



REPUBLICA DE CUBA

Sistema de Normas de Protección e
Higiene del Trabajo

EQUIPOS DE RAYOS X

Requisitos generales de seguridad



19-02-05

1986

Occupational Hygiene and
Safety Standards System.
X-Ray Equipment. General
Safety Requirements

ОСНТ. Оборудование рентгеновских лучей.
Общие требования безопасности

Esta norma establece los requisitos generales de seguridad para los equipos de rayos X (en lo adelante equipos), con un voltaje nominal de hasta 400 kV.

Esta norma excluye los equipos que trabajan en régimen de pulso, cuya duración sea menor que 0,1 ms, y a los equipos destinados a trabajar en ambiente donde exista peligro de explosión.

1. Generalidades

- 1.1 La explotación de equipos fabricados o adaptados en el país, se permitirá previa presentación de toda la documentación técnica que garantice que se han cumplido los requisitos que se establecen en la presente norma.
- 1.2 La aprobación de la documentación técnica a que se refiere el párrafo anterior, así como la determinación de las comprobaciones necesarias, corresponde a la Secretaría Ejecutiva de Asuntos Nucleares (SEAN), que otorgará la licencia correspondiente. Cuando se trate de equipos de diagnóstico médico, dicha aprobación será concedida por el Ministerio de Salud Pública (MINSAP).
- 1.3 Es responsabilidad de las entidades receptoras, la comprobación de que los equipos adquiridos cumplan los requisitos establecidos en la presente norma.
- 1.4 El blindaje de los equipos resultará el necesario para garantizar que no se sobrepasen los límites de dosis equivalente establecidos en la NC 69-01:81 "SNPR. Reglas básicas de seguridad".

El blindaje cumplirá, además, todos los requisitos que establecen las reglamentaciones vigentes en materia de protección radiológica.

Aprobada
Diciembre 1986

ESTA NORMA ES OBLIGATORIA

Vigente a partir de:
Junio 1988

2. Términos y definiciones

- 2.1 Colimadores. Dispositivos de diferentes tipos, diafragmas, conos, tubos y otros, que se utilizan para formar un haz de radiación de dimensiones, forma y dirección determinadas.
- 2.2 Cubierta protectora. Dispositivo para alojar el tubo de rayos X y proteger del alto voltaje y la radiación de fuga.
- 2.3 Equivalente plúmbico. Espesor de plomo que produciría la misma atenuación a las radiaciones ionizantes que una pantalla de un material dado.
- 2.4 Emisor de rayos X. Conjunto del tubo de rayos X y la cubierta protectora.
- 2.5 Filtro del emisor de rayos X. Conjunto de elementos absorbentes de radiación, a través de los cuales pasa el haz de radiación útil al exterior del emisor de rayos X.
- 2.6 Filtro adicional del emisor de rayos X. Filtro de radiación de rayos X que se pone en la parte exterior de la ventanilla de salida de la cubierta protectora del tubo de rayos X, en el haz de radiación útil del emisor de rayos X.
- 2.7 Fluoroscopia. Método de investigación mediante los rayos X, en el cual las imágenes se observan en una pantalla fluorescente.

Término permisible: Roentgenoscopia.

- 2.8 Fluorografía. Reproducción fotográfica de las imágenes visibles en las pantallas fluorescentes.

3. Requisitos de seguridad

3.1 Requisitos de protección radiológica

- 3.1.1 En los equipos en los cuales la dimensión o posición de la mancha focal se puede regular exteriormente, la cubierta protectora del emisor de rayos X responderá a los requisitos del blindaje establecidos, en todo el intervalo posible de dimensiones y posiciones de la mancha focal.
- 3.1.2 La potencia de dosis de exposición (en lo adelante potencia de dosis) generada por los tubos electrónicos del equipo, no será mayor que 20 mR/h en cualquier punto situado a una distancia de 50 mm del cuerpo del equipo.

