

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**“DOSIMETRÍA DE LA ENERGÍA IONIZANTE EN MÉDICOS Y  
TÉCNICOS DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA”**

**BERTA ELISA COTO PACHECO  
MELISSA ALITZÁ CEBALLOS GARCÍA**

Tesis

Presentada ante las autoridades de la  
Escuela de Estudios de Postgrado de la  
Facultad de Ciencias Médicas  
Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en  
Radiología e Imágenes Diagnósticas  
Para obtener el grado de  
Maestras en Ciencias Médicas con Especialidad en  
Radiología e Imágenes Diagnósticas  
Febrero 2015



ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE  
POSTGRADO

# Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

Las Doctoras:

**Berta Elisa Coto Pacheco**

Carné Universitario No.: 100021453

**Melissa Alitzá Ceballos García**

Carné Universitario No.: 100021447

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestras en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas, el trabajo de tesis "Dosimetría de la energía ionizante en médicos y técnicos del departamento de radiología".


Que fue asesorado: Dr. Eduardo Alfonso Montenegro Pellecer MSc.

Y revisado por: Dr. Leafar Rafael López Echeverría

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para febrero 2015.

Guatemala, 26 de enero de 2015

  
**Dr. Carlos Humberto Vargas Reyes MSc.**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado

  
**Dr. Luis Alfredo Ruiz Cruz MSc.**  
Coordinador General  
Programa de Maestrías y Especialidades

/lamo

Guatemala 19 de agosto de 2014

Doctor  
Edgar Axel Oliva González M.Sc.  
Coordinador Específico de Programas de Postgrado  
Hospital General San Juan de Dios  
Edificio.-

Estimado doctor Oliva González:

Por este medio le informo que asesoré el contenido del Informe Final de Tesis con el título **“Dosimetría de la energía ionizante en médicos y técnicos del departamento de radiología”**; presentado por las Doctoras: Berta Elisa Coto Pacheco y Melissa Alitzá Ceballos García, el cual apruebo por llenar los requisitos solicitados por la Maestría en Radiología e Imágenes Diagnósticas del Hospital General San Juan de Dios y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

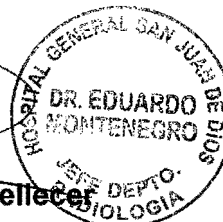
Sin otro particular, me suscribo de usted

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
**Dr. Eduardo Alfonso Montenegro Pellecer**  
**Asesor de Tesis**

Docente Responsable Postgrado Radiología e Imágenes Diagnósticas  
Jefe Departamento Radiología  
Hospital General San Juan de Dios



Guatemala 14 de agosto de 2014

Doctor  
Edgar Axel Oliva González M.Sc.  
Coordinador Especifico de Programas de Postgrado  
Hospital General San Juan de Dios  
Edificio.-

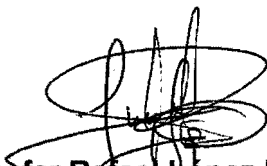
Estimado doctor Oliva González:

Por este medio le informo que revisé el contenido del Informe Final de Tesis con el título **“Dosimetría de la energía ionizante en médicos y técnicos del departamento de radiología”**; presentado por las Doctoras: Berta Elisa Coto Pacheco y Melissa Alitzá Ceballos García; el cual apruebo por llenar los requisitos solicitados por la Maestría en Radiología e Imágenes Diagnósticas del Hospital General San Juan de Dios y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de usted

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



**Dr. Leafar Rafael Lopez Echeverría**  
**Revisor de Tesis**

Docente Postgrado Radiología e Imágenes Diagnósticas  
Hospital General San Juan de Dios

## INDICE

RESUMEN	i
I.INTRODUCCIÓN	2
II. ANTECEDENTES	
2.1 Contextualización del área de estudio	4
2.2 Radiación ionizante	5
a. Alfa	6
b. Beta	6
c. Gamma	7
2.3 Fuentes de Radiación	7
a. Fuente de Radiación Externas	7
b. Fuentes de Radiación Internas	7
2.4 Clasificación de personas ocupacionalmente expuesta	8
2.5 Dosimetría personal	8
a. Dosimetría de película fotográfica	9
b. Dosimetría de termo luminiscencia	9
i. Dosímetro Termo luminiscente Abreviado a Dosímetro	9
i. Lector Termo luminiscente Abreviado Lector	10
i. Dosimetría Termo luminiscente Abreviado a Sistema	10
i. Dosímetro Personal	10
2.6 Medida de la exposición externa	10
2.7 Dosis equivalente personal	10
2.8 Efectos dañinos de la radiación ionizantes	12
a. Efectos Estocásticos	12
b. Efectos no Estocásticos o Determinísticos	13
Otro método	
a. Efectos directo	13
b. Efectos indirectos	13
2.9 Unidades Radiológicas	14
α. Roetgen (R)	14
β. Rad (Gy)	14

χ. Rem (Sv)	15
δ. Curie (Ci) (Bq)	15
2.10 Dosis de radiación	16
a. Límites para trabajadores	17
b. Exposición profesional de mujeres fecundas	18
c. Exposición profesional de la mujer embarazada	18
d. Límites para el público	19
2.11 Protección radiológica	20
2.12 Síntomas secundarios a radiación	21
a. Síndrome de radiación agudo	21
b. Síndrome hematológico	22
c. Síndrome Gastrointestinal (GI)	22
d. Síndrome del Sistema Nervioso Central	22
III. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo General	23
3.2 Objetivos Específicos	23
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	24
4.1 Tipo y diseño de Investigación	24
4.2 Unidad de análisis	24
4.3 Unidad de información	24
4.4 Unidad de muestreo	24
4.5 Población y muestreo	24
4.5.1 Población	24
4.5.2 Muestra	24
4.6 Criterios de inclusión y exclusión	24
4.7 Variables	25
V. RESULTADOS	26
VI. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	37
6.1 Conclusiones	38
6.2 Recomendaciones	39
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	43
VIII. ANEXOS	46
8.1 Consentimiento Informado	47
8.2 Encuesta	48
8.3 Autorización de autor	49

## INDICE DE TABLAS

- TABLA#1 Datos de dosimetría anual de los trabajadores del Departamento de radiología en el año 2012 27
- TABLA #2 Edad de personal que labora en el Departamento de Radiología en el año 2012 29
- TABLA # 3 Genero que labora en el departamento de Radiología, durante el año 2012 30
- TABLA # 4 Puesto laboral desempeñado en el departamento de Radiología durante el año 2012 31
- TABLA # 5 Tiempo de laborar en el departamento de Radiología 32
- TABLA # 6 Sintomatología presentada en el personal que labora en el departamento de Radiología durante el año 2012 34
- TABLA #7 Frecuencia de accidentes laborales en el departamento de Radiología durante al año 2012 35
- TABLA # 8 Seguridad en cuanto a protección Radiológica del Personal que labora en el departamento de Radiología Durante el año 2012 36
- TABLA # 9 Existen radioprotectores para el personal que labora en el departamento de radiología durante el año 2012 37
- Tabla # 10 Cumplimiento de las normas de radioprotección en el departamento de Radiología durante el año 2012 38

## INDICE DE GRAFICAS

- GRÁFICA #1 Dosimetría mensual de los trabajadores del Departamento de Radiología 2012 28
- GRAFICA #2 Edad de personal que labora en el departamento De radiología en el año 2012 29
- GRAFICA # 3 Genero de personal que labora en el departamento De Radiología durante el año 2012 30
- GRAFICA #4 Puesto laboral desempeñado en el departamento de Radiología durante el año 2012 31
- GRAFICA # 5 Tiempo en que el personal de Radiología a laborado en dicho departamento. 33
- GRAFICA # 6 Presencia de sintomatología en personal que labora en el departamento de Radiología durante el año 2012 34
- GRAFICA # 7 Frecuencia de accidentes laborales en el departamento De Radiología durante el año 2012 35
- GRAFICA # 8 Seguridad en cuanto a la protección radiología del Personal que labora en el departamento de Radiología Durante el año 2012 36
- GRAFICA # 9 Existencia de radioprotectores para el personal que Labora en el departamento de Radiología durante el Año 2012 37
- GRAFCIA #10 Cumplimiento de las normas de radioprotección en En el Departamento de Radiología durante el año 2012 38



## RESUMEN

**Problema:** En una realidad que cada día se trabaja con más radiación para un mejor diagnóstico por lo que es importante describir si la radiación y protección radiológica de los trabajadores en esta área no exceden de la dosis anual y tienen una adecuada protección radiológica como personal institucional.

**Objetivos:** Describir la radiación y protección radiológica en persona médico y técnicos en el departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios durante el año 2012.

**Metodología:** Estudio descriptivo realizando una encuesta estructurada a cada persona para evaluar la protección radiológica personal y recaudando la dosimetría anual de cada uno para correlacionar encuesta-dosímetro.

**Resultados:** Los niveles de dosimetría anual del personal médico, residente y personal técnico en el departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios en el año 2012 fueron por debajo de los 2.6 milisivert, lo que nos indica que no se exceden los niveles de radiación anual estimadas para el personal ocupacional. Esto refleja la educación preventiva y conocimiento de las normas de protección del personal ya que los niveles de dosimetría se encuentran dentro de límites aceptables. Sin embargo la mayoría del personal (54%) se siente inseguro en cuanto a protección radiológica sabiendo que cuentan con radioprotectores. En cuanto a accidentes laborales la mayoría 82% no ha tenido ninguno.

**Conclusiones:** La dosimetría anual de cada trabajador no excedió la dosis anual lo que refleja que se siguen las normas de protección radiológica en el departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios. Importante resaltar que los trabajadores del departamento de Radiología se exponen toda su vida laboral a radiación por lo cual es importante que hagan buen uso del dosímetro y protección radiológica ya que si no lo hacen esto puede traer repercusiones tanto inmediata como tardíamente.

## I. INTRODUCCION

En sus orígenes las radiaciones fueron usadas en aplicaciones médicas, industriales e investigaciones sin saber los efectos adversos que pueden producir al ser humano. Es así como varios de los pioneros en esta ciencia experimentaron las nefastas consecuencias de las radiaciones y en algunos casos, encontraron hasta la muerte.

Desde el inicio del descubrimiento de los Rayos X por el científico Roentgen, estos han sido de gran utilidad para la humanidad, sobre todo en el área médica, pero debido al abuso de esta nueva tecnología, se evidenciaron los graves efectos adversos del mal uso de los mismos, como quemaduras, procesos neoplásicos etc.

Paradójicamente las radiaciones son usadas para el tratamiento contra el cáncer y como radiodiagnóstico, pero, si el personal se sobreexpone a éstas, pueden generar efectos biológicos nocivos o daños por efectos estocásticos (o probabilísticos ) debido a dosis pequeñas, o sea que en pequeña dosis de radiación es probable que produzca un daño.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha recomendado desde 1990 la reducción en un 60% los límites máximos de dosis de radiación para el personal ocupacionalmente expuesto. Esto indica la importancia de controlar cuantitativamente la dosis efectiva recibida por los trabajadores, a fin de lograr la máxima seguridad durante el empleo de las radiaciones ionizantes.

Según la Radiation Research en su publicación de mayo del 2011, el cuerpo humano generalmente está expuesto a radiación en cada procedimiento médico diagnóstico por imágenes y en los diversos procedimientos de tratamiento para el cáncer. Pocos estudios han considerado el impacto de las dosis clínicas de radiación en la función celular que prolifera, se diferencia y contribuye al mantenimiento de la masa muscular.

