



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“INSTALACION DE UNA SALA DE RAYOS X CON BASE A LA
NORMATIVIDAD OFICIAL”**

EXPERIENCIA PROFESIONAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTA
GUZMAN AMBRIZ ALEJANDRO

ASESOR DEL PROYECTO

MTRO. GALILEO CRISTIAN TINOCO SANTILLAN



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Juan Manuel y Sara por brindarme el apoyo y la fortaleza a lo largo de mi carrera, que sin duda alguna siempre han demostrado su amor y comprensión en mi vida y jamás existirá la manera de agradecerles todo los sacrificios hechos.

A mis hermanos Juan Manuel y Brayan Daniel que son una parte importante en mi vida y un modelo de superación. Agradezco su apoyo ya que es un motor para seguir adelante.

A mis compañeros de la carrera. Gracias por su apoyo y brindarme su amistad a lo largo de la carrera ya que sin ustedes este trabajo no hubiera sido posible, su paciencia y cariño siempre fueron un propulsor.

Agradezco de una manera muy especial a todos los Maestros de la facultad de Ingeniería Eléctrica que con su vocación y conocimiento han contribuido a mi formación profesional y humana

Agradezco al Maestro Galileo Cristian Tinoco ya que sus conocimientos y aportaciones fueron esenciales en este proyecto.

Finalmente a todas las personas que me brindaron su ayuda ya que sus palabras y acciones me sirvieron como guía para continuar con este proyecto.

Resumen

El desarrollo del presente trabajo se ha basado en la experiencia profesional adquirida por el autor en el área de los equipos médicos específicamente en equipos de **radiodiagnóstico**.

Se describe los principios que fundamentan los equipos de radiodiagnóstico. Equipos que han ido evolucionando conforme la ingeniería electrónica evoluciona, siendo esta un soporte fundamental para la biomedicina.

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer, como el Ingeniero electrónico realiza los diferentes procedimientos necesarios para el desarrollo de las distintas actividades tales como instalación de sistemas de rayos X, **calibración** de los equipos y mantenimientos preventivos y correctivos que se realizan en los centros de salud y gabinetes radiológicos.

Así mismo se expone en forma resumida y sencilla como los equipos de radiología son utilizados en las diferentes áreas de un gabinete u hospital para la ayuda del diagnóstico médico en diversas partes del cuerpo de un paciente.

También trata de mostrar como el Ingeniero Electrónico está desempeñándose en los departamentos de ingeniería especializada en los hospitales, clínicas, gabinetes, etc. Dichos departamentos asumen todo lo relacionado con la gestión tecnológica, entendiéndose por esto la suma de todos los **procesos** de ingeniería y gerencia que integrados en una sola tienen por objetivo velar por el uso seguro y eficiente de todo el equipamiento y la **protección** y seguridad tanto de los operadores como de los pacientes

Radiodiagnóstico

Calibración

Procesos

Protección

Seguridad

Abstract

The development of this work has been based on the professional experience acquired by the author in the area of medical equipment, specifically in radiodiagnostic equipment.

The principles underlying radiodiagnosis equipment are described. Equipment that has been evolving as electronic engineering evolves, this being a fundamental support for biomedicine.

The objective of this work is to make known how the electronic engineer performs the different procedures necessary for the development of the different activities such as installation of X-ray systems, calibration of equipment and preventive and corrective maintenance that are carried out in the centers. health and radiological cabinets.

Likewise, it is exposed in a summarized and simple way how radiology equipment is used in the different areas of a cabinet or hospital to help medical diagnosis in various parts of a patient's body.

It also tries to show how the Electronic Engineer is performing in the specialized engineering departments in hospitals, clinics, cabinets, etc. These departments assume everything related to technological management, this being understood as the sum of all the engineering and management processes that, integrated into one, have the objective of ensuring the safe and efficient use of all the equipment and the protection and the protection and safety of both operators and patients

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVO	8
<i>FUNDAMENTOS DE RAYOS X</i>	9
1.1 RADIACIÓN.....	9
1.2 HISTORIA DE LOS RAYOS X.....	9
1.3 RAYOS X.....	10
1.3.1 Clasificación de los rayos X.....	11
1.3.1.1 Radiación ionizante.....	13
1.3.1.2 Radiación no ionizante.....	13
1.3.2 Producción física de los rayos X	14
1.3.3 Características de un haz de rayos X.....	17
1.4 EQUIPO DE RAYOS X.....	19
1.4.1 Operación del tubo de rayos X.....	26
1.5 RADIOLOGÍA	27
1.5.1 Protección radiológica	27
<i>INSTALACIÓN DE UNA SALA DE RAYOS X</i>	32
2.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y SUS ELEMENTOS	32
2.1.1 Conductores eléctricos.....	32
2.1.2 Canalizaciones eléctricas.....	35
2.1.3 Protecciones eléctricas.....	36
2.2 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA SALA DE RAYOS X.....	38
2.3 INSTALACION DEL EQUIPO.....	41
2.3.1 Riel.....	41
2.3.2 Base y Columna.....	42

2.3.3 Tubo y Colimador.....	43
2.3.4 Bucky de pared.....	44
2.3.5 Bucky de mesa.....	45
2.3.6 Generador.....	45
 <i>ANÁLISIS DEL ÁREA CON BASE EN LA NORMATIVIDAD OFICIAL</i>	 46
4.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON BASE EN LA NORMATIVIDAD	48
4.1.1 Calculo para el equipo de rayos X.....	48
4.2 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA CON BASE EN LA NORMATIVIDAD	53
4.3 DISEÑO GENERAL DEL ÁREA	53
4.4 BLINDAJES Y BARRERAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	53
4.5 CALIDAD Y GARANTÍA EN EL SERVICIO	54
 <i>CONCLUSIONES</i>	 55
 <i>GLOSARIO</i>	 56
 <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	 61

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances médicos han tenido alcances que no pudimos haber imaginado hace diez años. Sin duda alguna uno de los factores que más han influido es el avance de la tecnología, la cual es una herramienta invaluable para el tratamiento de enfermedades. La tecnología aplicada a la medicina juega un papel básico en el diagnóstico, estudio y tratamiento de muchos tipos de enfermedades.

Ante el crecimiento de la población la demanda de los servicios de salud crece de forma continua. Debido a lo anterior, es necesario que nuevos equipos médicos se incorporen a la infraestructura de diversas instituciones de salud pública y privada. Sin embargo se ha detectado que en ocasiones las instalaciones no logran proporcionar las condiciones de seguridad para el paciente o incluso los requerimientos básicos para la correcta operación del equipo. En particular una de las áreas con mayor cantidad de usuarios es radiodiagnóstico. Por esa razón el presente trabajo consiste en un análisis integral para la mejora en las instalaciones y calibraciones del área de radiodiagnóstico, de forma particular, de un equipo de rayos X.

Los equipos de rayos X son parte fundamental del diagnóstico y tratamiento de millones de pacientes, además forman parte de los primeros equipos orientados al ámbito médico. Los equipos de rayos X han evolucionado en gran medida y siguen formando la principal herramienta del diagnóstico traumatológico, oncológico y cardíaco. Sin embargo, no debemos olvidar que estos equipos obtienen un estudio mediante la exposición del paciente a una cantidad de radiación ionizante. Este tipo de radiación puede modificar la producción y desarrollo de las distintas células del cuerpo humano. Por lo anterior, los equipos de rayos X deben de operar en áreas controladas, las cuales cuenten con los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del equipo, con el propósito de obtener su mejor rendimiento; al mismo tiempo que poseen las características necesarias de seguridad y espacio para el libre tránsito del técnico radiólogo y del paciente.

Tomando como base la normatividad oficial se realiza un análisis del área para evaluar que cumpla con los requerimientos establecidos en las normas, lo cual significa que la salud del paciente no se pone en riesgo ni se ve afectada al ser sometido a un estudio para el diagnóstico o tratamiento de algún padecimiento. Además, por tratarse de un equipo de radiación ionizante debemos proteger de forma correcta al personal operario, es decir, los técnicos radiólogos, médicos radiólogos y personal de enfermería, y asegurar su salud durante la realización de su trabajo.

De la misma manera, la aplicación de las normas oficiales mexicanas contribuye a garantizar el

correcto funcionamiento del equipo médico, procurando una menor cantidad de fallas técnicas derivadas de una mala instalación o en su caso operación; teniendo por consecuencia la extensión de su vida útil.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es exponer un análisis claro e integral de la instalación de una sala de rayos X, analizando las condiciones de seguridad, tomando en cuenta los parámetros y especificaciones necesarias para evaluar el área con base en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las cuales nos ayudan a asegurar la eficiencia de la instalación y la seguridad de los usuarios.

¿Cómo podemos lograr este objetivo? El objetivo se puede lograr mediante un conocimiento integral sobre las normas oficiales que rigen estas áreas, en conjunto con la capacidad de análisis para evaluar la instalación y el funcionamiento del equipo, la instalación eléctrica y los elementos de protección radiológica en beneficio del personal y los usuarios.

El análisis de la sala de radiodiagnóstico se compone de las siguientes actividades:

- Revisar la instalación eléctrica, comprobar que cumple con la Norma Oficial Mexicana, verificando la calidad de los elementos eléctricos que la conforman, como son: conductores, tableros, canalizaciones, protecciones, etc., y evaluar si estos se encuentran en óptimas condiciones, para que no exista ningún riesgo para la integridad de los usuarios y el personal.
- Instalar y Calibrar el equipo de rayos X mediante la medición de radiación electromagnética
- Realizar un estudio de la sala considerando las normas arquitectónicas, con la finalidad de evaluar si el área cumple con los requerimientos estructurales necesarios para la realización de estudios de radiodiagnóstico.
- Realizar un análisis de los principales elementos de protección radiológica y verificar si su estado actual cumple con lo señalado en la norma.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE RAYOS X

1.1 RADIACIÓN

La radiación es una manifestación de la energía que se transmite en forma de ondas electromagnéticas o partículas. Esta energía ha sido parte de la historia de nuestro planeta desde que se formó el sistema solar, hace unos cinco mil millones de años. Hoy en día, igual que entonces, el planeta tierra es bombardeado continuamente por partículas energéticas provenientes del centro de nuestra galaxia y de otras galaxias lejanas a millones de años luz. Pero no toda la radiación recibida sobre el planeta tierra es extraterrestre, ya que en el interior y en la superficie del planeta existen núcleos radiactivos, que fueron creados al formarse el sistema solar, y que emiten espontáneamente diferentes formas de radiación. Desde comienzos del siglo XX a esta radiación natural o “de fondo”, se le ha sumado radiación que el ser humano aprendió a producir para satisfacer sus necesidades y sus intereses. La radiación producida por el ser humano, a veces denominada radiación artificial, causa aproximadamente el 20% de la irradiación total promedio en el mundo; el resto es de origen natural. A finales del siglo XIX el ser humano descubrió la manera de producir radiación. Primero fueron los rayos X (descubiertos en 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen) y luego la radiactividad.

1.2 HISTORIA DE LOS RAYOS X

El científico alemán Wilhelm Conrad Roentgen fue el primero que descubrió los rayos X. Igual que muchos científicos de su época, Roentgen efectuaba experimentos con tubos de vidrio llenos de gas a baja presión, y en su interior aplicaba campos eléctricos intensos. Era sabido que el tubo se iluminaba tan pronto como se aplicaban voltajes muy diferentes en sus dos electrodos; la luz parecía ser producida por rayos originados en el electrodo negativo (cátodo). El interés de Roentgen se centraba en el estudio de las propiedades de fluorescencia de ciertas sales y el oscurecimiento del papel fotográfico sobre el que incidían estos rayos originados en el cátodo. El viernes 8 de noviembre de 1895, cuando intentaba asegurarse de que la luz emitida por uno de sus tubos no atravesaba una camisa de cartón y estaño, apagó la luz de su laboratorio y observó con sorpresa que en su mesa de trabajo, lejos del tubo, un punto emitía luz. Al encender la luz, identificó el objeto brillante: un pedazo de papel pintado

con sales fluorescentes. El fenómeno que observo era la luz fluorescente producida en papel por rayos invisibles al ojo humano, que eran emitidos desde el tubo y atravesaban el vidrio, el cartón, el estaño y el aire hasta llegar a las sales del papel.

Posteriormente, Roentgen observó la sombra de un alambre que se interponía entre el tubo y el papel fluorescente. Sin embargo ni un libro de mil páginas, ni la madera, ni el hule producía sombra. Comparó la transparencia relativa de varios espesores de aluminio, plata, cobre, plomo y zinc a la radiación invisible, y encontró que 1.5 centímetros de plomo impedían la fluorescencia del papel. Durante sus estudios descubrió que podía verse la sombra de sus dedos y la imagen más oscura de sus huesos. Ésta fue la primera fluoroscopia en el mundo. Se le ocurrió que estos fenómenos podrían ser registrados en placas fotográficas, y se dedicó a radiografiar varios objetos. Así el 22 de diciembre de 1895 tomó la primera radiografía hecha a un ser humano: la mano de su esposa. El 28 de diciembre del mismo año entregó para publicación científica sus observaciones detalladas, y el 5 de enero siguiente la prensa ya estaba informada de este descubrimiento. Los rayos invisibles, emitidos por el tubo, fueron llamados por el propio Roentgen “rayos X” para distinguirlos de otras radiaciones. La divulgación mundial de estos hechos fue explosiva y los rayos X pasaron a ser un elemento indispensable, tanto en hospitales como en centros de investigación. Roentgen recibió el primer premio Nobel de Física en el año 1901.

