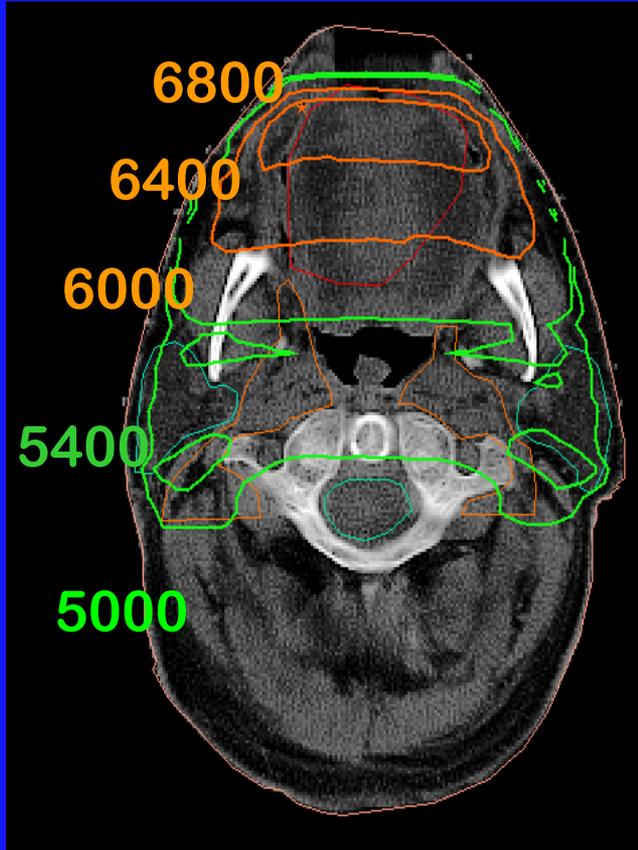


Particularidades de la exposición médica.

3DCRT

Optimización.

IMRT



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Consideraciones relativas a la operación.

Correcta conformación de los volúmenes de tratamiento.

Durante la ejecución del tratamiento se deberá disponer de los elementos de bloqueos y compensación de tejidos que permita conformar adecuadamente los volúmenes planificados haciendo que los mismos se correspondan lo más fielmente posible con las individualidades de cada paciente. Entre los elementos de conformación más importantes tenemos:

- *Colimadores multiláminas del haz,*
- *Bloqueadores individualizados,*
- *Cuñas y compensadores individualizados de tejido (Bolus).*



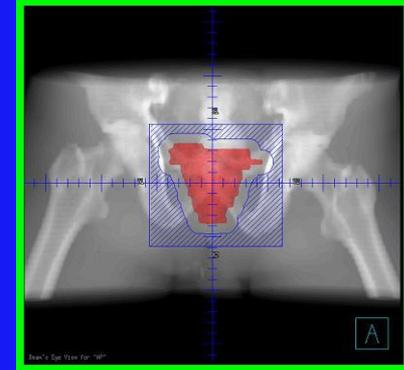
Particularidades de la exposición médica. Optimización

Consideraciones relativas a la operación.

Verificación del tratamiento al inicio y periódicamente durante la ejecución de este.

Durante el inicio del tratamiento y periódicamente durante la ejecución de este, será necesario verificar que se administrará la dosis planificada al volumen blanco de planificación (PTV) y a los órganos de riesgo.

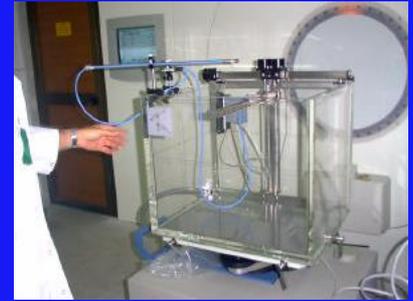
- *Verificación dosimétrica*
- *Verificación geométrica.*



