

**Un análisis exhaustivo del uso de los rayos X en la medicina moderna, sus beneficios  
y el costo implicado**

Demetrio Manuel Roa Perdomo

**Notas del autor**

Demetrio Manuel Roa Perdomo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,  
Universidad Autónoma de Nuevo León

Esta investigación ha sido financiada por el propio alumno

La correspondencia relacionada con esta investigación debe ser dirigida a Demetrio Roa

Universidad Autónoma de Nuevo León, Pedro de Alba S/N, Niños Héroes, Ciudad  
Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L.

Contacto: [demetrio.roap@uanl.edu.mx](mailto:demetrio.roap@uanl.edu.mx)

## **Problemática en el campo de la Salud que resuelve el equipo**

La utilización de los rayos x e la medicina nos ha permitido conocer de mejor manera las estructuras óseas del cuerpo del humano y de muchos otros seres vivos. Su uso se ve directamente reflejado en el área de radiología, lugar donde se emplea principalmente para detectar huesos rotos; sin embargo, los equipos de rayos X no se limita únicamente a estos usos, en general dichos equipos son capaces de utilizar la radiación electromagnética para atravesar el cuerpo humano e imprimir imágenes en película fotográfica o imágenes computarizadas, cuya función primordial es la de facilitar el diagnóstico de ciertas enfermedades, lesiones o irregularidades como:

- Enfermedades del sistema musculo-esquelético: calcificaciones, problemas dentales
- Enfermedades de los tejidos blandos: neumonía, cáncer, edemas, abscesos, problemas abdominales, cardiopatías, entre otros.
- Detección de tumores, lesiones, objetos extraños dentro del organismo y masas anormales.
- Observación del cerebro y realización de tomografías

Entre las especialidades que utilizan los equipos de rayos x de manera frecuente y vital para su desarrollo se encuentran: fisioterapia, osteopatía, odontología, podología, ginecología, urología, traumatología y Fluoroscopia.

Debido a su versatilidad de uso, alto alcance y rapidez de respuesta se consideran a las máquinas de rayos X, aliadas en el campo de la medicina, ya que gracias a ellas pueden hacerse diagnósticos certeros y oportunos para así definir tratamientos efectivos e incluso encontrar curas, que de otra forma no sería posible.

A demás investigaciones más recientes han puesto al descubierto que los rayos X también pueden ser empleados para la destrucción de ciertos tejidos, siendo el principal uso contra los tejidos malignos que provocan el cáncer.

## **Descripción de los distintos fenómenos que componen el núcleo del funcionamiento del dispositivo:**

### -Físico

El funcionamiento de estos dispositivos se explica sobre la base de la teoría mixta corpuscular-ondulatoria: alta frecuencia y una baja longitud de onda.

Los rayos X se producen en el interior de un tubo de vidrio, en el que se ha hecho un alto vacío, y donde se aplica una diferencia de potencial de aproximadamente 50 a 150 KV entre sus polos positivo y negativo. Donde existen interacciones con electrones corticales, que dan lugar a choques elásticos e inelásticos.

En las colisiones elásticas no hay emisión de radiación electromagnética, pero si producción de calor, que causa calentamiento en el ánodo. Las colisiones inelásticas, provocan la promoción de algunos electrones corticales a capas superiores, que al caer a sus órbitas iniciales emiten energía EM, rayos X característicos, cuya frecuencia y energía ( $E=h\nu$ ) están determinadas por el material del ánodo.

### -Biológico

Los rayos-X tienen la propiedad de atravesar los cuerpos, excitar la fluorescencia de determinadas sustancias y ser absorbidos por los medios biológicos, por lo que radiación transfiere energía a las moléculas de las células que conforman los tejidos.

Cuando se enciende la máquina, los rayos X viajan a través del cuerpo y son absorbidos en diferentes cantidades por diferentes tejidos, dependiendo de la densidad radiológica de los tejidos que atraviesan. Debido a esta propiedad, los huesos absorben rápidamente los rayos X, por lo que producen un gran contraste en el detector de rayos X. Como resultado, las estructuras óseas aparecen más blancas que otros tejidos contra el fondo negro de una radiografía. Por el contrario, los rayos X viajan más fácilmente a través de tejidos menos densos radiológicamente, como la grasa, los músculos y las cavidades llenas de aire, como los pulmones. Estas estructuras se muestran en tonos grises en una radiografía.

