



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y
COMPORTAMIENTO HUMANO**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A RADIACIONES
IONIZANTES EN EL ÁREA DE RADIOLOGÍA DEL CENTRO DE
ATENCIÓN AMBULATORIA CENTRAL QUITO (CAACQ) Y PROPUESTA
DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL.”**

Realizado por:

MÓNICA PATRICIA MORERA BENÍTEZ

Director del Proyecto:

ING. FRANCISCO SALGADO TORRES, MSc.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, Julio del 2015

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, MÓNICA PATRICIA MORERA BENÍTEZ, con cédula de identidad N° 1714862891, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Mónica Patricia Morera Benítez

C.C.: 1714862891

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL A RADIACIONES
IONIZANTES EN EL ÁREA DE RADIOLOGÍA DEL CENTRO DE
ATENCIÓN AMBULATORIA CENTRAL QUITO (CAACQ) Y PROPUESTA
DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL.”**

Realizado por:

MÓNICA MORERA BENÍTEZ

Como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Ha sido dirigido por el profesor

ING. FRANCISCO SALGADO TORRES, MSc.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Ing. Francisco Salgado Torres, MSc

DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Mg. DAVID TRUJILLO OTÁNEZ

Mg. PABLO DÁVILA RODRIGUEZ

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador

Mg. DAVID TRUJILLO OTÁNEZ

Mg. PABLO DÁVILA RODRIGUEZ

Quito, Julio del 2015

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi Padre que desde el cielo siempre me acompaña, a mi Esposo por ser el pilar fundamental en mi vida, a mi Madre y Hermana quienes siempre me han brindado su amor incondicional y la fuerza para seguir adelante.

Gracias por estar siempre a mi lado y apoyarme en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi padre, a mi esposo y mi familia por todo el apoyo que me han brindado y que ha permitido que alcance todas mis metas.

A mi profesor Francisco Salgado, por todo su apoyo, el compartir su conocimiento y experiencia para elaborar esta investigación.

A la Universidad Internacional SEK, a mis profesores por brindarme sus conocimientos, permitirme estudiar y llegar a hacer una profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
CAPITULO I. INTRODUCCION.....	1
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.1.1.1. Diagnóstico del problema	1
1.1.1.2. Pronóstico.....	3
1.1.1.3. Control del Pronóstico	4
1.1.2. Objetivo General	4
1.1.3. Objetivos Específicos.....	4
1.1.4. Justificaciones	4
1.2. MARCO TEÓRICO	5
1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema	5

1.2.1.1. Estructura de la materia.....	6
1.2.1.2. Radiaciones Ionizantes.....	7
1.2.1.3. Clasificación de Radiaciones Ionizantes y penetración	7
1.2.1.4. Aplicación de la Radiación Ionizante	9
1.2.1.5. Actividad de las fuentes. Medidas	12
1.2.1.6. Definiciones en el campo de la radio protección	12
1.2.1.7. Efectos de las Radiaciones Ionizantes.....	15
1.2.1.8. Irradiación y contaminación.....	18
1.2.1.9. Clasificación y delimitación de zonas.....	19
1.2.1.10. Evaluación de la exposición a Radiaciones Ionizantes	21
1.2.1.11. Medidas básicas de protección contra Radiaciones Ionizantes.....	23
1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica	31
1.2.3. Hipótesis.....	31
1.2.4. Identificación y Caracterización de las Variables.....	31

2.	CAPITULO II. MÉTODOLOGIA	33
2.1.	Identificación de exposición a radiaciones ionizantes	33
2.2.	Evaluación de la exposición a radiaciones ionizantes.....	34
2.3.	Propuesta de medidas de prevención y control	37
3.	CAPITULO III. RESULTADOS Y ANALISIS	39
3.1.	Resultados de la identificación de la exposición a radiaciones ionizantes ..	39
3.2.	Resultados de la evaluación	46
3.2.1.	Mediciones de la exposición laboral a radiaciones ionizantes	46
3.2.2.	Evaluación de la exposición laboral	51
3.3.	Propuestas de medidas de prevención y control	58
4.	CAPITULO IV. DISCUSIÓN	61
4.1.	Conclusiones	61
4.2.	Recomendaciones.....	63
5.	BIBLIOGRAFIA	65

INDICE DE TABLAS**PAG.**

Tabla 1. Equipos de Radiodiagnóstico	10
Tabla 2. Límites de dosis.....	17
Tabla 3. Variables de investigación.....	32
Tabla 4. Propiedades del detector Digilert 100	35
Tabla 5. Dosis de radiación anual.....	53
Tabla 6. Dosimetría personal anual	55
Tabla 7. Fragilidad Cromosómica.....	57

INDICE DE FIGURAS**PAG.**

Figura 1: Centro de Atención Ambulatoria Quito (CAACQ)	1
Figura 2. Estructura del átomo	6

Figura 3. Penetración y nocividad de las radiaciones.....	9
Figura 4. Efectos de las Radiaciones Ionizantes.....	16
Figura 5. Contaminación radioactiva.....	18
Figura 6. Señalización de Radiactividad	20
Figura 7. Poder de penetración de las Radiaciones	24
Figura 8. Niveles de radiación ionizante en el puesto de trabajo	39
Figura 9. Sobreexposición a radiaciones ionizantes	40
Figura 10. Utilización adecuada de los equipos de protección.....	41
Figura 11. Equipos de protección utilizados son adecuados	42
Figura 12. Control periódico de dosímetros personales	43
Figura 13. Capacitación a trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.....	43
Figura 14. Realización de exámenes de laboratorio específicos y periódicos.....	44

Figura 15. Información de efectos de radiaciones ionizantes.....	45
Figura 16. Instalaciones brindan protección contra radiaciones ionizantes	46
Figura 17. Sala 9 y 10 de rayos X.....	47
Figura 18. Sala del operador de las distintas salas 9 y 10	47
Figura 19. Mamografo	48
Figura 20. Equipo panorámico	49
Figura 21. Equipo y comando del tomógrafo	49
Figura 22. Equipo periapical	50
Figura 23. Tasa de dosis $\mu\text{Sv/h}$	51
Figura 24. Dosis anual en el POE mSv	54
Figura 25. Dosimetría personal anual mSv	56
Figura 26. Fragilidad cromosómica %	58

RESUMEN

El Dispensario Central del IESS se encuentra en el centro histórico de la ciudad de Quito, da atención diaria a muchos afiliados, jubilados y derechohabientes, uno de los servicios que brinda a la población es la realización de radiografías en el servicio de Imagenología. Siendo este servicio de gran importancia se realiza el siguiente estudio de evaluación a la exposición laboral a radiaciones ionizantes y propuesta de control y prevención en el personal que trabaja en esta área.

El estudio se llevó a cabo en las diferentes salas donde existe un equipo que emita radiaciones ionizantes en el servicio de Radiología, se midió la tasa de dosis con el detector de radiaciones Digilert 100, se tomó en cuenta la dosimetría personal que nos brindó el SCAN y el examen de fragilidad cromosómica realizado en el HCAM, con todos estos datos se conoció la tasa de dosis que recibe el trabajador que está expuesto a radiaciones ionizantes durante la jornada de su trabajo.

Los resultados obtenidos en tasas de dosis fue de 0,75 $\mu\text{Sv/h}$ en el equipo periapical y el tomógrafo de 7,86 $\mu\text{Sv/h}$, la dosis anual acumulada se encuentra entre 0.009 mSv/año a 0.64 mSv/año y la dosimetría personal entre 1.23 mSv/año a 1.89

mSv/año, lo que indica que los trabajadores del área de Radiología no se encuentran sobreexpuestos a las radiaciones ionizantes. En el examen de fragilidad cromosómica se encontró que en 3 trabajadores sobrepasaban el valor normal de 5-10%, estos valores fueron de 12, 13 y 22 % respectivamente.

Por este motivo se debe capacitar al personal sobre protección radiológica, la importancia de un buen blindaje de puertas y vidrios de la sala, el uso adecuado de los equipos de protección personal y para los pacientes, la importancia de la vigilancia de la salud con realización de exámenes periódicos.

ABSTRACT

The Dispensario Central of IESS, is located in the historical center of Quito, serving members, retirees and beneficiaries.

One of the services provided to the population is the realization of radiographs in the imaging service; the following assessment study is conducted to occupational exposure to ionizing radiation and a proposal of control and prevention in the staff working in this area.

The study was carried out in different rooms or areas where there is equipment emitting ionizing radiation.

In the radiology department the dose rate was measure with radiation detector Digilert100, it was taken in consideration the personal dosimetry that gave us the scan and examination of chromosome fragility made in the Carlos Andrade Marin Hospital, with all these data the dose rate received by the worker that is exposed to ionizing radiation during they work day

The results dose rates was 0,75 $\mu\text{Sv/h}$ in XR peryapical and tomograph was 7,86 $\mu\text{Sv/h}$. Annual cumulative dose is between 0.009 mSv/year and 0.64 mSv/year, and personal dosimetry between 1.23 mSv/year to 1.89 mSv/year. Indicating that the area of radiology worker s are not over exposed to ionizing radiation, in the

examination of chromosome fragility it was found that in three workers exceed the normal value of 5-10%, these securities were 12, 13 and 22 % respectively.

For these reasons, staff should be trained in radiation protection, the importance of good blindage doors and windows of the room, the proper use of individual personal equipment and for the patients, the importance of health monitoring with periodic reviews.

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1.1. Diagnóstico del problema

El Centro de Atención Ambulatoria Central Quito (figura 1) o Dispensario Central como también se le conoce es una Unidad Médica del IESS que comenzó a funcionar en 1970 y fue la primera Clínica del Seguro Social que contaba en aquella época la ciudad de Quito.

Figura 1: Centro de Atención Ambulatoria Quito (CAACQ)



Fuente: Elaboración propia

El Dispensario Central atiende a los afiliados, jubilados y derechohabientes, buscando siempre la satisfacción de los usuarios, cuenta con todos los servicios para una buena asistencia medica entre ellos el área de Radiología contando con equipos de última tecnología.

En el área de Radiología se atienden diariamente 110 pacientes que acuden para realizarse exámenes tanto de Consulta Externa como de Emergencia, siendo un lugar donde existe exposición a radiaciones ionizantes 24 horas al día.

El Servicio de Radiología cuenta con personal altamente profesional, con horarios rotativos de 8 horas laborables, el área está dividida en tomografía, radiografía convencional, mamografía, ecografía, un equipo de rayos X panorámico y otro de rayos X periapical, son una ayuda al radiodiagnóstico de las patologías de los pacientes que vienen aquejados por sus dolencias a esta casa de salud.

Por todo lo anterior descrito es importante tener en cuenta las regulaciones dadas por la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), que exige una valoración bimensual de la dosimetría personal, un análisis de la fragilidad cromosómica anual del personal expuesto (POE) y una medición de seguridad radiológica en el área de trabajo.