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

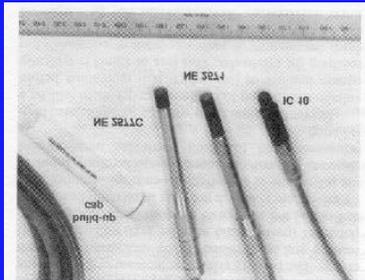
- *La calibración de equipos, haces y fuentes es la tarea fundamental que se realiza durante la puesta en servicio (PS) de las fuentes y equipos.*
- *La puesta en servicio debe abarcar:*
 - a) Equipos y fuentes utilizados en los tratamientos.*
 - b) Equipos de adquisición de imágenes utilizadas para planificación de los tratamientos.*
 - c) Sistemas de planificación de tratamientos.*



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

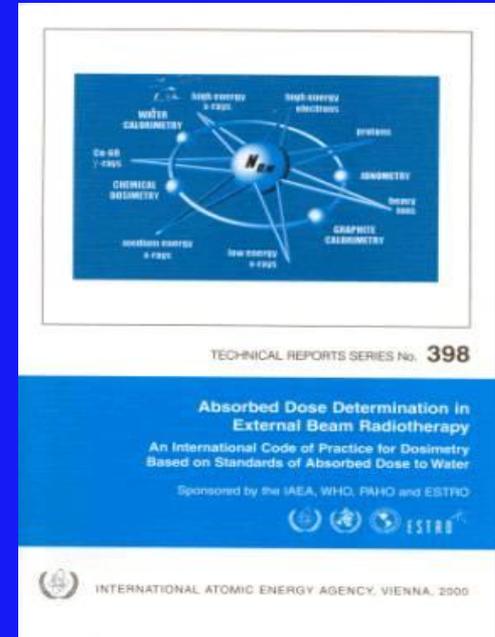
En las calibraciones de equipos de radioterapia deberán ser utilizados sistemas de calibración dosimétrica (cámara-electrómetro) cuyas mediciones sean trazables a un laboratorio primario de calibración. Los sistemas de calibración deberán ser verificados periódicamente (cada 2 años según recomiendan los protocolos).



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

En las calibraciones de equipos de radioterapia deberán ser utilizados protocolos reconocidos internacionalmente, actualmente se utiliza el protocolo TRS-398 del OIEA que se basa en la magnitud dosis absorbida en agua.



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

- *La puesta en servicio debe ser realizada por un Físico médico cualificado con la capacitación y experiencia clínica requerida. Implica la utilización de un tiempo considerable de trabajo.*
- *Los resultados deben ser revisados de forma redundante e independiente por otro Físico Médico diferente al que realizó la puesta en servicio.*
- *Los resultados de la puesta en servicio son la “Línea Base” que sirve para comparar las pruebas del programa de control de calidad.*



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

- *En la puesta en servicio de los equipos de adquisición de imágenes se utilizarán los protocolos aplicables.*
- *La calibración de los equipos de adquisición de imágenes considerará fundamentalmente:*
 - a) Que la posición del paciente en el equipo replique de la forma más exacta posible la forma en que se posiciona al paciente durante el tratamiento.*
 - b) Que la escala geométrica del equipo de imágenes se corresponda con la realidad.*
 - c) Que las escalas de densidades del equipo se correspondan con la realidad.*



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

- *El TPS debe ser considerado un equipo médico en Radioterapia y debe ser sometido a prueba de puesta en servicio.*
- *Las pruebas de puesta en servicio del TPS deben realizarse en correspondencia con protocolos recomendados internacionalmente (OIEA TRS- 430, AAPM TG119, etc.).*
- *Las pruebas de puesta en servicio del TPS incluyen:*
 - a) Modelación de los equipos y fuentes en el TPS.*
 - b) Realización de “casos pruebas” que permiten verificar con mediciones directas los resultados de los planes de tratamientos generados con el TPS.*



Particularidades de la exposición médica. Optimización

Aspectos relacionados con la calibración de equipos, haces y fuente.

Todos los resultados de las pruebas de puesta en servicio deben ser registrados para conformar el Informe de puesta en servicio que contenga, como mínimo lo requerido en el Artículo 41 de la UY 123.

Pautas para el informe de puesta en servicio

1) Introducción

- Descripción del equipo de tratamiento utilizado (LINAC, equipo de braquiterapia HDR, etc.), sistema de planificación (nombre, versión, algoritmo, licencias, etc.), equipo de adquisición de imágenes para planificación (CT, CT-simulador, arco en C, etc.) y la red informática (ARIA, MOSAIQ, etc.).
- Protocolos de referencia y bibliografía utilizada.
- Plan de capacitación del personal para las técnicas que se pretenden realizar, así como para el uso del equipamiento y listado de físicos que participan en la puesta en servicio.

