

**Universidad de El Salvador
Facultad de Medicina
Escuela de Tecnología Médica
Licenciatura en Radiología e Imágenes**



INFORME FINAL DE SEMINARIO DE GRADO

CONDICIONES DE PROTECCION RADIOLOGICA EN LAS QUE LABORAN LOS PROFESIONALES DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA E IMÁGENES DEL HOSPITAL NACIONAL “DR. JORGE ARTURO MENA” SANTIAGO DE MARIA EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE ENERO A JUNIO DEL AÑO 2015.

**INFORME FINAL PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN
RADIOLOGIA E IMAGENES**

ASESORA:

Licda. Teresa de los Ángeles Reyes Paredes

Presentado por:

Cesar Antonio Parada Abrego N° PA09065

Betsy Abigail Rivas Padilla N° RP07019

Ciudad Universitaria, Enero 2016.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de seminario de grado realizado en la Universidad de El Salvador, es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente participaron distintas personas, opinando, corrigiendo, teniendo paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos difíciles y en los momentos de felicidad, personas a las que deseamos agradecer en este apartado.

- Quiero dar gracias a Dios porque de no haber sido por el no estaría en este momento redactando estas palabras y tampoco habría llegado hasta donde estoy ahora. Gracias Señor porque me diste la capacidad, la sabiduría y el deseo de culminar mi estudio me proveíste de mucha bendición todo te lo debo a ti mi Señor, este título es para ti.
- Quiero agradecer a mi madre por haberme apoyado incondicionalmente a lo largo de este camino que ya estoy culminando, por la entrega, la dedicación y el sacrificio que cada uno ha aportado y este título va dedicado a ella, y a todos los que me han apoyado durante todos estos años de estudio.
- A mi asesora de tesis por haber tenido la paciencia, dedicación y entrega en el desarrollo de este trabajo por su valiosa dirección y apoyo en este camino.
- A mi compañera de tesis por la paciencia, dedicación, el esfuerzo, noches de desvelo, el sacrificio, y todas aquellas adversidades que juntos logramos superar hasta la meta final.

Cesar Antonio Parada Abrego.

Agradezco y dedico este trabajo de tesis de grado a:

- A Dios, porque ante todo es quien me ha permitido concluir una meta más, porque ha sido mi guía tanto en mi vida como en todo el transcurso de mi carrera, iluminándome y dándome fuerza y bendición en todo momento, sino fuera por Él nada de esto me hubiera sido posible.
- A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por estar siempre animándome, por ser mi guía espiritual para confiar, y por haber sido mi inspiración para mantenerme siempre perseverante en todo lo largo del camino.
- Especialmente a mis hermanos/as por haberme brindado siempre su apoyo y confianza, y por todo el sacrificio y ayuda incondicional.
- También quiero aprovechar para agradecer a mi esposo, porque estuvo conmigo en esos momentos de alegría, tristeza y en los que nunca me dejó sola, en ningún momento de este arduo camino siempre apoyándome a la culminación de una etapa más.
- A mi hijo porque él fue el motor, la bendición, mi inspiración para armarme de coraje y llegar hasta el final de esta etapa de mi vida.
- A mi asesora de tesis por su paciencia, por su valioso tiempo y dedicación para guiar nuestra investigación.
- A mi compañero de tesis por su apoyo, el esfuerzo y la dedicación en todo el proceso de este trabajo, que hicieron posible la culminación satisfactoria del mismo.

Betsy Abigail Rivas Padilla.

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. Luis Argueta Antillón

RECTOR ai

Ing. Carlos Armando Villalta

VICE- RECTORA ACADEMICA ai

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

SECRETARIA GENERAL ai

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE MEDICINA

Dra. Maritza Mercedes Bonilla Dimas
DECANA DE LA FACULTAD DE MEDICINA

Máster Dálide Ramos de Linares
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE TECNOLOGIA MÉDICA

Lic. Roberto Enrique Fong Hernández
DIRECTOR DE LA CARRERA DE RADIOLOGÍA E IMÁGENES

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

ENERO DE 2016

INDICE

| Tema | Pág. |
|---|----------------|
| Introducción..... | i-ii |
| Resumen..... | iii- iv |
| Capítulo I..... | 5 |
| I. Planteamiento del Problema..... | 6 |
| <i>I.I Antecedentes del Problema.....</i> | <i>6</i> |
| <i>I.II Situación Problemática.....</i> | <i>8</i> |
| <i>I.III Objetivos.....</i> | <i>10</i> |
| <i>I.IV Justificación.....</i> | <i>11</i> |
| <i>I.V Viabilidad.....</i> | <i>12</i> |
| Capitulo II..... | 13 |
| II. Marco Teórico..... | 14 |
| <i>II.I Generación de rayos x y efectos biológicos de las radiaciones ionizantes....</i> | <i>14</i> |
| <i>II.II Respuestas humanas a la radiación ionizante.</i> | <i>18</i> |
| <i>II.III Apuntes históricos sobre el origen y desarrollo de la protección radiológica.....</i> | <i>22</i> |
| <i>II.IV Parámetros técnicos en el diseño de la infraestructura del departamento de radiología.....</i> | <i>30</i> |
| <i>II.V Condiciones para el uso del equipo de rayos x.....</i> | <i>39</i> |
| <i>II.VI Medidas de protección radiológica.....</i> | <i>42</i> |
| <i>II.VII Dispositivos para la protección frente a la radiación.....</i> | <i>45</i> |
| <i>II.VIII Vigilancia dosimétrica.....</i> | <i>49</i> |

| | |
|--|-----------|
| Capítulo III | 55 |
| III. Operacionalización de variables..... | 56 |
| Capítulo IV..... | 59 |
| IV. Diseño Metodológico..... | 60 |
| <i>IV.I Tipo de estudio.....</i> | 60 |
| <i>IV.II Área de estudio</i> | 60 |
| <i>IV.III Universo y muestra</i> | 60 |
| <i>IV.IV Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> | 61 |
| <i>IV.V Procedimiento para la recolección de datos.....</i> | 61 |
| <i>IV.VI Plan de tabulación y análisis de datos.....</i> | 62 |
| Capítulo V..... | 63 |
| V.I Presentación de los resultados | 64 |
| <i>1. Parámetros técnicos en el diseño e infraestructura del departamento de radiología.....</i> | 64 |
| <i>2. Condiciones en las que se encuentra el equipo de RX del departamento de radiología.....</i> | 72 |
| <i>3. Medidas de protección radiológica que aplican los profesionales de radiología en el ejercicio de su profesión.....</i> | 76 |
| V.II Conclusiones..... | 85 |
| V.III Recomendaciones..... | 87 |
| Anexos..... | 89 |
| Bibliografía..... | 90 |
| Imágenes..... | 91 |
| Cronograma de Actividades..... | 93 |

INTRODUCCIÓN

La humanidad ha estado expuesta a la radiación ionizante proveniente de fuentes naturales desde siempre. Si bien la radiación ionizante no es uniforme no se le ha podido correlacionar algún tipo de efecto sobre la salud. Por lo tanto, o bien no se producen efectos nocivos a esos niveles de exposición, o su frecuencia es demasiada baja para ser determinada estadísticamente. La peligrosidad potencial de la radiación ionizante se puso de manifiesto por primera vez en conexión con la exposición a fuentes artificiales. El descubrimiento de los rayos x y la identificación y aislamiento de materiales radiactivos hacia finales del siglo XIX, Causaron además de grandes beneficios, sustanciales riesgos no previstos, a consecuencia de todo ello fue necesario implementar medidas de protección radiológica a las personas para protegerlos de tales efectos con tal fin nació la protección radiológica pues nació con posterioridad al descubrimiento de RX.

La presente investigación permitió conocer las Condiciones de protección radiológica en las que laboran los profesionales del departamento de radiología e imágenes del hospital nacional "Dr. Jorge Arturo mena" Santiago de maría en el periodo comprendido de enero a junio del año 2015.

Para una mejor comprensión de la investigación el documento está estructurado en seis capítulos distribuidos de la siguiente manera:

El capítulo I, incluye el planteamiento del problema: la situación problemática donde se describe el problema y como está afectando a la población y el enunciado del problema, la justificación que refleja las razones, propósitos, motivaciones e importancia de realizar la investigación y los objetivos que se pretendían lograr y sirvieron de guía para la investigación.

El capítulo II, muestra los antecedentes del problema, la base teórica y conceptual que permite describir, comprender, explicar e interpretar el problema que se investiga.

El capítulo III, incluye las variables de la investigación, así como sus definiciones operacionales y conceptuales, que permitieron explorar los indicadores que se tradujeron a preguntas para los instrumentos de recolección de datos.

El capítulo IV, explica el diseño metodológico, describiendo: tipo de estudio, universo y muestra, recursos, métodos, técnicas e instrumentos, el procedimiento para la recolección de la información y el plan de tabulación y análisis de los resultados.

El capítulo V, contiene la presentación de los resultados de la investigación con su respectivo análisis.

El capítulo VI, contiene las conclusiones y recomendaciones que se hicieron de acuerdo a la información que dio respuesta a los objetivos.

Al final del documento se incluyen componentes complementarios, como: el cronograma de las actividades que se realizaron desde la elección del tema, hasta la entrega del informe final de investigación; la bibliografía de fuentes científicas, teóricas, informes y otras consultadas para la investigación; y los anexos que incluye imágenes de la visita a dichos hospital.

RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo verificar las condiciones de protección Radiológica en las que laboran los profesionales del Departamento de Radiología e Imágenes del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena” Santiago de María. Para ello se ha diseñado un estudio descriptivo transversal y con registro de información prospectiva, con utilización de fuentes primarias, debido a que se trabajó con los sujetos en su ámbito natural sin introducir ninguna modificación o alteración. Utilizando una muestra integrada por la totalidad de los profesionales de radiología que laboran en el departamento de Radiología del Hospital Nacional “Jorge Arturo Mena” Santiago de María. Tomando en cuenta las Instalaciones de salas de Rayos X, Equipo de Rayos X y así como también sus accesorios. Se indagó el cumplimiento de los parámetros técnicos en el diseño de infraestructura del departamento de radiología.

Dentro de los resultados obtenidos se evidencia que el blindaje de cuarto cumple con la memoria de cálculo realizada para dicho departamento de radiología, tomando en cuenta que el departamento es diferente a otro en equipo, tipo de estudios radiológicos realizados, cantidad de trabajo etc.

Pero hay aun ciertas deficiencias en aspectos como la cerradura de la puerta de ingreso a la sala de radiología no tiene un bloqueo desde adentro, por lo cual se puede realizar una exposición indeseada a pacientes o personal.

Además no cuenta con sistema de ventilación y el sistema climatización se encuentra instalado pero este no está en funcionamiento, por lo que el equipo de rayos x puede presentar fallas al calentamiento excesivo. También se encontró que no existe una de las leyendas que indica “CUANDO LA LUZ ESTE ENCENDIDA NO ENTRAR” en la puerta de ingreso a la sala de exploración radiológica.

Se identificó las condiciones en las que se encuentra el equipo de RX del departamento de radiología, y que este cuenta con la calibración periódica necesaria para su uso, además de marcas que ayudan a su identificación inmediata, el sistema de colimación es el adecuado para delimitar las zonas de interés, y el cabezal tiene soporte ajustable y en buen funcionamiento para permanecer firme y adecuarse al estudio que se realiza.

También se conocieron las medidas de protección Radiológica que aplican los profesionales de Radiología en el ejercicio de su profesión. En la utilización de los accesorios de protección radiológica. Los profesionales de radiología hacen uso del principio ALARA con el fin de reducir las dosis empleadas a los pacientes, además utilizan el dosímetro de cuerpo entero cerca del tórax, y hacen uso adecuado de el al protegerlo de golpes, mala manipulación, calor o humedad que los afecte. Pero se encuentra deficiente en los accesorios de protección radiológica con los que cuenta este departamento de radiología, pues no hay existencia de: Protectores de tiroides, protectores gonadales, guantes y gafas.

Y por último se verificó el cumplimiento y utilización adecuada de los dosimétricos según el Reglamento Especial de Protección Radiológica. De acuerdo a los resultados, del buen uso del dosímetro personal.

CAPITULO

I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

II ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La radiación ionizante, por su propia naturaleza, produce daños en los seres vivos. Desde el descubrimiento de los Rayos X por Roentgen en 1895 y de la Radioactividad por Becquerel, en 1896, los conocimientos sobre sus efectos han ido avanzando a la par de los estudios sobre las propias radiaciones. El propio Becquerel sufrió daños en la piel causando por las radiaciones de un frasco de radio que guardo en su bolsillo. Marie Curie merecedora en dos ocasiones del premio nobel por sus investigaciones sobre las propiedades de la sustancia radiactiva, falleció víctima de la leucemia, sin duda a causa de la exposición a la radiación.

El ejemplo de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki produjo la irradiación de las poblaciones supervivientes a la explosión, con secuelas que aún continúan siendo estudiadas y son fuentes valiosas de información acerca de los efectos biológicos producidos por la radiación a largo plazo. La utilización de las radiaciones en medicina ,con fines diagnostico o terapéutico, constituyen uno de los aspectos más destacados del beneficio que estas suponen para la humanidad, pero en su desarrollo también se causaron exposiciones a los pacientes, que en la actualidad serian injustificables, provocando en ciertos casos el desarrollo de daños atribuibles a la radiación recibida.

Toda esa experiencia negativa sin duda ha ido creando en el subconsciente colectivo una idea deformada sobre la radiación y la radioactividad que se perciben como intrínsecamente peligrosas, con independencia del tipo de radiación, de la cantidad recibida o del motivo que se reciba. Además, a nivel popular, suele desconocerse que la radiación y radioactividad forman parte de la naturaleza y de nuestro propio cuerpo, siendo visto en general como un nefasto invento del hombre.

Sin embargo, la radioactividad es unos de los grandes descubrimientos del hombre contemporáneo, y a las que se fueron conociendo sus efectos, también se fueron encontrando aplicaciones de gran utilidad, en los que la sustancia radioactiva o los aparatos emisores de radiación ionizantes resultan insustituibles: además de la medicina, la agricultura, la

industria, las ciencias de la tierra, la biología y otras muchas ramas dependen hoy en día en muchos aspectos de su utilización.