En las últimas mediciones realizadas por la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), se encontró que se sobrepasaban los límites permisibles de tasa de dosis ambiental, siendo riesgoso tanto para el trabajador del CAACQ como para el personal externo.

En el examen realizado por el Laboratorio de Genética se observó que 3 personas de Radiología tenían un resultado mayor del 10% más de lo normal en el examen de fragilidad cromosómica, por lo que se debería llevar a cabo una vigilancia médica a todos los trabajadores expuestos (POE) esto permitiría una evaluación completa del estado de salud, como a la

detección oportuna de enfermedad general o somática, para establecer que el trabajador pueda o no continuar en su área de trabajo.

Mediante el desarrollo de este proyecto se pretende evaluar la exposición laboral de radiaciones ionizantes en el área de Radiología del Centro de Atención Ambulatoria Quito y proponer medidas de prevención y control.

1.1.1.2. Pronóstico

Debido a la gran cantidad de afiliados, jubilados y derecho habientes que vienen al Dispensario Central buscando atención médica y por lo tanto, realización de exámenes complementarios como son radiografías convencionales, mamografías, ecografías, tomografías, rayos X panorámica y rayos X periapical, se amplió el servicio a 24 horas al día.

Esto hace que el trabajador expuesto este laborando las ocho horas diarias con toma de placas continuamente y aumentando su exposición a Radiaciones Ionizantes.

Por tal motivo se ve la necesidad de realizar la evaluación y proponer medidas de prevención y control necesarias pensando en la salud de los trabajadores.

Una evaluación de Radiaciones Ionizantes es muy importante, pues un ambiente en donde exista una exposición alta a ellas puede ocasionar que los trabajadores de esta área presente problemas en su salud, tanto a corto como a largo plazo.

1.1.1.3. Control del Pronóstico

Se determinará por medio de la evaluación de exposición a Radiaciones Ionizantes dosis a la cual se encuentran expuestos. Esto permitirá realizar una propuesta de prevención y control tanto para los trabajadores como para el público en general.

1.1.2. Objetivo General

Evaluar la exposición laboral a Radiaciones Ionizantes en el área de Radiología del Centro de Atención Ambulatoria Quito y proponer medidas de prevención y control, para aportar al mejoramiento de las condiciones de Seguridad y Salud de los trabajadores.

1.1.3. Objetivos Específicos

- Identificar los puestos de trabajo que se encuentran expuestos a radiaciones ionizantes.
- Evaluar la exposición laboral a radiaciones ionizantes en los trabajadores del área de Radiología del Dispensario Central.
- Proponer medidas de prevención y control que permita a los trabajadores del servicio de Radiología tener condiciones seguras en su trabajo.

1.1.4. Justificaciones

Para la ejecución de esta investigación se utilizó argumentos técnicos y legales referentes a radiaciones ionizantes.

Como argumento técnico se ha considerado que el personal del área de Radiología del CAACQ podría encontrarse sobre-expuesto a radiaciones ionizantes debido a la falta de un buen blindaje, dosimetría individual esporádica, falta de equipos de protección, lo que ocasiona que se tenga en exámenes médicos el resultado de un porcentaje alto en fragilidad cromosómica, a nivel del puesto de trabajo dosimetrías altas, representado que existe fuga de radiación.

Esto tendría efectos negativos que pueden llegar a constituirse en problemas a la seguridad y salud irreversibles, tanto en el trabajador del área como de los que se encuentran cercanamente.

Es por tal motivo que se hace necesaria esta investigación, la cual permitiría medir, valorar y analizar la exposición a Radiaciones Ionizantes, con el objetivo de proponer medidas preventivas y de control para las actividades de una forma segura con alto grado de responsabilidad.

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema

En el Dispensario Central del IESS, no se contaba con la importancia debida sobre las medidas de protección que se requería, tanto para el personal del área de Radiología como para los pacientes que acudían al servicio. tampoco se tenían archivos de resultados históricos de las dosimetrías ambientales y personales, además en el equipo donde se revelaban las placas, se utilizaba líquidos como el formaldehído (cancerígeno), en la actualidad ya no se utiliza, fue reemplazado por un equipo digital.

Teniendo como un punto de partida las mediciones realizadas por la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN) y por la Dirección de Riesgo de Trabajo, en las cuales

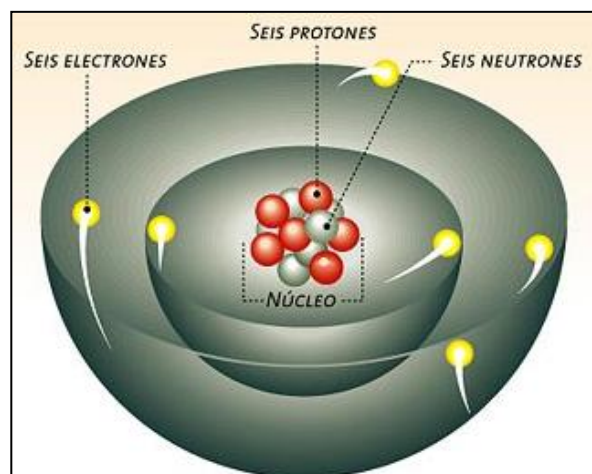
se encontró que existía fuga de Radiaciones Ionizantes, por lo que era indispensable las mediciones anuales en el puesto de trabajo y protección personal por equipos de protección y dosimetrías bimensuales.

Existen comentarios de varios trabajadores tanto del área de Radiología como de otras, donde expresan su preocupación cuando se encuentran en su puesto de trabajo o cercanos a esta área por la fuga de Radiaciones Ionizantes y los posibles efectos que se podrían desarrollar con el tiempo.

1.2.1.1. Estructura de la materia

En la naturaleza, todo material está constituido por átomos, la parte más pequeña que conserva las propiedades químicas de un elemento. A su vez, el átomo, como se observa en la figura 2, está dividido en dos partes: una exterior o corteza donde se sitúan los electrones (carga eléctrica negativa) y otra central o núcleo, formada por protones (carga positiva) y neutrones (sin carga), alrededor de la que giran electrones (Falagán, 2008, p. 473).

Figura 2. Estructura del átomo



Fuente: Falagan, 2005, p. 929

1.2.1.2. Radiaciones Ionizantes

Una radiación se entiende como ionizante, cuando al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones). Su origen es siempre atómico, pudiendo ser corpusculares o electromagnéticas.

Hay dos conceptos fundamentales que caracterizan a las radiaciones ionizantes: su capacidad de ionización es proporcional al nivel de energía, y la capacidad de su penetración es inversamente proporcional al tamaño de las partículas (NTP 304, 1990).

La radiación ionizante es la más peligrosa, y es la más asociada con la energía atómica, desde el punto de vista de la exposición en el trabajo, son los rayos X, que ya no son del dominio exclusivo de las profesiones médicas y dentales, sino que tienen mucho uso en operaciones de fabricación, especialmente en sistemas de inspección (Asfahl, 2000, p. 197).

1.2.1.3. Clasificación de Radiaciones Ionizantes y penetración

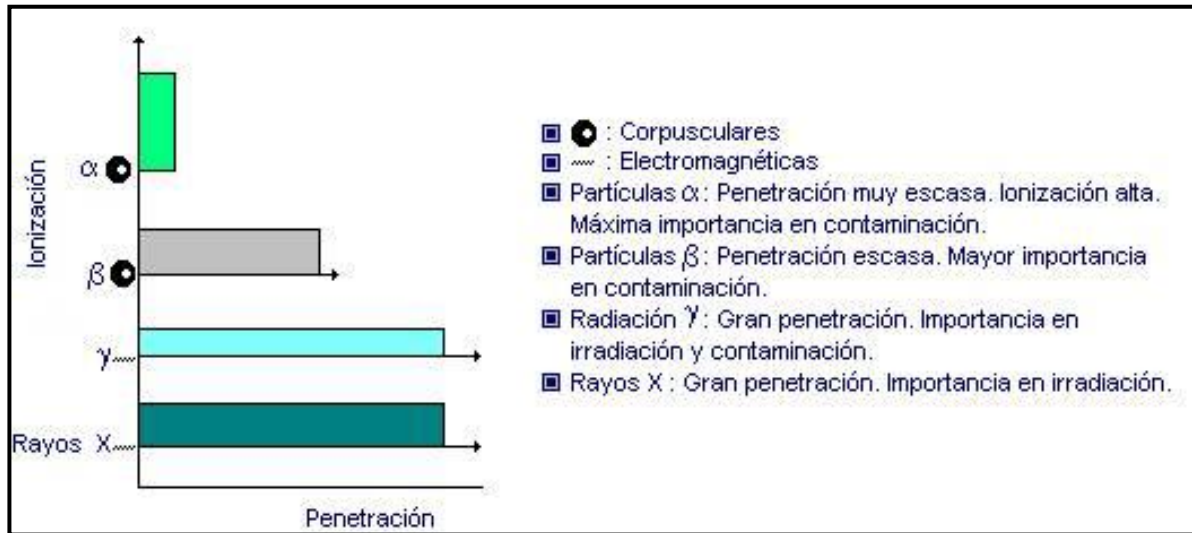
Existen dos conceptos básicos que caracterizan a los distintos tipos de radiaciones ionizantes:

1. La capacidad de ionización, que es proporcional al nivel de energía.
2. La capacidad de penetración, que es inversamente proporcional al tamaño de las partículas (Ver gráfico 3).

Considerando estos conceptos y relacionándolo con el origen, naturaleza y penetración se puede establecer la siguiente clasificación:

- **Radiaciones alfa (α):** Es la emisión de partículas formadas por núcleos de Helio. Tienen una energía muy elevada y muy baja capacidad de penetración. Pueden ser absorbidas por una hoja de papel.
- **Radiaciones beta - (β^-):** La desintegración β^- es la emisión de un electrón como consecuencia de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón. Penetración escasa.
- **Radiaciones beta + (β^+):** La emisión de un positrón, partícula de masa igual al electrón y de carga positiva, es conocida como desintegración β^+ . Es el resultado de la transformación de un protón en un neutrón y un positrón. Todas las radiaciones β tienen un poder de ionización algo inferior a la α y un mayor poder de penetración. Son absorbidas por una lámina de metal. Penetración escasa.
- **Radiaciones gamma (γ):** Es la emisión de energía en forma no corpuscular del núcleo del átomo. Son radiaciones electromagnéticas. Presentan un poder de ionización relativamente bajos, y una gran capacidad de penetración y dificultad su absorción por los apantallamientos.
- **Rayos X:** Se originan en los orbitales de los átomos. Se producen como consecuencia de la acción de electrones rápidos sobre los átomos y tienen, como la radiación γ , una naturaleza electromagnética. La energía de los rayos X es inferior a la de las radiaciones γ . Son las radiaciones de menor energía, pero presentan una gran capacidad de penetración, siendo absorbidos solo por apantallamientos especiales de grosor elevado (Beltrán, et al, 2006, p. 339).