- 3.1.3 La potencia de dosis creada por el equipo de control de video del sistema de televisión, no será mayor que 0,5 mR/h en cualquier punto situado a una distancia de 50 mm del cuerpo del equipo en dirección hacia el operador.
- 3.1.4 Los equipos para análisis estructural y espectral garantizarán que la potencia de dosis, en dirección a donde trabaja el operador, no sea superior a 3,3 mR/h a una distancia de 50 mm de la superficie exterior del emisor de rayos X, o de su soporte.
- 3.1.5 Las instalaciones protectoras de los equipos para defectoscopia industrial, asegurarán que la potencia de dosis sea menor que 3,3 mR/h en cualquier punto situado a 50 mm de la superficie externa de la instalación en la dirección de trabajo del operador, en las paredes de apoyo, en el panel de control y en la pantalla fluorescente.
- 3.1.6 El dispositivo para el apantallamiento de la radiación dispersa en los equipos para análisis estructural y espectral, tendrá un equivalente plúmbico no menor que 1 mm.
- 3.1.7 La ventanilla de salida o ventanilla del emisor de rayos X, no será mayor que lo que requiera la designación del tubo.
- 3.1.8 La ventanilla de salida de los emisores de rayos X, en el caso de los equipos que no pueden trabajar en régimen de pulso y de los que producen la irradiación utilizando la descarga de un condensador, tendrá un cierre de plomo automático o para ser retirado manualmente. El grosor aproximado del cierre en dependencia de los valores del voltaje nominal, se muestra en la tabla 1.

Este cierre se señalará adecuadamente.

Tabla 1

Voltaje nominal kV	hasta 70	de 71 a 100	de 101 a 150	de 151 a 200	de 201 a 250	de 251 a 300
Grosor mm	2	2,5	3	4,5	6,5	9

- 3.1.9 Los emisores de rayos X de los equipos de todos los tipos tendrán colimadores en la salida, a fin de limitar la anchura del haz de radiación.

- 3.1.10 Los equipos para diagnóstico médico por el método fluorográfico (en lo adelante equipos para fluorografía), dispondrán de colimadores tipo diafragma, que limiten la anchura del haz útil y permitan variar la posición de su límite inferior.
- 3.1.11 Los equipos para terapia tendrán colimadores tubulares que permitan adecuar la forma geométrica del haz útil. Dichos colimadores garantizarán que fuera del haz útil la potencia de dosis no sea superior al 1 % de la existente en el eje del haz de trabajo. El grosor de Cu necesario para que se cumpla esta condición, se dan en la tabla 2.

Tabla 2

Voltaje nominal kV	100	150	200	250	300
Grosor mm	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0

- 3.1.12 Los diafragmas de los equipos para defectoscopia industrial garantizarán, fuera del haz útil y en dirección al operador, una potencia de dosis no mayor que 30 mR/h, a una distancia de 500 mm del foco del tubo de rayos X.
- 3.1.13 Los colimadores de los equipos para análisis estructural, garantizarán que fuera del haz útil la potencia de dosis no sea superior a la que genera el equipo fuera del blindaje.
- 3.1.14 En los equipos para radiografías los colimadores contarán con un indicador del campo de radiación, preferentemente lumínico, que permita evaluar la dirección y dimensiones del haz útil antes de conectarse el alto voltaje.

Se exceptúan de este requisito, los equipos para investigaciones médicas cuyo campo de radiación no pueda variarse.

- 3.1.15 Los equipos para uso estomatológico (en lo adelante equipos estomatológicos) dispondrán de colimadores que al efectuar la exposición, limiten el diámetro del haz de radiación en el plano exterior al tope del colimador, a un valor no mayor que 60 mm. Estos colimadores garantizarán que la distancia entre la mancha focal y la superficie del objeto de investigación no sea inferior a 100 mm, para voltajes nominales del tubo de rayos X hasta 60 kV y no inferior a 200 mm, para voltajes nominales mayores que 60 kV.

- 3.1.16 Los equipos de diagnóstico médico que trabajan en régimen de fluorescencia (en lo adelante equipos de fluoroscopia), contarán con colimadores tipo diafragma regulables, centrados con respecto a la pantalla fluorescente.

La regulación de la abertura del haz mediante los diafragmas será tal, que cuando la distancia entre el soporte y el plano de la pantalla sea de 250 mm, el campo del haz útil se mantenga dentro de los bordes de la pantalla a una distancia no menor que 10 mm por cada lado.

