

**Universidad Católica de Santa María**  
**Escuela de Postgrado**  
**Doctorado en Ciencias Ambientales**



**“DOSIS EFECTIVA DE RADIACIÓN IONIZANTE Y SU  
RELACIÓN CON FACTORES DE RIESGO EN SALA DE  
OPERACIONES DE TRAUMATOLOGÍA DEL HOSPITAL  
BASE CARLOS A. SEGUÍN ESCOBEDO, ESSALUD,  
AREQUIPA, 2018”**

Tesis presentada por el Maestro:  
**Montesinos Valencia, Percy Alberto**  
Para Optar el Grado Académico de:  
Doctor en Ciencias Ambientales

Asesor:  
**Dra. Montesinos Valencia, Lily Eufemia**

**Arequipa - Perú**  
**2019**

### DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

A: DR. JOSE VILLANUEVA SALAS

DE: DR. ALBERTO CACERES HUAMBO

Expediente: 20180000056033

Magister: MONTESINOS VALENCIA, Percy Alberto.

Doctorado: Ciencias Ambientales.

Título: “Dosis efectiva de radiación ionizante y su relación con factores de riesgo a radiación ionizante en sala de operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Segúin Escobedo, Escobedo, EsSalud, Arequipa”.

FECHA: 26 DE ABRIL, 2019

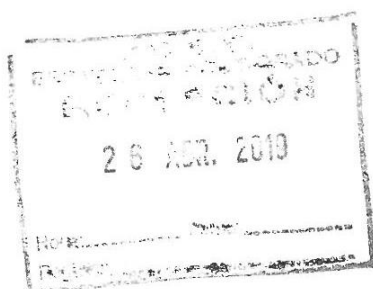
---

De acuerdo a lo dispuesto por la Dirección de la Escuela de Posgrado, se ha procedido a revisar las correcciones observadas en el primer dictamen de la tesis presentada. Por lo que al ser levantadas emito el dictamen aprobatorio para que pase a sustentación.

Es cuanto debo informar.



**Dr. Alberto Cáceres Huambo**  
**Docente Dictaminador**



**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS AMBIENTALES**

Sr. Dr.:

José Villanueva Salas

Director de la Escuela de Postgrado de la UCSM

Presente-.

De mi mayor consideración:

En atención al nombramiento como dictaminador del Borrador de Tesis intitulado: “Dosis efectiva de radiación ionizante y su relación con factores de riesgo en sala de operaciones de Traumatología del Hospital Base Carlos A. Segúin Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2018”, presentado por el Maestro Montesinos Valencia, Percy Alberto para optar el grado Académico de Doctor en Ciencias Ambientales, debo informarle que se ha revisado el mencionado documento y se han hecho las correcciones pertinentes, y se encuentra desarrollado de acuerdo a los objetivos planteados, por lo que doy mi dictamen aprobatorio.

Es lo que tengo que informar para los fines consiguientes.

Atentamente

Arequipa 17 de Mayo del 2019



---

Dr. Gonzalo Dávila del Carpio



## DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 02 de mayo del 2019

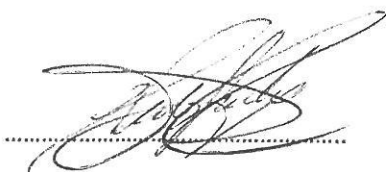
Sr. Dr.  
Dr. PhD. José Antonio Villanueva Salas  
Director de la Escuela de Postgrado  
Universidad Católica de Santa María  
Presente.-

**REFERENCIA: Nombramiento de Jurado Dictaminador y Expediente 20170000033791**

Tengo a bien dirigirme a Ud. Para saludarlo y a la vez para informar sobre el Dictamen del Borrador de Tesis para optar el Grado Académico de Doctor Titulado: **DOSIS EFECTIVA Y SU RELACION CON FACTORES DE RIESGO A RADIACION IONIZANTE EN SALA DE OPERACIONES DE TRAUMATOLOGIA DEL HOSPITAL BASE CARLOS A. SEGUIN ESCOBEDO. AREQUIPA-2017;** presentado por el Br. MONTESINOS VALENCIA, Percy Alberto, a fin de hacer conocer lo siguiente:

Que, habiendo revisado el referido Borrador de Tesis se procedió a levantar las observaciones correspondientes y se encuentra Apto para Sustentación.

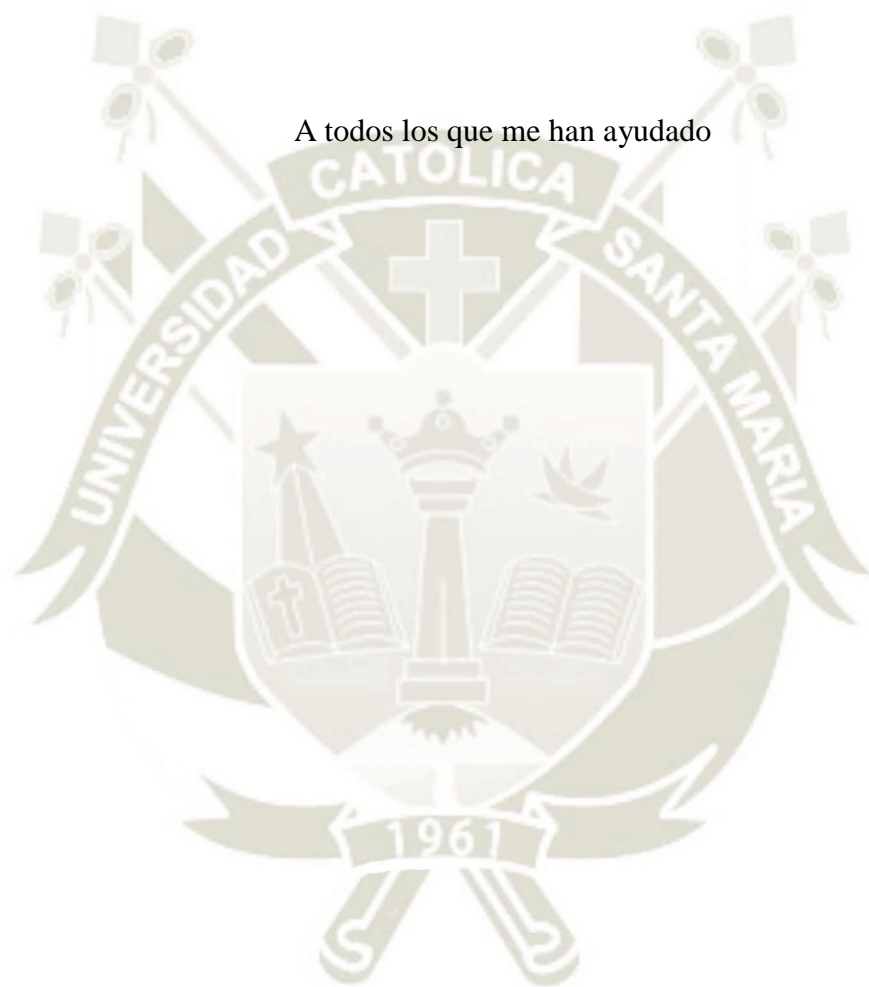
Sin otro particular me despido de usted no sin antes reiterar los sentimientos de i especial estima.



Dr. Víctor Pacheco Sánchez  
Miembro del Jurado Dictaminador

## DEDICATORIA

A todos los que me han ayudado



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Páginas</b>
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	3
Objetivos	3
CAPITULO I	
Generalidades	4
Radiación ionizante	6
Cantidades, unidades y definiciones	7
Partículas alfa	11
Partículas Beta	11
Partículas gamma	13
Rayos x	13
Fuentes de radiación ionizante	16
Efectos y dosis de la radiación ionizante	20
Fracturas del extremo proximal del fémur	22
CAPITULO II	
Metodología	24
Análisis de variables	24
Justificación del problema	25
Planteamiento operacional	26
Estrategia de recolección de datos	28
Plan de análisis	30
CAPITULO III	
Resultados y Discusión	29
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFÍA	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	DOSIS EFECTIVA RECIBIDA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	29
Tabla N° 2	TIPO DE OPERACIÓN REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	31
Tabla N° 3	TIEMPO DE LA CIRUGIA REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	33
Tabla N° 4	NUMERO DE DISPAROS EMITIDOS EN LA SALA DE OPERACIÓN RECIBIDAS POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	35
Tabla N° 5	AÑOS DE EXPERIENCIA DE LOS MEDICOS CIRUJANOS	37
Tabla N° 6	DOSIS EFECTIVA RECIBIDA SEGÚN EL NUMERO DE DISPAROS EN LOS MEDICOS CIRUJANOS	39
Tabla N° 7	RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL NUMERO DE DISPAROS EXPUESTO A LOS MEDICOS CIRUJANOS	41
Tabla N° 8	RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y LOS AÑOS DE EXPERIENCIA EN LOS MEDICOS CIRUJANOS	43
Tabla N° 9	RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL TIEMPO DE CIRUGIA EN LOS MEDICOS CIRUJANOS	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	DOSIS EFECTIVA RECIBIDA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	29
Figura 2	TIPO DE OPERACIÓN REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	31
Figura 3	TIEMPO DE LA CIRUGIA REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	33
Figura 4	NÚMERO DE DISPAROS EMITIDOS EN LA SALA DE OPERACIÓN RECIBIDAS POR LOS MEDICOS CIRUJANOS	35
Figura 5	AÑOS DE EXPERIENCIA DE LOS MEDICOS CIRUJANOS	37
Figura 6	DOSIS EFECTIVA RECIBIDA SEGÚN EL NUMERO DE DISPAROS EN LOS MEDICOS CIRUJANOS	39
Figura 7	RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL NUMERO DE DISPAROS EXPUESTO A LOS MEDICOS CIRUJANOS	41
Figura 8	RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y LOS AÑOS DE EXPERIENCIA EN LOS MEDICOS CIRUJANOS	43
Figura 9	RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL TIEMPO DE CIRUGIA EN LOS MEDICOS CIRUJANOS	45

## LISTA DE ABREVIATURAS

Electron voltio	keV
Millonelectron voltio	MeV
Comisión internacional de unidades y medidas de radiación	ICRU
Comisión internacional de protección radiológica	CIPR
Dosis absorbida	D
Gray	Gy
Dosis efectiva	E
Dosis equivalente	HT
Eficacia biología relativa	EBR
Kilo voltios	KV
Mili voltios	MV
MiliSievert	mSv
Asociación de osteosíntesis	AO
Fracturas trocánteras en dos partes	31A1
Fracturas trocánteras en dos partes con un fragmento intermedio	31A2
Fracturas trocánteras en dos partes transversa simple	31A3
Tornillo dinámico de cadera (siglas en inglés)	DHS
Ácido desoxirribonucleico	ADN

## ANEXOS

- Anexo N° 1: Ficha de recolección de Datos
- Anexo N° 2: Consentimiento informado
- Anexo N° 3: Dictamen comité de ética de investigación UCSM.
- Anexo N° 4: Matriz de datos
- Anexo N° 5: Proceso estadístico



## RESUMEN

El avance tecnológico en Ortopedia y Traumatología para obtener resultados quirúrgicos satisfactorios, ha sido muy importante, pero ha incrementado los riesgos de exposición a radiación ionizante directa. Se plantea un análisis prospectivo, correlacional, desde el 01 de junio al 30 de agosto del 2018; se mide la radiación ionizante en los médicos expuestos cuando realizan las cirugías del extremo proximal del fémur. Se utiliza un dosímetro personal en los médicos, y una cámara de ionización en sala de operaciones. En el análisis estadístico, se utiliza, chi cuadrado, t-student, y el coeficiente de correlación de Pearson. La dosis efectiva promedio de exposición en el tratamiento de fracturas del extremo proximal de fémur fue de 2.08 milisievert, existiendo una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), cuando se exponen a más de 20 disparos. En cuanto al tiempo utilizado para la cirugía este oscilo entre 1,15 horas y 3,75 horas. Este resultado evidencia que ha mayor tiempo de acto quirúrgico se incrementa de manera positiva la dosis efectiva recibida. El factor de riesgo en sala de operaciones es el tiempo de cirugía empleada para estabilizar estas fracturas, siendo en promedio de 2.42 horas. La relación entre la dosis efectiva recibida por radiación ionizante y el tiempo de cirugía empleada en sala de operaciones presenta una relación positiva muy fuerte ( $r=0.9984$ ). Los médicos expuestos a radiación ionizante tienen mayor probabilidad de sufrir daño en su ADN y desencadenar cáncer.

Palabras claves: Radiación ionizante, fracturas, dosimetría.

## ABSTRACT

In recent years, the technological advance in Orthopedics and Traumatology has been important in order to obtain satisfactory results in surgical treatment. However, at the same time, risks as direct exposure to ionizing radiation have increased. A prospective, correlational analysis was performed from June 1<sup>st</sup> to August 30<sup>th</sup> 2018. The ionizing radiation was measured in physicians while surgeries of the proximal end of the femur were performed. The current research used a pencil –type dosimeter to measure the ionizing radiation on physicians; and an ionization chamber for the operating room. For the statistical analysis, they were used chi-square, student's T, and Pearson's correlation coefficient. The average effective dose of exposure in the treatment of fractures of the proximal end of the femur was 2.08 millisievert, with a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) when exposed to more than 20 shots.

Regarding the time used in surgery, it was between 1,15 hours and 3,75 hours approximately. This result demonstrates that the time of surgery increased positively the effective dose received. The risk factor in the operating room is the surgical time used to stabilize these fractures, which averages 2.42 hours. The relationship between the effective dose received by ionizing radiation and the surgery time used in the operating room presents a very strong positive relationship ( $r=0.9984$ ). Doctors exposed to ionizing radiation are more likely to suffer DNA damage and trigger cancer.

Keywords: Ionizing radiation, fractures, dosimetry.

## Introducción

La energía liberada por los átomos, cuando sufren procesos de desintegración espontánea es denominada radioactividad, esta energía conocida como ondas electromagnéticas (cuando se refiere a los rayos gamma o rayos X) o partículas (cuando se refiere a las partículas alfa, y beta o neutrones) es una energía excedente. Las partículas alfa y beta son principalmente fragmentos pequeños que se desplazan a altas velocidades. Cuando estas ondas electromagnéticas y partículas interactúan con el medio ambiente por ejemplo el agua, proteínas, ácido nucleicos, etc., son capaces de desplazar electrones de las moléculas de estos elementos, el resultado de esta relación recíproca recibe el nombre de ionización, de donde se desprende la denominación de radiación ionizante (1,2).

En la naturaleza existen diferentes tipos de radiación, en donde la radiación ionizante no es percibida por nuestros sentidos, por lo que es necesario la utilización de aparatos e instrumentos especializados en su mensuración para determinar a cuánta radiación hemos sido expuestos; la radiación denominada no ionizante corresponde a la producida por ejemplo por el ultrasonido, la radiación infrarroja, la luz visible, la luz ultravioleta, conocidas también como radiaciones electromagnéticas, las cuales no poseen energía para ionizar las moléculas (2,3)

Dosis muy altas de radiación ionizante pueden desencadenar una serie de síntomas y signos que constituyen la enfermedad por radiación, la cual puede manifestarse por lesiones tipo quemaduras en la piel, pérdida del cabello, alteraciones genéticas, enfermedades proliferativas, retraso mental y en algunas ocasiones cuando la radiación es severa puede desencadenar en óbito. La severidad de los cuadros de enfermedad por radiación estará determinados por la dosis recibida, y aparecerán cuando superamos la dosis umbral, que corresponde a la mínima dosis de exposición que desencadena la enfermedad. En personas afectadas por radiación en los accidentes de Three Mile Island y Chernobyl con dosis mínimas de radiación se ha observado un incremento de la presión psicológica. A su vez cuando la radiación ha superado varios miles de Sievert se han presentado desórdenes de las capacidades mentales (4,5).

La exposición a radiación ionizante puede provenir de fuentes naturales o artificiales, dentro de las cuales está la exposición ocupacional. A este grupo pertenece la exposición a rayos X en los hospitales, y ciertos grupos ocupacionales como los

médicos y tecnólogos de rayos X están expuestos de manera continua, aunque con empleo de equipos de protección; otro grupo importante es el de los médicos traumatólogos y personal de sala de operaciones de esta especialidad, donde en ciertas intervenciones se requiere de controles radiográficos con equipos de fluoroscopia, equipos portátiles de rayos X o arco en C (4).

Por lo tanto, la dosis a la que se exponen algunos individuos, podrá tener efectos dañinos directamente proporcionales en cada uno de los órganos expuestos, mientras que en otros individuos este daño estará relacionado fundamentalmente con el tipo de radiación y con la sensibilidad particular de cada individuo. Hay que notar también, que la presencia de síntomas y signos, se corresponden a la exposición aguda o crónica. Otro aspecto a considerar, se refiere al riesgo que significa la exposición a niños, adolescentes y ancianos los cuales presentan una mayor susceptibilidad al daño originado por cualquiera de las radiaciones ionizantes.

