



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA**  
UNAN - MANAGUA

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua**

**(UNAN-MANAGUA)**

**Recinto Universitario Rubén Darío**

**Facultad de ciencias e Ingeniería**

**Departamento de física**

**SEMINARIO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIADO EN FISICA CON  
MENCION EN FISICA MEDICA**

**Tema: Protección y seguridad Radiológica**

**Subtema: Resultados de la verificación del blindaje de locales destinados a la práctica de  
radiodiagnóstico médico evaluado en el periodo del 2018 al 2019.**

**Autores:**

**Bra. Berenice Itiel Pérez Condega.**

**Bra. Mery Cecilia Pérez Rosales.**

**Tutora:**

**MSc. Norma Roas Zuniga.**

**Asesor:**

**Dr. Byron Gonzales Montenegro.**

**MANAGUA, NICARAGUA 2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a Dios por ser el que ha permitido llegar hasta este momento para seguir adelante a pesar de los retos presentados en el trascurso de mi formación.

A mi madre Odilia Condega quien es un apoyo incondicional en todo este momento de mi formación.

A mis hermanas Abigail y Mildred Pérez, que con su ejemplo de vida contribuyeron al optimismo y actitud perseverante frente a los obstáculos vistos en estos años de preparación personal y profesional.

A mis sobrinos Jorge, Adrián y Isabela Pérez por ser parte de mi vida y me han dado los mejores momentos de Felicidad.

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios por guiarme y darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder la fé y culminar este peldaño más en la vida.

A mis padres quienes me inculcaron buenos principios por su apoyo incondicional y consejos que me han dado, todo lo que soy como persona.

Gracias también a mis hermanas que me han apoyado, también a mi amiga Berenice Pérez porque ha sido un gran apoyo en este reto. Al Docente de Física David Genaro Martínez C. por su apoyo en el trascurso de inicio y fin de mi carrera. Al Director del Departamento de Física, MSc Noel Zelaya por el apoyo y todos los consejos que me brindo en este último paso de mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos el privilegio de ser sus hijas y estar siempre respaldándonos dándonos fortaleza y guía espiritual en cada paso desde el inicio de nuestro camino hasta el día de hoy.

A MSc. Norma Roas por la dedicación y el camino efectivo para la realización del trabajo.

A Dr. Byron Montenegro por guiarnos para la realización del trabajo.

A los docentes de la facultad de ciencias e Ingeniería que contribuyeron a nuestra formación profesional en estos fructíferos años de aprendizaje.

A nuestro Director del Departamento de Física, Dr. Noel Zelaya por el apoyo obtenido durante nuestra carrera.

Berenice Pérez Condega

Mery Pérez Rosales

## VALORACIÓN DEL DOCENTE

Managua, Nicaragua  
13 de diciembre del 2019

**PhD. Noel Zelaya**  
**Director Departamento de Física**  
**Facultad de Ciencias e Ing.**

Estimado Dr. Zelaya:

Por este medio estoy haciendo llegar mi valoración como tutora del seminario de graduación realizado por la **Bra. Berenice Itiel Pérez Condega** y **Bra. Mery Cecilia Pérez Rosales**, considero que el trabajo cumple con los requisitos establecidos con el actual reglamento estudiantil vigente. Este trabajo ha sido un gran aporte el Laboratorio de Control de Calidad y Monitoreo del LAF-RAM. El trabajo tiene por título: **Resultados de la verificación del blindaje de locales destinados a la práctica de radiodiagnóstico médico evaluado en el periodo del 2018 al 2019**. Considero que las estudiantes se han esforzado

Agradecería su gestión para que la pre-defensa y defensa sea realizada según el cronograma acordado. Agradeciendo de antemano su gestión y aprovecho la ocasión para saludarlo.



**MSc. Norma Roas Zúniga**  
**Docente**  
**Dpto. de Física**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción del tema</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción del subtema</b> .....	<b>2</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>Objetivo General</b> .....	<b>4</b>
<b>Objetivos Específico</b> .....	<b>4</b>
<b>DESARROLLO DE SUBTEMA</b> .....	<b>5</b>
<b>Marco teórico</b> .....	<b>5</b>
<b>ASPECTO LEGALES</b> .....	<b>6</b>
<b>Normativas Nacional vigente</b> .....	<b>6</b>
<b>LICENCIAMIENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>Requisitos De Diseño</b> .....	<b>7</b>
<b>DISEÑO DE INSTALACIONES</b> .....	<b>8</b>
<b>Señalización de zonas de la instalación de radiodiagnóstico medico</b> .....	<b>9</b>
<b>Clasificación de Áreas</b> .....	<b>9</b>
<b>BLINDAJE</b> .....	<b>11</b>
<b>materiales de Blindaje</b> .....	<b>11</b>
<b>Cálculo de Blindaje</b> .....	<b>11</b>
<b>MONITOREO DE ÁREAS</b> .....	<b>12</b>
<b>Instrumentación</b> .....	<b>12</b>
<b>Inspección Visual</b> .....	<b>12</b>
<b>Levantamiento radiométrico</b> .....	<b>12</b>
<b>Elaboración del croquis de la instalación</b> .....	<b>12</b>
<b>Obtención de Datos</b> .....	<b>13</b>
<b>Cálculos</b> .....	<b>13</b>
<b>Análisis y Resultado</b> .....	<b>15</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>23</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>24</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>25</b>

## RESUMEN

Las instalaciones de rayos X de diagnóstico médico utilizan las radiaciones ionizantes con fines beneficiosos para las personas, buscando ocasionarles el mínimo impacto radiológico. Se han de aplicar en las instalaciones criterios y medidas de seguridad y protección radiológica en las siguientes fases; en el diseño, fabricación y correcto funcionamiento de los equipos de rayos X. en la instalación, diseñándose correctamente las salas, su distribución, blindajes, en el establecimiento de programas de protección radiológica y garantía de calidad

Se analizaron 24 datos, teniendo 20 instalaciones privada y 4 instalaciones pública, donde se evaluaron los siguientes distintos puntos de medición Puerta principal, Puerta (vestidor u otros), Sala de control, Pared, Baño, Mampara, y Pasillo.

Los resultados obtenidos fueron que la mayor dosis equivalente ambiental fue en la puerta principal que corresponden con una dosis ambiental de 0.49 msv/a obtenidas en las salas de rayos x convencionales.

# INTRODUCCIÓN

## Introducción del tema

La protección radiológica es tan importante para las clínicas u hospitales que tiene como objetivo la regulación y control de los aspectos referidos a la seguridad radiológica en el uso de los equipos de radiodiagnóstico médico. Dentro de esta normativa se encuentra explícitamente plasmado los requisitos referentes a los blindajes estructurales de los locales destinados a la instalación de dicho equipamiento, pues representa elementos indispensables para la protección de los miembros del público y de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE).

En la instalación de radiodiagnóstico médico se deberá de iniciar con el cálculo de blindaje desde la etapa de diseño de una instalación, ya que aporta a la información necesaria para una correcta construcción. Esto demostraría el cumplimiento de los requisitos normativos y el control de paredes, puertas, corredores y visores, que actúen adecuadamente como barreras protectoras, tanto para los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE), como para el público.