1.3 RAYOS X

Los rayos X son ondas electromagnéticas de alta frecuencia, cuya longitud de onda está comprendida entre 5 picómetros y 10 nanómetros. La energía de estos fotones varía desde algunos electrón-volts a varias decenas de electrón- volts, lo cual los incluye en la familia de las radiaciones ionizantes. Los rayos X se generan en la nube electrónica del átomo (Figura 1.1). Como en toda onda electromagnética, la energía transportada por un fotón X está ligada a su frecuencia (por lo tanto a su longitud de onda), por la siguiente relación.

$$E_p = h * v = \frac{h * c}{\lambda}$$

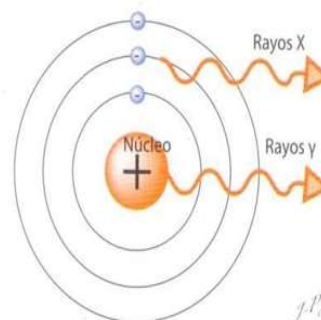


Figura 1.1 Orígenes atómicos de la radiación X y Y.

Dónde:

h : Constante de Planck (6.62 J/s)

ν : Frecuencia de onda (Hz)

c : Velocidad de la luz (300,000 km/s)

λ : Longitud de onda (m)

1.3.1 Clasificación de los rayos X

Hoy en día el espectro electromagnético abarca una amplia gama de diferentes clases de radiaciones provenientes de una variedad de fuentes. Estas radiaciones difieren en gran manera en cuanto a sus propiedades, sus medios de producción y las maneras en que las observamos, comparten otras características en común; todas pueden describirse en términos de campos eléctricos y magnéticos, y todas viajan a través del vacío con la misma velocidad, la velocidad de la luz.

De hecho desde el punto de vista fundamental, difieren sólo en la longitud de onda. Aparte de la diferencia de sus longitudes de onda como se muestra en la figura 1.2, no existe una manera experimental de distinguir una onda en la región visible de otra en la región infrarroja; las ondas tienen formas idénticas y descripciones matemáticas idénticas. No existen espacios en el espectro, como tampoco límites bien definidos entre las diversas categorías

El espectro electromagnético se divide, según su frecuencia y energía en:

- Radiación ionizante
- Radiación no ionizante

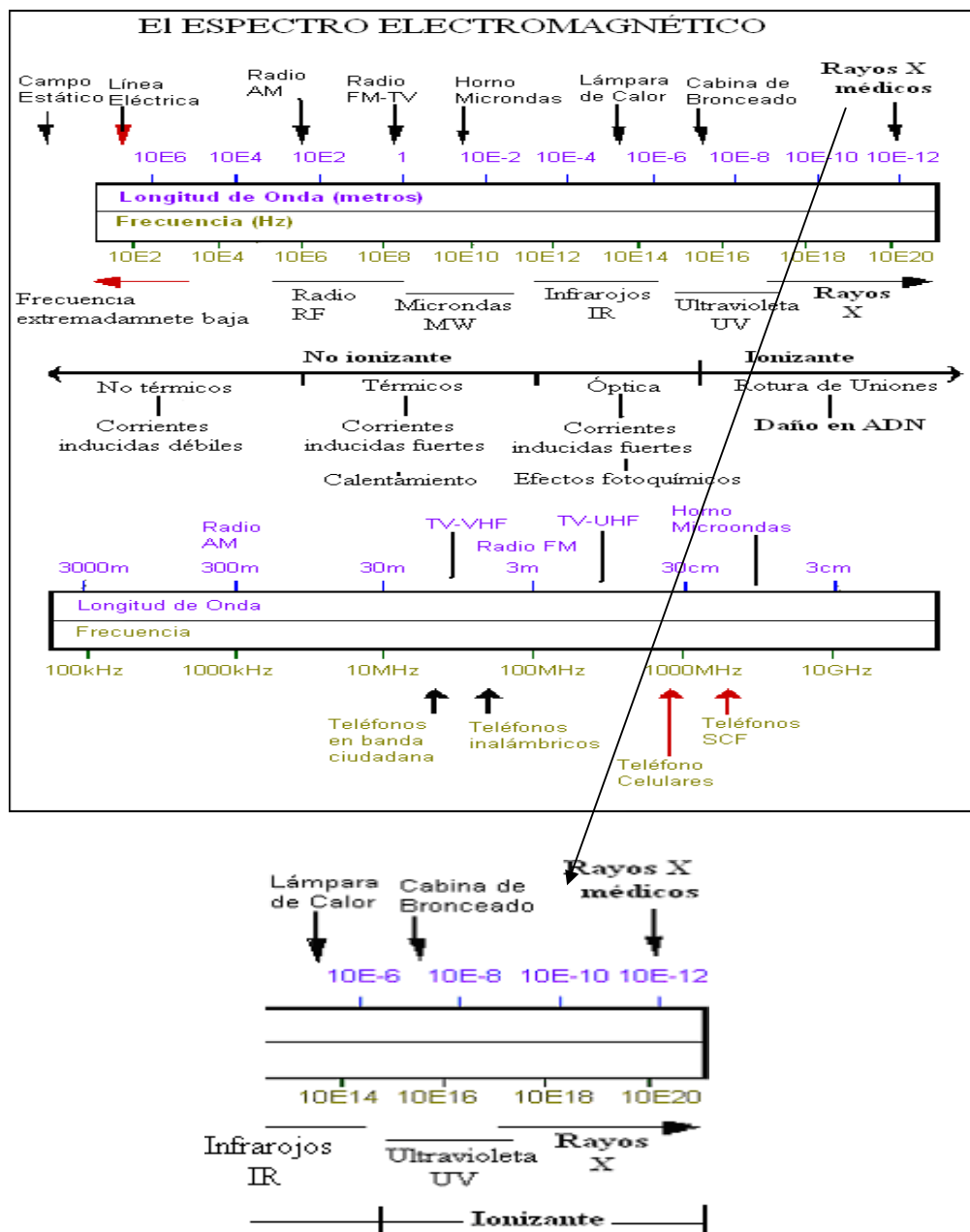


Figura 1.2 Espectro electromagnético

1.3.1.1 Radiación ionizante

Se extienden desde los $3 \cdot 10^{15}$ Hz. Hasta por encima de $1 \cdot 10^{27}$ Hz siendo sus características principales:

- Las radiaciones ionizantes son de alto contenido energético.
- Longitud de ondas pequeñas. Desde 100 nm hasta $300 \cdot 10^{-21} \text{ m}$.
- Tienen capacidad para ionizar (cuando un átomo ganó o perdió uno o más electrones) medios.

1.3.1.2 Radiación no ionizante

Se extienden desde 0 Hz. Hasta aproximadamente $3 \cdot 10^{15}$ Hz siendo sus características principales:

- Las radiaciones no ionizantes no son de alto contenido energético.
- Longitudes de onda grandes. Desde infinito hasta 100 nm .
- Las radiaciones no ionizantes, aun cuando sean de alta intensidad no pueden causar ionización, es decir, que no inducen carga eléctrica sobre átomos o moléculas neutras.
- Las radiaciones no ionizantes son ondas electromagnéticas.

Representación gráfica de la penetrabilidad de los rayos alfa, rayos beta, rayos X, rayos gamma y neutrones

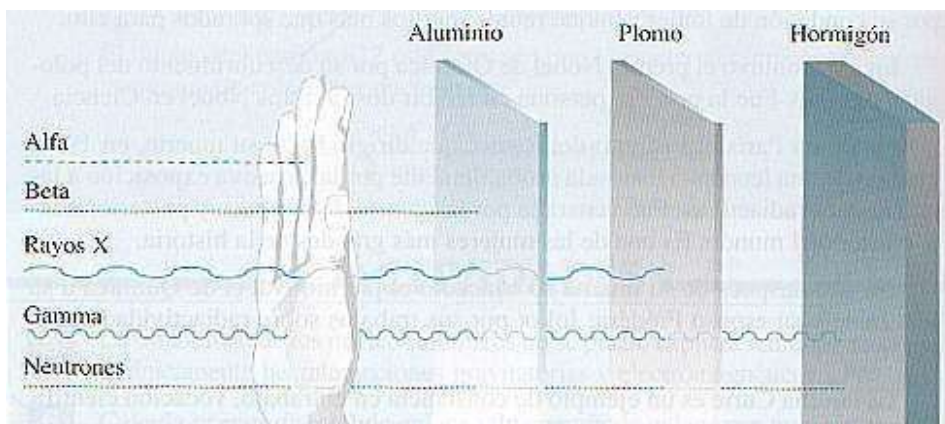


Figura 1.3 Se muestra la diferencia que existe según la penetrabilidad de los distintos tipos de radiación.

1.3.2 Producción física de los rayos X

La producción de rayos X es el resultado de una interacción energética entre un electrón que posee una muy alta velocidad y un blanco metálico muy denso (de número atómico elevado). Con motivo de este choque, el electrón penetra en el blanco y sufre una brusca desaceleración con pérdida de energía cinética. El 99% de esta pérdida de energía cinética se convierte en calor (energía térmica) y el 1 % en radiación X. Por lo tanto, el rendimiento de producción de rayos X, es bajo.

Existen dos formas en las que el electrón interactúa con el blanco y se producen rayos X. La primera es una interacción electrón-núcleo y la segunda una interacción electrón-electrón.

La interacción electrón-núcleo se presenta cuando un electrón incidente pasa cerca de un núcleo, es atraído por este último, lo cual provoca una importante desviación en su trayectoria y la pérdida de una parte de su energía bajo la forma de radiación electromagnética, llamada “radiación de frenado” o Bremsstrahlung, que produce su desaceleración. Cuando el blanco es de naturaleza muy densa (número atómico elevado), la energía transportada por esa radiación de frenado es alta y se sitúa en el rango de los rayos X (Figura 1.4).

Su valor depende de:

- La energía de los electrones incidentes.
- El número atómico del blanco.

Esta energía está definida y caracterizada por un espectro continuo, donde las curvas obtenidas corresponden al abanico de longitudes de onda de los fotones generados en el blanco debido al efecto de frenado y cuya energía es directamente proporcional a la tensión aplicada al tubo.

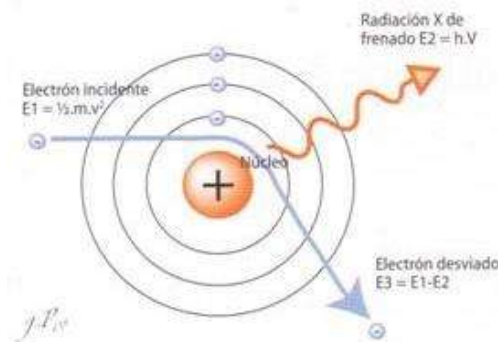


Figura 1.4 Efecto de frenado

Analizando los rayos X que se producen por la interacción electrón-núcleo se encuentra que el haz está compuesto por una mezcla de distintas longitudes de onda. La variación de la intensidad y la longitud de onda dependen del voltaje aplicado al tubo. En la figura 1.5 se muestran las curvas obtenidas debido al efecto de frenado.

La longitud de onda más corta de rayos X es conocida como short wavelength limit, ésta se incrementa rápidamente hasta el punto máximo para después volver a decrecer. Cuando se incrementa el voltaje en el tubo, la intensidad de todas las longitudes de onda se incrementa.

El espectro continuo se presenta debido a la rápida desaceleración de los electrones que son bombardeados contra el objetivo. No todos los electrones son desacelerados de la misma forma: algunos son detenidos en un solo impacto cediendo toda su energía, sin embargo algunos otros son desviados y van perdiendo su energía cinética lentamente. Los electrones que son detenidos de un solo impacto dan lugar a fotones de máxima energía a rayos X de mínima longitud de onda.

La interacción electrón-electrón es explicada con base en el modelo atómico de Bohr, el átomo se describe como un conjunto conformado por un núcleo rodeado de orbitales que contiene electrones. Dentro de la nube electrónica, los electrones están agrupados en distintos niveles de energía denominados K, L, M, etc. y caracterizados por su energía de unión al núcleo, cuanto más cerca está del núcleo, mayor será su energía de unión. Cuando la energía de los electrones incidentes es superior a la energía de unión del electrón al núcleo, el electrón es arrancado de la nube electrónica.

Si el electrón extraído proviene de una capa interna del átomo, los de las capas periféricas tendrán tendencia a precipitarse al lugar dejado vacante. Esto hace que el electrón que cambia de órbita pierda energía que es disipada bajo la forma de rayos X (fotón).

Esta radiación, caracterizada por un espectro de líneas particulares del metal del ánodo, constituye solamente el 1% de la radiación X emitida, o sea, el 0.01% de la energía electrónica incidente. Esto se explica por la baja probabilidad que tienen los electrones incidentes de colisionar con los del átomo del blanco, debido a las enormes distancias que separan los distintos orbitales electrónicos.

Dependiendo del nivel de energía del electrón dentro del átomo y de la energía del electrón incidente, son posibles diferentes tipos de colisiones.

- Primer caso: El electrón incidente de baja energía interacciona con un electrón periférico y lo expulsa. Este último es nuevamente atraído por el núcleo del mismo átomo. El retorno es acompañado por una liberación de energía en forma de fotón.
- Segundo caso: El electrón incidente posee alta energía e interacciona con un electrón periférico y lo expulsa. El átomo resulta ionizado y no existe emisión de fotones X.
- Tercer caso: El electrón incidente interacciona con un electrón de un nivel profundo y lo expulsa. El átomo queda inestable y se produce un reordenamiento de la nube electrónica que provoca una emisión de fotones X.

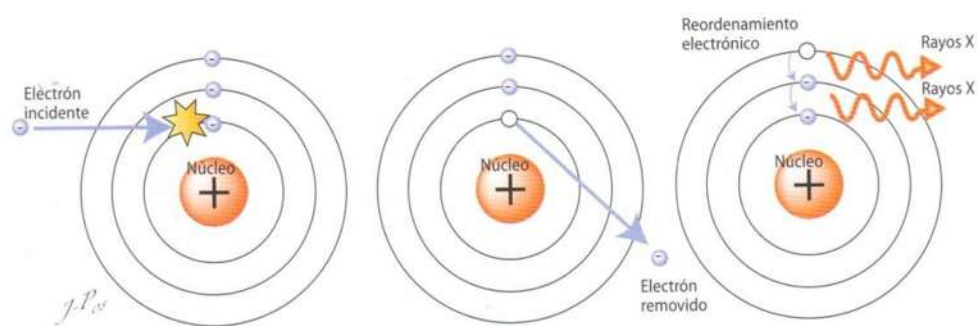


Figura 1.6 Interacción electrón – electrón.

El espectro de líneas es el resultado de la interacción electrón-electrón y se produce cuando el voltaje aplicado al tubo de rayos X es elevado a un valor crítico. La longitud de onda del fotón X resultante, está directamente relacionada con los orbitales K, L, M, etc., de donde se desprende el electrón removido (Figura 1.6).

El origen del espectro de líneas nace del propio número atómico del material utilizado como blanco. Para entender este fenómeno es necesario considerar al átomo como en el modelo atómico de Bohr.

El espacio dejado por el electrón removido de la órbita K tras una colisión electrón – electrón, puede ser ocupado por un electrón de cualquiera de las otras orbitas. Los vectores K_{α} y K_{β} , son el resultado de completar la órbita K con un electrón de las orbitas L o M, (Figura 1.7)

Es posible que un átomo del blanco pueda emitir radiación K_{α} mientras su vecino emite radiación K_{β} . Sin embargo es más probable, que la vacante en la capa K sea ocupada por un electrón de la capa L que por uno de la capa M; dando como resultado el vector $K_{\alpha\beta}$

Durante esta transición electrónica es imposible excitar la órbita K sin excitar las demás orbitas, por lo que en la órbita L se presenta el mismo efecto: un electrón es removido de la capa L y el lugar vacante es ocupado por un electrón de otra orbita externa.

Un valor elevado de voltaje aplicado al tubo de rayos X, garantiza la aceleración de electrones con mayor energía para lograr desprender electrones de las capas (K, L, M, etc.) y de esta forma producir fotones X.

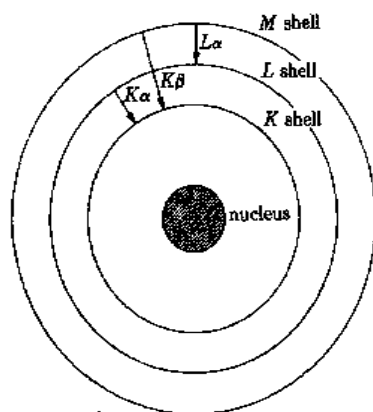
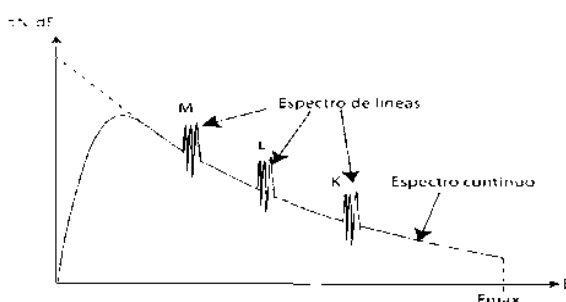


figura 1.7 Transición electrónica del átomo

El espectro total corresponde a la combinación del espectro continuo y del espectro de líneas (Figura 1.8). Este espectro es prueba fehaciente que, luego de una interacción de los electrones con el blanco, la cantidad de rayos X producida por efecto de frenado es muy superior a la producida por colisiones electrón-electrón.



1.3.3 Características de un haz de rayos X

La expresión “haz de rayos X” reagrupa el conjunto de los rayos X producidos luego de la interacción de los electrones con un blanco metálico. El haz es de naturaleza poli energética pues contiene rayos X de diferentes energías. La energía total emitida depende de la tensión de aceleración de los electrones, del número de electrones incidentes y del número atómico del ánodo.

Una característica importante de los rayos X es que podemos hacerlos más penetrantes, esto con la finalidad de que se reduzca la atenuación resultante de su interacción con la materia. Para hacer que el haz sea globalmente más penetrante, podemos:

- Aumentar la tensión de aceleración (V) de los electrones que impactarán el metal del ánodo, lo cual aumenta el umbral energético máximo del espectro.
- Agregar un filtro adicional a la salida del tubo con el fin de homogeneizar el haz, ya que de esta manera se eliminan los rayos X de baja energía (rayos blandos).

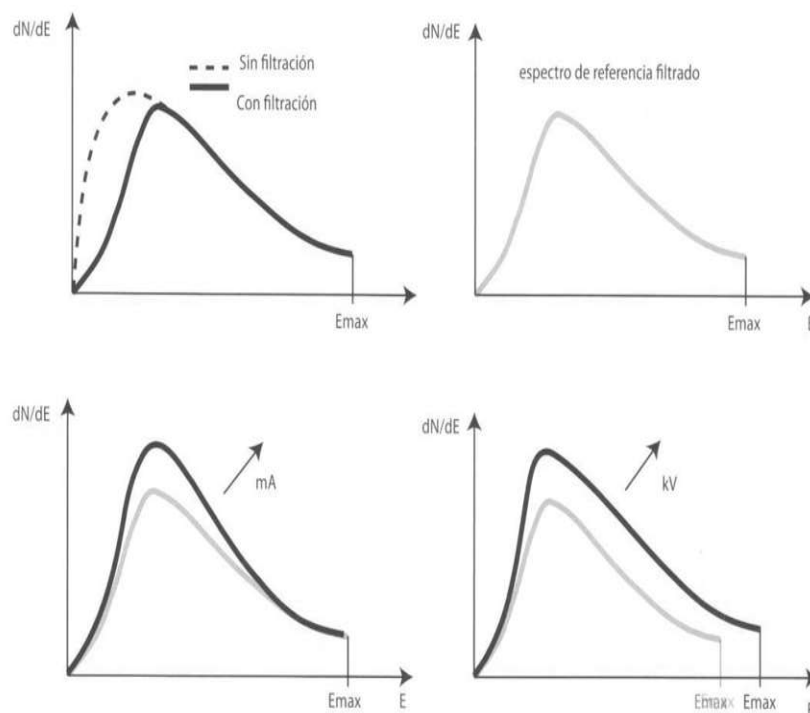


Figura 1.9 Efectos de la filtración, tensión de aceleración e intensidad de corriente en el filamento, sobre las características energéticas de haz de rayos X.

De este modo la reducción del número de fotones está compensada por una ganancia en la penetración del haz, lo cual se conoce como “endurecimiento” del haz. Es importante mencionar que el incremento de electrones incidentes (n), ligado a la intensidad de corriente en el filamento del tubo, no aumenta la penetración del haz, solamente crece la cantidad de fotones X. (Figura 1.9).

1.4 EQUIPO DE RAYOS X

El equipo de rayos X está compuesto por: el tubo de rayos X, consola de control, generador, columna de soporte de tubo, mesa y bucky de pared, los cuales participan conjuntamente para la obtención de imágenes radiográficas. Todos los componentes del equipo son de importancia, sin embargo los elementos más indispensables son el tubo y el generador. Ya que en el tubo se lleva a cabo la emisión de rayos X, mientras que el generador se encarga de suministrar el alto valor de kilovoltaje necesario al tubo; así como el voltaje de alimentación al resto de los componentes del equipo.

Tubo de rayos X

El tubo de rayos X tiene su fundamento en el tubo de Crookes, el cual consistía en un tubo de vidrio con débil vacío y iones positivos de gas al interior, los cuales eran atraídos hacia una placa metálica con carga negativa (cátodo) y cuya iteración provocaba el desprendimiento de electrones de este último y la atracción de ellos hacia la placa metálica con carga positiva (ánodo), de esta forma se obtiene un haz de electrones que produce fluorescencia dentro del tubo.

Al igual que en el tubo de Crookes está el tubo de Coolidge que posee tres elementos básicos para la generación de los rayos X (Figura 1.14).

- Una fuente de electrones en el cátodo.
- Una elevada diferencia de potencial que permita acelerar los electrones en el vacío.
- Un blanco metálico que permita la generación de los rayos X.

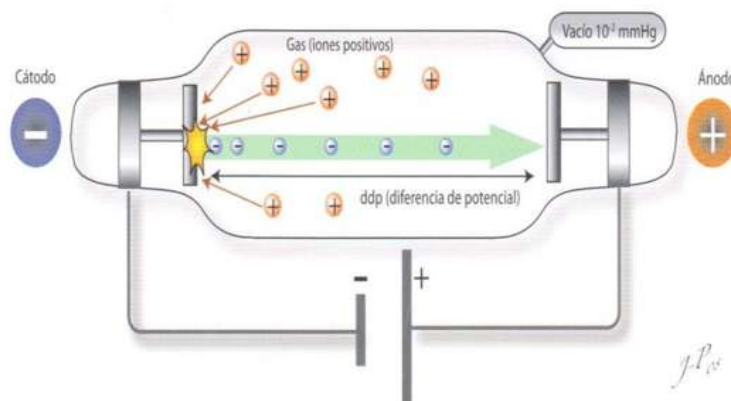


Figura 1.14 Principio histórico del tubo de Crookes.

La fuente de electrones se obtiene por el efecto termoiónico de Richardson, el principio consiste en llevar un filamento a la incandescencia donde el calor acumulado es transmitido como energía cinética a los electrones libres del metal del filamento; gracias a este aporte de energía los electrones son expulsados del filamento y forman una nube electrónica alrededor de la espiras de dicho filamento.

Los electrones situados alrededor del filamento son atraídos hacia el blanco por una elevada diferencia de potencial que puede variar entre 40 y 150 [kV]. El filamento se comporta entonces como un cátodo y el blanco como un ánodo; entre mayor sea la diferencia de potencial mayor será la energía cinética, y la aceleración de los electrones será directamente proporcional a la energía de los rayos X (Figura 1.15).

La energía cinética se encuentra definida por la expresión:

$$E_{ce} = \frac{1}{2}mv^2 = eV$$

Dónde:

m : Masa del electrón [Kg]

v : Velocidad del electrón (al llegar al ánodo) [m/s]

e : carga del electrón [Coulomb]

V : Diferencia de potencial en [KV]

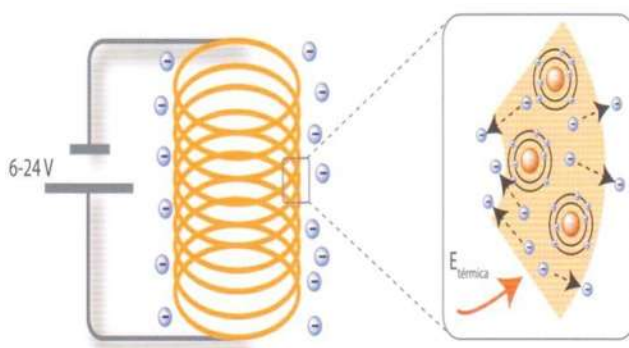


Figura 1.15 Efecto termoiónico y creación de una fuente de electrones.

El blanco cuyo objetivo es generar una brusca desaceleración de los electrones, debe ser de elevado número atómico y buen conductor de calor, ya que la pérdida de energía cinética de los electrones después del choque se transforma principalmente en calor (99%) y en rayos X (1%) por lo que el rendimiento de un tubo es considerablemente bajo.

En la actualidad se ha perfeccionado el tubo de rayos X agregando distintos componentes a su estructura básica, con la finalidad de obtener mejores resultados en la calidad de la radiación y un mejor aprovechamiento de la energía necesaria para la generación del haz de rayos X. (Figura 1.16).

El cátodo está constituido por dos filamentos de tungsteno ($Z=74$) en forma de espiral que poseen un elevado punto de fusión y elevado número atómico para constituir la fuente de electrones, la selección del filamento dependerá de la definición deseada, así como de la carga térmica utilizada. Adicionalmente se cuenta con una pieza de molibdeno ($Z=42$) que ayuda a impedir la deformación de los filamentos ocasionada por el calentamiento, determina la forma rectangular del foco térmico al incidir sobre el ánodo y contribuye a una mejor focalización de los electrones hacia el ánodo.