(1)

Se ha sabido por muchos años que la exposición a la radiación produce deterioro en líneas celulares no específicas de células irradiadas. La evidencia empieza a demostrarse que a través de los efectos deletéreos de la radiación empiezan a surgir

aberraciones epigenéticas. (2)

En mayo del 2011 Wilfried Goetz en su investigación “Los efectos cualitativos de la radiación en el genoma y la metilación del AND en las líneas celulares irradiadas” encuentra que la radiación induce cambios repetitivos en la metilación global de ADN. Desde que las alteraciones en la metilación han surgido como uno de los mas importantes y consistentes en la alteración molecular del cáncer, estos datos sugieren la posibilidad que la inducción de la radiación puede producir un riesgo de carcinogénesis que dependerá de las cualidades de la radiación. (2)

Según lo publica Di Giorgio M, et. al en febrero del 2011, se necesitan protocolos bien definidos y estándares de calidad para el manejo indispensable en laboratorios de dosimetría biológica. Se requiere participar en habilidades de pruebas periódicas en comparaciones de laboratorio. (3)

La ciencia de la radiación procura caracterizar, cuantificar y entender la relación entre la enfermedad y la exposición a la radiación. En epidemiología humana, se busca evaluar las formas de riesgo ocupacional, ambiental, accidental y medico por la exposición a radiación, mientras que los estudios experimentales en animales o células proveen de información que nos ayuda a entender los mecanismos de la radiación y su asociación con la enfermedad. (4)

López Gutiérrez CA, en su investigación para determinar el cumplimiento de las normas de seguridad contra la radiación Roentgen existente en los hospitales San Juan de Dios, Roosevelt, Modular de Chiquimula y Nacional de Antigua Guatemala; encontró que las medidas en cuanto a protección personal y ambiental recomendadas en la literatura contra la radiactividad se cumplen. También encontró que el promedio de laborar con rayos X, del grupo encuestado fue de 14.44; con una edad promedio de 24.33 años. De los encuestados 11 consideraron peligroso el trabajo. Un 86.66/100 llevan dosimetría. Tres casos refirieron haber sufrido lesión de quemadura. Un 20 % alguna vez ha tenido nauseas y vómitos sin causa aparente. (5)

Cuando ocurre un accidente de radiación, la dosis de radiación absorbida hacia los trabajadores puede ser encontrada en los objetos personales. Sin embargo, para quienes no tienen el equipo de protección necesario, una alternativa debe establecerse y por lo

cual existe una urgente necesidad para la aplicación continua de los sistemas de dosimetría. (6)

Varios estudios indican que un método que es simple, replicable, y de uso clínico rutinario rápido para calcular dosis básicas de irradiación en todo el cuerpo ha sido probado con 8 MV rayos-x. La dosimetría sigue, en la medida de lo posible, las recomendaciones a nivel nacional e internacional por convención de radioterapia. (7)

Hemos de mencionar también que no existen estudios recientes que indiquen cual es la situación del nivel de radiación ionizante en los médicos y técnicos del departamento de Radiología del Hospital General San Juan de Dios.

Por tal motivo, con este estudio se pretende conocer el nivel de exposición de Radiación del personal ocupacionalmente expuesto en el departamento de Radiología. Además será correlacionado con una encuesta la cual pregunta si el departamento cuenta con equipo de protección radiológica, si lo utiliza y si no han tenido síntomas secundarios a radiación.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Contextualización del área de estudio

El Departamento de Guatemala se encuentra situado en la región I o región Metropolitana, su cabecera departamental es Guatemala, limita al Norte con el departamento de Baja Verapaz; al Sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa; al Este con los departamentos de El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; y al Oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango. Se ubica en la latitud  $14^{\circ} 38' 29''$  y longitud  $90^{\circ} 30' 47''$ , y cuenta con una extensión territorial de 2,253 kilómetros cuadrados. El idioma predominante es el español, pero también se habla el cakchiquel y pocomam. (8)

Entre sus accidentes orográficos no puede pasar desapercibido el imponente volcán de Pacaya, localizado al sur del lago de Amatitlán, con una altura de 2,250 metros. Su ascenso puede iniciarse desde Santa Elena Barillas o San Francisco de Sakes y de la Meseta puede llegarse en una hora al cono, que fue formado en 1965. Es un volcán activo y últimamente ha tenido varias erupciones. (8)

El departamento cuenta además con gran cantidad de turicentros artificiales, sitios recreativos, piscinas de hoteles, clubes, asociaciones públicas y privadas. (8)

El Hospital General San Juan de Dios se encuentra en la zona 1 de la ciudad capital, es un hospital de referencia nacional. (9)

### 2.2 Radiación ionizante

Son radiaciones con energía necesaria para arrancar electrones de los átomos. Cuando un átomo queda con un exceso de carga eléctrica, ya sea positiva o negativa, se dice que se ha convertido en un ión (positivo o negativo).(10) La emisión de radiaciones ionizantes es una característica común a muchos átomos en cuyo núcleo el número de neutrones resulta escaso o excesivo, lo que les hace inestables. Esos átomos son llamados "radiactivos". En ellos, las ligaduras nucleares se transforman en busca de configuraciones más estables, a la vez que se libera energía, asociada a la radiación

emitida. Entonces son radiaciones ionizantes los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma. Las radiaciones ionizantes.(10)

Pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interaccionan. Por ejemplo, son capaces de romper los enlaces químicos de las moléculas o generar cambios genéticos en células reproductoras. (11)

La energía depositada por las radiaciones ionizantes al atravesar las células vivas da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas. Las lesiones producidas por la radiación ionizante de naturaleza corpuscular (protones o partículas alfa) son, en general, menos reparables que las generadas por una radiación ionizante fotónica (rayos X o rayos gamma). El daño en las moléculas de ADN que queda sin reparar o es mal reparado puede manifestarse en forma de mutaciones cuya frecuencia está en relación con la dosis recibida.(12)

### **Tipos**

#### **a. Alfa**

Las partículas alfa son conjuntos de dos protones y dos neutrones, es decir, el núcleo de un átomo de helio, eyectadas del núcleo de un átomo radiactivo. La emisión de este tipo de radiación ocurre en general en átomos de elementos muy pesados, como el uranio, el torio o el radio. El núcleo de estos átomos tiene bastantes más neutrones que protones y eso los hace inestables. Al emitir una partícula alfa, el átomo cambia la composición de su núcleo, y queda transformado en otro con dos protones y dos neutrones menos. Esto se conoce como transmutación de los elementos. Así por ejemplo, cuando el uranio 238 cuyo número atómico ( $Z =$  número de protones en el núcleo) es de 92, emite una partícula alfa, queda transmutado en un átomo de torio 234, cuyo número atómico es de 90. (10)

#### **b. Beta**

Las partículas beta tienen una carga negativa y una masa muy pequeña, por ello reaccionan menos frecuentemente con la materia que las alfa pero su poder de penetración es mayor que en estas (casi 100 veces más penetrantes). Son frenadas por metros de aire, una lámina de aluminio o unos cm. de agua. (10)

### c. **Gamma**

Las emisiones alfa y beta suelen ir asociadas con la emisión gamma. Es decir las radiaciones gamma suelen tener su origen en el núcleo excitado generalmente, tras emitir una partícula alfa o beta, el núcleo tiene todavía un exceso de energía, que es eliminado como ondas electromagnéticas de elevada frecuencia. Los rayos gamma no poseen carga ni masa; por tanto, la emisión de rayos gamma por parte de un núcleo no conlleva cambios en su estructura, interaccionan con la materia colisionando con las capas electrónicas de los átomos con los que se cruzan provocando la pérdida de una determinada cantidad de energía radiante con lo cual pueden atravesar grandes distancias, Su energía es variable, pero en general pueden atravesar cientos de metros en el aire, y son detenidas solamente por capas grandes de hormigón, plomo o agua. (10)

## **2.3 Fuentes de Radiación**

### a. **Fuente de Radiación Externas**

La productoras de radiación procedente del espacio exterior (radiación cósmica), y los materiales radiactivos presentes en la corteza terrestre ( radiación terrestre).(13)

Los responsables principales de la *radiación externa* son los *rayos cósmicos* de origen extraterrestre que bañan la Tierra. Esta radiación llega a nuestro planeta después de viajar por miles de años desde alguna estrella lejana. Durante las diversas etapas de la evolución de una estrella, ésta emite rayos X, rayos gamma, ondas de radio, neutrones, protones o núcleos más pesados que viajan por el vacío espacio interestelar a la velocidad de la luz o cerca de ella, hasta chocar con alguna molécula o átomo. La probabilidad de chocar con la Tierra es pequeñísima, pero la cantidad de radiación es inmensa. Tan sólo recordemos que cada galaxia contiene unos cien mil millones de estrellas y se calcula que existen cientos de miles de millones de galaxias en el Universo. Grandes cantidades de radiación son producidas, por ejemplo, durante la explosión de una supernova, hecho que le ocurre a unos 100 millones de estrellas durante los 10 mil millones de años que son la vida estimada de una galaxia. (14)

### b. **Fuentes de Radiación Internas**

Las debidas a la presencia en el cuerpo humano de radionucleidos procedentes del medio ambiente, que penetran en el organismo por ingestión e inhalación, tales

como: potasio-40 (40K), carbono -14 (  $^{14}\text{C}$  ), radio -226 ( $^{226}\text{Ra}$ ), etc. Estas fuentes naturales de radiación dan lugar a una dosis absorbida por el hombre, cuya cuantía varía de unos lugares a otros. A la exposición producida por esta radiación natural, llamada también radiación de fondo, hoy se suma la debida a ciertas actividades humanas que, desde hace aproximadamente un siglo, y escalonadamente, han venido a aumentar de forma notoria las dosis recibidas por la humanidad en general (creación de fuentes artificiales de radiación e introducción de tecnologías que implican la utilización de radiaciones).

A este respecto, debe señalarse que una de las grandes contribuciones a la dosis total que muchos individuos reciben al cabo del año procede del propio campo de la medicina, donde la aplicación de radiaciones ha crecido continuamente, y de forma especial en las áreas de radiodiagnóstico, diagnóstico en medicina nuclear y terapia con radiaciones ionizantes. La necesidad de protegerse contra los efectos perjudiciales de la radiaciones ionizantes ya se hizo patente al poco tiempo de comenzar la utilización de rayos X con fines médicos. Actualmente, los beneficios de la utilización de las radiaciones ionizantes pueden obtenerse con un alto grado de seguridad, siempre que los procedimientos de trabajo se fundamenten en el conocimiento y la precaución, no el miedo y la ignorancia. (13)

#### **2.4 Clasificación de personas ocupacionalmente expuesta**

Se consideran Personas Ocupacionalmente Expuesta (POE) aquellas personas que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien sea de modo ocasional, están sometidos a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes susceptibles de entrañar dosis anuales superiores a un décimo de los límites de dosis anuales fijados para los trabajadores. (13)

#### **2.5 Dosimetría personal**

La dosimetría Personal consiste en medir, persona a persona, la dosis que recibe en su trabajo diario; además, nos sirve de base para evaluar de manera inmediata el grado de eficacia de los sistemas de Protección Radiológica. (13)

Hay casos, no obstante, en los que, si el riesgo radiológico es suficientemente bajo, puede bastar con una vigilancia radiológica del ambiente en que los trabajadores desarrollan su actividad laboral. Asimismo, en aquellas actividades que impliquen riesgo de contaminación interna se efectúa una vigilancia individual mediante métodos directos y/o indirectos. (15)



Métodos más usuales para llevar a cabo una dosimetría personal

- Dosimetría de cámara de ionización ( Dosímetro de Bolsillo )
- Dosimetría de Película Fotográfica ( Filme)
- Dosimetría de Termo luminiscencia ( TLD )
- Dosimetría de Cámara de ionización ( Dosímetro de Bolsillo)

Poseen una apariencia externa de un lapicero y se usan para obtener, de manera inmediata, el valor de la exposición a que se ha estado sometido. El modelo más usual en cámaras de ionización de bolsillo, sirve para evaluar radiación gamma y para las partículas beta que atraviesen las paredes de la cámara.(13)

**a. *Dosimetría de película fotográfica***

Están basados en los mismos principios que las películas fotográficas impresionadas por acción de la luz o que la de las radiografías con rayos X. Mediante un proceso químico denominado de revelado, se puede poner de manifiesto la imagen latente dejada por la radiación en la película dosimétrica. Las radiaciones transfieren energía a la emulsión excitando a los electrones, formando átomos de plata, patentizando el ennegrecimiento aparecido en la película por efecto de las radiaciones y no apreciable a simple vista. (13)

**b. *Dosimetría de termo luminiscencia***

La Termo luminiscencia es una característica física de ciertos materiales cristalinos llamados fósforos. Ellos absorben energía de la radiación ionizante y liberan esta en forma de luz cuando son calentados a temperaturas superiores a 200 grados Centígrados La intensidad de luz puede ser medida y relacionada con la dosis de radiación. Varias formas de fósforo son utilizadas como dosímetros termo luminiscentes, por ejemplo, el Fluoruro de Litio y Borato de Litio los cuales tienen una respuesta lineal entre los 100 uSv y los 5 Sv.(13)

**i. *Dosímetro Termo luminiscente ( TL ) Abreviado a Dosímetro***

Un dispositivo pasivo consistiendo de uno o más detectores TL. Los cuales pueden estar ubicados dentro de un porta dosímetro ( apropiado a la aplicación ), diseñado para ser portado sobre el cuerpo de las personas o ubicado en un ambiente para los propósitos de valorar la dosis equivalente apropiada en la posición ( o cerca de la misma ) en donde es publicado.