Figura 3. Penetración y nocividad de las radiaciones



Fuente:Falagan, 2008, p. 479

1.2.1.4. Aplicación de la Radiación Ionizante

Las aplicaciones de las radiaciones ionizantes son muy diversas tanto para Medicina como para las áreas de ciencia y tecnología, las más representativas son:

Medicina:

- Radiodiagnóstico: Conjunto de procedimientos de exploración y visualización de estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano mediante el uso de radiaciones ionizantes (Ver tabla 1).

Tabla 1. Equipos de Radiodiagnóstico

Radiodiagnóstico	keV
Mamografía	27-35
Rx Convencional	50-150
Rx Dental	70 - 80
Rx Intervencionista	
Fluoroscopia	
Rx Digital	
Tomografía	

Fuente: Elaboración propia

- Medicina Nuclear: Radioisótopos para estudios morfológicos y funcionales de órganos y determinaciones radio analíticas de sustancias del organismo: Radioinmunoanálisis, radiofármacos.
- Radioterapia: Fin curativo, destrucción de tumores o tejidos malignos: Tele terapia, branquiterapia.
- Análisis: Fluorescencia de RX, técnica analítica de alta sensibilidad utilizada en diagnóstico clínico e investigación biológica, siempre 'in vitro' para medir la cantidad y la concentración de numerosas sustancias (hormonas, fármacos) en muestras biológicas obtenidas previamente del paciente (Falagán, 2005, p. 937).

Industria:

- Radiografía: verifica calidad.
- Centrales Nucleares: producción de energía eléctrica.

- Equipos analíticos: absorción y dispersión.

Otras aplicaciones

- Restauración de objetos.
- Medición de caudales.
- Estudio de hormonas, enzimas, proteínas.
- Medición de humedad y densidad de suelos.
- Detección de humos.
- Fechado de eventos geológicos o artísticos.
- Descubrimiento de falsificación de obras artísticas.
- Medidas de contaminación ambiental.
- Esterilización de productos médicos, pero también en alimentación e industria farmacéutica.
- Obtención de materiales plásticos.
- Conservación de alimentos.
- Erradicación de plagas.
- Control de seguridad y vigilancia (aeropuertos).

- Mejora de cultivos agrícolas (Falagán, 2005, p. 937).

1.2.1.5. Actividad de las fuentes. Medidas

La actividad de las fuentes se mide en becquerelios (Bq) si del Sistema Internacional (SI) o en curios (Ci) en el Sistema Cegesimal, e indica el número de átomos del radionucleido que se desintegra por segundo (dps). Un becquerelio equivale a un átomo desintegrado por segundo (Falagán, 2008, p. 483).

Las radiaciones ionizantes no pueden ser vistas, ni sentirse, ni siquiera percibirse por el cuerpo, el daño al tejido humano depende de la energía absorbida, para expresar la absorción de energía en una parte del cuerpo es la dosis.

La unidad manejada para la dosis es el gray (Gy), en protección radiológica práctica es el sievert (Sv). En el caso de rayos X, radiación γ y β : 1 Sv corresponde a 1 Gy.

1.2.1.6. Definiciones en el campo de la radio protección

a. Exposición (X)

Se vincula con las causas y efectos, también se le denomina como campo de radiación o intensidad de la exposición, y se establece como la medida del grado de ionización producida exclusivamente por rayos X y rayos γ en el aire. Se calcula en la ecuación 1.

$$X = \frac{dq}{dm} = \frac{\text{carga eléctrica}}{\text{masa}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

dm: masa

dq: Valor absoluto de la carga

La tasa de exposición se establece como la variación de la exposición, por unidad de tiempo, como se establece en la ecuación 2.

$$X = \frac{dx}{dt} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Y sus unidades son el C/Kg-s, R/s o similares.

b. Dosis absorbida (D)

Es la cantidad de energía absorbida en un punto del individuo o del medio, por unidad de masa (ecuación 3).

Mide la acción de la radiación en un material, siendo diferente para cada parte del cuerpo. Depende del tipo de radiación, intensidad y de la naturaleza de la materia irradiada.

Se expresa en gray (Gy) o como tradicionalmente se utiliza el rad en el sistema cegesimal (Falagán, 2008, p. 485).

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ Erg/g} = 6,25 \times 10^7 \text{ Mev/g} \text{ y considerando que } 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad.}$$

$$D = \frac{de}{dm} \quad [\text{Ec. 3}]$$

D: dosis absorbida

de: energía

dm: masa

c. Tasa de dosis

Es la dosis recibida por unidad de tiempo y se puede expresar en gray/hora o en mGy/h, si una persona está expuesta en un ambiente de 0,2 mGy/h durante 40 h/semana, recibirá una dosis de 8 mGy.

d. Dosis equivalente

Es la dosis absorbida por el individuo considerando el daño o efecto biológico producido. Depende del tipo de radiación, de su distribución y del tejido irradiado, por eso se recurre a la introducción del factor EBR (Eficacia Biológica Relativa), establece el riesgo en unidades expresadas en rem siendo $[\text{rem}] = [\text{rad}] \times [\text{EBR}]$ (Falagán, 2008, p. 486).

$$DE = d \times \text{EBR} \quad [\text{Ec. 4}]$$

DE: Dosis Equivalente

d: Dosis absorbida

EBR: Eficacia Biológica Relativa

1.2.1.7. Efectos de las Radiaciones Ionizantes

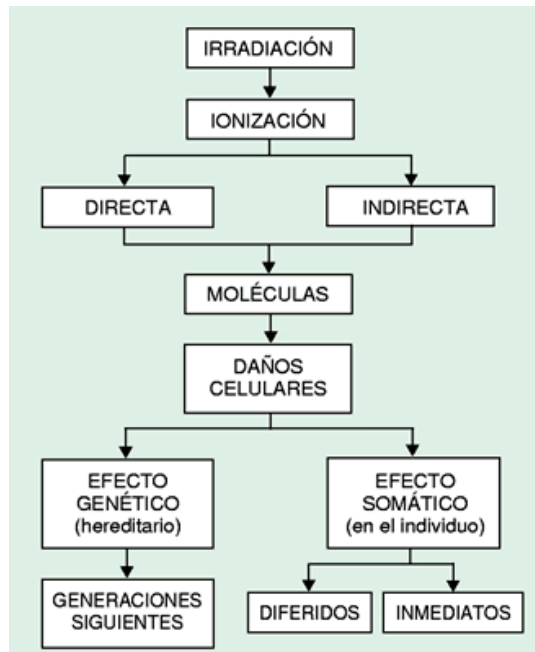
La energía depositada por las radiaciones ionizantes al atravesar las células vivas da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provocan cambios moleculares que dañan las células afectadas. En principio, cualquier parte de la célula puede ser alterada por la radiación ionizante, pero el ADN es el blanco biológico más crítico debido a la información genética que contiene.

Una dosis absorbida lo bastante elevada para matar una célula tipo en división, sería suficiente para originar centenares de lesiones reparables en sus moléculas de ADN. 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 (NTP 614, 2000).

Las lesiones del aparato genético producidas por irradiación pueden causar también cambios en el número y la estructura de los cromosomas, modificaciones cuya frecuencia, de acuerdo con lo observado en supervivientes de la bomba atómica y en otras poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes, aumenta con la dosis (Ver figura 4).

Figura 4. Efectos de las Radiaciones Ionizantes



Fuente: Hidalgo, et al. p. 1253

En consecuencia, el daño biológico puede producirse en el propio individuo (efecto somático) o en generaciones posteriores (efecto genético), y en función de la dosis recibida los efectos pueden ser inmediatos o diferidos en el tiempo, con largos periodos de latencia (NTP 614, 2000).

Límites de Dosis

Estos límites se dan por estudios realizados en poblaciones e individuos expuestos a diferentes dosis de radiación, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Límites de dosis

Límites de dosis para trabajadores expuestos	
Dosis Efectiva	100 mSv/5 años (máximo 50 mSv/año)
Dosis equivalente en el cristalino	150 mSv/año
Dosis equivalente en la piel y extremidades	500 mSv/año
Límites especiales	
Trabajadora expuesta embarazada	1 mSv/embarazo
Personas en formación y estudiantes	6 mSv/año

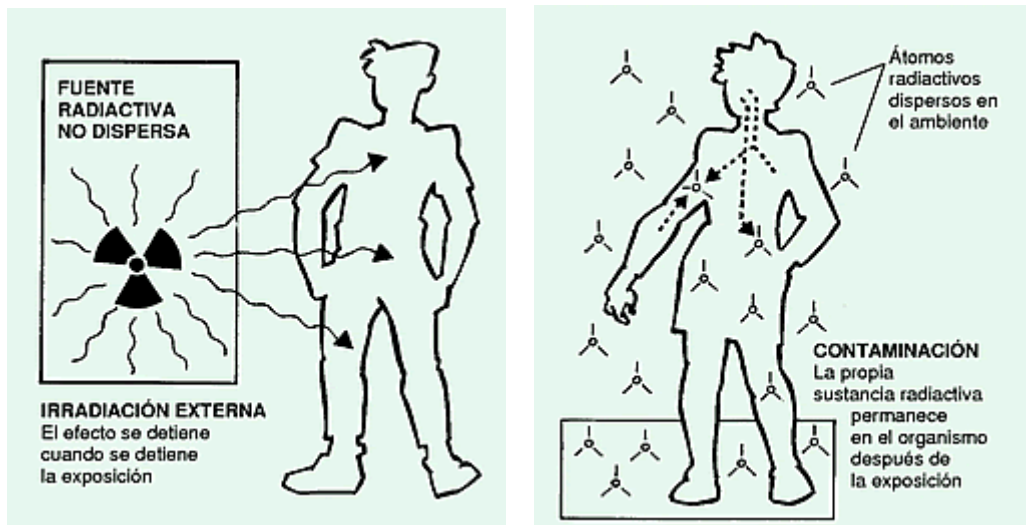
Fuente: (Carril, 2015, p. 1340)

También es importante considerar la diferencia entre efectos "estocásticos" y "no estocásticos", según que la relación dosis respuesta tenga carácter probabilístico, o bien el efecto se manifieste a partir de un determinado nivel de dosis (0,25 Sv), llamada dosis umbral. En ambos casos la probabilidad de efecto o el efecto aumenta con la dosis (INSHT, 2006).

1.2.1.8. Irradiación y contaminación

Se denomina irradiación a la transferencia de energía la de un material radiactivo a otro material, sin que sea necesario un contacto físico entre ambos, y contaminación radiactiva a la presencia de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente en la figura 5 que toda contaminación da origen a una irradiación (Hidalgo, et al., p. 1258).