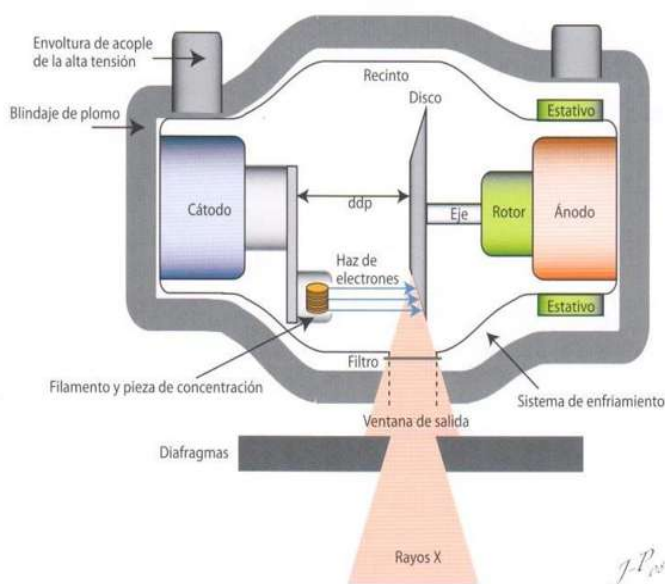


Figura 1.16 Principales elementos tecnológicos de un tubo de rayos X.

El ánodo debe tener un número atómico (Z) elevado para favorecer la producción de los rayos X por efecto de frenado, así como una temperatura de fusión elevada por la intensa interacción electrónica y buena conducción térmica para disipar el calor rápidamente. Existen dos tipos de ánodos: el ánodo fijo, se fabrica en cobre y contiene en su centro una pastilla de tungsteno se utiliza en equipos de baja potencia como los de uso odontológico. Mientras que el ánodo giratorio está constituido por un rotor-estativo, encargado de proporcionar el movimiento de rotación entre 3000 y 12000 rpm durante la exposición, un eje de transmisión de molibdeno ($Z=42$) que transmite el movimiento del rotor al ánodo asegurando el aislamiento térmico del rotor, un disco compuesto por una base de grafito y molibdeno, y una superficie de impacto de aleación de renio y tungsteno para garantizar una buena disipación térmica con una alta densidad.(Figura 1.17)

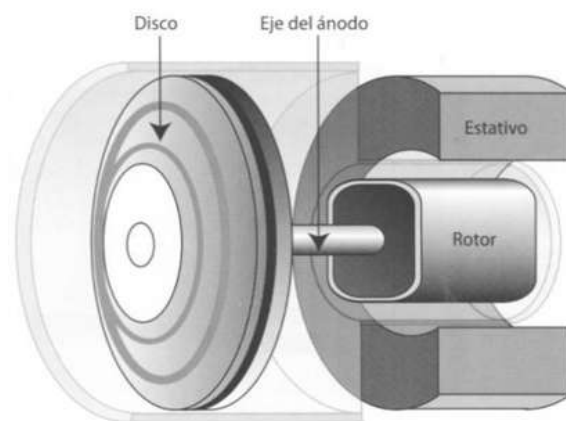


Figura 1.17 Elementos que constituyen un ánodo giratorio.

La ampolla de vidrio contiene los elementos principales (cátodo y ánodo), su finalidad es mantener un fuerte vacío y de esta forma garantizar que los electrones no colisionarán con otras moléculas y pueden obtener la energía necesaria para producir rayos X. Inicialmente fue construida de vidrio duro, actualmente se fabrica en vidrio pyrex o incluso de metal transparente a la radiación ya que debe resistir altas temperaturas.

Recordando que de esta energía aplicada al ánodo el 99% se convertirá en calor y solo el 1% restante se convertirá en radiación, resulta indispensable utilizar un medio para disipar la energía térmica de la ampolla, actualmente se utiliza aceite dieléctrico, el cual es enfriado al circular por canales, o dependiendo de la potencia del equipo por un sistema de ventilación.

Esta ampolleta de vidrio está dentro de una coraza o funda con revestimiento de plomo con 3 a 5 [mm] de espesor, cuya función es aislar al ambiente de la alta tensión, el calor y la radiación X parasita. La funda posee una ventana o salida frente al ánodo destinada a permitir el paso de los rayos X; dicha ventana está compuesta por un filtro que permite homogenizar la energía del haz eliminando los fotones de menor energía. Para tensiones de 60 a 120 [kV] se sugiere un filtro de 2 [mm] de aluminio mientras que para tensiones mayores a 120 [kV] el filtro sugerido es de 2 [mm] de aluminio y cobre. Sin embargo existen diversos filtros adicionales sugeridos por los fabricantes y cada funda posee un filtraje propio en función de las aplicaciones del equipo.

Para garantizar una mejor calidad en la imagen, delimitar el campo de radiación rectangular y disminuir la cantidad de radiación dispersa para el paciente se utilizan diafragmas. Los cuales se sitúan frente a la ventana de salida por la parte exterior de la funda y con los cuales se delimita el campo de irradiación. También existen accesorios en forma cilíndrica o cónica introducidos a la salida de los diafragmas para limitar aún más el campo de exposición y radiación dispersa. (Figura 1.18)

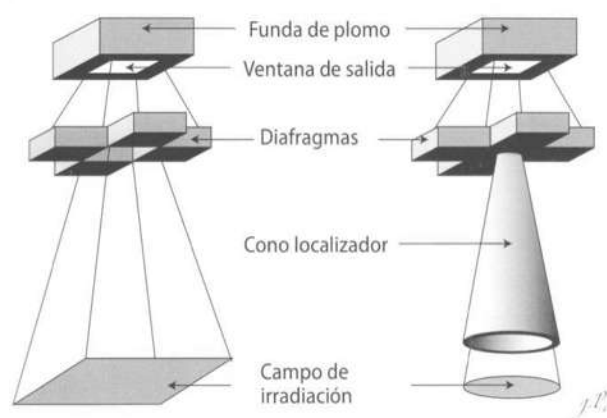


Figura 1.18 Diafragmas y cono localizador.

Punto focal

Es el área del ánodo que es bombardeado por los electrones provenientes del filamento. La longitud del filamento y la forma de la copa enfocadora determinan la forma y tamaño del punto focal.

Para producir un punto focal pequeño se enfocan los electrones en un área menor del blanco. Si esto se realiza por mucho tiempo, se concentrará mucho calor en esta área pequeña. No es conveniente, por lo tanto, producir siempre puntos focales pequeños ya que se reduce la vida útil del tubo de rayos X. En la figura 1.19 se puede verificar el principio de línea focal y el punto focal, el cual está inclinado con respecto a la normal.

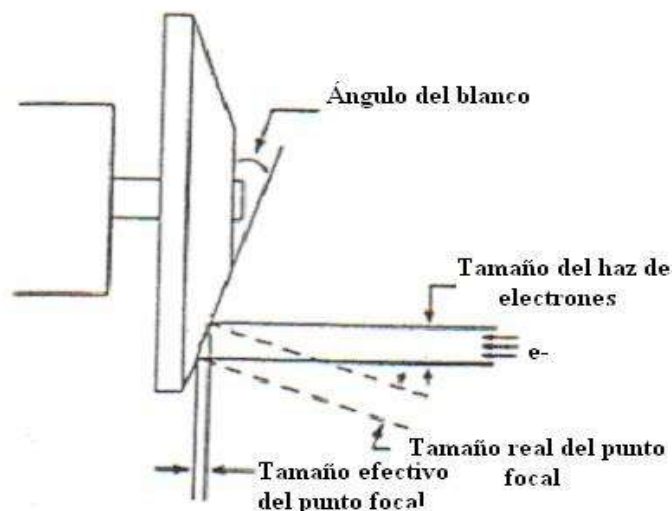


Figura 1.19 Principio de línea focal utilizado en un tubo de rayos X

Los ánodos de los tubos de rayos X tienen una inclinación, respecto de la vertical, de algunos grados. Esto produce una proyección del punto focal, en el plano de toma de la radiografía. El punto focal efectivo producido de esta forma, es menor que el punto focal real en el ánodo.

Efecto Talón

Debido a la inclinación del ánodo en los tubos de rayos X los fotones emitidos del lado del ánodo son filtrados por el tungsteno del ánodo mismo. Esto ocasiona una disminución de la intensidad de los rayos X en este lado del tubo. Como puede verse en la figura 1.20, la intensidad en el lado del cátodo es mayor respecto a la central y menor en el lado del ánodo.

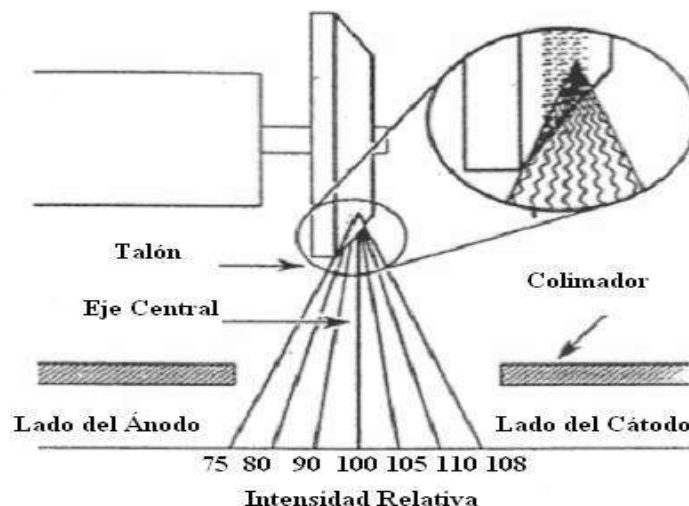


Figura 1.20. Disminución de la intensidad debida al efecto Talón

Generador de rayos X

El generador radiológico agrupa a todos los circuitos electrónicos y eléctricos que alimentan al equipo. Suministra una tensión directa de gran magnitud al tubo de rayos X, para lo cual debe transformar la corriente alterna de baja tensión de la línea en corriente continua estable de alta tensión, regular el calentamiento del filamento del cátodo con el objetivo de controlar la producción de rayos X, determinar el tiempo de exposición y proteger al tubo mediante verificaciones constantes. El transformador del circuito de alta tensión es el que permite la obtención de una diferencia de potencial elevada y unidireccional con la finalidad de aplicarlo a un puente rectificador de alta tensión para obtener un voltaje directo. Mientras que el transformador de baja tensión controla la alimentación del filamento con el objetivo de regular la producción de rayos X.

El generador está incluido en un módulo electrónico conectado al tubo a través de los cables de alta tensión, los cuales están diseñados para soportar la alta diferencia de potencial que existe entre ellos incluso a distancias muy cortas. También cumple la función de determinar el tiempo de aplicación de la alta tensión o bien el tiempo de exposición, así como del funcionamiento y alimentación del par rotor-estator.

Mesa basculable

Es el dispositivo donde el paciente se recuesta para la realización del estudio; en este tipo de mesas se logran ángulos de -15 a 90 grados en el plano horizontal, de esta manera se puede obtener la posición más adecuada para la realización del estudio.

Bucky mural

Este dispositivo se utiliza para tomar radiografías con el paciente de pie o en posición vertical a diferentes alturas, comúnmente contiene una rejilla anti dispersora para lograr eliminar la radiación de fuga y dispersa para obtener una mejor imagen.

Columna

La función principal de este dispositivo es trasladar y sostener al tubo de Rayos X en distintas posiciones, teniendo una amplia variedad en movimiento vertical, transversal, longitudinal y de angulación. A demás cuentan con sistema de frenado mecánico o electromagnético para sostener el tubo en la posición deseada. En la actualidad existen tres tipos de columnas, cielítica, de piso- techo y de piso, las columnas cielíticas se instalaban sobre el techo de la sala de rayos X pero han entrado en desuso debido al peso y a la cantidad de espacio que ocupan; por otra parte las columnas de piso techo se desplazan por un riel ubicado en el piso mientras que la parte superior de la columna se guía por un segundo riel fijo en el techo y la de piso es solo con riel fijado en el suelo.

Colimador

Es un dispositivo que permite definir el campo de irradiación, mediante un sistema de cortinillas de plomo que sirven para delimitar el haz de rayos x, complementado por un sistema de iluminación que identifica el área a irradiar. La función principal del colimador es permitir al operador visualizar el área a radiar y posicionar al paciente correctamente en la mesa del equipo.

1.4.1 Operación del tubo de rayos X

El aparato eléctrico que permite el control y operación del tubo, consiste en un número de componentes básicos: un transformador de alto voltaje, un rectificador y una fuente de potencia para el filamento del tubo.

Los circuitos se arreglan de tal forma que el alto voltaje positivo se aplique al ánodo del tubo y el alto voltaje negativo se aplique al cátodo. Los electrones del filamento caliente son cargas negativas y por lo tanto son atraídas con mucha fuerza hacia el ánodo positivo. El kilovoltaje aplicado proporciona la aceleración de los electrones.

El número de electrones se controla por la temperatura del filamento. Esto se ajusta por medio de la corriente del mismo a través de su propio circuito de bajo voltaje. Entre mayor temperatura tenga el filamento, mayor número de electrones se tendrán disponibles para ser acelerados.

En el tubo de rayos X el número de electrones que fluyen por segundo se mide en miliamperios. Por lo tanto, ajustar la máquina de rayos X a un miliamperaje realmente significa ajustar la temperatura del filamento para entregar el flujo de corriente indicado.

Como se mencionó anteriormente, el kilovoltaje aplicado entre el cátodo y el ánodo acelera los electrones para producir rayos X. Cuando se utilizan kilovoltajes bajos, los rayos X tienen una longitud de onda mayor y son fácilmente absorbidos. Estos se denominan rayos suaves.

La radiación producida en los kilovoltajes altos tiene una energía mayor y longitud de onda más corta. Estos rayos X son más penetrantes y se conocen como duros.

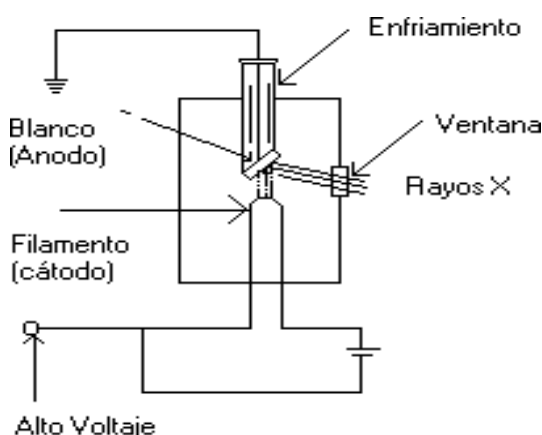


Figura 1.21 Diagrama físico de un tubo de rayos X

1.5 RADIOLOGÍA

1.5.1 Protección radiológica

La necesidad de establecer normas de protección contra los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se hizo latente a los pocos meses de su descubrimiento. Como consecuencia del uso de las radiaciones ionizantes algunos trabajadores comenzaron a manifestar efectos nocivos. El análisis de estos efectos en un conjunto de radiólogos permitió establecer que la incidencia de cáncer en este grupo de trabajo era significativamente más alta respecto a otros médicos, lo que hizo evidente la peligrosidad de las radiaciones ionizantes y la necesidad de establecer normas específicas de radio protección.

En el periodo de 1953 a 1962, la ICRU desarrolló y presentó sus definiciones para las magnitudes de dosis absorbida, exposición, actividad y dosis equivalente, así como sus correspondientes unidades: el rad (rad), el roentgen (R), el curie (Ci), el rem (rem), el becquerel (Bq) y el gray (Gy) para la unidad de dosis absorbida.

Las medidas de protección se inician desde la planeación de los trabajos a desarrollar con las fuentes radiactivas, es decir desde la elección y diseño de las fuentes que se emplearán. La energía de la radiación no debe exceder a la necesaria para ejecutar el trabajo planeado.

El manejo de las fuentes radiactivas debe realizarse de tal forma que la dosis recibida por el personal sea la mínima. Para esto se deben utilizar manipuladores a distancia, blindajes y la reducción del tiempo de exposición. A continuación se describen algunas medidas de seguridad en la sala de rayos X con la finalidad de evitar la exposición innecesaria a la radiación.

Barreras radiológicas

Para poder realizar el correcto diseño de barreras radiológicas se clasifica la radiación en dos tipos: radiación primaria y radiación secundaria. La radiación de mayor energía y por lo tanto la más peligrosa para el organismo es denominada como radiación primaria y se refiere al haz principal de rayos X. En protección radiológica es necesario que cualquier pared a la cual pueda ser dirigido el haz principal de rayos X este provista de una barrera protectora primaria. La radiación primaria ayuda a generar el estudio de rayos X, por lo tanto, el paciente es quien recibe la mayor cantidad de este tipo de radiación. La radiación secundaria se produce cuando la radiación primaria choca con algún objeto, este choque produce la desviación del haz incidente y un cambio en su longitud de onda. La radiación secundaria a su vez se divide en radiación dispersa y radiación por fuga (Figura 1.22)

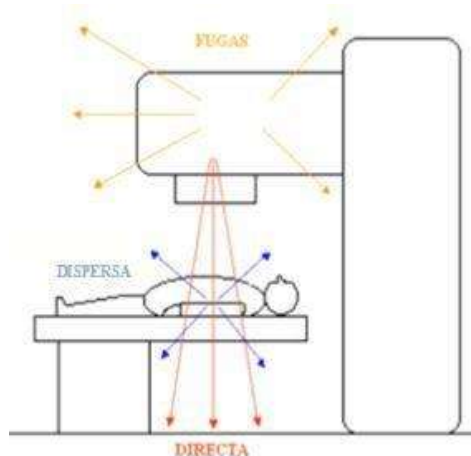


Figura 1.22 Radiación en la exposición.

Cuando el haz útil choca con el paciente se genera una radiación secundaria, la cual recibe el nombre de radiación dispersa. La intensidad de la radiación dispersa a 1[m] de distancia corresponde al 0.1% de la intensidad del haz primario, por lo cual la distancia resulta un factor significativo en seguridad radiológica. Adicionalmente existen elementos que contribuyen con la seguridad de médicos y técnicos radiólogos, como los chalecos y guantes plomados los cuales tienen la función de proteger las partes más vulnerables a la radiación ionizante.

Por otra parte la radiación de fuga es radiación secundaria que proviene directamente del tubo de rayos X y que no forma parte del haz útil. El tubo debe contar con una coraza o funda emplomada para garantizar el blindaje radiológico, aunque existan fugas estas no deben superar los 100 [mR/h] a un metro de distancia desde la coraza del tubo.

En el diagrama de la figura 1.23 se muestran la clasificación de las radiaciones que se presentan durante la realización de un estudio con equipo de rayos X.

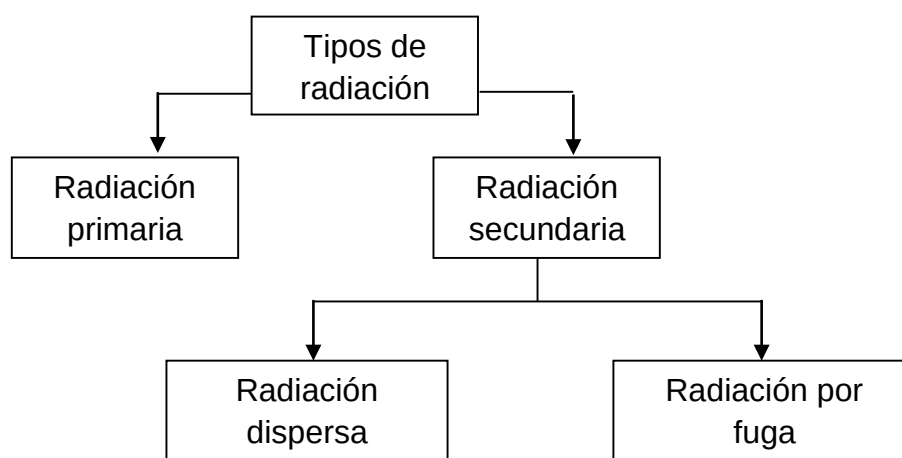


Figura 1.23 Clasificación de la radiación ionizante.

Para garantizar la integridad de la salud del personal operativo y de los pacientes es necesario el uso de blindajes o barreras radiológicas en conjunto con otros dispositivos de protección radiológica.

El blindaje en una sala de rayos X se clasifica en dos categorías: el blindaje de la fuente que principalmente es la coraza o funda del tubo de rayos X y el blindaje estructural que se refiere blindaje de la sala de radiodiagnóstico. El primero es proporcionado por el fabricante y

comúnmente se encuentra conformado de plomo. Mientras el blindaje estructural debe diseñarse para la radiación primaria, la radiación de fuga y la radiación dispersa, por lo cual su diseño depende principalmente del tipo equipo utilizado además de factores como el área de la instalación y la frecuencia de uso.

El blindaje estructural en una instalación de rayos X, está determinado principalmente por los siguientes factores:

- El kilovoltaje máximo al cual opera el tubo de rayos X
- La corriente máxima que soporta del tubo de rayos X
- La carga de trabajo (W)
- El límite de dosis equivalente (He)
- El factor de uso (U)
- El factor de ocupación (T)

El factor de ocupación (T) es el tiempo que el POE permanece en las áreas protegidas con respecto al tiempo total de uso del equipo (Tabla 1.1); el factor de uso (U) es el tiempo total de operación del equipo durante el cual el haz de rayos X se dirige hacia una barrera en particular, mientras que la carga de trabajo (W) es resultado del producto de la corriente del tubo [mA] por el tiempo que en que el tubo permanece energizado [min/semana].

En una sala de rayos X el cálculo del espesor del blindaje se realiza con base en las características del equipo y debe hacerse para cada una de las paredes que delimitan la sala incluyendo piso, techo, mamparas fijas o móviles y ventanas de observación.

Tabla 1.1 Factor de ocupación

Factor de ocupación (T)	Tipo de ocupación	Ubicación
1	Ocupación total	Áreas de trabajo, laboratorios, oficinas, despachos, talleres, tiendas, zonas de recepción, pasillos anchos, cuartos oscuros, viviendas, zonas infantiles, colindancias externas de propiedad ajena.
$\frac{1}{4}$	Ocupación parcial	Pasillos estrechos, salas de espera, estacionamientos, elevadores con operador, sanitarios, vestidores.
$\frac{1}{6}$	Ocupación ocasional	Exteriores, cuartos de aseo, escaleras, elevadores automáticos.

Para el cálculo de una barrera protectora primaria se toman en cuenta el factor de ocupación, la carga de trabajo y el factor de uso. De tal forma que podemos calcular la rapidez de dosis equivalente efectiva máxima, a cualquier distancia del tubo de rayos X.

El cálculo de una barrera secundaria se realiza en función del ángulo de dispersión, la energía del haz primario y el área dispersora. Para este tipo de barrera se debe calcular por separado el espesor requerido para la protección de la radiación dispersa y la radiación de fuga. Lo anterior se debe a que la radiación proveniente del paciente posee menor energía, y por lo tanto una rapidez de dosis equivalente efectiva menor que la radiación de fuga.

La capa hemirreductora es un término comúnmente utilizado en protección radiológica. El cual se define como el espesor de un determinado material que logra atenuar la rapidez de exposición a la mitad de su valor original en un punto de interés. El cálculo de la capa hemirreductora se obtiene de forma experimental para cada material y tipo de radiación, actualmente existen tablas que establecen las características de los distintos tipos de blindajes con base en los factores mencionados.

Comúnmente el blindaje de las salas de rayos X se realiza con láminas de plomo o concreto baritado, debido a que el espesor requerido es mucho menor que el de otros materiales. Sin embargo las barreras radiológicas pueden conformarse de distintos materiales, siempre y cuando se realicen los cálculos necesarios para determinar el espesor del blindaje y conseguir la atenuación de la radiación primaria y secundaria.

CAPITULO 2

INSTALACION DE UNA SALA DE RAYOS X

2.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y SUS ELEMENTOS

Una instalación eléctrica es el conjunto de elementos necesarios para conducir, transformar y proporcionar de manera segura energía eléctrica, al igual que los elementos que la conforman. Algunas de las condiciones que debe cumplir son: ser eficiente, confiable, flexible, accesible y económica

La eficiencia y buen funcionamiento de una sala de rayos X dependen en gran medida de la instalación eléctrica, debido a la gran cantidad de energía que se transporta del generador al tubo de rayos X. Las instalaciones eléctricas tienen diferentes elementos, los cuales permiten su operación. Dentro de estos elementos eléctricos encontramos: conductores, protecciones, canalizaciones, etcétera.

2.1.1 Conductores eléctricos

Se denomina cable o conductor eléctrico al conjunto de hilos, que tienen la finalidad de conducir la corriente eléctrica de un punto inicial a un punto final. También existen cables desnudos y cables aislados, empleándose estos últimos en las instalaciones eléctricas interiores. Estructuralmente, un conductor para instalaciones eléctricas interiores consta de las partes que se indican a continuación.

- En la parte central están los “conductores” propiamente dichos, que son los elementos destinados a conducir la corriente; en casi todos los casos son de cobre o de aluminio. Cuando el hilo o el cable consta de un solo conductor o grupo de conductores, se denomina monoconductor y si incluyen dos o más conductores o grupo de conductores aislados entre sí se denomina policonductor o multiconductor.
- Cada conductor lleva su propio aislamiento, destinado a aislarlo eléctricamente de los demás conductores.
- El conjunto de conductores lleva muchas veces un aislamiento común, que se aplica sobre el primer aislamiento y que, generalmente es de la misma naturaleza que este.

Los huecos entre el primer y el segundo aislamiento se rellenan con un espesor aislante o material de relleno.