La radiación ionizante puede ser externa si el material radiactivo está presente en el ambiente y se deposita sobre el individuo, o interna, cuando por razones de estudio o tratamiento es introducida en el cuerpo a través del sistema circulatorio, del sistema digestivo, del sistema respiratorio y su efecto terminara cuando sea eliminada del cuerpo en forma espontánea o por alguna terapia , y puede clasificarse en tres categorías como son la exposición planificada en donde la fuente de radiación tiene un objetivo determinado como es el caso de la utilización médica para fines diagnósticos y/o terapéuticos, la exposición existente, que es la que existe en el medio ambiente y hay que realizar estrategias de control y prevención, y la radiación en situaciones de emergencia en donde generalmente se producen en casos de accidentes (3).

El personal expuesto en sala de operaciones es permanentemente monitoreado, a través de la vigilancia de exposición con indicadores, pero también puede determinarse los niveles de exposición ambiental. Por ello surge el interés de conocer los niveles de exposición en sala de operaciones y los factores que condicionan mayores niveles de exposición, como medio para implementar medidas de mayor protección a personal expuesto a esta condición ambiental y ocupacional de riesgo.

### **Hipótesis**

Dado que la radiación ionizante debe considerarse como un contaminante ambiental en personal que trabaja en sala de operaciones, es probable que conociendo la dosis efectiva de radiación ionizante pueda relacionarse con los factores de riesgo en el personal en sala de operaciones de traumatología del hospital Base Carlos A. Seguin Escobedo, EsSalud.

### **Objetivos**

- 1) Establecer la dosis efectiva de exposición a radiación ionizante en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud.
- 2) Identificar los factores de riesgo en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud.
- 3) Establecer la relación entre la dosis efectiva de exposición a radiación ionizante y los factores de riesgo en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Generalidades de la radiación ionizante

Las radiación ionizante es un tipo de energía que nos rodea permanentemente, una parte proviene del espacio exterior lo cual es conocida como radiación cósmica, también se presenta en el aire atmosférico en forma de gas radón radiactivo. Los isotopos radiactivos que se originan en forma natural ingresan y permanecen en los seres vivos. Es ineludible, la evolución de todas las especies han estado siempre expuestas a la radiación ionizante como a la radiación no ionizante, sin embargo los seres humanos pueden no presentar efectos biológicos inmediatos e importantes cuando son expuestos a pequeñas cantidades de radiación, pero cuando estas cantidades superan la dosis umbral sin duda causara algún tipo de daño, las consecuencias de la exposición están bien comprendidas (6-8).

Dentro del análisis de los antecedentes investigativos sobre este tema se ha determinado que a nivel local y nacional no se han encontrado estudios; A nivel internacional se ha encontrado que Chiliguano Y., con su trabajo “Riesgos laborales a los que está expuesto la enfermera que labora en quirófano del Hospital Enrique Garcés octubre - diciembre 2015”., para optar el grado de Magister, en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de los Andes, Ecuador 2016, concluyo que en el Servicio de quirófano del hospital Enrique Garcés, el cual cuenta con equipo multidisciplinario destinado a prestar atención quirúrgica al paciente en todas sus especialidades. Determino los riesgos laborales a los que se expone el personal de enfermería que labora en quirófano del Hospital Enrique Garcés. Este fue un estudio de tipo transversal, bibliográfico y aplicado a realizarse bajo variables de factores de riesgo y condiciones de riesgo. Se utilizó para la recolección de datos la técnica de encuesta, aplicando un cuestionario. La población de estudio es el personal de enfermeras que laboran en quirófano del Hospital Enrique Garcés. Con una muestra de 12 personas. Los datos se analizaron por medio de la estadística descriptiva, se presentaron en cuadros y gráficos. Los resultados demostraron que el objeto de estudio, son licenciadas en enfermería todas de sexo femenino con una experiencia laboral e 1 a 5 años en su mayoría, En cuanto al riesgo ocupacional, la población estudiada está expuesta a riesgo químico, biológico, físico, psicosocial y ergonómico. Se pudo

interpretar que el área de quirófano si existen medidas de prevención aunque no son las adecuadas así como también no existen equipos necesarios para asistir los accidentes laborales. Se recomendó impartir educación sobre los riesgos laborales a los que está expuesto el personal de enfermería así como crear concientización tanto en el personal como las autoridades de la institución para brindar condiciones de trabajo seguras tanto para el personal como para el paciente.

El uso o la exposición a la radiación ionizante pueden ser negativa, sin embargo en los últimos años se ha desarrollado utilidad provechosa, por ejemplo el uranio radioactivo es capaz de generar energía eléctrica a un bajo costo usando las centrales nucleares las cuales están distribuidas por todo el mundo. En las ciencias de la salud, el uso de los rayos X permiten realizar estudios para establecer el diagnóstico de enfermedades radioopacas. Los médicos nucleares introducen dentro del organismo sustancias capaces de comportarse como emisores de señales radioactivas, que forman imágenes detalladas de órganos internos y además son capaces de estudiar el metabolismo de estas sustancias dentro del mismo. En los últimos años, se han desarrollado radiofármacos terapéuticos, que se vienen utilizando en el tratamiento de enfermedades como el hipertiroidismo y enfermedades proliferativas. Especialistas en salud usan rayos gamma, haces de piones, haces de electrones, neutrones y otros tipos de radiación en el tratamiento de enfermedades neo proliferativas. La densidad de la humedad de los suelos así como la ubicación de los pozos petrolíferos pueden registrarse con material radioactivo en trabajos de ingeniería. La comprobación de la calidad de las estructuras internas de los aparatos fabricados puede ser evaluada por los radiólogos industriales utilizando rayos X. También en caso de falla de energía eléctrica en edificios, aviones y estructuras con poca iluminación se utiliza como señales auxiliares indicando el camino a seguir para la evacuación material radioactivo con Tritio para que puedan observarse en la oscuridad. Finalmente en los detectores de humo disponibles para la industria se viene utilizando el americio radioactivo que es capaz de detectar la presencia de humo o fuentes de calor.

Los usos controlados de sustancias radioactivos mejoran la calidad de vida y son un apoyo para la sociedad en muchos aspectos. Sin embargo se debe sobreponer los beneficios sobre los riesgos. De otra forma podrían afectarse a los usuarios de estos materiales y a la población general, a las futuras generaciones y al medio ambiente,

los beneficios deberán superar siempre a los riesgos por encima de las consideraciones políticas y económicas, cuando se utilice la radiación ionizante (3, 12-14).

## 1.2. Radiación ionizante: Concepto y clasificación

La radiación ionizante es la energía liberada que se crea cuando se desprende los electrones de la corteza atómica de los átomos y de moléculas, se desprenden como partículas cargadas o como energía electromagnética. Es posible que en algunas circunstancias, particulares, la energía electromagnética de onda corta y de baja energía pueda desencadenar la ionización de determinadas moléculas. Es por esta razón que en forma arbitraria se ha determinado que para que se llegue a producir radiación ionizante el límite mínimo de energía necesaria oscila entre el valor de 10 kilo electronvoltios (15).

La **radiación ionizante directa** es producida por partículas cargadas, por ejemplo los electrones también llamados negatrones por tener carga negativa, los protones cargados positivamente, los positrones o antielectrón de carga positiva, las partículas alfa, los muones de carga negativa, los mesones que unen protones y neutrones, los iones pesados. Por lo tanto esta energía actuara de forma recíproca con la materia expuesta siguiendo las fuerzas de acción y repulsión entre dos cargas puntuales (15).

La **radiación ionizante indirecta** es producida por partículas sin carga y por energía electromagnética, en este segundo caso es necesario que esta energía tenga una mensuración por encima de 10 keV, y nos estamos refiriendo a los rayos X, a los rayos gamma más los neutrones. La radiación electromagnética al relacionarse con la materia puede ocasionar ionización de tres formas diferentes:

1. La energía electromagnética de baja intensidad se relaciona con los electrones mediante la fuerza de Coulomb (fuerza de atracción y repulsión entre dos cargas puntuales), le entrega su energía, y este electrón con mayor energía se separa de la molécula o átomo. Con esta acción el fotón desaparece.
2. La energía electromagnética de mediana intensidad se relaciona con los electrones chocando y cambiando de dirección con lo que se produce una dispersión de la energía en la onda electromagnética que se manifiesta con un incremento en la longitud de onda y una disminución de la frecuencia, y concomitantemente esta energía es cedida a los electrones los cuales dejan el átomo o la molécula.



3. La creación de dos partículas diferentes de energía a partir de un fotón es posible, solo si el haz de energía primaria tiene una carga superior a 1,02 MeV., (A pesar que, cerca de 1,02 MeV, el efecto Compton predomina todavía). El fotón se extingue, y en su lugar aparece una pareja electrón-positrón (este fenómeno es típico de los aceleradores de partículas, en las reacciones nucleares y en la radiación cósmica). Estos pares de energía se comportan entonces como radiación ionizante directa. Entonces se emiten dos fotones de 0,511 MeV (por lo general) desde el punto de aniquilación, a 180° uno de otro.

Como conclusión la radiación electromagnética que se relaciona con la materia y produce ionización requiere de un nivel de energía suficiente para llevarse a cabo siendo este nivel no menor de 1,02MeV., para la creación de pares, y el nivel de energía intermedio determinara cual será el resultado más probable.

Los neutrones puede relacionarse provocando fenómenos de transferencia de energía de los mismos neutrones hacia los núcleos. Las principales reacciones a este nivel de denominan la dispersión elástica de neutrones, la dispersión inelástica de neutrones, las reacciones con neutrones rápidos, y la captura de neutrones. Por ejemplo si se produce una dispersión inelástica por parte de un neutrón y un núcleo este último quedara cargado con una energía más alta que la que tenía, y podrá liberar energía en forma de un rayo gamma, mediante la emisión de una partícula beta o de ambas formas. En la captura de neutrones, un núcleo absorberá al neutrón colisionante afectado y expulsara energía en forma de rayos gamma o X o partículas beta, o ambas cosas. Todas estas partículas secundarias serán capaces de producir liberación de electrones de los átomos y moléculas (4,6,15,16).

### **1.3. Cantidades, unidades y definiciones**

Chery (15) tomando en cuenta a la Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación (ICRU) y a la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) que son las entidades que establecen normas para la definición y utilización de diversas cantidades y unidades empleadas en seguridad que tienen aceptación internacional.. describe a continuación algunas cantidades, unidades y definiciones que se suelen emplear en seguridad radiológica.

**Dosis absorbida.** Es la cantidad dosimétrica fundamental de la radiación ionizante. En esencia, es la energía que la radiación ionizante imparte a la materia por unidad de masa. Se expresa por

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm_t}$$

Donde D es la dosis absorbida,  $d\varepsilon$  es la energía media impartida a la materia de masa  $dm$ . La unidad de dosis absorbida es el julio por kilogramo ( $J\ kg^{-1}$ ). El nombre especial de la unidad de dosis absorbida es el gray (Gy).

**Actividad.** Esta cantidad representa el número de transformaciones nucleares desde un estado energético nuclear dado por unidad de tiempo. Se expresa con:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Donde A es la actividad,  $dN$  es el valor esperado del número de transiciones nucleares espontáneas desde el estado de energía dado durante el intervalo de tiempo  $dt$ . Está relacionada con el número de núcleos radiactivos N mediante:

$$A = \lambda N$$

Donde  $\lambda$  es la constante de desintegración. La actividad se expresa por segundo. El nombre especial de la unidad de actividad es el becquerelio (Bq) (15).

**Constante de desintegración ( $\lambda$ ).** Esta cantidad representa la probabilidad por unidad de tiempo de que ocurra una transformación nuclear para un radio nucleído dado. La constante de desintegración se mide por segundo. Está relacionada con el período de semidesintegración  $t_{1/2}$  de un radio nucleído por:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \approx \frac{0,693}{t_{1/2}}$$

La constante de desintegración  $\lambda$  está relacionada con la vida media,  $\tau$ , de un radio nucleído por:

$$\lambda = \frac{1}{\tau}$$

La dependencia del tiempo de la actividad  $A(t)$  y del número de núcleos radiactivos  $N(t)$  se puede expresar por  $A(0)e^{-\lambda t}$  y  $N(0)e^{-\lambda t}$  respectivamente.

**Efecto biológico determinista.** Se trata de un efecto biológico causado por la radiación ionizante y cuya probabilidad de aparición es cero con dosis absorbidas pequeñas, pero que aumentará aceleradamente hasta uno (probabilidad 100 %) cuando la dosis absorbida supere un nivel determinado

(el umbral). La inducción de cataratas es un ejemplo de efecto biológico estocástico (15).

**Dosis efectiva.** La dosis efectiva E es la suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo. Es una magnitud utilizada en seguridad radiológica, de manera que su empleo no es adecuado para medir grandes dosis absorbidas suministradas en un período de tiempo relativamente corto. Viene dada por:

$$E = \sum_T W_T H_T$$

Donde  $W_T$  es el factor de ponderación tisular y  $H_T$  es la dosis equivalente del tejido T. La dosis efectiva se mide en  $J\ kg^{-1}$ . El nombre especial de la unidad de dosis efectiva es el sievert (Sv).

**Dosis equivalente.** La dosis equivalente  $H_T$  es la dosis absorbida promediada para un tejido u órgano (y no en un punto) y ponderada respecto de la cualidad de la radiación que interese. Es una magnitud utilizada en seguridad radiológica, de manera que su empleo no es adecuado para medir grandes dosis absorbidas grandes suministradas en un período de tiempo relativamente corto. Viene dada por:

$$H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$$

Donde  $D_{T,R}$  es la dosis absorbida promediada para todo el tejido u órgano T debida a la radiación R y  $W_R$  es el factor de ponderación radiológica. La dosis equivalente tiene las unidades de  $J\ kg^{-1}$ . El nombre especial de la unidad de dosis equivalente es el sievert (Sv) (15).

**Período de semidesintegración.** Esta magnitud es la cantidad de tiempo necesario para que la actividad de una muestra de radio nucleído se reduzca a la mitad. Equivale al tiempo necesario para que un número dado de núcleos en un estado radiactivo dado se vea reducido a la mitad. Su unidad fundamental es el segundo (s), pero se suele expresar en horas, días y años. Para un radio nucleído dado, el período de semidesintegración  $t_{1/2}$  está relacionado con la constante de desintegración  $\lambda$  por:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \approx \frac{0,693}{\lambda}$$

**Transferencia lineal de energía.** Esta cantidad es la energía que una partícula cargada imparte a la materia por unidad de longitud a medida que la atraviesa. Se expresa por

$$L = \frac{d\varepsilon}{dl}$$

Donde L es la transferencia lineal de energía (llamada también poder de parada lineal de la colisión) y  $d\varepsilon$  es la energía media perdida por la partícula al atravesar una distancia  $dl$ . La transferencia lineal de energía (TLE) se mide en  $J m^{-1}$  (15).

**Vida media.** Esta cantidad es el tiempo medio que un estado nuclear sobrevivirá antes de experimentar una transformación hasta un estado de energía más baja mediante la emisión de radiación ionizante. Su unidad fundamental es el segundo (s), pero también puede expresarse en horas, días o años. Está relacionada con la constante de desintegración por:

$$\tau \lambda = 1$$

Donde  $\tau$  es la vida media y  $\lambda$  es la constante de desintegración de un nucleído dado en un estado energético dado.

**Factor de ponderación radiológica.** Se trata de un número  $w_R$  que, para un tipo y una energía de radiación R dados, es representativo de los valores de la eficacia biológica relativa de dicha radiación para inducir efectos estocásticos en dosis bajas. Los valores de  $w_R$  están relacionados con la transferencia lineal de energía (TLE) (15).

**Eficacia biológica relativa (EBR).** La EBR es la relación entre la dosis de un tipo de radiación (rayos X) entre la dosis de la radiación problema necesario para producir un efecto biológico.

**Efecto biológico estocástico.** Es un efecto biológico de probabilidad, es decir que pueden aparecer o no pueden aparecer, y que están relacionados más a la sensibilidad del individuo frente a la radiación como a la cronicidad de la exposición. La mutación y las enfermedad neoproliferativas son los ejemplo ms representativos (18).

**Factor de ponderación tisular  $w_T$ .** Es el resultado del aporte de cada uno de los órganos irradiados al efecto dañino total como resultado de la irradiación uniforme de todo el cuerpo.

Es usada porque el efecto determinístico es igual a la suma de todos los órganos irradiados multiplicando el resultado de cada órgano por el factor de ponderación para

cada uno de los órganos. La suma de todos los factores de ponderación tisulares se iguala a la unidad (3,4,6,15,16,19-21).