### -Eléctrico

Los equipos productores de rayos X deben rectificar la corriente alterna, de uso generalizado, en continua; eliminándola de la parte negativa del potencial. Existen diferentes procedimientos para ello, la forma más sencilla es la autorrectificación, con una sola corriente alterna.

Prácticamente todos los tubos de rayos X se alimentan a partir de la red convencional de energía eléctrica (110 o 220 voltios de corriente alternan) y a través de un transformador incrementan esta tensión hasta el valor deseado, cuidando conservar la misma variación en función del tiempo, dado que se precisa para acelerar los electrones un potencial continuo.

Partes específicas del dispositivo donde ocurren estos procesos:

**Reguladores de Voltaje:** permite mantener más o menos constante la actividad de corriente que le llega al equipo.

**Transformadores:**

**Circuito de Baja tensión:** funciona como reductor ya que disminuye el voltaje de corriente. Su función es producir la incandescencia del filamento. Este transformador tiene unos espirales llamados Bobina Primaria, y otra secundaria. La Primaria tiene más vueltas de espiral que la secundaria. Estas estructuras van a generar un fenómeno de inducción, el cual va a permitir la liberación de electrones hacia un filamento que está en el tubo

**Circuito de Alta tensión:** considerado un amplificador ya que sube el voltaje de la corriente. Su función es transformar la corriente de 220 volts que entra por el enchufe en una corriente de 70.000 volts (70 Kv), y de esta manera generar una gran diferencia de potencial que permitirá el desplazamiento de los electrones hacia el ánodo, dentro del tubo de rayos X. En este caso, la bobina secundaria es la que tiene un mayor número de vueltas, porque es esta la que está conectada a la fuente de alimentación.

### -Químico

Dentro del tubo de rayos X ocurren las reacciones correspondientes a los procesos químicos que permiten el funcionamiento de estos dispositivos.

Conformado por dos electrodos (cátodo y ánodo), una fuente de electrones (cátodo caliente) y un blanco. Los electrones se aceleran mediante una diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo. La radiación es producida justo en la zona de impacto de los electrones y se emite en todas direcciones.

El cátodo (polo negativo) se calienta cuando hacemos pasar una corriente entre sus extremos, para que se produzca una emisión de electrones por efecto termiónico. Si aumentamos esta corriente, aumenta el número de electrones emitidos. Los electrones emitidos por el cátodo encuentran un campo eléctrico que los atrae hacia el ánodo (polo positivo), debido a la elevada diferencia de potencial.

Los electrones se dirigen hacia el ánodo, también denominado blanco, cediendo en él la energía que transportan, por interacciones con los electrones corticales y por interacciones con los núcleos.

Sobre la construcción física del tubo de rayos x:

El cátodo tiene una Copa Focalizadora con un filamento de Molibdeno y otro de Tungsteno. La función de utilizar este material es centralizar los electrones que se van a generar, y enfocarlos hacia el ánodo. Cuando el filamento de Tungsteno se calienta, es capaz de liberar esos electrones.

Por su parte, el ánodo presenta una barra de Tungsteno en la cual chocan los electrones que provienen del Cátodo.

#### -Mecánico

Según la mecánica clásica, una carga acelerada emite radiación electromagnética, de este modo, el choque produce un espectro continuo de rayos X a partir de cierta longitud de onda mínima dependiente de la energía de los electrones, los cuales se pueden observar cuando un haz de electrones muy energéticos (del orden de 1 keV) se desaceleran al chocar con un blanco metálico.

Otra aplicación de la mecánica dentro de los equipos de rayos X se puede ver reflejada en aquellos equipos que se utilizan para tomografías como un escáner de TC que utiliza una fuente motorizada de rayos X que gira alrededor de la abertura circular de una estructura en forma de rosca llamada Gantry.