En el caso de los diafragmas en que no esté previsto la limitación total del haz de radiación, la abertura máxima permisible en la pantalla será de (5 x 5) mm.

- 3.1.17 Los equipos de fluoroscopia con intensificación de la imagen, en los cuales el área de la pantalla sea inferior a 30 000 mm², podrán utilizar colimadores tipo diafragma no regulables.
- 3.1.18 La abertura máxima de los colimadores tipo diafragma regulables en los equipos para fluoroscopia industrial, no será superior a (5 x 5) mm.
- 3.1.19 Los equipos para fluoroscopia garantizarán el desplazamiento coincidente del emisor de rayos X con la pantalla fluorescente, con un error no mayor que ± 5 mm en la dirección perpendicular al haz útil para una distancia de 750 mm de la mancha focal a la pantalla.
- 3.1.20 Los equipos para fluoroscopia que trabajan con distancia variable entre la mancha focal y la pantalla fluorescente, poseerán campos protectores del haz útil en la pantalla, que permitan cubrir por todos sus lados, en no menos de 30 mm, el campo mayor de iluminación posible (véase fig.).

Los equipos para fluoroscopia de distancia fija, estarán contruidos de tal modo que el haz útil no pueda ser dirigido fuera de los límites del campo protector.

- 3.1.21 El equivalente plúmbico del dispositivo para el apantallamiento del haz útil en la pantalla fluorescente, de los equipos con observación visual, será:

Para los voltajes nominales de hasta 100 kV, no menor que 2,5 mm. Para voltajes superiores a 100 kV, este valor se incrementará en 0,1 kV.

El equivalente plúmbico de los dispositivos para el apantallamiento de la radiación dispersa de los equipos, será no menor que 0,5 mm para voltajes nominales de hasta 100 kV y para voltajes mayores se incrementará en 0,05 mm por cada 10 kV.

- 3.1.22 Los elementos de los dispositivos de protección, así como los cierres de plomo, no presentarán defectos, tales como: conchas, vacíos, ranuras u otros similares.
- 3.1.23 Los equipos para fluoroscopia tendrán una cortina giratoria de resina de plomo, para proteger al operador de la radiación dispersa (véase fig.).

Las dimensiones del campo protector con cortina para una pantalla de (350 x 350) mm, se dan a continuación en milímetros:

Para el parámetro

$$a = 350 \text{ mm}$$

$$b = a - 20 = 330 \text{ mm}$$

$$c = b + 60 = 390 \text{ mm}$$

$$d = \frac{c}{2} + 30 = 225 \text{ mm}$$

$$e = f = h = 30 \text{ mm}$$

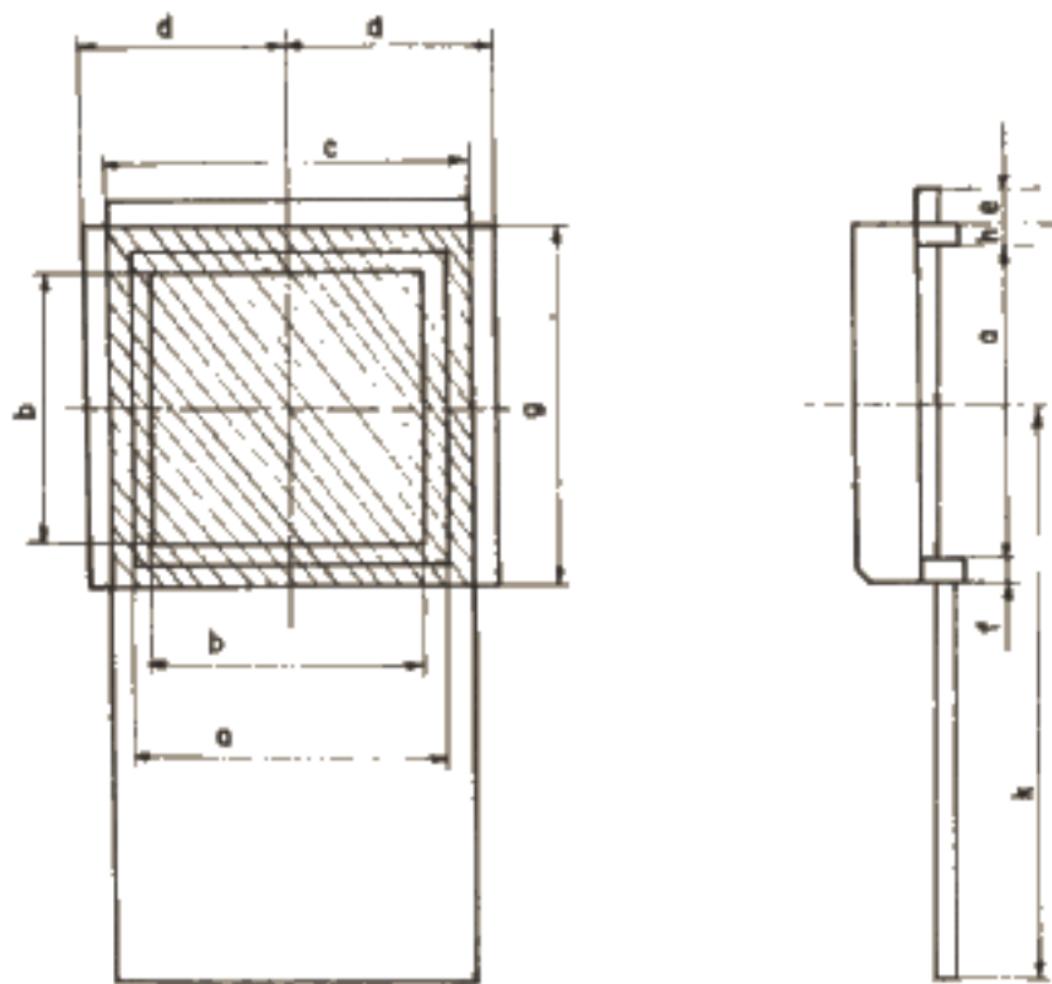
$$g = c = 390 \text{ mm}$$

$$k = \frac{c}{2} + 400 = 595 \text{ mm}$$

donde:

- a anchura de la pantalla fluorescente
- b anchura del campo de iluminación
- c anchura de la cortina y del campo protector del haz útil
- d distancia del límite del campo de protección al centro de la pantalla fluorescente
- e altura del campo superior protector de radiación dispersa
- f altura del campo inferior protector de radiación útil
- g altura del campo protector del haz útil
- h altura del campo superior protector del haz útil
- k distancia de la parte inferior de la cortina de plomo al centro de la pantalla fluorescente.

Figura



- 3.1.24 Los órganos de mando que se encuentran en los dispositivos para la observación visual de la imagen, se instalarán dentro del campo de protección de la radiación dispersa.
- 3.1.25 Los equipos con intensificación de imagen, cumplirán en su totalidad los requisitos de los apartados 3.1.20 a 3.1.24, ambos inclusive.
- 3.1.26 El sistema de encendido del alto voltaje en los equipos portátiles, móviles y estomatológicos, utilizados en diagnóstico médico, garantizarán que el personal operador pueda trabajar con los mismos a una distancia superior a 2 500 mm del objeto de investigación.
- 3.1.27 La construcción de los equipos estacionarios contemplarán la instalación del panel de control en un local independiente del emisor de rayos X.
- 3.1.28 Los equipos portátiles y móviles para defectoscopia industrial con un voltaje mayor que 150 kV, tendrán un sistema de encendido de alto voltaje que permita al personal operador trabajar con el equipo a una distancia no menor que 15 000 mm del objeto de investigación.
- 3.1.29 Los equipos para fluoroscopia contarán con dispositivos que impidan la disminución casual de la distancia entre la mancha focal y el objeto investigado, a un valor menor que 300 mm.

Para los equipos que trabajan con intensificador de imagen, cuya pantalla de entrada posea una superficie inferior a 30 000 mm², se admitirá una distancia mínima de 200 mm.

- 3.1.30 En todos los equipos para voltajes nominales hasta 150 kV, se emplearán filtros de aluminio (Al).