Para la implementación de estas recomendaciones, el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP), recomiendan la aplicación de tres principios básicos, Justificación, Limitación de dosis y la Optimización de la práctica y el uso de guías con niveles orientativos de referencia de dosis en las diferentes prácticas que se desarrollan en el campo de la salud. (Ramos, Fredes, Leyton, María, & tagle, 11/09/2019)

La justificación, es el primer paso en la protección radiológica. Se acepta que una exposición en el área de la Salud, no se justifica sin una indicación clínica válida basada en un análisis de riesgo y beneficio en la optimización toda práctica de exposición deben de mantenerse a niveles tan bajos como sea razonablemente posible, toda exposición recibida por las personas no debe de superar los límites de dosis establecidos.



## Introducción del subtema

En la práctica de radiodiagnóstico médico es el uso de las radiaciones ionizantes en medicina, el radiodiagnóstico médico es sin duda el más extendido. Desde el descubrimiento de los rayos X a finales del siglo XIX, ha sido objeto de un constante desarrollo para la población siendo, por otro lado, la práctica que contribuye en mayor medida a la exposición a radiaciones de la población.

El radiodiagnóstico es el conjunto de procedimientos de exploración y visualización de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano mediante la utilización de rayos X. Las principales técnicas y procedimientos que se llevan a cabo en este campo consisten en la radiología convencional; fluoroscopia, mamografía, tomografía computarizada (TC), radiografía digital convencional y, además, toda la radiología intervencionista.

En las instalaciones médicas para radiodiagnóstico, se utiliza equipos de generadores de radiación para obtener un beneficio para la sociedad con el mínimo detrimento radiológico asociado a la práctica, sin embargo para reducir este detrimento a valores aceptables los criterios y medidas de seguridad deben aplicarse en tres diferentes fases: En el diseño, en la fabricación y correcto funcionamiento de los equipos, en las instalaciones un diseño correcto para las salas, así como su distribución, colocación de los equipos, zonas a proteger, blindaje. Durante el funcionamiento de la clínica atendiendo a la protección de todo el personal, utilizando adecuadamente los equipos utilizando métodos de trabajo con procedimientos claramente establecidos en función del fomento de la protección y seguridad radiológica.

Los blindajes de una instalación deben de construirse de manera que exista continuidad entre los diferentes elementos constructivos donde sean instalados los equipos que se utilizan: muros, marcos, hojas de puertas, ventanillas de control, servidores de película, entre otros, de tal manera que dicho blindaje no se vea interrumpido en ningún punto de la superficie a proteger.

## JUSTIFICACIÓN

La presencia de radiaciones ionizantes en el medio ambiente y en algunas instituciones hospitalarias dedicada en las prácticas de radiodiagnóstico médico puede producir daños en la salud de las personas. En un centro hospitalario sanitario se utilizan diversos tipos de fuentes de radiación; la dosis de radiación consecuencia de las actividades humanas si puede optimizarse y llegar a valores bajos para la salud.

En las instituciones hospitalarias y clínicas de Nicaragua se utilizan equipos de rayos X y fuentes radiactivas para el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades. Los trabajadores del hospital y clínica que prestan servicio en radiología, oncología radioterapia o en algunos laboratorios poseen una preparación específica en la utilización de los generadores de radiación o en la manipulación de fuentes radiactivas. Son los denominados “trabajadores expuestos”. Las normas internacionales de seguridad ayudan a las instituciones hospitalarias a cumplir los requisitos normativos de protección radiológica.

Este trabajo tiene como propósito analizar los resultados en los monitoreos de área de radio diagnóstico médico y comprobar el cumplimiento de las normas establecidas de la protección y seguridad radiológica.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Comparar los resultados obtenidos en los informes de monitoreo de área, para la verificación del cumplimiento de las restricciones de dosis establecidas a nivel nacional para la práctica del área médica en radiodiagnóstico.

### Objetivos Específico

- Elaborar una base de datos con la información registrada en los informes de ensayo de monitoreo de área, que incluya tipo de equipo, puntos de medición, dosis equivalente ambiental.
- Analizar los resultados de los informes de ensayos de monitoreo de área emitidos por el Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología en el periodo del 2018 al 2019

## DESARROLLO DE SUBTEMA

### Marco teórico

Radiodiagnóstico es el conjunto de procedimientos de exploración y visualización de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano mediante la utilización de los rayos X. Ocupa un lugar preponderante entre las técnicas de imagen debido al gran número de instalaciones, al de exploraciones que se realizan y al de profesionales que se dedican a esta especialidad. La continua aparición de nuevas técnicas e indicaciones hace que día a día se incremente el número de actos médicos en que se utilizan los rayos X. (Ortez, 2016)

Los rayos X se producen de forma artificial en un tubo de vacío aplicando una determinada tensión (kV). Cuanto mayor es la tensión aplicada, mayor es la penetración de estos rayos.

En radiodiagnóstico existen diferentes tipos de exploraciones con diferentes riesgos derivados de los diversos procedimientos operativos, pero existen una serie de normas básicas de protección comunes. En este tipo de instalaciones confluyen otras características particulares como el hecho de que al ser aparatos eléctricos productores de rayos X no existe irradiación si el equipo no está funcionando.

La protección radiológica debe estar presente en todo el proceso de la instalación, desde la fase de diseño hasta la fase de operación, incluyendo no sólo el diseño de la instalación, sino también el diseño del equipo, tomando en cuenta operaciones normales de trabajo y situaciones de emergencia.

El personal de las instalaciones recibirá menos dosis si el paciente recibe menos tiempo, por tanto, la prescripción de las exploraciones debe realizarse valorando la relación coste/beneficio, ya que el mayor ahorro de dosis es la exploración innecesaria que no se realiza.

La protección radiológica en una instalación de rayos X con fines de diagnóstico médico debe garantizar la protección de las personas, de modo que las dosis equivalentes de radiación que pudiera recibir el trabajador expuesto, los pacientes y los miembros del público sean tan pequeñas como sea razonablemente posible.

## ASPECTO LEGALES

### Normativas Nacional vigente

El Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes de la republica de Nicaragua establece en la sección VI la vigilancia radiológica y verificación del cumplimiento Se deberán realizar actividades de vigilancia radiológica y medición de los parámetros necesarios para verificar el cumplimiento de los requisitos prescritos por este Reglamento, se deberá disponer de equipo adecuado y establecer procedimientos de verificación. El equipo deberá ser correctamente mantenido y probado para calibrar a intervalos apropiados usando como referencia patrones trazables a patrones nacionales o internacionales y mantener registro que den constancias de los resultados de la vigilancia radiológica y la verificación del cumplimiento. Considerando los acápite (41 y 42).