**i. Lector Termo luminiscente ( TL ) – Abreviado Lector**

Instrumento usado para medir la luz emitida de los detectores en los dosímetros termo luminiscentes, consistiendo esencialmente de un dispositivo de calentamiento, un dispositivo de medición de la luz y la electrónica asociada.

**1. Sistema de Dosimetría Termo luminiscente ( TL ) – Abreviado a Sistema**

El dosímetro TL, lector, todo el equipo asociado y procedimiento usados para obtener el valor evaluado.

**i. Dosímetro Personal ( TL )**

Dosímetro diseñado para ser portado sobre el cuerpo. Lectura : Proceso de medición de la luz emitida cuando un detector termo luminiscente es calentado dentro del lector TL. Valor de Lectura: Valor indicado por un lector TL después de la lectura de un detector, expresado en unidades apropiadas a la salida del lector. (16)

**2.6 Medida de la exposición externa**

La magnitud de las dosis potenciales y el tipo de dosímetro usado influye en el período deportación, esto es con cuanta frecuencia se debe cambiar el dosímetro. Los dosímetros pasivos (no de lectura directa) deben ser portados por períodos no cortos (por ejemplo, cuatro semanas) cuando hay riesgo de exposiciones muy grandes. Los dosímetros de cuerpo entero deben sujetarse sobre la ropa entre el cuello y el pecho.

Cuando se usa ropa protectora. Es necesario que el lugar en donde se sujeta el dosímetro este libre de monedas u otros elementos.(13)

**2.7 Dosis equivalente personal**

La dosis equivalente personal,  $H_p(d)$ , es la dosis equivalente en tejido suave, a una apropiada profundidad,  $d$ , en un punto específico sobre el cuerpo. Unidad;  $J\ kg^{-1}$ . El nombre especial para la unidad de dosis equivalente personal es sievert ( Sv )

Cualquier informe de dosis equivalente personal debe incluir una especificación de la profundidad de referencia,  $d$ . Para simplificar la notación,  $d$  debe ser expresado en mm. Para radiación débilmente penetrante, una profundidad de 0.07 mm para la piel y 3mm para el cristalino son empleadas. La dosis equivalente personal para estas profundidades es denotada por  $H_p(0,07)$  y  $H_p(3)$ , respectivamente. Para radiación

fuertemente penetrante, una profundidad de 10mm es frecuentemente empleado, con una notación análoga.  $H_p(d)$  puede ser medido con un detector el cual es portado en la superficie del cuerpo y cubierto el grosor apropiado de material tejido equivalente. La calibración de el dosímetro es generalmente realizada bajo condiciones simplificadas en un maniquí ( fantomas ) apropiado. Para monitoreo individual se introducen dos conceptos. El primero de estos, la dosis equivalente individual, penetrante,  $H_p(d)$ , es adecuada para órganos y tejidos situados en profundidad dentro del cuerpo, que serán irradiados con radiación fuertemente penetrante y el segundo, la dosis equivalente superficial,  $H_s(d)$ , adecuada para órganos y tejidos superficiales que serán irradiados por ambas radiaciones, débilmente y fuertemente penetrantes. La dosis equivalente personal ( individual ), penetrante  $H_p(d)$ , Es la dosis equivalente en tejido blando, definido como en la esfera ICRU, a la profundidad  $d$  en un punto determinado sobre el cuerpo, que adecuado para radiación fuertemente penetrante.

La dosis equivalente personal ( individual ), superficial  $H_s(d)$ , Es la dosis equivalente en tejido blando, a la profundidad, debajo de un punto determinado sobre el cuerpo, que es adecuada para radiación débilmente penetrante. Con la realización de la dosimetría personal, evaluamos la dosis que reciben las personas ocupacionalmente expuestas, y comparamos con los límites Internacionales que fueron tomados como referencia para reglamento de protección radiológica. Para los trabajadores (POE) los limites de dosis son los siguientes:

El límite de dosis efectiva es 20 milisievert en un año. Este valor debe ser considerado como el promedio en 5 años consecutivos (100 milisievert en 5 en años, no pudiendo excederse 50 milisievert en un único año. La dosis semanal se establece de 0,4 mSv.(16)

#### Precauciones para el uso del dosímetro

- No exponer intencionalmente el dosímetro al rayo directo de la máquina de rayos X.
- No golpearlo, no rayarlo, ni ensuciarlo.
- No llevárselo a su casa. Dejarlo con el responsable de los dosímetros en su centro.
- No mojarlo.
- No dejarlo sobre superficies muy calientes tales como: transformadores, estufas,

cocinas, etc.

- Portarlo a la altura del pecho.
- No quitarle ninguna pieza al dosímetro ni intentar abrirlo. No rayarlo, no pegar cinta adhesiva.
- No Intercambiar sin autorización del físico responsable de las mediciones en el hospital.
- Usarlo diario durante el trabajo.(16)

## **2.8 Efectos dañinos de la radiación ionizantes**

Los Daños que pueden recibir los seres humanos debido a las radiaciones se subdividen en dos tipos según la cantidad de dosis absorbida.

Estas son :

- a) Daños por efectos estocásticos ( o probabilísticos ) debido a dosis pequeñas.
- b) Daños por efectos no estocásticos ( o determinísticos ) debido a dosis grandes.

### **a. Efectos Estocásticos**

Son efectos que pueden aparecer, pero no lo hacen necesariamente. Lo más que se puede decir es que existe una cierta *probabilidad* de que estos efectos se produzcan. Los ejemplos más conocidos son el desarrollo de cáncer y las mutaciones genéticas. (17)

En otras palabras en pequeña dosis de radiación es probable que produzca un daño. No hay umbral es decir, puede ser que aunque estemos por debajo los valores límites es posible que se presente un efecto. Ejemplos: son los efectos genéticos y los carcinogénicos.

### **b. Efectos no Estocásticos o Determinísticos**

Son los efectos que se relacionan con la dosis de forma determinista, es decir, si se ha depositado una dosis equivalente suficientemente alta, aparecerán cierto tipo de efectos. Por ejemplo, si una dosis de rayos X excede de 100 rem, se observará un enrojecimiento de la piel, tras cierto nivel de dosis se producen cataratas en los ojos, etc.(17)

Son aquellos para los cuales el grado de gravedad del daño por radiaciones es una función de dosis. Están relacionados con una dosis de radiación umbral por debajo de la cual no se observan tales efectos. Por encima de la dosis umbral, la probabilidad de que

se presente tal efecto es prácticamente el 100 % y su gravedad aumenta conforme se incrementa la dosis. Ejemplos: las reacciones cutáneas, como eritema, depilación, descamación, cataratas, fibrosis y daño hematopoyético. (13)

Otro método de clasificación útil considera el mecanismo real por el cual la radiación ionizante afecta al organismo. Se pueden distinguir dos categorías de efectos: directos e indirectos.

#### **a. Efectos directos**

La energía de la radiación se transfiere a la materia mediante ionización o ruptura de los enlaces químicos. Este proceso crea iones cargados y químicamente activos. El paso de la radiación deja una huella de enlaces moleculares rotos. Este primer paso en la deposición de energía es el efecto directo.

#### **b. Efectos indirectos**

Los iones dejados en la traza de la radiación se recombinarán posteriormente para formar nuevos enlaces. Esto puede suceder cerca de la huella donde se produjeron o lejos de ella. Si los iones en cuestión tienen una composición que no corresponde a una molécula estable, se denominan "radicales". Por ejemplo los radicales oxilo (O) e hidroxilo (OH) son suficientemente pequeños como para tener gran movilidad y poder difundirse lejos de la traza de ionización e interactuar químicamente con las moléculas de la célula. Puesto que la recombinación es en cierto modo aleatoria, los compuestos resultantes tendrán un efecto, como mucho, neutro sobre la célula, pero también podría ser dañino. Las consecuencias que se derivan de estas interacciones se denominan efectos indirectos.(17)

### **2.9 Unidades Radiológicas**

En 1981, la International Commission on Radiation Units and Measurements decretó las unidades estándar basadas en el Sistema Internacional que, desde entonces, han sido adoptadas por todos los países excepto Estados Unidos. La mayor parte de publicaciones sociedades científicas de E.E.U.U. han adoptado (el Sistema Internacional, SI), pero los estamentos reguladores y el American Registry of Radiologic Technologist no lo han hecho. Las unidades radiológicas son las siguientes:

#### **a. Roetgen (R)(Gy)**

El roentgen es igual a la intensidad de radiación que crearían  $2,08 \times 10^8$  pares de iones en 1 centímetro cúbico de aire; es decir 1 R:  $2,08 \times 10^9$  pi/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, la definición oficial está basada en términos de carga eléctrica por unidad de masa de aire. (1R:  $2.58 \times 10^{-4}$  C/kg). La carga alude a los electrones liberados por ionización.

El roentgen fue definido inicialmente en 1928 como una unidad de medida de radiación. Desde entonces, la definición ha sido revisada muchas veces. Los monitores de radiación normalmente están calibrados en roentgens. Los resultados obtenidos a través de sistemas de imagen de rayos X normalmente se especifican en miliroentgens (mR). El roentgen se aplica sólo a los rayos X y a los rayos gamma y a sus interacciones con el aire. Conservando la asunción del método Wagner/Archer descrito en el prefacio, se usa la unidad SI de kerma en aire (mGy).

El roentgen es la unidad de exposición o intensidad de radiación.

#### **b. Rad (Gy)**

Normalmente se relacionan los efectos biológicos con la dosis de radiación absorbida y, por tanto, el rad es la unidad utilizada más frecuentemente cuando se describe la cantidad de radiación recibida por un paciente. El rad se utiliza para cualquier tipo de radiación ionizante y cualquier materia expuesta, no sólo el aire. Un rad es igual a 100 erg/g ( $10^{-2}$  Gy), donde el erg (julio) es una unidad de energía y el gramo (kilogramo) es una unidad de masa

El rad es la unidad de dosis absorbida de radiación.

#### **c. Rem (Sv)**

Los dispositivos profesionales de monitorización de radiación se analizan en términos de rem. El rem se utiliza para expresar la cantidad de radiación recibida por trabajadores expuestos a radiación y por la población en general.

Algunas clases de radiación producen más daño que los rayos X. Los rem miden esas diferencias en los efectos biológicos. Esto es especialmente importante para personas que trabajan cerca de reactores nucleares o aceleradores de partículas o con rayos X.

El rem es la unidad de la exposición a radiación para profesionales expresadas como dosis efectiva (E).

#### **d. Curie (Ci) (Bq)**

El curie es la unidad de cantidad de material radiactivo y no de la radiación emitida por el material. Un curie es la actividad de una cantidad de sustancia radiactiva en la que se desintegra  $3,7 \times 10^{10}$  núcleos por segundo ( $3.7 \times 10^{10}$  becquerels (Bq)). El milicurie (mCi) y microcurie (µCi) son cantidades comunes de material radiactivo. La radiactividad y el curie no tienen nada que ver con los rayos X.

El curie es una unidad de radiactividad. (18)

### **2.10 Dosis de radiación**

Para poder medir las radiaciones ionizantes y el daño biológico producido es necesario disponer de magnitudes y unidades adecuadas.

La comisión internacional de protección radiológica (C.I.P.R.) es el organismo internacional encargado de regular sobre el particular

.

La dosis admisible o dosis máxima total acumulada de irradiación por los trabajadores expuestos, referida al cuerpo entero, gónadas, órganos hematopoyéticos y cristalinos, no excederán el valor máximo admisible calculado con la siguiente fórmula:

$D = 5 (N-18)$  en la que D es la dosis en los tejidos expresada en Rems y N es la edad del trabajador expresada en años.

Por ejemplo, para un trabajador de 26 años, la dosis admisible es:

$$D = 5 (26-18) = 40 \text{ Rems}$$

Esta cantidad se refiere a la dosis máxima que puede recibir un trabajador de 26 años en su vida transcurrida pero no representa el límite de exposición del trabajador a fuentes ionizantes.

Si la dosis acumulada no excede el valor máximo admisible hallado en la anterior fórmula, un trabajador podrá recibir en un trimestre una dosis que no exceda 3 Rems en el cuerpo entero, las gónadas, los órganos hematopoyéticos y cristalinos. Esta dosis de 3 Rems

puede recibirse una vez al año, pero debe evitarse en lo posible en mujeres en edad de procrear.