Esto presenta la naturaleza de la radiación ionizante y los efectos que causa sobre la materia y en particular los tejidos vivos, los procedimientos para su detección y medida, así como las diferentes fuentes de Radiación, Naturales y Artificiales; a las que los seres humanos estamos expuestos, a consecuencia de todo ello es necesario protegerse adecuadamente, para evitar sufrir daños, pero sin limitar innecesariamente la utilización beneficiosa que se puede hacer de la Radiación y de las sustancias Radiactivas en numerosos ámbitos .

El objetivo de la protección Radiológica es evitar la aparición de los *efectos determinísticos* y *estocásticos*. Todo departamento de radiología hace uso de radiaciones ionizantes por lo tanto deben contar con medidas de protección radiológicas de acuerdo a los parámetros de protección emitidos por los Organismos Internacionales.

El Hospital Santiago de María fue inaugurado en el año 1951, dentro de las instalaciones cuenta con un departamento de radiología, el 21 de junio inició su trabajo en radiología convencional y estudios especiales y no es la excepción en el cumplimiento de estos parámetros de radio protección.

I.II SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Las personas que trabajan con radiación en medicina y en consecuencia los pacientes, están expuestos en forma inevitable a dosis pequeñas de radiación en circunstancias normales. Cada exposición a las radiaciones puede tener efectos tan negativos, como la aparición de efectos carcinógenos. La exposición a la radiación debe estar suficientemente justificada y mantenerse lo más bajo posible. Así la exposición mensual no debe de exceder de 1.67 msv, como la anual no debe de exceder 20 msv y ningún miembro del público debe de recibir más de 1 msv al año de acuerdo a los organismos internacionales.

El personal de radiología del Hospital Nacional “Jorge Arturo Mena” Santiago de María no debe de estar al margen de estas y otras de las normativas de protección radiológica para el paciente, personal ocupacionalmente expuesto y demás personal que laboran en el departamento de radiología, ya que como en todos los hospitales tienen que estar vigilantes por el bienestar, tanto las autoridades del centro hospitalario como el personal ocupacionalmente expuesto.

Por ello la importancia de la protección radiológica que incluye la infraestructura del departamento de radiología, el diseño de la sala de rayos x, ubicación y mantenimiento de los equipos así como la vigilancia dosimétrica y los accesorios de protección necesarios para evitar irradiar innecesariamente al paciente, y de esta manera eliminar las posibilidades de efectos nocivos a la salud por causa de la radiación.

Actualmente en el hospital se encuentran instalados dos equipos estacionarios, uno fraccionario y uno de riel. Además cuenta con un equipo portátil y una procesadora automática. Tanto el equipo portátil como el equipo de riel no están siendo utilizados para la toma de exámenes radiográficos.

Los equipos estacionarios tienen un aproximado de 20 años de haber sido instalados para el uso de la población de la zona Oriental del Municipio Santiago de María, Departamento de Usulután.

Es por ello que el grupo investigador plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las condiciones de protección Radiológica en las que laboran los profesionales del departamento de Radiología e Imágenes del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena” Santiago de María en el periodo comprendido de Enero a Junio del año 2015?

I.III OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar las condiciones de protección Radiológica en las que laboran los profesionales del Departamento de Radiología e Imágenes del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena “Santiago de María en el periodo comprendido de Enero a Junio del año 2015.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos en el diseño de infraestructura del departamento de radiología.
- Identificar las condiciones en las que se encuentra el equipo de RX del departamento de radiología.
- Identificarlas medidas de protección Radiológica que aplican los profesionales de Radiología en el ejercicio de su profesión.

LIV JUSTIFICACIÓN

Los rayos x se aplicaron a las ciencias sanitarias inmediatamente después de su descubrimiento. A los pocos meses se sabía que podían causar efectos perjudiciales y desde aquella época se ha dedicado un gran esfuerzo a desarrollar equipos, técnicas y procedimientos para controlar los niveles de Radiación y reducir la exposición innecesaria.

La finalidad primordial de esta investigación es conocer las medidas y las condiciones de protección radiológica en las que desempeñan sus labores los profesionales en Radiología en el departamento de Radiología del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena” Santiago de María. Esto es importante puesto que al identificar las condiciones de protección radiológica que existen en el hospital, las autoridades pueden elaborar un plan de intervención para mejorar las condiciones de protección radiológica dentro del departamento, logrando de esta forma que los profesionales de radiología desempeñen sus labores libres de riesgos en cuanto a protección radiológica se refiere. Tanto para ellos mismos, pacientes y público en general que hacen uso de los servicios de radiología del hospital antes mencionado.

Los datos obtenidos como resultado de este estudio, serán proporcionados al personal de radiología que labora en dicho departamento con el fin de generar una cultura de auto cuidado con respecto a la protección contra los riesgos derivados de la radiación ionizante.

Además se busca beneficiar al estudiantado de la carrera de Radiología de la Universidad de El Salvador, ya que contarán con información actualizada sobre el tema en este centro hospitalario.

I.V VIABILIDAD

Esta investigación fue viable ejecutarla puesto que se contó con el recurso humano, que es el grupo investigador de la carrera de Radiología e Imágenes quienes realizaron el estudio. Además, se contó con el permiso de acceder a las instalaciones del departamento de Radiología del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena” Santiago de María.

La investigación es ética, social y políticamente viable por lo que fue posible su ejecución. *Ética*, ya que no se dañó de manera moral la reputación de las personas involucradas con este estudio, *social* debido a que se puede obtener estos datos que no serán denegados a la sociedad y *política* ya que no tiene acorde a ningún fin o beneficio político.

La metodología que se utilizó es la adecuada pues es dirigida a la realización y cumplimiento de los objetivos que como grupo investigador fueron trazados, los cuales son el eje principal de la realización del estudio.

Se contó además con los recursos materiales y económicos necesarios.

CAPITULO

II

II. MARCO TEORICO

II.I GENERACIÓN DE RAYOS X Y EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los Rayos x son generados debido a la interacción de los electrones proyectiles con los electrones orbitales o los núcleos de los átomos del blanco, estas interacciones dan lugar a la transformación de la energía cinética en energía térmica (calor) y en energía electromagnética (rayos X) el 99% de la energía generada en el tubo de rayos X es calor, mientras que un 1% es rayos X. La producción del calor en el ánodo aumenta en proporción directa al incremento de la corriente del tubo. Cuando se duplica la corriente del tubo la cantidad de calor producida aumenta el doble.

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Se conoce más allá de todo que los rayos x son peligrosos. Cuando tienen intensidad suficiente pueden causar cáncer, leucemia y daño genético. Los efectos de los rayos x sobre los seres humanos son el resultado de interacciones a niveles atómicos estas interacciones adoptan la forma de ionización o de excitación de electrones orbitales y dan lugar a depósitos de energía en el tejido. La energía depositada puede dar lugar a cambios moleculares de consecuencias tal vez desastrosas si la molécula afectada es importante.

Cuando se ioniza un átomo cambia sus propiedades de unión química, si el átomo es un constituyente de una molécula grande, la ioniza y puede dar lugar a una ruptura de la molécula o a la recolección del átomo dentro de la molécula. Los cambios que se producen se manifiestan a escala celular, tisular y así sucesivamente hasta nivel de organismos, de manera inmediata o a largo plazo. Como consecuencia de la ionización las proteínas pierden la funcionalidad de los grupos aminos y cambian incrementando su actividad química, las enzimas se inactivan, los lípidos sufren peroxidación, los carbohidratos se desagregan y los ácidos nucleídos sufren ruptura de sus cadenas y modificaciones en sus estructuras.

Del conjunto de alteraciones posibles, actualmente se considera que las más influyentes sobre la sobrevivencia y funcionamiento celular son las modificaciones que tienen lugar en el

ADN, por lo que este se considera el blanco de las radiaciones. El ADN contiene la información genética que permite el funcionamiento de las células y su reproducción. A esta escala celular existen mecanismos de reparación de alteraciones que ocurren en el ADN.

Efectos determinísticos

Son determinísticos aquellos efectos que se producen a partir de una dosis determinada, por debajo de esta dosis el efecto no se observa. El número de células afectadas influye proporcionalmente en la severidad del umbral y el tiempo de exposición a la dosis.

Teniendo en cuenta que existen diferencias en la radio-sensibilidad de individuos de una misma población, se conoce dosis umbral, aquella que produce el efecto en 1-5 % de los individuos expuestos. Los tejidos pueden mantener su funcionamiento con la pérdida de determinado número de células, en los tejidos proliferantes, la división celular atenúa estas pérdidas, sin embargo los producidos por las radiaciones son de tal magnitud que el número de células que mueren son muy elevados y no hay compensación por la renovación celular, el tejido no puede mantener su funcionamiento. Este tipo de efecto se denomina determinístico, y si ocurre en un tejido vital, puede producir la muerte.

Efectos estocásticos

Estocásticos o Probabilísticos: son aquellos efectos para los cuales no existe dosis de umbral. La probabilidad de surgimiento aumenta con la dosis, su severidad no varía el aumento de la dosis y ocurre en un plazo relativamente largo después de ocurrida dentro de ese plazo los genes que provocan cambios en las funciones enzimáticas originales con la siguiente alteración metabólica que se manifiesta en las síntesis de proteínas. Los efectos que así se producen se reconocen como estocásticos y sus manifestaciones se tienen a largo plazo.

Los efectos estocásticos ocurre, por ejemplo; cuando se da una reparación errónea de una célula afectada por la radiación, con lo que la célula puede sobrevivir pero con

modificaciones en su composición genética y produciendo un cáncer o una célula germinal y producir un efecto hereditario. Se han realizado, tantos estudios epidemiológicos como experimentales sobre el efecto de las radiaciones, considerando exposiciones ocurridas a altas dosis de radiación y luego se ha extrapolado estos resultados en las regiones de bajas dosis, siendo de suma importancia para la protección radiológica ya que aun cuando no se ha demostrado la ocurrencia de efectos estocásticos a bajas dosis, se ha asumido para sus efectos, la hipótesis de proporcionalidad y la ausencia de dosis umbral.

Los efectos hereditarios son efectos estocásticos que se manifiestan en la descendencia de los individuos irradiados y no debe confundirse con los que se producen como resultado de

| EFFECTOS | CAUSAS | EJEMPLO |
|-----------------------------------|---|--|
| Estocásticos | Cuando la probabilidad de que se presente el efecto es proporcional a la dosis recibida, no existiendo una dosis umbral para la aparición del mismo. | La probabilidad de que aparezca leucemia en un sujeto irradiado es tanto más grande cuanto mayor sea la dosis recibidas y pueda aparecer aunque la dosis recibida sea despreciable |
| No Estocásticos o Determinísticos | Es aquel cuya intensidad (no su aparición o no aparición) es tanto mayor cuanto mayor sea la dosis recibida, existiendo una dosis umbral para la aparición del mismo. | La aparición de alopecia (calvicie) radio inducida es tanto es más simple cuanto mayor es la dosis pero no aparecerá nunca si la dosis es inferior a 2000rads |

la exposición durante el desarrollo prenatal. Los efectos hereditarios han sido demostrados en animales y plantas de laboratorio sometidos a altas dosis de radiación. No existen evidencias conclusivas de los mismos efectos en seres humanos.

Efectos biológicos de la radiación

| EFFECTOS | CAUSAS |
|-----------------|---|
| Inmediatos | Cuando se produce un daño directo y simultáneos a ambos pares de cromosomas no es reparable |
| Tardados | Se crean radicales libres o iones en la célula que más tarde causaran daños en los genes del núcleo, ambos pares de genes a la vez. |

Por lo cual fue necesario catalogar en áreas el tipo de respuesta a la radiación las cuales pueden ser de dos tipos su respuesta hacia la radiación.

Efecto Inmediato o Precoz a la Radiación: Se produce minutos o días después de la exploración.

Efecto Tardío de la Radiación: Si no se observa lesión humana durante muchos meses o años.

II.II RESPUESTAS HUMANAS A LA RADIACIÓN IONIZANTE

A. Efectos Precoces de la radiación en seres humanos

1. Síndrome de Radiación.

a) Síndrome Hematológico

b) Síndrome Gastrointestinal

c) Síndrome del Sistema Nervioso Central

2. Daño Hístico Local

a) Piel

b) Gónadas

c) Extremidades

3. Depresión hematológica

4. Daño Citogenético.

B. Efectos Tardíos de la Radiación Humanos.

1. Leucemia

2. Otras enfermedades malignas

a) Cáncer óseo

b) Cáncer Pulmonar

c) Cáncer Tiroideo

d) Cáncer de Mama

3. Daño Hístico Local

a) Piel

b) Gónadas

c) Ojos.

4. Acortamiento de la Esperanza de Vida

5. Daño Genético

a) Daño Citogenético

b) Duplicación de la dosis

c) Dosis genéticamente significativa

C. Efectos de la Radiación Fetal

1. Muerte Prenatal

2. Muerte Neonatal

3. Malformación Congénita

4. Enfermedad Maligna de la niñez

5. Disminución del Crecimiento y el Desarrollo.

D. Efectos no Estocásticos (Determinísticos)

1. Relación entre la magnitud del daño y la gravedad de la enfermedad (la dosis es directa)
2. Los efectos producen en un plazo relativamente breve (días)
3. Existe un umbral.

E. Efectos Estocásticos.

1. Son menos frecuentes
2. Aparecen al azar solo, en algunos individuos, aun cuando la dosis haya sido alta.
3. No tiene relación con la dosis
4. Estadísticamente no existe un umbral dosis o estos son muy difíciles de establecer.

Efectos agudos de la radiación (síndrome de irradiación aguda)

El síndrome de la irradiación está constituido por el conjunto de efectos que se producen. De acuerdo a la dosis en todo el cuerpo se distingue las distintas formas de síndrome de irradiación.

1. Forma hematopoyética, para dosis entre 1 y 10 Gy.
2. Forma Gastrointestinal, para dosis entre 10 y 50 Gy.
3. Forma Neurológica, para dosis superiores a los 50Gy.