Puesta en servicio del equipo de radioterapia

2) Equipamiento utilizado en la puesta en servicio

- Listado de equipamiento
- Calibraciones y controles de calidad

3) Adquisición y procesamiento de datos

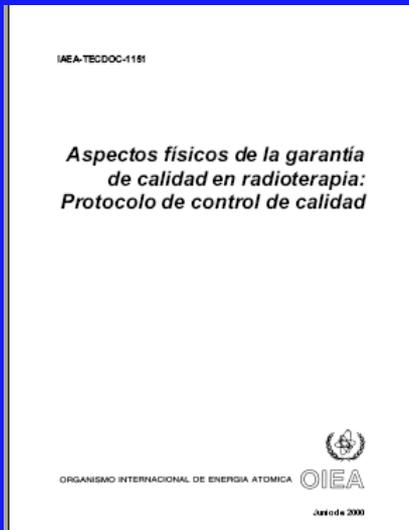
- Resumen de las mediciones realizadas y línea base del equipo
- Revisión de los datos adquiridos y comparación con referencias



Particularidades de la exposición médica.

Aspectos relacionados con el aseguramiento y control de calidad.

Se debe implementar un Programa de Aseguramiento y Control de calidad que incluya todos los equipos y procesos que se realizan en el servicio de RT, en correspondencia con el Artículo 187 de la UY 100.



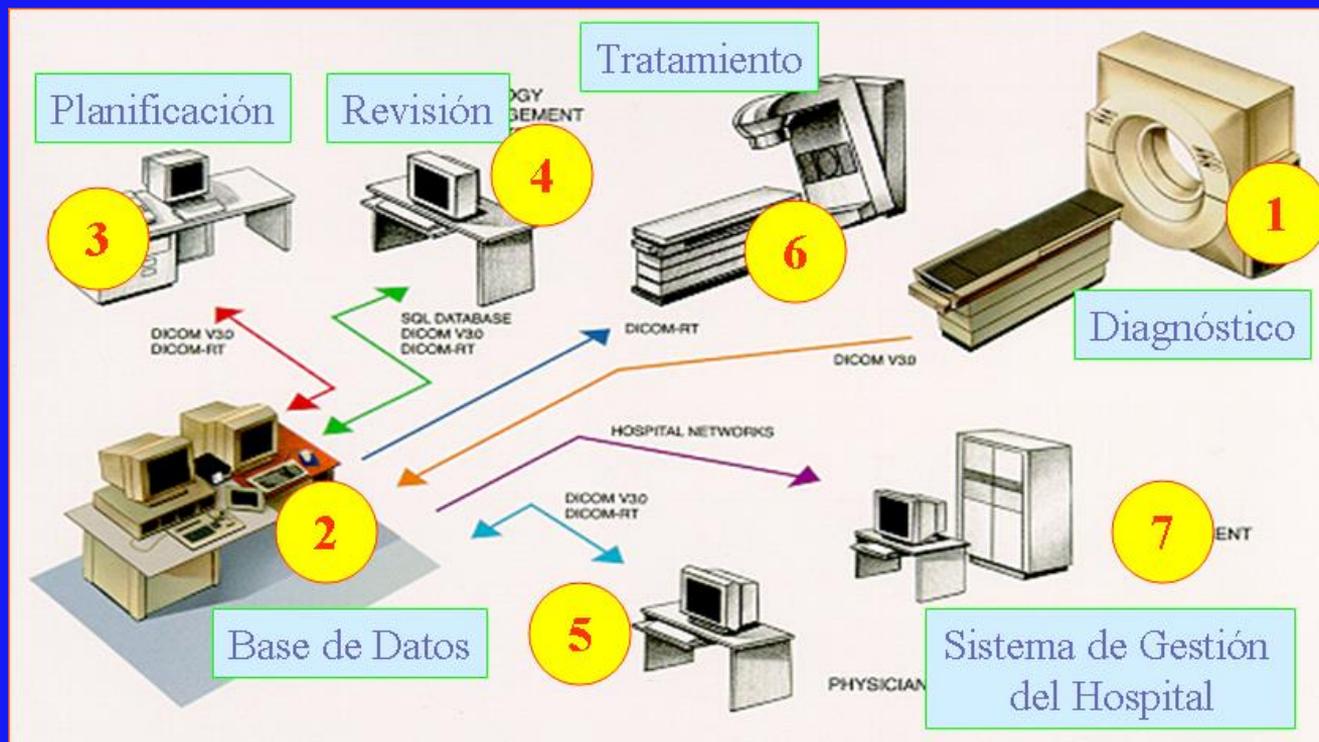
- ***El PACC en Radioterapia deberá incluir aspectos clínicos y aspectos físicos y deberá implementarse sobre la base de protocolos internacionalmente aceptados (por ejemplo, IAEA TECDOC-1151).***
- ***Los aspectos clínicos de PACC son responsabilidad de los Médicos y los aspectos físicos son responsabilidad de los Físicos médicos.***