Los trabajadores cuya exposición se haya venido ajustando a la dosis máxima admisible de 0.3 Rems semanales (valor fijado por el C.I.P.R.), y que de esta manera hayan acumulado una dosis superior a la permitida por la fórmula, no deberán quedar expuestos a dosis superiores a 5 Rems anuales hasta que la dosis acumulada en un momento dado resulte inferior a la permitida por la fórmula.

Guía para la Exposición a Radiaciones Ionizantes (según C.I.P.R.)

Tipo de Exposición

Dosis efectiva a) En un año	50 mSv (milisievert)
b) En un promedio de 5 años	20 mSv por año

Dosis equivalente anual en :	a) Lentes de los ojos	150 mSv
	b) Piel 3	500 mSv
	c) Manos y pies	500 mSv

“La determinación de la dosis de exposición, para los trabajadores, deberá ser efectuada como mínimo, una vez al mes.” Esto puede llevarse a cabo a los reportes arrojados por los medios instrumentales, tales como los dosímetros.

Así, por ejemplo, analizando el caso anterior, para un trabajador de 26 años que durante su vida haya sido expuesto a una dosis acumulada de 13 Rems –asumiendo una exposición baja promedio de 0.5 Rems por año durante su vida-, ya que su dosis admisible es de 40 Rems, puede admitir una exposición de máxima 5 Rems en un año y tolerar una dosis de 3 Rems por trimestre sin que exceda los 5 Rems en un año. Hay que tener en cuenta que CIPR no recomienda una exposición mayor a 2 Rems por año en un período de cinco años, es decir 20 Rems máximo en una década, para no exceder la dosis admisible.

En ningún caso la dosis admisible indica tolerancia o admisión a exposiciones superiores a 5 Rems por año y solo sirve como parámetro de comparación contra la dosis acumulada del trabajador.(19)

a. **Límites para trabajadores**

En las recomendaciones de 1977, el límite de equivalente de dosis efectivo anual para personal ocupacionalmente expuesto es de 50 mSv (5 rem) para los efectos estocásticos.



Para los efectos no estocásticos el límite anual de equivalente de dosis es de 500 mSv (50 rem) para los distintos órganos y tejidos, excepto para el cristalino, para el cual es de 150 mSv (15 rem).

Con base en los estudios de los efectos estocásticos se ha determinado que el factor de riesgo para la inducción de efectos genéticos y muerte por tumores malignos es de  $10^{-2}$  Sv<sup>-1</sup>, lo que quiere decir que de 100 personas que recibieran 1 Sv cada una, la probabilidad de muerte sería de una víctima. Por lo tanto, para tener un índice de mortalidad anual de  $10^{-4}$ , los trabajadores tendrían que recibir un centésimo de Sv, o sea 10 mSv. Sin embargo, se argumentó que la experiencia de los últimos 15 años había demostrado que con el límite de 50 mSv (5 rem), el valor promedio de las dosis recibidas había sido inferior a 5 mSv, por lo tanto, no se estimó conveniente modificar el límite sino únicamente recomendar que las dosis se mantengan tan bajas como razonablemente pueda lograrse y siempre por abajo del límite.

La Publicación No. 60 recomienda como límite para trabajadores una dosis efectiva de 20 mSv por año promediados en 5 años (o sea que el límite es de 100 mSv en 5 años, siempre que no se rebase en ningún año los 50 mSv). Para el cristalino del ojo es de 150 mSv, como antes, y para efectos determinísticos sigue siendo de 500 mSv para piel, así como para pies y manos.

Estos nuevos valores para los límites se obtuvieron al considerar un conjunto amplio de factores cuantificables para estimar el detrimento. La ICRP ensayó varios valores de la dosis total recibida en 47 años de trabajo con radiaciones y evaluó las consecuencias de una exposición continua uniforme para cada valor, a fin de determinar el valor que daba lugar a un conjunto de consecuencias que pudieran juzgarse justo en la frontera entre lo inaceptable y lo tolerable, ese valor se escogió como límite. Para ello consideró varios factores interrelacionados que denominó atributos, los atributos asociados a la mortandad fueron:

∞ la probabilidad de muerte en toda la vida (atribuible a la radiación) ∞ la reducción en la esperanza de vida ∞ la distribución anual de la probabilidad de muerte ∞ el incremento en la probabilidad de muerte en función de la edad

También se incluyeron las probabilidades de cáncer no fatal y los efectos hereditarios. Después de probar con valores de dosis anual de 10, 20, 30 y 50 mSv, utilizando dos modelos para proyección del riesgo, se concluyó que el límite conveniente era de 20 mSv/año.

**b. *Exposición profesional de mujeres fecundas***

En las recomendaciones de 1977 se indica que las condiciones de trabajo establecidas para las mujeres aptas para procrear tienen como objeto proteger al embrión antes de conocerse el embarazo. Para tal fin no se indican disposiciones particulares, sólo se estipula que toda exposición necesaria deberá distribuirse en el tiempo lo más uniformemente posible; por tanto, no conviene ocupar a mujeres aptas para procrear en actividades donde sean posibles cambios pronunciados en el nivel de exposición. Cuando se detecte el embarazo, se podrá determinar con facilidad la posible dosis recibida por el embrión y tomar las medidas pertinentes para su protección durante el resto de su desarrollo. Bajo las condiciones señaladas es improbable que el embrión reciba más de 5 mSv durante los primeros dos meses de embarazo, se estima que en esos dos meses se puede reconocer el embarazo.

**c. *Exposición profesional de la mujer embarazada***

La exposición a radiaciones antes del nacimiento o en la infancia puede interferir con el crecimiento y desarrollo, además de que la susceptibilidad a ciertos tipos de cáncer parece ser mayor en esas edades que para los adultos. Por ello, una vez detectado el embarazo se deben tomar las medidas pertinentes para que la mujer trabaje únicamente en condiciones de trabajo especiales. La experiencia ha mostrado que el promedio de exposición de los trabajadores es alrededor de un décimo del límite, y para proteger al feto se estima que no debe recibir más de 5 mSv durante todo el embarazo, por lo que en condiciones de trabajo especial se asegura un equivalente de dosis menor a ese valor, en operación normal.

En las recomendaciones actuales no se hace distinción entre la mujer no embarazada y el hombre, se indica que una vez detectado el embarazo se proteja al producto mediante un límite de 2 mSv (a la superficie del abdomen), para el resto del embarazo. Para la incorporación de radionúclidos se recomienda un límite de 1/20 del Límite Anual de Incorporación

**d. *Límites para el público***

Para la limitación de la exposición del público se consideran dos situaciones:

- 1) cuando reciben la radiación un número reducido de individuos del público, y 2) cuando la recibe un grupo de población.

Esta separación se debe a las implicaciones diferentes en cada caso, ya que para un grupo numeroso hay que tomar medidas más estrictas para evitar que se incremente la

carga genética de la población y para prever las exposiciones debidas a actividades futuras.

La normativa de 1977 recomendaba que el límite de equivalente de dosis efectivo anual para individuos del público fuera de 5 mSv (0.5 rem), el límite de equivalente de dosis anual para los distintos órganos y tejidos de 50 mSv (5 rem), ambos límites se aplican al grupo crítico de la población.

Para los casos en que los mismos individuos puedan estar expuestos durante muchos años a un equivalente de dosis efectivo anual cercano al límite, será conveniente tomar las medidas pertinentes para reducir el equivalente de dosis efectivo para toda la vida a un promedio anual de 1 mSv (0.1 rem).

En el caso de grandes grupos de población no se establecen límites adicionales, se recomienda hacer un estudio específico de la situación para determinar mediante la aplicación del criterio ALARA cuál valor por debajo de los límites antes señalados debe establecerse como límite autorizado por la autoridad competente, tomando en cuenta los beneficios esperados para ese grupo y para otros, así como las tendencias de las exposiciones a diversas fuentes, de manera que exista siempre un margen conservador para exposiciones debidas a actividades futuras sin incurrir en riesgos inaceptables. Además, se debe mantener una vigilancia permanente de los niveles de exposición para corregir oportunamente los incrementos que pudieran acercarlos a valores inaceptables.

Las nuevas recomendaciones indican que el límite para público sea de 1 mSv en un año, sin embargo, en circunstancias especiales puede permitirse un valor mayor para un solo año, siempre que el promedio en 5 años no exceda el límite de 1 mSv por año.

Los límites de equivalente de dosis tanto para personal ocupacionalmente expuesto como para público no se aplican a las dosis originadas por la exposición médica de pacientes, ni a las debidas a la radiación natural, excepto cuando la autoridad competente lo estipule para exposición de pacientes con fines de investigación y para los casos de exposición a radiación natural acrecentada por motivos tecnológicos. (20)

### **2.11 Protección radiológica**

Debido al daño que puede ocasionar la radiación, no se debe permitir ninguna exposición innecesaria. El principio que gobierna la protección radiológica en caso de exposición se conoce con el nombre de ALARA (as low as reasonably achievable) que se traduce como: *“Tan bajo como sea razonablemente posible”*.(21)

Los Principios Básicos que hay que seguir son: DISTANCIA, es decir hay que mantenerse lo más alejado posible de la fuente de radiación ionizante. TIEMPO, se debe de estar el menor tiempo posible expuesto a la fuente de radiación ionizante.

BLINDAJE, es decir uno debe protegerse utilizando uno el blindaje de las paredes del equipo y los delantales de plomo.(16, 23)

El Reglamento propuesto contribuirá también a mejorar la seguridad radiológica durante el desarrollo de las prácticas que involucran exposición a las radiaciones ionizantes en el Territorio Nacional y complementará la legislación científica y tecnológica en esta materia, de conformidad con lo preceptuado en el artículo 97 de la CONSTITUCIÓN POLITICA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, que contempla que El Estado, las municipalidades y todos los habitantes del Territorio Nacional están obligados a propiciar el desarrollo económico, social y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, dictándose para el efecto normas necesarias que garanticen la utilización y el aprovechamiento de la fauna, flora, tierra y agua; y de acuerdo con los artículos 7,8,11,16,17,19,20,31,32 y 40 de la Ley para el Control, Uso y Aplicación de Radioisótopos y Radiaciones Ionizantes (Decreto Ley No. 11-86) ,es la Dirección General de Energía, el ente encargado de velar por el correcto y normal funcionamiento de todas las actividades relacionadas al control, uso y aplicación de radioisótopos y radiaciones ionizantes en condiciones normales y en casos de emergencia nacional, dentro del territorio nacional.

Por los motivos descritos anteriormente, y para la adecuada aplicación de la “Ley para el Control, Uso y Aplicación de Radioisótopos y Radiaciones Ionizantes” (Decreto Ley No. 11-86), y conforme al artículo 40 de dicha Ley, se propone el presente “Reglamento de Protección Radiológica”, el cual establece los requerimientos técnicos, obligaciones y procedimientos administrativos que permiten condiciones mínimas y razonables de seguridad y protección radiológica de los pacientes, la población en general y los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, así como el otorgamiento de licencias derivadas de la Ley de la materia.(22)

Los 10 mandamientos de protección radiológica

1. Comprenda y aplique los puntos cardinales de protección: tiempo, distancia y protección
2. No permita que la familiaridad le produzca una falsa seguridad.

3. Nunca permanezca ante el haz primario.
4. Lleve siempre un aparato de protección si no está detrás de una barrera de protección.
5. Lleve siempre un dosímetro y colóquelo fuera del delantal en el área del cuello.
6. Nunca sostenga un paciente durante una exploración radiológica.
7. La persona que sostenga al paciente debe llevar protección ( delantal plomado, gafas)
8. Utilice escudos de protección gonadal en personas en edad fértil.
9. La exploración de pelvis y abdomen deben evitarse, siempre que sea posible, en pt embarazadas. (24)
10. Siempre colime en forma adecuada, al mínimo del campo a explorar (24)

## **2.12 Síntomas secundarios a radiación**

Los síntomas secundarios a radiación se pueden englobar en síndromes los cuales son:

### **a. *Síndrome de radiación agudo***

Cada uno de estos síndromes tiene dos periodos: Periodo prodrómico = consiste en los síntomas agudos los cuales ocurren en los primeros minutos u horas después de la exposición. Estos pueden durar horas o 1 o 2 días. Con dosis de 100 rad o más para todo el cuerpo pueden aparecer signos y síntomas de enfermedades por radiación. Los síntomas y signos son: Nauseas Vómitos Diarreas Reducción de células sanguíneas (leucopenia) \*\*\* A mayor la dosis de radiación menor será el tiempo de periodo prodrómico.\*\*\* Periodo latente = le sigue al periodo prodrómico, en este no se observan efectos clínico. Para dosis de radiación de 5,000 rad puede durar unas horas o menos y para dosis de 100 a 500 rad unas semanas.