Efectos Hereditarios:

1. Disminución de fertilidad
2. Aumento pequeño de leucemia
3. Aborto y un mes de vida (Aumento 1.8%)

La interacción de la radiación con las células produce alteraciones formando pares de iones y radicales libres que puedan dañar las estructuras celulares. Los daños causados pueden producir retrasos y alteraciones en la reproducción y muerte celular. Muchas veces hay recuperación celular y recombinación de los iones producidos previamente. La respuesta celular a la radiación no es igual para todas las células, ya que su radio sensibilidad es muy diferente. Así, la respuesta a la radiación de los diferentes órganos, depende de los tejidos que los componen y de sus poblaciones celulares, así como de las características físicas de la radiación. Aquellos órganos que se ven más afectados por la radiación y dan lugar a consecuencias más graves para el organismo son denominados Órganos Blancos. Los principales son la médula ósea, donde se producen las células sanguíneas, el intestino delgado, en que se realiza la digestión y la absorción de alimentos, y las gónadas, donde se producen y maduran las células germinales.

II.III APUNTES HISTÓRICOS SOBRE EL ORIGEN Y DESARROLLO DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La protección radiológica es una rama de la medicina relativamente joven que dio sus primeros pasos a principios del siglo XX, y se desarrolló notablemente durante sus últimas décadas. Nació después del descubrimiento de las radiaciones ionizantes (Roentgen, Becquerel, los esposos Curie, Villard) y a medida avanzaba se comprobó su peligrosidad en virtud de las reacciones patológicas que producen en contacto con el organismo humano. Como era algo nuevo desconocido, hubo que esperar varios años para que evolucionaran estas lesiones que provocaban inclusive cáncer, siendo víctimas de ellas algunos de sus descubridores. Se observó que de igual modo podían curar y originar el cáncer. Así surgió la necesidad de protegerse de ellas por quienes las aplican en la terapéutica del cáncer y así empiezan a crearse los medios de protección, incluidos los reglamentos para eliminar esa posibilidad iatrogénica. Dichas medidas conllevaron el nacimiento de esta importante disciplina donde se vinculan la física y la medicina.

La protección radiológica (PR) o rad protección es una disciplina científica moderna y joven en el tiempo, pues nació con posterioridad a los descubrimientos de Roentgen en 1895 y a los trabajos siguientes de Henri Becquerel, los esposos Curie y de Villard a principios del siglo XX. Estos descubrimientos de las radiaciones ionizantes, fenómeno físico desconocido entonces conmocionaron las ciencias físicas y médicas. Los primeros se nombraron Rayos X, por ser algo desconocido, se ignoraba todo sobre ellos por lo que había que empezar a conocerlos y a estudiarlos. Se descubrió tempranamente que eran útiles en el tratamiento del cáncer, que hasta entonces sólo se trataba sin éxito, con cirugía en lesiones localizadas y con emplastos de hierbas, grasas animales y pócimas vegetales.

Pero también se descubrió que, al igual que podían curar el cáncer también podían producirlo pero no se podía prescindir de ellos ¿cómo abordar y solucionar el problema? sencillamente protegiéndose de ellos. Así surgió la protección radiológica, cuando el hombre elaboró las medidas sanitarias para protegerse de su acción nociva.

Historia de los efectos de las radiaciones.

Algunos de los descubridores y estudiosos de las radiaciones pagaron muy caro este desconocimiento. Varios de ellos murieron de cáncer como Becquerel, Bergognié (quien con Tribondeau estudiaba sus efectos en el cuerpo humano y elaboró las primeras leyes de la radiosensibilidad), el cual adquirió carcinoma espinocelular en las manos que hizo metástasis ganglionar, sufrió varias operaciones mutilantes y al final murió de cáncer pulmonar metastásico. La propia María Curie falleció de leucemia.

Antes de 1942, fecha en que empezó a funcionar el primer reactor nuclear del mundo en la Universidad de Chicago, a la protección radiológica se le llamaba salud o higiene radiofísica, que relacionaba la protección contra el efecto nocivo de las radiaciones ionizantes y la salud de los trabajadores expuestos a éstas, cuyos mayores problemas se asociaban a la física. La Health Physicist Society of USA la definió así: "Higiene Radiofísica es una profesión dedicada a la protección del ser humano y su medio, de la indeseable consecuencia de la exposición a las radiaciones ionizantes. Un higienista radio-físico es una persona encargada de los estudios prácticos que le prestan protección contra ellas. Está interesada no solo en el mecanismo de los efectos de las radiaciones ionizantes, sino también en su desarrollo y en la ejecución de los métodos y procedimientos necesarios para evitar los peligros de las radiaciones ionizantes y las formas de proporcionar al hombre y su medio ambiente la seguridad protectora contra éstas".

Es importante señalar que en la década de los 40, en OakRidge comenzaron los estudios experimentales sobre el átomo con el plutonio, el 16 de julio de 1945, se llevó a efecto la primera explosión nuclear en el mundo, en Alamo Gordo, EE.UU. Según ya por los estudios hechos en la institución de OakRidge del potencial de destrucción de la energía atómica, el presidente norteamericano Harry Truman autorizó su uso bélico en la guerra contra Japón. Las famosas ciudades de Hiroshima y Nagasaki, los días 5 y 9 de agosto de 1945, con la que se consumó el genocidio en esos lugares por todos conocidos. A partir de ese momento se desató una carrera armamentista guerrerista incontrolada entre las potencias militares mundiales para poseer y desarrollar la energía atómica, que pronto obtuvo la Unión Soviética. Hoy la poseen casi todas las grandes potencias militares de la tierra.

Normas internacionales de protección radiológica

La toma de conciencia del peligro potencial que tiene la exposición excesiva a las radiaciones ionizantes llevó a las autoridades a fijar las normas reglamentarias para los límites de dosis. Estos límites corresponden a un riesgo suplementario aceptable respecto al riesgo natural. Desde 1928, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR o ICRP en inglés) reúne médicos, físicos y biólogos de todos los países. Esta autoridad científica independiente emite recomendaciones en materia de protección radiológica, aplicables a las reglamentaciones de cada Estado cuando se considera necesario por los mismos.

La UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) reúne a científicos representantes de 21 naciones. Se creó en 1955 en el seno de la ONU para reunir el máximo de datos sobre los niveles de exposición debidos a las diversas fuentes de radiaciones ionizantes y sus consecuencias biológicas, sanitarias y medioambientales. Constituye un balance regular de estos datos, pero igualmente una evaluación de los efectos estudiando los resultados experimentales, la estimación de las dosis y los datos humanos.

El OIEA edita periódicamente normas de seguridad y protección radiológica aplicable a las industrias y prácticas que utilizan radiaciones, utilizando las últimas recomendaciones de los organismos científicos (como la CIPR o la UNSCEAR). Esas normas no son de obligado cumplimiento para los países miembro del organismo a no ser que soliciten la asistencia del propio organismo. Sin embargo, en gran medida se utilizan como base para elaborar la legislación de la mayor parte de los estados.

A nivel europeo, la Unión Europea utiliza estas recomendaciones en sus propias normas o directivas.

Las normas legales de protección radiológica a día de hoy utilizan:

- 1- Un límite de dosis efectiva de 1 mSv/año para la población general y de 100 mSv de promedio en 5 años para las personas dedicadas a trabajos que implican una

exposición radiactiva (industria nuclear, radiología médica), con un máximo de 50 mSv en un único año;

- 2- Un límite de dosis equivalente (órgano) de 150 mSv para el cristalino (ojo) y 500 mSv para la piel y las manos.

La protección radiológica en El Salvador

El Código de Salud ordena que el Ministerio de Salud emita un Reglamento Especial que contenga las medidas necesarias tendientes a la planificación, regulación y vigilancia de todas las actividades que se realicen o se relacionen con fuentes de radiación ionizante y prevé la creación de las normas pertinentes destinadas a la evaluación y ejecución de dichas actividades.

Reglamento Especial de Protección y Seguridad Radiológica

ORGANO EJECUTIVO en su DECRETO No. 41, DADO EN CASA PRESIDENCIAL, San Salvador, a los quince días del mes de marzo del dos mil dos, considera lo siguiente

I. Que siendo la salud de los habitantes un bien público reconocido por la Constitución de la República, deben dictarse normas reglamentarias que regulen el aprovechamiento de las radiaciones ionizantes, de modo que su empleo no constituya mayores riesgos en la salud del trabajador, del paciente, habitantes y medio ambiente, y resulte un beneficio para la población del país;

II. Que el Art. 191 del Código de Salud, promulgado por Decreto Legislativo No. 955 del 28 de abril de 1988, publicado en el Diario Oficial No 86, Tomo No. 299 del 11 de mayo del mismo año; ordena que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social emitirá un Reglamento Especial que contenga las medidas necesarias tendientes a la planificación, regulación y vigilancia de todas las actividades que se realicen o se relacionen con fuentes de radiaciones ionizantes, tales como la importación, exportación, venta, compra, transferencia, adquisición, reposición, transporte, desecho, almacenamiento, uso, procedimiento, mantenimiento y protección;

III. Que para el logro de los objetivos propuestos en los considerandos anteriores, es necesario que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social cuente con una Unidad Especializada que asesore a la Autoridad Reguladora, en la regulación, planificación, fiscalización y control de las instalaciones y prácticas que se realicen o se relacionen con fuentes y equipos generadores de radiaciones ionizantes.

Norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica

Agregando a lo anterior, el ORGANO EJECUTIVO público en el diario oficial del día LUNES 25 DE MAYO de 2009 el Acuerdo N 458 titulado NORMA TECNICA PARA RADIOLOGIA DIAGNOSTICA E INTERVENSIONISTA. Considerando así lo siguiente:

II. Que de conformidad al Acuerdo Ejecutivo No. 333 de fecha 27 de octubre de 2004, publicada en el Diario Oficial No. 209, Tomo 365, publicada el 10 de noviembre de 2004, el Ministerio de Salud emitió la NORMA TÉCNICA PARA RADIOLOGÍA DIAGNÓSTICA, INTERVENCIONISTA Y ODONTOLÓGICA la cual tiene por objeto establecer los requisitos de protección y seguridad radiológica que deben cumplir los titulares de autorización, responsables de protección radiológica, personal ocupacionalmente expuesto e instalaciones durante la práctica con equipos de rayos-X diagnóstico e intervencionista.

Disposiciones generales

Objeto

Art. 1.- La presente norma tiene por objeto establecer los requisitos de protección radiológica que deben cumplir los titulares de autorización, responsables de protección radiológica e instalaciones que realicen prácticas diagnósticas y de intervencionismo, utilizando equipos de rayos-X.

Ámbito de aplicación

Art. 2.- La presente norma es aplicable a todas las personas naturales o jurídicas, públicas, autónomas o privadas, que realicen prácticas que involucren equipos de rayos-X diagnóstico e intervencionista.

Autoridad competente

Art. 3.- La Autoridad Competente para verificar la aplicación de la presente Norma es el Ministerio de Salud a través de la Unidad Reguladora de Radiaciones Ionizantes “UNRA”.

En el Salvador la protección radiológica está siendo dirigida en la actualidad por la **UNIDAD REGULADORA Y ASESORA DE LAS RADIACIONES (UNRA)** cuya finalidad se detalla a continuación:

Misión

Dependencia especializada del Ministerio de Salud, responsable de realizar el control y la fiscalización de las prácticas con equipos y fuentes radiactivas en medicina, industria, agricultura, investigación y docencia, de manera que se realicen dentro del marco de la protección radiológica y seguridad nuclear, con el fin de proteger a trabajadores, pacientes, población y medio ambiente de los efectos adversos de las radiaciones.

Visión

Autoridad de referencia nacional del Ministerio de Salud, para la fiscalización y control de las prácticas con equipos y fuentes radiactivas, con el propósito de mejorar la calidad de los servicios y que se implante la cultura de seguridad radiológica.

Objetivo General

Establecer, fortalecer y aplicar, el régimen regulatorio para las actividades que se realicen o relacionen a prácticas con radiaciones, de manera que se realicen de forma segura y beneficien a la población, contribuyendo a la protección de la salud de todos y todas.

Objetivo Específicos:

- Sostener niveles apropiados de protección y seguridad radiológica para los trabajadores expuestos, pacientes, población y el medio ambiente en general.
- Contribuir a mejorar la calidad de las aplicaciones en seres humanos y las condiciones de atención en los servicios de radiodiagnóstico.
- Mantener niveles apropiados de seguridad física en las actividades desarrolladas con equipos y fuentes radiactivas, previniendo la ocurrencia de actos intencionales que puedan tener consecuencias radiológicas severas.
- Asegurar que las prácticas con radiaciones no sean desarrolladas con fines no permitidos por la autoridad respectiva.
- Identificar las necesidades en materia de regulación y proponer la normativa respectiva en lo relacionado a prácticas con radiaciones.

La UNRA junto con el ORGANO JUDICIAL DE EL SALVADOR y MINISTERIO DE SALUD DE EL SALVADOR han establecido Leyes Relativas al sistema de Salud de El Salvador con el propósito de reducir el riesgo producido por las radiaciones ionizantes en la salud de los trabajadores, pacientes en general, habitantes y medio ambiente; siendo la salud un bien público reconocido por la Constitución; es preciso dictar normas que reglamenten su importación, exportación, producción, ensamblaje, comercialización, transporte, almacenamiento, transferencia a cualquier título, uso, posesión, aplicación de las fuentes y equipos generadores de dichas radiaciones.

Así mismo el CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES (CIAN) de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, es una unidad de investigación, desarrollo y servicio en los campos de seguridad y protección radiológica, control de calidad, pruebas y ensayos analíticos.

Fue creado en 1986 mediante convenio entre el Gobierno de la Republica de El Salvador y el Organismo Internacional de Energía atómica (OIEA), con la finalidad de ejecutar acciones de transferencia tecnológica sobre los usos pacíficos del átomo en sus diferentes campos: Industria, agricultura, salud y medio ambiente.

II.IV PARÁMETROS TÉCNICOS EN EL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA

Al diseñar un departamento de radiología o un cuarto de exámenes radiológicos, no basta con las consideraciones sobre arquitectura. A la hora de colocar el equipo de rayos X se debe tomar en cuenta su localización del cuarto de examen y las habitaciones adyacentes por lo que suele ser necesario blindar con láminas de plomo (pb) las paredes del cuarto de exámenes. Si el cuarto se encuentra en la parte superior debe blindarse el piso del cuarto. El equipo de las barreras protectoras se debe considerar varios factores.

TIPOS DE RADIACION. La radiación primaria es la más intensa y por lo tanto la más peligrosa y frente a la que resulta más difícil de proteger.