Ninguna práctica de radiodiagnóstico o fuente adscrita a una práctica será autorizada a no ser que la práctica produzca a los individuos expuestos o a la sociedad un beneficio suficiente para compensar los daños por radiación que pudiera causar, es decir: a no ser que la práctica esté justificada, teniendo en cuenta los factores sociales y económicos, así como otros factores pertinentes con excepción de las prácticas justificadas que impliquen exposiciones médicas. También las aplicaciones diagnosticas de la radiación, los titulares de autorización deberán velar por que los requisitos sobre formación de imágenes y garantía de calidad prescritos por este Reglamento se satisfagan con el asesoramiento de un físico médico en radiodiagnóstico o en medicina nuclear, según proceda.

La práctica tiene obligaciones en los requisitos de protección radiológica cumpliendo con los tres requisitos fundamentales en la justificación de la práctica esta será autorizada a no ser que la práctica produzca a los individuos expuestos a la sociedad un beneficio suficiente para compensar los daños por radiación que pudiera causar.

La exposición normal de limitación de los individuos se deberá restringir de modo que ni el total, de la dosis efectiva ni el total de la dosis equivalente a órganos o tejidos de interés, causadas por la posible combinación de exposiciones originadas por prácticas autorizadas, excedan de cualquiera límite de dosis.

La protección y seguridad deberán optimizarse de forma que la magnitud de dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de sufrir exposiciones se reduzcan al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse.

## LICENCIAMIENTO

Las licencias para el desarrollo de las prácticas se consideran en las etapas de construcción, operación y clausura de las instalaciones. La etapa de construcción comprende el diseño y el montaje de instalación, la etapa de operación comprende la ejecución de los trabajadores para la realización de una práctica y la etapa de clausura comprende los trabajos y desmantelamiento que se debe emprender cuando se pretende cesar la realización de una práctica en una instalación.

Para realizar cambios de carácter técnico y constructivo en las instalaciones, el equipamiento u otros cambios de repercusión se requerirán una licencia de modificación al inicio de los cambios previstos.

### Requisitos De Diseño

De los requisitos de diseño de autorización los titulares en cooperación específica con los suministradores, deberán velar por que se cumplan las siguientes responsabilidades, deberán contar con una fuente bien diseñada, construida que ofrezca condiciones de protección y seguridad que estén en conformidad con este reglamento y se ajuste a las especificaciones técnicas de comportamiento y de funcionamiento que satisfaga normas de calidad que estén en consonancia con la significación de los componentes y sistemas para la protección, la seguridad e información sobre la instalación y el uso correctos de la fuente.

Se deberán concertar con los suministradores de las fuentes disposiciones adecuadas para así establecer y mantener mecanismos para que los suministradores obtengan de dichos titulares o de otros usuarios información sobre el empleo, mantenimiento, experiencia de funcionamiento, desmantelamiento y evacuación de las fuentes, y sobre todas las condiciones particulares de funcionamiento, normal o anormal, que puedan ser importantes para la protección de las personas o la seguridad de la fuente; para la mejora futura de la protección o seguridad en el diseño de los productos

## DISEÑO DE INSTALACIONES

La instalación y aceptación de equipos nuevos o modificados, cuyo funcionamiento implique riesgo radiológico, debe llevarse a cabo siguiendo criterios de optimización. Esto es, además de permitir que se logren los objetivos clínicos, diagnósticos o terapéuticos perseguidos deben minimizarse las dosis asociadas a dichos estudios.

Por ello, la toma de decisiones para la adquisición o modificación de este tipo de instalaciones debe hacerse teniendo en cuenta:

- Las necesidades clínicas a que pretende dar respuesta dicha adquisición o modificación.
- Las dosis a pacientes, trabajadores y público.
- El riesgo potencial de accidente radiológico.
- La normativa legal existente.

Deberá, por tanto, existir una fase previa a la compra, en la que se estudie y se planifique la misma teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, por lo que deberá ser consultado con un Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica para que determine las consideraciones oportunas de acuerdo con la legislación vigente.

En el diseño de la instalación radiológica se deberá contemplar:

- El control de accesos a las zonas con riesgo radiológico.
- Detalles sobre los enclavamientos eléctricos y mecánicos de seguridad.
- Composición y dimensiones de los blindajes
- Adecuación a la normativa legal vigente.
- En este sentido, en relación a la clasificación de zonas con riesgo radiológico, se recomienda su aplicación en la forma indicada en la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación De Zonas

<b>Puesto de control</b>	<b>Zona de vigilancia</b>
<b>Sala con equipos fijos al menos mientras el generador esté conectado a la red,</b>	Zona controlada
<b>Cabinas</b>	Zona vigilada
<b>Pasillos y dependencias de utilización pública</b>	Zona de libre acceso

(Minsa, 2009)

Esta clasificación tiene validez exclusivamente durante el funcionamiento de los equipos de rayos X, siendo todas ellas zonas de libre acceso en el caso de que el equipo no esté en funcionamiento. Todas las zonas deberán estar reglamentariamente señalizadas y las salas radiológicas deberán tener señalización luminosa de color rojo que indique la emisión de rayos X.

En cuanto a la planificación de una instalación radiológica, se deberá tener en cuenta:

- Los puestos de control deben estar protegidos por paredes blindadas con ventana que permita observar el interior de la sala y deberán tener intercomunicador.
- La puerta de entrada a la sala radiológica, posibles ventanas, el puesto de control y la cámara oscura, se han de situar en un lugar hacia donde no se pueda dirigir el haz directo.
- El puesto de control ha de tener un acceso directo independiente del de la sala.

### Señalización de zonas de la instalación de radiodiagnóstico médico

Verificar que en la sala de radiodiagnóstico se cumplen las siguientes medidas:

- Comprobar que las zonas vigiladas y controladas de la instalación están convenientemente señalizadas mediante el símbolo internacional del trébol bordeado de puntos radiales que tendrán distinto color según la clasificación de la zona (todas las puertas de acceso directo a la sala deben estar correctamente señalizadas).
- Comprobar si en un lugar visible del acceso a la sala hay una señal luminosa de color rojo que indique cuándo hay emisión de rayos X.
- Comprobar que la sala de radiodiagnóstico no es un lugar de paso para acceder a otras dependencias.
- Comprobar que los puestos de control de los equipos de rayos X están protegidos mediante mamparas blindadas y que éstas disponen de visores y están provistas de comunicación con el paciente

### Clasificación de Áreas

Las áreas se clasifican en función de riesgo de exposición y estas zonas deben de estar debidamente señalizadas y limitado solo a personas autorizadas para su ingreso.

La ICRP ha definido dos tipos de condiciones de trabajo basadas en la probabilidad de alcanzar un cierto nivel de dosis anual



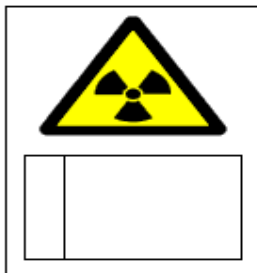
- **Áreas Controladas**

Un área controlada es aquellas en las condiciones normales, de trabajo incluyendo los incidentes menores, requieren que el trabajador cumpla procedimientos y prácticas bien establecidas dirigida específicamente a controlar la exposición a la radiación. (LAF-RAM, 2018)

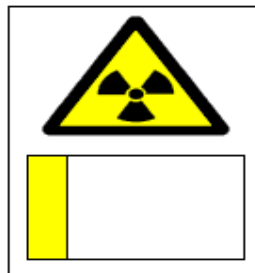
- **Áreas Supervisadas**

Un área supervisada es aquellas en la cual se siguen ciertas condiciones de trabajo, pero normalmente no son necesarios procedimientos especiales.