### **b. *Síndrome hematológico***

Son los mas radiosensibles Rango de radiación: 200 a 1,000 rad (pacientes en mal estado de salud desde 50 rad)(LB)Periodo prodrómico: Nauseas, Vómitos y diarreas. La persona experimenta los síntomas en forma moderada. Estos aparecen a horas después de la exposición y pueden persistir por varios días. Latencia: La persona siente bienestar hasta por 4 semanas, pero sus células sanguíneas (blancas, rojas y plaquetas) siguen

reduciendo este periodo. Enfermedad manifiesta: Nauseas, Vómitos, diarreas, letárgia y fiebre. Signo: Leucopenia. Recuperación: La persona comienza a recuperarse de 2 a 4 semanas, pero puede necesitar hasta 6 meses para una recuperación completa. Si la dosis es grave, las células sanguíneas siguen reduciéndose desenfrenadamente hasta que las defensas del organismo contra las infecciones es nula. Si el conteo de leucocitos es menor a 1000 en las primeras 48 horas la exposición fue severa. Antes de la muerte ocurren hemorragias y deshidratación. La muerte sucede por: infecciones generalizadas, trastorno electrolítico, hemorragias y anemia por hemorragias.

**c. *Síndrome Gastrointestinal (GI)***

Dosis de radiación: 1,000 a 5,000 rad Periodo prodrómico: Aparecen síntomas en cuestión de horas después de la exposición, Vómitos y diarreas. Pueden persistir durante horas o un día. Periodo de latencia: de 3 a 5 días (de 5 a 7 días (LB)). Enfermedad manifiesta: Nauseas vómitos, diarreas, pérdida de apetito (anorexia) y puede entrar en letárgia. Las diarreas persisten y son más intensas. Muerte: Inminente dentro de 4 a 10 días luego de la exposición. Contratación médica intensiva se puede alargar la vida del paciente por 2 semanas luego de la exposición.

Las células intestinales se proliferan rápidamente y se reemplazan continuamente por células nueva. Diariamente el 50% de las células son reemplazadas por células nuevas. En este síndrome la exposición a la radiación destruye a las células madres que recubren el Intestino (estas son las encargadas de producir células nuevas). Cuando estas células madres mueren no se pueden regenerar; esto ocasiona el intestino pierda las células que recubren al intestino y a su vez la capacidad de absorción de nutrientes y electrolitos. La mala absorción lleva la paciente a una anemia, distensión abdominal (íleo paralítico) y a un aumento en la flora intestinal provocando úlceras y hemorragias.

**d. *Síndrome del Sistema Nervioso Central (SNC) o Neurovascular***

Dosis de radiación: > 5,000 rad Periodo prodrómico: Comienzan síntomas a minutos luego de la exposición. Los síntomas son: Nauseas, vómitos, sensación de quemazón en la piel. También pueden presentarse otros síntomas como: confusión, nerviosismo, pérdida de visión, pérdida del conocimiento en las primeras horas. Periodo latencia: 4 horas en ocasiones 12 hrs. El tiempo de duración de este periodo puede variar dependiendo de la dosis de radiación; si la dosis fue grave este periodo puede reducirse a un más o no aparecer. Enfermedad manifiesta: reaparecen síntomas prodrómicos pero

a una más graves. También el individuo se desorienta, pierde coordinación muscular, dificultad respiratoria, convulsiones, pérdida de equilibrio, edema intracraneal, alta presión intracraneal, vasculitis, meningitis, ataxia, letargia y coma. Muerte: Inminente. No existen muchos detalles de este síndrome ya que son muy pocos los casos que se han visto en seres humanos. (24,25)

### III. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

Describir los niveles de radiación por medio de la cuantificación de dosimetría en el personal médico y técnico del departamento de Radiología del Hospital General San Juan de Dios, de enero 2012 a diciembre 2012.

#### 3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Se verificó el cumplimiento por parte de los médicos y técnicos acerca de las normas de protección con lo que respecta a protección personal, tiempo de exposición y distancia de la fuente de radiación.

3.2.2 Se cuantificó el tiempo en años que llevan trabajando en el departamento de radiología los médicos y técnicos

3.2.3 Se determinó el sexo predominante entre los médicos y técnicos de radiología

3.2.4 Se estableció la edad promedio de los médicos y técnicos

3.2.5 Se identificó si los médicos y técnicos han presentado síntomas durante el tiempo de trabajo en el departamento de radiología náuseas, cefalea, vómitos y quemaduras relacionadas con el ambiente de trabajo

3.2.6 Se corroboró si han tenido algún accidente laboral al momento de realizar procedimiento de diagnóstico por imágenes en el departamento de radiología los médicos y técnicos

3.2.7 Se determinó si al estar trabajando los médicos y residentes sienten seguridad al realizar sus labores en el departamento de radiología.

3.2.8 Se estableció si existen radio protectores necesarios para la protección de médicos y técnicos.



## IV. MATERIAL Y METODOS

### 4.1 Tipo y diseño de la investigación:

Descriptivo

### 4.2 Unidad de análisis:

Hospital General San Juan de Dios

### 4.3 Unidad de información:

Población masculina o femenina que trabajan en el departamento de Radiología y que hace uso del dosímetro.

### 4.4 Unidad de muestreo:

Médicos radiólogos, residentes de radiología y técnicos que laboraron en el departamento de Radiología

### 4.5 Población y muestreo:

**4.5.1 Población:** Personal que ha laborado en el departamento de Radiología

**4.5.2 Muestra:** Médicos y Técnicos que han laborado en el departamento de Radiología y que hacen uso del dosímetro

### 4.6 Criterios de inclusión y exclusión:

Inclusión	Exclusión
Médicos residentes del departamento de radiología en el año 2012	Personal que no utilice dosímetro
Médicos radiólogos	Personal que no haga un uso adecuado del dosímetro
Técnicos radiólogos que laboraran durante el año 2012	Personal que no sea médico radiólogo, residente de radiología o técnico radiólogo
	Personal que ya no labore en el departamento de radiología por cualquier motivo.

	Dosímetros dañados o expuestos a la luz.
--	--

#### 4.7 Variables

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Definición</i>	<i>Tipo</i>	<i>Escala de</i>	<i>Unidad de medida</i>
	<i>Teórica</i>	<i>Operacional</i>	<i>Variable</i>	<i>Medición</i>	
<b><i>Dosimetría Personal</i></b>	Control de las dosis de radiación, mediante una vigilancia individual por medio de dosímetros físicos	Utilización del dosímetro en trabajadores del departamento de Radiología	Cuantitativo	nominal	Milisivert
<b><i>Género</i></b>	Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer	Sexo consignado en la solicitud de rayos X y expresado por el paciente	Cualitativo	nominal	Masculino o Femenino
<b><i>Edad</i></b>	Hacer mención al tiempo que ha vivido un ser humano	Tiempo en años, meses o días consignada en la solicitud y expresada por el paciente	Cuantitativo	Discreta	Años
<b><i>Protección Radiológica Ocupacional</i></b>	Protección radiológica del personal ocupacionalmente expuesto tienden a mantener bajo control las situaciones de inevitable exposición crónica a las radiaciones.	Equipo Radiológico que se utilice para protección de la radiación en el momento del trabajo.	Cualitativo	Discreta	Si o No

## 5 RESULTADOS

**TABLA#1**  
**DATOS DE DOSIMETRIA ANUAL DE LOS TRABAJADORES DEL**  
**DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA EN EL AÑO 2012**

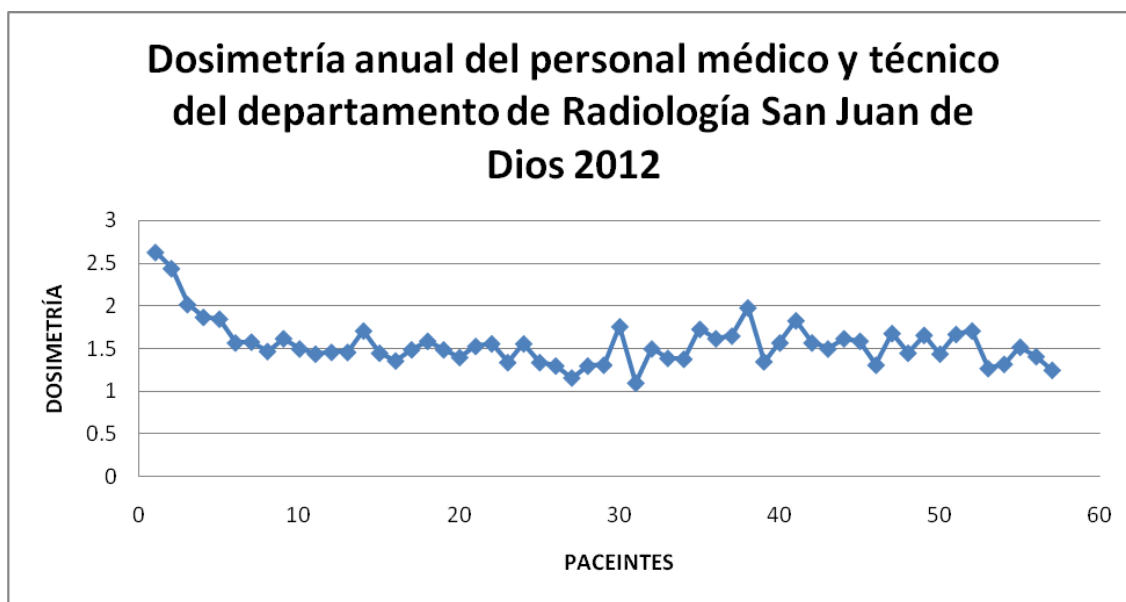
Trabajadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ANUAL
Trabajador 1	0.02	0.23	0.29	0.3	0.21	0.28	0.19	0.09	0.23	0.28	0.22	0.28	2.63
Trabajador 2	0.12	0.21	0.27	0.27	0.18	0.23	0.17	0.08	0.22	0.23	0.19	0.26	2.44
Trabajador 3	0.1	0.18	0.23	0.16	0.18	0.14	0.11	0.06	0.17	0.2	0.2	0.28	2.02
Trabajador 4	M	0.18	0.18	0.27	0.15	0.14	0.12	0.08	0.17	0.19	0.14	0.25	1.87
Trabajador 5	0.02	0.13	0.18	0.27	0.21	0.11	0.09	0.05	0.12	0.2	0.2	0.25	1.85
Trabajador 6	0.02	0.2	0.18	0.16	0.1	0.09	0.08	0.06	0.12	0.17	0.16	0.22	1.57
Trabajador 7	M	0.12	0.16	0.15	0.16	0.09	0.09	0.06	0.11	0.17	0.17	0.28	1.58
Trabajador 8	M	0.16	0.12	0.16	0.07	0.09	0.11	0.06	0.12	0.17	0.19	0.2	1.47
Trabajador 9	M	0.18	0.09	0.21	0.1	0.08	0.09	0.2	0.11	0.16	0.16	0.25	1.62
Trabajador 10	0.02	0.2	0.12	0.1	nec	0.22	0.08	0.09	0.09	0.16	0.17	0.25	1.5
Trabajador 11	M	0.13	0.09	0.04	0.32	0.08	0.06	0.08	0.11	0.16	0.16	0.22	1.44
Trabajador 12	0.02	0.13	0.18	0.06	0.12	0.06	0.08	0.11	0.09	0.16	0.19	0.26	1.46
Trabajador 13	0.06	0.15	0.1	0.09	0.23	0.08	0.09	0.06	0.08	0.14	0.16	0.23	1.46
Trabajador 14	0.04	0.09	0.16	0.16	0.16	0.06	0.08	0.3	0.09	0.16	0.16	0.25	1.71
Trabajador 15	M	0.12	0.09	0.18	0.12	0.06	0.08	0.23	0.08	0.16	0.16	0.19	1.45
Trabajador 16	M	0.12	0.16	0.15	0.1	0.06	0.08	0.17	0.06	0.14	0.14	0.17	1.36
Trabajador 17	0.06	0.16	0.13	0.15	0.13	0.08	0.06	0.16	0.09	0.14	0.16	0.17	1.49
Trabajador 18	M	0.2	0.15	0.12	0.1	0.05	0.26	0.12	0.08	0.14	0.14	0.23	1.59
Trabajador 19	0.02	0.18	0.15	0.21	0.06	0.09	0.26	0.11	0.09	0.16	0.16	nec	1.49
Trabajador 20	0.04	0.1	0.15	0.18	0.09	0.05	0.19	0.09	0.06	0.11	0.14	0.2	1.4
Trabajador 21	M	0.2	0.13	0.18	0.07	0.06	0.17	0.12	0.09	0.14	0.14	0.22	1.53
Trabajador 22	0.04	0.12	0.09	0.12	0.1	0.23	0.14	0.12	0.08	0.12	0.17	0.19	1.56
Trabajador 23	0.04	0.15	0.09	0.12	0.09	0.11	0.16	0.09	0.08	0.11	0.14	0.17	1.34
Trabajador 24	M	0.13	0.1	0.21	0.15	0.19	0.14	0.09	0.06	0.12	0.17	0.19	1.56
Trabajador 25	M	0.1	0.1	0.1	0.13	0.09	0.12	0.08	0.08	0.16	0.14	0.17	1.34
Trabajador 26	0.02	0.1	0.07	0.12	0.15	0.09	0.12	0.08	0.08	0.12	0.16	0.19	1.3
Trabajador 27	M	0.1	0.09	0.12	0.15	0.09	0.12	0.08	0.08	0.12	0.12	0.16	1.16
Trabajador 28	0.06	0.12	0.12	0.12	0.07	0.06	0.12	0.08	0.09	0.12	0.14	0.2	1.3
Trabajador 29	M	0.16	0.07	0.2	0.13	0.08	0.11	0.09	0.08	0.12	0.16	0.19	1.31
Trabajador 30	M	0.29	0.23	0.18	0.3	0.06	0.11	0.09	0.08	0.12	0.14	0.16	1.76
Trabajador 31	M	0.06	0.09	0.1	0.02	0.08	0.12	0.08	0.08	0.11	0.19	0.17	1.1
Trabajador 32	0.07	0.09	0.1	0.34	0.02	0.17	0.12	0.06	0.06	0.11	0.19	0.17	1.5
Trabajador 33	0.06	0.07	0.06	0.21	0.06	0.16	0.12	0.12	0.06	0.12	0.19	0.16	1.39
Trabajador 34	0.06	0.1	0.15	0.18	M	0.12	0.09	0.16	0.06	0.12	0.17	0.17	1.38
Trabajador 35	0.06	0.04	0.04	0.21	0.15	0.14	0.11	0.09	0.17	0.11	0.16	0.45	1.73