Para voltajes superiores, se emplearán filtros de cobre (Cu).

Tanto el Al como el Cu que se empleen en la fabricación de los filtros, poseerán el certificado de calidad del fabricante, en correspondencia con la documentación del equipo y las normas vigentes en el país productor.

- 3.1.31 Los filtros propios de los emisores de rayos X serán equivalentes a:

- 1 mm de Al para un voltaje nominal hasta 50 kV

- 1,5 mm de Al para voltajes nominales hasta 70 kV
- 2 mm de Al para voltajes nominales mayores que 70 kV.

Los emisores de los equipos que se utilizan en salones de operaciones y que trabajan con intensificador de imagen, contarán con filtros propios cuyo equivalente no sea mayor que 3 mm de Al.

- 3.1.32 Los emisores de rayos X de los equipos destinados a investigaciones especiales como la mamografía, con voltaje nominal menor que 50 kV, poseerán un filtro adicional fijado permanentemente a la ventana de salida.

Sólo se permitirá la utilización de filtros intercambiables, cuando exista un dispositivo de bloqueo capaz de desconectar el alto voltaje en ausencia del filtro.

- 3.1.33 La filtración total de los equipos con un voltaje nominal de 70 kV y mayor, será equivalente a:

- 2 mm de Al para un voltaje nominal de 70 a 80 kV
- 3 mm de Al para un voltaje nominal de 81 a 100 kV
- 4 mm de Al para un voltaje nominal de 101 a 125 kV
- 5 mm de Al para un voltaje nominal mayor que 125 kV.

Se excluyen los equipos con intensificación de la imagen que se utilizan en salones de operaciones.

- 3.1.34 Los filtros adicionales se cambiarán sin utilizar herramientas. La designación del equivalente de Al en este filtro, será visible sin necesidad de extraerlo.

- 3.1.35 Los equipos para investigaciones de diagnóstico médico especiales, como los utilizados en salones de operaciones, podrán tener sólo un filtro propio, el cual responderá a los requerimientos del apartado 3.1.33 para el voltaje nominal del equipo.

- 3.1.36 En los equipos de fluoroscopia, en los que la calidad de la radiación no se alcanza mediante filtración, sino empleando tubos de rayos X de baja conductividad o tubo con rejilla de control u otros dispositivos, podrán utilizarse filtros menores a los indicados, siempre que se garantice que el espesor de semiabsorción correspondiente a la calidad de la radiación, sea igual al obtenido utilizando los filtros establecidos en los apartados 3.1.31 y 3.1.33.

- 3.1.37 Los equipos de terapia, con excepción de los que posean tubos con ánodo hueco, tendrán filtros intercambiables conectados a sistemas de bloqueo que impidan la conexión del alto voltaje si no está colocado el marco con su filtro. La denominación del filtro adicional será visible claramente desde el exterior del equipo.
- 3.1.38 Los equipos para terapia, defectoscopia industrial e irradiación con fines tecnológicos, permitirán la posibilidad de conectar a su circuito de control sistemas de bloqueo que desconecten el alto voltaje al abrirse las puertas de los locales donde están instalados. La conexión del alto voltaje sólo será posible desde el panel de control, después de cerrada la puerta.
- 3.1.39 Las cabinas protectoras de los equipos de fluorografía, estarán dotadas de sistemas de bloqueo en las puertas que impidan la conexión del voltaje al tubo cuando las puertas estén abiertas. Se exceptúan de este requisito, los soportes con cámaras fluorográficas que se emplean en calidad de puestos de trabajo, independientes del equipo, en investigaciones de diagnóstico médico.
- 3.1.40 Los equipos de fluoroscopia estarán dotados de señales acústicas, las cuales se dispersarán cuando la duración de la fluorescencia sea mayor de 5 min y cesarán después de desconectarse el alto voltaje. Se exceptúan de este requisito, los equipos portátiles y aquellos en los cuales no se contempla el régimen de fluorescencia durante la explotación normal.
- 3.1.41 Los emisores de rayos X con ventanilla de salida de berilio, se señalarán en tres de sus partes con el símbolo de "peligro radiactivo", según la NC 69-02:83 "SNPR. Símbolo de peligro radiactivo".