Figura 5. Contaminación radioactiva



Fuente: (Hidalgo, et al., p. 1258)

1.2.1.9. Clasificación y delimitación de zonas

El titular de la actividad debe clasificar los lugares de trabajo, considerando el riesgo de exposición y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, en las siguientes zonas, como se observa en la figura 6.

1. **Zona controlada:** Zona en la que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para cristalino, piel y extremidades.

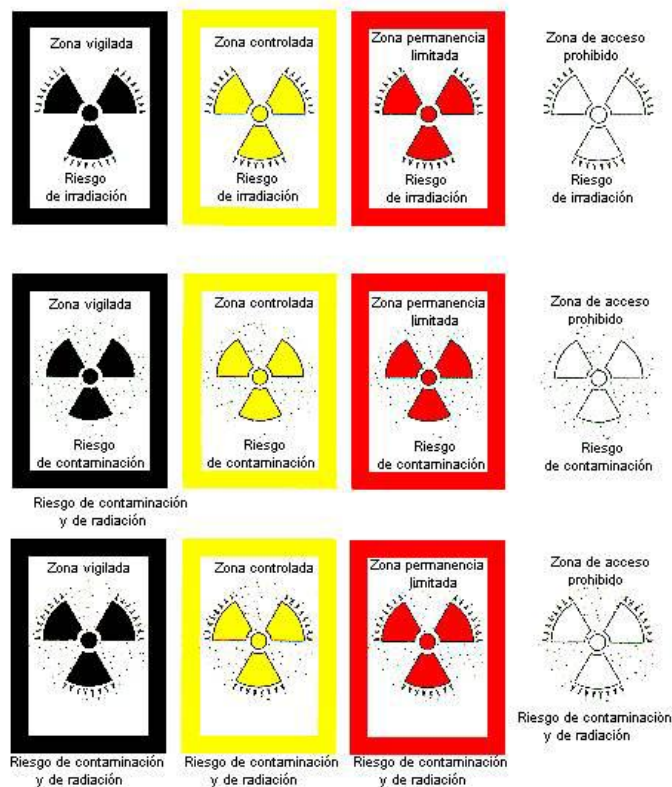
También tienen esta consideración las zonas en las que sea necesario seguir procedimientos de trabajo, ya sea para restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco.

Las zonas controladas se pueden subdividir en:

- **Zona de permanencia limitada.** Zona en la que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol amarillo sobre fondo blanco.
- **Zona de permanencia reglamentada.** Zona en la que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis. Se señala con un trébol naranja sobre fondo blanco.

- **Zona de acceso prohibido.** Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol rojo sobre fondo blanco.
2. **Zona vigilada:** en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalente para cristalino, piel y extremidades. Se señala con un trébol gris/azulado sobre fondo blanco (Hidalgo, et al,p. 1362).

Figura 6. Señalización de Radiactividad



Fuente: (Hidalgo, et al,p. 1362).

1.2.1.10. Evaluación de la exposición a Radiaciones Ionizantes

Incluye la vigilancia del ambiente del trabajo, vigilancia individual y el registro y notificación de los resultados.

Vigilancia del ambiente de trabajo

Los objetivos comunes y específicos que deben estar presentes son:

- Saber si existe contaminación
- Evaluar de manera cuantitativa
- Preparar los planes de descontaminación

Teniendo en cuenta la naturaleza y la importancia de los riesgos radiológicos, en las zonas vigiladas y controladas se debe realizar una vigilancia del ambiente de trabajo que comprende:

- La medición de las tasas de dosis externas, indicando la naturaleza y calidad de la radiación.
- La medición de las concentraciones de actividad en el aire y la contaminación superficial, especificando la naturaleza de las sustancias radiactivas contaminantes, así como su estado físico y químico.

Estas medidas pueden ser utilizadas para estimar las dosis individuales en aquellos casos en los que no sea posible o resulten inadecuadas las mediciones individuales.

Vigilancia individual

Está en función de la categoría del trabajador y de la zona (Gómez, 2010, p. 1220).

Trabajadores expuestos de categoría A: Es obligatorio el uso de dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral.

En caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea deben utilizarse dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas. Sí el riesgo es de contaminación interna, es obligatoria la realización de medidas o análisis pertinentes para evaluar las dosis correspondientes.

Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos deben determinarse cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una periodicidad no superior a un mes para la dosimetría externa, y con la periodicidad que, en cada caso, se establezca para la dosimetría interna.

Trabajadores expuestos de categoría B: Las dosis recibidas se pueden estimar a partir de los resultados de la vigilancia del ambiente de trabajo. La vigilancia individual, tanto externa como interna, debe ser efectuada por Servicios de Dosimetría Personal expresamente autorizados por la SCAN.

El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa debe transmitir los resultados de los controles dosimétricos al Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de salud de los trabajadores.

En caso de exposiciones accidentales y de emergencia se evalúan las dosis asociadas y su distribución en el cuerpo y se realiza una vigilancia individual o evaluaciones de las dosis individuales en función de las circunstancias.

Cuando a consecuencia de una de estas exposiciones o de una exposición especialmente autorizada hayan podido superarse los límites de dosis, debe realizarse un estudio para evaluar, lo más rápidamente posible, las dosis recibidas en la totalidad del organismo o en las regiones u órganos afectados (Falagán, 2008, p. 528).

Registro y notificación de resultados

Se debe tener un registro de las dosimetrías realizadas al personal en el que consten todas las dosis recibidas durante la vida laboral.

1.2.1.11. Medidas básicas de protección contra Radiaciones Ionizantes

Las medidas básicas para la protección del personal expuesto son las siguientes:

Distancia

Es el primer medio de protección, la radiación disminuye dependiendo de la distancia a la fuente que emite la radiación ionizante, siendo un factor determinante para disminuir la exposición.

Tiempo

La dosis recibida es directamente proporcional al tiempo de exposición, por lo que a menor tiempo de exposición menor será la dosis recibida, como se establece en la ecuación 4.

$$D = d \times t \quad [\text{Ec. 4}]$$

d = dosis recibida

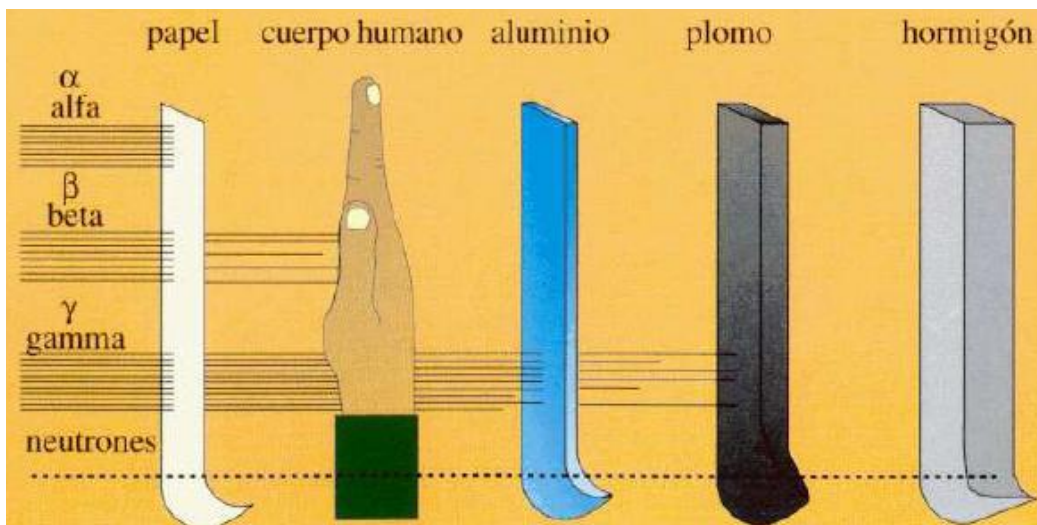
t = tiempo de exposición

Se debe acortar la permanencia en la proximidad de la fuente de radiación.

Materia interpuesta (blindajes)

Todas las radiaciones al atravesar la materia, sufren un efecto de frenado o disminuyen su intensidad como se ve en la figura 6, atenuando de un modo total o parcial las radiaciones ionizantes.

Figura 7. Poder de penetración de las Radiaciones



Fuente: Falagan.2008, p. 542.

Aparte de los aspectos comentados, en función del tipo de riesgo de exposición, ya sea de irradiación externa o de contaminación radiactiva, deben observarse las denominadas medidas básicas de protección radiológica (Falagan, 2005, p. 978).

Irradiación externa

En este caso, en el que no hay un contacto directo con la fuente, las medidas de protección consisten en:

- Limitar el tiempo de exposición.
- Aumentar la distancia a la fuente, ya que la dosis disminuye de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Apantallamiento de los equipos y la instalación.

Contaminación radiactiva

En este caso hay o puede haber contacto directo con la fuente, por lo que las medidas preventivas se orientan a evitarlo. Como norma general, el personal que trabaja con fuentes radiactivas no encapsuladas debe conocer de antemano el plan de trabajo, los procedimientos y las personas que van a efectuar las distintas operaciones.

El plan de trabajo debe contener información sobre:

- Medidas preventivas que deben tomarse.
- Procedimientos de descontaminación.
- Gestión de residuos radiactivos.

- Actuación en caso de accidente o incidente.
- El plan de emergencia.

Las medidas específicas de protección contra la contaminación radiactiva dependen de la radiotoxicidad y actividad de los radionucleidos y se establecen actuando, tanto sobre las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo, como sobre el personal, mediante la adopción de métodos de trabajo seguros y, si es necesario, el empleo de equipos de protección individual adecuados (Falagan, 2008, p. 542).

- **Medidas preventivas**

Las medidas preventivas más importantes contra radiaciones ionizantes son:

Formación e información

Los trabajadores expuestos deberán recibir una formación adecuada en materia de protección radiológica y deberán así mismo ser informados del nivel adecuado sobre el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.

Límite de dosis

Son valores que pueden recibir las personas expuestas y que nunca deben ser sobrepasados.

Delimitación de zonas

Todo espacio donde existan radiaciones ionizantes debe estar perfectamente señalado y delimitado. La clasificación de los tipos de zonas se efectúa en función del riesgo existente en la instalación y la señalización será diferente para cada zona.

Medidas dosimétricas

En toda instalación se debe llevar a cabo mediciones ambientales e individuales, en función de la clasificación de la zona y del tipo de radiación emitida.

Vigilancia médica

Todo el personal profesionalmente expuesto está obligado a someterse a un reconocimiento médico con una periodicidad anual que deberá archivar durante al menos 30 años desde el cese del trabajador.

Las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales, deberán mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible (Gómez, 2010, P. 1222)

La vigilancia de la exposición ha permitido orientar el control médico periódico específico así como extremar acciones de radioprotección (Tomasina, et al., 2006).

Al personal que se incorpore de nuevo se le deberá efectuar un examen médico exhaustivo que permita conocer su estado de salud, su historia laboral y su aptitud para el puesto de trabajo (Gonzales, 2003, p. 80).

Las radiaciones ionizantes, al interaccionar con el organismo, provocan diferentes interacciones en el mismo, debido a la ionización provocada en los elementos constitutivos de sus células y tejidos. Esta acción puede ser directa, produciéndose en la propia molécula irradiada o indirecta si es producida por radicales libres generados, que extiende la acción a otras moléculas. Lo que sucede normalmente es una mezcla de ambos procesos.

El daño biológico producido tiene su origen, a nivel macromolecular, en la acción de las radiaciones ionizantes sobre las moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico), que juega una importante función en la vida celular. Esta acción puede producir fragmentaciones en las moléculas de ADN, dando origen a aberraciones cromosómicas, e incluso la muerte celular, o bien ocasionar transformaciones en la estructura químicas de las moléculas de ADN y originando mutaciones, que producen una incorrecta expresión del mensaje genético.

El daño producido por las radiaciones ionizantes puede tener un carácter somático (daños en el propio individuo), que puede ser mediato o diferido, o bien un carácter genético (efectos en las generaciones posteriores) (González, 2003, p. 79).

Valoración del riesgo por radiaciones

Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP, los límites de exposición ocupacional de todo trabajador deberán controlarse de forma que no se superen los siguientes:

- Una dosis efectiva de 20 mSv/año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos.
- Una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año.
- Una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año.
- Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel de 500 mSv en un año.

Los efectos que se manifiestan en múltiples síntomas de acuerdo a la intensidad, el tiempo de exposición, la edad y las características individuales, en manifestaciones como:

- Afecciones en la piel.
- Alteraciones del sistema hematopoyético
- Cáncer
- Lesiones de la médula ósea
- Lesiones oculares
- Alteraciones del sistema reproductivo (Mancera. 2012. P. 253).

Valoración del equipo de radiación ionizante

Todo equipo que emita radiación deberá tener pruebas iniciales, inspecciones y comprobaciones del sistema de generador de señal, se harán para verificar que la fabricación e instalación se realizarán de acuerdo con los planes de diseño y especificaciones y desarrollar un conocimiento profundo del funcionamiento del sistema y todos los componentes bajo normal y condiciones hostiles.

Una vez que el sistema se ha puesto en servicio, se realizaran pruebas periódicas, inspecciones y controles para minimizar la posibilidad de mal funcionamiento.

Siendo alteraciones significativas o revisiones en el sistema, se harán pruebas y controles similares a las pruebas de la instalación inicial.

Las pruebas estarán diseñadas para minimizar los riesgos.

Antes de la operación normal del sistema de generador de señal se comprobará física y funcionalmente para asegurar la fiabilidad y para demostrar la precisión y rendimiento. Las pruebas específicas incluirán:

- Todas las fuentes de energía.
- Calibración y estabilidad de la calibración.
- Niveles de disparo
- Circuitos, Incidencias, indicadores y señales, donde se utilizan (OSHA, 1996).

Al realizar la elección de técnicas para el control de las dosis de los trabajadores, debería considerarse la existencia de otros riesgos posiblemente más serios, crónicos o críticos en el lugar de trabajo. Por tanto, es importante que las acciones adoptadas a fin de reducir las dosis de radiación en el lugar de trabajo no sean de índole tal que puedan resultar en un aumento de otros riesgos profesionales para la salud o para la seguridad en el trabajo (OIT, 1987).

1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica

Las radiaciones ionizantes tienen interacción con la materia lo que genera ionización y estas alteran la estructura atómica, dando efectos biológicos en el organismo del personal expuesto. Estos efectos deben ser estudiados individualmente para corregirlo a tiempo y por lo tanto reconocer que si la exposición es alta a radiaciones ionizantes se podrán tener efectos que sean agudos o crónicos que incluso pueden llevar hasta la muerte.

1.2.3. Hipótesis

Mediante la evaluación de la exposición laboral a radiaciones ionizantes en el área de Radiología y la proposición de medidas de prevención y control, se logrará aportar al mejoramiento de las condiciones de Seguridad y Salud Ocupacional de los trabajadores del Centro de Atención Ambulatoria Central Quito (CAACQ).

1.2.4. Identificación y Caracterización de las Variables

Las variables que se toman en cuenta en esta investigación son las medidas de radiaciones ionizantes en los puestos de trabajo como la dependiente y los riesgos a los cuales se asocian como la independiente (ver tabla 3).

Tabla 3. Variables de investigación

TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN
DEPENDIENTE	Medición de Radiaciones Ionizantes en los trabajadores de Radiología
INDEPENDIENTE	Riesgos asociados

Fuente: Elaboración propia

2. CAPITULO II. MÉTODOLOGIA

2.1. Identificación de exposición a radiaciones ionizantes

Para identificar el problema se realizó por inspección, observación de las diferentes áreas y una encuesta de 9 preguntas relacionadas con la percepción de los trabajadores hacia la exposición de radiaciones ionizantes en sus puestos de trabajo, donde tenían que responder con un sí o un no.

1. ¿Conoce usted sobre los niveles de radiación ionizantes en su lugar de trabajo?

SI

NO

2. ¿Cree usted que se encuentra sobreexposto a radiaciones ionizantes?

SI

NO

3. ¿Sus compañeros de trabajo utilizan adecuadamente los equipos de protección?

SI

NO

4. ¿Piensa usted que los equipos de protección que utiliza son los adecuados para protegerle de la radiación?

SI

NO

5. ¿Se realizan los controles de los dosimétricos personales periódicamente?

SI

NO

6. ¿Todos los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes reciben capacitación que les permita desarrollar sus tareas de forma segura?

SI

NO

7. ¿Se realizan exámenes de laboratorio específicos y periódicos?

SI

NO

8. ¿Recibió información acerca de los efectos de las radiaciones ionizantes?

SI

NO

9. ¿Cree usted que las instalaciones brindan protección al personal que trabaja con radiaciones ionizantes?

SI

NO

2.2. Evaluación de la exposición a radiaciones ionizantes

Después de que se identificó la exposición de radiaciones ionizantes por medio de la encuesta a las 11 personas del servicio de Radiología, se pasó a la evaluación dentro de las diferentes áreas usando el detector de radiaciones Digilert 100 (Ver figura 16), considerándose la tasa de dosis por puesto de trabajo.

Figura 16. Detector de radiaciones Digilert 100



Fuente: Elaboración propia

El Digilert es el equipo más utilizado para la medición de radiación, basado en un detector de Geiger-Muller detecta radiaciones alfa, beta, gamma y rayos x, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Propiedades del detector Digilert 100

PROPIEDADES DEL DETECTOR DIGILERT 100	
Tipo de detector	Geiger-Muller
Medición de radiación	Alfa, beta, gamma y rayos X
Tipo de alarma	Sonora y visual
Tipo de pantalla	Digital
Usos	Exposición personal, exposición ambiental y detector de fugas de radiación
Lectura	Tasas de dosis
Unidades	$\mu\text{Sv}/\text{Hr}$ o mR/hr
Actualización	Cada 3 segundos

Fuente: Elaboración propia

Se realizó 3 disparos por cada sala donde se encuentra un equipo que emite radiación ionizante, donde se obtuvieron 3 tasas de dosis casi siempre similares y se sacó un promedio.

La medición se tomó cerca al cuerpo del trabajador que realizó el disparo para la toma de las placas, ya que esta medida es la que capta el dosímetro personal y mide la exposición del personal ocupacionalmente expuesto (POE).

Una vez obtenidas las mediciones de los puestos de trabajo donde se emitió radiación ionizante se aplicó la fórmula de la exposición anual (Ver ecuación 5), para determinar si existe o no una sobreexposición a radiaciones ionizantes en el personal de radiología.

$$DA = \frac{\mu Sv}{HE} \times \frac{HE}{SE} \times \frac{P}{D} \times \frac{T}{P} \times \frac{mSv}{\mu Sv} \times \frac{D}{M} \times \frac{M}{A} \quad [\text{Ec. 5}]$$

En donde:

μSv : microsievert

HE: hora de exposición

SE: segundos de exposición

P: placas tomadas

D: días

T: tiempo en que realiza la placa

Rx: radiografías

M: mes

A: año

Para obtener la dosis anual acumulada se tomó en cuenta la jornada de trabajo de 8 horas, el tiempo en que se demoró cada disparo, el número de placas tomadas durante todo el día en la misma sala y con el mismo trabajador y el número de días que trabaja al año.

De esta manera se obtuvieron las dosis anuales en las diferentes seis salas del servicio de Radiología: en las 2 salas de rayos X convencional, mamógrafo, panorámico, tomógrafo y en el del equipo periapical.

En el Hospital Carlos Andrade Marín (HCAM) se midió el porcentaje de fragilidad cromosómica del personal ocupacionalmente expuesto tomando en cuenta que la normalidad es de 5 al 10%.

La dosimetría personal se realizó en la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), donde se emite un informe bimensual de la exposición del trabajador a la radiación ionizante, los cuales al final del año se suman dando de esta manera la dosis anual acumulada.

2.3. Propuesta de medidas de prevención y control

Se determinó que una medida de prevención adecuada para que no exista exposición del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes es que la fuente de radiación este lo más alejada de la cabina de comando donde se encuentra el trabajador, así se disminuye la radiación que llega a él.

Se realizó una capacitación a todo el servicio de radiología donde se trató de lo que son radiaciones ionizantes, los efectos agudos y crónicos que pueden causar a cada persona

dependiendo también de su susceptibilidad y la importancia del uso del equipo de protección personal al realizar una placa tanto para el trabajador como para el paciente.

Se estableció que el personal que labora en el servicio de imagenología utilizara los equipos de protección radiológica como son el mandil plomado, gafas plomadas y el protector de tiroides, de igual manera los pacientes y el personal de apoyo como son familiares o camilleros.

3. CAPITULO III. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1. Resultados de la identificación de la exposición a radiaciones ionizantes

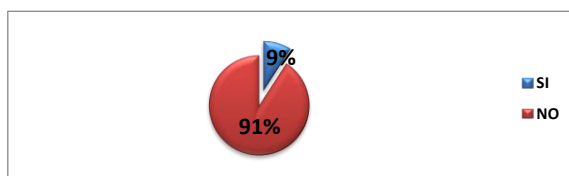
En el área de radiología trabajan 11 personas que están expuestas a radiaciones ionizantes en las diferentes áreas de radiología: convencional, mamografía, equipo panorámico, tomógrafo y el equipo periapical.

Se realizó una encuesta (Ver anexo 1) donde se obtiene los siguientes resultados:

1. ¿Conoce usted sobre los niveles de radiación ionizantes en su lugar de trabajo?

Siendo las 11 personas encuestadas el 100%, se obtuvo que el 91% de los trabajadores (10 personas) no conocen sobre los niveles de radiación ionizante en su puesto de trabajo como se observa en la figura 8.

Figura 8. Niveles de radiación ionizante en el puesto de trabajo



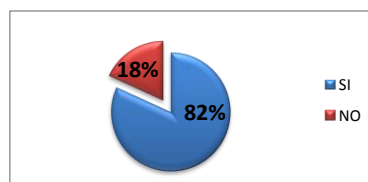
Fuente: Elaboración propia

Esto podría ser debido a que en el CAACQ no cuentan con un personal calificado para la realización de las mediciones de radiaciones ionizantes y cuando fue el SCAN a realizar las mediciones en el área de rayos X jamás se dio por escrito la cantidad de radiación ionizante encontrada., por lo que los trabajadores no se enteraban de la radiación existente en su puesto de trabajo y de esta manera creen que si hay fuga de radiación.

2. ¿Cree usted que se encuentra sobreexpuesto a radiaciones ionizantes?

Dos personas que trabajan en el área de radiología (18%) no creen que se encuentran expuestas, el 82% (9 personas) si creen estar expuestos a radiaciones ionizantes (Ver figura 9), a pesar de que no existe un registro de mediciones realizadas a los diferentes equipos que emiten radiaciones ionizantes los trabajadores creen estar sobreexpuestos.

Figura 9. Sobreexposición a radiaciones ionizantes



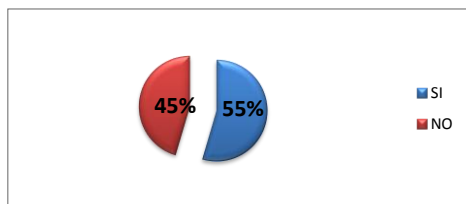
Fuente: Elaboración propia

3. ¿Sus compañeros de trabajo utilizan adecuadamente los equipos de protección?

El 45% (5 personas) contestaron que sus compañeros de trabajo no utilizan adecuadamente sus equipos de protección y el 55% (6 personas) refirieron que sus compañeros si los utilizan adecuadamente como se demuestra en la figura 10.

Las 6 personas que utilizan sus equipos de protección adecuadamente lo hacen ya que han recibido capacitación externamente no por parte del CAACQ.

Figura 10. Utilización adecuada de los equipos de protección



Fuente: Elaboración propia

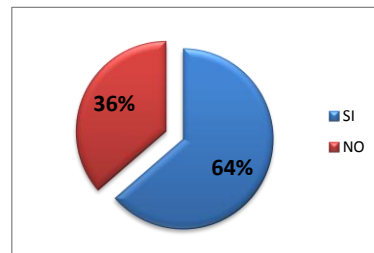
4. ¿Piensa usted que los equipos de protección que utiliza son los adecuados para protegerle de la radiación?

Siete personas (64%) del área de radiología contestaron que los equipos de protección que se usan son los adecuados, 4 personas (36%) negaron que estos equipos de protección sean adecuados para su puesto de trabajo (ver figura 11).

Las 4 personas que contestaron que los equipos de protección no son los adecuados para su puesto de trabajo refirieron que no existe un control de mantenimiento

de los mismos y que el equipo de protección no solo es el mandil plomado, faltaría para el personal y para los pacientes protector de tiroides.

Figura 11. Equipos de protección utilizados son adecuados



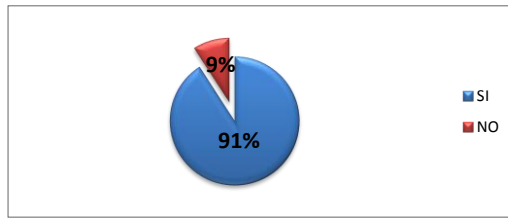
Fuente: Elaboración propia

5. ¿Se realizan controles de los dosímetros personales periódicamente?

El 91% que son los 10 trabajadores del área de radiología contestaron que si se realizan los controles periódicos de los dosímetros personal y el 9% que representa a una persona, refiere que no se realizan (Ver figura 12).

Los controles de los dosímetros personales se realiza cada dos meses, el inconveniente es que el personal no es informado de los resultados.

Figura 12. Control periódico de dosímetros personales



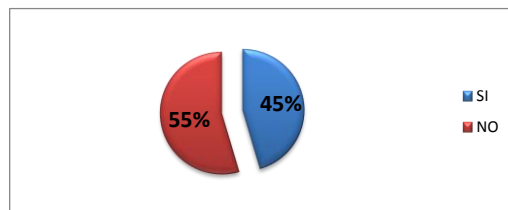
Fuente: Elaboración propia

6. ¿Todos los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes reciben capacitación que les permita desarrollar sus tareas de forma segura?

Cinco trabajadores (45%), contestaron que han recibido capacitación sobre radiaciones ionizantes que les ayuda a desarrollar su tarea de una forma segura, no así seis trabajadores (55%) como se observa en la figura 13.

Seis personas contestaron que no tienen capacitación adecuada sobre protección radiológica, lo que no garantiza que su trabajo se desarrolle de una forma segura.

Figura 13. Capacitación a trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes



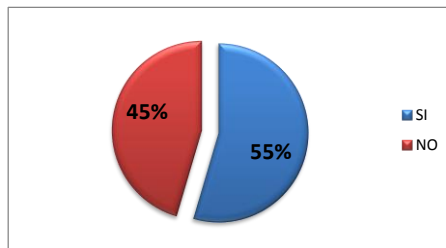
Fuente: Elaboración propia

7. ¿Se realizan exámenes de laboratorio específicos y periódicos?

El 55% del personal (6 personas) de Radiología, refieren que se realizan exámenes de laboratorio específicos y periódicos, el 45% (5 personas) refieren que no se realizan (Ver figura 14).

Seis trabajadores refieren que si se realizan los exámenes, el problema en este punto es que no existe una vigilancia de salud donde se realice un seguimiento y se den a conocer los resultados de dichos exámenes.

Figura 14. Realización de exámenes de laboratorio específicos y periódicos

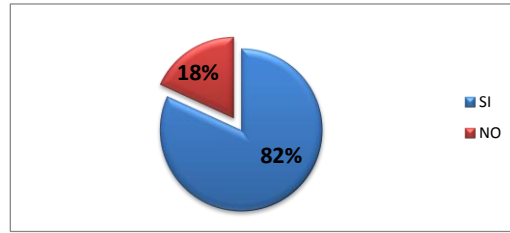


Fuente: Elaboración propia

8. ¿Recibió información acerca de los efectos de las radiaciones ionizantes?

Nueve trabajadores (82%) refiere que han recibido información sobre los efectos que causan las radiaciones ionizantes no así 2 trabajadores (18%) que no han sido informados (Ver figura 15).

Figura 15. Información de efectos de radiaciones ionizantes



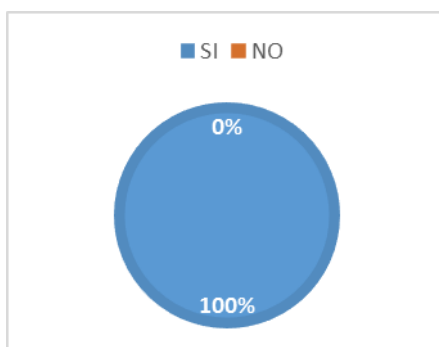
Fuente: Elaboración propia

9. ¿Cree usted que las instalaciones brindan protección al personal que trabaja con radiaciones ionizantes?

El 100% (11 personas) contestaron que las instalaciones no brindan protección contra las radiaciones ionizantes como se puede observar en la figura 16.

Todo el personal del servicio de Radiología piensan que tanto la parte del blindaje de puertas y vidrios no son adecuados, esto se podía deber a que el vidrio tiene menos de 6 líneas y la puerta posee una lámina de 2 mm cuando esta debería ser de 3 mm como mínimo.

Figura 16. Instalaciones brindan protección contra radiaciones ionizantes



Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados de la evaluación

3.2.1. Mediciones de la exposición laboral a radiaciones ionizantes

La medición se realizó en las diferentes áreas del servicio de radiología, con el detector de radiaciones ionizantes Digilert 100 en los comandos donde se encuentra el personal expuesto, obteniendo los siguientes resultados:

Sala de rayos x convencional

Existen dentro del Dispensario dos salas, la 9 y la 10 (ver figura 17), donde se toman radiografías de cráneo, tórax, abdomen, columna vertebral, miembros superiores e inferiores.

Figura 17. Sala 9 y 10 de rayos X



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una medición de la tasa de dosis de radiación ionizante en la sala 9 de 1,20 $\mu\text{Sv/h}$, en la sala 10 de 1,74 $\mu\text{Sv/h}$ en el puesto de trabajo de la persona expuesta cuando realiza placas de tórax en este caso, como se puede ver en la figura 18.

Figura 18. Sala del operador de las distintas salas 9 y 10



Fuente: Elaboración propia

Sala de mamografía

Existe solo 1 sala de mamografía (ver figura 19), en donde el personal expuesto toma durante sus 8 horas de trabajo, 5 mamografías. La medición de tasa de dosis de radiación ionizante es de $2,05 \mu\text{Sv/h}$.

Figura 19. Mamografo



Fuente: Elaboración propia

Sala del equipo panorámico

Existe un solo equipo panorámico ver figura 20. En esta sala se toman 4 placas diarias, la medición de tasa de dosis de exposición es de $3,27 \mu\text{Sv/h}$.

Figura 20. Equipo panorámico



Fuente: Elaboración propia

Sala del tomógrafo

En el Dispensario se tiene un tomógrafo, donde se toman 75 estudios y se obtiene que la medición de la tasa de dosis de radiación ionizante es de $7,86 \mu\text{Sv/h}$ (ver figura 21).

Figura 21. Equipo y comando del tomógrafo



Fuente: Elaboración propia

Sala del equipo periapical

En esta sala se toman 20 placas diarias, solo hay un equipo periapical (Ver gráfico 22) en el Dispensario, la medición de la tasa de dosis es de $0,75 \mu\text{Sv/h}$.

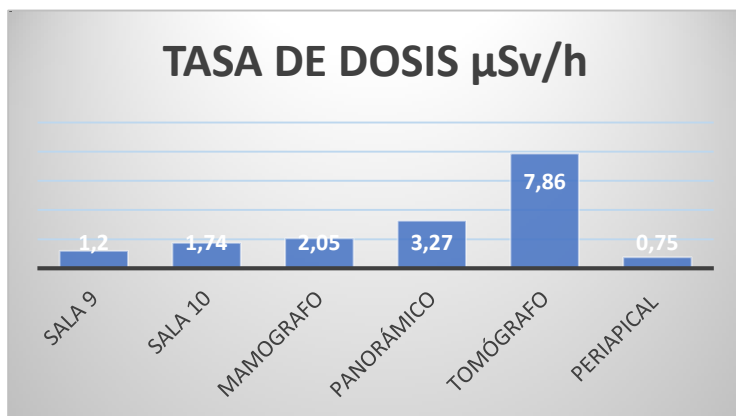
Figura 22. Equipo periapical



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 23 se observa la tasa de dosis obtenida en las diferentes salas del servicio de Radiología, siendo mayor en el tomógrafo.

Figura 23. Tasa de dosis $\mu\text{Sv/h}$



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Evaluación de la exposición laboral

Se debe tomar en cuenta en las evaluaciones la tasa de dosis de radiación ambiental que es de 0,12 a 0,15 $\mu\text{Sv/h}$.

Para obtener la dosis anual de la exposición a radiaciones ionizantes se utilizó la ecuación 7, el resultado se compara con la dosis anual de exposición que es de 20 mSv/año y de 1,66 mSv/mensual.

También se toma en cuenta la dosimetría personal y exámenes especiales que se realiza al personal de Radiología que es la fragilidad cromosómica.

Así se tiene que en la sala 9 existe una exposición anual de 0,0096 mSv.

$$DA = \frac{1.20 \mu Sv}{HE} \times \frac{1 HE}{3600 SE} \times \frac{40 \text{ imagenes}}{1 \text{ Dia}} \times \frac{3 SE}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 mSv}{1000 \mu Sv} \times \frac{20 \text{ Dias}}{Mes} \times \frac{12 \text{ Meses}}{Año} = \frac{0,0096 mSv}{Año}$$

En la sala 10 se obtuvo que la dosis anual es de 0,032 mSv

$$DA = \frac{8 \mu Sv}{HE} \times \frac{1 HE}{3600 SE} \times \frac{30 \text{ imagenes}}{1 \text{ Dia}} \times \frac{2 SE}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 mSv}{1000 \mu Sv} \times \frac{20 \text{ Dias}}{Mes} \times \frac{12 \text{ Meses}}{Año} = \frac{0,032 mSv}{Año}$$

En el mamografo la dosis anual de radiación en la persona que lo opera es de 0,020 mSv/año

$$DA = \frac{2.05 \mu Sv}{HE} \times \frac{1 HE}{3600 SE} \times \frac{5 \text{ imagenes}}{1 \text{ Dia}} \times \frac{30 SE}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 mSv}{1000 \mu Sv} \times \frac{20 \text{ Dias}}{Mes} \times \frac{12 \text{ Meses}}{Año} = \frac{0,020 mSv}{Año}$$

La persona que realiza las placas con el equipo panorámico presenta una dosis de radiación anual de 0,64 mSv.

$$DA = \frac{3.27 \mu Sv}{HE} \times \frac{1 HE}{3600 SE} \times \frac{4 \text{ imagenes}}{1 \text{ Dia}} \times \frac{60 SE}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 mSv}{1000 \mu Sv} \times \frac{20 \text{ Dias}}{Mes} \times \frac{12 \text{ Meses}}{Año} = \frac{0,64 mSv}{Año}$$

En el tomógrafo la dosis anual (DA) es de 0,64 mSv/año.

$$DA = \frac{8 \mu Sv}{HE} \times \frac{1 HE}{3600 SE} \times \frac{75 \text{ imagenes}}{1 \text{ Dia}} \times \frac{16 SE}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 mSv}{1000 \mu Sv} \times \frac{20 \text{ Dias}}{Mes} \times \frac{12 \text{ Meses}}{Año} = \frac{0,64 mSv}{Año}$$

Con el equipo periapical se obtuvo una radiación anual de 0,02 mSv.

$$DA = \frac{0,75 \mu Sv}{HE} \times \frac{1 HE}{3600 SE} \times \frac{20 \text{ imagenes}}{1 \text{ Dia}} \times \frac{20 SE}{1 \text{ imagen}} \times \frac{1 mSv}{1000 \mu Sv} \times \frac{20 \text{ Dias}}{\text{Mes}} \times \frac{12 \text{ Meses}}{\text{Año}} = \frac{0,02 mSv}{\text{Año}}$$

En la tabla 5 se encuentra las dosis de radiación anual acumulada en los diferentes puestos de trabajo del personal que se encuentra expuesto a radiaciones ionizantes en el servicio de Radiología.

Tabla 5. Dosis de radiación anual

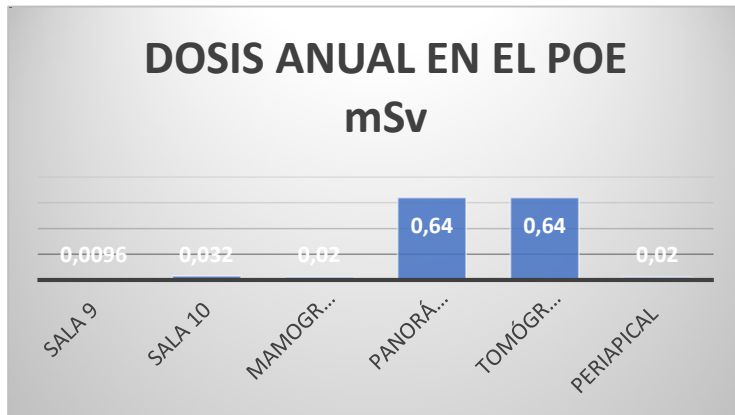
SALAS	DOSIS ANUAL EN EL POE	LIMITE DE RADIACION	SOBREEXPOSICION A RADIACIONES IONIZANTES
9	0,0096 mSv/ año	20 mSv/año	NO
10	0,032 mSv/ año	20 mSv/año	NO
Mamografo	0,020 mSv/ año	20 mSv/año	NO
Panorámico	0,64 mSv/ año	20 mSv/año	NO
Tomógrafo	0,64 mSv/ año	20 mSv/año	NO
Periapical	0,02 mSv/año	20 mSv/año	NO

Fuente: Elaboración propia

En la sala del equipo panorámico y la del tomógrafo donde se encuentra los valores más elevados de radiaciones ionizantes con una dosis anual de 0,64 mSv como se observa en la

figura 24.

Figura 24. Dosis anual en el POE mSv



Fuente: Elaboración propia

Dosimetría anual

Se tomó en cuenta la valoración de la dosimetría personal anual como esta en la tabla 5, para evaluar la exposición del trabajador a las radiaciones ionizantes.

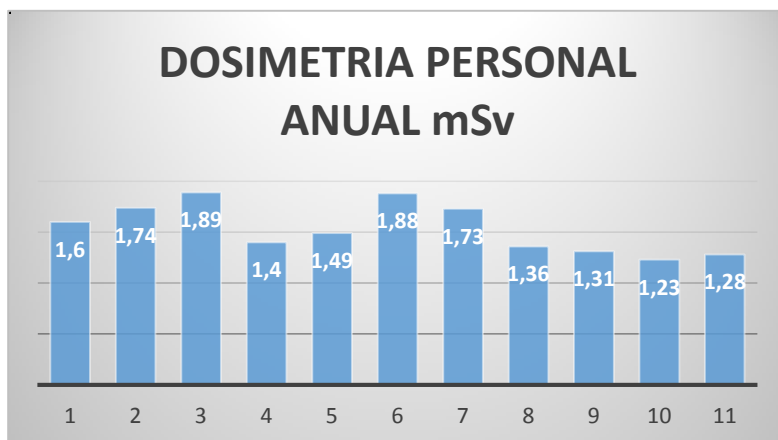
Tabla 6. Dosimetría personal anual

LABORATORIO DE DOSIMETRIA PERSONAL CUERPO ENTERO							
REPORTE DE DOSIS DEL PERSONAL DEL DISPENSARIO CENTRAL IESS (CAACQ) 2014							
TRABAJADOR	ENERO - FEBRERO	MARZO - ABRIL	MAYO - JUNIO	JULIO - AGOSTO	SEPT - OCT	NOV - DIC	DA ACUMULADA
	Dosis (mSv)	Dosis (mSv)	Dosis (mSv)	Dosis (mSv)	Dosis (mSv)	Dosis (mSv)	(mSv)
1	0,24	0,25	0,29	0,27	0,34	0,21	1,6
2	0,22	0,52	0,24	0,22	0,23	0,31	1,74
3	0,38	0,26	0,36	0,26	0,27	0,36	1,89
4	0,11	0,32	0,22	0,29	0,23	0,23	1,4
5	0,3	0,28	0,25	0,25	0,24	0,17	1,49
6	0,22	0,52	0,27	0,35	0,3	0,22	1,88
7	0,3	0,52	0,38	0,21	0,12	0,2	1,73
8	0,22	0,13	0,33	0,17	0,22	0,29	1,36
9	0,26	0,32	0,18	0,16	0,24	0,15	1,31
10	0,31	0,28	0,14	0,16	0,2	0,14	1,23
11	0,32	0,34	0,2	0,14	0,13	0,15	1,28

Fuente: Elaboración propia

La mayor dosis anual obtenida en la dosimetría personal durante todo el año 2014 fue de 1,89 mSv/año y la menor de 1,23 mSv/año, por lo tanto no hay una sobreexposición ya que la exposición anual acumulada es de 20 mSv (ver figura 25).

Figura 25. Dosimetría personal anual mSv



Fuente: Elaboración propia

Fragilidad cromosómica

Los exámenes especiales que el Dispensario Central realiza al personal expuesto a radiaciones ionizantes es la fragilidad cromosómica ver tabla 7.

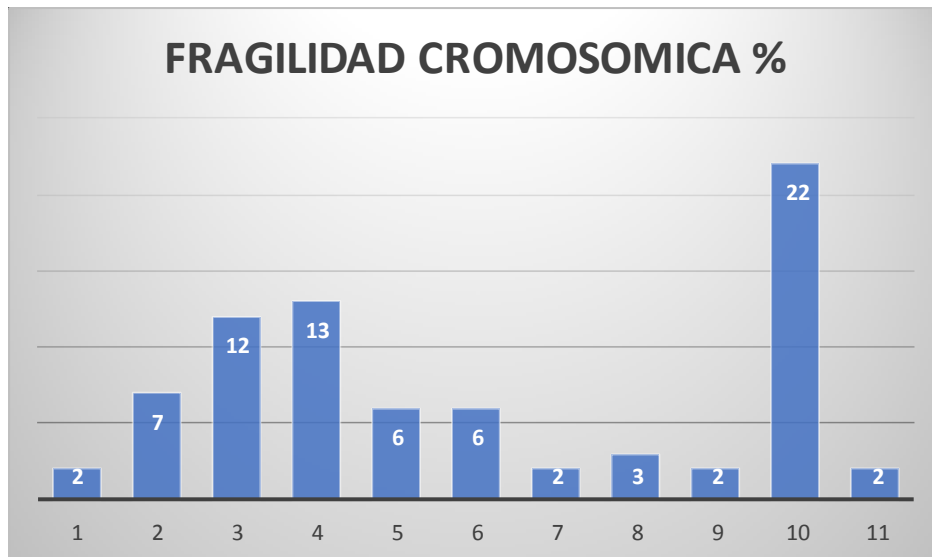
Tabla 7. Fragilidad Cromosómica

LABORATORIO DE GENETICA	
RESULTADOS DE ESTUDIO CITOGÉNICO Y MUTAGENICIDAD	
FRAGILIDAD CROMOSOMICA	
TRABAJADOR	2014%
1	2
2	7
3	12
4	13
5	6
6	6
7	2
8	3
9	2
10	22
11	2

Fuente: Elaboración propia

Se encontró que 3 personas de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes tienen una fragilidad cromosómica elevada de 12, 13 y 22 % respectivamente, siendo lo normal de 5-10%, también tomamos en cuenta que la dosis anual acumulada y la dosimetría personal son bajas para la sobreexposición de radiaciones ionizantes, por lo que se debe investigar otras causas que pueden hacer que los valores de fragilidad cromosómica aumente (ver figura 26).

Figura 26. Fragilidad cromosómica %



Fuente: Elaboración propia

3.3. Propuestas de medidas de prevención y control

Una vez que se obtuvo la dosis de radiación ionizante en los puestos de trabajo, se tomará en cuenta que para las medidas de prevención se direccionará desde la fuente, el medio de transmisión y por último en el receptor, que en nuestro caso sería el personal expuesto a las radiaciones ionizantes.

1. Control en la fuente:

El equipo que emite la radiación tendrá que estar más alejado de la cabina de mando del operador, ya que a mayor distancia será menor la cantidad de radiación hacia el personal ocupacionalmente expuesto (POE).

Revisión periódica del equipo que emite la radiación, por parte de mantenimiento

evitándose o eliminando la posible fuga de radiación.

Utilización de colimadores para el control del haz, ajustándolos a áreas mínimas predeterminadas.

Disponer en la cabina de mando un dispositivo de seguridad al momento del disparo, para evitar puestas en funcionamiento no programado.

2. control en el medio de transmisión

Se tomará en cuenta el blindaje que debe tener las puertas y los vidrios que se encuentran en la cabina de mando, las puertas deben tener una lámina de plomo con un espesor de 3mm como mínimo y el vidrio de 6 líneas.

Es muy importante el blindaje, ya que esta es la primera barrera de paso de las radiaciones hacia los trabajadores.

En los lugares donde existe radiación ionizante se señalizaran según los rangos

- Zona vigilada
- Zona controlada
- Zona de permanencia limitada
- Zona prohibida

3. Control en el trabajador

La capacitación en el tema de radiaciones ionizantes a los trabajadores del servicio de Radiología, basándose en varios ítems como son: efectos agudos y crónicos que se pueden presentar con la exposición, uso adecuado del equipo de protección, exámenes ocupacionales que se deben realizar, mediciones ambientales y personales, son temas que todas las personas

que trabajan en este servicio deben conocer y ponerlas en práctica.

De esta manera, con conocimientos del personal se podrá identificar algún riesgo existente dentro del servicio.

Para el control de las radiaciones ionizantes se llevara a cabo un registro de la dosimetría ambiental y personal, la misma que deberá ser conocida y escrita en una tabla y al lado una firma del personal, aceptando su conocimiento sobre el valor obtenido.

El comprender la importancia del uso del equipo de protección radiológica que es el mandil plomado, protector de tiroides, protector de gónadas y gafas plomadas, tanto en los profesionales que realizan la toma de placas como para el paciente expuesto a la radiación ionizante.

Las personas que trabajen en el área de Radiología deberán realizar el curso de Protección Radiológica, donde al final se dará un certificado de su formación.

4. CAPITULO IV. DISCUSIÓN

4.1. Conclusiones

- Se determinó con la encuesta realizada al personal del servicio de Radiología que el 91% de ellos no tenían conocimiento sobre la cantidad de radiación en su puesto de trabajo y mucho menos de la importancia de realizarse exámenes periódicos y especiales. Los trabajadores tampoco conocían el resultado de la dosimetría personal ni bimensual ni anual con el 82%.
- Se identificó que el 82% del personal de Radiología piensan que se encuentran expuestos a radiaciones ionizantes y que a futuro podrán tener una repercusión en su salud.
- Se estableció que el 55% de las personas expuestas a radiaciones ionizantes si utilizan adecuadamente los equipos de protección en el área de trabajo y el 45% no lo utilizan.
- Con la encuesta se determinó que el 100% de los trabajadores creen que las instalaciones del servicio de Radiología no brindan la protección adecuada contra la exposición a radiaciones ionizantes.

- En la medición de las diferentes salas del servicio de Radiología se identificó que en la sala 9 la exposición a radiaciones ionizantes fue de 0,0096 mSv/año, en la sala 10 fue de 0,032 mSv/año, en el mamógrafo de 0,020 mSv/año, en el panorámico de 0,64 mSv/año, tomógrafo de 0,64 mSv/año y en el apical de 0,02 mSv/año, lo que dice que en el tomógrafo y en el equipo panorámico la exposición a radiaciones ionizantes son las más altas de 0,64 mSv/año, a pesar de esta medición no existe sobreexposición del trabajador a radiaciones ionizantes, no supera el límite de 20 mSv/año.
- Se estableció con la dosimetría personal anual obtenida durante todo el año 2014 que la mayor fue de 1,89 mSv/año y la menor de 1,23 mSv/año, lo que significa que no existe una sobreexposición ya que la exposición no supera el límite de 20 mSv/año.
- En el examen de fragilidad cromosómica se determinó que 3 personas del servicio de radiología tenían un porcentaje alto de 12, 13 y 22%, siendo el rango normal de 5-10%, pero si comparamos con los otros valores de la dosimetría y de la medición notamos que no se debe a las radiaciones ionizantes en el puesto de trabajo, se debe identificar otras causas.

4.2. Recomendaciones

- Capacitar al personal que está expuesto a radiaciones ionizantes periódicamente y de la misma manera inducir a los nuevos profesionales que ingresen al servicio.
- Realizar controles de dosimetría personal en cada uno de los trabajadores ya sean mensual o bimensual y dar a conocer los resultados a cada persona.
- Identificar otras causas a parte de la exposición a radiaciones ionizantes para que aumente la fragilidad cromosómica en el personal del servicio de Radiología.
- Implementar el Comité de Protección Radiológica dentro del Dispensario Central.
- Realizar una vigilancia médica con exámenes de laboratorio básicos (biometría, examen de orina, hormonas tiroideas, frotis sanguíneo, enzimas hepáticas, química sanguínea, etc), fragilidad cromosómica y revisión oftalmológica.
- Adquirir equipos de protección radiológica tanto para el personal que realiza la toma de placas como para los pacientes.

- Establecer que cada dos meses se realice la dosimetría ambiental y personal, los exámenes de laboratorio serán cada año si no existiera ningún compromiso, si se hallare alguna patología serán cada 6 meses.
- Realizar el examen de la fragilidad cromosómica cada año, estará a cargo del médico de la empresa quien llevara un registro de todos los trabajadores del área de Radiología tomando en consideración que deben estar disponibles y de conocimiento del trabajador.
- Se determinó que todos los trabajadores que estén expuestos a radiaciones ionizantes deben tener su equipo de protección que consta de mandil, protector de gónadas y gafas emplomadas.

5. BIBLIOGRAFIA

- Asfahl, C. (2000). *Seguridad Industrial y Salud*, (4ta Edición). México: Pearson.
- Bernal et al., (2006). *Higiene Industrial*. (4ta Edición). Madrid INSHT.
- Carril, (2015) *Protección Radiológica*. (2da Edición) Madrid
- Falacan, M. (2005). *Higiene Industrial Aplicada 'Ampliada'*. (1era Edición). España.
- Falagán, M. (2008). *Higiene Industrial 'Manual Práctico', tomo II*. (1era Edición). España.
- Gómez. (2008). *Manual para la formación en Prevención de Riesgos Laborales*. (5ta Edición). España: CISS Ediciones.
- Gómez, G. (2010). *Todo Prevención de Riesgos Laborales Medio Ambiente y Seguridad*. (1 era Edición). Valencia.
- González, R. (2003). *Manual básico, Prevención de Riesgos Laborales*. (1era Edición). Madrid: Editorial Paraninfo.
- Hidalgo, A. (2015). *Manual de Higiene Industrial*. (2da Edición). España: Madrid: Fundación Mapfre.
- INSHT. (2000). Norma técnica práctica 614: *Radiaciones Ionizantes: Normas de protección*. Recuperado de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf. (Abril, 2015).

- INSHT. (1990). Norma técnica práctica 304: *Radiaciones Ionizantes: Normas de protección*. Recuperado de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_304.pdf. (Abril, 2015).
- Mancera. Et. Al.,(2012). *Seguridad e Higiene Industrial, Gestión de Riesgos*.(1era Edición). Colombia: Editorial Alfaomega.
- SCAN. Recuperado de:
<http://190.152.98.92/PORTAL/SCAN/Seguridadradiologica.pdf>. (Abril, 2015).
- Tomasina. eat. Al., .(2010). *Vigilancia de la exposición a radiaciones ionizantes en el personal universitario de la salud*. Recuperado de:
<http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v36n1/spu12110.pdf>. (Abril, 2015)
- OSHA. (1996). Radiaciones Ionizantes. Recuperado de:
https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10098 (Mayo, 2015).
- Organización Internacional del Trabajo. (1987). *Protección de los Trabajadores contra las Radiaciones Ionizantes*. Recuperado de:
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/safework/documents/normativeinstrument/wcms_112658.pdf

ANEXO

Encuesta sobre radiaciones ionizantes

Edad:

Las siguientes preguntas tienen la intención de conocer la percepción de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes.

Lean detenidamente las preguntas y contesten con la mayor sinceridad posible, encerrando con un círculo su respuesta. Gracias por su colaboración.

1. ¿Conoce usted sobre los niveles de radiación ionizantes en su lugar de trabajo?

SI

NO

2. ¿Cree usted que se encuentra sobreexpuesto a radiaciones ionizantes?

SI

NO

3. ¿Sus compañeros de trabajo utilizan adecuadamente los equipos de protección?

SI

NO

4. ¿Piensa usted que los equipos de protección que utiliza son los adecuados para protegerle de la radiación?

SI

NO

5. ¿Se realizan los controles de los dosimétricos personales periódicamente?

SI

NO

6. ¿Todos los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes reciben capacitación que les permita desarrollar sus tareas de forma segura?

SI

NO

7. ¿Se realizan exámenes de laboratorio específicos y periódicos?

SI

NO

8. ¿Recibió información acerca de los efectos de las radiaciones ionizantes?

SI

NO

9. ¿Cree usted que las instalaciones brindan protección al personal que trabaja con radiaciones ionizantes?

SI

NO