1. La radiación primaria es el haz útil. Cuando se coloca en un determinado muro un tablero de tórax supone que interceptara con frecuencia el haz útil. Por lo tanto, suele ser necesario colocar blindaje adicional a esa pared, cualquier pared del cuarto sobre la que pueda ser dirigida directamente el haz primario se considera como una BARRERA PROTECTORA PRIMARIA. Se suele utilizar plomo como paredes protectoras primarias bajo los paneles de la pared. Este tipo de blindaje se comercializa en distintos grosores y los arquitectos y constructores los especifican en libras por pie cuadrado (lb./ft²) muy pocas veces se necesita blindaje superior a 3 lb/ft² en un cuarto de diagnóstico. Es posible usar hormigón o bloques de cemento en vez de plomo. Como norma aproximadamente, 4 pulgadas (10.2cm) de mampostería equivalente a 1/16 de pulgadas plomo

El blindaje más fino que existe es 1 lb/ft², pero a ciertas dificultades en su fabricación en su costo suele ser el mismo de 2 lb/ft².

2. Existen dos tipos de radiaciones secundarias: la radiación dispersa y la radiación fuga. La dispersa se produce cuando el haz primario choca con un objeto, de forma que algunos de los rayos se dispersan. Desde el punto de vista del diseño de protecciones, el objeto que producen la dispersión se debe considerar como una fuente de radiación dispersa. Durante la radiografía, el paciente es el principal productor de radiación dispersa. Como norma general

hay que considerar que la intensidad de la radiación dispersa a 1 mt del paciente es de 0.1 5 de la intensidad del haz primario que recibe el mismo. La radiación de fuga es la emitida por la carcasa y el tubo de rayos X en cualquier otra dirección que no sea el haz útil si la carcasa está bien diseñada, la radiación de fuga nunca sobrepasa el límite máximo permitido de 100 mR/hora (26qC/kg.-hora) a 1 mt. Aunque los niveles de radiaciones de fuga son en la práctica mucho menores que ese límite máximo, suele decir dicho valor para realizar cálculos. Las barreras diseñadas para blindar zonas, expuestas a radiaciones secundarias se denominan **BARRERAS PROTECTORAS SECUNDARIAS.**

El grosor de las barreras protectoras siempre es menor que las primarias. Las barreras no suelen tener blindajes de plomo, ya que se necesitarían por lo general menos 0,4 mm de material. En caso contrario bastaría con una protección de concreto normal, vidrios y paneles acrílicos. El cuarto donde está situada la consola de control suele tener una barrera protectora secundaria, ya que a nadie se le ocurre dirigir el haz primario contra ella. Cuatro paneles de yeso y una lámina de vidrio de 1,27cm es todo lo necesario. Se puede utilizar paneles de control con láminas de vidrio de 1,27cm.

Parámetros técnicos en el diseño de la infraestructura de una sala de radiodiagnóstico según el cian-fia ues.

Generalmente la sala donde existen equipos convencionales los espesores necesarios son 10 cm (100 mm) de concreto aproximadamente, la pared donde se encuentra el bucky de pared necesita por lo general 78mm de concreto normal si fuese este el material que se utiliza. Según el material varía de la siguiente manera: 1 mm de plomo, 1 mm de yeso, el ladrillo tiene buena absorción por lo que el cuarto se puede blindar con 10 mm, todo esto según el CIAN-FIA UES.

Según el CIAN el grosor de las barreras protectoras se ve afectado por los siguientes parámetros:

- Del tipo de equipos
- De los cuartos o espacios colindantes
- De la carga de trabajo

- De la distancia del equipo a la pared

Los blindajes en una sala de radiología tienen por objeto proteger de las radiaciones ionizantes a los trabajadores profesionalmente expuestos y al público en general que hace uso de las instalaciones hospitalarias. El nivel de protección que el blindaje debe proporcionar depende de los límites permitidos en cada país, nuestros blindajes son calculados para que el trabajador ocupacionalmente expuesto no reciba más de 0.5mGy/mes, y aseguran para público general no más de 1/12mGy/mes.

El cálculo de barreras protectoras contra radiaciones ionizantes tiene dos objetivos fundamentales

* Averiguar el espesor que deben tener las Barreras Protectoras de una Instalación Radiológica a fin de que no se superen los límites de exposición establecidos en la legislación vigente, teniendo en cuenta los criterios de optimización tanto para el personal expuesto como para público.

* Si se conoce el material y espesor de las Barreras de Protección, pueden calcularse las contribuciones de las distintas exploraciones a la exposición semanal en puntos de interés.

Factores que afectan el grosor de las barreras

Al calcular el grosor de las barreras protectoras se deben de tener en cuenta numerosos factores.

1. *El grosor de la barrera depende de la distancia entre la fuente y la barrera.* La distancia a considerar es la comprendida desde la zona donde se encuentran personas, y no hasta la pared interior de sala de rayos X. Una pared donde se encuentra un equipo de rayos X necesitara más blindaje que las restantes paredes del cuarto. En estos casos la radiación dispersa puede ser más peligrosa que la radiación de fuga, e incluso que la radiación de haz útil. Siempre es recomendable colocar los equipos en el centro de la sala para que ninguna pared sea sometida a niveles de radiación elevados.

2. *El blindaje requerido en una sala de examen de rayos X depende de la actividad de la misma.* Una zona ocupada principalmente por personas que trabajan con radiaciones recibe el nombre de zona controlada. Los límites del diseño de las zonas controladas especifican que las barreras deben de reducir la tasa de exposición en la zona a menos de 100mR/semanas (26qC/Kg.-semanas.) Cuando mayor sea el número de exámenes semanales que se lleven a cabo mayor será el grosor del blindaje requerido. Esta característica se denomina carga de trabajo (**w**) y se mide en miliamperios minuto por Semana (mA-min/semana.). Una sala de consulta privada puede llegar a 100ma-min/semana, y una sala hospitalaria a 500mA-min./semana.

3. *Para realizar cálculos de protección utilizan medidas de penetración de tensión pico.* Casi todos los modernos equipos de rayos X están diseñados para funcionar con tensiones pico de 150 KVp. Por tanto, es más probable que la barrera protectora sea demasiado gruesa que demasiado fina.

Agregado a esto también el grosor se ve afectado *por los cuartos colindantes*, pues si es un cuarto donde hay mucha actividad y presencia de personal, entonces debe ponerse mayor énfasis en esta área para protección al personal y público en general de la radiación dispersa o fuga.

En el manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR, incluye las siguientes recomendaciones para un departamento de radiología

La sala de rayos X debe cumplir con lo siguiente:

a) poseer barreras fijas blindadas cuyo espesor se fije en base a:

- 0,1 mGy por semana en áreas controladas

- 0,02 mGy por semana en otras áreas;

b) en caso de contar con ventanas, la parte inferior de las mismas no deben estar a menos de 2,1 m de altura;

c) contar con las señales de advertencia reglamentarias, ubicadas en las puertas de acceso a la sala de rayos X;

d) en el caso de fluoroscopia y TC, contar con señal luminosa que se encienda durante el procedimiento radiológico;

e) la puerta de acceso a la sala de rayos X debe poseer una cerradura que impida accesos inadvertidos;

f) en el caso de fluoroscopia, la puerta no debe contar con ningún dispositivo que detenga la emisión de rayos X ante apertura imprevista;

g) el haz primario no debe dirigirse a la consola de control o puertas de acceso a la sala de rayos X. La consola de control del equipo de rayos X debe ubicarse detrás de barreras fijas, mamparas móviles o biombos, las cuales deben tener las siguientes características:

1) el espesor de blindaje no debe permitir que las dosis sean mayores que 0,1 mGy por semana;

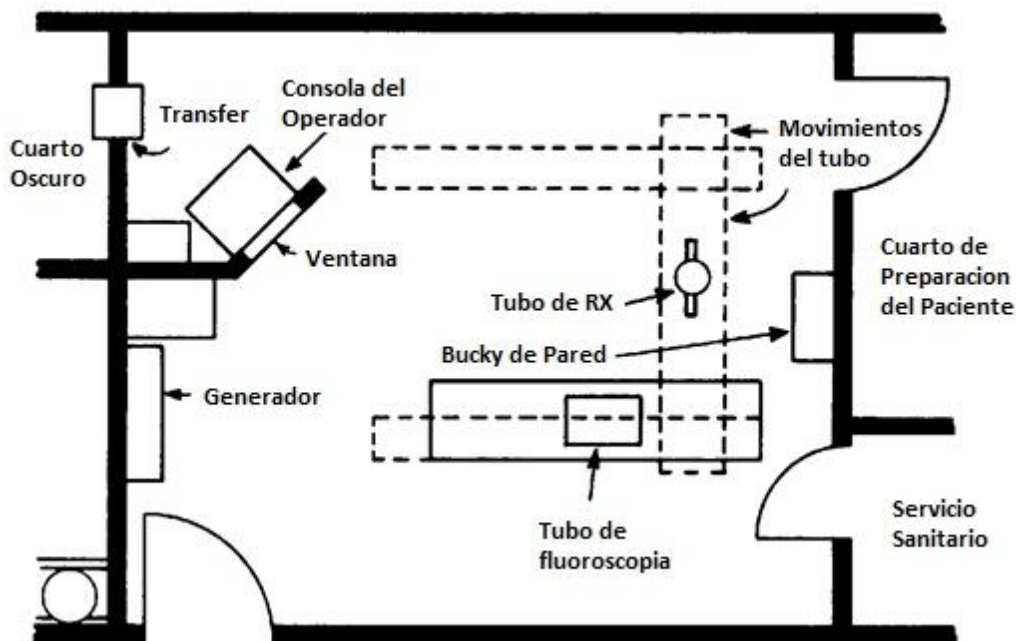
2) dimensiones adecuadas para proteger al operador contra la radiación dispersa;

3) visor con espesor equivalente a la barrera y dimensiones mínimas de 30 cm por 30 cm, u otro sistema para observar al paciente durante la exposición a los rayos X;

Las salas de rayos X deben tener dimensiones apropiadas para realizar sin dificultad los procedimientos radiológicos, de acuerdo al tipo de equipo, y con mínima exposición por radiación dispersa a las personas que intervienen.

Las dimensiones de la sala deben ser suficientes para que el operador se ubique a 1 m del paciente.

Infraestructura de la sala de rayos x



La imagen muestra la infraestructura necesaria dentro del departamento de radiología para la toma de exámenes radiográficos

Según el **Órgano Ejecutivo de El Salvador**, en el Reglamento Especial de Protección y Seguridad Radiológica de El Salvador, contenido en el Título III De La Protección Radiológica, capítulo II detalla lo siguiente:

Requisitos de las instalaciones donde se realizan prácticas con radiaciones ionizantes

Definición de zonas y señalización

Art. 48.- Las instalaciones donde se realicen prácticas con radiaciones ionizantes deben dividirse en zonas controladas y zonas supervisadas cuando así se requiera.

Las zonas controladas deben contar con señalización, controles de acceso, instrucciones para casos de emergencia y vías de evacuación. Las prácticas que se efectúen fuera de las

instalaciones deberán aislarse mediante barreras y señales en un perímetro tal que se impida el acceso de personas no autorizadas.

Sistemas de ventilación

Art. 49.- Las instalaciones donde se realicen prácticas de fabricación, uso, manipulación o almacenamiento de fuentes de radiación ionizante que puedan desprender gases, humos, vapores o polvos radiactivos, deben contar con sistemas de ventilación adecuados a fin de que la concentración de material radiactivo en aire se mantenga tan baja como razonablemente pueda lograrse, sin exceder los límites establecidos por la Autoridad Reguladora para la descarga

Prohibición

Art. 50.-No deberá ingerirse bebidas, ni alimentos, como tampoco fumar ni maquillarse en las zonas controladas.

Clasificación de áreas de trabajo

Según la forma en que se pueda producir irradiación en los trabajadores (irradiación externa, peligro por contaminación y peligro de irradiación externa y contaminación, ambas inclusive) las zonas de trabajo se clasifican en:

Zona de Libre Acceso: Se puede permanecer en ella sin superar la décima parte de los límites de dosis establecidos por el personal profesionalmente expuesto. (PPE)

Zona Vigilada: Se puede superar la décima parte pero es poco probable llegar a los 3/10 del PPE. Señalizada con el color gris magenta.

Zona Controlada: No resulta probable alcanzar los 3/10 del PPE. Señalizada con el color verde.

Zona de Permanencia Limitada: Riesgo de superar el límite de dosis a lo largo de un año laboral. Señalizada con el color amarillo.

Zona de Acceso Prohibido: Riesgo de superar el límite de dosis en una sola exposición u operación. Señalizado con el color rojo.

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANO EJECUTIVO (MAYO de 2009) refiere lo siguiente en el TÍTULO III, PROTECCION RADIOLOGICA, CAPÍTULO UNO, “DE LAS INSTALACIONES”:

Requisitos mínimos de diseño

Art.12.- Para reducir la probabilidad de ocurrencia de situaciones anormales, el diseño de una instalación que opere equipos de rayos-X debe considerar lo siguiente:

- a) Distribución de zonas y accesos;
- b) Seleccionar materiales de construcción y acabado de superficies y paredes, de acuerdo a la memoria de cálculo de blindaje elaborada;
- c) Sistemas de ventilación y climatización;
- d) Instalaciones eléctricas;
- e) Sistemas generales de evacuación de líquidos;
- f) Sistemas de protección contra incendios;
- k) La ubicación de la consola de control debe ser de tal forma que exista contacto visual directo con el paciente en todo momento, a través de una ventana blindada, sistemas de espejos o circuito cerrado de televisión;
- m) En la entrada de la sala deberá existir un indicador de luz roja que avise que el generador de rayos-X está encendido y colocar en un lugar visible un letrero con la leyenda: “CUANDO LA LUZ ESTE ENCENDIDA NO ENTRAR”;

n) En el exterior de las puertas de la sala de rayos-X debe colocarse el símbolo internacional de radiaciones (trisector) y un letrero con la leyenda: “RADIACIÓN–ZONA CONTROLADA”;

o) En la sala de Rayos-X deberán existir letreros con la leyenda “EN ESTA SALA SOLO PODRA PERMANECER UN PACIENTE A LA VEZ”; “SI USTED ESTA EMBARAZADA O CREE ESTARLO, HÁGALO DEL CONOCIMIENTO DEL MEDICO O TECNICO” y “ACOMPañANTE REQUIERA Y USE VESTIMENTA PLOMADA PARA SU PROTECCION”;

r) Las áreas controladas y supervisadas deben estar adecuadamente señalizadas para advertir el riesgo radiológico; y delimitadas de tal forma que evite el libre acceso a personal no autorizado;

s) Los materiales que se utilicen en la construcción deben llenar los requisitos que especifican las normas de construcción, deben ser fácilmente lavables y descontaminables, no deben presentar grietas ni separaciones de láminas en el caso que se cubran con blindaje adicional de plomo;

II.V CONDICIONES PARA EL USO DEL EQUIPO DE RAYOS X

Según el **Órgano Ejecutivo de El Salvador**, en el Reglamento Especial de Protección y Seguridad Radiológica de El Salvador, contenido en el Título III De La Protección Radiológica, capítulo II detalla lo siguiente

Requisitos de las instalaciones donde se realizan prácticas con radiaciones ionizantes

Detectores de radiación ionizante

Art. 51.-La instalación deberá estar provista de equipos detectores de radiaciones ionizantes para cumplir con el Programa de Seguridad y Protección Radiológica, según la práctica a realizar.