En la documentación de estos equipos se consignará el riesgo adicional que comporta su explotación.

- 3.1.42 Los dispositivos para el apantallamiento de la radiación que sean desarmables o intercambiables, estarán dotados de una leyenda que los identifique, donde se señale su equivalente plúmbico y la fecha de fabricación. Si estos dispositivos no son de plomo, se indicará también el voltaje nominal del tubo de rayos X para el cual es válido el equivalente dado.
- 3.1.43 Los valores del filtro propio de cada emisor de rayos X, serán consignados mediante leyenda sobre el emisor y en la documentación de explotación.

3.2 Requisitos para la seguridad eléctrica

- 3.2.1 Para garantizar la seguridad eléctrica de los equipos de rayos X, éstos se conectarán a sistemas electroenergéticos del tipo tierra-neutro (TN) y específicamente tierra-neutro separado (TNS); en casos especiales podrán conectarse a redes del tipo tierra-neutro común (TNC), por lo que los apartados siguientes se referirán a los sistemas energéticos de estos tipos.
- 3.2.2 Los equipos garantizarán la protección a un posible contacto con las partes conductoras de corriente de los circuitos eléctricos.
- 3.2.3 Los equipos estacionarios se conectarán a la red eléctrica con interruptores manuales o automáticos, en ambos casos con desconectivos con fusibles, siempre que sus características intensidad-tiempo produzcan la apertura del circuito en un tiempo inferior a 5 s. Estos interruptores desconectarán todos los componentes del sistema sin excepción y se encontrarán ubicados en lugares de fácil acceso al personal técnico que manipulará los equipos, por ejemplo, junto a los paneles de mando de los mismos.
- 3.2.4 Se conectarán a tierra las partes metálicas de los equipos que puedan caer bajo voltaje como consecuencia de una falla de aislamiento, como son las capas metálicas flexibles de los conductores de corriente y elementos articulados.

La resistencia total del circuito de falla a tierra no excederá el valor de 10Ω .

- 3.2.5 Para la alimentación eléctrica de los equipos portátiles y móviles se utilizarán tomacorrientes de tres vías, una de las cuales se conectará a la tierra de protección.

Estos tomacorrientes serán polarizados, para evitar errores de conexión y estarán contruidos de forma que la conexión del contacto de tierra se efectúe antes de la conexión de los contactos conductores de corriente y se desconecte de forma inversa.

- 3.2.6 En los cables de tierra de los equipos no existirán interruptores ni fusibles.
- 3.2.7 Cada elemento del equipo que se conecte a tierra, estará calculado de manera que permita la conexión con el cable de tierra con la ayuda de una ramificación aparte.

En ningún caso se conectará en serie varios elementos al cable principal de tierra.

- 3.2.8 La conexión de los cables de tierra a la cubierta del equipo, de los transformadores y otros, se hará con unión de perno o soldadura.
- 3.2.9 El lugar de conexión del cable de tierra al equipo, tendrá un símbolo de toma de tierra.
- 3.2.10 En el caso de que la sección de los cables de conexión de la red eléctrica sea de 10 mm² o menor, el cable de tierra será equivalente al cable de cobre con una sección no menor que 4 mm².
- 3.2.11 Cualquier cubierta anticorrosiva no constituirá un aislante del contacto.
- 3.2.12 Las puertas de las instalaciones de control y regulación con un voltaje mayor que 32 V, colocadas en armarios cerrados y cuerpos protectores, tendrán bloqueo que desconecte el alto voltaje al estar abierto los armarios o cuerpos.

La reconexión del voltaje será posible solamente desde el panel de control del equipo, después de cerrar el armario o cuerpo.

- 3.2.13 Los equipos con condensadores en el circuito de alto voltaje, tendrán un dispositivo automático o manual, para la descarga de los mismos al desconectarse los equipos.

3.3 Requisitos de seguridad mecánica

- 3.3.1 Los equipos que no estén destinados a ser fijados a las paredes, pisos o techos de los edificios, tendrán la suficiente estabilidad en todas las posiciones de trabajo.

Los equipos mantendrán una posición de equilibrio estable, al desviarlos de la posición vertical en un ángulo no mayor que 20°.

Los equipos móviles mantendrán la posición de equilibrio estable durante su transportación con una inclinación no mayor que 15° y en las posiciones más desfavorables de sus partes móviles, si en los documentos acompañantes no se indica una posición especial para la transportación.

- 3.3.2 Las partes móviles de los soportes de los equipos para investigaciones de diagnóstico médico tendrán limitadores de la fuerza de empuje, establecidos en dependencia del objeto irradiado o investigado, en los límites de 20 a 100 N. Al sobrepasar el valor establecido de empuje, se suprimirá el movimiento posterior de las partes que componen el cuerpo del equipo.

- 3.3.3 Para los equipos con aislamiento gaseoso, en los que durante la explotación pueden surgir aumentos de presión no admisibles para su solidez, se preverán adaptadores para la nivelación de la presión.
- 3.3.4 Las partes exteriores del equipo accesibles al contacto, entre ellas las partes de los colimadores que se introducen en las cavidades del cuerpo humano, no tendrán una temperatura mayor que 25 °C. Este requisito no se extiende a la superficie externa de los emisores de rayos X de los equipos, los cuales responderán a lo establecido por el fabricante.
- 3.3.5 En el caso de los equipos para investigaciones médicas, el esfuerzo de manipulación de los emisores de rayos X y de los dispositivos de acecho, incluyendo los que cuentan con intensificador de imagen, no sobrepasará 50 N.

3.4 Requisitos higiénicos

- 3.4.1 Las mesas soportes giratorias de los equipos para investigaciones de diagnóstico médico, tendrán un dispositivo transparente fácilmente desarmable, adyacente a la superficie de acecho, para la protección del médico de los minúsculos desprendimientos de las vías respiratorias del paciente.
- 3.4.2 En los equipos para investigaciones de diagnóstico médico, las partes con las cuales el cuerpo del paciente tiene contacto directo, tales como los terminales de los colimadores y las vainas de los ánodos de los tubos de rayos X, ofrecerán posibilidades de limpieza consecutiva.
- 3.4.3 Las pantallas fluorescentes para radiografía se cerrarán con fundas no transparentes.
- 3.4.4 Los equipos estacionarios para investigaciones de diagnóstico médico destinado a los salones de operaciones, se instalarán garantizando que se elimine la posibilidad de que penetre líquido bajo la base del mismo.
- 3.4.5 Los colimadores regulables y los terminales de los tubos de rayos X de los equipos para terapia que se introducen en las cavidades del cuerpo, permitirán la desinfección por vapor.

COMPLEMENTO

Normas estatales de referencia:

NC 69-01:81 SNPR. Reglas básicas de seguridad

NC 69-02:83 SNPR. Símbolo de peligro radiactivo.

Norma estatal consultada:

NC 19-02-02:81 SNPHT. Artículos electrotécnicos. Requisitos generales de seguridad

Normas internacionales consultadas:

IEC 407:1973 Protección radiológica en equipos de rayos X de 10 a 400 kV

IEC 513:1976 Aspectos básicos de la filosofía de seguridad de equipos eléctricos usados en la práctica médica

Normas extranjeras consultadas:

CANADA: CSA C22.2 No. 125-1973 Equipos electromédicos

URSS: GOST 12.2.018-76 Sistema de Normas de Seguridad. Aparatos de rayos X. Requisitos generales de seguridad

Bibliografía consultada:

FRANKE, H. Diccionario de Física. ESPAÑA. Editorial Labor S.A. 1967. Traducción del Alemán

TERRELL, C. Manual del Montador Electricista. CUBA. Editorial Ciencia y Técnica, 1969. Traducción del inglés

Resolución Ministerial No. 74, Ministerio de Salud Pública, 16 de Marzo de 1981

Ing. REY SARMIENTO, RENE. Comentarios sobre algunos métodos empleados para proteger a las personas contra riesgos de choque eléctrico. Empresa Nacional de Proyectos Arquitectónicos. MICONS. Octubre de 1982

Ing. VILLAR, AROLD. Sistema de Distribución. Medidas de protección. Dirección de Inspección CETSS. Julio de 1984.