Trabajador 36	0.06	0.1	0.07	0.18	0.06	0.12	0.11	0.08	0.14	0.09	0.17	0.44	1.62
Trabajador 37	0.06	0.07	0.07	0.24	0.02	0.11	0.12	0.12	0.06	0.17	0.17	0.44	1.65
Trabajador 38	0.06	0.12	0.1	0.21	0.1	0.11	0.2	0.2	0.06	0.2	0.2	0.42	1.98
Trabajador 39	0.02	0.07	0.13	0.2	0.1	0.12	0.16	0.16	0.08	0.12	0.19	nec	1.35
Trabajador 40	M	0.12	0.07	0.21	0.12	0.25	0.12	0.12	0.06	0.14	0.17	0.19	1.57
Trabajador 41	0.04	0.2	0.13	0.27	nec	0.22	0.11	0.11	0.08	0.14	0.16	0.37	1.83
Trabajador 42	M	0.07	0.07	0.24	0.13	0.11	0.09	0.09	0.08	0.12	0.17	0.4	1.57
Trabajador 43	M	0.2	0.13	0.2	0.04	0.09	0.11	0.11	0.08	0.12	0.19	0.23	1.5
Trabajador 44	0.04	0.27	0.06	0.2	0.15	0.11	0.11	0.11	0.06	0.14	0.14	0.23	1.62
Trabajador 45	M	0.18	0.12	0.23	0.16	0.09	0.11	0.11	0.08	0.11	0.17	0.23	1.59
Trabajador 46	0.04	0.07	0.04	0.13	0.15	0.09	0.09	0.09	0.08	0.11	0.19	0.23	1.31
Trabajador 47	M	0.15	0.09	0.26	0.18	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.2	0.37	1.68
Trabajador 48	0.04	0.09	0.09	0.2	0.07	0.09	0.08	0.09	0.08	0.11	0.14	0.37	1.45
Trabajador 49	0	nec	nec	nec	nec	0.72	0.11	0.11	0.08	0.11	0.19	0.34	1.66
Trabajador 50	0.02	0.13	0.07	0.21	0.18	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.19	0.23	1.44
Trabajador 51	0.02	0.12	0.13	0.24	0.15	0.08	0.09	0.09	0.09	0.11	0.19	0.36	1.67
Trabajador 52	0.04	0.27	0.15	0.2	0.16	0.09	0.09	0.08	0.08	0.11	0.19	0.25	1.71
Trabajador 53	0.02	0.02	0.1	0.23	0.12	0.08	0.09	0.09	0.06	0.09	0.17	0.2	1.27
Trabajador 54	0.02	0.12	0.09	0.12	0.06	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.14	0.34	1.32
Trabajador 55		0.09	0.13	0.21	0.12	0.08	0.08	0.08	0.06	0.11	0.16	0.4	1.52
Trabajador 56		0.18	0.12	0.09	0.2	0.09	0.09	0.06	0.08	0.11	0.19	0.2	1.41
Trabajador 57		0.15	0.12	0.13	0.1	0.06	0.08	0.06	0.08	0.09	0.16	0.22	1.25

<b>NOMENCLATURA</b>	
<b>NEC</b>	no efectuó cambio
<b>CA</b>	cambio atrasado
<b>M</b>	menor valor de dosis de registro

## GRÁFICA #1

### DOSIMETRIA MENSUAL DE LOS TRABAJADORES DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA 2012



Interpretación: Se tuvo un total de 57 personas entre médicos radiólogos, residentes de radiología y personal técnico, todos con un nivel total de dosimetría por debajo de 2.6 milisievert lo que quiere decir que el personal no se excede a niveles de radiación anual estimadas

**TABLA #2**  
**EDAD DE PERSONAL QUE LABORA EN EL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA EN**  
**EL AÑO 2012**

EDAD	FRECUENCIA	%
10 a 20	1	1.754385965
21-31	15	26.31578947
32-42	20	35.0877193
43-53	11	19.29824561
54-64	7	12.28070175
65-75	2	3.50877193
NULO	1	1.754385965

**GRAFICA # 2**



Interpretación: Se puede observar que la mayoría del personal que labora en el departamento presenta un rango de edad de 32 a 42 años de edad.

**TABLA # 3**

**TABLA SEGÚN GENERO QUE LABORA EN EL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA  
DURANTE EL AÑO 2012**

SEXO	FRECUENCIA	%
M	32	56.14035088
F	25	43.85964912

**GRAFICA #3**

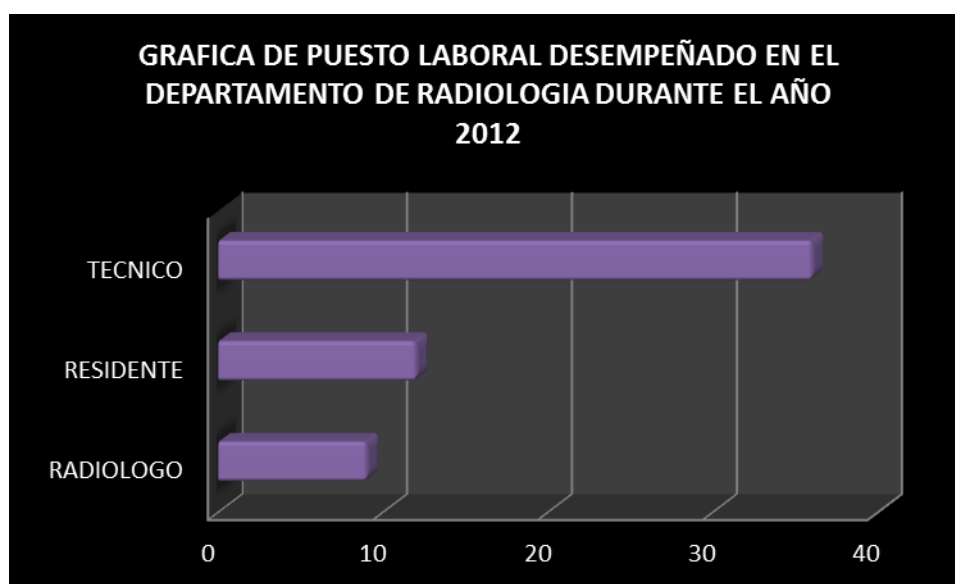


Interpretación: Se puede observar que el 55% de la población del departamento de radiología es del género masculino, mientras que el 45 % corresponde al sexo femenino.

**TABLA # 4**  
**PUESTO LABORAL DESEMPEÑADO EN EL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA,**  
**2012**

PUESTO	FRECUENCIA	%
RADIOLOGO	9	15.78947368
RESIDENTE	12	21.05263158
TECNICO	36	63.15789474

**GRAFICA # 4**



Interpretación: Se observa que la mayoría del personal que conforma el departamento de radiología está compuesto por técnicos con un 63%, seguido por residentes y por último radiólogos.



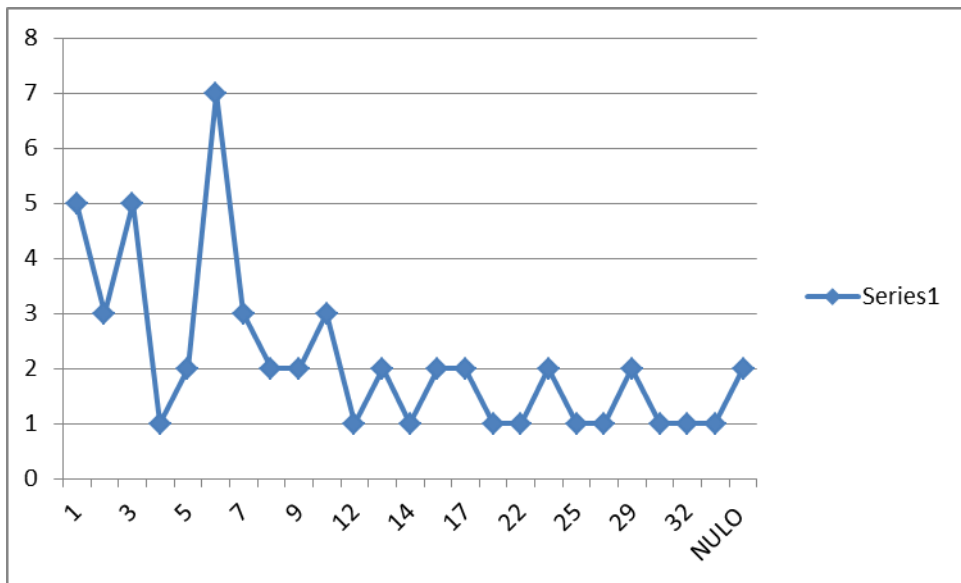
**TABLA # 5**

**TIEMPO DE LABORAR EN EL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA**

AÑOS	FRECUENCIA	%
1	4	7.01754386
2	3	5.263157895
3	6	10.52631579
4	1	1.754385965
5	2	3.50877193
6	7	12.28070175
7	4	7.01754386
8	3	5.263157895
9	2	3.50877193
10	3	5.263157895
12	1	1.754385965
13	2	3.50877193
14	1	1.754385965
15	2	3.50877193
17	2	3.50877193
20	1	1.754385965
22	1	1.754385965
24	2	3.50877193
25	1	1.754385965
27	1	1.754385965
29	2	3.50877193
30	1	1.754385965
32	1	1.754385965
35	1	1.754385965
NULO	2	3.50877193

### GRAFICA # 5

#### TIEMPO EN QUE EL PERSONAL DE RADIOLOGIA A LABORADO EN DICHO DEPARTAMENTO



Interpretación: Se puede observar que la mayor parte del personal del departamento de radiología a laborado por seis años con un 12%.