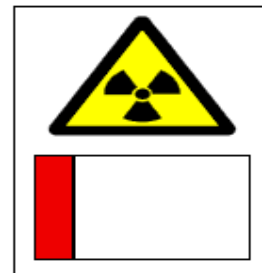
### SIMBOLOS IDENTIFICADORES DE AREAS DE TRABAJO



*Área Supervisada*



*Área controlada*



*Área prohibida  
radiológicamente*

**Ilustración 1: clasificación de zonas (LAF-RAM, 2018)**

La importancia de la clasificación de zonas es determinar la exposición del personal a radiaciones ionizante, incluyendo a la magnitud de dosis.

## BLINDAJE

En el cálculo de las barreras de protección de una sala de radiodiagnóstico, es razonable considerar una carga de trabajo que cubra las previsiones futuras en función del volumen máximo de exploraciones que puedan ser practicadas. Los principales parámetros que intervienen en la protección de un local son:

- La carga de trabajo del equipo de rayos X.
- La posición prevista del tubo o tubos de rayos X y la dirección prevista de los haces útiles de radiación.
- La calidad de la radiación (penetración del haz).
- El tipo de radiación: Radiación primaria, dispersa y fuga.
- La presencia simultánea de radiaciones ionizantes que provengan de otras fuentes.
- La clasificación de las áreas.
- Las características constructivas de los muros ya existentes en la instalación.
- La clasificación del personal a proteger: profesionalmente expuesto o miembros del público.

### Materiales de Blindaje

En Radiodiagnóstico es habitual utilizar planchas de plomo dado que en general el espesor necesario se halla en torno a los 2 mm de este material, con lo cual el peso no es tan grande que llegue a producir deformación de las planchas verticales. No obstante, en muchos casos las propias paredes de la instalación pueden ofrecer un blindaje significativo o incluso sustituir la función del plomo. Este es el caso de los muros de hormigón o de ladrillo macizo. Por esta razón en el apéndice se dan unas tablas de equivalencia entre el plomo y otros materiales de construcción. En las paredes de ladrillo hueco, o en los suelos y techos de forjado con bovedilla, es preciso prestar atención a que los espesores considerados sean los reales, es decir no incluyan los huecos, y si el muro no es homogéneo tomar en consideración las zonas más desfavorables. (CSN, 1991)

### Cálculo de Blindaje

Como principio general, el diseño del blindaje debe basarse en la aplicación del criterio ALARA, al igual que en todos los aspectos de protección radiológica. Según este principio, el cálculo no se efectuará en base a los límites de dosis reglamentarios, sino que se optimiza la dosis colectiva reduciéndola todo lo posible hasta conseguir que la diferencia entre el beneficio y el coste de blindaje sea máxima.

## MONITOREO DE ÁREAS

### Instrumentación

- Monitor de área calibrado (cámara de ionización de gran volumen y/o electrómetro de alta sensibilidad, preferiblemente con dos modos de operación: lectura integrada y tasa)
- Maniquí de agua con dimensiones de tronco de un adulto típico
- Cinta métrica
- Soporte para fijación del maniquí en bucky mural

### Inspección Visual

- Anotar los datos de identificación de la institución y del equipo.
- Inspeccionar el cumplimiento de los aspectos de seguridad radiológica, tales como mensaje a embarazadas, luz de seguridad, etc.

### Levantamiento radiométrico.

- Para realizar el levantamiento radiométrico y verificar los niveles de exposición ocupacional y del público, se utiliza un monitor de área debidamente calibrado para esta medición, láminas de PMMA con dimensiones del tórax de un adulto típico (ej. espesor de 25cm y dimensiones de 30cm x 30cm) o un recipiente lleno de agua y cinta métrica para medir distancia.

### Elaboración del croquis de la instalación

- Dibujar a escala el esquema de la sala de rayos X y sus áreas adyacentes.
- Representar en el croquis el tubo de rayos X, mesa del paciente, paredes, consola del comando, puertas y ventanas.
- Indicar la naturaleza de las áreas adyacentes: ejemplo: cuarto oscuro, corredores, salas adyacentes, sala de espera, recepción, baños, etc.
- Identificar con letras mayúsculas los puntos de interés situados dentro y fuera de la sala, donde individuos del público y miembros del equipo del servicio puedan estar expuestos a radiación.

## Obtención de Datos

1. Obtener datos de la lectura de fondo.
2. Colocar las láminas de PMMA sobre la mesa y centrarlas en el campo de radiación.
3. Fijar el tubo a una distancia de 100 cm de la mesa, con el haz perpendicular a la mesa.
4. Desactivar el CAE, si hubiera.
5. Seleccionar los parámetros de exposición correspondientes a la mayor técnica utilizada en los exámenes de rutina
6. Seleccionar el tamaño de campo más amplio permitido por el colimador.
7. Registrar los parámetros de exposición, los datos del monitor de área (incluyendo datos de la calibración y la unidad de lectura utilizada).
8. Realizar la medida con el monitor de área en uno de los puntos identificados utilizando los parámetros preseleccionados.
9. Repetir tres veces la medición en cada punto y anotar el resultado.
10. Repetir la medida para los otros puntos seleccionados.
11. Repetir el procedimiento anterior orientando el rayo central del haz en dirección el Bucky vertical, interponiendo las láminas de PMMA ante el Bucky de pared.

## Cálculos

### Carga de trabajo

Para la realización de un monitoreo de área es necesario establecer y conocer la carga de trabajo del equipo; que es la sumatoria de los productos de la corriente (mA) y los tiempos (t) de exposición.

$$W \left[ \frac{mA \cdot \text{min}}{\text{semana}} \right] = \sum \frac{I \cdot t}{T} \quad \text{Ec. 1}$$

- I es la intensidad de corriente mA.
- t es el tiempo de emisión de radiación en el intervalo t considerado en el denominador.

### Factor de uso (U)

Es la fracción de la carga de trabajo para la cual el haz útil está dirigido hacia el lugar considerado a proteger o evaluar, suelo se considera 1 y pared ¼.

### Factor de ocupación (T)

Es el factor por el cual hay que multiplicar la carga de trabajo para tener en cuenta el grado de ocupación relativo de la zona que se considera a proteger.

**Tabla 2: factor de ocupación**

Ocupación	Local	T
Integral	Consultorio, recepción	1
Parcial	Sala de espera, vestuario, circulación interna	1/4
Evaluado	Circulación externa, baños, escalaras	1/16
Raro	Jardines cercanos	1/32

### Cálculo de Dosis Anual

$$H^*(10)_a \left[ \frac{mSv}{año} \right] = H^*(10)_m \left[ \frac{\mu Sv}{h} \right] * \left( \frac{1}{I [mA]} \right) * W \left[ \frac{mA \text{ min}}{semana} \right] * U * T \quad \text{Ec. 2}$$

### Dosis equivalente ambiental

Magnitud  $H^*(d)$  en un punto de un campo de radiación, definida como la dosis equivalente que sería producida por el correspondiente campo alineado y expandido en la esfera de la CIUMR a una profundidad  $d$  sobre el radio orientado en dirección opuesta a la del campo alineado. Para una radiación muy penetrante se recomienda una profundidad  $d = 10 \text{ mm}$ .

## Análisis y Resultado.

Se procedió a realizar la base de datos con la información proporcionada por el laboratorio donde se analizaron 24 instituciones entre públicas y privada, en salas de rayos X convencional, mamografía, tomografía computarizada y fluoroscopia, obteniendo un análisis de 149 puntos de medición en puerta principal, puerta, sala de control, pared, baño, mampara, pasillo y ventana de vidrio.

**Tabla 3:** De resultados de los informes de monitoreo de áreas realizadas a las instituciones de salas de radiodiagnóstico donde se encuentran instalados equipos de generadores de rayos X.

N°	Institución	Sala	Punto de medición	H*(10)mSv/a
1	Público	Rayos X convencional	Puerta Principal	Fondo
			Puerta	0.06
			Puerta	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Baño	0.01
2	Público	Mamografía	Mampara	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Baño	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo

3	Público	Rayos X convencional	Puerta Principal	Fondo
			Puerta	0.06
			Puerta	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
		Baño	0.01	
4	Público	Mamografía	Mampara	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Baño	Fondo
			Pared	Fondo
5	Privado	Rayos X convencional	Pared	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
6	Privado	Rayos X convencional	Puerta Principal	0.49
			Pasillo	0.07
			Sala de control	0.46
			Pared	0.23
7	Privado	Rayos X convencional	Ventana vidrio	Fondo
			Puerta	Fondo
			Puerta Principal	0.02
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
8	Privado	Rayos X convencional	Sala de control	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo

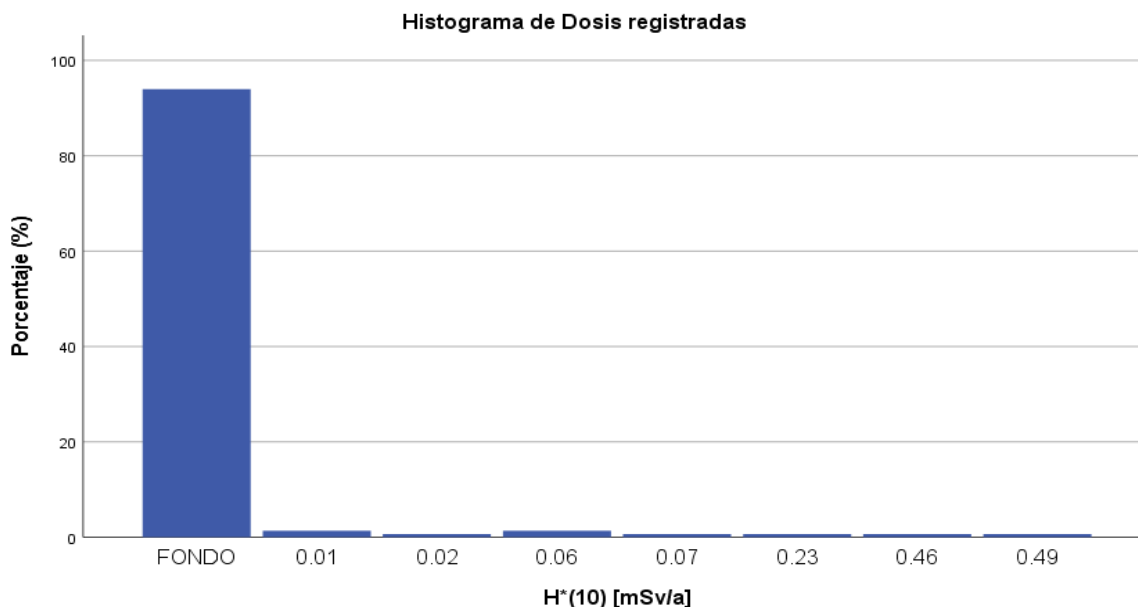
9	Privado	Rayos X convencional	Puerta Principal	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Puerta	Fondo
			Baño	Fondo
			Pared	Fondo
10	Privado	Mamografía	Puerta Principal	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Puerta	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
11	Privado	Rayos X convencional	Puerta Principal	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Mampara	Fondo
12	Privado	Rayos X convencional	Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Puerta	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
13	Privado	Rayos X convencional	Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo



14	Privado	Rayos X convencional	Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
			Puerta	Fondo
15	Privado	Mamografía	Mampara	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
			Pared	Fondo
			Sala de control	Fondo
16	Privado	Rayos X convencional	Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
17	Privado	Rayos X convencional	Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
18	Privado	Rayos X convencional	Sala de control	Fondo
			Ventana vidrio	Fondo
			Puerta	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Baño	Fondo
			Pasillo	Fondo
19	Privado	Rayos X convencional	Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Ventana vidrio	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Baño	Fondo

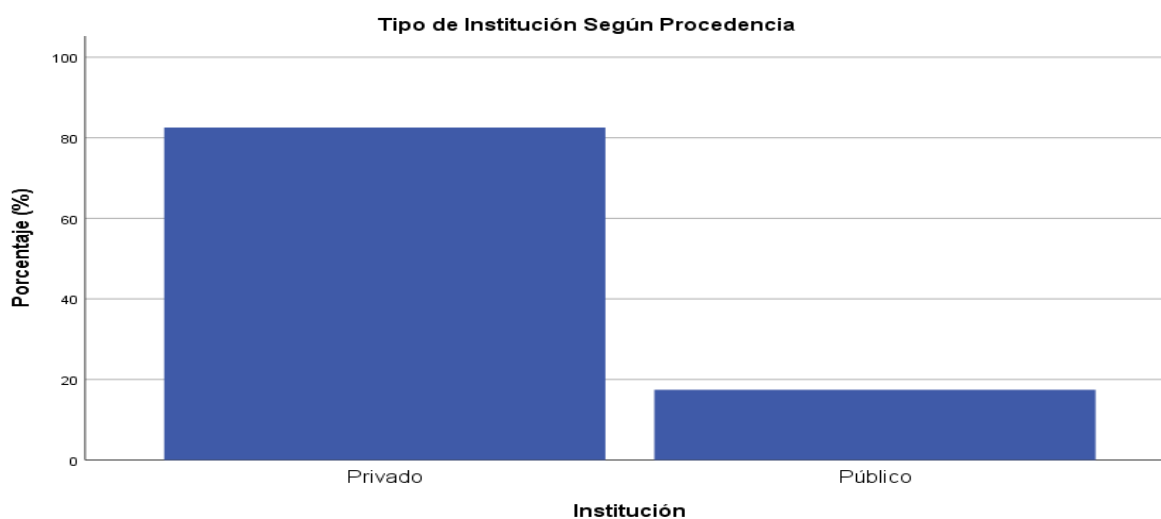
20	Privado	Mamografía	Sala de control	Fondo
			Puerta	Fondo
			Baño	Fondo
			Puerta Principal	Fondo
21	Privado	Tomografía	Sala de control	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
22	Privado	Tomografía	Sala de control	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
23	Privado	Fluoroscopia	Puerta Principal	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Baño	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
24	Privado	Rayos X convencional	Puerta Principal	Fondo
			Sala de control	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pasillo	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo
			Pared	Fondo