Durante un escaneo por TC, el paciente permanece recostado en una cama que se mueve lentamente a través del Gantry, mientras que el tubo de rayos X gira alrededor del paciente, disparando haces angostos de rayos X a través del cuerpo y son captados por los detectores que los transmiten a una computadora. Cada vez que la fuente de rayos X hace una rotación completa, la computadora de TC usa técnicas matemáticas sofisticadas para construir un corte de imagen bidimensional del paciente. Cuando se termina un corte completo, la imagen se almacena y la cama motorizada se mueve gradualmente hacia el Gantry. Después se repite el proceso de escaneo por rayos X para producir otro corte de imagen, este proceso continúa hasta recopilar el número deseado de cortes.

## Variables que intervienen en el control del equipo

La intensidad o cantidad de rayos X: depende de la cantidad de electrones que chocan con el ánodo en la unidad de tiempo y de la temperatura del filamento o cátodo.

Energía cinética: velocidad con que los electrones chocan con el ánodo y se regula variando la diferencia de potencial entre cátodo- ánodo.

Tamaño del foco: varía de unos tubos a otros y también en un mismo tubo. Los habituales son: 1,6 mm, 1,2 mm, 1 mm, 0,6 mm, 0,3 mm. Un foco grueso da aperturas máximas de tal manera que admite más carga en menos tiempo y proporcionará menor definición o reducción de la imagen. En cambio, un foco fino, es la mínima apertura que admite menos carga y proporciona mayor resolución de la imagen.

Longitud de onda: correspondiendo a frecuencias en el rango de 30 a 3 000 pico Hertz (de 50 a 5 000 veces la frecuencia de la luz visible). Una longitud de onda corta significa alta frecuencia y fotones de gran energía, mientras que una longitud de onda larga significa baja frecuencia equivalente a fotones de pequeña energía.

Distancia: Tiene que ser la mínima posible para no tener distorsión de la imagen radiológica. Se recomiendan 100 cm en cabeza, extremidades y abdomen, y de 120 cm en tórax

DFP = distancia foco-placa.

DOP = distancia objeto-placa

Densidad: oscuridad global registrada en una película de la radiografía. Un mayor número de electrones chocando con el cátodo ocasionan el aumento de esta variable.

Energía de ligadura del electrón a su órbita: es la energía requerida para desplazar al electrón de su órbita o capa, es mayor en las capas más internas del átomo y en los átomos con alto número atómico.

Ionización: formación de iones positivos y negativos, que comienza con un átomo neutro que gana o pierde electrones.

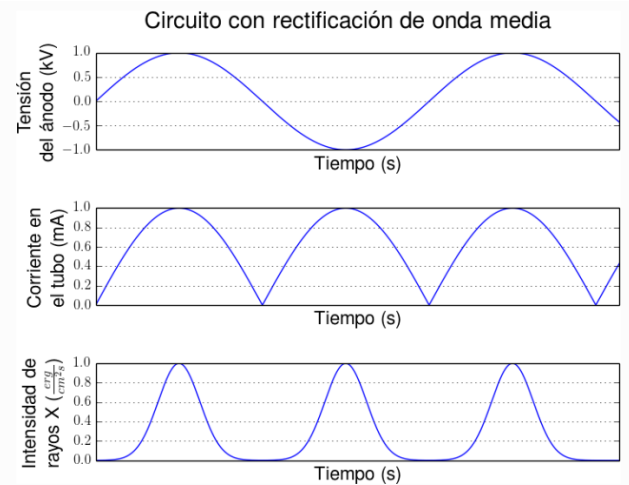


Figura 1. Intensidad debida a circuito de media onda (normalizada al máximo. (Perez, 2018)

Curvas de carga: las proporciona el fabricante y establecen el límite de seguridad dentro del cual puede operar un tubo de rayos X. Este límite es función de la energía calorífica producida durante la exposición.

Espectro electromagnético: todas las formas de radiación se agrupan de acuerdo con sus longitudes de onda y mantienen la misma velocidad y frecuencia.

#### Interacción con la materia

Efecto fotoeléctrico: predomina con rayos X de baja energía y con altos números atómico. Cuando un fotón choca con un átomo puede incidir sobre un electrón de una órbita interna y eyectarlo del átomo. Si el fotón aún queda con energía se la transfiere al electrón eyectado como energía cinética.

Efecto Compton: Acontece en la absorción de Rayos X de alta energía y números atómicos bajos. Se produce cuando fotones de alta energía colisionan con un electrón orbital. Ambas partículas se eyectan con un ángulo que diverge al fotón incidente. Éste transfiere parte de su energía al electrón que emerge con una longitud de onda mayor.

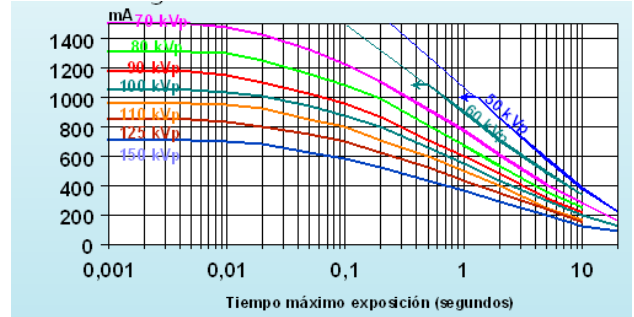


Figura 2. intensidad (mA), frente al tiempo de exposición (s) (Perez, 2018)

Diagrama que muestre interacción entre las distintas variables del proceso

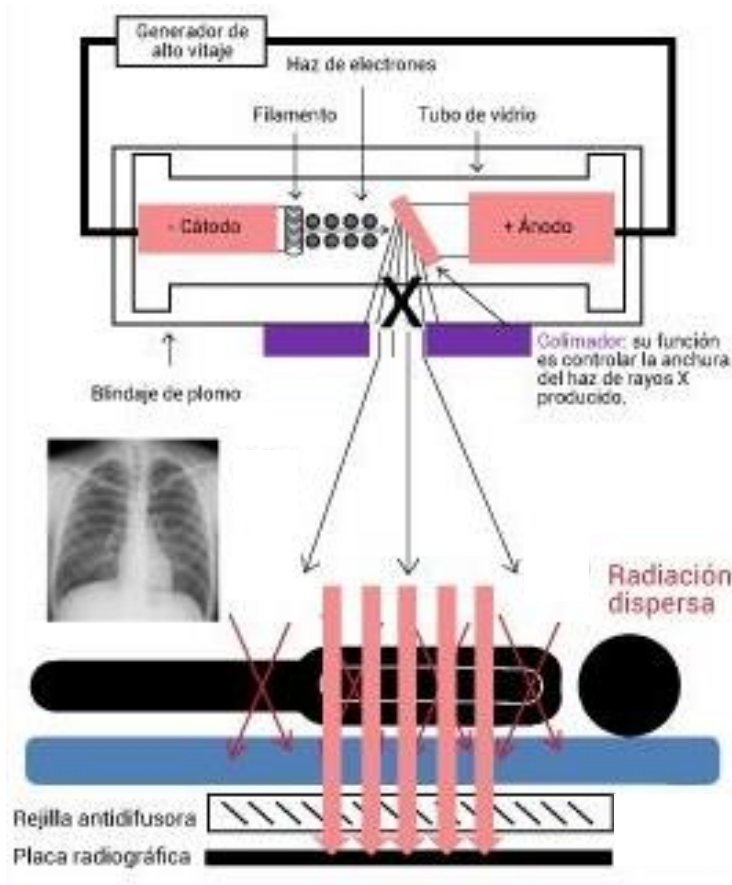


Figura 3. Proceso de generación de una radiografía con equipo de rayos X. (Pastoriza, 2021)

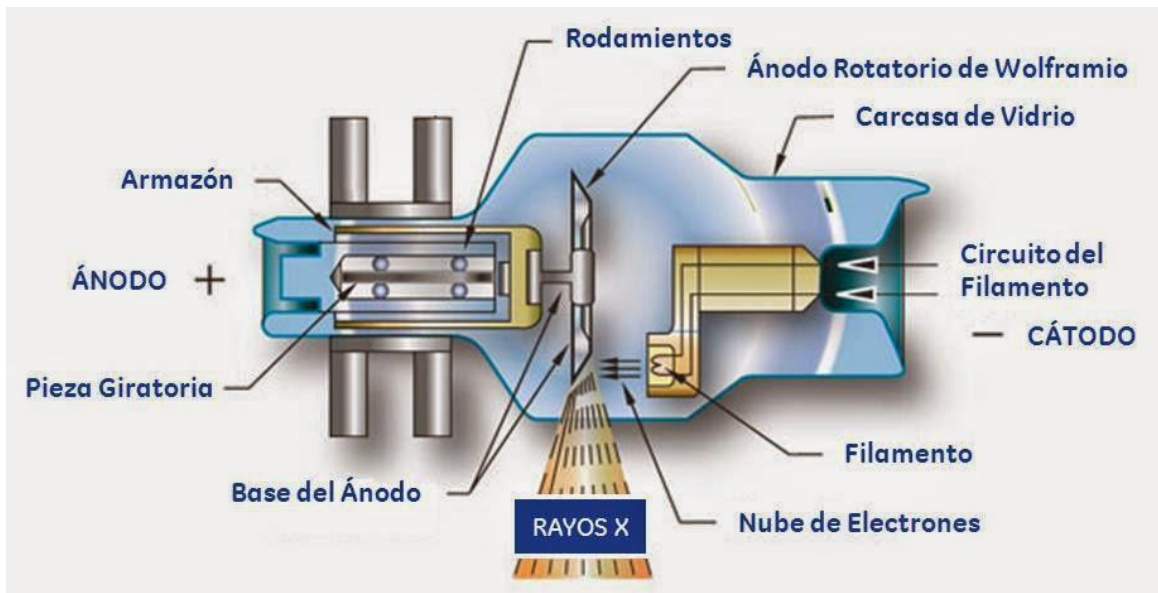


Figura 4. Acercamiento al tube de producción de rayos X dentro del equipo médico. (Dávila, 2017)



## **Características de los Instrumentos de medición e indicación necesarios para controlar el equipo medico**

-Unidades para los parámetros de exposición, aquellas que el operados puede controlar:

Mili amperaje (mA): mide la cantidad de rayos X producidos, medida proporcional al número de electrones que se van a producir en el filamento del cátodo. En radiología dental es de entre 7 y 15 mA.

Voltaje (V, KV): fuerza eléctrica que hace que los electrones se muevan del ánodo al cátodo. En radiología dental es de 65 a 100 Kv.

Tiempo de Exposición medido en segundos y minutos regularmente.

-Campo de medida

Longitud de onda: de entre 0,1-10 nanómetros (nm), correspondiendo a frecuencias en el rango de 30 a 3 000 pico Hertz (de 50 a 5 000 veces la frecuencia de la luz visible).

El kilo voltaje se ajusta de acuerdo con las necesidades del paciente:

Rango de 65-75 Kv, se utiliza para longitudes de ondas más largas y menor penetración.

Rango de 85-100 Kv, se obtiene mayor penetración y rayos X de mayor energía.

Filtración total mínima: 1,5 mm de Al para tensiones de entre 50-70 Kv.

2,5 mm de Al para tensiones superiores a 70 Kv.

-Otros:

Aproximación de rendimiento: si el kilo voltaje (Kv) es de 70: 15% radiación será característica, mientras que el 85% serán rayos X generales (frenamiento o bremsstrahlung)

En otro caso típico, donde se aplica una diferencia de potencial de 100 kV, el rendimiento se encuentra en el orden del 1 %, dejando que el otro 99 % se disipe en forma de calor sobre el ánodo.

## **Clasificación de riesgo**

### -Dependiendo de la pieza del equipo:

Brazo Articulado: Es muy importante la mantención del brazo articular, ya que si al momento de tomar la radiografía, este se mueve, no podremos tomar una buena radiografía.

Convertidores de alta frecuencia: se requiere una corriente prácticamente continua y constante, por lo cual se deben evitar variación cíclica del voltaje y la borrosidad cinética. También tratar de mantener la máxima homogeneidad de las longitudes de onda por el menor tiempo de exposición posible.

Grilla anti difusora: Dispositivo que cumple la función de reducir la radiación dispersa emitida por el paciente antes de llegar a la película

Película y pantalla: utilizar películas y pantallas de alta sensibilidad, lo que permite reducir la dosis.

Detectores: son sensibles a las caídas, por lo que debe asegurarse de manejarlos con sumo cuidado, en caso de romperse puede detener su flujo de trabajo. También se debe disminuir la probabilidad de daños a los detectores por líquidos y productos químicos

En caso de un sistema de sistema de CR: el chasis de fósforo requiere que se limpien las pantallas internas con regularidad. Esto reducirá las alteraciones de imagen causadas por el polvo y otros elementos en la pantalla.

En el caso de uso de placas: es importante que no se almacenen durante un tiempo prolongado, además de investigar el rango de temperatura adecuado para dicho almacenamiento.

### -Dependiendo del parámetro:

Calidad del haz de rayos: Si un haz tiene muchos fotones de baja energía, un alto porcentaje será absorbido por el paciente y sólo pocos contribuirán a formar la imagen.

Filtración: Filtros de aluminio colocados en la ventana del tubo absorben los fotones de baja energía que dañan la piel del paciente.

Intensificadores de imagen: Al aumentar la luminosidad de la imagen fluoroscópica disminuye la dosis de radiación necesaria para un estudio dinámico.

Temperatura: mantenga siempre el equipo a la temperatura adecuada. Puede encontrar la temperatura de operación recomendada por el fabricante en el manual de operación.

Sistema eléctrico: los problemas eléctricos que interrumpen la operación repentina del equipo pueden causar daños a la aplicación o a los programas que mantienen su equipo en funcionamiento. Por lo que es recomendable que el equipo tenga un disyuntor, esto

proporciona un suministro ininterrumpido de energía incluso en caso de una falla en la red o un apagón.

#### -Los efectos nocivos de los rayos-X

Radiosensibilidad: mayor cuanto más se dividen las células de un tejido. Por ello se afectan especialmente, los tejidos embrionarios y los elementos blancos de la sangre (la médula ósea está en actividad continua)

Fase de reacción bioquímica: en esta fase, los rayos-X interactúan con cualquier molécula biológica, sobre la cual pueden generarse cambios transitorios o permanentes, tales como: efectos sobre los enlaces formados por puentes de hidrógeno y disulfuro entre cadenas peptídicas, entre aminoácidos y la estructura cuaternaria de las proteínas. La ruptura de estos puentes genera cambios conformacionales a las proteínas lo cual puede significar una alteración en sus funciones, como es el caso de las enzimas, anticuerpos, receptores, entre otras. Además si se causan efectos sobre los enlaces de los ácidos nucleicos y sobre nucleótidos, puede llegar hasta la mutación genética.

Fase de efecto biológico: A nivel de estructuras celulares, subcelulares, tejidos y órganos: Se pueden apreciar efectos en sistemas de mayor actividad reproductiva, mayor potencia cariocinética y menor diferenciación morfológica y funcional. Se puede afectar la funcionalidad de los órganos, desde las fases metabólicas hasta sus funciones específicas, según estas aseveraciones pueden aparecer nuevas variantes de las moléculas originales que al entrar en procesos celulares vitales desencadenan transformaciones que en la mayoría de los casos son irreversibles, como es el caso de la muerte celular por procesos de necrosis.

#### -Radio protección:

Radio protección -colimación: Limitar el haz de radiación sólo a la zona de interés. Esto además mejora la calidad de imagen.

Distancia tubo -paciente: de 25 a 60 cm, para reducir la dosis dérmica recibida, al 50%.

Normas básicas de protección para operar equipos de rayos x de uso médico:



- 1.- Antes de comenzar el examen, cerrar todas las puertas del ambiente, solamente debe permanecer el operador, personas necesarias para el examen y el paciente.
- 2.- No dirigir el haz directo hacia las ventanas, cabina de mando o cuarto oscuro.
- 3.- El operador debe protegerse detrás del blindaje o biombo del comando durante el disparo del equipo

- 4.- Ajustar el colimador del equipo para limitar el campo de radiación al mínimo requerido para el examen.
- 5.- Usar correctamente el dosímetro durante el trabajo con el equipo de rayos x. Al finalizar el horario de trabajo, guardar el dosímetro en un lugar específico en la instalación y lejos de las radiaciones.
- 6.- Con equipos móviles, hacer el disparo extendiendo todo el cable de disparo (mínimo 2 metros), lejos del paciente y protegido con un mandil plomado.

## Estudio de Mercado

En este caso se compara la AeroDR X60 de la empresa Konica Minolta Healthcare y la Challenge de la empresa Sedecal para entender a mayor precisión en que llegan a diferir los equipos de Rayos X del mercado actual y las ventajas y desventajas de los mismos.

-Tabla comparativa de dos dispositivos de distintas marcas de Sistemas de radiografía

Característica	AeroDR X60	Challenge
Movilidad	Mesa fija	Mesa fija
Computarización de imagen	Pantalla digital	Pantalla digital
Especificaciones de uso	Radiografía polivalente	Radiografía polivalente y posible uso pediátrico al poder reducir la dosis de radiación de los pacientes.
Accesorios	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bucky en el suelo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Brazo porta tubos</li><li>• Telescópico de techo</li><li>• Bucky en el suelo</li></ul>
Interfaz de manejo	Pantalla táctil, inalámbrica, de 10 pulgadas	Pantalla táctil TFT a color de 12 pulgadas.
Manejo mecánico	Posibilidad de una rotación de 360°	Rotación vertical 360° y horizontal de 270°.
Tecnología	Seguimiento automático: permite el ajuste automático de la posición de varios componentes del sistema entre sí.	Suspensión de techo Automática y Servoasistida con Auto posicionamiento, optimizando el flujo de trabajo.
Fuente de energía	100 Kv	50-80kW
Carga máxima de la mesa	320 kg	350Kg
Material de la mesa	MDF	Acero de alta resistencia
Temperatura: tubo rayos x	2000 -2500 °C	2000 °C
Ajuste límite del filamento	3.6 A	3.2 A
Imagen		

## **Conclusión**

Como se mencionó al inicio del presente documento la utilización de rayos X dentro del campo de la medicina tiene una versatilidad inmensa que nos ayuda a integrarlos en distintas disciplinas y especialidades, siendo para todas ellas un punto clave en tareas de detección de las dolencias, problemas y/o anomalías que no son posibles de diagnosticar a simple vista. En general en todos sus campos se utiliza como herramienta de diagnóstico ya que nos permite ver con mayor claridad que ocurre dentro del organismo o en qué estado físico se encuentra algún órgano o tejido en particular.

Sin embargo, no deben ignorarse las implicaciones negativas del uso de equipos de rayos X las cuales son similares a las que puede producir cualquier fuente de radiación, se ha asegurado que la dosis recibía por un paciente durante cualquier estudio es completamente inofensiva para su salud siempre y cuando estos se realicen dentro de un lapso de tiempo de al menos 6 meses entre uno y otro; por parte del personal médico o analista existen manuales de uso, equipo de protección y se sugieren rotaciones de horario y periodos de suspensión para asegurar su bienestar físico frente a la radiación.

Por lo cual podemos indicar que los riesgos del uso de radiación están de cierta manera contenidos y contemplados al momento del uso; pero, si nos enfocamos en el dispositivo como tal aún hace falta trabajar en el manejo de los desechos radio activos que componen a estos equipos y que tienen una vida útil limitada por lo que requieren ser cambiados dentro de un determinado periodo de tiempo, así como desarrollar alternativas a los componentes frágiles, errores que dañan la calidad de la imagen y técnica de disipación de calor por choque de electrones en el tubo generador de rayos x.

## Bibliografía

Alcaraz Baños, M. (n.d.). *ELEMENTOS BÁSICOS EN LOS EQUIPOS Y HACES DE RAYOS X*.

UNAM.

<https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?media=t5.pdf#:~:text=La%20rectificaci%C3%B3n%20de%20alta%20tensi%C3%B3n%3A%20pr%C3%A1cticamente%20todos%20los,al%20%C3%A1nodo%20variar%20seg%C3%BAn%20el%20potencia%20instant%C3%A1neo%20aplicado.>

Centro diagnóstico médico Mérida. (2018, November 20). *Los rayos X y su uso en la medicina moderna*. Cedimmont - Blog. <http://cedimmont.com/blog/los-rayos-x-y-su-uso-en-la-medicina-moderna/>

Dávila, J. (2017). *Esquema eléctrico detallado de un equipo de rayos X* [Research Gate].

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-48-Esquema-electrico-detallado-de-un-equipo-de-rayos-X-40\\_fig20\\_326255273](https://www.researchgate.net/figure/Figura-48-Esquema-electrico-detallado-de-un-equipo-de-rayos-X-40_fig20_326255273)

Fuentes Puebla, L., Felipe Torres, S., & Valencia Fernández, V. (2015). *Efectos biológicos de los Rayo-X en la práctica de Estomatología*. SCielo.

Gutierrez, P. (n.d.). *RAYOS X: NATURALEZA, RAYOS X: NATURALEZA, PROPIEDADES, PROPIEDADES, INTERACCIÓN CON LA INTERACCIÓN CON LA INTERACCIÓN CON LA INTERACCIÓN CON LA MATERIA MATERIA*.

<https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/1.-%20Rayos%20X%20Naturaleza%20Producci%C3%B3n.pdf>

Pardell, X. (2022). *Física de los rayos X - Apuntes de Electromedicina Xavier Pardell*.

[Www.pardell.es](http://www.pardell.es). <https://www.pardell.es/fisica-de-los-rayos-x.html>

<http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v14n3/rhcm11315.pdf#:~:text=Los%20rayos->

[X%20adem%C3%A1s%20de%20ser%20invisibles%20y%20pertener, su%20importante%20uso%20en%20las%20Ciencias%20M%C3%A9dicas.%202](http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v14n3/rhcm11315.pdf#:~:text=Los%20rayos-X%20adem%C3%A1s%20de%20ser%20invisibles%20y%20pertener, su%20importante%20uso%20en%20las%20Ciencias%20M%C3%A9dicas.%202)

Pastoriza, M. del C. (2021). *Generación de rayos x* [Femxa.es].

<https://www.cursosfemxa.es/blog/imagenes-radiograficas-rayos-x>

Pérez, P. (2018). *Circuitos para equipos de rayos X — documentación de Curso Dosimetría:*

*Tubos de Rayos-X - 1.0.* Wwww.famaf.unc.edu.ar.

<https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cdr/circuitos.html>

Remis, K. (2020, July 29). *Cuidado y Mantenimiento del Equipo de Rayos X: Seis*

*Recomendaciones.* Everything Rad.

[https://www.carestream.com/blog/2020/07/29/cuidado-y-mantenimiento-del-equipo-de-](https://www.carestream.com/blog/2020/07/29/cuidado-y-mantenimiento-del-equipo-de-rayos-x-seis-recomendaciones/#:~:text=Proporcionar%20un%20entorno%20%C3%B3ptimo%20para%20el%20equipo%20de)

[rayos-x-seis-](https://www.carestream.com/blog/2020/07/29/cuidado-y-mantenimiento-del-equipo-de-rayos-x-seis-recomendaciones/#:~:text=Proporcionar%20un%20entorno%20%C3%B3ptimo%20para%20el%20equipo%20de)

[recomendaciones/#:~:text=Proporcionar%20un%20entorno%20%C3%B3ptimo%20para%20el%20equipo%20de](https://www.carestream.com/blog/2020/07/29/cuidado-y-mantenimiento-del-equipo-de-rayos-x-seis-recomendaciones/#:~:text=Proporcionar%20un%20entorno%20%C3%B3ptimo%20para%20el%20equipo%20de)

Subsecretaría de innovación y desarrollo. (2006). *Secretaría de Salud: Guía tecnológica No. 32*

*Rayos X Sistema.*

[http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias\\_tecnologicas/32gt\\_rayosX.](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/32gt_rayosX.pdf)

[pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/32gt_rayosX.pdf)

UNAM. (2018). *Producción de los rayos X.*

[https://diarium.usal.es/lcal/files/2013/10/Producci%C3%B3n-de-los-rayos-](https://diarium.usal.es/lcal/files/2013/10/Producci%C3%B3n-de-los-rayos-X.pdf#:~:text=Los%20rayos%20X%20s%C3%B3lo%20interaccionan%20por%20los%2)

[X.pdf#:~:text=Los%20rayos%20X%20s%C3%B3lo%20interaccionan%20por%20los%2](https://diarium.usal.es/lcal/files/2013/10/Producci%C3%B3n-de-los-rayos-X.pdf#:~:text=Los%20rayos%20X%20s%C3%B3lo%20interaccionan%20por%20los%2)



US Department of human health and services. (n.d.). *Rayos X*. [Www.nibib.nih.gov](http://www.nibib.nih.gov).

<https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/rayos-x>