Dichos equipos deben estar calibrados y en buen estado de funcionamiento para detectar el tipo de radiación involucrada y deben tener la suficiente sensibilidad para medir con precisión el cincuenta por ciento del límite aplicable. Los equipos deberán calibrarse anualmente y etiquetarse con la fecha y factores de corrección para cada escala, y en su caso, con las gráficas de calibración.

Calibración del haz

Art. 52.-Antes de que se inicien prácticas autorizadas que involucren equipos generadores de radiación ionizante, el titular del permiso deberá comprobar el buen funcionamiento de todos los sistemas del equipo y efectuar la calibración del haz de radiación. Posteriormente la calibración se efectuará con la periodicidad que establezca la Autoridad Reguladora y cada vez que se efectúe una reparación o un mantenimiento.

En el manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR, se mencionan las siguientes condiciones en las que debe operar un equipo de radiología

La instalación debe contar con una sala de rayos X, vestidor, así como ambientes para revelado, lectura e impresión de imágenes, espera de pacientes, según el procedimiento radiológico a realizar.

Características generales

Los equipos de rayos X deben:

- a) cumplir con las normas aplicables de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), Organización Internacional de Normalización (ISO) o normas equivalentes;
- b) poseer marcas o placas que permitan su identificación clara y legible (marca, modelo o tipo, número de serie);
- c) contar con un sistema de colimación para delimitar el campo de radiación a la región de interés;
- d) contar con una filtración total no menor de 2,5mm de Al, de los cuales, 1,5 mm de Al deben ser permanentes, excepto para los mamógrafos;
- e) contar con un soporte ajustable del cabezal, de manera que el tubo permanezca estable durante una exposición, excepto los densitómetros óseos y tomógrafos computarizados;
- f) contar con un cabezal que no permita una radiación de fuga mayor que 1 mGy

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANO EJECUTIVO (MAYO de 2009) reza lo siguiente en el CAPITULO TRES, “DE LOS EQUIPOS”:

Equipos fijos

Art. 25.- Para la protección radiológica en la operación de equipos de rayos-X fijos, se debe:

- a) En todo estudio radiológico el haz de radiación debe limitarse al área de interés y ser siempre menor al tamaño de la película;
- b) Los equipos con sistema automático de exposición, deben estar calibrados de forma tal que garanticen la calidad de imagen con mínimas dosis a los pacientes;
- c) Cuando el equipo no cuente con sistema automático de exposición, se debe utilizar un método para determinar el espesor del paciente y poder seleccionar la tensión, tiempo y mAs adecuado y usar los parámetros recomendados por el fabricante; y,
- d) No se justifica el uso de ningún equipo de rayos-X sin colimador de hojas ajustables e iluminación de campo.

II.VI MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La protección radiológica es la disciplina que estudia los efectos de las dosis producidas por las radiaciones ionizantes y los procedimientos para proteger a los seres vivos de sus efectos nocivos, siendo su objetivo principal los seres humanos.

Sus premisas principales para considerar todas sus recomendaciones, ya sea recomendando o deslegitimando aplicaciones de radiaciones, recomendando límites de dosis, redactando planes de emergencia, planificando actuaciones en caso de emergencia (contramedidas), o cualquier otra, son las siguientes:

Justificación: Toda acción recomendada por la protección radiológica siempre estará debidamente justificada, siendo la mejor de las opciones existentes, tanto para el individuo como para la sociedad en su conjunto.

Optimización: Todas las acciones deberán estar realizadas de forma tal que estén hechas en el mejor modo posible según la tecnología existente en el momento y el grado de conocimiento humano que se posea.

Limitación de dosis: Principio reflejado en las siglas ALARA (As Low As Reasonably Achievable en inglés o tan bajo como sea razonablemente posible en español). Aunque una recomendación esté justificada porque el beneficio reportado es mayor que las desventajas, y optimizada según la tecnología, se intentará por todos los medios posibles que la dosis recibida por cualquier individuo o por un colectivo cualquiera, sea lo más baja posible, siempre que las medidas de protección y minimización de dosis no supongan un daño mayor para el individuo o la sociedad. Por ejemplo, es imposible alcanzar un nivel de dosis cero cerca de un aparato de rayos X, el precio de un blindaje que aislara completamente las radiaciones sería infinito. Por eso se dice razonablemente posible.

Reglas de la protección radiológica

Las tres reglas fundamentales de protección contra toda fuente de radiación son:

1) *Aumentar el máximo la distancia:* Alejarse de la fuente de radiación, puesto que su intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia; Conforme aumenta la distancia entre la fuente y la persona, disminuye rápidamente la exposición a la radiación. La disminución de la radiación se puede calcular usando la ley del inverso al cuadrado, siempre que la fuente tenga carácter puntiforme.

La mayoría de las fuentes de radiación son puntiformes; sin embargo, la radiación dispersa que se genera dentro del paciente no procede de un punto, sino de un área extensa que se puede considerar puntiforme si la distancia desde la fuente supera en 7 el diámetro de la misma. En radiografía, la distancia desde la fuente de radiación hasta el paciente suele estar determinada por el tipo del examen y el técnico está situado detrás de barrera protectora.

2) *Aumentar el máximo el blindaje:* Poner pantallas protectoras (blindaje biológico) entre la fuente radiactiva y las personas. Por ejemplo, en las industrias nucleares, pantallas múltiples protegen a los trabajadores. Las pantallas utilizadas habitualmente son muros de hormigón, láminas de plomo o acero y cristales especiales enriquecidos con plomo. La colocación del material protector entre la fuente de la radiación y la persona expuesta reduce el nivel de la exposición. Los blindajes habitualmente utilizados en radiología diagnóstica suelen ser de plomo, aunque muchas veces se emplean materiales de construcción convencionales. Es posible estimar la cantidad en que una barrera protectora si se conoce el filtro hemirreductor (FHR) del material utilizado en la barrera. El FHR se define como el grosor de material capaz de reducir la intensidad de la radiación a la décima parte de su valor original.

3) *Minimizar el tiempo:* Disminuir la duración de la exposición a las radiaciones. La dosis que recibe un individuo que está directamente relacionado con la duración de la exposición. Si se dobla el tiempo de exposición. La dosis aumenta el doble. La ecuación que define esa relación es: Exposición= Tasa de exposición X Tiempo

Estas medidas de protección radiológica se pueden comparar a las que se toman contra los rayos ultravioletas: utilización de una crema solar que actúa como una pantalla protectora y limitación de la exposición al Sol.

Para las fuentes radiactivas que emitan radiaciones, se deben añadir otras dos recomendaciones adicionales:

- Esperar, cuando sea posible, el descenso de la actividad radiactiva de los elementos por su decaimiento natural.
- Ventilar, si existen gases radiactivos.

Por ejemplo, las instalaciones nucleares no se desmantelan inmediatamente después de su detención, para esperar una disminución de la actividad radiológica de las zonas afectadas. En las minas subterráneas de uranio, una ventilación muy eficaz permite mantener una débil concentración de radón en el aire que respiran los mineros.

Los trabajadores que puedan alcanzar niveles de dosis cercanos a los límites legales debido a las radiaciones ionizantes en su trabajo (industrias nucleares, médicos, radiólogos.) suelen llevar dosímetros que mide la cantidad de radiación a la cual han estado sometidos. Estos dispositivos permiten asegurarse de que la persona ha recibido una dosis inferior a la dictada legalmente, o en caso de accidente radiológico, conocer el alcance de la dosis recibida

Objetivo de la protección radiológica.

La protección radiológica tiene doble objetivo fundamental: *“Evitar la aparición de los efectos deterministas y limitar la probabilidad de incidencia de los efectos probabilísticos (cánceres y defectos hereditarios) hasta valores que se consideran aceptables”*

En referencia a los riesgos de radiación, la dosis que recibe un individuo está relacionada con el tiempo de duración que tiene la exposición, porque al aumentar el tiempo de exposición la dosis aumenta; por lo que el técnico, tecnólogo o licenciado en radiología deben exponerse el menor tiempo durante su trabajo. De igual manera se sabe que a mayor distancia existe menor exposición a la fuente; por lo tanto hay menor dosis absorbida.

II.VII DISPOSITIVOS PARA LA PROTECCION FRENTE A LA RADIACION

Los equipos de rayos X, cuentan con algunos dispositivos para disminuir la intensidad de la radiación a la que es expuesto el paciente como por ejemplo; la colimación del haz es efectiva para reducir la intensidad de las dosis y mejora la calidad radiográfica también se puede añadir filtraciones al haz del rayo X con el exclusivo propósito de reducir la dosis que recibe el paciente, entre los dispositivos o accesorios más importantes de radio-protección son:

1. *Indicador de distancia de la fuente al detector de imagen (DFI.)* Puede ser tan simple como una cinta métrica a la cascada del tubo o compleja como un indicador de rayos laser.
2. *Colimación.* Debe existir un colimador rectangular de apertura variable con la luz localizadora, El haz de rayos X y el haz de luz localizadora deben coincidir de un 2 % de la DFI.
3. *Filtración.* Los equipos cuentan con una filtración total (Suma de la inherente más la añadida) de al menos 2,5 mm de aluminio cuando trabaja por encima de 70 Kvp. Entre 50 y 70 kvp. La filtración debe ser al menos 1,5mm de aluminio. Por debajo de 50 kbp. Debe ser de 0.5mm
4. *Protección del Personal.* No debe ser posible realizar una radiografía si el tecnólogo radiológico no está en zona protegida por una barrera protectora fija, por lo general cuarto de la consola
5. *Equipos portátiles de rayos X.* todo equipo portátil de rayos X debe estar dotados de un delantal protector. El interruptor de exposición de un equipo de este tipo deberá permitir al operador situarse a una distancia mínima de 180 cms. Del tubo de rayos X durante la exposición
6. *Distancia de la fuente a la superficie de la mesa.* No debe de sobre pasar de 38cms. en equipos estacionarios, ni a 30cms. En equipos portátiles si se aumenta la distancia entre el tubo y el paciente, se reduce la dosis que recibe este último.

7. *Cortina protectora.* Se debe colocar una cortina protectora con una filtración equivalente mínima de 0.25 mm de Pb. entre el paciente y el técnico durante la exposición

Accesorios de protección

La consola de control está situada detrás de una barrera protectora fija durante los procedimientos radiográficos normales. No es normal que se encuentre en una posición semejante durante los exámenes con aparatos portátiles de rayos X. En estos casos deben utilizarse prendas protectoras.

Existen guantes y delantales emplomados de muchos tamaños y formas. Suelen ser de vinilo impregnados de plomo. En ocasiones se usa estaño en vez de plomo para la impregnación, ya que el estaño tiene ciertas ventajas sobre el plomo como material de blindaje frente al rango de energía de los rayos X de diagnóstico. Los grosores normales de los elementos de protección son equivalentes a 0.25, 0.50 y 1 mm de plomo. Por supuesto, la mayor reducción frente a la radiación se consigue con elementos de 1 mm de grosor equivalente, pero los delantales de este tipo pueden pesar 10 Kg.

La atenuación de los rayos X de tensión pico (Kvp) para grosor de plomo equivalente de 0.25 y 1 mm son 66% y del 99% respectivamente. Casi todos los departamentos de radiología consideran un compromiso razonable entre peso y protección, el uso de elementos protectores con un grosor de 0.5 mm Pb. Mientras no se utilizan los dispositivos deben de colgarse en colgadores especiales. Si se doblan y desdoblán continuamente una vez al año como mínimo deben observarse a través del fluoroscopio para ver si han aparecido fisuras. Muchos son los pacientes; que no pueden por ellos mismos someterse a los exámenes por ejemplo; niños, ancianos, personas con minusvalía y pacientes graves inconscientes. El personal no debe encargarse de sujetar a este tipo de pacientes, deben de utilizarse sistemas mecánicos de soporte o, en caso contrario, se pedirá a un familiar.

Delantales: Aunque reciben el nombre de plomados en la actualidad se fabrican con materiales más ligeros, reduciendo el peso en un 23%, sin reducir la protección radiológica. Deben tener una protección equivalente al menos a 0,25 mm de Plomo.

Protectores de tiroides: Su uso es beneficioso para cualquier nivel de dosis ya que tiene una gran influencia en la dosis efectiva. El collarín de tiroides proporciona una reducción alrededor del 80% en la dosis en tiroides y en el esófago superior.

Cortinillas plomadas: Las cortinillas plomadas son muy útiles para proteger el cuerpo cuando se requieren largos tiempos de exposición o bajo el uso de fluoroscopia.

Guantes: Son guantes pesados de plomo. Su difícil manejo en muchos casos aumenta la duración del procedimiento y por tanto la dosis. Por ello, deben ser usados cuando proceda.

Existen guantes plomados ligeros como los de cirugía. Estos deben usarse con precaución, pues atenúan en menor medida la radiación y sólo son efectivos a Kv bajos. Es importante ser consciente que el uso de guantes protectores no proporciona una protección total y no interponer las manos en el haz de forma prolongada.

Gafas: Para que la protección ocular sea efectiva, las gafas protectoras deben equiparse con blindajes laterales para reducir la dosis radiación en dicha dirección. Las gafas deben ser cómodas incluso para los usuarios de lentes correctores.

Mamparas: Las mamparas deben de estar grabadas con la equivalencia de plomo y la máxima tensión del tubo para la cual son válidas. Se colocan para dividir una habitación o aislar un espacio en el servicio de radiología.