Los aislamientos y el material de relleno constituyen los recubrimientos aislantes del hilo o cable que tienen por objeto evitar perforaciones a causa del campo eléctrico que se genera entre los conductores y tierra. Además de estos recubrimientos aislantes, los hilos o cables llevan distintos recubrimientos protectores que no tienen una función eléctrica sino que más bien están destinados a proteger el hilo contra esfuerzos mecánicos, efectos químicos, etcétera. Entre estos recubrimientos protectores se pueden citar:

- Las cubiertas: Evitan peligro de corrosión y otros agentes químicos
- Las envolturas mecánicas: Evitan el paso de la humedad
- Las armaduras: Protegen al hilo contra acciones mecánicas exteriores

Los materiales conductores empleados en instalaciones eléctricas interiores son cobre y aluminio.

El cobre tiene mejores propiedades eléctricas que el aluminio, por ello, actualmente se emplea casi exclusivamente en las instalaciones interiores.

Los conductores empleados en las instalaciones eléctricas deben estar aislados, antiguamente los conductores eléctricos se aislaban con hule conocido comercialmente como tipo R, actualmente se fabrican con aislantes de tipo termoplástico (T) con distintas denominaciones comerciales, según el tipo de fabricante, siendo los más conocidos por ser a prueba de agua entre otras propiedades.

Por lo general la habilidad eléctrica de los aislamientos para conductores de baja tensión es del orden de 600 [V], que es la tensión máxima a que están especificados, por esta razón los conductores empleados en instalaciones eléctricas de baja tensión difícilmente fallan por causas meramente eléctricas, en la mayoría de los casos fallan por fenómenos térmicos provocados por sobrecargas.

Los calibres de conductores dan una idea del diámetro de los mismos y se designan usando el sistema americano de calibres (AWG) por medio de un número al cual se hace referencia para sus otras características como son diámetro, área, resistencia, etc.

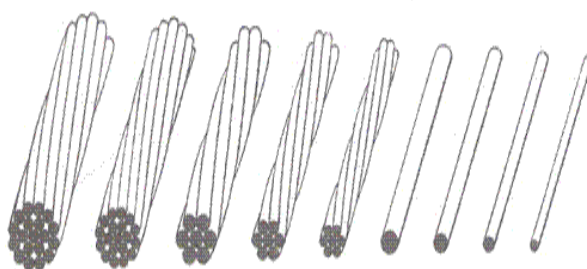


Figura 2.1 Calibre de conductores eléctricos

Es conveniente notar que en el sistema de designación de los calibres de conductores usados por la AWG, a medida que el número de designación es más grande, la sección disminuye. En la figura 2.1 se ilustra la variación de la sección transversal de los conductores sin aislamiento respecto al número de asignación. Para seleccionar el calibre de conductores para instalaciones eléctricas de baja tensión se deben cumplir ciertos requisitos como son:

1. Límite de tensión de aplicación.
2. Capacidad de conducción de corriente, que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que está afectada principalmente por los siguientes factores:
 - Temperatura.
 - Máxima caída de voltaje de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá. Se debe respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada que corresponde al 3% desde el punto de alimentación al punto más distante de la instalación.

Los datos de los conductores de cobre usados en las instalaciones eléctricas se encuentran en tablas de fabricantes o bien en las normas para instalación eléctrica.

2.1.2 Canalizaciones eléctricas

Se entiende por canalizaciones eléctricas los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas que contienen a los conductores, de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico y contaminación. Además de proteger las instalaciones contra incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de corto circuito. Los medios de canalización más comunes en las instalaciones eléctricas son:

Tubería Conduit metálico flexible

La tubería conduit metálico flexible también se le conoce como “Greenfield”. Se recomienda su uso en lugares secos donde no esté expuesto a corrosión o daño mecánico, se puede instalar embutido en muro o ladrillos. El acoplamiento a cajas, ductos y gabinetes se debe hacer usando los accesorios apropiados según el objeto. Asimismo cuando su uso sea como canalización fija a muro se deben emplear para su montaje, abrazaderas, grapas o accesorios similares que no dañen al tubo. (Fig. 2.2)



Figura 2.2 Tubería conduit metálico flexible

La tubería conduit de plástico rígido (PVC) cae dentro de la clasificación de los tubos conduit no metálicos, el tubo PVC es la designación comercial que se da al tubo rígido de Policloruro de Vinilo (PVC). Los tubos de polietileno también se encuentran dentro de la clasificación de tubos no metálicos. El tubo rígido de PVC debe ser auto extingible, resistente al aplastamiento, a la humedad y a ciertos agentes químicos.

El uso permitido del tubo conduit rígido de PVC es en:

- Instalaciones visibles en donde el tubo no esté expuesto a daño mecánico
- En locales húmedos o mojados.

Los ductos son otro medio de canalización para conductores eléctricos que se usan solo en las instalaciones eléctricas visibles, debido a que no se pueden montar embutidos en pared o dentro de lazos de concreto. Se fabrican de lámina de acero en canales de sección cuadrada o rectangular. Los conductores se instalan dentro de los ductos en forma similar al caso de los tubos conduit. Sus ventajas en comparación con la tubería conduit son: ofrecer mayor espacio para alojar conductores y mejor aprovechamiento de la capacidad conductiva de los mismos, al tener una mejor disipación de calor. Su desventaja es que requiere mayor mantenimiento. Otras ventajas de los ductos son:

- Fácil de instalar.
- Facilidad y versatilidad para la instalación de conductores dentro del ducto, teniendo la posibilidad de agregar más circuitos a la instalación ya existente.
- Son 100% recuperables, cuando se modifican las instalaciones se pueden volver a usar.
- Fáciles de abrir y conectar derivaciones para alumbrado o fuerza.
- Ahorro de herramienta ya que no es necesario usar tarrajas, dobladora de tubo, etc.

2.1.3 Protecciones eléctricas

Para lograr que una instalación eléctrica sea confiable debe estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura tanto para las personas que van a trabajar con ella, como para los elementos que las conforman y los equipos conectados a ella. Existen tres principales protecciones que hacen segura una instalación eléctrica.

- Protección contra cortocircuitos.
- Protección contra sobrecargas.
- Protección contra electrocución.

Las protecciones contra cortocircuitos son indispensables en una instalación eléctrica. Un cortocircuito se denomina como la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico con una diferencia de potencial o tensión entre si y sin ninguna impedancia entre ellos. Según la Ley de Ohm, cuando el valor de la impedancia es cero la intensidad de la corriente tiende a infinito, en la práctica la intensidad producida por un cortocircuito siempre queda amortiguada por la impedancia de los conductores, que aunque es de una magnitud muy pequeña nunca es cero. Al producirse un cortocircuito queda expuesta la integridad de los conductores, así como los equipos conectados a la instalación debido a la intensidad de la corriente que se genera y al calor producido debido al efecto Joule. Los dispositivos más empleados para la protección contra cortocircuito son:

- Fusibles.
- Interruptores termomagnéticos.

Los fusibles van colocados usualmente a la entrada del circuito a proteger para que al producirse un cortocircuito sea el primer dispositivo en fundirse e interrumpir el paso de la corriente eléctrica. El fusible suele ser un fino hilo o lámina de cobre o aleación de plata colocada dentro de un cartucho cerámico lleno de arena de cuarzo u otro material que evite la dispersión del material fundido.

Para una mejor protección de los diferentes tipos de circuitos que puede haber en una instalación existen fusibles para una misma intensidad de corriente que varían en la rapidez de fusión I_F . Debido a la rapidez de fusión podemos encontrar tres tipos de fusibles:

- Fusibles rápidos.
- Fusibles lentos.
- Fusibles de acompañamiento.

Cada cartucho fusible tiene curvas particulares de fusión dadas por el fabricante, las cuales varían según el tipo de fusible. (Figura 2.3)

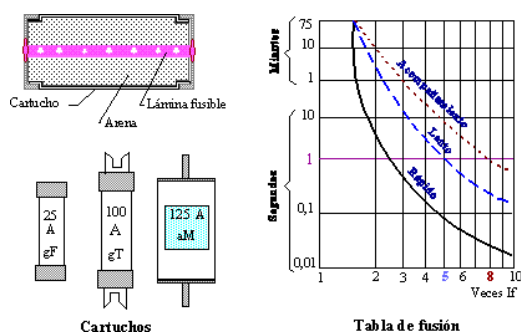


Figura 2.3 Tipos de cartuchos fusibles y curvas orientativas de fusión

Los interruptores termomagnéticos son dispositivos que se emplean para la protección contra sobre cargas y cortocircuitos, como una sustitución de los fusibles ya que tiene la ventaja de que no hay que reponerlos ya que se pueden reactivar de forma manual o eléctrica. Estos dispositivos se clasifican según el número de polos que poseen. Constan de un disparador magnético que por medio de una bobina actúa sobre el contacto móvil al existir un valor de sobre corriente, dicho contacto móvil interrumpe la conexión eléctrica y protege a la instalación contra cortocircuitos.

2.2 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA SALA DE RAYOS X

La protección radiológica en una la sala de rayos X resulta de suma importancia para la seguridad de pacientes y trabajadores..

Los elementos presentes en el área que aseguran la protección de operarios y pacientes son: señalizaciones (ubicadas dentro de la sala de estudio), dispositivos externos que brindan una protección ante la radiación (mandiles, protectores de gónadas, protectores de tiroides, guantes, etc.), elementos estructurales conformados por los blindajes de la sala de rayos X, vidrio plomado y mampara. En conjunto contribuyen en la construcción de un área segura para la realización de estudios radiográficos.

Acceso a la sala de rayos X

El acceso a la sala de rayos X es a través de una puerta con recubrimiento de plomo, la cual evita que la radiación ionizante producida por el equipo atraviese hacia otras áreas. Evitando la contaminación del área de imagenología, así como la exposición innecesaria del personal hospitalario.

En la entrada de la sala de radiodiagnóstico deberá contar con dos letreros: el primero con la leyenda de “RADIACIONES, zona controlada” y el segundo con la leyenda “Cuando la luz este encendida solo puede ingresar personal autorizado”. (Figura 2.4)



Figura 2.4 Puerta de acceso a una sala de rayos X.

Vidrio plomado

El vidrio plomado es un elemento esencial para cualquier sala de diagnóstico con rayos X, ya que proporciona protección contra la radiación ionizante y permite la visibilidad del paciente al operador del equipo durante la realización del estudio. Debe cumplir con el blindaje requerido para el tipo de barrera que represente, primaria o secundaria dependiendo de su ubicación dentro de la sala, así como de las características del tubo de rayos X, máximo voltaje y corriente de operación.

El vidrio instalado regularmente en el área de estudio posee las siguientes dimensiones: 35[cm] de largo, 35[cm] de ancho, con un espesor equivalente de 0.5 [mm] de plomo, medidas que resultan apropiadas para la visualización del paciente. El vidrio deberá ir empotrado sobre una mampara de tablaroca y lamina de plomo, o en una pared baritada la cual constituye un elemento estructural de protección radiológica.

Cabe señalar que la mampara deberá ir ubicada de manera que tenga visualización el operador tanto de la mesa como del bucky de pared (Figura 2.5)

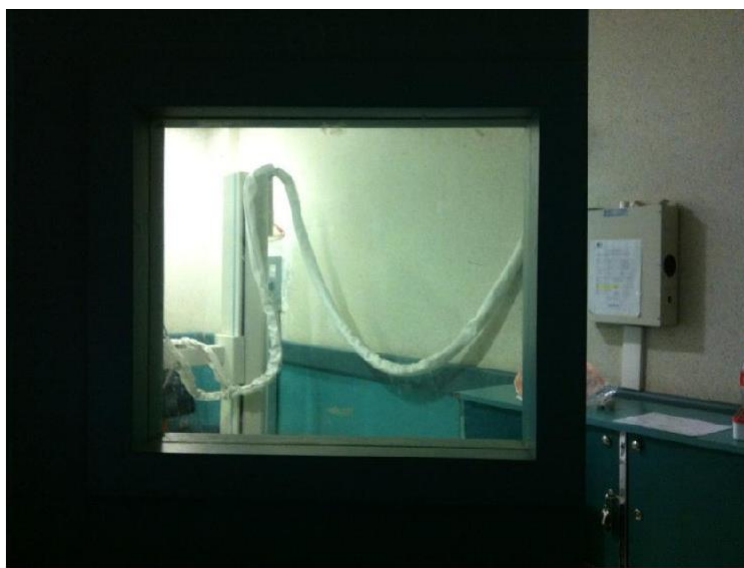


Figura 2.5 Vidrio plomado en la sala de rayos X No.1

Interior de la sala

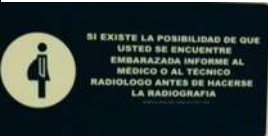
La sala está delimitada por cuatro muros de concreto baritado, que forman parte importante para la protección radiológica necesaria, mientras que las puertas de los vestidores y acceso a la sala se encuentran compuestas por tablaroca y lámina de plomo.

Señalizaciones

Las señalizaciones tienen como objetivo proporcionar información de fácil identificación mediante el uso de colores brillantes para prevenir accidentes o riesgos. Son empleadas para proporcionar la localización de refugios o salidas y señalar zonas de seguridad o de alto riesgo según sea el caso. La sala de rayos X deberá contar con las señalizaciones que se muestran en la tabla 2.2. La tabla contiene la ubicación de la señalización, el significado de la misma y la imagen que la representa.

Tabla 2.2 Señalizaciones presentes en la sala de rayos X

Ubicación de la señalización en la sala de rayos X	Significado de la señalización	Simbología
En los tableros eléctricos, (fuera de la sala de rayos X)	Señal de precaución ante un valor de alto voltaje	
En un muro fuera de la sala de rayos X	Señal de ruta de evacuación	
En un muro fuera de la sala de rayos X	Señal de ruta de evacuación ante	

	derrame o exposición de residuos peligrosos	
En la puerta de entrada a la sala de rayos X	Símbolo internacional de precaución ante un área expuesta a radiación	
En la puerta de entrada a la sala de rayos X	Señal de precaución ante un área expuesta a radiación	
No se encuentra instalado dentro de la sala de rayos X	Señal de precaución ante un área expuesta a radiación	
No se encuentra instalado dentro de la sala de rayos X	Señal de precaución ante un área expuesta a radiación	
En sala de espera	Señal de precaución ante un área expuesta a radiación	

2.3 INSTALACIÓN DEL EQUIPO

2.3.1 Riel

El riel es la base donde la columna va montada, tiene que ir totalmente a nivel de forma horizontal como vertical para que al momento de montar todo el equipo completo quede a plomo y con el nivel adecuado.

Este cuenta con opresores para poder dejarlo a nivel, para poder ajustar los opresores quitamos las tapaderas de arriba del riel como se muestra en la figura 2.6



Figura 2.6 Fijación del riel

Después de haber obtenido el nivel se fija al piso de manera que ya no se mueva.

2.3.2 Base y Columna

La base de la columna tiene como función sostener la columna y hacer el desplazamiento por el riel y cuenta con opresores para nivelar la columna del equipo, esta va montada en el riel Figura 2.7



Figura 2.7 base de la columna

Una vez colocada la base de la columna pondremos de manera cuidadosa la columna. Tener en cuenta que es algo pesada.

En la figura 2.8 se muestra ya la columna montada en su base, esta tiene que quedar a nivel y plomo para poder seguir con la instalación.



Figura 2.8 Columna montada en su base

2.3.3 Tubo y Colimador

El tubo va montado en el brazo y es sujetado por una base, después se coloca el colimador que al igual se sujeta por medio de una base y tornillos que empotran en el tubo, seguir teniendo muy presente que después de cada parte montada hay que dejarla a nivel.



Figura 2.9 Tubo y colimador fijado en el brazo de la columna

Es muy importante verificar que el tubo con el colimador se encuentre a nivel de manera longitudinal como transversal ya que si no es así la coincidencia del haz con los detectores que van tanto en el bucky de pared como en el bucky de mesa estarán desfasados por lo que la imagen no saldrá adecuadamente.

Para concluir con lo de la columna pasamos a conectar los cables de alta tensión que van del generador al tubo, y los de arranque que van igual del generador al tubo figura 2.10



Figura 2.10 lubricación de los cables de alta para evitar arcos eléctricos

2.3.4 Bucky da pared

Para poder colocar el bucky a nivel nos basaremos con la luz del colimador haciendo coincidir la cruz de la luz del colimador con la cruz que tiene el bucky mostrada en la figura 2.11

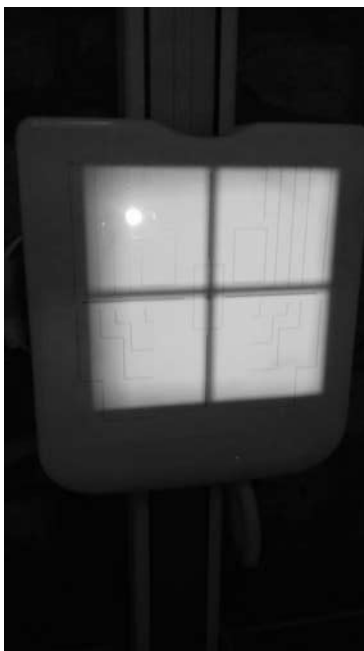


Figura 2.11 Alineación del bucky de pared

2.3.5 Bucky de mesa

A igual forma que el bucky de pared, el bucky de mesa se instala, haciendo coincidir la cruz de la luz del colimador con la del bucky de mesa. Una vez logrado eso se fija al piso figura 2.12



Figura 2.12 Fijación de la mesa al piso

2.3.6 Generador

El generador es colocado a un costado de la columna del lado contrario del bucky de pared esto para que no estorbe al paciente en el momento de colocarse para su estudio.



En la figura 2.13 se muestra la sala de rayos X instalada y terminada por completo



Figura 2.13 Sala de rayos X

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DEL ÁREA CON BASE EN LA NORMATIVIDAD OFICIAL

El objetivo del presente capítulo es exponer de forma clara y puntual las principales características que debe cumplir una sala de rayos X, según las Normas Oficiales Mexicanas. Para lo cual se ha realizado un análisis de los artículos de las normas que involucran a los equipos de rayos X y áreas de atención a la salud.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) integran los parámetros necesarios para la correcta construcción, operación y conservación de las instalaciones eléctricas, obra civil, operación de telecomunicación, entre otras muchas más, con la finalidad de mejorar la calidad en la infraestructura y la calidad de servicios en nuestro país.

Las normas oficiales se encuentran en constante actualización y en ocasiones se integran en una nueva norma después de cierto tiempo, como el caso de las NOM-156-SSA1-1996, NOM-146-SSA1-1996, NOM-147-SSA1-1996 que fueron integradas y sustituidas por la NOM-229-SSA-2002. Esta norma de la Secretaría de Salud reúne los requisitos técnicos, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protecciones radiológicas en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.

Por otra parte las instalaciones eléctricas se encuentran reguladas por la NOM- 001-SEDE-2012, que señala las características con las que debe de contar cualquier instalación eléctrica y sus particularidades según su utilización. Esta Norma Oficial Mexicana es la actualización de la NOM-001-SEDE-2005.

Adicionalmente se consultaron las guías técnicas del IMSS y las Normas Básicas de Seguridad (NBS), emitidas por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), con el propósito de obtener un panorama completo sobre la normatividad en las instalaciones de una sala de rayos X.

4.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON BASE EN LA NORMATIVIDAD

Para verificar la actual instalación eléctrica de la sala de rayos X es necesario basarnos en la NOM-001-SEDE-2012, ya que los artículos que la conforman proporcionan elementos para el cálculo de conductores eléctricos y protecciones, con el objetivo de minimizar los peligros ante el uso de energía eléctrica.

Para la verificación de la instalación eléctrica se realiza el cálculo de conductores eléctricos, conductor de puesta a tierra, interruptor termomagnético y canalizaciones para las luminarias instaladas, receptáculos instalados y según los requerimientos de alimentación para el equipo de rayos X.

4.1.1 Cálculo para el equipo de rayos X

Alimentación eléctrica al generador

En primera instancia se calcula el calibre de los conductores de alimentación eléctrica para el generador. Para calcular este conductor eléctrico es necesario conocer la tensión de operación del equipo y la potencia del mismo.

Para calcular el calibre de alimentación del generador es necesario conocer la corriente nominal sabiendo que es un sistema trifásico.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3}(V_{ff})(fP)} \dots (4.1)$$

Sustituyendo en la ecuación 4.1

$$I_n = \frac{80[kW]}{\sqrt{3}(480[V])(0.9)}$$

$$I_n = 106.91 A$$

Basándonos en el artículo 210-19

$$I_1 = (In)(1.25) \dots(4.2)$$

Sustituyendo en la ecuación 4.2

$$I_1 = (106.91 A)(1.25)$$

$$I_1 = 133.64 A$$

Debido a que la corriente () es mayor a 100 [A]y de acuerdo al artículo 110-14 inciso b) utilizaremos solamente conductores con temperatura de operación de aislamiento de 75°C.

De acuerdo al artículo 310-15 obtenemos un factor de corrección para una temperatura ambiente de 24°C. El factor de corrección (F_c) corresponde a 1.05

$$F_c = 1.05$$

De la misma manera es necesario conocer el factor de agrupamiento, para la alimentación del generador se cuenta con 3 conductores portadores de corriente (fase-fase) debido a eso el factor de agrupamiento (F_A) es 1.

$$F_A = 1$$

Para calcular el conductor adecuado es necesario la corriente (I_2), la cual involucra F_A y F_c

$$I_2 = \frac{I_1}{(F_A)(F_c)} \dots(4.3)$$

Sustituyendo en la ecuación 4.3

$$I_2 = \frac{133.64 A}{(1.05)(1)}$$

$$I_2 = 127.28 A$$

El resultado obtenido del conductor eléctrico es cobre con recubrimiento THHW-LS le corresponde un calibre de 42.4mm² esto decir 1 AWG.

Calibre seleccionado es = 1AWG, THHW – LS

Para corroborar el dato es necesario realizar el cálculo de caída de tensión mediante la siguiente expresión.

$$e_{3\phi} = \frac{(\sqrt{3})(I_n)(L)(100)(R\cos\phi + X\sin\phi)}{(V_{ff})(1000)} \quad (4.4)$$

Los datos necesarios para el cálculo son:

e = Es el porcentaje de caída de tensión entre fases

I_n = Corriente nominal = 106.91 A

L = Longitud total del cable = 25 [m].

R = Es la resistencia del conductor, el valor se encuentra en la tabla 9 de la NOM-001-SEDE-2012 “Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C. Tres conductores individuales en un tubo conduit

$\cos\phi$ = Es el factor de potencia.

X = Es la reactancia del conductor, el valor se encuentra en la tabla 9 de la NOM-001-SEDE-2012 “Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C. Tres conductores individuales en un tubo conduit $\sin\phi$ = Se obtiene del resultado del ángulo ($\cos^{-1} .90$) y después aplicando la función seno

V_{ff} = Es el voltaje fase-fase el cual es un sistema trifásico a 480 V

Sustituyendo en la ecuación 4.4

$$e_{3\phi} = \frac{(\sqrt{3})(106.91 A)(25 m)(100)[(0.49)(0.9) + 0.151(0.43)]}{(480 V)(1000)}$$

$$e_{3\phi} = 0.48$$

Con base en el artículo 210-19, el cálculo es correcto ya que la caída de tensión es menor al 3 por ciento.

Cálculo de la protección eléctrica para el generador de rayos X.

Como protección eléctrica se utiliza un interruptor termomagnético. Para conocer la capacidad del mismo (I_{sc}) es necesario retomar el valor de la corriente nominal I_n y multiplicarlo por 1.25. Lo anterior se encuentra expresado en el artículo 210-20.

$$I_{sc} = (I_n)(1.25) \quad \dots 4.5$$

Sustituyendo en la ecuación 4.5

$$I_{sc} = (106.91 A)(1.25)$$

$$I_{sc} = 133.63 A$$

Con base en el artículo 240-6, tenemos que el interruptor a seleccionar es un interruptor de 150 A

$$\text{Interruptor termomagnetico seleccionado} = 150 A$$

Cálculo del conductor puesta a tierra

Con base en el artículo 250-122 y la tabla 250-122 el conductor de puesta a tierra a seleccionar es 6 AWG.

$$\text{Conductor de puesta a tierra} = 6AWG$$

Cálculo de canalización para la alimentación eléctrica del generador de rayos X.

Para seleccionar la tubería correcta es necesario conocer el número de conductores así como su área, dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos.

De esta forma para el conductor desnudo corresponde un área de 8.37 mm^2 mientras que para los conductores portadores de corriente (fases) el área es de

122.60 mm². Por lo tanto en nuestra tubería tenemos 1 conductor desnudo y 3 portadores de corriente lo que hace un área total de 376.17 mm².

El Porcentaje de la sección transversal en tubo conduit y en tubería para los conductores nos dice que al llevar más de dos conductores en una canalización utilizaremos el 40 por ciento del área como factor de relleno (Fr) y las Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit. El tubo indicado es de 35 mm (1 1/4")

Tubería conduit seleccionada = 35mm (1 $\frac{1}{4}$ ")

En la tabla 4.1 se muestra la comparación entre lo instalado y lo calculado para los conductores que alimenta eléctricamente al generador de rayos X, protección eléctrica, conductor de tierra y canalización correspondiente

Tabla 4.1 Resumen de los dispositivos instalados en la sala de rayos X en contraste a los determinados según los cálculos.

Instalado	Sistema actual basado en plano No.8	Sistema basado en NOM-001-SEDE-2012
Alimentación eléctrica al generador de rayos X	2 AWG	1 AWG
Conductor de puesta a tierra	1 - 6 d	1 - 6 d
Interruptor termo magnético	1 interruptor termo magnético de 3 polos con capacidad interruptora de 100 [A]	1 interruptor termo magnético de 3 polos con capacidad interruptora de 150 [A]
Canalización eléctrica	No es posible verificar ya que es subterránea	Tubería conduit 35 mm (1 1/4")

4.2 PROTECCIÓN RADIOLÓGICA CON BASE EN LA NORMATIVIDAD

El objetivo principal de la NOM-229-SSA-2002 es establecer los criterios constructivos, de diseño, operación y conservación, necesarios para cualquier área que cuente con equipos de diagnóstico con rayos X; con la finalidad de garantizar la seguridad y operación del área de imagenología.

Para el presente proyecto se llevó a cabo la revisión de la NOM-229-SSA-2002 en conjunto con las normas básicas de seguridad de la OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica).

4.3 DISEÑO GENERAL DEL ÁREA

Tomando como base NOM-229-SSA-2002 Artículo 5. Los establecimientos que cuenten con equipo de rayos X para diagnóstico deben contar elementos estructurales y de diseño básicos para su operación, con el propósito de poder brindar un servicio de calidad a los pacientes. Los principales requisitos arquitectónicos son: sala de espera, sala de rayos X, área de consola de control, vestidores y sanitarios para pacientes, área de almacenamiento de película, área de interpretación y cuarto oscuro; este último desapareciendo debido a la evolución tecnológica.

El artículo 5 también establece las señalizaciones básicas con las que debe contar la sala de rayos X y el área de imagenología.

4.4 BLINDAJES Y BARRERAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Para la completa verificación de la sala de rayos X, es fundamental considerar la protección radiológica debido a la constante emisión de radiación ionizante primaria, secundaria y de fuga, así como a los efectos que puede llegar a causar en el organismo humano. Ya que no contamos con equipo de medición especializado para realizar la verificación de los blindajes, se hacen mediciones con un medidor detrás del blindaje y observamos que los reangen no sean mayor a 5mR.

4.5 CALIDAD Y GARANTÍA EN EL SERVICIO

Todo establecimiento que cuente con equipo de diagnóstico con radiación ionizante tipo X, debe contar con un responsable de seguridad radiológica cuya principal función es la constante evaluación y verificación de la correcta operación del programa de seguridad radiológica en el área de imagenología tomando como base principal la normatividad vigente, de esta manera se busca brindar un servicio de mayor seguridad y calidad en el área. Además todo establecimiento debe contar con licencia sanitaria expedida por la Secretaría de Salud, la cual autoriza la puesta en operación de un establecimiento con equipo de diagnóstico médico con rayos X.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Como conclusión del presente trabajo, se puede asegurar que se cumplió el objetivo principal, realizar un análisis minucioso sobre la instalación eléctrica además de la evaluación de los elementos de seguridad radiológica en la sala de rayos X y su calibración adecuada del equipo. Ambos estudios son esenciales para garantizar seguridad y calidad en la sala de rayos X. Este trabajo puede ayudar en futuras remodelaciones de la sala o incluso en el análisis de otras salas que empleen equipos de rayos X.

Mediante los conocimientos adquiridos en ingeniería electrónica fue posible interpretar y evaluar los planos eléctricos de luminarias y receptáculos, diagramas unifilares del área de imagenología. Con la habilidad adquirida se pudo realizar una evaluación de la situación en la sala, sustentada por la Norma del Instituto Mexicano del Seguro Social (Normas Arquitectónicas del IMSS) y la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012..

El estudio de estas circunstancias es importante ya que puede ayudar a evitar fallas en los equipos conectados a la instalación eléctrica e incluso no tener repercusiones en el servicio que se proporciona a los pacientes.

En protección radiológica la principal observación es acerca del protocolo para la realización de un estudio radiográfico, debido a la omisión del uso de dispositivos de protección radiológica. Con lo que se expone al personal operativo y pacientes a recibir una dosis de radiación que bien se puede evitar implementando un protocolo basado en los criterios establecidos en la NOM- 229-SSA-2002.

Por otra parte la protección radiológica también debe ser actualizada y verificada al realizar el cambio de equipo médico. Ya que los blindajes se calculan con base en las características del equipo de rayos X.

Finalmente consideramos que el presente trabajo reúne las características de un proyecto de ingeniería y para su desarrollo fue indispensable aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Electrónica, así como el desarrollo de habilidades como la capacidad de análisis y solución de problemas esenciales en la vida profesional de todo ingeniero.

GLOSARIO

Absorción: Eliminación de Rayos X del haz al atravesar un medio.

Álcalis: Sustancias que presentan propiedades alcalinas, comúnmente conocidas como bases y cuyo pH es superior a 7 son sustancias corrosivas.

Ampacidad: Capacidad de conducir y mantener la corriente en un cable. La corriente en amperes que un conductor puede conducir de manera continua sin exceder su temperatura nominal.

Ánodo: Lado positivo del tubo de Rayos X; contiene el blanco.

Atenuación: Reducción de la intensidad de radiación como resultado de la absorción y las fugas.

Átomo: Sistema dinámico constituido por un núcleo central con carga eléctrica positiva más un número determinado de partículas con carga negativa denominados electrones.

Blanco: Elemento del tubo de rayos X sobre el que chocan los electrones emitidos por el filamento.

Blindaje: Material empleado para atenuar la intensidad de las radiaciones ionizantes al interponerse en su trayectoria.

Cátodo: Lado negativo del tubo de rayos X; contiene el filamento.

Capa decirreductora: Espesor de un material que al interponerse en un haz útil de rayos X, atenúa la intensidad de la radiación al 10% de su valor inicial.

Capa hemirreductora: Espesor de un material que al interponerse en un haz útil de rayos X, atenúa la intensidad de la radiación al 50% de su valor inicial.

Coca: Vuelta de un cable o hilo enredado. Deformación de un conductor eléctrico debido a la torsión.

Coeficiente de absorción: Esta determinado para cada elemento o material en función de su densidad.

Colimador: Dispositivo que limita el campo del haz principal de rayos X.

Conduit: Tipo de canalización que consiste en una sección circular o tubería diseñada para 56

alojar alambres o cables.

Contraste: Relación entre el brillo de las diferentes partes de una imagen.

Coraza: Cubierta o funda metálica que contiene al tubo de rayos X.

Cuarto oscuro: Área de la instalación en donde se lleva a cabo la preparación y el procesamiento de película o placas radiográficas; a fin de obtener las imágenes para los estudios de diagnóstico médico con rayos X.

Diafragma: Dispositivo para limitar el área del haz útil de rayos X.

Diagrama unifilar: Representación gráfica de una instalación eléctrica que indica mediante una sola línea las conexiones entre los diferentes tipos de dispositivos eléctricos.

Difusor: Dispositivo que sirve para modificar la distribución espacial del flujo de una fuente de luz, utilizando el fenómeno de difusión.

Difusor de rejilla: Dispositivo que actúa como pantalla antideslumbrante y difusor al mismo tiempo logrando un mayor confort visual.

Dúctil: Propiedad física de un material que permite su deformación sin presentar ruptura o resistencia.

Elemento: Sustancia constituida por átomos de la misma estructura que reaccionan químicamente de la misma forma.

Emisión termoiónica: Emisión de electrones a partir de una superficie caliente.

Energía: Capacidad para realizar un trabajo, se puede presentar bajo diferentes formas y se mide en (J)

Energía potencial: Capacidad de realizar un trabajo en virtud de la posición que se ocupa.

Energía cinética: Capacidad de realizar un trabajo debido al movimiento que posee un objeto.

Energía térmica: Capacidad de realizar un trabajo debido a la energía cinética de las moléculas de una sustancia u objeto.

Espectro: Representación gráfica del alcance de una cantidad.

Estator: Constituye la parte fija del motor. El estator es el elemento que opera como base, 57

permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor

Escariar: Proceso de eliminación de viruta o agrandado de un agujero hecho en un metal.

Exposición (X): En protección radiológica es el valor absoluto de la carga total de los iones de un signo producidos en el aire, cuando todos los electrones liberados por fotones en una masa de aire (dm) son frenados completamente.

Exposición: En radiología es la generación de radiación ionizante durante un periodo de tiempo, para la realización de un estudio de diagnóstico.

Filamento: Elemento del tubo de rayos X en forma de espiral constituido generalmente de tungsteno, que constituye la fuente de electrones para la generación de radiación X.

Fluoroscopia: Técnica en la que el haz útil de rayos X, después de atravesar el cuerpo del paciente produce una imagen dinámica.

Fotón: Unidad mínima de radiación electromagnética. Paquete de ondas cuyo contenido energético es proporcional a la frecuencia de la radiación.

IF: Corriente de fusión o de ruptura de un fusible.

IESNA: De las siglas en ingles de Illuminating Engineering Society of North America, es una asociación fundada con el objetivo de mejorar la calidad del ambiente iluminado, es reconocida a nivel mundial en la industria de la iluminación.

Irradiación: Exposición de un objeto u elemento a la radiación ionizante.

Lumen: Unidad del flujo luminoso de una fuente de luz, es una unidad derivada en el S.I. Se puede definir como el flujo luminoso emitido por una fuente puntual con intensidad de una candela dentro de un ángulo solido de una unidad.

Luminaria: Dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas; contiene todos los accesorios para fijar, sostener y conectar el circuito de alimentación.

Lux: Cantidad de flujo luminoso por unidad de área.

Mampostería: Es la unión de bloques o ladrillos de arcilla o de concreto con un mortero para lograr conformar elementos estructurales tipo muro.

Memoria analítica: Documento que certifica los requerimientos de blindaje de la instalación de rayos X para diagnóstico médico.

Molibdeno: Elemento químico de número atómico 42.

Pantalla: Protección que impide la visión directa de las lámparas y que pueden actuar incluso como difusores.

Pantalla antideslumbrante: Ejerce un tipo de protección parecida a la pantalla de protección pero desde un ángulo determinado y está constituida por elementos lucidos u opacos.

Personal ocupacionalmente expuesto (POE): Persona que en el ejercicio y con motivo de su ocupación está expuesta a la radiación ionizante.

Radiactividad: Conjunto de cambios nucleares espontáneos que implican la redistribución de los componentes de núcleo, tendiendo a buscar una estructura más estable.

Radiografía: Técnica del diagnóstico médico que produce una imagen de las estructuras del cuerpo sobre un receptor de imagen sensible a los rayos X transmitidos a través del paciente.

Radiología: En términos globales es la ciencia que estudia y usa las propiedades de las radiaciones ionizantes: Rayos X, gamma, radioisótopos.

Rapidez de exposición: Es el cociente del incremento de la exposición (dX) entre el intervalo de tiempo (dt).

Reflector: Dispositivo que sirve para modificar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente de luz, utilizando principalmente el fenómeno de reflexión.

Reflexión: Cambio de dirección y descomposición de una onda electromagnética al pasar de un medio a otro.

Rejilla de protección: Es el elemento que protege una lámpara o luminaria mecánicamente, principalmente contra golpes o caídas.

Relé o relevador: Es un dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor eléctrico, abriendo o cerrando uno o varios contactos mediante la excitación de una bobina y un electroimán.

Vidrio de protección: Es la parte de una luminaria destinada a protegerla contra la entrada de polvo, agua, vapores o gases pero no posee ninguna función óptica.

Mampara: Elemento estructural que ayuda a delimitar o dividir una estancia; las mamparas de protección radiológica están conformadas por materiales que impiden el paso de la radiación ionizante.

Materia: Es cualquier cosa que ocupa un espacio; la sustancia material de la que están compuestos todos los objetos físicos. La materia está constituida por elementos básicos ⁵⁹

denominados átomos que se asocian en formas complejas.

Masa: Es la cantidad de materia, permanece invariable en su entorno, pero puede cambiar su forma y tamaño (R).

Micrón: Unidad de longitud equivalente a la milésima parte de un milímetro o a la millonésima parte de un metro.

Radiación ionizante: Radiación de energía suficiente para generar efectos de ionización en la materia.

Radiación X parasita: Radiación ionizante tipo X, que no participa en la generación de la imagen radiológica.

Radiolúcido: Tejido o material que no absorbe los rayos X; aparece oscuro una radiografía.

Radiopaco: Tejido o material que absorbe los rayos X; se observa en tono claro en la radiografía.

Rectificación: Conversión de corriente alterna en corriente continua.

Sulfatación: Es un proceso químico en el cual la formación de sulfatos de plomo va limitando el flujo de corriente eléctrica a través de un elemento conductor, este fenómeno se presenta principalmente en baterías.

SMII: Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación.

Verificación de blindajes: Documento que avala la adecuada protección radiológica de los blindajes de la sala de radiodiagnóstico, empleando medidores de radiación.

Técnica radiológica: Combinación de kilo voltaje y mAs para la obtención de una imagen radiográfica determinada por la talla del paciente y la estructura anatómica que se desea observar.

Tiempo de exposición: Periodo durante el cual el paciente se encuentra sometido a la radiación X.

Tungsteno: Elemento químico con número atómico 74, también conocido como Wolframio.

Zona controlada: Zona sujeta a supervisión y controles especiales con fines de protección radiológica.

BIBLIOGRAFÍA

Azorin, N. J., & Azorin Vega, J. C. (2010). Protección radiológica.

Dillenseger, J. P., & Moerschel, E. (2012). Manual para técnicos radiólogos.

Enríquez, H. G. (1994). El abc de las instalaciones eléctricas industriales.

IMSS, I. M. (1993). Normas de Proyecto y Arquitectura. Tomo III, Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento.

Martínez, D. F. (2006). Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. Thomson Paraninfo.

OIEA, O. I. (2007). Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad

Ramírez, V. J. (1992). Instalaciones eléctricas interiores, Conductores, Instalaciones de enlace, Instalación de contadores.

SENER, S. d. (2012). NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas. En *NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas*. México.

SSA, S. d. (2002). NOM-229-SSA1-2002 Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.