#### **1.4. Tipos de radiación ionizante**

##### **1.4.1. Partículas alfa**

La partícula alfa son núcleos de helio con ausencia de su nube de electrones, está conformada por dos protones y dos neutrones, los cuales irremediablemente buscaran unirse a negatrones y transformarse en un átomo de Helio.

Los radioisótopos que pueden generar partículas alfa generalmente tienen números atómicos por encima a los del plomo ( $^{82}\text{Pb}$ ), es una partícula muy inestable con un excedente de energía nuclear. Cuando un radionúclido se desintegra su masa se reduce en una proporción de cuatro y sus protones y neutrones se reducen a la mitad.

La repercusión dañina de las partículas alfa en el ambiente es pobre, esta radiación alcanza más o menos 5 cm de distancia cuando se produce, es necesario que su energía sobrepasa los 7,5 MeV., para poder tener efecto deletéreo en la piel, pues la piel tiene una capa protectora de 0,07 mm., de grosor. Por lo tanto la radiación alfa podría considerarse inocua cuando es parte de la radiación externa sin embargo es muy peligrosa cuando se captan en el interior del cuerpo. Como depositan su energía a corta distancia constituyen una radiación de alta transferencia lineal de energía (TLE) y tienen un factor de ponderación radiológica elevado, cuyo valor típico es  $W_R = 20$  (4-6,15,19,22).

##### **1.4.2. Partículas beta**

Las partículas beta son pequeñas, están moviéndose a gran velocidad, tiene una carga eléctrica negativa pero también pueden tener carga positiva, y serán conocidas como positrones, y pueden ser alteradas por campos eléctricos y magnéticos. A pesar de tener menor energía que las partículas alfa es capaz de penetrar fácilmente los tejidos, esto es permitido por su menor masa y su tamaño. Sin embargo pueden ser detenidas por placas delgadas de plástico o de materiales como el aluminio (20).

Su capacidad de penetración es mayor que la de las partículas alfa y pueden profundizarse en el tejido humano vivo hasta unos de 2 centímetros, debido a que las partículas beta son 100 veces más penetrantes que las partículas alfa.

Estas partículas tienen su origen en un estado de reestructuración nuclear, en donde el núcleo produce un electrón y una partícula denominada neutrino, esta última se lleva algo de la energía perdida del núcleo (20)

“La radiación beta se produce en reacciones nucleares naturales y en las plantas de energía nuclear” (20).

Están descritos dos tipos de desintegración radioactiva beta, la desintegración beta con emisión de electrones, y la desintegración beta con emisión de protones en ambos los nucleótidos inestables tienen exceso de neutrones, en el primer caso un neutrón se transforma en un protón, un electrón y un electrón antineutrino, esta reacción ocurre en las barras de combustible de los reactores de fisión

En el segundo caso los núcleos inestables con un exceso de protones pueden experimentar una desintegración llamada también de positrones donde un protón se transforma en un neutrón un positrón y un neutrino de electrones, será posible siempre que la energía del núcleo del átomo inicial sea mayor que la del átomo resultante (15).

Cherry (15) refiere que “La desintegración alfa es una reacción de dos cuerpos, de manera que las partículas se emiten con energías cinéticas discretas. En cambio, la desintegración beta es una reacción de tres cuerpos, de forma que las partículas beta se emiten en un espectro de energías. La energía máxima del espectro depende del radio nucleído que se desintegra. La energía beta media del espectro es de alrededor de un tercio de la energía máxima”.

El alcance de las partículas alfa como ya mencionamos es de 5 cm, en contraparte el alcance de las partículas beta en el aire es de unos 3,65 m. por MeV de energía cinética. Se necesitan partículas beta de menor energía para atravesar la epidermis. Las partículas beta son radiación de baja TLE (5,15,20).

### **1.4.3. Radiación gamma**

La radiación gamma es producida cuando un núcleo sobreexcitado pasa de un nivel de mayor energía a uno de menor energía sin alterar el número de protones y neutrones, como consecuencia de este cambio el número atómico permanece sin alteraciones

Las partículas gamma son ondas que suelen acompañar a la emisión de partículas alfa y beta que preceden su emisión, o que se emiten en forma asociada.

Los rayos gamma no tienen una carga eléctrica y por lo tanto no sufren alteraciones cuando son expuestos a los campos eléctricos y magnéticos.

Mientras que las partículas alfa y beta tienen penetraciones conocidas en la profundidad de la materia, los rayos gamma a pesar de su poco poder ionizante tienen un gran poder de penetración dentro de la materia, se absorbe en la materia alrededor de 15 cm en el acero. La acumulación de la radiación gamma es directamente proporcional a la cantidad de energía que se mantiene dentro del rango estrecho de los rayos, y muy poca energía queda dispersa por los lados del haz directo en el interior de los cuerpos irradiados. Por lo tanto, el depósito de energía de rayos gamma depende de la geometría del haz, y del material

Por estas razones los equipos de salud pueden recibir tratamientos de esterilización por la gran cantidad de energía que se desprende de los rayos gamma que son capaces de eliminar insectos y bacterias y también puede ser utilizada en la industria alimentaria permitiendo que los alimentos no se malogren.

También los rayos gamma pueden ser utilizados en medicina para estudios y tratamientos en donde se usan los isótopos radioactivos con el inconveniente de su potencial efecto neoproliferativo. A pesar de este polémico efecto la radiación gamma y su haz concentrado puede dirigirse sobre la ubicación de células cancerígenas y eliminarlas, causando pocos daños colaterales a las células vecinas relativamente sanas y otro uso medio es el de medicina nuclear en donde se administra radioisótopos emisores de radiación y gracias a este efecto se pueden obtener imágenes de la anatomía sana y de la patológica en tiempo real descubriendo enfermedades que no pueden ser diagnosticadas por otros métodos (5,15,19,20).

#### **1.4.4. Rayos X**

La propagación de campos eléctricos y magnéticos que se desplazan en el ambiente a la velocidad de la luz constituyen la radiación electromagnética, los rayos X es una forma de radiación electromagnética por lo tanto pueden ser equiparados a los rayos gamma. La diferencia de estas dos radiaciones es que los rayos X se originan de la interacción entre los electrones y los rayos gamma tienen su origen en el núcleo de los átomos. Otra diferencia entre ambas radiaciones electromagnéticas se centra en

la cantidad de energía de cada una de ellas, pero no es determinante, es decir la radiación de rayos X es casi siempre de menor cuantía que la radiación gamma.

La energía que se desprende para el origen de los rayos X, se da cuando hay fenómenos de aceleración y frenado de las partículas, la cantidad de energía es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la masa de la partícula, por lo tanto se desprende una gran cantidad de energía en relación a otras partículas de mayor tamaño

Los rayos X tienen efectos dañinos dependiendo de la dosis como ocurre con la mayoría de las radiaciones ionizantes, por esta razón a pesar que los estudios médicos con rayos X son muy útiles, es necesario indicar la menor cantidad posible de exposiciones en los establecimientos de salud. Cuando la exposición es muy intensa se pueden presentar efectos de enfermedad por radiación en forma aguda presentando efectos como caída de cabello, quemaduras en la piel, náuseas, cefaleas, más tarde esterilidad, cataratas y cuando los efectos de esta irradiación es crónica inclusive se pueden presentar efectos tales como enfermedades neoproliferativas, tipo leucemia y alteraciones cromosomiales tanto en el individuo expuesto como en su descendencia (4, 6, 19,20).

#### **1.4.5. Neutrones**

Las reacciones nucleares son la principal fuente de neutrones, estos casi nunca se producen en la naturaleza en forma espontánea, las reacciones nucleares son un fenómeno muy parecido a lo que ocurre entre los átomos y las moléculas cuando estas chocan entre sí y dan como resultado la aparición de otras partículas diferentes a las que le dieron origen.

A este proceso similar se denomina reacción nuclear o fisión, por ejemplo cuando el uranio al no ser estable se desintegra en dos partículas, una de ellas llamada partícula alfa y la otra, un núcleo del elemento torio, nos damos cuenta entonces que se han formado dos nuevos elementos es decir un elemento se transformó en otros diferentes.

Existe una manera de producir neutrones, cuando utilizamos campos electromagnéticos para acelerar partículas cargadas, a velocidades incrementadas, de esta manera se provoca que las partículas colisionen unas con otras, y así se puede



llegar a la generación de nuevas partículas desintegradas, estas nuevas partículas no son solamente neutrones, así es posible estudiar las nuevas partículas que se dieron origen por las generados de las mismas. Se generaran una serie de radioisótopos denominados neutrones portátiles, los cuales podrán ser ordenados de acuerdo a la cantidad de energía que producen. Esta clasificación será de acuerdo al examinador y podrá ser diferentes en diferentes entornos. Existen varios modos posibles de interacción del neutrón con la materia, pero las dos formas principales a efectos de seguridad radiológica son la dispersión elástica y la captura de neutrones.

La dispersión elástica consiste en que la colisión de núcleos permite que la energía cinética de uno de ellos será transferida al otro núcleo, produciendo energía térmica. Al ocurrir este choque de núcleos, el más grande rebota quedando con menos energía y así los de mayor tamaño terminan con menos energía. Durante esta colisión no se producen efectos de desintegración ni se forman nuevas partículas denominadas por fisión. La consecuencia de este rebote será que el núcleo emitirá energía electromagnética en forma de radiación del tipo gamma.

De esta manera el neutro cargado con energía térmica es susceptible de ser atrapado por cualquier otro núcleo, ya que como sabemos el neutrón no posee carga alguna y por lo tanto no puede ser rechazado por núcleos con carga positiva, como ocurre con núcleos cargados con carga como los protones. Cuando una partícula cargada con energía térmica se aproxima lo suficiente a un núcleo dentro del radio de acción de otro es posible que este último lo atrape dentro de su fuerza nuclear, produciendo un núcleo radiactivo que es capaz de producir luz como fotón u otra partícula, es decir el núcleo captador podrá dividirse en otros dos núcleos más pequeños y más neutrones.

La captura neutrónica sin embargo es un tipo de reacción nuclear en donde al chocar un neutro con un núcleo atómico no se logra producir ninguna fisión, más bien se combinan para formar un núcleo más pesado. La condición más importante para que este fenómeno ocurra es que ambas estructuras se muevan a la misma velocidad, es decir deben tener casi la misma energía térmica. Cuando el neutrón es capturado por el núcleo, la energía que se almacena en exceso es liberada casi inmediatamente en forma de radiación gamma.

La masa de los neutrones de una sola energía sufrirá una disminución exponencial de acuerdo a una fórmula semejante a la mostrada antes para los fotones. La probabilidad de que un neutrón interactúe con un núcleo dado se describe en función del valor de la sección eficaz. La sección eficaz se mide en unidades de superficie. La unidad especial utilizada para la sección eficaz es el barn (b), definido por:  $1b = 10^{-24} \text{ cm}^2$

Es extremadamente difícil producir neutrones sin acompañamiento de rayos gamma y rayos X. En general, cabe suponer que, si hay presentes neutrones, también hay fotones de alta energía (4,5,15,16,21).

## **1.5. Fuentes de radiación ionizante**

### **1.5.1. Radio nucleídos primordiales**

En la naturaleza se encuentran radio nucleídos primordiales son los que existieron desde el momento de la formación de la tierra. Con la nueva tecnología es posible que podamos encontrar otros radionúclidos primordiales aun no descubiertos. La actividad de estos puede ser muy pequeña y esa es la razón por la que no han sido encontrados. Los isótopos del uranio y del torio encabezan una larga cadena de radioisótopos descendientes que están presentes también en la naturaleza.

En la atmosfera existe el gas Rn, el cual luego de su formación es capaz de ocupar el medio ambiente gracias a su propiedad volátil. Sabemos que las pequeñísimas cantidades de gas  $^{219}\text{Rn}$  existente en el medio ambiente, se deben a la propiedad de tener una fase extremadamente corta de semidesintegración por lo que no se le llega a respirar. El relativamente corto período de semidesintegración del  $^{220}\text{Rn}$  lo suele convertir en un peligro para la salud menor que el representado por el  $^{222}\text{Rn}$ .

Sin tomar en cuenta al Rn, en promedio la población humana, está expuesta a una dosis efectiva media de 0,3 mSv., por año producida por los radionúclidos primordiales. Esta dosis efectiva tiene una amplia variación y está definida fundamentalmente sobre todo por la concentración de uranio y torio en el suelo local. En algunas partes del mundo en que son corrientes las arenas de monacita, la dosis efectiva anual recibida por un miembro de la población es de hasta unos 20 mSv. En otros lugares, como en atolones de coral y cerca de la orilla del mar, este valor puede bajar hasta 0,03 mSv.

El radón es un gas radioactivo de origen natural, se produce de la desintegración espontanea del uranio el cual está presente en forma natural en rocas y suelo suele. Aflora al aire desde el suelo. Una vez en el aire, el Rn se desintegra aún más a isótopos radiactivos de Po, bismuto (Bi) y Pb. Es inhalado por los pulmones y queda deposita en estas estructuras. Se estima que es el responsable de un quinta parte del cáncer de pulmón dependiendo de la concentración de este gas en el medio ambiente. Como son emisores alfa, ceden casi toda su energía de radiación a los pulmones.

Se estima que 20 mSv., es una dosis equivalente media anual recibida por los pulmones debidos a esta exposición. Esta dosis equivalente en los pulmones es comparable con una dosis efectiva de unos 2 mSv en todo el cuerpo. Evidentemente todos los radionúclidos incluyendo al gas Radón son los que más involucrados están en la radiación espontaneas del medio ambiente. (4,15).

### **1.5.2. Rayos cósmicos**

La radiación cósmica es producida por partículas subatómicas procedentes del espacio exterior que se originas de la explosión de supernovas ocasionando la aceleración e partículas cargadas positivamente, en su mayor parte protones. También incluye partículas secundarias, casi todas fotones, neutrones y muones generados por las interacciones de las partículas primarias con gases de la atmósfera.

En virtud de estas interacciones, la atmósfera y el campo magnético sirven de elementos de protección contra la gran cantidad de radiación cósmica que debería de llegar al suelo terrestre, y cuanto más precaria sea esta protección, mayor será la tasa de dosis efectiva. Por esta razón, a mayor altitud mayor concentración de rayos cósmicos. Por ejemplo, la tasa de dosis a 1.800 metros de altura es alrededor del doble que al nivel del mar.

Como la radiación cósmica primaria consta esencialmente de partículas cargadas, recibe la influencia del campo magnético terrestre. Así, los habitantes de latitudes altas reciben dosis eficaces de radiación cósmica mayores que los que se encuentran más cerca del Ecuador. La variación debida a este efecto es del orden del 10 %.

Por último, la tasa de dosis efectiva de rayos cósmicos varía con la modulación de la salida de rayos cósmicos desde el Sol. En promedio, los rayos cósmicos contribuyen en alrededor de 0,3 mSv a la dosis efectiva de radiación de fondo en todo el cuerpo (4-6,20).

### **1.5.3. Radio nucleídos cosmógenos**

Los rayos cósmicos son núcleos atómicos de hidrogeno, helio y elementos pesados que al interactuar con la atmosfera terrestre producen radio nucleídos cosmógenos en la atmósfera. Los más destacados de éstos son el tritio ( $^3\text{H}$ ), el berilio 7 ( $^7\text{Be}$ ), el carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ) y el sodio 22 ( $^{22}\text{Na}$ ). Los radio nucleídos cosmógenos entregan una dosis efectiva anual de unos 0,01 mSv, que en su mayor parte procede del  $^{14}\text{C}$  (4,5,15).

### **1.5.4. Lluvia radiactiva**

Como su nombre lo indica la lluvia radioactiva es la caída de partículas radioactivas desde la atmosfera, producto de accidentes o pruebas nucleares que se realizaron en la tierra ,y que permitieron que estas partículas se elevaran lo suficiente para ser transportadas. estas partículas pequeñas puede ser minúsculas o de tamaño regular que flotan en el aire de la atmosfera y son arrastradas por la corrientes llegando a lugares distantes de donde no se han realizado dichas pruebas o accidentes, dependiente de su tamaño y del clima esta partículas pueden llegar y precipitarse a grandes distancias. Aunque muchos de estos desechos se han transformado desde entonces en isótopos estables, las pequeñas cantidades que permanecen serán todavía una fuente de exposición durante muchos años.

Los contribuyentes principales de la lluvia radiactiva a la dosis efectiva son en la actualidad el estroncio 90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) y el cesio 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), los dos con períodos de semidesintegración de alrededor de 30 años. La dosis efectiva media anual debida a la lluvia radiactiva es de unos 0,05 mSv (5,15).