Particularidades de la exposición médica.

Aspectos relacionados con el aseguramiento y control de calidad.

Procedimientos de Trabajo.



Particularidades de la exposición médica.

Aspectos relacionados con el aseguramiento y control de calidad.

Plan de Control de calidad.

- Se deberá implantar un Plan de Control de calidad (PCC) para verificar los principales parámetros de todos los equipos usados en la práctica de radioterapia (Artículo 100 de la UY 123.)
- El PCC deberá sustentarse sobre protocolos internacionalmente aceptados. (AAPM TG-40, TECDOC-1151).
 - Pruebas Mecánicas,
 - Pruebas Dosimétricas.
 - Pruebas de Seguridad.
- Los resultados de las pruebas del PCC deberán ser registrados y firmados por un Físico Médico Cualificado.



Particularidades de la exposición médica.

Aspectos relacionados con el aseguramiento y control de calidad.

Plan de Control de calidad.

- El contenido del PCC debe incluir (Artículo 101 UY 123):
 - a) Tipos de controles de calidad periódicos;
 - b) Equipamiento utilizado;
 - c) Procedimientos;
 - d) Frecuencias;
 - e) Responsable por la realización de cada uno de los controles;
 - f) Valores esperados;
 - g) Tolerancias permitidas;
 - h) Acciones a tomar en caso de exceder los niveles de tolerancia.

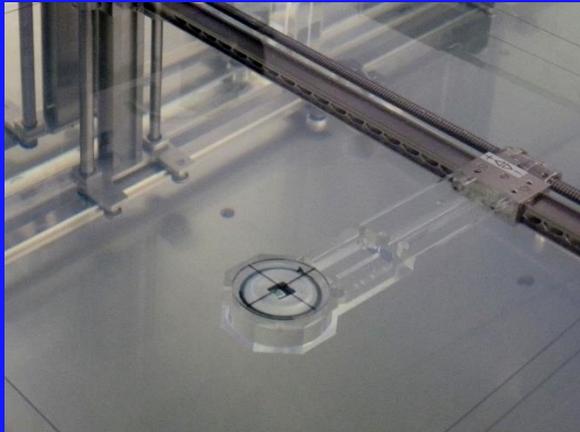


Particularidades de la exposición médica.

Aspectos relacionados con el aseguramiento y control de calidad.

Auditorías al programa de aseguramiento y control de calidad.

- El PACC deberá prever la participación en auditorías externas que se realicen en el país por el OIEA/OMS siempre que sean indicadas por la ARNR (Artículo 105 de la UY 123)



Conclusiones:

- 1) **La práctica de RT debe cumplir requisitos administrativos y organizacionales en correspondencia con el riesgo según la norma UY 117.**
- 2) **Los equipos usados en estas prácticas deben cumplir con la normativa de la IEC aplicable.**
- 3) **Las instalaciones donde se realiza la práctica deben cumplir requisitos de diseños que garanticen la protección radiológica de pacientes, trabajadores y público. Blindajes apropiados.**
- 4) **Se deben cumplir requisitos que garanticen la seguridad radiológica en las exposiciones médicas, ocupacional y del público.**