**TABLA #6**

**SINTOMATOLOGIA PRESENTADA EN PERSONAL QUE LABORA EN EL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA DURANTE EL AÑO 2012**

PRESENTA SINTOMATOLOGIA	FRECUENCIA	%
SI	6	10.52631579
NO	51	89.47368421

**GRAFICA # 6**



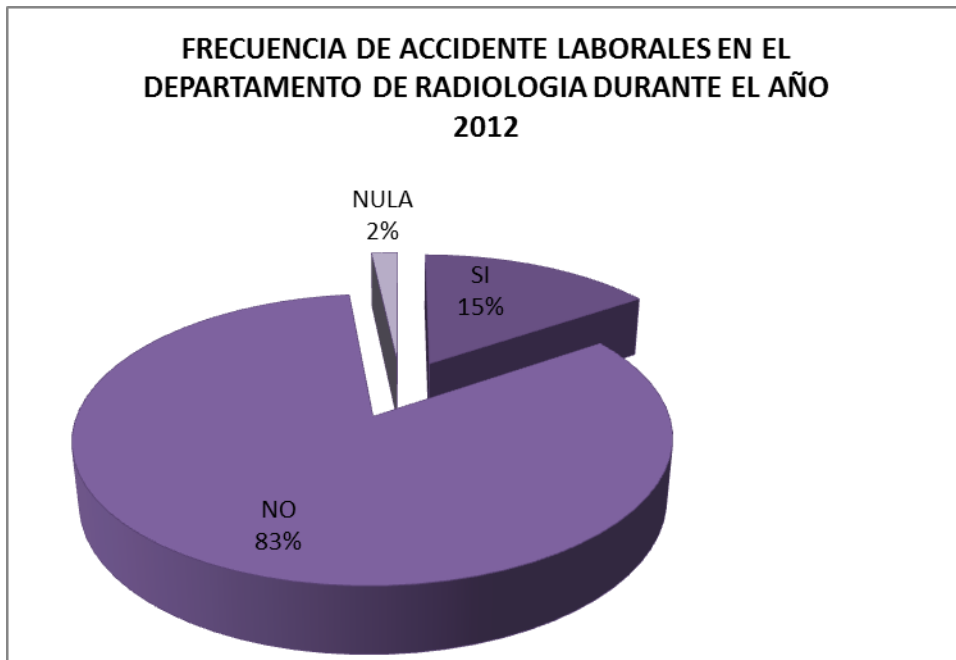
(Síntomas: náusea, epigastralgia, cefalea, alopecia, o quemaduras)

Interpretación: Se observa que el 89% del personal no a presentado ninguna sintomatología, mientras que el 11 % si a presentado síntomas

**TABLA # 7**  
**FRECUENCIA DE ACCIDENTES LABORATES EN EL DEPARTAMENTO DE**  
**RADIOLOGIA DURANTE EL AÑO 2012**

PRESENCIA DE ACCIDENTE LABORAL	FRECUENCIA	%
SI	9	15.78947368
NO	47	82.45614035
NULA	1	1.754385965

**GRAFICA #7**



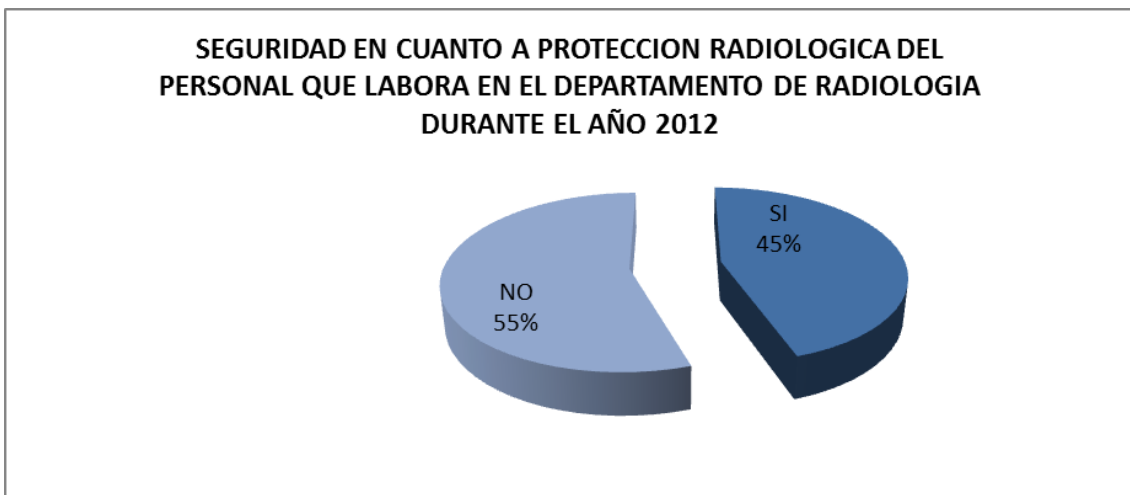
Interpretación: Se observa que el 82% del personal no a presentado accidentes laborales, mientras que un 16 % si a tenido inconvenientes al realizar dichos procedimientos.

**TABLA # 8**

**SEGURIDAD EN CUANTO A PROTECCION RADIOLOGICA DEL PERSONAL QUE  
LABORA EN EL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA DURANTE EL AÑO 2012**

SEGURIDAD EN EL AREA LABORAL	FRECUENCIA	%
SI	26	45.61403509
NO	31	54.38596491

**GRAFICA #8**



Interpretación: El 53 % del personal no se siente seguro al laborar en el departamento de radiología.

**TABLA # 9**  
**EXISTEN RADIOPROTECTORES PARA EL PERSONAL QUE LABORA EN EL**  
**DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA DURANTE EL AÑO 2012**

EXISTEN RADIOPROTECTORES	FRECUENCIA	%
SI	46	80.70175439
NO	11	19.29824561

**GRAFICA # 9**



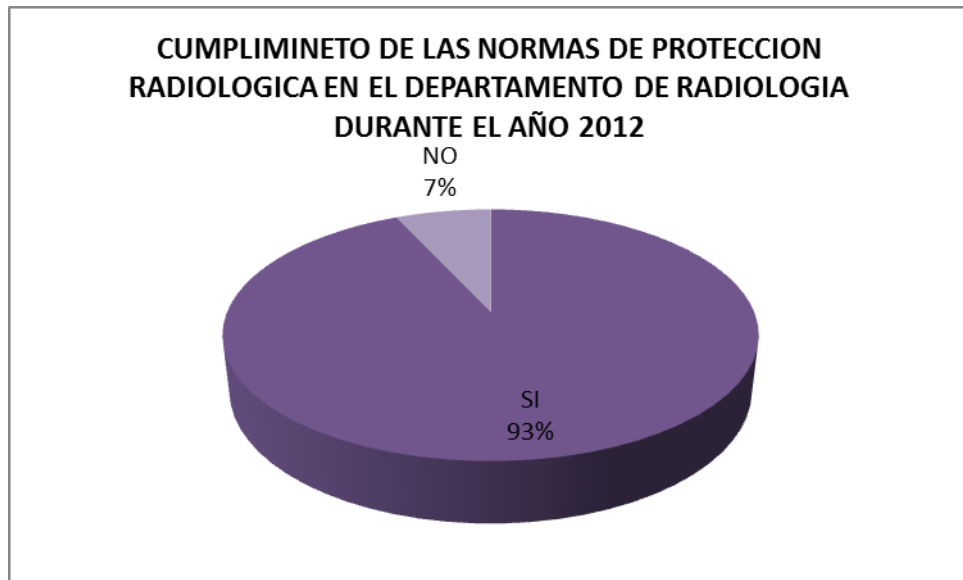
Interpretación: El 80 % del personal asegura que si existen suficientes radioprotectores para realizar los estudios radiológicos.

**TABLA # 10**

**CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE RADIOPROTECCION EN EL  
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA DURANTE EL AÑO 2012**

CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS	FRECUENCIA	%
SI	53	92.98245614
NO	4	7.01754386

**GRAFICA # 10**



**Interpretación:** El 93% opina que si se cumplen las reglas para la protección personal, el tiempo de exposición y distancia de la fuente.

## 6 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

A continuación se presentara la discusión dividida en dos partes la primera sobre los niveles de radiación por medio de la cuantificación de dosimetría en el personal médico y técnico del departamento de Radiología del Hospital General San Juan de Dios, de enero 2012 a diciembre 2012 y la segunda presenta la encuesta realizada a todos los trabajadores sobre protección radiológica.

### 6.1 Hallazgos encontrados en la dosimetría del personal

Sobre el total de los trabajadores se excluyeron al personal que ya no laboró en el departamento por cualquier índole y por el mal uso del mismo, con un total final de 57 trabajadores. Los niveles de dosimetría anual del personal médico, residente y personal técnico en el departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios en el año 2012 fueron por debajo de los 2.6 milisivert (tabla 1), lo que nos indica que no se exceden los niveles de radiación anual estimadas para el personal ocupacional.

En las recomendaciones de 1977, el límite de equivalente de dosis efectivo anual para personal ocupacionalmente expuesto es de 50 mSv (5 rem) para los efectos estocásticos. Para los efectos no estocásticos el límite anual de equivalente de dosis es de 500 mSv (50 rem) para los distintos órganos y tejidos, excepto para el cristalino, para el cual es de 150 mSv (15 rem).(20)

### 6.2 Hallazgos encontrados en la encuesta

Con la finalidad de identificar si cumplen los médicos y técnicos las normas de protección en cuanto a medios de protección radiológica se realizaron varias preguntas en la encuesta.

Se puede observar que la mayoría del personal que labora en el departamento presenta un rango de edad de 32 a 42 años de edad (Tabla 2); y que el 55% de la población es del género masculino, mientras que el 45 % corresponde al sexo femenino (Gráfica 3). La mayor parte del personal del departamento de radiología a laborado por seis años con un 12% (Tabla 5). Esto nos indica que el hospital San Juan de Dios cuenta con personal adulto joven, que se dedica a su profesión trabajando día a día con radiación y su exposición diaria debe de ser controlada y regulada para evitar efectos secundarios, los cuales son múltiples.



Se observa que la mayoría del personal que conforma el departamento de radiología está compuesto por técnicos con un 63%, seguido por residentes y por último radiólogos (Tabla 4), es importante saber que son los técnicos los que conforman la mayoría de personal del departamento de Radiología, son ellos los que dependiendo en que servicio roten toman los estudios radiográficos, por lo que están expuestos a padecer de los efectos de una sobreexposición a la radiación.

Se observa que el 82% del personal no ha presentado accidentes laborales, mientras que un 16 % si ha tenido inconvenientes al realizar dichos procedimientos (Gráfica 7), esto nos indica que el personal tiene conocimientos sobre protección radiológica y normas de bioseguridad. Todo el personal tiene licencia para trabajar con radiación en la cual se recibe un curso actual sobre protección radiológica y luego se les hace un examen de parte del Ministerio de Energía y Minas el cual se tiene que ganar para que le den la licencia; por ende el personal tiene conocimientos sobre protección radiológica.

El 53 % del personal no se siente seguro al laborar en el departamento de radiología (Gráfica 8), porque a pesar que tienen el conocimiento de protección radiológica y los niveles de dosimetría estas por debajo de establecidos para el personal ocupacionalmente expuesto, tienen la idea que solo el hecho de trabajar con radiación están predispuestos que padezcan de cáncer.

El 80 % del personal asegura que si existen suficientes radioprotectores para realizar los estudios radiológicos (Gráfica 9) lo cual es indispensable para un departamento de Radiología y para la seguridad de todo el personal. El departamento de Radiología del hospital San Juan de Dios cuenta con batas, protectores gonadales, lentes, cuellos los cuales son utilizados para realizar procedimientos en los cuales el personal se expone a radiación.

El 93% opina que si se cumplen las reglas para la protección personal, el tiempo de exposición y distancia de la fuente (Gráfica 10), los cuales son los principios básicos de protección radiológica.

En conclusión todo el personal del Departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios tiene niveles de dosimetría normales para ser personal ocupacionalmente expuesto a radiación y cumplen los principios básicos de radiación.

## 6.1 CONCLUSIONES

6.1.1 Se determinaron los niveles de dosimetría anual del personal médico, residente y personal técnico en el departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios en el año 2012 fueron por debajo de los 2.6 milisivert, lo que nos indica que no se exceden los niveles de radiación anual estimadas para el personal ocupacional. Esto refleja la educación preventiva y conocimiento radioprotección ya que los niveles de dosimetría se encuentran dentro de límites aceptables.

6.1.2 Se obtuvo un total de 57 personas incluyendo a todo el personal del cual la mayoría se encuentra en un rango etario de 32-42 años de edad con un 35% y la mayoría son de género masculino con un 56%. De ellos un 12% tienen al menos 6 años de laborar en el departamento de Radiología. Esto nos indica que el hospital San Juan de Dios cuenta con personal adulto joven, que se dedica a su profesión trabajando día a día con radiación y su exposición diaria debe de ser controlada y regulada para evitar efectos secundarios, los cuales son múltiples.

6.1.3 De todo el personal incluido, la mayoría son personal técnico con un 63%, lo cual es de importancia ya que son ellos los encargados de tomar RX, de ayudar a estudios convencionales, toma de RX portátiles entre otros.