### **1.5.5. Material radiactivo en el organismo**

La presencia de radionúclidos en los humanos, se debe a sus actividades diarias en donde se expone al consumo de alimentos contaminados, beber agua expuesta a isótopos radioactivos, respira del medio ambiente partículas radioactivas. Entre estos nucleídos se encuentran radioisótopos de Pb, Po, Bi, Ra, K (potasio), C, H, U y Th. De ellos, el <sup>40</sup>K es el contribuyente máximo. Los radio nucleídos naturales depositados en el cuerpo contribuyen en unos 0,3 mSv a la dosis efectiva anual (5,15).

### **1.5.6. Radiación producida por máquinas**

2. El uso de los rayos X para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades en los seres vivos es una fuente muy importante de exposición a radiación ionizante, producida por maquinas. Millones de máquinas de rayos X están a la disposición de la población encargada de salud, y está en relación directa a la posibilidad de atenderse en estos establecimientos. En los países desarrollados, la dosis efectiva media anual debida a radiación de rayos X por prescripción médica y a material radiactivo para diagnóstico y tratamiento es del orden de 1 mSv. Sin embargo las medidas de bioseguridad que se ponen en práctica a raíz del conocimiento actual convierten a esta fuente de exposición a la radiación en menos importante que las fuentes anteriores.

Los rayos X también se unas en otras actividades de la vida humana, por ejemplo para estudiar la estructura de los cristales, también para encontrar defectos de tuberías, turbinas, motores, vigas, y cualquier otra estructura. (15,19).

### **1.5.7 Radio nucleídos producidos por máquinas**

Los aceleradores de partículas pueden producir una gran variedad de radio nucleídos en cantidades variables mediante reacciones nucleares. Las partículas aceleradas son protones, deuterones (núcleos de <sup>2</sup>H), partículas alfa, mesones cargados, iones pesados y otros. Los materiales que hacen de blanco pueden ser de casi cualquier isótopo.

Los aceleradores de partículas son prácticamente la única fuente de radioisótopos emisores de positrones. (Los reactores nucleares tienden a producir radioisótopos ricos en neutrones que se desintegran por emisión de negatrones.) También se utilizan cada vez más para producir isótopos de vida corta destinados a

aplicaciones médicas, en especial para tomografía por emisión de positrones (TEP) (15,20).

### **1.5.8 Materiales y productos de consumo de tecnología avanzada**

La tecnología nuclear aprovecha la radioactividad en el campo de la medicina utilizando técnicas de diagnóstico y tratamiento, en hidrología para mediante isótopos radioactivos observar el movimiento del ciclo del agua, en agricultura para el control de plagas, en minería a través de sondas nucleares que determinen la composición de las capas de la tierra, en la industria para mejora el proceso industrial y la automatización, en el medio ambiente para determinar la cantidad de contaminantes, en la exploración espacial para alimentar la instrumentación de satélites y de sondas espaciales y finalmente para estudiar la radioactividad de los meteoritos

### **1.6 Efectos y dosis de la radiación ionizante**

La radiación ha sido utilizada desde su descubrimiento por el hombre de diferentes maneras, con fines pacíficos así como con fines bélicos. La radiación no solo se utiliza en el campo de la salud, sino también en la industria y la ciencia, y es un gran impulso para el desarrollo tecnológico de la humanidad. De esta forma la radiación ionizante se ha constituido como uno de los principales motivos de investigación y desarrollo que cualquier otro agente ambiental (1,23-25).

Las células sometidas al influjo de la radiación ionizante, dependiendo de la frecuencia y de la cantidad de dosis, son agredidas y se provoca en su interior la liberación de iones y radicales libres provocando cambios de manera reversible o irreversible, que atentan con el funcionamiento normal de estas. El blanco biológico más importante del cuerpo humano cuando es sometido a la radiación es el ADN el cual puede sufrir transformaciones, y alterar su estructura, con lo que su información genética quedara secuencialmente irreconocible, y dependiendo del daño ocasionado podrá repararse por si misma o quedara dañada permanentemente y morirá. Una dosis absorbida lo suficientemente alta para matar una célula tipo en división (2000 mSv), sería suficiente para originar centenares de lesiones irreparables 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). La alteración provocada a nivel genómico

que no es capaz de repararse, se manifestara en el tiempo a largo plazo como una mutación que está directamente relacionada con la dosis recibida. (24,26)

Los cambios en el número y la estructura de los cromosomas v provocados por la irradiación en el aparato genético, está probado que definitivamente es una relación directa con la dosis, como conclusión de lo observado en los paciente supervivientes de la bomba atómica y en otras poblaciones expuestas a radiaciones ionizantes (24).

En consecuencia, la exposición aguda y de altas dosis provoca un daño biológico temprano, y en la misma persona (efecto somático) o en generaciones posteriores cuando la exposición es crónica ya dosis pequeñas (efecto genético), a esto se le denomina efecto determinístico o efecto probabilístico respectivamente (24,27).

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.(24).

Las medidas de protección a la radiación ionizante, está destinada a disminuir los riesgos que provocan estas, tanto a los seres vivos como al medio ambiente. Entendiendo por seres vivo a los individuos, sus descendientes y la población en su conjunto (1,31).

En el Perú se ha promulgado la ley 28028 que se encarga de la regulación del uso de fuentes de radiación ionizante que tiene por finalidad prevenir, proteger, de sus efectos nocivos, la salud de las personas, el medio ambiente y la propiedad.

Para lograr este fin, las dosis no podrán sobrepasar los límites establecidos por la legislación, aun en individuos más expuestos. (1,28)

En términos generales el límite de dosis para trabajadores expuestos será de 100 mSv. Durante un periodo de 5 años consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv., en cualquier año.

El límite de dosis efectiva para el cristalino será de 150 mSv., por año.

El límite de dosis efectiva para las manos, antebrazos, pies y tobillos será de 500 mSv., por año.

Los trabajadores profesionalmente expuestos, bien de modo habitual, u ocasional, son susceptibles de recibir una dosis anual superior a 1/10 de los límites anuales que

determina la ley. Los trabajadores se consideran expuestos cuando pueden recibir dosis superiores a 1 mSv por año y se clasifican en dos categorías:

**Categoría A:** personas que por las condiciones que realiza su trabajo, pueden recibir una dosis superior a 6 mSv/año o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades.

**Categoría B:** personas que por las condiciones que realiza su trabajo, es muy improbable que reciba dosis superiores a 6 mSv por año o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Por esta razón se ha elaborado el siguiente cuadro para resumir las dosis a la que se pueden exponer a los diferentes grupos de población

**Tabla N° 1**

	<b>DOSIS EFECTIVA</b>	<b>DOSIS EQUIVALENTE</b>
<b>Trabajadores expuestos</b>	<b>100 mSv promediados en 5 años (20 mSv/año) (Max. 50mSv/año)</b>	Cristalino:150 mSv /año Piel 500 mSv/año Manos, antebrazos, pies y tobillos 500 mSv/año
Publico	1 mSv/año	Cristalino: 15 mSv/año Piel: 50 mSv/año
Estudiantes	Mayores de 18 años : límites de los TE Entre 16 y 18 años : 6 mSv/año Cristalino:50 mSv/ año piel, manos, etc.: 150 mSv/año Otros: límite de los miembros del publico	
Embarazadas	1 mSv durante el embarazo	
Mujeres en periodo de lactancia	No se le asignaran puestos de trabajo con un riesgo significativo de contaminación radiactiva	
Exposición especialmente autorizadas	Autorizada solo si las exposiciones están limitadas en el tiempo , se circunscriben a determinadas zonas de trabajo y no superan los límites establecidos por el CSN en cada caso  solo podrán participar TE de categoría A	

*Nota:* Tomado de HernanAguiar (2005)



## 1.7 Fracturas del extremo proximal del fémur

### 1.7.1 Generalidades

Según la clasificación AO de Müller las fracturas del fémur proximal se dividen en 3 grupos

Tipo 31-A fracturas trocanteread extra capsulares

Tipo 31-B fracturas intracapsulares del cuello del fémur

Tipo 31-C Fracturas intracapsulares de la cabeza femoral

Las fracturas trocantereadas son las más frecuentes del fémur proximal y se producen predominantemente en paciente geriátricos, por lo que la mortalidad perioperatoria precoz es bastante elevada. Las fracturas trocántereadas son siempre extracapsulares y es raro que se comprometa la vascularización de la cabeza femoral. El tratamiento indicado suele consistir en la intervención quirúrgica, que proporciona unos resultados clínicos buenos en la mayoría de los casos.

La clasificación AO de Müller subdivide las fracturas trocantereadas en 3 grupos, las fracturas A1 son fracturas simples, de 2 fragmentos y con un buen soporte en la cortical interna. Las fracturas A2 son multifragmentarias con las corticales interna y dorsal rotas a distintos niveles, pero con la cortical externa intacta. En las fracturas A3 la cortical externa también está rota (Fractura invertida).

En cuanto a los factores de riesgo para radiación ionizante en sala de operaciones hay que tener en cuenta que tan pronto como el estado general del paciente este controlado, debe llevarse a cabo la fijación interna de las fracturas del extremo proximal del fémur en una mesa ortopedia de tracción o en una mesa universal radiotransparente ambas mesas presentan ventajas e inconvenientes. Sin embargo, son obligatorios en cualquier caso los controles radiológicos intraoperatorios con amplificador de imágenes en 2 planos.(4,28, 29,30)

## CAPITULO II

### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1. Diseño de investigación

2.1.1 Tipo: Estudio de campo

2.1.2 Nivel: Estudio relacional, analítico, prospectivo y transversal.

#### 2.1.3 Análisis u operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADORES	SUB INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  <i>Dosis efectiva de radiación ionizante</i>	<i>-Cantidad de energía ionizante depositada por unidad de masa</i>	<i>-Nivel A (Bajo)&lt; 20 mSv/año -Nivel B (Normal)=20 mSv/año -Nivel C (Alto)&gt;20 mSv/año</i>	<i>Dosimetría</i>	<i>Cámara de ionización (Inspector alert ) Dosímetro de lapicero</i>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  <i>Factores de riesgo</i>	<i>- Tipo de operación  - Tiempo de cirugía - Numero de disparos - Experiencia</i>	<i>Osteosíntesis de cadera en fracturas trocántericas: - 31-A1(Fractura en dos partes) - 31-A2 (Fractura en dos partes con un fragmento intermedio) - 31-A3(Fractura en dos partes transversa simple)  Horas  Tomas /pulsos  Años</i>	<i>Ficha de registro de datos  Cronometría  Ficha de registro de datos</i>	<i>Cámara de ionización (Inspector alert ) Dosímetro de lapicero</i>

#### 2.1.4 Interrogantes básicas

1. ¿Cuál es la dosis efectiva de exposición a radiación ionizante en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2018?
2. ¿Cuáles son los factores de riesgo en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2018?
3. ¿Cuál es la relación entre la dosis efectiva y los factores de riesgo de exposición a radiación ionizante en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2018?

## 2.2 **Ámbito y periodo**

**2.2.1 Ubicación espacial:** La presente investigación se realizó en sala de operaciones del Servicio de Traumatología del Hospital Base Carlos A. Segúin Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2018.

**2.2.2 Ubicación temporal:** El estudio se realizó en forma coyuntural durante el primer semestre del año 2018.

## 2.3 **Población – muestra**

**2.3.1 Unidades de estudio:** Médicos traumatólogos que realizan procedimientos expuestos a radiación ionizante en sala de operaciones de traumatología del HBCASE, EsSalud.

**2.3.2 Población:** Todos los médicos traumatólogos que realizan procedimientos quirúrgicos en sala de operaciones de traumatología del HBCASE.

## 2.4 **Método, técnica e instrumentos**

### 1. **Técnicas, instrumentos y materiales de verificación**

**Técnica:** Se empleó la técnica de la medición instrumental.

**Instrumentos:** Se empleó una ficha de recolección de datos.(Anexo N° 1)

#### **Materiales:**

- Fichas de investigación
- Material de escritorio
- Dosímetro de Rayos X (RadiationAlertInspector )
- Computadora personal con programas de procesamiento de textos, bases de datos y estadísticos.

## **2.5 Análisis y procesamiento de datos**

### **2.5.1 Plan de Procesamiento**

Los números apuntados en el Anexo 1 fueron luego codificados y tabulados para su estudio y explicación.

### **2.5.2 Plan de Clasificación:**

Para facilitar la distribución de los datos obtenidos en cada ficha de recolección de datos, se empleó un formato para este propósito que ordeno los datos. La matriz fue diseñada en una hoja de cálculo electrónica (Excel 2016).

### **2.5.3 Plan de Codificación:**

Se ordenó en escalas continuas y categóricas, luego se compilo los datos lo que facilito el análisis.

### **2.5.4 Plan de Recuento.**

En base al formato para este propósito, el cómputo de los datos fue electrónico.

### **2.5.5 Plan de análisis**

Se utilizó estadística descriptiva con distribución de frecuencias (absolutas y relativas), medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (rango, desviación estándar) para variables continuas; las variables categóricas se presentarán como proporciones. Así mismo se utilizó la regresión lineal simple y el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5% ( $p < 0.05$ ). Además para el procesamiento de datos se utilizó el software estadístico SPSS versión 25.

## **2.6 Estrategia de Recolección de datos**

### **2.6.1 Organización**

Se realizó las coordinaciones con la Gerencia del HBCASE y la Jefatura del Servicio de Traumatología para la autorización para realizar el estudio.

Se solicitó dictamen del Comité Institucional de Ética de Investigación (Anexo N°2).

Se realizó evaluaciones durante una semana para determinar los niveles de exposición a radiación en las salas de operaciones en los turnos de mañana y tarde durante cada cirugía, para identificar las condiciones en las que aparecen mayores niveles de exposición.

El dosímetro permaneció en el ambiente de sala de operaciones durante el turno, luego del cual el responsable de la medición anotó el registro de la emisión de radiación, y se verificó en el mismo turno las variables de estudio, como son tipo de cirugía, número de disparos, tipo de fuente de rayos X utilizado, etc.

Una vez concluida la recolección de datos, éstos fueron organizados en bases de datos para su posterior interpretación y análisis.

### 2.6.2 Recursos

#### a) Humanos

- Investigador
- Asesor
- Personal de control ambiental

#### b) Materiales

- De escritorio
- Fichas de datos
- Cámara de ionización (radiation alert inspector) instrumento de salud y seguridad que ha sido optimizado para detectar radiación hipo energética. Realiza la medición de radiación alfa, beta, rayos gamma y rayos X.
- **Dosímetro personal tipo lapicero:** MYDOSE mini X PDM-127B RH  
Un dosímetro altamente sensible y compacto para medir rayos gamma y rayos X

Este dosímetro de lectura directa muestra una dosis acumulada así como una tasa de dosis, y es adecuado para medir desde 20 keV.

#### Características

- Ligero y compacto para caber en un bolsillo.
- Amplio rango de medición de  $1\mu\text{Sv}$  a 1 Sv
- Operación simple de un botón
- Medición de la tasa de dosis
- Función de retención de datos

- Computadora personal con programas de procesamiento de textos y bases de datos
- c) Financieros
- Autofinanciado



### CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TABLA N°. 1

DOSIS EFECTIVA RECIBIDA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS EN LA SALA DE OPERACIÓN DEL  
SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

Media	2,08
Desviación estándar	0,52
Mínimo	0,99
Máximo	3,23
Tamaño	30

La tabla N°. 1, muestra que el promedio de la dosis efectiva recibida por los médicos es de 2.08 mSv con una dosis efectiva mínima de 0.99 mSv y una dosis efectiva máxima de 3.23 mSv.

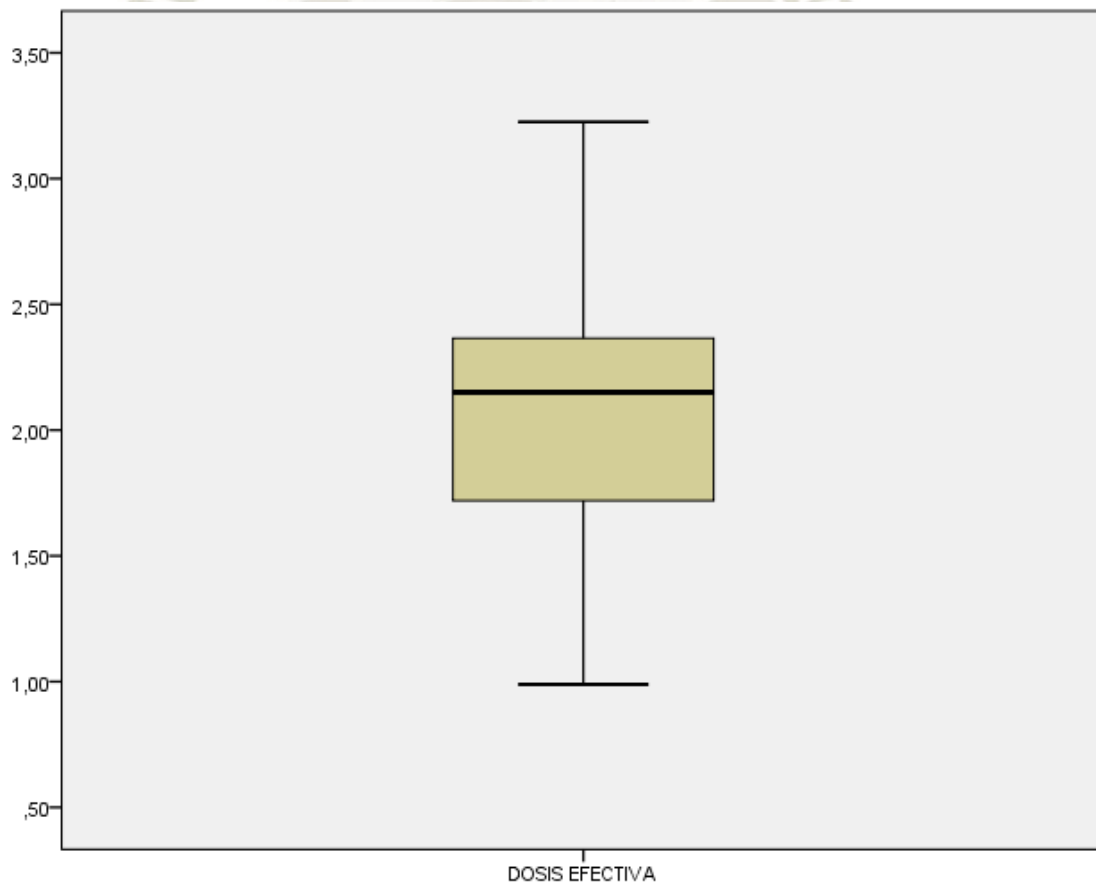


Figura 1 DOSIS EFECTIVA RECIBIDA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS EN LA SALA DE OPERACIÓN DEL  
SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

Los resultado de esta investigación, es sin lugar a dudas la primera en su género en la ciudad de Arequipa; estos resultados sobre la radiación ionizante en una sala de operaciones y los posibles riesgos a los que se expone al personal médico asistencial están también descritos en otros estudios y consideran los pulsos de radiación utilizados y el tiempo de cirugía(4,9,28). Dentro de las medidas de protección están descritos los mandilones con plomo, los collarines, los lentes de protección y los guantes quirúrgicos con aditamentos de plomo que se corroboran parcialmente en los hallazgos de este estudio.

El tamaño de la muestra es pequeño, y es solo una proporción del volumen de cirugías que se realizan en el Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital Carlos Alberto Seguí Escobedo, Essalud-Arequipa, en donde se utiliza radiación ionizante; el 100 por ciento de la patología quirúrgica es controlada bajo visión radiografía en el intraoperatorio, utilizando el intensificador de imágenes y muchas de estas cirugías requieren una cantidad de pulsos de radiación ionizante por ser cirugías de mayor complejidad como la de nuestro estudio.

Para el cálculo de la dosis efectiva, se aplicó el factor de ponderación para cada uno de los órganos del cuerpo irradiados, como podemos mostrar en la tabla correspondiente se encuentra que la dosis efectiva recibida en promedio por los médicos del Servicio de Ortopedia y Traumatología fue de 2.08 mSv., para cirugía de cadera, utilizando el sistema de fijación DHS, con una exposición mínima de 0,52 mSv., y una exposición máxima de 3,23 mSv. En el trabajo de Baumgartner y cols. la radiación ionizante para fracturas diafisarias de fémur tuvo una media de 146.2 microSv/hora (0.001 mSv/hora)y para fracturas acetabularias la media fue de 158 microSv/ hora. (0.001 mSv/hora). (38)

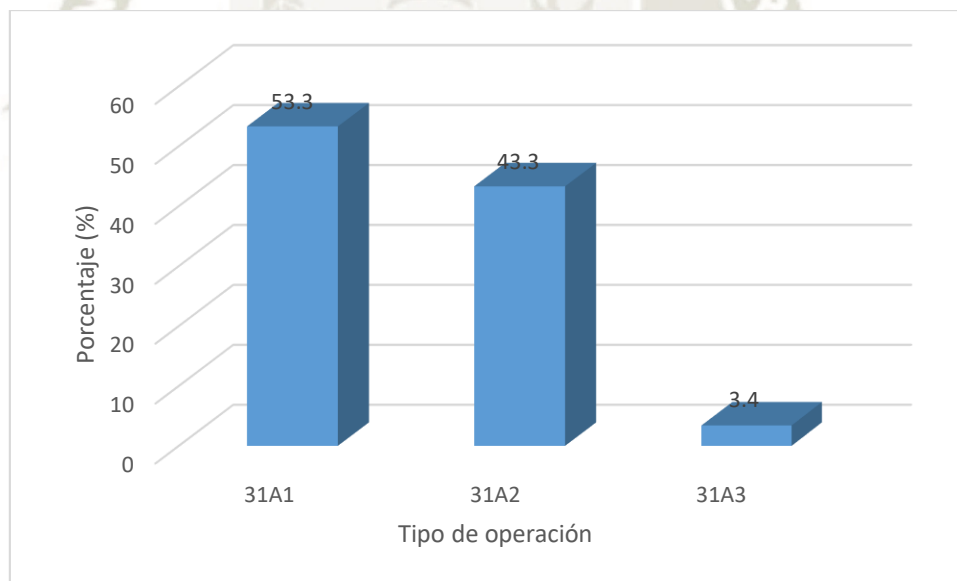


**TABLA N°.2**

**TIPO DE OPERACIÓN REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE  
TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

Operación	N°.	%
31A1	16	53,3
31A2	13	43,3
31A3	1	3,4
Total	30	100,0

La tabla N°. 2, muestra que el 53.3% de los médicos realizaron la operación tipo 31A1, el 43.3% realizaron la operación tipo 31A2 y solo el 3.3% de ellos conllevaron una operación 31A3



*Figura 2* TIPO DE OPERACIÓN REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE  
TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

El tratamiento quirúrgico para la cirugía de cadera (33)(34)según la clasificación de la fundación AO en donde las denomina como fracturas de tipo 31A1, 31A2, y 31A3 según su localización y gravedad(28,34) muestra que la frecuencia con que los médicos del Servicio de Ortopedia y Traumatología han intervenido en las cirugías del tipo 31A1 realizando osteosíntesis es de 53.3% (16 pacientes) en un periodo 3 meses, siendo estas fracturas pertrocantericas de trazo simple, en segundo lugar con un 43.3% fueron las fracturas tipo 31A2 (13 pacientes), para las fracturas pertrocantericas multi fragmentarias y con solo 3.3% para las fracturas intertrocantericas, resultados que coinciden con la frecuencia en otros estudios de investigación, en España esta incidencia va en el orden de  $103.76/10^5$  por año, estos habitantes son sujetos mayores de 65 años, esta incidencia viene creciendo debido a que es un indicador de la mejora de la salud en el mundo. (36) . Se ha reportado que uno de cada 1000 mujeres mayores de 70 años sufren fracturas de cadera según Espinoza(31)y también lo ha reportado Quevedo y cols. con una prevalencia de 0.5%(35).

**TABLA N° 3**

**TIEMPO DE LA CIRUGIA REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE  
TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

Media	2,42
Desviación estándar	0,61
Mínimo	1,15
Máximo	3,75
Tamaño	30

La tabla N°. 3, muestra que el tiempo de cirugía realizada por los médicos presento un promedio de 2.42 horas con un tiempo mínimo de 1.15 horas y un tiempo máximo de operación de 3.75.

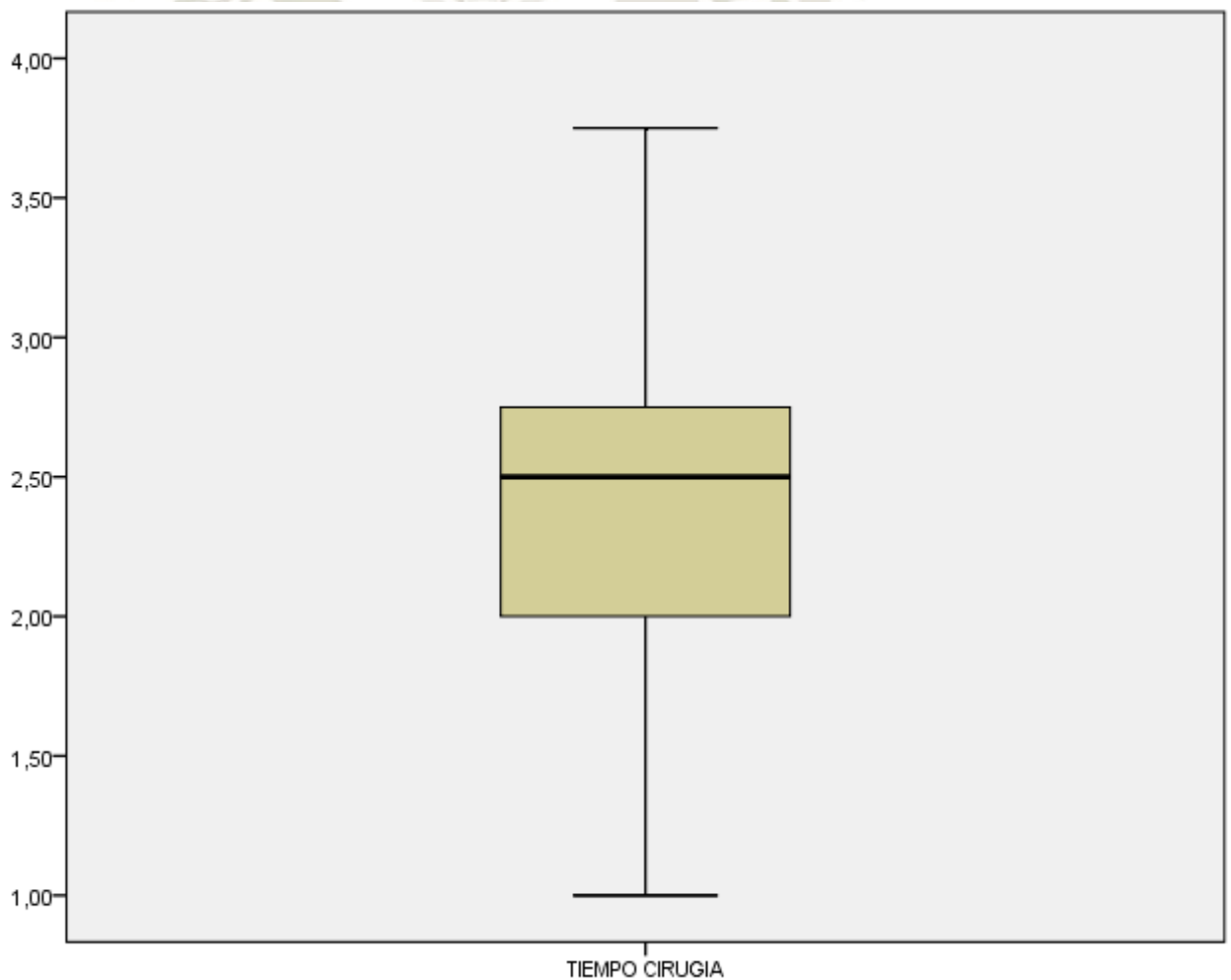


Figura 3 TIEMPO DE LA CIRUGIA REALIZADA POR LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE  
TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

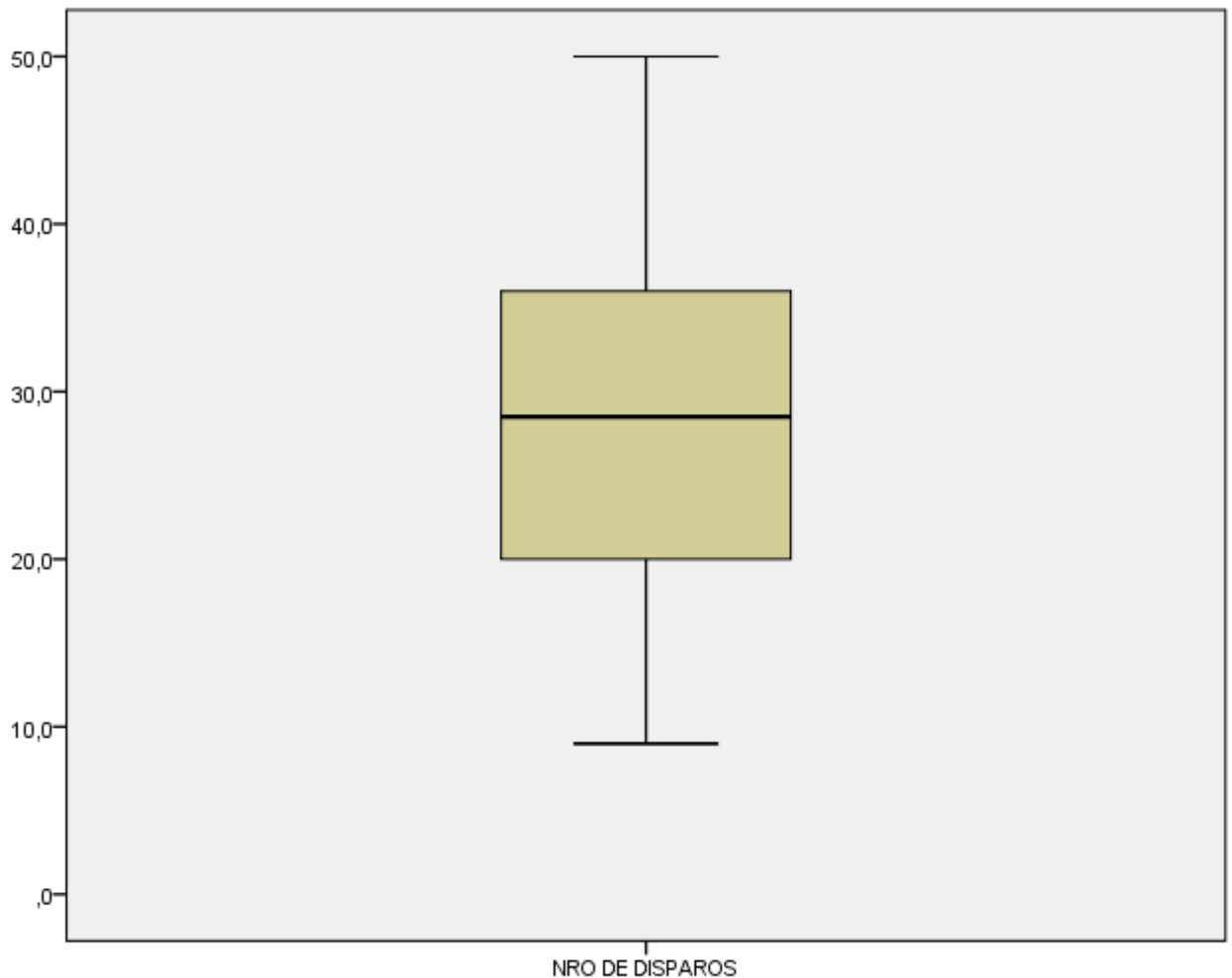
Cuando observamos el tiempo de cirugía empleado para realizar el tratamiento quirúrgico de las fracturas de cadera, el resultado, en nuestra investigación determino que estas ocuparon un tiempo promedio de 2.42 horas, siendo el tiempo mínimo de 1,15 horas y de 3,75 horas como tiempo máximo utilizado. En otras investigaciones sobre tratamiento quirúrgico en grupos similares dichos tiempos no se han podido correlacionar con nuestra investigación. Se ha reportado que en la serie de Sharma y cols. (30), un tiempo promedio de 1.16 horas, y en la serie de Olivo y cols.(30), un tiempo promedio de 1.9 horas. Probablemente los factores que influyen en el tiempo de cirugía sean el tamaño de la incisión quirúrgica, el sangrado tras operatorio, el uso eficiente de arco en C por personal capacitado, la reducción indirecta de la fractura con la utilización correcta de la mesa ortopédica de tracción, el tiempo de espera quirúrgica entre el ingreso al hospital y el acto quirúrgico, enfermedades concomitantes. También hay que considerara que en nuestra investigación el tiempo quirúrgico que se considero fue desde el ingreso del paciente a sala de operaciones hasta el cierre de la herida quirúrgica, no solamente el tiempo de inicio de cirugía hasta el cierre de la herida quirúrgica.

**TABLA N°. 4**

**NUMERO DE DISPAROS EMITIDOS EN LA SALA DE OPERACIÓN RECIBIDAS POR LOS  
MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

Media	28,83
Desviación estándar	12,17
Mínimo	9,0
Máximo	50,0
Tamaño	30

La tabla N°. 4, muestra que el promedio del número de disparos emitidos en la sala de operación es de 28.83 con un número de disparos mínimos de 9 y el máximo es de 50.



*Figura 4* NÚMERO DE DISPAROS EMITIDOS EN LA SALA DE OPERACIÓN RECIBIDAS POR LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

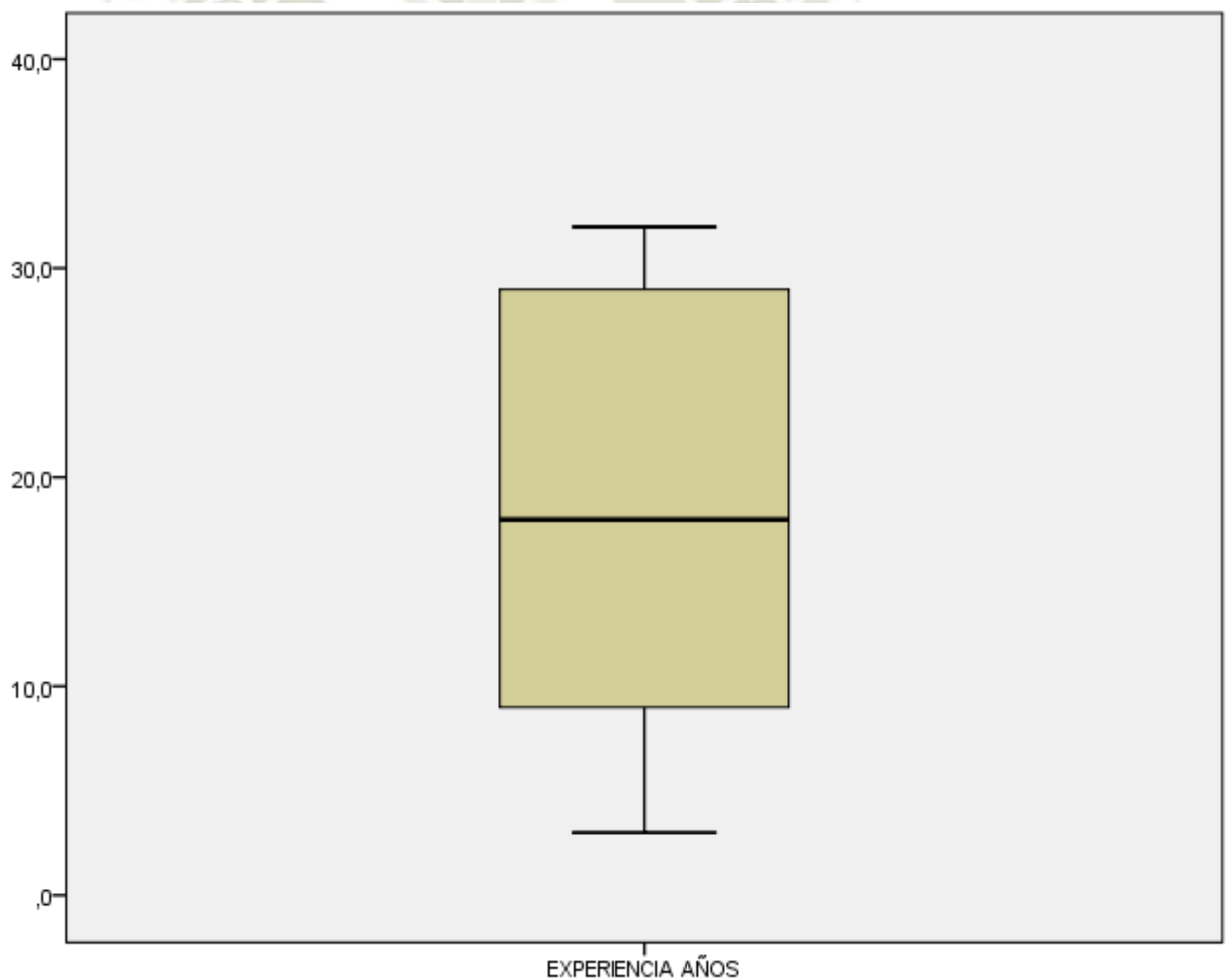
El uso del intensificador de imágenes, conocido como arco en C, es casi inevitable en las cirugías traumatológicas, y en nuestro hospital se observa que el número de disparos del arco en C en promedio es de 28 que corresponden a 2.08 mSv., por cirugía, siendo el valor máximo de 50 disparos es decir 3.23 mSv., y el valor mínimo de 9 disparos, que corresponden a 0.99 mSv., resultados que podrían estar relacionados con la complejidad de la cirugía y con la experticia del cirujano, así como también con la capacidad del personal técnico que manipula el intensificador de imágenes. En el trabajo de investigación de Sharma y cols.(30) el promedio de número de disparos de exposición a radiación ionizante fue de 48.7mSv., para la cirugía con DHS (del inglés dynamic hip screw) y con PFN (del inglés proximal femoral nail) fue de 71 disparos. En el estudio de investigación sobre tratamiento de fracturas de radio realizado por Vanoli(37) se utilizó el tiempo como medida de exposición y el promedio fue de 75 segundos con un rango de 12 a 450 segundos, teniendo en cuenta que un segundo de irradiación ionizante equivale a 25 tomas o disparos, el resultado es de aproximadamente de 1875 disparos. La cirugía de cadera tienen un protocolo de preparación del paciente y del acto quirúrgico establecido en pasos predeterminados, por esta razón la cantidad de irradiación ionizante se puede controlar en un rango más o menos de disparos controlados, como mostro nuestro estudio de investigación.

**TABLA N°. 5**

**AÑOS DE EXPERIENCIA DE LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA  
DE HOSPITAL Es SALUD**

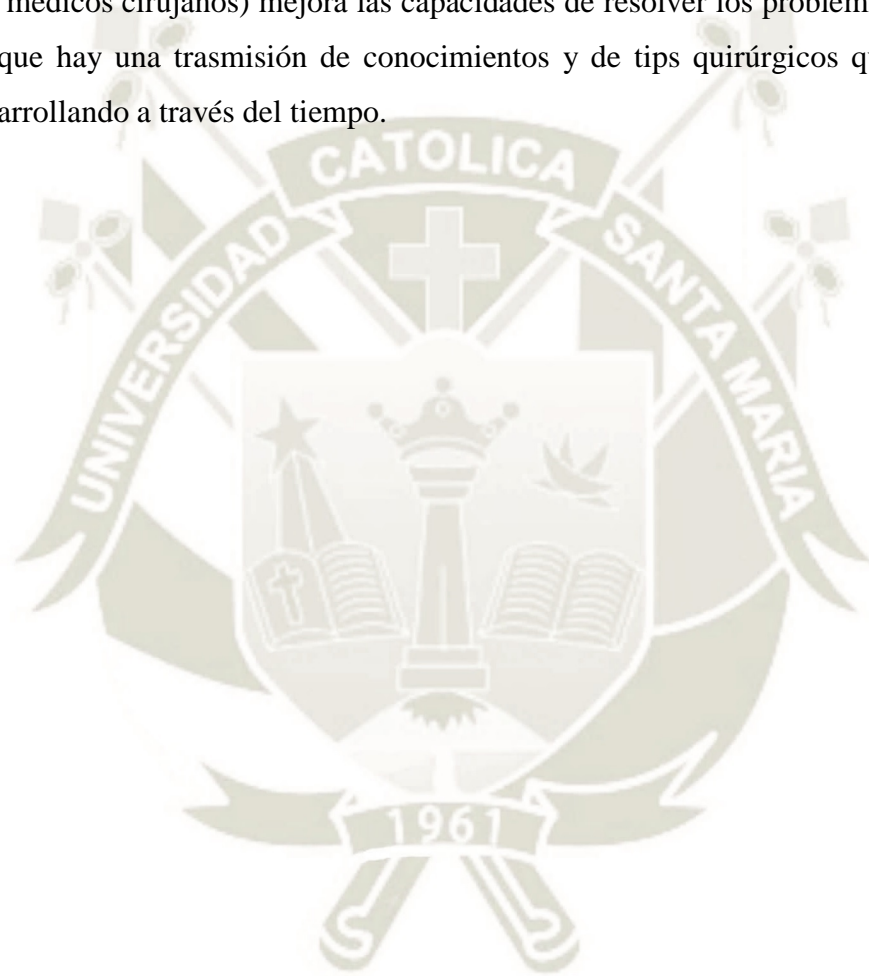
Media	17,60
Desviación estándar	10,79
Mínimo	3,0
Máximo	32,0
Tamaño	30

La tabla N°. 5, muestra que el promedio de los años de experiencia en el servicio en los médicos es de 17.60 años con una experiencia mínima de 3.00 años y un tiempo máximo de 32 años.



*Figura 5* AÑOS DE EXPERIENCIA DE LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

La experiencia entre los médicos del Servicio de Ortopedia y Traumatología, los cuales realizan actividades quirúrgicas similares desde su ingreso a la Institución son equiparables con el tiempo de servicio por lo tanto su experticia (experiencia y conocimiento) va desde los 32 años hasta los 3 años, lo cual nos lleva a determinar una media de 17 años de experticia de trabajo en la institución en el servicio de Ortopedia y Traumatología. La cantidad de médicos en el Servicio de Ortopedia y Traumatología (21 médicos cirujanos) mejora las capacidades de resolver los problemas quirúrgicos porque hay una transmisión de conocimientos y de tips quirúrgicos que se han ido desarrollando a través del tiempo.





**TABLA N°. 6**

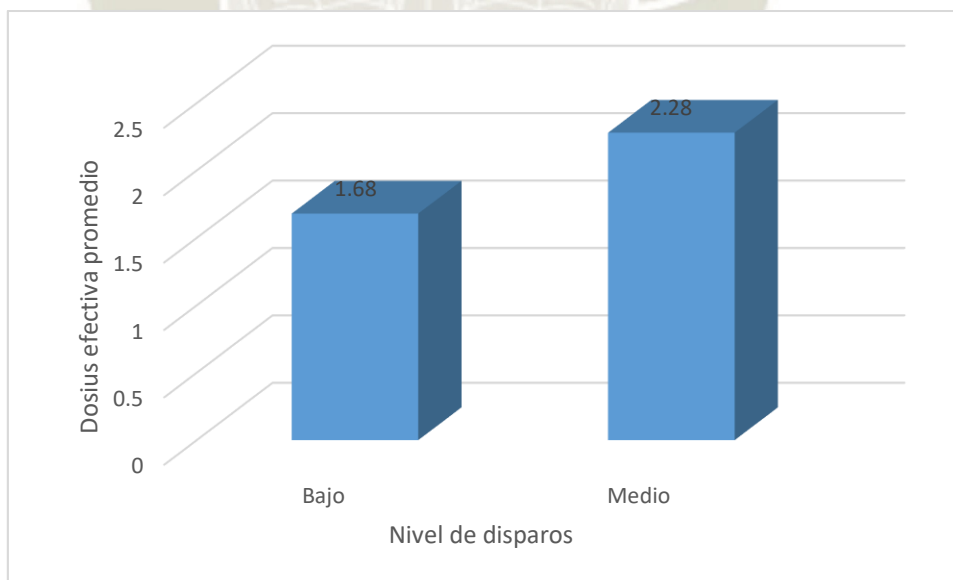
**DOSIS EFECTIVA RECIBIDA SEGÚN EL NUMERO DE DISPAROS EN LOS MEDICOS CIRUJANOS EN LA SALA DE OPERACION DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

DOSIS EFECTIVA	Nivel de Disparos	
	Bajo	Medio
Media	1,68	2,28
Desviación estándar	0,56	0,38
Media de error estándar	0,18	0,08
Tamaño	10	20

$t= 3.494$        $P<0.05$

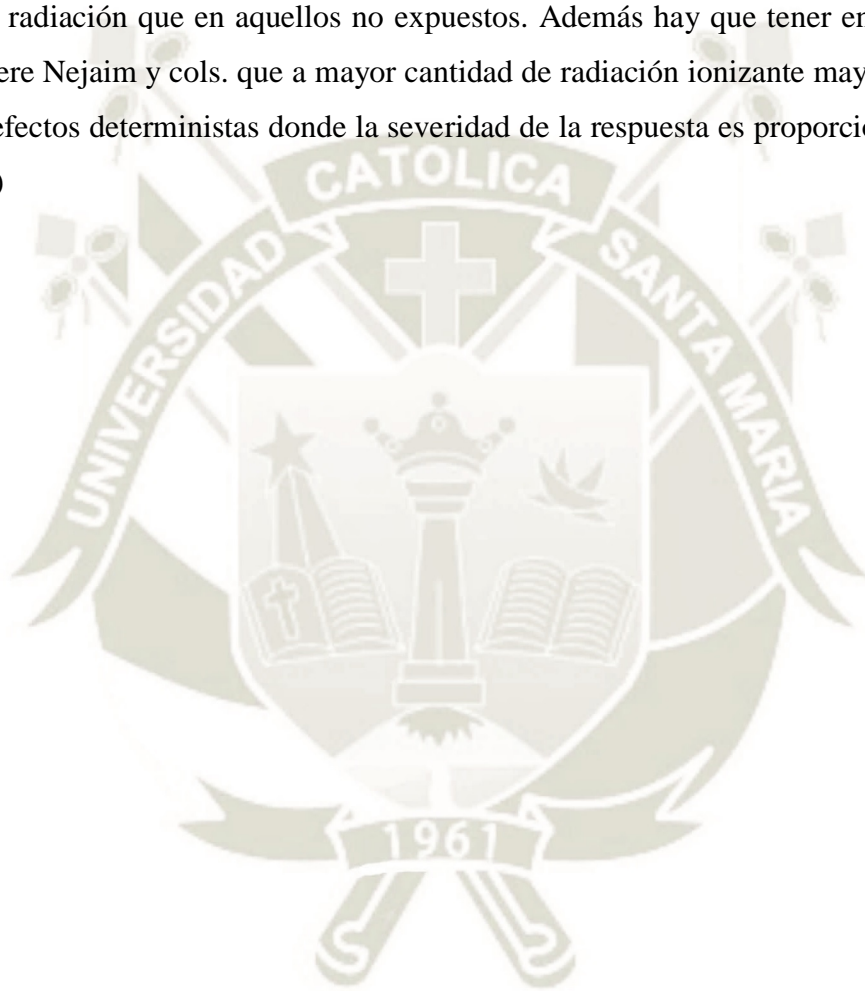
La tabla N°. 6 según la prueba de t student para muestras independientes ( $t= 3.494$ ) se aprecia que la dosis efectiva recibida por los médicos expuesto a los dos niveles de disparos presentó diferencias estadística significativa ( $P<0.05$ ).

Asimismo se muestra que los médicos expuestos a bajo número de disparos recibieron una dosis efectiva 1.68 mSv frente a la dosis efectiva de 2.28 mSv que recibieron los médicos con un nivel medio.



*Figura 6* DOSIS EFECTIVA RECIBIDA SEGÚN EL NUMERO DE DISPAROS EN LOS MEDICOS CIRUJANOS EN LA SALA DE OPERACION DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

Además podemos observar que cuando relacionamos la dosis efectiva recibida por los médicos cirujanos y el nivel de disparos denominados bajo y alto encontramos que, existe una diferencia estadísticamente significativa, es decir existe un riesgo de exposición a la irradiación ionizante cuando consideramos un nivel alto de disparos para efectos no estocásticos, como señala Mastrangelo y cols. Según Vanoli(37), el cual encontró una incidencia de cáncer cinco veces mayor en profesionales expuestos a la radiación que en aquellos no expuestos. Además hay que tener en cuenta como refiere Nejaim y cols. que a mayor cantidad de radiación ionizante mayor posibilidad de efectos deterministas donde la severidad de la respuesta es proporcional a la dosis (39)



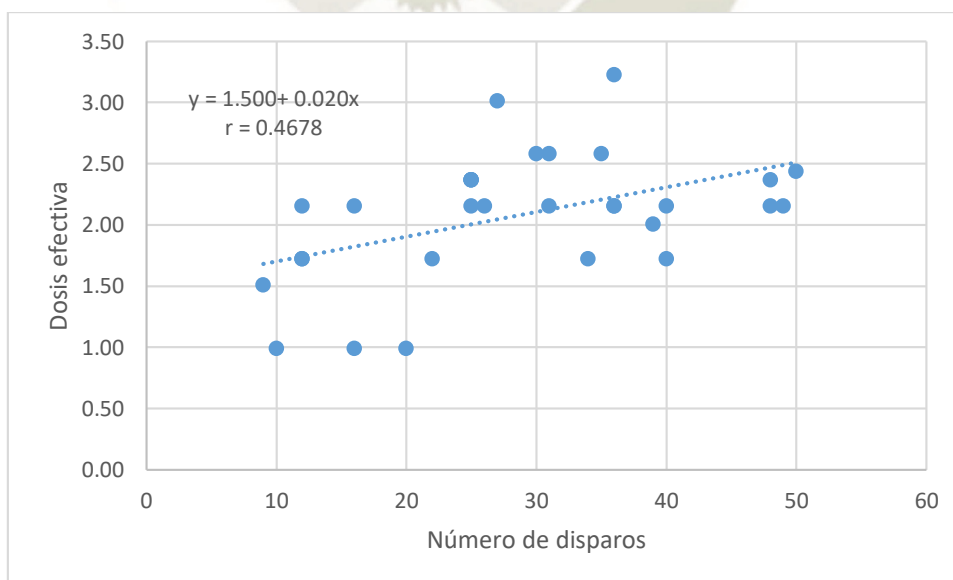
**TABLA N° 7**

**RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL NUMERO DE DISPAROS EXPUESTO A LOS  
MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	1,500	,225		6,673	,000
NRO DE DISPAROS	,020	,007	,468	2,800	,009

a. Variable dependiente: DOSIS EFECTIVA

La tabla N° 7, muestra la regresión lineal simple para la relación entre la dosis efectiva y el número de disparos al momento de la cirugía en los médicos del servicio de traumatología. Asimismo se encontró que por cada disparo realizado la dosis efectiva se incrementa en el medico en 0.20 mSv. En cuanto a la correlación o fuerza de la relación se encontró que ambas variables se correlacionan medianamente con un coeficiente de  $r=0.4678$ .



*Figura 7* RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL NÚMERO DE DISPAROS EXPUESTO A LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

Cuando aplicamos el coeficiente de relación de Pearson para la dosis efectiva y el número de disparos, se halla una relación directa entre ambas variables es decir se correlacionan en forma directa, lo que nos lleva a la conclusión de que los disparos por encima de un número de 20 pueden estar relacionados a efectos no estocásticos como lo refieren en sus estudios Vanoli y cols. (37) Fernández y cols. (9) así mismo Cross cuando hace referencia a la posibilidad de desarrollar cáncer según la dosis y según el tejido comprometido(8). Además, según refieren en un estudio realizado por Mastrangelo y cols., la incidencia acumulada de cáncer para el periodo de 1976 a 2000 fue del 29% (9/31) en cirugía ortopédica, del 6% (8/125) en otros profesionales expuestos a radiaciones ionizantes, pero no en cirugía ortopédica, y del 4% (7/158) en trabajadores no expuestos. Además se mostró que los cirujanos ortopédicos tienen un riesgo aumentado de desarrollo de tumores ( $p < 0,002$ ). Recientemente, ha cobrado interés que, en las mujeres en el ejercicio de la cirugía ortopédica, existe un mayor riesgo de desarrollo de cáncer de mama respecto a la población general. De forma similar, los técnicos de radiodiagnóstico también tienen incidencias más elevadas de tumores (4, 10, 32,40).

Por otro lado, una de las posibles complicaciones al exponernos a las radiaciones ionizantes es el desarrollo de cataratas. Ya existe literatura con seguimiento a 20 años que indica el aumento de la incidencia de cataratas en técnicos de radiodiagnóstico, específicamente de tipo sub capsular (16,41-43).

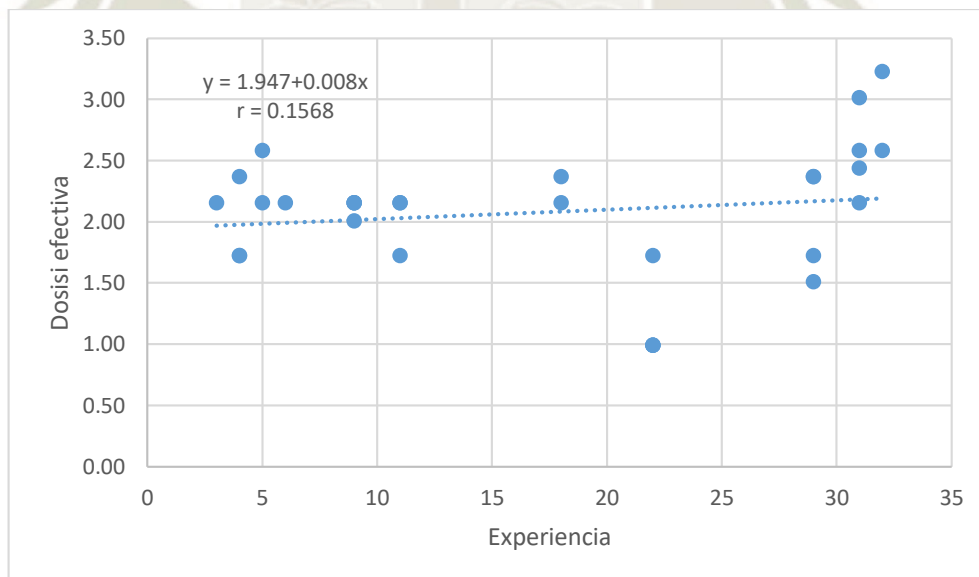
También podemos establecer un modelo predictivo usando el incremento de la Radiación por cada disparo en razón de 0,20 mSv., por disparo de esta manera sabríamos cuanto nos irradiaríamos con otras cirugías que no son parte de este estudio.

**TABLA N°. 8**

**RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y LOS AÑOS DE EXPERIENCIA EN LOS MEDICOS  
CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

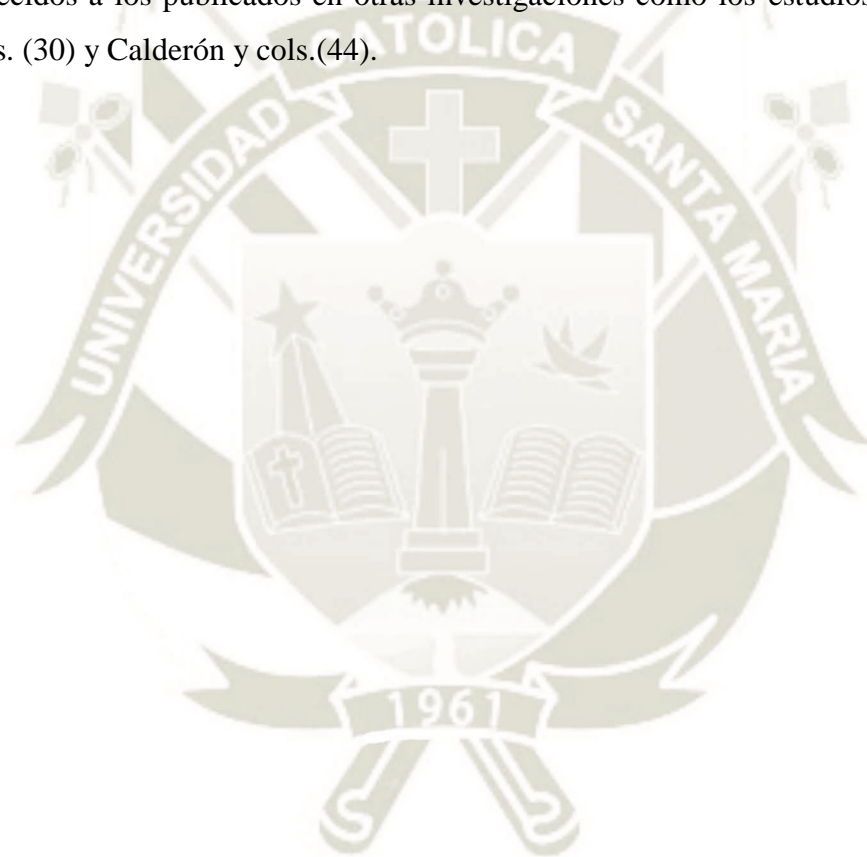
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	1,947	,186		10,444	,000
EXPERIENCIA AÑOS	,008	,009	,157	,840	,408

La tabla N°. 8, muestra la regresión lineal simple donde no se encontró relación estadística significativa entre la dosis efectiva y los años de experiencia en los médicos del servicio de traumatología. En cuanto a la correlación o fuerza de la relación se encontró que ambas variables tienen una correlación nula 0.1568.



*Figura 8* RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y LOS AÑOS DE EXPERIENCIA EN LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

Cuando se aplica el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar la relación entre la dosis efectiva recibida y los años de experiencia del cirujano principal involucrado en la cirugía, encontrándose que no existe una fuerza de relación entre ambas variables; la explicación sería, que al ser una cirugía con pasos previamente determinados y estandarizados en el servicio, por el conocimiento teórico de la técnica quirúrgica, por el entrenamiento y la capacitación en servicio entonces el cirujano con 3 años de experticia y el cirujano con 32 años de experticia realizan el procedimiento quirúrgico en aproximadamente los mismo periodos de tiempo. Estos resultados son parecidos a los publicados en otras investigaciones como los estudios de Sharma y cols. (30) y Calderón y cols.(44).

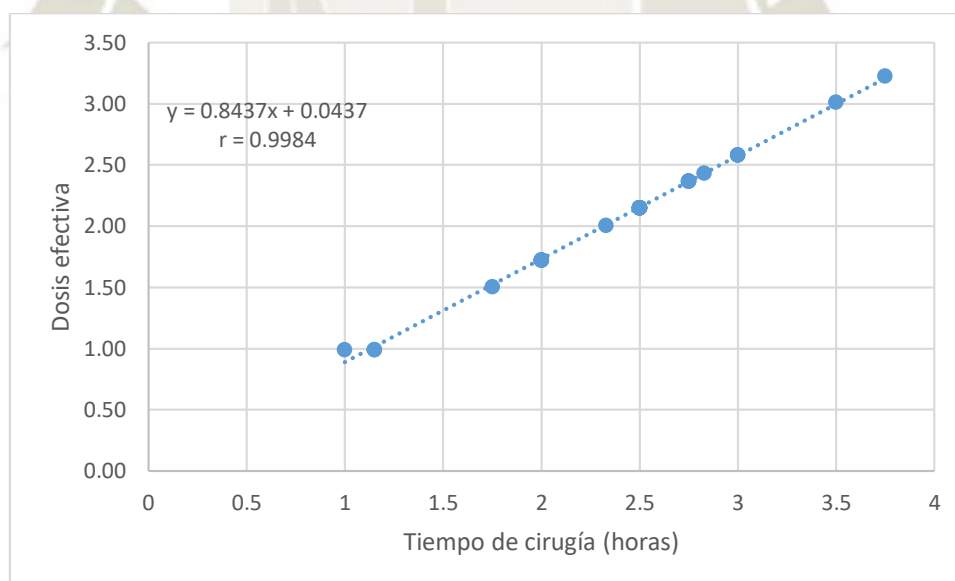


**TABLA N° 9**

**RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL TIEMPO DE CIRUGIA EN LOS MEDICOS  
CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	,044	,016		2,712	,011
TIEMPO CIRUGIA	,844	,006	,999	130,455	,000

La tabla N° 9, muestra la regresión lineal simple para la relación entre la dosis efectiva y el tiempo de cirugía en los médicos del servicio de traumatología. Asimismo se encontró que por cada hora de cirugía la dosis efectiva se incrementa en 0.844 mSv. En cuanto a la correlación o fuerza de la relación se encontró que ambas variables se correlacionan fuertemente con un coeficiente de  $r=0.9984$ .



*Figura 9* RELACION ENTRE LA DOSIS EFECTIVA Y EL TIEMPO DE CIRUGIA EN LOS MEDICOS CIRUJANOS DEL SERVICIO DE TRAUMATOLOGIA DE HOSPITAL Es SALUD

Finalmente se puede apreciar la fuerte relación que existe cuando se relaciona la dosis efectiva recibida y el tiempo de cirugía utilizada por los cirujanos, para realizar la cirugía de cadera, en donde se aprecia que por cada hora de cirugía, la radiación ionizante efectiva recibida por el cirujano se incrementa en 0.844 mSv.

Debemos aclarar que esta dosis efectiva, es recibida por el médico residente durante todos los días, por su programación en sala de operaciones y la formación en servicio que recibe. Los cirujanos principales tienen un rol de trabajo que disminuye la frecuencia de exposición a la irradiación ionizante.



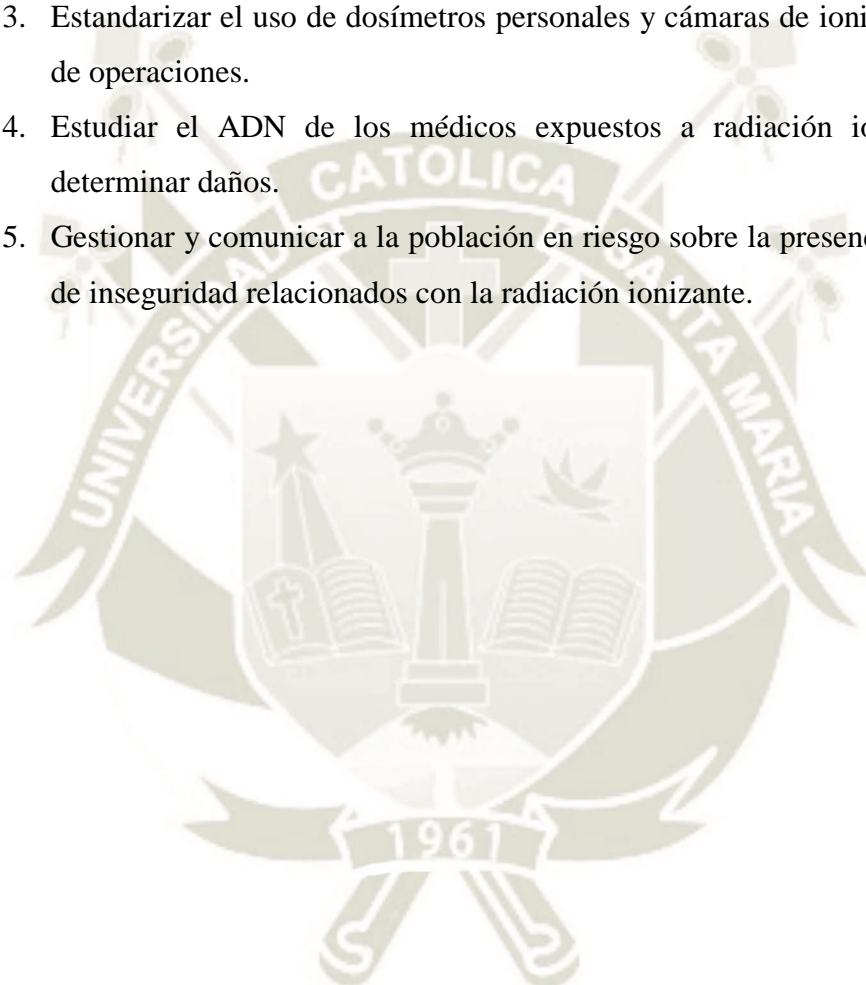


## A. CONCLUSIONES

- A. La dosis efectiva promedio de exposición en el tratamiento de fracturas de cadera de tipo 31A1, 31A2 y 31A3 según la Clasificación AO de Müller fue de 2.08 msv., existiendo una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), cuando se exponen a más de 20 disparos.
- B. El factor de riesgo que se ha determinado, en sala de operaciones de traumatología del hospital Base Carlos A. Seguin Escobedo es el tiempo de cirugía empleada para estabilizar las fracturas de cadera con el sistema DHS, el cual fue en promedio de 2.42 horas.
- C. La relación entre la dosis efectiva recibida por radiación ionizante y el tiempo de cirugía empleada en sala de operaciones presenta una relación altamente positiva, con un  $r=0.9984$ , lo que se traduce como un grave riesgo de enfermedad por radiación.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de radiación ionizante en sala de operaciones utilizando dosímetros a nivel del cuello, tórax y manos.
2. Realizar estudios en otros segmentos o regiones que requieran el uso de emisión de radiaciones ionizantes.
3. Estandarizar el uso de dosímetros personales y cámaras de ionización en sala de operaciones.
4. Estudiar el ADN de los médicos expuestos a radiación ionizante, para determinar daños.
5. Gestionar y comunicar a la población en riesgo sobre la presencia de factores de inseguridad relacionados con la radiación ionizante.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Todosobrelasbajaslaboralescom.[Internet]. [Citado 21 April 2019]. Disponible en:  
[http://www.todosobrelasbajaslaborales.com/datos/pdf/normativa/n004/guia\\_de\\_radiaciones\\_ionizantes\\_y\\_no\\_ionizantes.pdf](http://www.todosobrelasbajaslaborales.com/datos/pdf/normativa/n004/guia_de_radiaciones_ionizantes_y_no_ionizantes.pdf)
2. Docplayeres. Docplayeres. [Online]. [Citado 21 April 2019]. Disponible en:  
<https://docplayer.es/23449596-Luis-barber-castano-javier-marin-biedma.html>
3. Cascón Adriana. Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. Rev. Argent. cardiol. [Internet]. 2009 Abr [citado 2019 Abr 21]; 77(2): 123-128. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-37482009000200010&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-37482009000200010&lng=es)
4. Ordoñez A. Efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos. Universidad de Jaen; 2016. 46 p.
5. Wwwcsnes. Wwwcsnes. [Internet]. [Citado 21 April 2019].. Disponible en:  
<https://www.csn.es>
6. Tiburcio J, Chacaltana J, Mori F. Analisis Descriptivo de las radiaciones ionizantes en la ciudad de Tacna. Ciencia y desarrollo. 2010;37–40.
7. Smith-Bindman R. Radiation Dose Associated With Common Computed Tomography Examinations and the Associated Lifetime Attributable Risk of Cancer. Arch Intern Med [Internet]. 2009;169(22):2078. Disponible en :  
<http://archinte.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archinternmed.2009.427>
8. Cross TM, Smart RC, Thomson JE. Exposure to diagnostic ionizing radiation in sports medicine: assessing and monitoring the risk. Clin J Sport Med [Internet]. 2003;13(3):164–70. Disponible en :  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=12792211](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12792211)
9. Fernandez Valencia J, Rodriguez J, Rodriguez V, Vives M, Otench M, Sastre S, et al. La salud del equipo quirúrgico en cirugía ortopédica y traumatología. Revista española de cirugía articular. 2017;24:74–81.
10. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation

- exposure. *N Engl J Med.* 2007;357(22):2277–84.
11. Serrano M, Flores L. Tipos de radiación, aplicaciones, beneficios y riesgos. *Rev Actual Clínica* [Internet]. 2013;37. Disponible en: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v37/v37a03.pdf>
  12. Mendizábal Méndez AL. Radiación ionizante en tomografía computada: un tema de reflexión. *An Radiol México* [Internet]. 2012;11(2):90–7. Disponible en: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumenMain.cgi?IDARTICULO=34820>
  13. Flores M, Mayta J. Riesgos ocupacionales en el profesional de enfermería que labora en la unidad de cuidados intensivos de un Hospital Nacional de Lima. Lima: 2015. 28 p.
  14. Mscbsgobes. Mscbsgobes. [Internet]. [Citado d 21 April 2019]. Disponible en: <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/radiacio.pdf>
  15. Cherry R, Upton A, Lodde G, Porter S. Radiaciones ionizantes. In: *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.* 2010. 46 p.
  16. Pichardo J. Diseño por Monte Carlo de una sala alternativa para Radioterapia. Universidad Autónoma del estado de México; 2016. 54 p.
  17. Uaehedumx. Uaehedumx. [Internet]. [Citado 21 April 2019]. Disponible en: [http://intranet.uaeh.edu.mx/rectoria/plataforma/Direcciones de la UAEH/procedimientos/Coordinaciones/Docencia/Diseño, Revisión y Evaluación Curricular/Dise\\_rev\\_curricular.doc](http://intranet.uaeh.edu.mx/rectoria/plataforma/Direcciones de la UAEH/procedimientos/Coordinaciones/Docencia/Diseño, Revisión y Evaluación Curricular/Dise_rev_curricular.doc)
  18. Dagal A. Radiation safety for anesthesiologists. *Curr Opin Anaesthesiol* [Internet]. 2011;24(4):445–50. Disponible en <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001503-201108000-00015>
  19. Javerianaeduc. Javerianaeduc. [Internet]. [Accessed 21 April 2019]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/enfermeria/20092/DEFINITIVA/tesis21.pdf>
  20. Medlna S, Pedro R. Radiaciones ionizantes y efectos sobre la materia. *Rev Cienc e Ing neogranadina.* 2002;(12):31–9.
  21. Sepres. Sepres. [Internet]. [Citado 21 April 2019]. Disponible en:

- <https://www.sepr.es/.../109-guia-ideas-version-2-para-la-estimacion-de-la-dosis-compr...>
22. Okuno, Emico. (2013). Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados*, [Internet].2013. [Citado 2019 Abr. 21]. 27(77), 185-200.Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>
  23. Irennortegobpe. Irennortegobpe. [Internet]. [Citado 21 April2019].Disponible en :  
[http://www.irennorte.gob.pe/pdf/normatividad/documentos\\_normativos/IREN/MANUALES/2016\\_RD\\_062\\_MANUAL\\_DE\\_PROTECCION\\_RADIOLOGICA.pdf](http://www.irennorte.gob.pe/pdf/normatividad/documentos_normativos/IREN/MANUALES/2016_RD_062_MANUAL_DE_PROTECCION_RADIOLOGICA.pdf):  
<https://www.sepr.es/.../109-guia-ideas-version-2-para-la-estimacion-de-la-dosis-compr...>
  24. Inshtes. Inshtes. [Online]. [Citado 21 April 2019] Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NT/P/Ficheros/601a700/ntp\\_614.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NT/P/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf) [Accessed 21 April 2019].
  25. Docplayeres. Docplayeres. [Internet]. [Citado 21 April 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/74794678-Revista-de-actualizacion-clinica-volumen.html>
  26. Vizcardo Lama C, Espinoza Zevallos M. Accidentes Radiológicos en el Perú: 1977 -1988. Ipen. 1999;9.
  27. Ortega Aramburu X, Jorba Bisbal J. Radiaciones ionizantes II. 2000;327–36.
  28. Iloorg. Iloorg. [Internet]. [Citado 21 April 2019]. Disponible en: <https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/SERIAL/64487/56082/.../PER64487.pdf>
  29. Kellan J, Meinberg E. Fracture and dislocation classification compendium 2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32.
  30. Sharma Anmol, Sethi Anisha, Sharma Shardaindu. Tratamiento de fracturas intertrocantéricas estáveis do fêmur com haste femoral proximal versus parafuso dinâmico de quadril: um estudo comparativo. *Rev. bras. ortop*. [Internet]. 2018 Ago [citado 2019 Abr 21] ; 53( 4 ): 477-481. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-36162018000400477&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-36162018000400477&lng=pt). <http://dx.doi.org/10.1016/j.rboe.2017.07.008>.
  31. Alfonso H, García E. El tratamiento actual de las fracturas pertroantéricas. 2012;(2520):165–70.

32. Vivas M, Herrera H, Guyot JP, Araujo GS, Russo B Dello, Castellini J. Informe sobre la radio-exposición en el personal quirúrgico de Ortopedia y Traumatología. Principios , marco legal y análisis situacional en la Argentina. Rev. Asoc Argent Ortop Traumatol 2018;83(3):210–3.
33. Bagur A, Rovai G, Giovanelli JL, Díaz M, Jacobo J, Nieva A, et al. Incidencia de fracturas de cadera en Corrientes, Bariloche y Comodoro Rivadavia . Actual. Osteol. 2009;5(2):81–7.
34. Domínguez L, Villaseñor S. Asociación para el estudio de la osteosíntesis en el hospital general de León durante un año. Acta medica Grup ángeles. 2017;15(4):275–86.
35. Quevedo-Tejero Elsy del Carmen, Zavala-González Marco Antonio, Hernández-Gamas Arianna del Carmen, Hernández-Ortega Hilda María. Fractura de cadera en adultos mayores: prevalencia y costos en dos hospitales. Tabasco, México, 2009. Rev. perú. med. exp. salud publica [Internet]. 2011 Jul [citado 2019 Abr 21] ; 28( 3 ): 440-445. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342011000300006&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342011000300006&lng=es).
36. Fernandez-Garcia M.,Martinez, J.,Olmos, JM.,Gonzales\_Masias,J., Hernandez JL., Revisión de la incidencia de la fractura de cadera en España. ;Rev Osteoporos Metab Miner .2015 7;4:115-120.
37. Vanoli F, Gentile L, Iglesias SL, Centeno EL, Diaz MP, Nores CAA. Surgeon ' s radiation exposure in the internal fixation of distal radius fractures. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol 2017; 82 (4): 271-277
38. Baumgartner R, Libuit K, Ren D, Bakr O, Singh N, Kandemir U, et al. Reduction of Radiation Exposure From C-Arm Fluoroscopy During Orthopaedic Trauma Operations With Introduction of Real-Time Dosimetry. J Orthop Trauma. 2016;30(2):E53–8.
39. Nejaim Y, Vasconcelos KDF, Roque-torres GD, Haiter-neto F. Racionalización de la dosis de radiación. Rev Estomatol Herediana. 2015 Jul-Set;25(3):238-45
40. Salas J. El nivel de exposicion a radiaciones ionizantes en la prevalencia de cancer tiroideo del personal del serviciion de rayos X y de sus areas adyacentes del IESS Hospital General Ambato. Universidad Tecnica de Ambato; 2016. 259

- p.
41. Salguero E. Reglamento de seguridad para la protección radiológica a personal laboralmente expuesto incluido los pacientes en la unidad de atención odontológica de la Universidad Regional Autónoma de los Andes “UNIANDES.” Universidad Autónoma de los Andes; 2016.152 p.
  42. Cheriachan D, Hughes AM, du Moulin WSM, Williams C, Molnar R. Ionizing Radiation Doses Detected at the Eye Level of the Primary Surgeon During Orthopaedic Procedures. *J Orthop Trauma*. 2016;30(7):e230-5.
  43. Henao-Solarte María Camila, Arango-Guerra Pablo, Gómez-Maya Santiago, Vásquez-Trespacios Elsa María. Cataratas y exposición a radiación ionizante en personal de cardiología intervencionista. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab* [Internet]. 2017 [citado 2019 Abr 21] ; 26( 4 ): 275-283. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1132-62552017000400275&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552017000400275&lng=es).
  44. Calderón A, Ramos T, Vilchez F, Peña V. Comparación del clavo intramedular femoral proximal (PFN) versus placa DHS para el tratamiento de fracturas intertrocanterías. *Análisis prospectivo*. *Acta Ortop Mex* 2013; 27(4): Jul.-Ago: 236-239.

ANEXOS

Anexo N° 1: Ficha de recolección de Datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. Nivel de exposición quirófano: \_\_\_\_\_ mSv Nivel de exposición equipo quirúrgico \_\_\_\_\_ mSv
2. Tipo de cirugía: Osteosíntesis de cadera 31-A1  Osteosíntesis de cadera 31-A2   
Osteosíntesis de cadera 31-A3  Otras -----
3. Equipo utilizado: Arco en C  Equipo portátil  Otros -----
4. Número de disparos: \_\_\_\_\_

Observaciones

.....

.....

.....





**Anexo N° 3: Dictamen comité de ética de investigación UCSM**



**COMITÉ DE ÉTICA INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN UCSM**

**DICTAMEN COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACION  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**

Arequipa, 22 abril 2019

Señor investigador

Percy Alberto Montesinos Valencia

Presente. -

De mi especial consideración.

Me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y hacerle llegar el resultado de la evaluación de su proyecto de tesis y dictamen del Comité Institucional de Ética de Investigación.

**TÍTULO:**

“Dosis efectiva y su relación con factores de riesgo a radiación ionizante en sala de operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Segúin Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2017”

**A. DISEÑO:**

En cuanto al diseño, se trata de un estudio un estudio observacional, prospectivo, longitudinal.

**B. OBJETIVO:**



## COMITÉ DE ÉTICA INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN UCSM

### **DICTAMEN COMITÉ DE ETICA DE INVESTIGACION UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**

El estudio tiene como objetivo general: Establecer la dosis efectiva de radiación ionizante y su relación con factores de riesgo en Sala de Operaciones de traumatología del Hospital Base Carlos A. Según Escobedo, EsSalud, Arequipa, 2017

#### **C. SUJETOS DE ESTUDIO:**

Médicos traumatólogos que realizan procedimientos expuestos a radiación ionizante en sala de operaciones de traumatología del HBCASE, EsSalud

#### **D. TÉCNICAS DE ESTUDIO, PROCEDIMIENTOS:**

Se aplicará la técnica de observación de campo con la evaluación exposición a radiación en las salas de operaciones durante cada cirugía, a través de un dosímetro en la sala de operaciones.

#### **E. PROTECCIÓN DE LOS SUJETOS DE ESTUDIO:**

Se asegura la confidencialidad

#### **F. PROCEDIMIENTOS:**

Los procedimientos no representan riesgos para los participantes:



## COMITÉ DE ÉTICA INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN UCSM

### DICTAMEN COMITÉ DE ETICA DE INVESTIGACION UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

#### G. RIESGO DEL ESTUDIO:

Mínimo

#### H. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

El investigador debe asegurar la confidencialidad de los datos, debe además asegurar que los resultados generales sean difundidos a la gerencia y a los trabajadores de sala de cirugía, para la toma de decisiones que velen por la seguridad y salud de los médicos y todo personal de salud con exposición a radiación ionizante en sala de operaciones de traumatología.

#### I. DICTAMEN: Favorable

*DICTAMEN 108 – 2019*



Comité Institucional de Ética de la  
Investigación UCSM

Cualquier duda comunicarse a: [comiteeticainvestigacionucsm@gmail.com](mailto:comiteeticainvestigacionucsm@gmail.com)

Anexo N° 4: Matriz de datos

MATRIZ

1	31A3	2,75	18,0	25,0	Medio	2,36
2	31A2	2,50	11,0	48,0	Medio	2,15
3	31A1	2,83	31,0	50,0	Medio	2,43
4	31A2	2,50	6,0	49,0	Medio	2,15
5	31A2	2,75	29,0	25,0	Medio	2,36
6	31A1	2,50	9,0	31,0	Medio	2,15
7	31A2	2,50	3,0	25,0	Medio	2,15
8	31A2	2,50	18,0	12,0	Bajo	2,15
9	31A2	1,15	22,0	10,0	Bajo	,99
10	31A2	2,75	29,0	25,0	Medio	2,36
11	31A1	3,00	31,0	31,0	Bajo	2,58
12	31A1	2,33	9,0	39,0	Bajo	2,00
13	31A1	1,15	22,0	20,0	Bajo	,99
14	31A2	2,00	4,0	12,0	Bajo	1,72
15	31A2	1,75	29,0	9,0	Bajo	1,51
16	31A1	3,00	5,0	35,0	Medio	2,58
17	31A1	2,75	4,0	48,0	Medio	2,36
18	31A1	1,00	22,0	16,0	Bajo	,99
19	31A2	2,00	4,0	12,0	Bajo	1,72
20	31A1	2,00	22,0	34,0	Medio	1,72
21	31A1	2,50	5,0	40,0	Medio	2,15
22	31A2	3,75	32,0	36,0	Medio	3,23
23	31A1	2,50	11,0	36,0	Medio	2,15
24	31A1	2,00	29,0	22,0	Medio	1,72
25	31A1	2,50	31,0	26,0	Medio	2,15
26	31A1	2,00	11,0	40,0	Medio	1,72
27	31A1	3,50	31,0	27,0	Medio	3,01
28	31A1	3,00	32,0	30,0	Medio	2,58
29	31A2	2,50	9,0	16,0	Bajo	2,15
30	31A2	2,50	9,0	36,0	Medio	2,15

Anexo N° 5: Proceso estadístico

TRATAMIENTOS

OPERACIÓN

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	31A1	16	53,3	53,3	53,3
	31A2	13	43,3	43,3	96,7
	31A3	1	3,3	3,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TIEMPO CIRUGIA	30	1,00	3,75	2,4153	,62125
N válido (por lista)	30				

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
EXPERIENCIA AÑOS	30	3,0	32,0	17,600	10,7914
N válido (por lista)	30				

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
NRO DE DISPAROS	30	9,0	50,0	28,833	12,1686
N válido (por lista)	30				

**Estadísticos descriptivos**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
DOSIS EFECTIVA	30	,99	3,23	2,0815	,52458
N válido (por lista)	30				

**Informe**

DOSIS EFECTIVA

Nivel	Media	N	Desviación estándar
Bajo	1,6796	10	,56005
Medio	2,2824	20	,37936
Total	2,0815	30	,52458

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
DOSIS EFECTIVA	Se asumen varianzas iguales	2,803	,105	-3,494	28	,002	-,60286	,17254	-,95630	-,24942
	No se asumen varianzas iguales			-3,070	13,272	,009	-,60286	,19637	-1,02621	-,17951

RELACION

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	,044	,016		2,712	,011
	TIEMPO CIRUGIA	,844	,006	,999	130,455	,000

a. Variable dependiente: DOSIS EFECTIVA

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,999 <sup>a</sup>	,998	,998	,02164

a. Predictores: (Constante), TIEMPO CIRUGIA

**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	1,947	,186		10,444	,000
	EXPERIENCIA AÑOS	,008	,009	,157	,840	,408

a. Variable dependiente: DOSIS EFECTIVA

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,157 <sup>a</sup>	,025	-,010	,52727

a. Predictores: (Constante), EXPERIENCIA AÑOS



**Coefficientes<sup>a</sup>**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	1,500	,225		6,673	,000
	NRO DE DISPAROS	,020	,007	,468	2,800	,009

a. Variable dependiente: DOSIS EFECTIVA

**Resumen del modelo**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,468 <sup>a</sup>	,219	,191	,47186

a. Predictores: (Constante), NRO DE DISPAROS