Las ventanas de cristal o plástico plomadas son comunes en la protección de área de control de los rayos X.

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANO EJECUTIVO (MAYO de 2009) reza de la siguiente manera: CAPÍTULO UNO, “DE LAS INSTALACIONES”

Dispositivos de protección

Art. 9.- Las instalaciones que operen equipos de rayos-X deben disponer al menos de los siguientes dispositivos para la protección de órganos del paciente:

- a) Delantales plomados;
- b) Blindajes para gónadas; y,
- c) Cuellos protectores para tiroides.

Agregado a esto en CAPÍTULO DOS, “DEL PERSONAL EXPUESTO, PACIENTES Y PÚBLICO” se expresa el siguiente enunciado:

Protección del personal expuesto

Art. 20.- Dentro de las instalaciones donde se utilicen equipos de rayos-X, el personal expuesto debe:

d) Los dispositivos mínimos indispensables de protección radiológica para cada departamento o servicio de radiología se establecerán de acuerdo al tipo de estudios a realizar. Los dispositivos deben ser de las siguientes características:

- Delantales con espesor equivalente de 0.5 a 0.7 mm de Pb cuando cubra solamente el frente del cuerpo o delantal de 0.25 mm cuando cubra completamente los costados del tórax y pelvis.
- Cuello para protección de tiroides con espesor equivalente a 0.5 mm de Pb.
- Protectores de gónadas con espesores equivalentes de 0.5 mm de Pb.
- Lentes para protección del cristalino, con cristales de espesor a 0.2 mm de Pb.
- Guantes de compresión con espesor equivalente de 0.25 mm de Pb.

II.VIII VIGILANCIA DOSIMÉTRICA

Dosimetría es el conjunto de medidas que deben establecerse con objeto de comprobar experimentalmente, y con la periodicidad necesaria, que tanto las dosis recibidas, como los niveles de riesgo existentes, están dentro de los límites correspondientes a cada zona. Dicha vigilancia incluye la dosimetría de área y la dosimetría personal.

Dosimetría: magnitudes relacionadas con la medida de la energía absorbida y su distribución. Exposición, dosis absorbida.

Radio-protección: magnitudes relacionadas con el efecto biológico de las magnitudes dosimétricas. Dosis equivalente en un tejido, Dosis efectiva.

Dosimetría de Área.

Los dosímetros de área están calibrados en dosis equivalente personal superficial, tienen la misma configuración que el dosímetro de cuerpo entero y siguen el mismo proceso que éstos. Deben colocarse todos los meses en un punto definido por el responsable de Protección Radiológica de la instalación que sea representativo de la dosis del personal que se desea controlar mediante este dosímetro.

Para realizar la estimación de dosis equivalentes personales a partir de dosímetros de área, se requiere de un cálculo adicional, que tenga en cuenta las medidas en los puntos representativos de la zona en la cual están los trabajadores, el tiempo de permanencia en la zona y la carga radiológica de trabajo.

La vigilancia de las áreas de trabajo puede dividirse en tres categorías:

- De rutina: Asociada a las operaciones habituales o cotidianas.
- Operacional: Proporciona información sobre un procedimiento en particular.
- Especial: Se aplica a una situación que se sospecha anómala.

La vigilancia de rutina: en el puesto de trabajo debe realizarse para confirmar que dicho trabajo se realiza satisfactoriamente. Ésta se hará mediante los procedimientos adecuados, de forma continuada y en tanto no se produzcan cambios significativos.

La vigilancia operacional se realizará para estimar el riesgo asociado con procedimientos de trabajo determinados.

La vigilancia especial se practicará cuando:

- No haya información suficiente sobre una situación especial para decidir las medidas de seguridad a tomar.
- Se aplique un procedimiento en circunstancias especiales.

Cuando se midan las tasas de dosis externas se especificará la naturaleza y calidad de las radiaciones de que se trate.

Las áreas en las cuales se utiliza o almacena material radioactivo deben estar señalizadas para indicar a los individuos que entran en un área de potencial peligro y para demostrar preocupación por la protección radiológica y control del área.

El signo internacional de advertencia de radiación es el trébol de color magenta sobre fondo amarillo.

La señalización de áreas debe incluir la alerta de no permanencias para mujeres embarazadas o con posibilidad de estarlo.

Dosimetría ambiental

Estos dosímetros están calibrados en dosis equivalente ambiental. Actualmente se dispone de 2 configuraciones para realizar esta estimación de dosis:

- *Dosímetros ambientales para exterior:* El diseño en forma de esfera de este tipo de dosímetros los hace especialmente adecuados para la determinación de la dosis en el exterior de instalaciones.

- *Dosímetros ambientales para interior*: De aplicación en la medida de dosis ambiental en el interior de instalaciones.

Dosimetría de Puesto de Trabajo

Los dosímetros de puesto de trabajo están calibrados en dosis equivalente personal superficial y profunda, tienen la misma configuración que el dosímetro de cuerpo entero y siguen el mismo proceso que éstos.

Debe ser utilizado por todo el personal que comparta una serie de funciones y tareas asignadas al puesto de trabajo y que se desea controlar mediante este dosímetro.

Es una dosimetría poco utilizada y solo se recomienda si:

1. La empresa tiene un técnico de Protección Radiológica capacitado tanto para definir la conveniencia de esta dosimetría, como de una vez emitido el resultado tenga la capacidad distribuir la dosis equivalente final en función de la carga de trabajo de cada operador.
2. Al igual que la dosimetría de área su uso está condicionado a que las dosis equivalentes registradas sean inferiores al nivel de registro.

Dosimetría Personal

Los dosímetros personales son dispositivos utilizados por individuos expuestos a las radiaciones ionizantes para medir, evaluar, registrar y documentar las dosis recibidas.

Para el monitoreo personal de la radiación externa, en general se utiliza uno de los siguientes tipos de dosímetro: film fotográfico, termoluminiscente (TLD) o cámara de ionización de bolsillo.

Las leyes establecen que el personal expuesto a la radiación debe utilizar algún tipo de dosímetro para el monitoreo de la exposición personal. Generalmente se utilizan el film o el TLD como detector de radiación para la dosimetría personal.

El dosímetro debe ser usado en la parte del cuerpo que se estima recibirá la mayor dosis. El período de tiempo que el dosímetro debe ser usado previo a su procesamiento debe ser no menor de 1 semana y no mayor de 1 mes para el personal que está rutinariamente expuesto a la radiación. Una tecnóloga embarazada debe usar además un dosímetro sobre el abdomen.

Tipos de Dosímetros

a) Dosímetros de cuerpo entero

b) Dosímetros de extremidades (muñeca y anillo)

c) Dosímetros específicos para la medición en otras zonas o situaciones especiales (Abdomen, cristalino.)

El servicio ofrecido debe ser mensual y los dosímetros asignados deberán estar claramente etiquetados incluyendo tanto los datos del usuario como un código de barras único que permite la trazabilidad del mismo

- Dosímetro de película (Emulsión fotográfica para detectar radiación)
- Los detectores de radiación llenos de gas se utilizan con mucha frecuencia como dispositivos para medir la intensidad de radiación y detectar la contaminación radiactiva:
 - Cámaras de ionización
 - Contenedores proporcionales
 - Detectores Geiger-Müller

La dosimetría por termoluminiscencia (DTL) se utiliza para controlar los niveles de radiación, tanto de los pacientes como del personal ocupacionalmente expuesto.

Descripción del Dosímetro.

El dosímetro consiste en una cápsula de plástico que contiene en su interior un pequeño cristal (3,5 x 3,5 x 0,7 mm³) translúcido e incoloro de Fluoruro de Litio está basado en el método de termoluminiscencia, pero de composición isotópica diferente que permite determinar la radiación a la que ha sido sometido el dosímetro.

Dichos dosímetros pueden ser fijos o portátiles, distribuidos en la forma siguiente:

- Equipos fijos: Se ubicarán, previa fijación de un nivel de alarma en:
 - Salas Radiológicas
 - Sala de exposición
 - Lugares de almacenamiento y preparación de material radiactivo.
 - Los accesos a zonas controladas.

Modo de uso

- Mediante el broche de sujeción que posee la envoltura, se debe localizar el dosímetro en la zona correspondiente al tórax.
- Los dosímetros de anillo se colocarán en un dedo de la mano más utilizada.
- Los dosímetros de muñeca se emplazarán en el brazo más usado.

Cuidado del Dosímetro

- El dosímetro se debe guardar en un lugar libre, alejado de las radiaciones ionizantes, del calor y humedad.
- Se debe evitar de golpes y toda la manipulación que lo altere o dañe.

- No colocar objetos ajenos o adicionales al dosímetro como autoadhesivos, sticker, etc., pues estos alteran la absorción de las radiaciones ionizantes por el dosímetro.

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANO EJECUTIVO (MAYO de 2009) refiere lo siguiente, CAPÍTULO DOS, “DEL PERSONAL EXPUESTO, PACIENTES Y PÚBLICO”:

Vigilancia radiológica

Art. 19.- Para la realización de la vigilancia radiológica individual se debe:

- a) Efectuar vigilancia radiológica individual o dosimetría a todo el personal que participa en la práctica con rayos-X;
- b) La decisión de efectuar vigilancia radiológica a otro personal no incluido en el párrafo anterior debe ser tomado por el titular del permiso y asesorado por el responsable de protección radiológica;
- c) Realizar el intercambio de los dosímetros y los informes de las dosis con una periodicidad máxima de sesenta días; y,
- d) Los servicios de vigilancia radiológica contratados por el titular deben contar con los certificados de inter comparación con laboratorios reconocidos.

CAPITULO

III

I. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

| OBJETIVO ESPECIFICO | VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | INDICADOR | VALORES |
|--|--|---|--|---|---|
| Verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos en el diseño de infraestructura del departamento de radiología. | Cumplimiento de los parámetros técnicos en la infraestructura del departamento de radiología | Es la normativa que debe ser cumplida en cuanto al diseño de la infraestructura para brindar protección a la exposición de las radiaciones ionizantes en el departamento de radiología. | Requerimientos técnicos tomados en cuenta en el diseño de un departamento de radiología a fin de que garantice la protección radiológica para el paciente, el profesional ocupacionalmente expuesto y al público en general. | - Observación - Manual de protección del departamento de radiología. | <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de Pared (Blindaje) - Blindaje de puertas - Barreras primarias - Barreras secundarias - Señalización - Cerradura de la puerta de acceso - Cuarto de Revelado |

| OBJETIVO ESPECIFICO | VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | INDICADORES | VALORES |
|--|--|---|--|---|--|
| Identificar las condiciones en las que se encuentra el equipo de rayos x del departamento de radiología. | Condiciones en las que se encuentra el equipo de rayos x del departamento de radiología. | Es la circunstancia en la que opera el equipo de rayos x para la toma de exámenes radiológicos. | Es el estado en el que el equipo de rayos x se encuentra para su uso en el departamento de radiología. | -Bitácora de mantenimiento - Observación | <ul style="list-style-type: none"> - Detectores de radiación ionizante - Calibración del haz - Marcas de identificación - Sistema de colimación - Sistema de filtración - Soporte ajustable del cabezal - Cabezal con radiación de fuga menor a 1Gy |

| OBJETIVO ESPECIFICO | VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | INDICADOR | VALORES |
|--|-----------------------------------|--|---|------------------|---|
| Identificar las medidas de protección radiológica que aplican los profesionales de radiología en el ejercicio de su profesión. | Medidas de protección radiológica | Son procedimientos para proteger al ser vivo de las radiaciones ionizantes siguiendo ciertas normas establecidas para tal fin. | Son todos aquellos procedimientos necesarios para proteger al ser vivo de las radiaciones ionizantes que aplican los profesionales de radiología en el ejercicio de su profesión. | Observación | - Uso de accesorios de protección radiológica. -Vigilancia Dosimétrica |

CAPITULO

IV

II. DISEÑO METODOLOGICO

IV.ITIPO DE ESTUDIO

La investigación es de tipo **descriptiva**, ya que está destinada a determinar cómo es la situación de las variables en estudio, respecto a las condiciones de protección Radiológica en las que laboran los profesionales del Departamento de Radiología e Imágenes del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena” Santiago de María.

Según el periodo de tiempo de la investigación es **transversal**, puesto que se estudiaron las variables simultáneamente en determinado momento haciendo un corte en el tiempo.

Según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información el estudio es **Prospectivo**, debido a que se registró como están actualmente las variables en estudio.

IV.II ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el Hospital Nacional Jorge Arturo Mena Santiago de María, ubicado en 3ra Calle Poniente, N°.15 Barrio Concepción, Santiago de María, Usulután.

IV.III UNIVERSO Y MUESTRA

Instalaciones de las salas de rayos x del hospital, equipo de rayos x, sus accesorios y profesionales de radiología que laboran en el departamento de radiología del Hospital Nacional “Jorge Arturo Mena” Santiago de María.

IV.IV MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Métodos

- Observación

Técnicas

- Observación

Instrumentos

- Guía de Observación

IV.V PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Para la recolección de los datos, el grupo investigador asignó un día específico para asistir a las instalaciones del departamento de radiología del hospital, con el objetivo de recopilar la información necesaria para el desarrollo de la investigación por medio de una guía de observación.

Los investigadores se presentaron ante la jefatura del departamento de radiología y con el visto bueno, se procedió a observar la dinámica de trabajo de los profesionales con el fin de obtener la información de las medidas de protección radiológica que ellos implementan en el desarrollo de sus labores. Así mismo se realizó un recorrido por las instalaciones para medir las variables relacionadas a la infraestructura del departamento, haciendo uso de la memoria única de cálculo creada para dicho departamento y también mediciones necesarias para saber distancias entre fuente y operador y obtener la ubicación del equipo de rayos x dentro de la sala de exploración radiológica. Además se observó el equipo de rayos x para identificar las condiciones en las que opera y se hizo uso de la bitácora de mantenimiento para responder indicadores respecto a este mismo.

Por último, se hizo un conteo de los accesorios de protección radiológica y se determinó el grosor de los mismos por medio de las viñetas que estos poseen, observando también el cuidado y uso que se les da a éstos.

IV.VI PLAN DE TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La presentación de los resultados se realizó por medio de tablas simples, en las cuales se da respuesta a cada variable planteada y sus respectivos ítems.

Dichas tablas se realizaron con la ayuda del programa informático Microsoft Word, como también sus respectivos análisis e interpretaciones.

CAPITULO

V

V.I PRESENTACION DE RESULTADOS

1. PARAMETROS TECNICOS EN EL DISEÑO E INFRAESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA

1.1 BARRERAS PROTECTORAS

El departamento de radiología cuenta con una sala de exploración radiológica, por lo que todos los datos aquí presentados son referentes a una sola sala de exploración y un solo equipo de rayos x

| Barreras Protectoras | Tipo de Material | Grosor |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Tipo de blindaje de pared | Plomo | 1mm |
| Barrera Primaria | | |
| Muro del bucky de pared | Bloques de Cemento | 26 cm |
| Barreras Secundarias | | |
| Tipo de pared | Tabla Yeso | 1mm |
| Visor de la Barrera Secundaria | Vidrio | 30cm (De diametro) |

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

La pared de todo el cuarto de exploración radiográfica esta revestida por plomo, con un grosor de 1 mm. Como barrera primaria protegiendo la pared donde está el bucky de pared, se observó que son bloques de cemento los que se utilizan con un grosor de 26cm.

Las barreras secundarias, son las situadas donde se encuentra la consola de operador el tipo de pared la constituyen las tabla yeso con un grosor de 1 mm y el visor es de vidrio plomado un diámetro de 30 cm.

Según el CIAN el grosor de las barreras protectoras se ve afectado por los siguientes parámetros:

- Del tipo de equipos
- De los cuartos o espacios colindantes
- De la carga de trabajo
- De la distancia del equipo a la pared

Por lo tanto, cada departamento de radiología cuenta con una memoria de cálculo única, que ha sido diseñada con objeto de proteger de las radiaciones ionizantes a los trabajadores profesionalmente expuestos y al público en general que hace uso de las instalaciones hospitalarias.

Los datos anteriores respecto a las barreras protectoras coinciden con lo establecido en la memoria analítica emitida por el CIAN para lo requerido en esa sala de rayos x.

1.2 SEÑALIZACION DE ADVERTENCIAS

| Señalización de advertencias con la que cuenta el departamento de radiología | Respuesta |
|---|------------------|
| Señal luminosa de advertencia de la utilización de Rx, ubicada en las puertas de acceso a la sala de radiodiagnóstico. | Si existe |
| Letrero con la leyenda “CUANDO LA LUZ ESTE ENCENDIDA NO ENTRAR” | No existe |
| Señalización para casos de emergencia y vías de evacuación. | Si existe |
| Letrero que indique “SI USTED ESTA EMBARAZADA O CREE ESTARLO, HÁGALO DEL CONOCIMIENTO DEL MEDICO O TECNICO” | Si existe |
| Letrero con la leyenda “ACOMPAÑANTE REQUIERA Y USE VESTIMENTA PLOMADA PARA SU PROTECCION”; | Si existe |
| Letrero donde especifique con la leyenda “EN ESTA SALA SOLO PODRA PERMANECER UN PACIENTE A LA VEZ” | Si existe |
| En el exterior de las puertas de la sala de rayos-X debe colocarse el símbolo internacional de radiaciones (trisector) y un letrero con la leyenda: “RADIACIÓN-ZONA CONTROLADA” | Si existe |

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

La tabla anterior muestra el grado de cumplimiento respecto a la señalización de advertencias con las que debe contar un departamento de radiología. La señal luminosa de advertencia

enciende al momento de hacer uso del equipo, también existe una señalización para casos de emergencia y vías de evacuación, indicando las salidas para desalojar el departamento. Además los letreros para mujeres embarazadas están presentes a la entrada de la sala de exploración para que las mujeres tengan conocimiento de la importancia de evitar la radiación durante el embarazo.

Se observó además la existencia del letrero referente a solicitar protección plomada en caso de la presencia de acompañantes del paciente y que solo debe atenderse un paciente a la vez dentro de la sala de exploración. Así también, se encuentra el símbolo internacional de radiaciones, que indica que es una zona donde existen radiaciones controladas. Pero se observó la falta de el letrero donde indica que al momento que la luz roja este encendida no se debe de ingresar a la sala, por lo que no hay cumplimiento en su totalidad de las señales de advertencia.

En el Art.12, de la “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANISMO EJECUTIVO (MAYO de 2009), indica en sus literales M, N y O que las anteriores señales de advertencia son de suma importancia para reducir la probabilidad de ocurrencia de situaciones anormales.

Agregado a esto en el Reglamento Especial de Protección y Seguridad Radiológica de El Salvador, en el Art. 48 indica que las zonas controladas deben contar con señalización, controles de acceso, instrucciones para casos de emergencia y vías de evacuación.

1.3 SIMBOLOS DE ACCESO Y PERMANENCIA

| Símbolos de acceso y permanencia en las diferentes zonas delimitadas | Respuesta |
|--|-----------|
| Zona Vigilada  | SI EXISTE |
| Zona Controlada  | SI EXISTE |
| Zona de Permanencia Limitada  | SI EXISTE |
| Zona de Acceso Prohibido  | SI EXISTE |
| Cerradura con que cuenta el cuarto de radiodiagnóstico que impida el ingreso de personas inadvertidas. | NO EXISTE |

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

Se encontró que el departamento de radiología e imágenes del hospital, está señalizado por zonas, cada una de ellas con su simbología que delimita la permanencia o no de personas. La zona vigilada, zona controlada, zona de permanencia limitada y zona de acceso prohibido, cada una representada con un color diferente, muestras las zonas en las que dividido el departamento de radiología según la irradiación recibida.

Se encontró que la cerradura de ingreso al cuarto de radiodiagnóstico no cuenta con un sistema que evite que sea abierta desde afuera. La cerradura no puede ponerse con seguro que impida que personas externas ingresen a dicho cuarto de procedimientos

Según la forma en que se pueda producir irradiación en los trabajadores las zonas de trabajo deben estar debidamente señalizadas para así tener conocimiento de la zona donde se permanece en un debido momento.

En el tema de definición de zonas y señalización, en su Art. 48, en el Reglamento Especial de Protección y Seguridad Radiológica de El Salvador indica lo siguiente: las instalaciones donde se realicen prácticas con radiaciones ionizantes deben dividirse en zonas controladas y zonas supervisadas. Además en el manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR, en su literal “E” indica que la puerta de acceso a la sala de rayos X debe poseer una cerradura que impida accesos inadvertidos, por lo cual se está expuesto al ingreso de personas mientras se realiza un procedimiento radiológico.

1.4 VENTILACION Y CLIMATIZACION DE LA SALA DE RAYOS X

| Verificación de la ventilación y climatización de la sala de Rayos X | Respuesta |
|---|--|
| Ventilación | No cuenta con ventanas |
| Climatización | Cuenta con sistema de climatización instalado pero este no está funcionando. |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se encontró que en el cuarto donde se encuentra el equipo de Rayos X, no hay ventanas ni sistema de climatización por lo que no se determinó si se cumplía con los parámetros necesarios para la altura determinada de las ventanas, ni el clima adecuado para el uso de los equipos evitando el sobrecalentamiento.

El manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR en su literal b) indica que en caso de contar con ventanas dentro de la sala de rayos x estas deben poseer como mínimo 2,1 mt de altura.

1.5 UBICACION DEL EQUIPO DENTRO DE LA SALA DE RAYOS X

| Ubicación del equipo dentro de la sala de Rayos X | |
|---|--|
| Distancia de la consola de control al paciente | Se ubica a 1 metro del paciente. |
| Ubicación de la consola de control | En una posición en la que existe el contacto visual directo con el paciente. |
| Ubicación de la mesa dentro del cuarto de radiodiagnóstico | Ubicada al centro del cuarto de radiodiagnóstico |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se hizo la medición necesaria para saber la distancia de la consola de control hasta donde estaba la mesa de exploración, y se encontró que existía 1 metro de distancia. Además la consola de control está ubicada de forma tal, que se puede tener contacto visual con el paciente en todo momento. También se determinó que la mesa está ubicada al centro del cuarto de radiodiagnóstico, para evitar que la cercanía a una pared pueda causar mayor radiación a dicha pared.

El manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR incluye como recomendaciones la distancia de la consola de control al paciente que debe ser de 1 mt, además en La “Norma Técnica Para Radiología Diagnóstica, Intervencionista Y Odontológica” dictada por el ORGANO EJECUTIVO PROTECCION RADIOLOGICA, CAPÍTULO UNO, en su literal “k” puntualiza la importancia de la existencia del contacto visual directo al paciente. Por lo que la ubicación del equipo dentro de la sala se encuentra en una posición favorable para evitar irradiación al paciente como al personal profesionalmente expuesto.

2. CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRA EL EQUIPO DE RX DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA

2.1 CALIBRACION DEL EQUIPO DE RX

| Tiempo en que se realiza la calibración del equipo de Rx | |
|---|--|
| Periodo en el que se realiza la calibración | Se realiza cada vez que este presenta un problema. |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se encontró en la bitácora de mantenimiento que la calibración se realiza cada vez que el equipo presenta un problema. En el Reglamento Especial de Protección y Seguridad Radiológica de El Salvador, en el Art. 52, Calibración del haz, indica que la calibración del haz debe efectuarse con la periodicidad que establezca la Autoridad Reguladora y cada vez que se efectúe una reparación o un mantenimiento, por lo que el periodo registrado del equipo cumple con los requisitos necesarios.

2.2 MARCAS O PLACAS QUE PERMITAN LA IDENTIFICACION DEL EQUIPO DE RX

| El equipo de rayos X cuenta con las siguientes placas de identificación: | |
|---|---------------------------|
| Marca | <u>General Electric</u> |
| Modelo o tipo | <u>46-155400g48</u> |
| Número de serie | <u>33-267E-X6</u> |
| Sistema de Filtración | <u>1.5 mm de Aluminio</u> |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

En el equipo de rayos X se encontraron marcas de identificación, la marca del equipo es General Electric, el modelo es el 46-155400g48, el número de serie registrado es 33-267E-X6 y también se encontró que el sistema de filtración con el que cuenta es de 1.5mm de Aluminio.

El manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR, como características generales del equipo en su literal “b” indica que el equipo debe poseer las marcas que identifiquen al equipo de rayos x. Por lo que el equipo cuenta con marcas visibles que ayudan a reconocer el tipo de equipo con el que se trabaja.

2.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN

| Sistema de colimación | |
|--|--|
| Apertura y Cierre del colimador | Las perillas funcionan de forma adecuada permitiendo la apertura y cierre de los mismos. |
| Luz localizadora | Si existe luz localizadora que permite la ubicación exacta. |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se revisó el sistema de colimación del tubo, por lo que se encontró que las perillas funcionaban bien haciendo la apertura y el cierre de dichas perillas, delimitando así el campo de exploración. Así mismo se verificó el funcionamiento de la luz localizadora y se comprobó que enciende, lo cual ayuda para delimitar el área anatómica en estudio.

El manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR, como características generales en su literal “C” puntualiza que el sistema de colimación debe delimitar la zona de interés, por lo que es necesario que las perillas como la luz localizadora funcionen de forma que permita exponer aquellas zonas de estudio.

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANISMO EJECUTIVO (MAYO de 2009) en sus literales a y d, expresa que en ningún momento es justificable el uso de un equipo de radiología sin luz localizadora, además de que el campo de irradiación debe ser menor al de la película. Este equipo cuenta con un sistema de colimación que además de ser una ayuda al profesional es una protección para el paciente expuesto.

2.4 SOPORTE AJUSTABLE DEL CABEZAL

| Soporte ajustable del cabezal | |
|---|---|
| Movimiento del tubo de rayos x | Este permanece estable durante una exposición. |
| Distancia Fuente –Detector de Imagen | La cinta métrica se encuentra grabada en el pedestal del tubo de rayos x, indicando así la distancia entre la fuente y el detector de imagen. |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Al momento de hacer movimientos en el tubo de rayos x, se pudo observar y determinar que este permanece estable durante la exposición y aun así permitir que tenga movilidad para colocarlo en la posición correcta según cada estudio. Además existe un indicador de la distancia a la fuente de imagen, que está inscrito en pedestal del tubo que indica la distancia a la que se encuentra el tubo del DFI.

En el manual “Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR menciona en su literal “E” que el cabezal debe de permanecer en la misma posición durante la exposición, además de poseer indicador de distancia. Este equipo radiológico cuenta con ambos aspectos necesarios en el cabezal.

3. MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA QUE APLICAN LOS PROFESIONALES DE RADIOLOGÍA EN EL EJERCICIO DE SU PROFESIÓN

3.1 REGLAS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

| Aplicación del principio ALARA | |
|--------------------------------|--|
| Distancia | El personal mantiene la distancia adecuada y necesaria al momento de realizar una exposición. |
| Blindaje | El personal utiliza los accesorios de protección radiología, para sí mismos como para los pacientes si así fuese necesario. |
| Tiempo | El profesional en radiología utiliza técnicas en las que emplea el menor tiempo de exposición posible en cada procedimiento radiológico. |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se encontró que el personal de radiología al momento de realizar un procedimiento, mantiene la distancia requerida durante un procedimiento, también hace uso del blindaje para su protección y la protección del paciente, y utiliza tiempos cortos de exposición. Con esto se determinó que el personal de radiología aplica el principio ALARA.

3.2 CANTIDAD DE ACCESORIOS DE PROTECCION RADIOLOGICA EXISTENTES EN EL DEPARTAMENTO

| Accesorios de protección | Cantidad |
|----------------------------|----------|
| a) Delantales | 2 |
| b) Protectores de tiroides | 0 |
| c) Protectores gonadales | 0 |
| d) Guantes | 0 |
| e) Gafas | 0 |
| f) Mamparas | 1 |

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

Al hacer una exploración de los accesorios de protección con los que cuenta el departamento de radiología, se encontró que existen 2 delantales plomados y 1 mampara. Pero no cuenta con protectores de tiroides, protectores gonadales, guantes ni gafas.

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANISMO EJECUTIVO (MAYO de 2009) en su Art. 9, en los dispositivos de protección indica que como MINIMO un departamento de radiología debe contar con los siguientes accesorios:

a) Delantales plomados; b) Blindajes para gónadas; y, c) Cuellos protectores para tiroides.

Por lo que no se cumple el artículo en su totalidad en el departamento de radiología, pues no hay el requerimiento mínimo de los accesorios dentro de un departamento de radiología.

3.3 ESPESORES DE LOS ACCESORIOS DE PROTECCION RADIOLOGICA

| Espesores de los accesorios de protección radiológica | Cumplimiento de grosor |
|--|-------------------------------|
| a) Delantales con espesor equivalente de 0.5 a 0.7 mm de Pb cuando cubra solamente el frente del cuerpo. | SI |
| b) Cuello para protección de tiroides con espesor equivalente a 0.5 mm de Pb. | |
| c) Protectores de gónadas con espesores equivalentes de 0.5 mm de Pb. | |
| d) Lentes para protección del cristalino, con cristales de espesor a 0.2 mm de Pb. | |
| e) Guantes de compresión con espesor equivalente de 0.25 mm de Pb. | |

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

Los delantales plomados que se encuentran en el departamento de radiología son de un grosor equivalente a 0.5 a 0.7 mm de plomo. Debido a la inexistencia de los demás accesorios de protección no se ha establecido el cumplimiento del grosor de los mismos.

La “norma técnica para radiología diagnóstica, intervencionista y odontológica” dictada por el ORGANO EJECUTIVO (MAYO de 2009), en protección del personal expuesto, Art. 20, literal “d”, explica los grosores con que debe cumplir cada accesorio, en el caso de los delantales plomados expone lo siguiente:

- Delantales con espesor equivalente de 0.5 a 0.7 mm de Pb, cuando cubra solamente el frente del cuerpo o delantal de 0.25 mm cuando cubra completamente los costados del tórax y pelvis.

3.4 CUIDO DE ACCESORIOS DE PROTECCION

| | |
|---|-------------------------------------|
| Cuido de accesorios de protección | |
| Lugar donde se ubican los accesorios de protección | Se colocan en colgadores especiales |

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

Los delantales de plomo para protección mientras no se utilizan son situados en colgadores especiales para evitar la aparición de fisuras. Se observó que mientras los accesorios no eran usados por el personal, estos los colocaban en los lugares indicados para evitar su deterioro, por lo que los profesionales en radiología del departamento siguen el cuidado necesario para los accesorios de protección.

3.5 USO DE ACCESORIOS DE PROTECCION POR PARTE DEL PROFESIONAL DE RADIOLOGIA

| Uso de accesorios de protección | Cantidad utilizado |
|---------------------------------|--------------------|
| a) Delantales | 2 |
| b) Protectores de tiroides | 0 |
| c) Protectores gonadales | 0 |
| d) Guantes | 0 |
| e) Gafas | 0 |
| f) Mamparas | 1 |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se encontró que el personal de radiología hace uso de los 2 delantales y la mampara móvil mientras se realiza un procedimiento radiológico. Por lo que hacen uso de los accesorios de protección con los que cuenta el departamento, esto muestra el cumplimiento del principio ALARA respecto al blindaje.

3.6 TIPO DE DOSÍMETRO QUE UTILIZA EL PERSONAL

| Tipo de dosímetro que utiliza el personal | |
|---|----------------------------|
| Tipo de dosímetro utilizado | Dosímetro de cuerpo entero |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

El tipo de dosímetro que usan los profesionales en radiología es el dosímetro de cuerpo entero, con el cual se registran las dosis recibidas periódicamente.

Las leyes establecen que el personal expuesto a la radiación debe utilizar algún tipo de dosímetro para el monitoreo de la exposición personal.

Los tipos de dosímetros son:

- a) Dosímetros de cuerpo entero
- b) Dosímetros de extremidades (muñeca y anillo)
- c) Dosímetros específicos para la medición en otras zonas o situaciones especiales (Abdomen, cristalino.)

3.7 USO DEL DOSÍMETRO PERSONAL

| Uso del dosímetro personal | |
|--------------------------------------|--|
| Etiqueta con datos personales | Están claramente etiquetados con los datos personales de cada usuario o usuaria. |
| Colocación del dosímetro | Colocado con el cristal hacia el frente |
| Ubicación en el cuerpo | Zona correspondiente al tórax |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

Se encontró que el personal hace uso adecuado del dosímetro, mediante el broche de sujeción que posee la envoltura, el profesional en radiología utiliza el dosímetro en la zona correspondiente al tórax. Cada dosímetro está identificado con los datos personales de cada profesional.

El dosímetro consiste en una cápsula de plástico que contiene en su interior un pequeño cristal que permite determinar la radiación absorbida, esto mediante la vigilancia dosimétrica.

3.8 CUIDADO DEL DOSÍMETRO PERSONAL

| Cuidado del dosímetro personal | |
|---|--|
| Ubicación donde se guarda el dosímetro | Se guarda en un lugar libre, alejado de las radiaciones ionizantes, del calor y humedad. |
| Manipulación del dosímetro | Evitando golpes o daños que los alteren |
| Integridad del dosímetro | No se colocan objetos ajenos o adicionales al dosímetro como autoadhesivos, sticker, etc |

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

De acuerdo a lo encontrado en cuanto a los cuidados que el personal de radiología realiza al dosímetro se observó que se guarda en los lugares indicados libre de todo ambiente que pueda alterar la función de los cristales, durante la jornada se observó una actitud de resguardo de golpes o manipulación inadecuada del dosímetro y este mismo mantiene su integridad al evitar el uso de adhesivo o stickers en él, pues estos alteran la absorción de las radiaciones ionizantes por el dosímetro.

Todos los miembros del personal de radiología toman las precauciones para el cuidado necesario para mantener el buen funcionamiento del dosímetro.

5.2 CONCLUSIONES

En cuanto a las Condiciones de Protección Radiológica en las que laboran los profesionales del Departamento de Radiología e Imágenes del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena “Santiago de María” en el periodo de Enero a Junio del 2015, se concluye que:

En cuanto a el cumplimiento de los parámetros técnicos en el diseño de infraestructura del Departamento de Radiología e Imágenes del Hospital Nacional “Dr. Jorge Arturo Mena “Santiago de María” se concluye:

Que las instalaciones cuentan en su gran mayoría con los parámetros técnicos necesarios en el diseño de su infraestructura, en cuanto al blindaje de cuarto, cumple con la memoria de cálculo realizada para dicho departamento de radiología, tomando en cuenta que cada departamento es diferente a otro en equipo, tipo de estudios radiológicos realizados, cantidad de trabajo etc.

Pero existe vulnerabilidad en el acceso a la zona controlada, pues la cerradura de la puerta de ingreso a la sala de radiología no tiene un bloqueo desde adentro de la sala, por lo cual se puede realizar una exposición indeseada a pacientes o personal que ingrese mientras se realiza un procedimiento, es por ello que en los Requisitos De Protección Radiológica En Diagnostico Medico Con Rayos X” emitido por el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR, en su literal “E” indica que la puerta de acceso a la sala de rayos X debe poseer una cerradura que impida accesos inadvertidos.

Además aunque existe un sistema de climatización instalado este no está funcionando, en lo que se observa una deficiencia debido a que es necesaria una temperatura ideal para el óptimo desempeño de los equipos evitando así un calentamiento excesivo.

Como señales de advertencia existentes en el departamento de radiología, la leyenda que indica “CUANDO LA LUZ ESTE ENCENDIDA NO ENTRAR” no se encuentra en la puerta de ingreso a la sala de exploración radiológica.

En cuanto a las condiciones en las que se encuentra el equipo de RX del departamento de radiología, se concluye lo siguiente:

Que el equipo de rayos x cuenta con la calibración periódica necesaria para su uso, además de marcas que ayudan a su identificación inmediata, el sistema de colimación es el adecuado para delimitar las zonas de interés, y el cabezal tiene soporte ajustable y en buen funcionamiento para permanecer firme y adecuarse al estudio que se realiza.

En cuanto a las medidas de protección radiológica que aplican los profesionales de Radiología en el ejercicio de su profesión, se concluye que:

Los profesionales de radiología hacen uso del principio ALARA con el fin de reducir las dosis empleadas a los pacientes, además utilizan el dosímetro de cuerpo entero, cerca del tórax y hacen uso adecuado al protegerlo de golpes, mala manipulación, calor o humedad que los afecte. Pero se encuentra una deficiencia en los accesorios de protección radiológica con los que cuenta este departamento de radiología, pues no hay existencia de: Protectores de tiroides, protectores gonadales, guantes y gafas.

5.3 RECOMENDACIONES

En cuanto a las medidas de protección radiológica en las que laboran los profesionales en radiológica se recomienda:

A la Jefatura del Departamento de Radiología e Imágenes:

Que se gestione la compra de los accesorios de protección radiológica que como mínimo debe contar un departamento, siendo necesarios los blindajes para gónadas y cuellos protectores para tiroides, pues de estos carecen.

Que se gestione la instalación en la puerta de acceso al cuarto de exploración radiológica el letrero con la leyenda que indique “CUANDO LA LUZ ESTE ENCENDIDA NO ENTRAR”, ya que cualquier persona, paciente o público en general puede recibir una dosis innecesaria.

Que se repare o reemplace la cerradura de la puerta de acceso al cuarto de radiodiagnóstico que se encuentra en la zona controlada, pues de esta forma se impedirá el acceso inadvertido de personas a la sala de exploración.

Que gestione ante las autoridades del hospital la reparación del sistema de climatización del departamento para tener una temperatura óptima para evitar daños futuros al equipo por calentamiento.

Que periódicamente se envíen los accesorios de protección radiológica realizarle un rastreo para verificar la aparición de fisuras en ellos.

Que se gestione la capacitación para la actualización de la legislación referente a la protección radiológica.

A los Profesionales del Departamento de Radiología:

Que se continúe haciendo uso de los accesorios de protección radiológica con los que cuenta el departamento.

Que persista el cuidado a los accesorios de protección colocándolos en los lugares indicados.

Que se continúen colocando el dosímetro de cuerpo entero en la posición y ubicación que se hace hasta el momento, esto es el cristal hacia el frente y en la zona correspondiente al tórax.

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

- De Canales Francisco H, “Metodología de la investigación, manual para el desarrollo de personal de salud” Washington, DC. E.U.A segunda edición 1994.
- Stewart C. Bushong, Manual para tecnólogos, Fundamentos de Radiobiología cap. 30 pag. 519 - 521.
- Stewart C. Bushong, Manual para tecnólogos, Dispositivos para la protección frente a la radiación y Diseño para la protección frente a la radiación, cap. 36 pag. 628 -633.
- Stewart C. Bushong, Manual para tecnólogos, Dispositivos de Protección.
- Procedimientos de protección frente a la radiación cap. 37 pag. 662

Referencias de páginas web consultadas:

- Apuntes Históricos sobre el origen y desarrollo de la protección radiológica. www.radioproteccion.org/experto.
- Las Normas Internacionales de Protección Radiológica. [es wikipedia.org/ProtecciónRadiológica](http://es.wikipedia.org/ProtecciónRadiológica).
- Medidas de protección radiológica <http://www.wikipedia.org/wiki/protección>
- Requisitos de protección radiológica en diagnóstico médico con rayos x, Instituto Peruano De Energía Nuclear
http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/normatividad/norma_pr_diag_medic_rx-2013.pdf
- Leyes relativas al sistema de salud de El Salvador,
http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/reglamento/Reglamento_proteccion_radiologica_unra.pdf
- Unidad Reguladora y Asesora de Radiaciones
<https://www.salud.gob.sv/temas/politicas-de-salud/dir-reg-y-leg-en-salud/unra>
-

IMAGENES

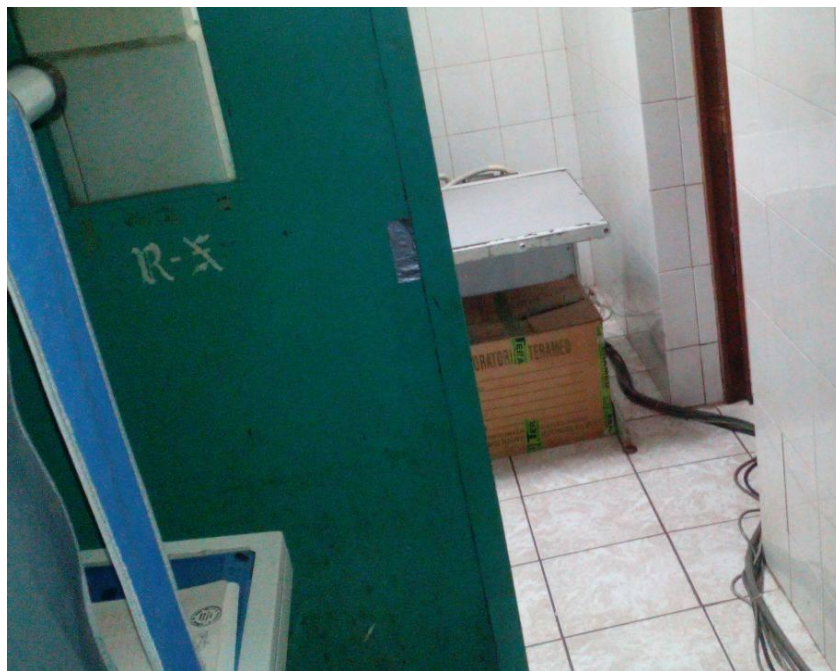
Ubicación del equipo de rayos x y su respectivo bucky de pared



Visor de Vidrio Plomado e la Barrera Secundaria



Mampara Móvil



Chalecos plomados



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| Actividades | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE |
|---|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|
| Selección del Tema de Investigación | | | | | | | | | | | |
| Capítulo I Planteamiento del Problema <ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes del problema • Situación problemática • Justificación • Objetivos Generales y Específicos • Viabilidad | | | | | | | | | | | |
| Capítulo II <ul style="list-style-type: none"> • Marco Teórico | | | | | | | | | | | |
| Capítulo III <ul style="list-style-type: none"> • Operacionalización de Variables | | | | | | | | | | | |
| Capítulo IV Diseño Metodológico <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de estudio • Área de estudio • Universo y muestra • Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos • Procedimiento para la recolección de datos • Plan de tabulación y análisis de datos | | | | | | | | | | | |
| Entrega de Protocolo de Investigación | | | | | | | | | | | |
| Prueba Piloto | | | | | | | | | | | |
| Capítulo V Presentación de los Resultados <ul style="list-style-type: none"> • Presentación de los Resultados • Conclusiones • Recomendaciones | | | | | | | | | | | |
| Entrega Informe Final | | | | | | | | | | | |