*Grafico 1 Histograma que refleja el porcentaje del mayor valor encontrado en las mediciones de las dosis*



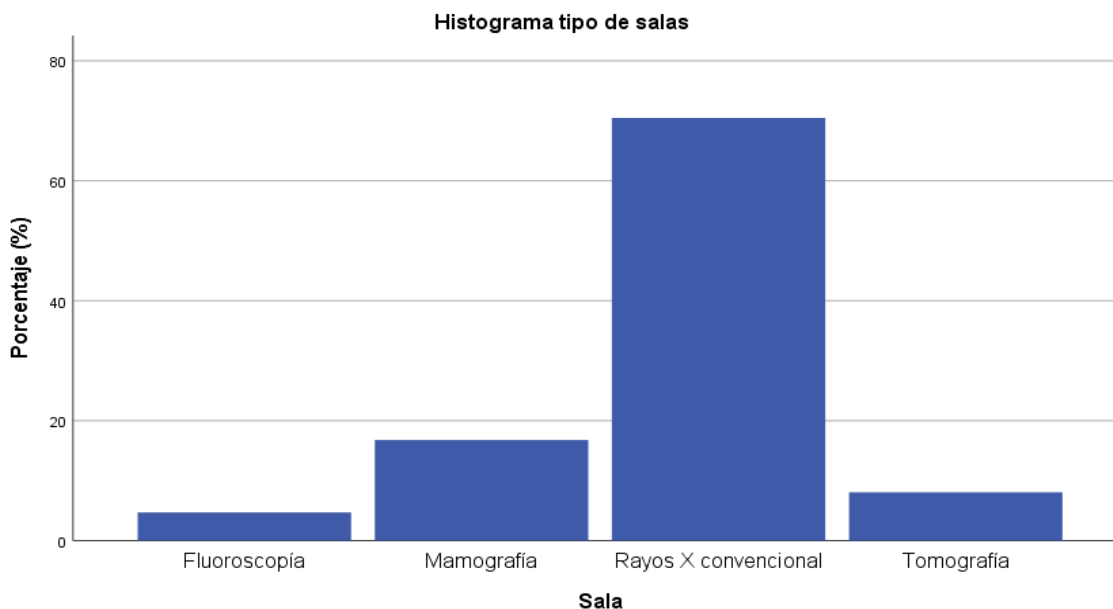
**GRAFICO 1.** Histograma de Dosis registradas muestra que el 97% de las salas registradas la dosis equivalente está a nivel de fondo natural y un porcentaje mínimo de 3% tienen dosis superiores al fondo. Para poder observar el grafico 1 se establece que fondo tiene un valor de dosis igual a cero.

*Grafico 2 Muestra el tipo de instituciones que fueron evaluadas*



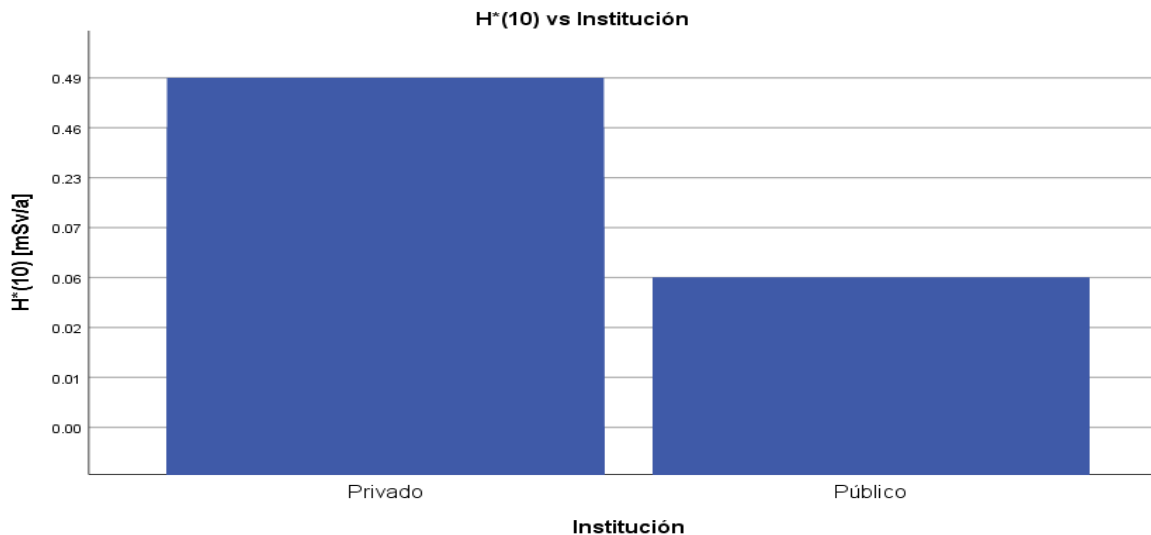
**GRAFICO 2:** Muestra el porcentaje de las instituciones privadas y pública teniendo un mayor porcentaje de un 82% institución privada y con el mínimo porcentaje de 18% con las instituciones públicas

Grafico 3 se puede observar las salas que fueron evaluadas según su utilización



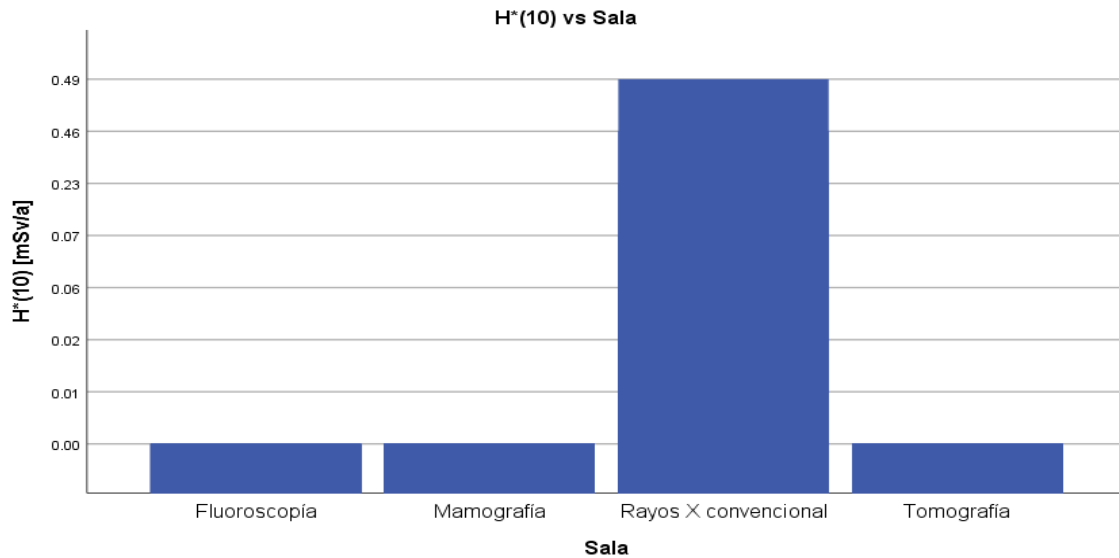
**GRAFICO 3:** Muestra en el levantamiento radiométrico las sala que mayormente se monitorea son las de Rayos X Convencional, obteniendo la mayor técnica que se utiliza para diagnostico en el país es RX.

Grafico 4 muestra la dosis según el tipo de institución



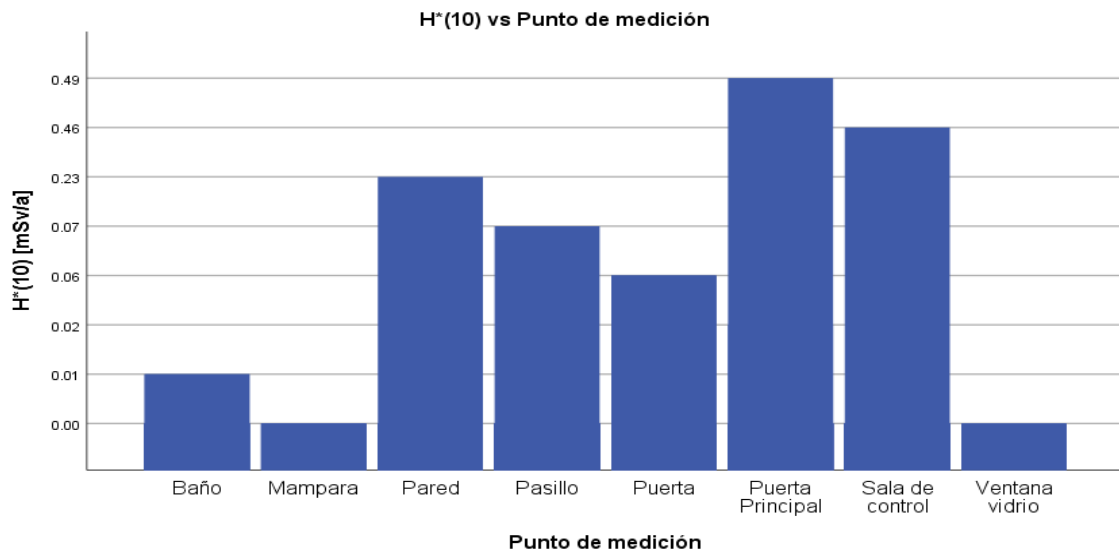
**GRAFICO 4:** El valor de dosis equivalente ambiental para las instituciones privadas son 0.49 mSv/a y aproximadamente 0.06 mSv/a la pública. El porcentaje de las instituciones privada es mayor.

Grafico 5 refleja la dosis medida según el tipo de estudios que se realizan en ella.



**GRAFICA 5:** Muestra la dosis ambiental de las salas de los equipos generadores, teniendo mayor dosis ambiental las salas de rayos X convencional con un valor de 0.49 mSv/a para las demás se muestra valor de fondo: mamografía, fluoroscopia y tomografía.

Grafico 6 muestra la dosis evaluada según el punto de medición en las salas



**GRAFICA 6:** Muestra la dosis ambiental de cada punto de medición donde se observa la mayor dosis, teniendo un análisis en la puerta principal en las salas de rayos X convencional donde lo observamos en la gráfica #3 con el punto de medición 0.49 mSv/a es la que mayor dosis equivalente ambiental medida y con la mínima dosis de fondo mampara y ventada de vidrio.

## CONCLUSIÓN

Se elaboró una base de datos basada en la información proporcionada en los informes de ensayo de monitoreo la cual incluye 24 instituciones donde se distribuyen en 20 privadas y 4 públicas con salas de Rayos X Convencional, Mamografía, Fluroscopía, y Tomografía tomando en cuenta los puntos evaluados de las salas son Puerta principal, Puerta (vestidor u otros), Sala de control, Pared, Baño, Mampara, analizando 149 puntos de medición.

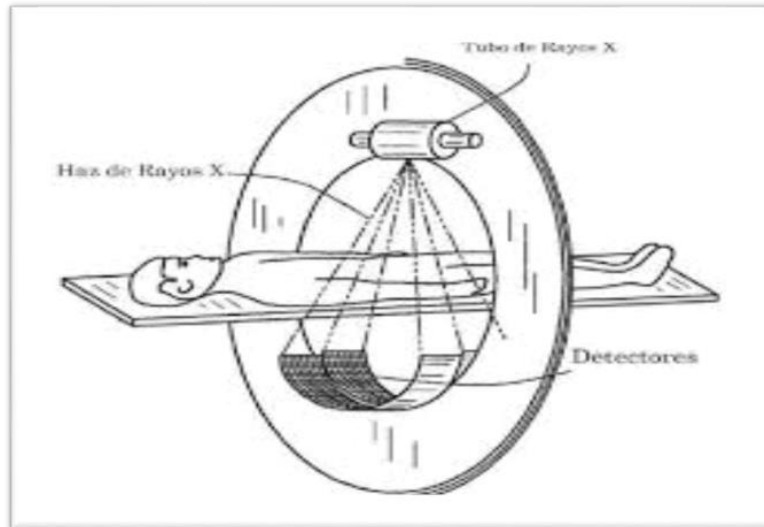
Se analizaron los resultados en los cuales se puede observar que la mayor dosis equivalente ambiental obtenida en la puerta principal de salas de equipos de generadores de Rayos X convencional fue de 0.49 mSv/a la restricción de dosis según la normativa nacional es de 10mSv/a, para la práctica de radiología diagnostica e intervencionismo

## BIBLIOGRAFIA

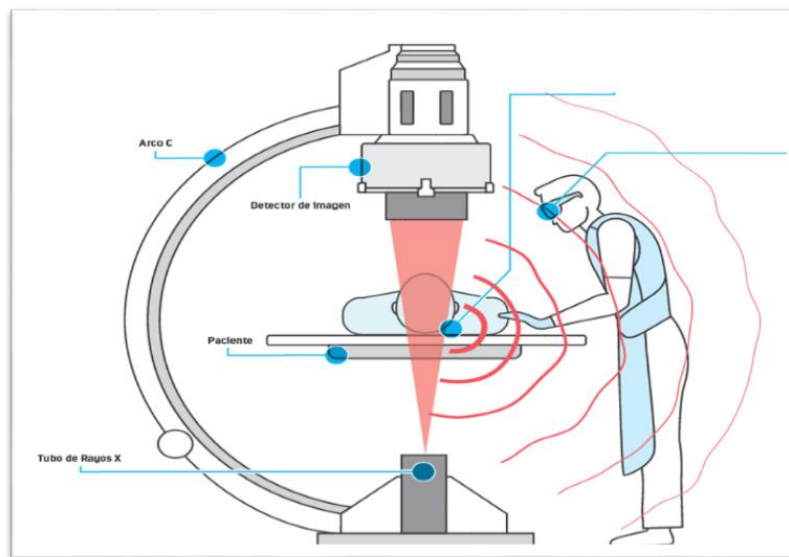
- (NIBIB), N. I. (julio de 2013). *Tomografía Computarizada (TC)*.
- CONEA. (2000). *Reglamento Sobre Gestión de Desechos Radiactivos de la República de Nicaragua*. Nicaragua: Ministerio de Salud.
- CSN. (2012). *Consejo de Seguridad Nuclear*. Obtenido de Consejo de Seguridad Nuclear.
- FLUROSCOPIA, M. D. (24 de Agosto de 2019). <https://www.pardell.es/fluoroscopia-1.html>. Obtenido de <https://www.pardell.es/fluoroscopia-1.html>.
- Gisele, G. (2016). *Protocolo de control de calidad y comisamiento de fantoma para imagenes de tomografia computada*.
- Imagenes, I. y. (29 de Noviembre de 2015). <http://kingsarai123.blogspot.com/2015/11/mamografia-convencional.html>.
- LAF-RAM. (2018). *Aspectos tecnicos de seguridad radiologica de instalaciones medicas de rayos X paradiagnostico*. Managua .
- Libre, M. (10 de 5 de 1999). *Mercado Libre*. Obtenido de Mercado Libre: <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjHtZfa1KvmAhUKpFkKHceZB0gQjB16BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Flistado.mercadolibre.com.ar%2Fsalud-y-equipamiento-medico%2Fequipo-radiologia-raicord-650&psig=AOvVaw0IkQloKa30Op3EXZJafTO2&ust=1576085911>
- metrologia(LAF-RAM), L. d. (s.f.). *Guia Para Monitoreo De Areas*. Managua.
- Ortez, D. A. (4 de febrero de 2016). *UNAN.EDU.NI*. Obtenido de UNAN.EDU.NI: <http://repositorio.unan.edu.ni/1477/1/40173.pdf>
- Ramos, O. D., Fredes, O. F., Leyton, F., María, A., & tagle, S. (11/09/2019). *Manual de protección Radiológicas y de buenas prácticas en Radiología Dento-Maxilo-Facial*. Chile: Instituto de Salud Pública de Chile.

## ANEXOS

### Ilustración del equipo generador de radiodiagnóstico

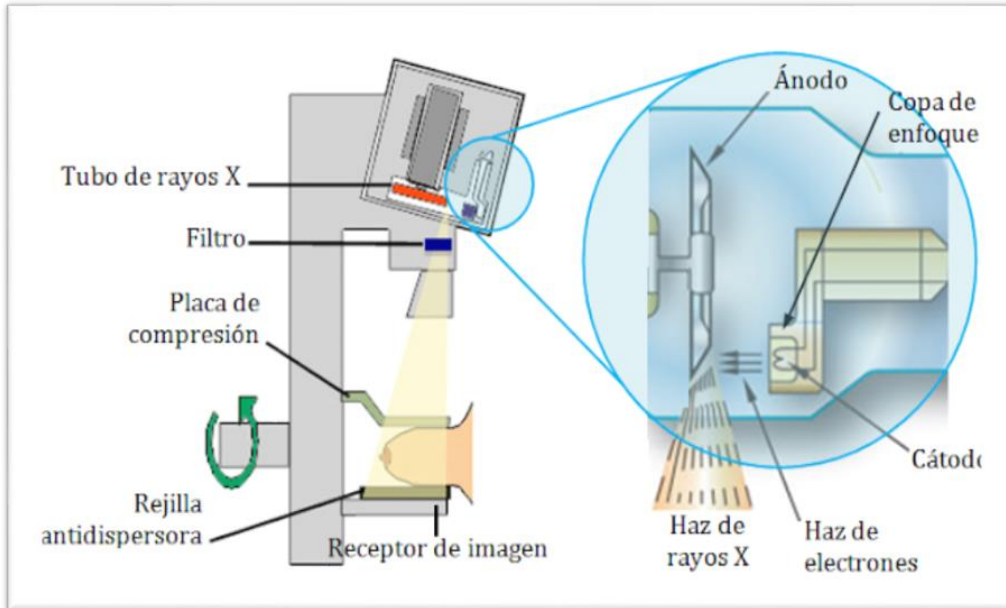


**Ilustración 1: Escáner de TC. Contiene una fuente emisora de rayos X y un conjunto de detectores; ambos se mueven en forma sincronizada alrededor del paciente en un modelo combinado de rotación y traslación. (Gisele, 2016)**

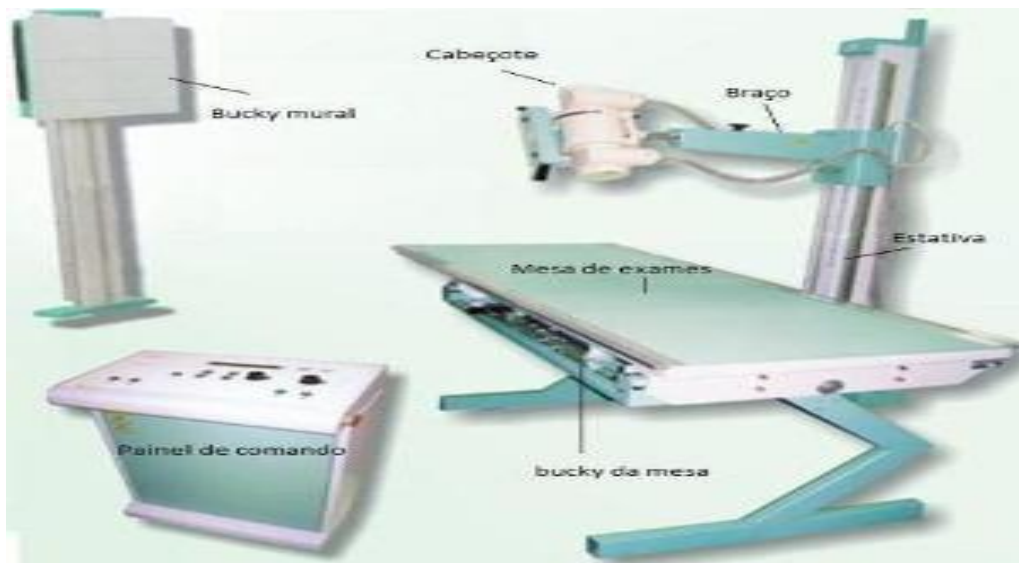


**Ilustración 2: Método de obtención de imágenes de rayos X en tiempo real, considerada como una herramienta muy eficaz para una gran variedad de exámenes diagnóstico (FLUROSCOPIA, 2019)**





**Ilustración 3: Esquema de un Mimógrafo que contiene una fuente de emisora de rayos X que produce una pequeña dosis que atraviesa el seno hacia un detector. (Imagenes, 2015)**



**Ilustración 4: Esquema del equipo de Rayos X Convencional con sus partes. (Libre, 1999)**