6.1.4 La mayoría del personal del departamento de Radiología (54%), indicó sentirse inseguro en cuanto a protección radiológica sin embargo están conscientes que se cuenta con radioprotectores (81%).

6.1.5 La mayoría del personal (82%) no ha padecido ningún accidente laboral lo que refleja la buen uso de los aparatos, el conocimiento de las normas de bioseguridad, y normas de protección radiológica.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

6.2.1 Se recomienda al Ministerio de Energía y Minas motivar a los estudiantes para que continúen las investigaciones sobre protección radiológica y dosimetría ya que son temas de suma importancia.

6.2.2 Se recomienda que al personal que labore en más de un lugar con radiación se estudie con más detalle ya que este estudio solo midió la radiación anual del Hospital San Juan de Dios, haciendo énfasis que la mayoría laboran en más de un lugar.

6.2.3 Se recomienda al Jefe de Departamento de Radiología realizar más pláticas educacionales en cuanto a protección radiológica y dosimetría para generar mayor seguridad en cuanto a protección radiológica a su personal ya que la mayoría siente inseguridad en cuanto a la misma.

6.2.4 Supervisar que todo el personal del departamento de Radiología utilice su dosímetro y haga buen uso de ello para que los datos sean más certeros.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cho JJ, Caiozzo VJ, Tseng CBP, Giedzinski E, Baker MJ, Limoli CL. Radiation research. Mayo 2011, Vol 175 p. 561.
2. Goetz W, Morgan MN, Baulch JE. The effect of radiation quality on genomic DNA methylation profiles in irradiated human cell lines. Mayo 2011, Vol 175 p.575-585.
3. Di Giorgio RM, Barquinero JF, Vallerga MB, Radl A, Taja MR, Seoane A, et al. Biological dosimetry intercomparison exercise: an evaluation of triage and routine mode results. Mayo 2011, Vol 175 p 638-649
4. Disponible en:  
<http://hinarigw.who.int/whalecomwww.bioone.org/whalecom0/doi/full/10.1667/RRXX24.1>
5. López CA. La radiacion Roentgen en el Departamento de Radiología de los Hospitales San Juan de Dios, Roosevelt, Modular de Chiquimula y Nacional de Antigua durante el año 1982. [tesis Médico y Cirujano]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 1982.
6. Disponible en:  
[http://hinarigw.who.int/whalecomwww.sciencedirect.com/whalecom0/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6TVS51WD0PC1&\\_user=2778716&\\_coverDate=05%2F31%2F2011&\\_rdoc=2&\\_fmt=high&\\_orig=browse&\\_origin=browse&\\_zone=rslt\\_list\\_item&\\_srch=docinfo%28%23toc%23542%232011%23999539994%233145739%23FLA%23display%23Volume%29&\\_cdi=5542&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_ct=16&\\_acct=C000049744&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=2778716&md5=789a6ee3466bddf2e7a871d97240127e&searchtype=a](http://hinarigw.who.int/whalecomwww.sciencedirect.com/whalecom0/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TVS51WD0PC1&_user=2778716&_coverDate=05%2F31%2F2011&_rdoc=2&_fmt=high&_orig=browse&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_srch=docinfo%28%23toc%23542%232011%23999539994%233145739%23FLA%23display%23Volume%29&_cdi=5542&_sort=d&_docanchor=&_ct=16&_acct=C000049744&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2778716&md5=789a6ee3466bddf2e7a871d97240127e&searchtype=a)
7. Disponible en:  
<http://hinarigw.who.int/whalecominformahealthcare.com/whalecom0/doi/abs/10.3109/02841869009090064?prevSearch=allfield%253A%2528DOSIMETRY%2529&searchHistoryKey=>

8. Geografía de Guatemala. [en línea]. Guatemala. Artman; 2013 [citado 11 sept 2013]. Disponible en: [http://www.deguate.com/artman/publish/geo\\_municipios.shtml](http://www.deguate.com/artman/publish/geo_municipios.shtml)
9. Hospital General San Juan de Dios. [en línea]. deGuate.com: Guatemala. [citado 11 sept 2013]. Disponible en: <http://www.hospitalsanjuandediosguatemala.com/infogeneral.shtml>
10. Gallego E. Radiaciones ionizantes y protección radiológica. [en línea]. Madrid: [citado 17 sept 2013]. Disponible en: [http://62.43.237.121/nuclear\\_radi.pdf](http://62.43.237.121/nuclear_radi.pdf)
11. Tipos de radiación. [en línea]. Buenos Aires. [Citado 11 sept 2013]. Citado en: [http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos\\_aires/radiacion/tipos.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/buenos_aires/radiacion/tipos.htm)
12. Pascual A, Gadea E. Radiaciones Ionizantes. [en línea]. INSHT. [citado 17 sept 2013] Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_614.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf)
13. Palotes P. Protección radiológica. [en línea]. España: [citado 11 sept 2013]. Disponible en: [html.rincondelvago.com/protección-radiológica.html](http://html.rincondelvago.com/protección-radiológica.html)
14. La radiación nos rodea. [en línea]. [citado el 17 de sept 2013]. Disponible en: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/099/htm/sec\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/099/htm/sec_8.htm)
15. Entidades de servicios de protección radiológica. [en línea]. España: 2013. [citado 17 sept 2013]. Disponible en: [http://www.csn.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4178&Itemid=245&lang=es](http://www.csn.es/index.php?option=com_content&view=article&id=4178&Itemid=245&lang=es)
16. López W. Dosimetría personal. [en línea]. 2011. [citado 11 sept 2013]. Disponible en: [www.es.scribd.com/doc/47796723/dosimetría-personal](http://www.es.scribd.com/doc/47796723/dosimetría-personal)
17. Amaro JE. Efectos estocásticos y no estocásticos. [en línea]. 2006. [citado 18 de sept 2013]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema7/node19.html>
18. Bushong SC. Manual de radiología para técnicos. 8ª ed. España: Elsevier-Masson; 2005.
19. Radiaciones. [en línea]. SURATEP. 2004. [citado 17 sept 2013]. Disponible en: <http://www.arlsura.com/cistema/articulos/357/radiaciones.pdf7>

20. Protección radiológica para instructores del pere. 28 ed. México: CENAPRED; [citado el 18 sept 2013] Disponible en:  
[http://www.cenapred.gob.mx/es/Capacitacion/PERE/cursosPERE/multimedia/docsMultimedia/3\\_PROTECCION\\_RADIOLOGICA\\_WEB/MP\\_FI\\_PR\\_5.pdf](http://www.cenapred.gob.mx/es/Capacitacion/PERE/cursosPERE/multimedia/docsMultimedia/3_PROTECCION_RADIOLOGICA_WEB/MP_FI_PR_5.pdf)
21. Preciado M, Luna V. Medidas básicas de protección radiológica. [en línea]- México D.F.: Tlalpan. 2010. [citado 17 sept 2013]. Disponible en :  
<http://www.incan.org.mx/revistaincan/elementos/documentosPortada/1294860259.pdf>
22. Portillo A. Exposición de motivos de reglamento de seguridad y protección radiológica. [en línea]. Guatemala: [citado el 18 sept 2013]. Disponible en:  
[http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/04/1.\\_Reglamento\\_de\\_seg\\_y\\_prot\\_Radiologica\\_Ac\\_Gub\\_No.\\_55-2001\\_720.pdf](http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/04/1._Reglamento_de_seg_y_prot_Radiologica_Ac_Gub_No._55-2001_720.pdf)
23. Colección de normas de seguridad del OIEA. [en línea]. Viena: OIEA. [citado 19 sept 2013] Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1117s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1117s_web.pdf)
24. Brito E. Protección Radiológica. [en línea] [citado 19 sept 2013] Disponible en:  
<http://www.slideshare.net/pelaonetter/proteccion-radiologica-12311639>
25. Enfermedad por radiación. [en línea] ADAM. [citado 19 sept 2013]. Disponible en:  
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000026.htm>

## VIII. ANEXOS

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

A través de las dos estudiantes previo a obtener el título de maestría en Imágenes Diagnósticas, se está estudiando los niveles de radiación emitidos por los equipos diagnósticos de imágenes en el Hospital General San Juan de Dios, a realizarse de enero 2012 a diciembre 2012, por lo que, a continuación le informaré sobre el motivo de nuestra encuesta.

La radiación es cuando un átomo queda con un exceso de carga eléctrica, ya sea positiva o negativa. Entonces son radiaciones ionizantes los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma. Las radiaciones ionizantes pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interaccionan. La dosimetría Personal consiste en medir, persona a persona, la dosis de radiación que recibe en su trabajo diario; además, nos sirve de base para evaluar de manera inmediata el grado de eficacia de los sistemas de Protección Radiológica.

El estudio se basa en una encuesta con preguntas directas personales y laborales que tienen carácter confidencial y en ningún momento serán sometidos a algún procedimiento médico que involucre la obtención de muestras para análisis.

Por la participación en el estudio, no podemos compensarlo económicamente, sin embargo el beneficio de su participación es que ayudará a describir los niveles de radiación emitidos en el departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios, y con estos datos se dará a conocer sobre los niveles de radiación en nuestro Hospital y así, tanto el personal médico, técnico y administrativo podrán tomar las medidas pertinentes para la protección radiológica.

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán preguntas sobre datos personales y laborales.

Antes de decidir su participación en este estudio debe de comprender que está en total libertad de preguntar cualquier duda que tenga y si decide puede retirarse en el momento que lo desee, sin necesidad de dar explicación alguna.

## FIRMA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_

Estoy enterada (o) del estudio en el que voy a participar, el cual consiste en una encuesta sobre los niveles de radiación, que está siendo realizada por estudiantes residentes del Departamento de Radiología del Hospital San Juan de Dios, dicho estudio está dirigido por el Dr. Axel Oliva a quien se le puede localizar en la emergencia del Hospital San Juan de Dios. Entiendo que mi nombre no será divulgado, que podré retirarme del estudio en cualquier momento y sin ninguna consecuencia en la atención que podría recibir en los servicios de salud, también que los resultados del estudio serán confidenciales y de beneficios para mi persona, trabajo y país.

Firma del participante: \_\_\_\_\_

Huella digital si ignora escribir el participante:



Me comprometo con la (el) participante a cumplir con todo lo que se le ha sido especificado anteriormente:

\_\_\_\_\_

Firma del investigador

\_\_\_\_\_

Fecha



## ENCUESTA

1. Nombre Completo:

2. Edad:

3. Sexo:                      Femenino                      Masculino

4. Trabajador:                      Radiólogo                      Residente                      Técnico

5. En qué área trabajan?

6. Tiempo de laborar en el departamento de Radiología:

7. Durante el año han presentado durante el tiempo de trabajo en el departamento de radiología náuseas, vómitos y quemaduras relacionadas con el ambiente de trabajo

SI

NO

8. Han tenido algún accidente laboral al momento de realizar procedimiento de diagnóstico por imágenes en el departamento de radiología

SI

NO

9. Se sienten seguros los médicos y residentes al estar trabajando en el departamento de radiología

SI

NO

10. Existen radio protectores necesarios para la protección?

SI

NO

11. Cumplen las normas de protección en cuanto a medios de protección personal, tiempo de exposición y distancia de la fuente de radiación?

SI

NO

Hospital General "San Juan de Dios"  
Guatemala, C.A.

---

Oficio CI-009/2012

17 de febrero de 2012

Doctores  
Berta Elisa Coto Pacheco  
Melissa Alitza Ceballos García  
MÉDICOS RESIDENTES  
DEPTO. RADIOLOGIA  
Edificio

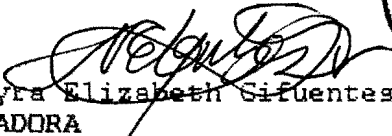
Doctores Coto y Ceballos:

El Comité de Investigación de este Centro Asistencial, les informa que el Protocolo de la Investigación Titulada "DOSIMETRÍA DE LA ENERGÍA IONIZANTE EN MÉDICOS Y TÉCNICOS DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA", ha sido aprobado para su ejecución con la condición que el costo de los materiales corran por cuenta de las interesadas.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,



  
Dra. Meyra Elizabeth Sifuentes Alvarado  
COORDINADORA  
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

c.c. archivo

Julia

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada: "DOSIMETRIA DE LA ENERGIA IONIZANTE EN MEDICOS Y TECNICOS DEL DEPARTAMENTO DE RADIOLOGIA" para propósitos de consulta académica. Sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiera la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial