



FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**“ÍNDICE DE EXPOSICIÓN EN RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX - INSTITUCIÓN
PRIVADA DE SALUD EN LIMA; 2019”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SALUD PÚBLICA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA**

AUTOR

GIRALDO LUJAN CAMILA ROSMERY

ASESOR

BOBADILLA MINAYA DAVID ELÍAS

JURADOS

CHECA CHAVEZ ELENA ERNESTINA

VILLENA JAUREGUI FREDY WILSON

SARANGO JULCA BETTY

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres, Edwin Giraldo y Rosario Lujan. Por siempre estar para mí, cuando necesitaba ordenar mis ideas y por los buenos consejos. A mis profesores, gracias por su tiempo y su apoyo, así por su conocimiento brindado en el desarrollo de mi formación profesional.

A Roxy, Melissa y Rodrigo Giraldo por su constante apoyo moral.

AGRADECIMIENTOS

Mi sinceridad gratitud con todas las personas que me ayudaron en el desarrollo de la presente investigación, y el apoyo para culminar la tesis.

Gracias a la Dra. Efigenia Seminario Atoche, al Mg. David Elías Bobadilla Minaya y al Mg. Walter Meza Salas, por el constante apoyo en la investigación, asesoría y estadística. Gracias a mi familia y compañeros de profesión, por ser una gran fuente motivacional y por las opiniones objetivas que me dieron.

Y a mi alma máter, la facultad de Tecnología Médica en la especialidad de Radiología la Universidad Nacional Federico Villareal por los años de mi formación profesional.

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| I:INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 1.1.Descripción y formulación del problema | 10 |
| 1.2.Antecedentes | 12 |
| 1.3.Objetivos | 19 |
| 1.4.Justificación..... | 19 |
| 1.5.Hipótesis..... | 21 |
| II:MARCO TEÓRICO..... | 22 |
| 2.1.Bases teóricas sobre el tema de investigación:..... | 22 |
| 2.1.1Definición de términos..... | 35 |
| III:MÉTODO | 37 |
| 3.1.Tipo de investigación | 37 |
| 3.2.Ámbito temporal y espacial..... | 37 |
| 3.3.Variables..... | 38 |
| 3.4.Población y muestra | 39 |
| 3.5.Instrumento..... | 41 |
| 3.6.Procedimiento..... | 41 |
| 3.7.Análisis de datos..... | 42 |
| IV:RESULTADOS | 43 |
| V:DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 57 |
| VI:CONCLUSIONES..... | 63 |
| VII:RECOMENDACIONES | 65 |
| VIII:REFERENCIAS..... | 67 |
| IX:ANEXOS..... | 71 |

LISTA DE TABLAS

| | | Pág. |
|----------|--|------|
| Tabla 1 | Medidas de tendencia central, dispersión de edad, factores de exposición, índice de exposición, desviación y exposición al blanco. | 43 |
| Tabla 2 | Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según sexo. | 47 |
| Tabla 3 | Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según grupo etario. | 48 |
| Tabla 4 | Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según Kilovoltaje. | 49 |
| Tabla 5 | Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según Milampersegundo. | 50 |
| Tabla 6 | Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según proyección. | 51 |
| Tabla 7 | Evaluación del Índice de Exposición según rangos establecidos por el IEC y AAPM. | 52 |
| Tabla 8 | Evaluación del Índice de Exposición a partir de rangos establecidos por el IEC y AAPM, según sexo. | 53 |
| Tabla 9 | Evaluación del Índice de Exposición a partir de rangos establecidos por el IEC y AAPM, según grupo etario. | 55 |
| Tabla 10 | Evaluación del Índice de Exposición a partir de rangos establecidos por el IEC y AAPM, según proyección radiológica. | 56 |
| Tabla 11 | Evaluación del Índice de Exposición según rangos establecidos por el IEC, AAPM y especificaciones del fabricante del equipo. | 72 |

LISTA DE FIGURAS

| | | Pág. |
|----------|--------------------|------|
| Figura 1 | Grupo Etario | 45 |
| Figura 2 | Sexo de la Muestra | 46 |

RESUMEN

OBJETIVO: Identificar el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019. **METODOLOGÍA:** Estudio de tipo descriptivo retrospectivo de corte transversal, diseño no experimental y enfoque cuantitativo. La muestra fue de 2387 imágenes radiográficas de tórax y el instrumento empleado fue la ficha de recolección de datos a partir de datos DICOM del sistema de radiología digital del servicio.

RESULTADOS: Según la muestra se obtuvo como resultado que la media del Índice de Exposición fue 275.17 +/- 60.94, el valor mín.79 y el máx. 583. Se categorizó la variable edad en niños, adolescentes, adultos jóvenes, adultos y adultos mayores, siendo los adultos jóvenes y adultos los que más se acercaron al rango establecido del Índice de Exposición al Blanco (331.41 +/- 30.92), aunque no se mostró una variación significativa en las categorías asignadas. Así mismo según sexo del paciente también continuó sin alejarse del rango, siendo el sexo masculino 57.2%, el que se acercó más al valor asignado como adecuado. En relación a los factores de exposición kV y mAs se obtuvo como resultado que la relación es directamente proporcional para ambos con respecto al IE. Por último, la proyección de tórax lateral evidencia una ligera subexposición con respecto a las demás proyecciones. **CONCLUSIONES:** La media del ÍE de las radiografías digitales de tórax con respecto al rango establecido de IEB es adecuada, por ende, no representa una sobreexposición ni subexposición a los detectores de imagen.

PALABRAS CLAVE: Índice de Exposición, Índice de Exposición al Blanco, Índice de Desviación, Radiografía Digital.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To identify the exposure index in chest radiographs of patients from a private health institution in Lima during the year 2019. **METHODOLOGY:** Retrospective descriptive cross-sectional study, non-experimental design and quantitative approach. The sample was 2387 chest radiographic images and the instrument used was the data collection card from DICOM data from the service's digital radiology system. **RESULTS:** According to the sample, it was obtained as a result that the average of the Exposure Index was 275.17 ± 60.94 , the min. value of 79 and the max. 583. The age variable was categorized into children, adolescents, young adults, adults and senior adults, with young adults and adults being the closest to the established range of the Target Exposure Index (331.41 ± 30.92), although not significant variation was shown in the assigned categories. Likewise, according to the sex of the patient, we continued without departing from the range, with the male sex being 57.2%, the one that came closest to the value assigned as adequate. Regarding the exposure factors kV and mAs, it was obtained as a result that the relationship is directly proportional for both with respect to the IE. Finally, the lateral chest view shows a slight underexposure with respect to the other views. **CONCLUSIONS:** The mean IE of digital chest radiographs with respect to the established range of IEB is adequate, therefore, it does not represent overexposure or underexposure to image detectors.

KEYWORDS: Exposure Index, Target Exposure Index, Deviation Index, Digital Radiography.

I: INTRODUCCIÓN

La radiología digital ha demostrado una evolución muy rápida, yendo de sistemas convencionales, a sistemas digitales: Radiología Computarizada (CR) y Radiología Digital (DR), en muy poco tiempo, y nuestro deber como tecnólogos médicos en radiología es capacitarnos continuamente para utilizar las diversas herramientas que nos ofrecen las nuevas tecnologías que se presenten. (Sociedad Española de Física Médica, 2013). En el sistema de diagnóstico por imágenes digitales, el aumento del rango dinámico dificulta reconocer las sub o sobreexposiciones, es recomendable tener protocolos, recomendaciones y programas de garantía de calidad (Comisión Internacional de Protección Radiológica, 2014). La presente investigación está orientada a que el parámetro Índice de Exposición dado por la Comisión Electrotécnica Internacional en su normativa, IEC62494-1 en conjunto con la Asociación Americana de Físicos en Medicina, logren ser implementado como una herramienta de apoyo en el control de la calidad en las exposiciones e imágenes, en los servicios de radiología que empleen sistemas digitales, y que sirva a los tecnólogos médicos como apoyo en su desempeño laboral. La investigación se realizó por el interés de conocer los valores de los Índices de Exposición en imágenes digitales, ya sean adecuados, superiores (sobreexposición) e inferiores (subexposición) respecto al rango establecido por los fabricantes de los equipos que cumplen con los criterios de evaluación dados por la Comisión Electrotécnica Internacional, de todos los exámenes que se realizaron en el 2019, en el servicio de radiología de una institución privada de salud en Lima, se seleccionan los valores de los Índices de Exposición de radiografías de tórax en proyección frontal y lateral, según las características demográficas básicas y los factores utilizados para la adquisición de las radiografías.

1.1. Descripción y formulación del problema

Descripción del problema

El uso de rayos X se ha incrementado al paso de los años, debido al uso práctico y sencillo de la radiación ionizante, así como la rapidez del diagnóstico al poder visualizar una imagen de manera inmediata. La implementación de las radiaciones en la medicina significa una mayor causa de exposición a las radiaciones de origen artificial. Según datos brindados por el UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) para el año 2008, el promedio por año en la práctica médica con radiación ionizante evidencia un alza, unos 3.600 millones versus los 2.400 millones que se percibían para el año 1996. Gran parte de ellos son pruebas diagnósticas con rayos X (de estos, 3.143 millones competen a pruebas de diagnóstico con rayos X, 480 millones de procedencia a radiología dental), y unos 5,1 millones a tratamiento con radioterapia. (Tavera et al., 2017). Durante estos últimos años, los servicios de diagnóstico por imágenes se han visto envueltos en la transformación hacia la radiología digital, posibilitando la adquisición de imágenes en este formato (Buscá, Vigil & Medina, 2010).

Este avance tecnológico ha supuesto que se reemplace en gran mayoría a los equipos de radiología convencional, actualmente los sistemas de radiología digital requieren que se tome medidas exhaustivas en los factores de exposición utilizados por parte de los tecnólogos médicos en la toma de imágenes radiográficas, porque al tener un amplio rango dinámico se dificulta tener conocimiento de la exposición realizada al detector en comparación a los sistemas película/pantalla en radiología convencional que se valen de su densidad óptica, que es equivalente al grado de ennegrecimiento de la película, siendo esta referente de sub o sobre exposición en imágenes convencionales, los sistemas digitales requieren entonces formas para

verificar una adecuada calidad de imagen sin superar límites de exposición que no representan beneficio alguno para el diagnóstico (Comisión Internacional de Protección Radiológica, 2014). Es importante mencionar que los sistemas de radiología posibilitan al tecnólogo médico ciertos parámetros dosimétricos que se conocen como indicadores de exposición, encontrándose ligados al grado de exposición que reciben los sistemas de detección. A partir del cual se puede llegar a percibir tener márgenes para una técnica radiográfica optimizada, esto resulta en la obtención de una adecuada calidad diagnóstica, siguiendo los valores asignados del fabricante. Los IE pueden convertirse en gran ayuda en el control de calidad de los sistemas de detección de imagen, así como para evaluar la estabilidad del sistema (detección de anomalías en el funcionamiento), recalcar que no son indicativos de la dosis recibida por el paciente, aunque pueden vincularse con esta en determinadas condiciones. (Buscá et al., 2011).

Estos indicadores por ningún motivo exhiben que dosis reciben los pacientes, solo señalan los valores indicativos en cada exploración que consisten en la dosis de ingreso o entrada al sistema detector de imágenes de los equipos. Estudios como el realizado por Mothiram y Cols en el año 2013 consideran que, para el mejoramiento del control de calidad de las imágenes radiográficas y la reducción de dosis al paciente, es de utilidad los índices de exposición de los sistemas digitales, considerando las especificaciones de los fabricantes en cuanto a los rangos de índices de exposición al blanco, y las diversas condiciones que pueden afectar a los Índices de Exposición (Mothiram, 2013).

En la presente investigación, se buscó evaluar los valores del índice de exposición y sus parámetros alternos (índice de desviación e índice de exposición al blanco) en una Institución Privada de Salud, esto para tener conocimiento del funcionamiento y el uso de esta herramienta en un servicio de radiología que cuenta con un sistema digital de radiografía DR (flat panel)

Agfa DX-D300, que cumple con todas las condiciones requeridas dadas por la Comisión Electrotécnica Internacional y con el software de análisis estadístico habilitado en la recolección de los parámetros ya mencionados, con el estudio se determinó los valores del Índice de Exposición obtenidos en las radiografías de tórax en proyecciones frontal y lateral, que son los exámenes más solicitados por excelencia en el servicio. A la vez se dió a conocer los valores del Índice de Exposición según las variables secundarias como el grupo etario, sexo y técnica radiológica (kilovoltaje y miliamperaje).

Por lo tanto, se formulan los siguientes problemas o preguntas de investigación:

Problema General:

- ¿Cuánto es el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019?

Problemas Específicos:

- ¿Cuánto es el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según características demográficas básicas?
- ¿Cuánto es el índice de exposición según los factores utilizados para la adquisición de radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019?
- ¿Cuánto es el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según proyección utilizada?

1.2. Antecedentes

Cohen, Cooper, Apgar y Piersall (2010) en su estudio descriptivo de corte transversal denominado **“Quality Assurance: using the exposure index and the deviation index to monitor radiation exposure for portable chest radiographs in neonates”**, donde se evaluó

1884 imágenes de tórax anteroposterior (AP) de los pacientes de la unidad de neonatología del Riley Children's Hospital en Indiana, EE.UU. Para ello se utilizó el equipo GE AMX-4 portable x ray unit (GE Healthcare) y un procesador Agfa Healthcare's DXS CR system junto a un software de monitoreo. La data fue recolectada para el análisis estadístico, con ello se aplicó y evaluó el nuevo estándar internacional desarrollado por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM), con el propósito de monitorear y controlar los valores del Índice de Exposición (IE) y del Índice de Desviación (ID) a lo largo del periodo de 3 meses entre octubre-diciembre del 2009. Se propuso un Índice de Exposición Blanco (IEB) considerando la media de los valores entre los 50 primeros pacientes y con un fantoma Gammex Neonatal Chest Phantom se determinó la estabilidad del IE a lo largo de la prueba. Los resultados obtenidos revelaron que la media de los valores del IE en relación al rango de IEB propuesto se mantuvo relativamente estable, dándose en la última semana (semana 13), un leve incremento de menos del 10% no siendo estadísticamente significativo. El 93% de las exposiciones correspondieron al doble y a la mitad del índice de exposición al blanco propuesto, con un cambio porcentual de +100% y -50% en relación a este, esto equivale a un índice de desviación entre +3 y -3 respectivamente. El 7% restante tomó lugar a valores de índice de exposición que son mayores o menores a la relación +3 y -3, 2% de ellos corresponde a exposiciones menores a -3 y 5% a exposiciones mayores a +3 (o más que el doble relacionado al índice de exposición al blanco). La conclusión que se llegó fue entender las ventajas y limitaciones del IE y del ID en la práctica médica diaria y las recomendaciones sobre su utilidad, además conocer variaciones producidas en estos a través del sistema de análisis, pudiendo lograr un rastreo del problema que puede estar causando el incremento de los valores.

Mothiram, Brennan, Robinson, Lewis y Moran (2013) en su investigación descriptiva y retrospectiva denominada **“Retrospective evaluation of exposure index (EI) values from plain radiographs reveals important considerations for quality improvement”**, se evaluó durante 35 días de octubre a noviembre del 2010, unas 5000 radiografías digitales de un hospital en Irlanda, con los datos del Índice de Exposición (IE) adquiridos de tres exámenes de rutina y sus respectivas proyecciones, estos fueron tórax (n=4352), abdomen (n=404) y pelvis (n=244). Con el propósito de identificar si los datos de IE recolectados cumplían con los rangos de IE establecidos por los fabricantes de dos equipos DR y uno CR (Siemens Medical VX and MX Axiom Aristos DR, Philips DR DigitalDiagnost System version 1.4 y Carestream Health Direct View CR500 respectivamente). También se examinó y comparó los IE registrados con las variables: género del paciente, fecha de la examinación, uso de grilla antidifusora, y la presencia de prótesis o implantes. De todas las exploraciones analizadas el 28% mostraban valores de IE por encima del rango y 4% por debajo de los IE propuestos por los fabricantes (MREI). En la proyección posteroanterior (PA) de tórax para Siemens DR con un N= 2453 datos de IE recolectados, dio una sobreexposición del 1% y un subexposición del 6%, la del sistema Philips DR N=213 un 1% de subexposición, contra un 0% en sobreexposición y la del Carestream Health CR en condición móvil N=1261, mostró una sobreexposición de 79% y una subexposición de 3%, y para la toma en la misma sala N=273, se dio un 72% en sobreexposición y un 4% en subexposición. Siemens DR en proyección lateral de tórax, N=107 mostró 13% en sobreexposición y 1% en subexposición y el equipo Philips DR con N=15, no mostró una caída fuera del rango. Se presentó variaciones en la variable género del paciente, siendo en Siemens DR en la proyección lateral de tórax para mujeres un 29% de sobreexposición a diferencia de los varones que presentaron un 2%, en subexposición un 2% para varones y 0% a mujeres y en

proyección PA, 8% en subexposición para varones y 3% para mujeres, con 1% de sobreexposición para ambos. Para Philips DR en ambas proyecciones de tórax PA y lateral no hay variaciones. Para Carestream Health CR se presentó una sobreexposición de 77% en las radiografías de tórax en mujeres tomadas donde se encontraba el equipo y para varones un 66%. En lo que respecta a las radiografías tomadas en condición móvil, 81% mostró sobreexposición para mujeres y 78% a varones, véase a la subexposición en 3% para ambos casos. En conclusión, el presente estudio nos demostró que los valores de IE en ciertas unidades exploradas no llegaron a coincidir significativamente, con los rangos de valores dados por los fabricantes.

Scott, Zhou, Allahverdian, Nute y Lee en 2016 desarrollaron un estudio experimental factorial, **“Evaluation of digital radiography practice using exposure index tracking”**, del cual se recolectó datos estadísticos del Índice de Exposición (IE) y se comparó con rangos propuestos por los investigadores. Dos equipos digitales Carestream de cada modelo: DR Retrofit en adición con GE Advantx y DRX Evolution Integrated fueron utilizados, equipados con detectores DRX 1-C de cristales de ioduro de cesio. Se separó en dos departamentos A y B, siendo los Integrated A1 y B1, mientras que los Retrofit A2 y B2. Todas las unidades fueron evaluadas mensualmente, con su recolección de datos de IE respectiva, 1400 ± 300 fue el rango de referencia propuesto. Se recalibró el CAE (phototimers) para mantener la consistencia de los niveles del IE requeridos en cada protocolo de exploración (parte del cuerpo). Para la unidad A1 (2015), abdomen, tórax, rodilla y muñeca representó el 50% de los exámenes, ninguno de ellos mostró valores fuera del rango de IE requerido. Entre 2014-2015, un 80 a 85% de todas las imágenes aceptadas Integrated (A1 y B1) no presentaron IE fuera del rango establecido. Las dos unidades Retrofit A2 y B2 que no mostraron alteraciones en sus porcentajes de IE con

respecto al rango definido, pre y post calibración de 38% en la pre-calibración a 41% en la post-calibración para la unidad A2, y para la B2, 53% vs. 68%. Para la unidad A2, 6 meses después de la recalibración, 3 de 5 protocolos (tórax, abdomen, rodilla, columna lumbar, cadera) no cumplieron con el rango establecido de IE. Este problema fue utilizado para desarrollar una mejora en la calidad y aplicar el proyecto de control de calidad (QC) junto con la ayuda del tecnólogo médico del departamento, este preparó reportes mensuales de los IE por cada protocolo y por cada unidad. Los valores de IE disminuyeron de 1668 en marzo a 1530 en abril y 1456 en junio del 2015, que equivalió a una reducción de casi 40 % en exposición. Para agosto la unidad A2 y B2 equipararon sus exposiciones con la reducción de dosis de exposición institucional requerida.

Lewis, Pieterse y Lawrence (2018), “**Retrospective evaluation of exposure indicators: a pilot study of exposure technique in digital radiography**”, realizaron un estudio cuantitativo descriptivo y retrospectivo en el cual un total de 1442 valores de Índices de Exposición (IE) fueron recolectados utilizando el muestreo de cuotas y comparándolos con los estándares recomendados por los fabricantes o los llamados índices de exposición al blanco (IEB), nueve departamentos imagenológicos fueron escogidos aleatoriamente en Gauteng, Sudáfrica. De la muestra fueron excluidos pacientes menores de 18 años, se incluyeron 10 imágenes de extremidades superiores e inferiores, tórax, abdomen, columna, cráneo y huesos faciales. Pearson Chi cuadrado test fue utilizado para determinar cualquier significancia entre el IE y los factores que lo afectan. El género del paciente, las horas en las que se realizó la toma radiográfica no tuvieron influencia significativa en los datos de IE recibidos, mientras hubo correlación significativa entre la examinación hecha, la proyección, la presencia de prótesis en el paciente, la colimación y el uso de grilla antidifusora. Finalmente, el 50% de los valores

evaluados de IE cumplieron con el IEB dado por los fabricantes, mientras el 27% correspondieron a factores por encima de IEB por lo tanto a una sobreexposición y el 23% restante indicaron una subexposición. Con la recolección de los datos de IE se concluyó que los fabricantes en Sudáfrica no se acoplaron al estándar IEC 62494-1, como forma de lectura de la exposición, solo un departamento cumplía con el estándar propuesto por el IEC. Proponen que tendría que darse una legislación para que los fabricantes provean a los servicios de imagenología que trabajan con equipos de radiología digital CR o DR, el estándar IEC, además que haya evaluaciones constantes a estos.

Lopes, Domingos, Mortágua y Azoia de Cima (2012) con **“Evaluation and Optimization of Exposure Index in Lumbar Spine and Pelvis X-Ray”**, se evaluó los Índices de Exposición (IE) en relación a los valores de referencia dados por los fabricantes (Carestream) de radiografías de columna lumbar en proyección anteroposterior (AP) y lateral, como también de radiografías de pelvis. Se realizó en un hospital de Portugal, entre los meses de julio y agosto del 2011. Se tomaron los datos de IE retrospectivamente de un equipo Direct View CR 975 System (Carestream) y un equipo de rayos x Philips Optimus 65 ZBH7 y Shimadzu RAD speed, a 822 pacientes (402 de columna lumbar -AP), y 378 (columna lumbar-lateral); 420 datos también se evaluaron de exámenes de pelvis. Las edades variaron entre 1 a 100 años, y se agruparon en rangos ≤ 10 , [11-20], [21-30], [31-40], [41-50], [51-60], [61-70], [71-80], [81-90], [91-100] que se correlacionaron con los valores de IE para cada una de ellos. Los valores referenciales propuestos por los fabricantes iban entre 1700-1900. En los resultados para columna lumbar AP se observó que el 43.3% (174 exámenes) de IE fueron entre 1700-1900 y 37.8% (152 exámenes) están por encima del límite referencial superior. Para columna lumbar en proyección lateral, se encontró que el 72.5% (274 exámenes) de los valores de IE son

menores a 1700 y solo 4.8% (18 exámenes) IE están por encima del valor del límite superior. En pelvis se mostró que el 46.4% (195 exámenes) de IE son mayores que 1900, 34.5% (145 exámenes) están entre los valores referenciales y solo el 19.0% (80 exámenes) son menores que 1700. En lo que respecta a los rangos de edad, en CL AP los rangos de [11-20], [31-40], [41-50] y [71-80], el 40% de los valores de IE están por encima de los valores de referencia. En lo que respecta a pelvis, los rangos de edad [81-90] y [90-100] más del 50% de los valores están por encima de los de referencia. En los rangos [41-50], [51-60] y [71-80] más del 40% de los valores IE están por encima de los valores de referencia. Los pacientes con prótesis de cadera no influyeron en una variación en los IE. A través de la data recolectada se concluyó que es posible aplicar test diversos para reducir los valores de IE, llegando a que ellos coincidan con los valores de referencia propuestos por Carestream.

Butler, Rainford, Last y Brennan (2009) **“Optimization of Exposure Index Values for antero-posterior pelvis and antero-posterior knee examination”**, buscaron optimizar los valores de Índice de Exposición (IE), para radiografías de pelvis en proyección antero-posterior (AP) y de rodilla (AP) para un sistema Carestream Health (Kodak) CR system y comparó estos valores con los recomendados por los fabricantes, para el examen de pelvis AP se recolectaron 16 valores de IE y estuvieron en rango entre 1080 a 2650, mientras que 14 valores de IE fueron recolectados para el examen de rodilla AP y estuvieron entre 1180 a 2440. Los 3 dosímetros TLD (termoluminiscente) fueron puestos encima de los cadáveres y se expusieron 10 veces, los valores medios fueron calculados. Para evaluar la calidad de imagen se utilizó un criterio llamado VGA (Visual Grading Analysis) y se basó en el criterio de 5 profesionales con experiencia clínica. La calidad de imagen fue aceptada con un puntaje de 20 o más. Esto ayudó a la reducción del IE a 1560 para pelvis AP y 1590 para rodilla AP, esto equivalió a un 38% y

33% de reducción de dosis respectivamente. El resultado era lograr una mínima dosis al paciente, además de una calidad de imagen clínicamente adecuada, y optimizar estos valores de IE dados por los fabricantes que representaban rangos quizá muy elevados, para las exposiciones a los exámenes realizados.

1.3. Objetivos

Objetivo General

- Identificar el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019.

Objetivos Específicos

- Identificar el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según características demográficas básicas.
- Estimar el índice de exposición según los factores utilizados para la adquisición de radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019.
- Estimar el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según proyección utilizada.

1.4. Justificación

La presente tesis se realizó como base preliminar en el análisis del índice de exposición en radiografías digitales en una entidad privada de salud que cuenta con un sistema digital de imagen de rayos X, que cumple con la norma IEC-62494-1 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y del reporte n°116 Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM) y todos los parámetros establecidos en estas. El Índice de Exposición (IE) así como el Índice de Exposición al Blanco (IEB) y el Índice de Desviación, son herramientas que generan

alternativas para el condicionamiento de un control de la calidad de imagen digital como también de la cantidad de exposición generada hacia los detectores de imagen, esto con el objetivo de cumplir con el principio de optimización, ALARA, “tan bajo como razonablemente sea posible”, que remarca la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 2014). Los sistemas digitales de radiología utilizan los llamados indicadores de exposición estos presentan diversas escalas y definiciones que cada fabricante de equipo le otorga, llegando a un acuerdo dado por la Comisión Electrotécnica Internacional, se logró disponer de un índice de exposición unificado que permite al tecnólogo médico en radiología, juzgar si una imagen se adquirió con un nivel de exposición adecuado del detector para el nivel de calidad esperado de la imagen (IEC, 2008). Con la creciente implementación de los sistemas digitales en las instituciones públicas y privadas de salud en el Perú, los tecnólogos médicos estamos en el deber de conocer y capacitarnos sobre las nuevas herramientas que nos ofrece la radiología digital, esta investigación resalta que es necesario que en los centros de salud que cuenten con sistemas digitales soliciten a los fabricantes de los equipos de radiología digital que habiliten los Índices de Exposición que sirven como un medio más de verificación para el tecnólogo médico y para el servicio de radiología, en el control de la calidad en las exposiciones radiológicas (subexposiciones y sobreexposiciones), calidad de imagen y los posibles factores que pueden afectar al funcionamiento adecuado de los sistemas empleados, con esto se busca que se pueda implementar al programa de control de calidad en radiología digital. Los resultados obtenidos servirán como referencia para los servicios de radiología, que cuenten con sistemas digitales y puedan implementar los parámetros de la norma mencionada, así como también para futuras investigaciones respecto al tema, siendo esta investigación la primera que se realiza en el Perú. La única limitación de la tesis fue la recopilación de datos que se realizó

de forma manual a través de una ficha de recolección, si bien es cierto el sistema digital utilizado presenta habilitado la visualización de los parámetros como índice de exposición, índice de desviación, índice de exposición al blanco, factores de exposición (kV y mAs) y datos demográficos del pacientes, la extracción automatizada de los datos no está disponible por los costos adicionales que requiere por parte de la empresa dueña del equipo, esto conlleva a un proceso de recolección de datos un poco más tedioso en lo que respecta al tiempo, ya que se hará de manera individual por cada examen radiológico analizado.

La presente investigación contó con el permiso del centro privado de salud, que por motivos de política de empresa solicitó que se realice de manera anónima, se pudo acceder a la información de los datos requeridos que proporciona el sistema digital Agfa, que reúne datos personales, factores de exposición, proyección radiológica, índices de exposición de todos los pacientes que serán incluidos en el estudio.

1.5. Hipótesis

Al ser una investigación descriptiva el estudio no requiere una formulación de hipótesis.

II: MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación:

Radiología Digital

La Radiología Digital en la década más reciente se desarrolló en gran medida gracias al inminente reemplazo en los sistemas de Radiología Convencional basados en películas radiográficas como medio de detección de la radiación. (Sociedad Argentina de Radioprotección, 2014).

Estos sistemas de Radiología Digital son divididos según su detección en Radiología Computarizada (CR) y Radiología Digital (DR) (Sociedad Española de Física Médica, 2013). Aunque se pueden dividir de muchas maneras como por el tiempo de adquisición de la imagen, la conversión de la señal de rayos x o por el uso de cassette o el no uso de este. (Williams et al., 2007). Según ICRP (2014) en su publicación 93, afirma.

“La más grande diferencia que se distingue entre todos los sistemas de radiología digital es el enfoque técnico de la imagen, el proceso físico de detección de rayos X”. (p.30).

Como se hace referencia a las técnicas de detección, la Radiología Digital produce imágenes digitales con el uso de detectores de fósforo fotoestimulante (Radiografía computada, CR), selenio amorfo, silicona amorfa, CCD o tecnología MOSFET. (American Association of Physicists in Medicine, 2009).

Una de las tecnologías más recientes son los detectores de pantalla plana de conversión directa o indirecta que se basan en la conversión de los rayos x en señales eléctricas, dicho esto Samei et al., (2003) señaló que los equipos de rayos x portátiles que empleaban el sistema de radiología digital de pantalla plana DR fueron utilizados en radiografías para pacientes neonatales...se encontró una reducción en la dosis, que consistía en un cuarto de esta comparado con los sistemas de radiología convencional”.(Sociedad Argentina de Radioprotección, 2014).

Ciertamente los avances en la Radiología Digital generan una mejora en la calidad aplicada a la imagen y la disminución de dosis al paciente, aunque también generen ciertas limitaciones como el alto costo en su adquisición o que al ser sistemas con un amplio rango dinámico en la detección de la radiación, no se llegue a una optimización adecuada para el funcionamiento de estos, generando el incremento potencial de la dosis al paciente, varios factores pueden llevar al alza en las dosis de radiación y es por ello que se necesite un constante feedback de las exposiciones realizadas. (Alsleem y Davidson, 2012).

Formación de la Imagen Digital y detectores radiográficos:

Detectores de Fosforescencia Fotoestimulada (sistemas CR: Radiografía Computada):

Estos detectores pasan por ciertos fenómenos físicos conocidos como fosforescencia fotoestimulada o luminiscencia fotoestimulada, en los cuales los materiales de los que están hechos absorben la energía procedente del haz de radiación ionizante y esta parte de energía se transforma en luz, después de haber sido estimulada con otra luz que posea una longitud de onda diferente. El fósforo más utilizado es el Fluorohaluro de Bario dopado con Europio (BaFX:Eu^{+2}), X puede ser Bromo o algún elemento como el Cl, I, o combinación de ellos. Los electrones terminan siendo atrapados por los iones positivos de los átomos de Br (o cualquier otro elemento mencionado) o del Flúor, esto lleva a la formación de la imagen latente. Ciertamente el 80% queda atrapado en el Flúor y el 20% en el Br (u otro elemento X), siendo este último el que contribuye a la fosforescencia fotoestimulada. En la etapa siguiente esta energía (imagen latente) es transformada en luz por otra luz que incide (el haz laser), se da un Fast Scan de primera barrida y un Low Scan al detector, en el digitalizador, luego una parte de este sistema que se encarga de la transformación de la luz emitida a una señal eléctrica es el

fotodetector que son los llamados tubos fotomultiplicadores (TFM) y esta señal eléctrica convertida es la Imagen Digital que observamos. (Sociedad Española de Física Médica, 2013).

Detectores de Pantalla Plana o Panel Plano:

Según el tipo de conversión de energía que realizan a la radiación que llega a los detectores se clasifican en indirectos y directos.

Los detectores indirectos usan material centellador, siendo los más usados el CsI:Tl y Gd₂O₂S, en contacto con una matriz de píxeles teniendo estos elementos fotosensibles, el llamado fotodiodo. Por lo cual una sección de la energía depositada en estos elementos por parte de la radiación recibida en el centellador es transformada en luz. El fotodiodo genera una carga eléctrica proporcional que es almacenada hasta que se realiza la lectura. (Sociedad Española de Física Médica, 2013).

Los detectores directos al poseer cierta capa de fotoconducción están hechos de ciertos materiales diversos, en representación de los más empleados se tiene al Selenio Amorfo que está en contacto directo con la presente matriz activa de píxeles. El fotoconductor al interactuar con la radiación produce una carga que genera los llamados pares de electrón-hueco. Siendo estos pares separados y colectados ya que se transmite un campo eléctrico externo hacia estos. Cada pixel de la matriz colecta la carga recibida. El material más usado es el Selenio Amorfo (Se-a), también hay otros materiales como el Óxido de Plomo-PbO, el Bromuro de Talio-BrTl, y el Telurio de Cadmio-TeCd. (Sociedad Española de Física Médica, 2013).

Cada píxel asociado a la parte electrónica del DR tiene integrado un transistor de efecto de campo denominado metal-óxido-semiconductor (MOS) el cual hace control de cierta carga final proveniente de la interacción de la radiación del material que se menciona en el párrafo anterior con el detector. Para radiología digital directa se aplica Silicio Amorfo en la elaboración del

circuito integrado que posibilita la recolección, almacenamiento y recuperación de la información para su subsiguiente procesamiento. Los denominados transistores MOS fabricados en su composición por Silicio Amorfo son los designados como TFT -Thin Film Transistor. (Sociedad Española de Física Médica, 2013).

Formación de los Rx y Factores De Exposición:

Los rayos X denominados ondas electromagnéticas de corto alcance se transmiten en el vacío con velocidades superiores e interactúan con diversas partículas del medio material; cuando se menciona a estos nos referimos a la radiación que al pasar por el campo atómico transfiere de manera íntegra o una fracción de esta energía al átomo, interactuando en las capas orbitales. Una de las grandes capacidades de la radiación es su poder de penetración que cambia según la energía, la longitud de onda y la frecuencia, teniendo que, cuan mayor sea la energía generada, mayor será el poder de penetración. (Oberto y Cols, 2016)

Brosed & Ruiz (2012, p. 32-33) refieren con respecto a los rayos x que emplean para su producción los denominados tubos de rayos x, los cuales tienen dos secciones implementadas a este: Una de ellas es el cátodo que tiene carga negativa, este es un elemento que se caracteriza por tener un filamento con una copa de enfoque, el primero es una aleación de tungsteno-wolframio por el cual atraviesa una alta descarga de corriente de electricidad que viene siendo ≈ 4 Amperios, este paso de esta corriente trae como consecuencia que se produzca una gran expulsión de electrones, llegando a formar un gas de estos alrededor del filamento a cierto fenómeno se le conoce como emisión termoiónica. La parte del cátodo conocida como la copa de enfoque se emplea para que los electrones que constituyen el gas no se dispersen, porque al tener signos iguales (negativo) se repelen, es necesario que se forme un haz de electrones que vaya a dirigido al ánodo e interactúe con este, allí radica la importancia de la copa. La segunda

parte fundamental del tubo es el ánodo que posee signo positivo, componente que tiene un disco rotatorio (ánodo rotatorio) compuesto por un material de aleación de tungsteno. Se observa que en la sección final del disco una pequeña angulación es ahí la región donde se da el impacto de los electrones, se le conoce como Blanco o Diana. Tanto el cátodo como el ánodo se localizan dentro de una ampolla o tubo que está constituida al vacío. (Brosed & Ruiz, 2012, como se citó en Guzmán, 2018)

Brosed & Ruiz (2012, p.35-36) nos dicen que la producción de rayos ocurre de la siguiente forma: después de producirse en el filamento el gas de electrones, nos lleva al origen de una diferencia de potencial entre las partes respectivas del tubo de rayos x: cátodo y ánodo, esto hace que el haz de electrones se desplace hacia el ánodo e impacte sobre el blanco, luego de la interacción que ejerce este haz con los electrones orbitales y el núcleo atómico del blanco se producen los rayos x, dando como consecuencia a la radiación característica y la radiación Bremsstrahlung. (Brosed & Ruiz, 2012, como se citó en Guzmán, 2018)

Comprender sobre los espectros de emisión en los equipos de radiología: rayos x es esencial para conocer cómo afectan los cambios en la tensión de pico-kilovoltaje, la intensidad de corriente-miliamper, el tiempo y la filtración cuando hace referencia a las características de la imagen en radiología. El haz de fotones que se genera en los equipos de rayos X cuenta con una distribución continua en las energías con valores que abarcan en teoría entre 0 y un valor máximo que concierne al valor de tensión-kilovoltaje que utiliza el tubo de rayos X. Este valor máximo obtenido hace referencia al espectro continuo que es numéricamente equivalente a la tensión-kilovoltaje elegida para generar el haz de rayos x. Un ejemplo de ello es si se genera un espectro continuo el valor máximo que presenta se encuentra aproximadamente en una energía equivalente a la tercera parte de la energía máxima siendo como ejemplo el valor de 40 keV

para un haz producido con 120 kV. Con esto se puede concluir que al subir la tensión-kilovoltaje de los equipos de rayos x hace que se genere un haz de fotones mucho más rico y con mayor energía, con capacidad de penetrar espesores de gran medida como de los pacientes que se realizan pruebas radiológicas para el diagnóstico. (Consejo de Seguridad Nuclear, 2009).

La cantidad de fotones que se genera en los equipos de rayos x, tienen a los valores de tensión-kilovoltaje (kV) y la carga de disparo (mAs) como condicionantes en el sistema de imagen. El kV trabaja directamente con la penetración y el contraste, es por ello que al reducir el kilovoltaje mejora el contraste, pero a la vez se pierde o reduce la penetración del haz de radiación. (Consejo de Seguridad Nuclear, 2009).

A su vez tenemos al miliampersegundo que al igual que el kilovoltaje modifica el espectro del haz de rayos X cuando la corriente del tubo varía en intensidad, esto quiere decir la cantidad de electrones por segundo que son acelerados e impactarán contra el ánodo. Un incremento de la intensidad de corriente (mA), posibilita que se liberen todos los fotones requeridos en la formación de la imagen radiológica en un fragmento de tiempo menor, y ello resultará en una importante reducción de la borrosidad dada por el movimiento del paciente en la exploración radiológica. (Consejo de Seguridad Nuclear, 2009).

Al referirnos a la intensidad de corriente y al tiempo de exposición, el producto de estos sería la carga de disparo del equipo de rayos X (se conoce como mAs), y se conoce así por ser el número total de fotones que emergen del tubo de rayos X. En conclusión la intensidad de corriente como también el tiempo de exposición no modifican la calidad del haz de rayos X, esto viene a ser que la energía media ni la capacidad de penetración se ven alteradas, pero sí la cantidad total de fotones que lo constituyen (Consejo de Seguridad Nuclear, 2009).

Se pueden entonces identificar parámetros o factores de exposición que son empleados en la adquisición de las imágenes radiográficas (kVp, mAs, tamaño del foco, tamaño de campo y distancia foco-detector) y se adecuan según los protocolos de calidad que maneja cada tecnólogo médico en la toma de imágenes radiográficas (Huanca, 2016).

Evaluación de la Calidad de la Imagen Digital:

Para evaluar la calidad de las imágenes digitales en los sistemas de radiografía computada (CR) y radiología digital directa (detectores en flat panel), hay diversos parámetros de medida propuestos entre ellos la homogeneidad, el rango dinámico, la resolución de contraste, el umbral de contraste en la detección de los detalles, el límite en resolución espacial, y la distorsión geométrica, también se recomienda la revisión de los artefactos que puedan aparecer en la imagen y el indicador de exposición, por tal motivo se presentan estándares nacionales e internacionales (Schreiner- Karoussou y Back, 2001).

Alsleem y Davidson (2012) en su trabajo de investigación proponen 3 métodos de evaluación para la calidad de imagen, siendo los indicadores de exposición los que forman parte de una de estas categorías. Se dividen en:

- Método por evaluaciones físicas.

Incluye el factor de transferencia de modulación (MTF), el ruido (noise), la relación señal-ruido (SNR), la eficiencia de detección cuántica (DQE).

- Método por evaluaciones psicofísicas.

El modelo rose (RM), el análisis de curvas de umbral de sensibilidad contraste-tamaño del detalle (CDA) y el asesoramiento subjetivo de los parámetros físicos (que incluye los indicadores de exposición).

- Métodos de medición del rendimiento clínico dando referencia a imágenes diagnósticas.

Las características del recibimiento del receptor (ROC) y las características de la clasificación visual (VGC). (Alsleem y Davidson, 2012).

Con ello es importante entender que para la evaluación de la calidad de imagen en sistemas digitales, al tener un amplio rango dinámico ya no es factible la evaluación del cambio en el brillo y contraste porque se puede alterar fácilmente en el post-procesamiento al tener las herramientas para ello. Los efectos primarios que modifican la técnica de adquisición son el nivel de ruido en la imagen, la duración de la exposición que incrementa los artefactos de movimiento del paciente, la radiación secundaria emitida por el paciente, artefactos de los sistemas DR relacionados con la saturación de los detectores y componentes intrínsecos de la data de la imagen. (American College of Radiology et.al., 2017).

Índice de Exposición:

El índice de exposición (IE) es una medida relativa del nivel de dosificación del detector para una imagen de rayos X obtenida por un sistema digital de imagen de rayos X particular. Conjuntamente con la experiencia clínica, el índice de exposición está previsto para cuantificar la dosis del detector, lo que facilitará la preparación de directrices útiles del índice de exposición. (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Es un número que cuantifica la desviación del índice de exposición real respecto al índice de exposición del blanco que está previsto para el tipo de examen en cuestión sobre el sistema digital de imagen de rayos X (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Si los valores del índice de exposición del blanco son proporcionados por el sistema de imagen de rayos X, el índice de desviación se debe calcular automáticamente de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$DI = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{EI}{EI_T} \right)$$

Donde EI es el índice de exposición de la imagen real y EI_T es el índice de exposición del blanco para este tipo de examen sobre el sistema digital de imagen de rayos X (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

El índice de desviación cuantifica la desviación de un índice de exposición real con respecto al índice de exposición apropiado (denominado índice de exposición del blanco).

Dado que este parámetro no hace referencia a la dosis del receptor de imagen con respecto a una escala absoluta, permite al operador comprobar fácilmente si la exposición se considera aceptable para la tarea específica de obtención de la imagen (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Con respecto a la optimización de las dosis en los pacientes se da gracias a que en los sistemas digitales es asignado el procesado y postprocesado de las imágenes además de poseer un espectro dinámico amplio que nos dan los sistemas radiológicos CR y DR que son los encargados de la detección de imagen según su forma. Siendo el intervalo dinámico o rango dinámico una ventaja clara en la reducción de repeticiones dadas en la toma radiográfica por la incorrecta técnica radiográfica seleccionada (imágenes subexpuestas e imágenes sobreexpuestas), dentro de un margen de tolerancia razonable. Si bien es cierto la radiología digital nos facilita y brinda muchas herramientas en la práctica, cumpliendo un papel muy útil y ventajoso pero a la vez transformarse en un problema que radica en el incremento de la dosis a los pacientes. En lo que respecta al amplio rango dinámico que poseen estos sistemas de radiología digital, los detectores digitales que tiene son muy sensibles a la radiación recibida, por ello puede incurrir en la que la imagen pueda recibir una sobreexposición de manera

sistemática, y con esto al paciente, al ser un sistema tan delicado la radiación excesiva no es detectable fácilmente si es que no se tiene mucha experiencia en el campo de la radiología, por ejemplo para tecnólogos médicos que empiezan en la labor de la obtención de imágenes diagnósticas, por eso es muy importante la capacitación en las nuevas tecnologías. (Buscà, Vigil & Medina, 2010).

Los Índices de Exposición dependen de varios factores además que varían en la forma asignada en representación, que es independiente para cada fabricante de equipo. Entre estos están: la energía efectiva del haz de rayos X, la distancia foco-detector, el posicionamiento al paciente además el tamaño de este y la zona a irradiar, los algoritmos de reconstrucción de la exploración seleccionada y la calibración del equipo o del sistema. (De la Cámara, 2013).

Ciertos Índices de Exposición no señalan, para ningún caso, la dosis que recibe el paciente, se puede entender advierten la dosis a la entrada al sistema detector de imagen, es por ello que sólo se puede estimar como valores para la orientación en cada examen radiográfico. (De la Cámara, 2013).

La subexposición y sobreexposición de las imágenes digitales es difícil de reconocer en los nuevos sistemas digitales, por el rango dinámico que presentan. Por lo cual, en lo que refiere a la instalación de dichos sistemas puede mostrarse más complejo, según los requerimientos de la institución que los adquiere, es por ello que es fundamental tener protocolos básicos de prueba para el control automático de exposición, herramientas para la ejecución de pruebas (incluidos entre estos los fantomas) y tener registrado los cambios que se hayan ejecutado de manera preliminar al generador de rayos x y por último, el empleo de programas de garantía de la calidad. Los sistemas de diagnóstico por imagen digital pueden poseer una sensibilidad diferente en contraste al de radiología convencional porque la función de la energía de rayos x

no aplica de igual manera entre ellos. Por lo tanto, el control automático de exposición necesitaría una reprogramación. Lo dicho aplica cuando se actualiza un sistema que no es digital con un receptor de imagen digital o también en la instalación de un sistema completo de imagen digital, con el respectivo generador de rayos X (Sociedad Argentina de Radioprotección, 2014). Para una examinación de tórax PA, el LgMref (logaritmo referencial) es de 1.96 a 2.26 que corresponde a un TEI (Índice de Exposición al Blanco-Target Exposure Index) de 250 a 500, siendo estos los valores exactos calculados, que pueden variar según tipo de examen, resaltar que estos valores son guías designadas para este fabricante y sus especificaciones. (AGFA HealthCare, 2009).

Los sistemas de Radiología Digital como es el caso de AGFA o cualquier compañía que fabrique equipos de radiografía digital directa deben pasar por pruebas de control de calidad, la Sociedad Española de Física Médica considera que las pruebas a tener en cuenta para los detectores de panel plano son el ruido de fondo presente en los detectores, la calibración en el indicador de dosis del detector, la consistencia o estabilidad del indicador de dosis del detector, la propiedad de transferencia, la uniformidad y constancia del receptor de imagen, el ruido, los elementos defectuosos del detector sin corregir, los errores en la escala y la remanencia de la imagen. Para finalizar, en semejanza a los sistemas CR, se realizará consideraciones en el control de la calidad de imagen y el control automático de la exposición. (Sociedad Española de Física Médica, 2013).

El sistema radiológico digital directo utilizado en el presenta trabajo de investigación es de la compañía AGFA, como ya se introdujo con anterioridad los diversos fabricantes de equipos radiológicos elaboran sus propios indicadores de exposición para medir la radiación emitida a los detectores de imágenes, estos difieren mucho en definiciones y escalas, por ello la

unificación en un estándar único que acople un valor numérico para diferentes fabricantes y se logre con facilidad reconocer el valor de exposición entre diversos servicios de diagnóstico por imagen. (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Agfa HealthCare adhiere un documento para sus usuarios, donde explican detalles sobre el indicador de exposición logarítmico que usan para medir la radiación a los detectores de imagen y que para simplificar su uso y su entendimiento deciden acoplar la norma internacional IEC 62494-1 a todos sus sistemas de radiología digital tanto CR como DR. (Agfa HealthCare, 2009). Ellos utilizan el LgM (Log Median), que es su indicador de exposición basado en una relación logarítmica de la media de exposición que llega a los detectores de radiación. El sistema Agfa no usa una escala absoluta y la dosis de radiación aumenta el doble con un valor de LgM de 0.3. Al hacer que varios de sus equipos y sistemas trabajen de acuerdo a la norma IEC 62494-1, el valor del índice de exposición viene a ser directamente proporcional a la dosis del detector, dejando atrás la relación logarítmica establecida anteriormente. El índice de exposición (IE) se desempeña como una escala lineal absoluta, y es importante para el control de calidad de las imágenes adquiridas, la desviación de este índice de exposición (Exposure Index) del índice de exposición al blanco (Target Exposure Index), da como resultado el índice de desviación que Agfa lo habilita en un sistema de barra de desviación con la licencia NX Quality Assurance, asignando los valores de subexposición y sobreexposición. Podemos hablar de la relación entre el índice de desviación y el índice de exposición con respecto al índice de exposición al blanco, y como va aumentando o disminuyendo la dosis de radiación de manera directamente proporcional a los valores dados por el fabricante, un ejemplo de ello es si multiplicamos 1.25 al valor de índice de exposición al blanco dado corresponde a un cambio de +25% del IEB, que viene siendo +1, lo mismo si multiplicamos 1.60 al IEB corresponde a +2 y 2.00 si

multiplicamos al IEB dando +3 que representa el doble de la exposición al receptor de imagen, con la mitad de exposición, es 0.80, 0.625, 0.5 en relación al IEB con los valores de -1,-2,-3 respectivamente, la mitad de la exposición al receptor está por debajo del 50% del valor del IEB. (Agfa HealthCare, 2009).

Para definir la relación dada de los índices de desviación con la sub-sobre exposición de las imágenes radiográficas digitales hay que tener en cuenta que el rango de acción es diferente al de las imágenes adquiridas con sistema película/pantalla de radiología convencional que con la inadecuada o excesiva densidad óptica dada por el ennegrecimiento de la película era determinante para la repetición del examen, la razón principal para la repetición de la prueba en radiología digital es dada por el ruido en la imagen (American Association of Physicists in Medicine,2009).

Las indicaciones dadas como límites de control para imágenes clínicas para el AAPM (2009) son de -0.5 a +0.5 consideradas con el rango del blanco (target range), +1 a +3.0 son las imágenes sobreexpuestas y se repinten solo si alguna estructura anatómica de interés para el examen no se aprecia a detalle o se ve alterado el contraste sin posibilidad acción a modificarlo con las herramientas en el post-procesado, mayor a +3 también aplican los mismos criterios y si hay una constante se requiere el inmediato control de los fallos que pueden ocasionar el incremento de este valor, menos de -1,0 a -3.0 son valores de subexposición que se evaluarán si es necesario la repetición del examen, por el ruido que genera en la imagen, valores menos a -3.0 se repiten considerado abierto a criterio de los tecnólogos médicos y médicos radiólogos. (American Association of Physicists in Medicine, 2009).

DICOM TAGS (Etiquetas DICOM):

Por último, tenemos a las etiquetas DICOM que son elementos que permiten la visualización de datos del paciente y de algunos criterios habilitados, en el presente trabajo se requiere conocer algunos de estos datos que son encriptados con un código cada uno y que se pueden visualizar en la recolección de los datos y que son variables del estudio. Un objeto de la data de DICOM consiste en un número de atributos, incluyendo ítems como el nombre del paciente, el ID (identificación), edad, sexo y también atributos especiales como contener data de los píxeles de las imágenes. El Índice de Exposición se encuentra como atributo Exposure Index (0018,1411) y se define como la medida de la respuesta del detector a la radiación en la región relevante de la imagen adquirida con un sistema de radiografía digital como se define en el IEC 62494-1. El Índice de Exposición al Blanco se encuentra como Target Exposure Index (0018,1412) y el Índice de Desviación como Deviation Index (0018,1413) la representación a escala de la diferencia del Índice de Exposición comparado con el Índice Exposición al Blanco definido así por el IEC 62494-1 y el reporte de la AAPM TG-116. (Digital Imaging and Communication on Medicine, 2019).

2.1.1 Definición de términos

Índice de exposición para sistema CR: Se refiere a la relación de la dosis absorbida que ocurre en las placas de fósforo. Cuando se da la lectura de la imagen con la ayuda del sistema laser que posee, se llega computarizar el histograma de la señal, por lo tanto el nivel de dosis o índice de exposición está determinado en el valor de píxeles que utilizan una relación netamente logarítmica (Sociedad Argentina de Radioprotección, 2014).

Índice de exposición (IE): Medida de la respuesta del detector a la radiación en la región de imagen aplicable de una imagen tomada con un sistema digital de imagen de rayos x. (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Región de Imagen Aplicable: Subárea específica de inspección o subáreas de la imagen que contiene información relevante a efectos de diagnóstico. (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Índice de Desviación (ID): Número que cuantifica la desviación del Índice de Exposición real a partir de un Índice de Exposición del Blanco (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Índice de Exposición del Blanco (IEB): Valor esperado del Índice de exposición cuando el receptor de imagen de rayos x se expone adecuadamente.

Nota: El índice de exposición del blanco puede depender del tipo de detector, del tipo de inspección, de la pregunta del diagnóstico y de otros parámetros (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Dispositivo Digital de Imagen de Rayos x: Dispositivo constituido por un detector digital de rayos x, incluyendo las capas de protección instaladas para el uso en la práctica, la electrónica de amplificación y de digitalización, y un ordenador que proporciona los datos originales de la imagen (Comisión Electrotécnica Internacional, 2008).

Radiografía de tórax: La imperceptible y seguridad generada por este examen que emplea la mínima cantidad de radiación con el fin de alcanzar cierta imagen diagnóstica de las partes del cuerpo del paciente a evaluación, entre ellas el tórax de este. Este estudio se basa en que los equipos de rayos X destinan el paso de los haces de radiación en dirección al tórax, con la registrada de la imagen ya sea de manera convencional dentro de una película fosfatada especial o digital, utilizando un computador. (Rady Children's Hospital San Diego, 2019).

III: MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es tipo descriptiva, retrospectiva de corte transversal con un diseño no experimental y de enfoque cuantitativo. Esta investigación en la cual no hubo manipulación de las variables de parte del bachiller, se considera por lo tanto no experimental, dando con ello una limitación y centrándose en la observación del evento en valoración. De igual modo, se nombró de corte transversal porque los datos en estudio solo se realizaron en una única medición durante el periodo estipulado; es retrospectivo porque al momento de darse la recolección de datos se hizo en un temporalidad espacial anterior al uso del instrumento, y estos se encontraron ubicados en los reportes estadísticos Agfa del equipo Dx-D300 correspondientes a radiografías de tórax de pacientes de SuizaLab sede Miraflores en el año 2019.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Ámbito espacial: Institución privada de Lima.

Ámbito temporal: enero a diciembre del 2019.

3.3. Variables

Operacionalización de Variables

| VARIABLES DE ESTUDIO | TIPO | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTO | NIVEL DE MEDICIÓN | UNIDAD DE MEDIDA |
|-------------------------|---------------------------------|---|---|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--|
| Índice de Exposición | Variable cuantitativa discreta | Cantidad de dosis de radiación que alcanza a los detectores digitales de rayos X , calculada a partir del Índice de Desviación e Índice de Exposición al Blanco | Números enteros sin unidades | Valor numérico | Ficha de recolección de datos | De razón | Media Aritmética Desviación Estándar Mediana |
| Sexo | Variable cualitativa dicotómica | Género biológico con el que se nace. | Femenino Masculino | Indicador biológico | Ficha de recolección de datos | Nominal | % -Frecuencia |
| Grupo Etario | Variable cualitativa politómica | Los sectores etarios están determinados por la edad y la pertenencia a una etapa específica del ciclo vital humano. | Niño Adolescente Adulto Joven Adulto Adulto Mayor | Grupos etarios | Ficha de recolección de datos | Ordinal | % -Frecuencia |
| Kilovoltaje | Variable cuantitativa discreta | El poder de penetración responsable de la calidad de los rayos x. | ≤ 125 126 – 142 ≥ 143 | Factor de Exposición | Ficha de recolección de datos | De razón | % -Frecuencia |
| Miliampersegundo | Variable cuantitativa discreta | Factor de exposición responsable de la cantidad de rayos X que emite el tubo. | $\leq 2,0$ 2,1 - 7,6 $\geq 7,7$ | Factor de Exposición | Ficha de recolección de datos | De razón | % -Frecuencia |
| Proyección Radiográfica | Variable cualitativa politómica | Trayectoria del haz de rayos x a través de la estructura que se radiografía en función de los planos corporales. | Frontal AP Frontal PA Lateral | Proyección e Incidencia Radiográfica | Ficha de recolección de datos | Nominal | % -Frecuencia |

3.4. Población y muestra

Población:

Las radiografías de tórax (Proyección Frontal y Lateral) correspondientes a pacientes de una Institución Privada de Salud en Lima de enero a diciembre del 2019 (N= 8 640).

Muestra:

La fórmula llamada Cochran que se usa para la identificación del tamaño muestral:

Paso 1: Estimación del tamaño muestral total

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{8640 * 1.96^2 * (0.5 * 0.5)}{0.05^2 * (8640 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = xxx$$

- N=población total = 368 +20% (Tasa de No Respuesta) = 442
- Z_{α} =Nivel de confianza del 95%= 1.96
- p=proporción esperada= 50%= 0.5
- $q=1-p = 1 - 0.5 = 0.5$
- d = margen de error o de precisión=5%=0.05.

Se evaluó 442 imágenes.

Muestreo:

Se realizó un cálculo muestral probabilístico aleatorio simple, además se adiciono un 20% (Tasa de No Respuesta) obteniendo como resultado que era necesario recolectar información a partir de imágenes radiográficas de tórax de pacientes de una institución privada de salud que cumplan con los criterios establecidos ($n \geq 442$).

El término “probabilístico” se basa en la equiprobabilidad es decir todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. “Aleatorio Simple” significa que la selección de las unidades de análisis fue al azar evitando el sesgo, el procedimiento que fue empleado consiste en asignar un número a cada imagen radiográfica de tórax y a través de tablas de números aleatorios, se eligieron tantas imágenes radiográficas como sean necesarias para completar el tamaño de muestra requerido, cabe resaltar que dicho cálculo solo indica el mínimo número, por lo cual por decisión del bachiller se recolectó información de toda la población que cumplía con la totalidad de los criterios establecidos, utilizando una gran muestra de 2387 imágenes. (**n= 2387**)

Criterios de selección:

Criterio de inclusión

- Imágenes de pacientes de ambos sexos.
- Imágenes de pacientes de cualquier edad.
- Imágenes de radiografías de tórax con los datos completos de los ítems DICOM requeridos en la investigación.

Criterio de exclusión

- Imágenes con artefactos.

Unidad de análisis:

Un paciente atendido en una Institución Privada de Salud en Lima durante el periodo enero a diciembre del 2019, que cumple con los criterios de selección.

Unidad de muestreo:

Imagen radiográfica de tórax frontal y lateral, adquirida en una Institución Privada de Salud en Lima de enero a diciembre del 2019.

3.5. Instrumento

Técnica: Análisis documental; mediante ficha ad-hoc que incluyen datos de los ítems DICOM habilitados en la unidad del sistema digital Agfa Dx-D300.

Instrumento: Se hará uso de una ficha ad-hoc para la recolección de los datos.

3.6. Procedimiento

Se procedió a la recolección de datos para la casuística en Institución Privada de Salud en Lima para analizar los estudios de radiografía de tórax frontal y lateral, realizados en el periodo octubre a diciembre del 2019. Luego se transcribió los datos de interés en una ficha ad-hoc para la recolección de datos, estos extraídos de los datos DICOM del sistema de radiología digital Agfa Dx-D300, del reporte de análisis estadístico, software brindado por los fabricantes del equipo. Por último, se procedió con la elaboración de los cuadros, de la gráfica estadística y la ficha presupuestal.

Materiales y equipos:

- Reportes estadísticos Agfa del equipo Dx-D300.
- Imágenes de radiografías de tórax.
- Datos DICOM dados en la Workstation y PACS.
- Software SPSS v.26 para tabulación de datos.

3.7. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó en el programa SPSS v.26, el ingreso de las variables fue previa recolección de datos en una ficha ad-hoc, y por último se elaboró los resultados, expresados en tablas o figuras según corresponda.

Las variables cuantitativas (discretas) fueron estimadas mediante medidas de tendencia central (promedio), de dispersión (desviación estándar) y valores mínimos-máximos. Las variables cualitativas fueron presentadas mediante distribución de frecuencias y porcentajes.

Aspectos éticos

Se solicitó permiso para la recolección de los datos requeridos en la institución privada de salud, esta fue avalada por la Universidad Nacional Federico Villarreal en un documento único que fue aprobado por el jefe del servicio de Radiología de la institución mencionada, se solicitó mantener el anonimato de la empresa, el trabajo es de corte retrospectivo, y se realizó la recolección de datos en el año 2019, se garantizó por parte del investigador la confidencialidad de los datos y registros.

Para el acopio de datos se confeccionó una ficha de recolección basándose en los principios bioéticos considerados en Declaración de Helsinki y el informe de Belmont.

IV: RESULTADOS

Tabla 1.

Medidas de tendencia central y dispersión de edad, factores de exposición, índice de exposición, desviación y exposición al blanco.

| | Edad (años) | Índice de exposición | Índice de Desviación | Índice de Exposición al Blanco | Miliampersegundo | Miliamper | Kilovoltaje |
|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------|-------------|
| Muestra | 2387 | 2387 | 2387 | 2387 | 2387 | 2387 | 2387 |
| Media | 36.72 | 275.17 | -0.089 | 331.41 | 2.09 | 406.90 | 125.66 |
| Mediana | 35.16 | 271.00 | -0.82 | 350.00 | 2.00 | 400.00 | 125.00 |
| Desv. típ. | 16.39 | 60.94 | 1.09 | 30.92 | 0.833 | 27.53 | 6.24 |
| Mínimo | 0 | 79 | -6.46 | 280 | 0.4 | 320 | 90 |
| Máximo | 96 | 583 | 2.2 | 350 | 13.2 | 500 | 159 |

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 1, se describen las medidas de tendencia central, dispersión de las variables cuantitativas de la presente muestra, esta estuvo conformada por 2387 imágenes correspondientes a pacientes que se realizaron una radiografía de tórax en proyección frontal y/o lateral en la institución privada de salud en el año 2019.

En relación a la edad promedio de la presente muestra fue de 36.72 +/-16.39 años, siendo el valor mínimo registrado de 0 años y el máximo de 96 años.

En relación a los valores parciales que nos permiten obtener el índice de exposición, podemos decir que el Índice de Desviación promedio fue de -0.089 +/- 1.09, siendo el valor mínimo registrado de -6.46 y máximo de 2.2. Así mismo, la media del Índice de Exposición al Blanco obtenida fue de 331.41 +/- 30.92, siendo el valor mínimo registrado de 280 y el máximo de 350.

Luego de obtener estos productos parciales se calculó el Índice de Exposición obteniendo 275.17 +/- 60.94, siendo el valor mínimo registrado de 79 y el máximo de 583.

Según el promedio de Índice de Exposición obtenido a nivel general de la muestra, que es 275.17 +/- 60.94, se concluye que el Índice de Exposición de las radiografías de tórax es con respecto al rango establecido de Índice de Exposición al Blanco, como adecuado, por lo tanto no representa una sobreexposición ni subexposición, además en valores de Índice de Desviación el promedio general que fue de -0.089 +/- 1.09 no alcanza el rango establecido de +1 (414.26 IEB, que representa un +25% de la exposición dada al detector de imagen) a +3 (662.82 IEB, que representa el doble de la exposición dada al detector) que denota una sobreexposición, ni menos de -1.0 (265.12 IEB, que representa un -20% de la exposición recibida al detector de imagen) a subexposición, se mantiene en el rango correcto.

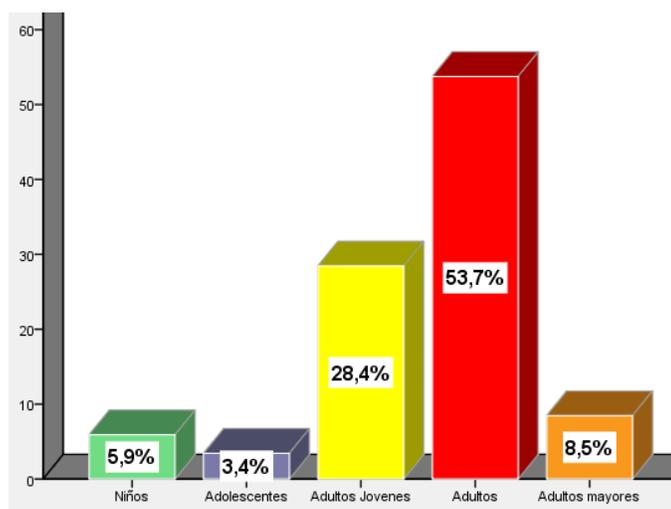
En relación a los factores de exposición, podemos verificar que el promedio de miliamper (mA) utilizado fue de 406.90 mA +/- 27.53, siendo el valor mínimo utilizado de 320 mA y el valor máximo de 500 mA.

En relación a la cantidad de radiación por unidad de tiempo, es decir el miliampersegundo (mAs), el promedio utilizado fue de 2.09 mAs +/- 0.83 mAs, siendo el valor mínimo registrado de solo 0.4 mAs y el máximo de 13.2 mAs. Cabe resaltar que el poder de penetración empleado corresponde a la técnica de alto kilovoltaje, esto para obtener un mAs bajo, el promedio de kilovoltaje utilizado en el servicio de radiología fue de 125.66 kV +/- 6.24, siendo el valor mínimo registrado de 90 kV y el máximo de 159 kV.

En la figura 1, que corresponde a una figura de barras, es la descripción de la proporcionalidad de la variable edad categorizada en 5 intervalos. Cabe resaltar que se categorizó la variable edad en relación a los grupos etarios según la normativa vigente en el territorio nacional. El MINSA considera población pediátrica al grupo etario comprendido entre los 0 años a 17 años 11 meses 29 días, clasificando a su vez en dos grupos etarios que corresponden a los niños (0 años a 11 años 11 meses 29 días) y adolescentes (12 años a 17 años 11 meses 29 días). Así mismo, según el capítulo III del artículo 30 de la Constitución Política del Perú, considera los siguientes grupos etarios: adultos jóvenes (18- 29 años), adultos (30 – 59 años) y adultos mayores (≥ 60 años).

En la presente figura se muestra los siguientes porcentajes: 5.9% niños, 3.4% adolescentes, 28.4% adultos jóvenes, 53.7% adultos y 8.5% adultos mayores.

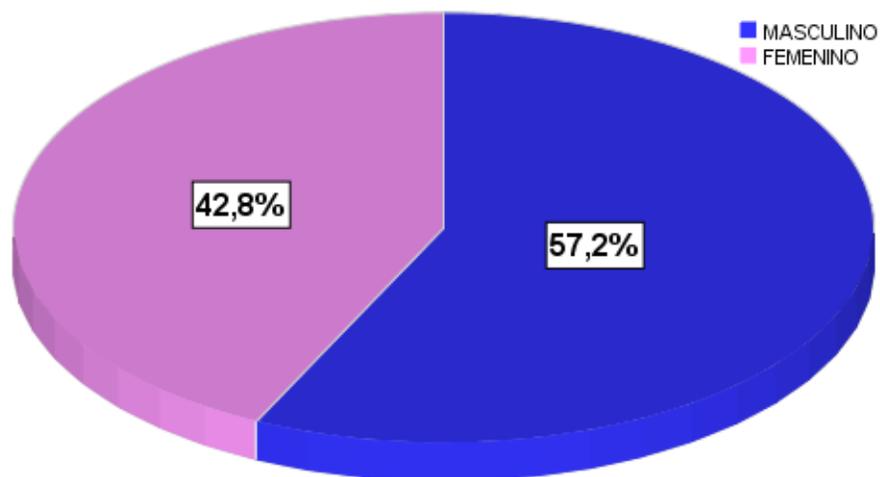
De tal forma que podemos verificar que el grupo etarios más frecuente en la presente muestra fueron los pacientes adultos y adultos jóvenes.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1. Grupo Etario

En la figura 2, que corresponde a una figura de sectores, se describe las proporciones relacionadas al sexo de la presente muestra que estuvo conformada por 2387 imágenes radiográficas de pacientes. Siendo el sexo más frecuente el masculino (57.2%).



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2. Sexo de la Muestra

Tabla 2.

Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según sexo.

| Índice de exposición | | | | | | |
|----------------------|------|-------|---------|------------|--------|--------|
| Sexo | N | Media | Mediana | Desv. típ. | Mínimo | Máximo |
| MASCULINO | 1365 | 286.4 | 282 | 60.5 | 90 | 583 |
| FEMENINO | 1022 | 260.1 | 255 | 58.2 | 79 | 556 |
| Total | 2387 | 275.2 | 271 | 60.9 | 79 | 583 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 2, se describe las medidas de tendencia central y dispersión del Índice de Exposición según la variable cualitativa denominada sexo.

Se puede observar que los pacientes de sexo masculino que se les adquirió una radiografía de tórax, el promedio de índice de exposición fue de 286.4 +/- 60.5, mientras que en sexo femenino fue de 260.1 +/- 58.2.

Podemos concluir que para la presente muestra el Índice de Exposición en el sexo masculino fue de 286.4 +/- 60.5 con respecto al Índice de Exposición al Blanco (331.41 +/- 30.92), se acercó más a los valores adecuados al rango establecido por este. Pero sin evidenciar gran variación con el sexo femenino que presentó 260.1 +/- 58.2, que tampoco se alejó de los valores correctos. No hay diferencia significativa en el sexo del paciente, y si queremos ser minuciosos, la subexposición en pequeños valores, no genera inconvenientes a la imagen ni al diagnóstico, los motivos asignados a que las mujeres se alejen un poco más que los varones del rango establecido como adecuado en esta investigación podrían asignarse a querer cumplir con la menor cantidad de exposición radiológica, véase que las mujeres se alejan más del rango pero generan menos cantidad de radiación emitida a los detectores y por ende a ellas, pero la variación es muy pequeña por lo cual podría asignarse a muchos factores que la alteren.

Tabla 3.

Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según grupo etario.

| Índice de exposición | | | | | | |
|----------------------|------|-------|---------|------------|--------|--------|
| Grupo Etario | N | Media | Mediana | Desv. típ. | Mínimo | Máximo |
| Niños | 141 | 288.9 | 274 | 91.5 | 90 | 583 |
| Adolescentes | 82 | 259.8 | 262 | 59.5 | 94 | 425 |
| Adultos Jóvenes | 679 | 277.9 | 272 | 60.6 | 109 | 540 |
| Adultos | 1283 | 274.5 | 272 | 57.6 | 79 | 512 |
| Adultos mayores | 202 | 266.6 | 263.5 | 53.7 | 86 | 493 |
| Total | 2387 | 275.2 | 271 | 60.9 | 79 | 583 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se describe las medidas de tendencia central y dispersión del Índice de Exposición de radiografías de tórax, según la edad categorizada en grupos etarios.

Las medias aritméticas obtenidas fueron 288.9 +/- 91.5 (niños), 259.8 +/- 59.5 (adolescentes), 277.9 +/- 60.6 (adultos jóvenes), 274.5 +/- 57.6 (adultos) y 266.6 +/- 53.7 (adultos mayores). Luego de analizar la presenta tabla los Índices de Exposición que se acercaron más al promedio del rango establecido por el Índice de Exposición al Blanco (331.41 +/- 30.92) fueron Adultos Jóvenes y Adultos, mientras que los niños (288.9 +/- 91.5) aunque presentan el valor medio muy cercano al blanco por la misma desviación típica que tienen poseen valores de índices de exposición que se acercan y se alejan en mayor medida del promedio del IEB. Los Adolescentes (259.8 +/- 59.5) y Adultos mayores (266.6 +/- 53.7) fueron los que más se alejaron. Concluyendo con que las variaciones respecto al rango asignado como adecuado tampoco han presentado gran variación entre los grupos etarios categorizados. Con ello se podría sugerir al servicio de radiología reducir el Índice de Exposición para los niños por lo tanto menor cantidad de radiación al detector pero no tan alejado del rango establecido por el Índice de Exposición al Blanco del fabricante.

Tabla 4.

Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según Kilovoltaje.

| Kilovoltaje | N | Media | Mediana | Desv. típ. | Mínimo | Máximo |
|-------------|------|-------|---------|------------|--------|--------|
| ≤ 125 | 1486 | 261.9 | 260 | 55.2 | 86 | 583 |
| 126 - 142 | 881 | 296.7 | 294 | 63.1 | 79 | 540 |
| ≥ 143 | 20 | 315.0 | 295 | 85.6 | 197 | 512 |
| Total | 2387 | 275.2 | 271 | 60.9 | 79 | 583 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4, se describen las medidas de tendencia central y dispersión del Índice de Exposición de radiografías de tórax, según el kilovoltaje (Kv) empleado por el tecnólogo médico en radiología.

Obteniéndose los siguientes valores, 261.9 +/- 55.2 (≤ 125 kV), 296.7 +/- 63.1 (126 – 142 kV) y 315 +/- 85.6 (≥ 143). Es evidente que se ha utilizado la técnica de alto kilovoltaje, pero podemos verificar que cuanto mayor es el kilovoltaje mayor es el Índice de Exposición obtenido. La relación directamente proporcional salta en evidencia entre el Kilovoltaje y el Índice de Exposición, al recibir mayor cantidad de radiación a los detectores mayor es la cantidad del Índice de Exposición, esta medida no es mala para el paciente en este caso, porque el kilovoltaje mientras se encuentre siendo utilizado en esta técnica resulta en una dosis de radiación en el paciente que es mucho menor y como vemos no hay una variación relevante con respecto al rango establecido del Índice de Exposición al Blanco, por lo tanto no presupone una sobreexposición en el paciente, ni una variación en la calidad de imagen.

Tabla 5.

Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según miliampersegundo.

| Miliampersegundo | Índice de exposición | | | | | |
|------------------|----------------------|-------|---------|------------|--------|--------|
| | N | Media | Mediana | Desv. típ. | Mínimo | Máximo |
| ≤ 2,0 | 1605 | 257.4 | 256 | 49.5 | 79 | 450 |
| 2,1 - 7,6 | 776 | 310.9 | 305 | 64.5 | 134 | 583 |
| ≥ 7,7 | 6 | 412.5 | 439.5 | 141.4 | 199 | 556 |
| Total | 2387 | 275.2 | 271 | 60.9 | 79 | 583 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5, se describen las medidas de tendencia central y dispersión del Índice de Exposición de radiografías de tórax, según el miliampersegundo (mAs) utilizado por el profesional tecnólogo médico en radiología en el servicio de radiodiagnóstico de una institución privada de salud en Lima, durante el año 2019.

Se obtuvieron las siguientes medias aritméticas: 257.4 +/- 49.5 ($\leq 2,0$ mAs), 310.9 +/- 64.5 (2.1 – 7.6 mAs) y 412.5 +/- 141.4 ($\geq 7,7$). Es evidente que a mayor sea el miliampersegundo mayor es el Índice de Exposición, una relación directamente proporcional como con el Kilovoltaje. Con la técnica de alto kilovoltaje que se trabaja en el servicio de radiología, en la cual se tiene presente la reducción de la dosis de radiación al paciente, teniendo en cuenta los principios fundamentales de protección radiológica, es por ello que se requiere que las cantidades de radiación al paciente sean mínimas, y al ser los pulmones estructura de aire no requieren mayor cantidad de radiación, para ello la técnica de alto kilovoltaje con su poder de penetración alta logra que la información llegue de manera suficiente a los detectores de imagen.

Tabla 6.

Índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según proyección.

| Proyección | Índice de exposición | | | | | |
|------------|----------------------|-------|---------|------------|--------|--------|
| | N | Media | Mediana | Desv. típ. | Mínimo | Máximo |
| Frontal AP | 51 | 326.0 | 336 | 105.1 | 120 | 583 |
| Frontal PA | 2296 | 275.2 | 271 | 58.4 | 86 | 556 |
| Lateral | 40 | 207.3 | 187.5 | 64.4 | 79 | 357 |
| Total | 2387 | 275.2 | 271 | 60.9 | 79 | 583 |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6, se describen las medidas de tendencia central y dispersión del Índice de Exposición de radiografías de tórax, según la proyección utilizada por el tecnólogo médico en radiología en una institución privada de salud en Lima, durante el año 2019. Se obtuvieron los siguientes resultados en relación a la media aritmética del Índice de Exposición: 326 +/- 105.1 (Proyección Frontal con incidencia Anteroposterior), 275.2 +/- 58.4 (Proyección Frontal con incidencia Posteroanterior) y 207.3 +/- 64.4 (Proyección Frontal con incidencia Latero Lateral). Con esto se puede verificar que el mínimo valor de la media para el Índice de Exposición se obtuvo en la Proyección lateral con Incidencia Latero Lateral y además a la Proyección Frontal en la Incidencia AP alcanzó un mayor valor de la media en el Índice de Exposición que a su incidencia antagonista. Con ello podemos concluir que el valor de Índice de Exposición (207.3 +/- 64.4) de la Proyección Lateral con Incidencia Latero Lateral, presenta con respecto al valor de Índice de Exposición al Blanco (331.41 +/- 30.92) o rango establecido como adecuado, una ligera subexposición, que en representación de Índice de Desviación, va en el rango menor a -1, esto quiere decir una subexposición al detector de imagen, como lo establece el fabricante que sigue los criterios de la norma IEC62494-1 de la Comisión Electrotécnica Internacional y del Reporte n°116 de la Asociación Americana de Físicos en Medicina. En lo que respecta a las demás proyecciones especificadas no hay variación que se dispare del rango establecido.

Tabla 7.

Evaluación del Índice de Exposición según rangos establecidos por el IEC y AAPM.

| Índice de Exposición (FE* \bar{x} IEB) | Índice de Desviación | Factor de Exposición (FE) | Evaluación de rangos establecidos por el IEC y AAPM |
|--|----------------------|------------------------------|---|
| > 662.82 0% [0] | > +3 | > 2.00 | Sobreexposición Elevada |
| 414.26 a 662.82 2.3% [55] | +1 a +3 | 1.25 a 2.00 | Sobreexposición |
| 414.25 a 265.13 \bar{x} IEB: 331.41 51.3% [1225] | +0.99 a -0.99 | 1.24 a 0.81 | Adecuado |
| 265.12 a 165.70 44.4% [1059] | -1 a -3 | 0.80 a 0.50 | Subexposición |
| <165.70 2% [48] | < -3 | < 0.50 | Subexposición a Evaluación |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7, se describe que un 51.3% de los valores del Índice de Exposición se consideran como adecuados, 2.3% representan la totalidad de valores sobreexpuestos, 44.4% subexpuestos y con 2% valores subexpuestos sujetos a evaluación, siendo estos rangos establecidos por la Comisión Electrotécnica Internacional y la Asociación Americana de Fisicos en Medicina. A partir de los resultados encontrados se puede afirmar que el 98% de las exposiciones se ubican entre el rango de Índice de Exposición de 165.70 a 662.82 que corresponde al rango entre -3 a +3 de Índice de Desviación respectivamente y el 2% restante a exposiciones < -3, no se observaron valores > +3.

En el anexo III, se encontrará una tabla más precisa, de cómo se llegó a estos resultados.

Tabla 8.

Evaluación del Índice de Exposición a partir de rangos establecidos por el IEC y AAPM, según sexo.

| Evaluación de rangos establecidos por el IEC y AAPM | | SEXO | | Total |
|---|-----------------|---------------|---------------|----------------|
| | | Masculino | Femenino | |
| Sobreexposición +1 a +3 | 414.26 a 662.82 | 38 1.6% | 17 0.7% | 55 2.3% |
| Adecuado +0.99 a -0.99 | 414.25 a 265.13 | 815 34.1% | 410 17.2% | 1225 51.3% |
| Subexposición -1 a -3 | 265.12 a 165.70 | 490 20.5% | 569 23.8% | 1059 44.4% |
| Subexposición a Evaluación < -3 | <165.70 | 22 0.9% | 26 1.1% | 48 2.0% |
| TOTAL | | 1365 57.2% | 1022 42.8% | 2387 100.0% |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8, podemos evidenciar que al sexo masculino con 1365 valores de Índice de Exposición representan un 34.1% de sus datos en el rango adecuado (+0.99 a -0.99 de Índice de Desviación), ello se encuentra en mayor proporción que la sobreexposición o subexposición. Si concatenamos los rangos de subexposición y subexposición a evaluación se obtiene 21.4% de todos los valores y 1.6% sobreexposición, mientras que la sobreexposición elevada es un porcentaje nulo por no presentar valores de la muestra en él. Se puede concluir que el porcentaje de valores en el rango adecuado es mayor que los valores fuera de este, con respecto al sexo masculino.

Para el sexo femenino nos muestran lo inverso a los expuesto en el anterior párrafo, con 1022 valores de Índice de Exposición, solo un 17.2% representa lo adecuado, mientras que un 24.9% corresponde a la suma de los porcentajes del rango de subexposición y subexposición a evaluación, y la sobreexposición viene representada solo por un 0.7%. Se concluye que hay más cantidad de valores subexpuestos que en el rango adecuado, con respecto al sexo femenino.

Por lo visto en una percepción global si bien hay datos de subexposición no se alejan mucho del valor ideal, así como valores de sobreexposición que representan una cantidad minima de toda la muestra. Mientras que la cantidad de datos no sobrepasen en gran cantidad los límites -3 a +3 de índice de desviación propuesto por el IEC y el AAPM, podriamos decir que las exposiciones al detector de imagen están siendo constantes y adecuadas, es por ello la necesidad de un monitoreo de estos datos mensualmente en todos los servicios de radiología digital.

Tabla 9.

Evaluación del Índice de Exposición a partir de rangos establecidos por el IEC y AAPM, según grupo etario.

| Evaluación de rangos establecidos por el IEC y AAPM | | Grupo Etario | | | | | Total |
|---|----------|--------------|--------------|-----------------|---------|-----------------|--------|
| | | Niños | Adolescentes | Adultos Jóvenes | Adultos | Adultos mayores | |
| Sobreexposición +1 a +3 | 414.26 a | 10 | 1 | 20 | 23 | 1 | 55 |
| | 662.82 | 0.4% | .0% | 0.8% | 1.0% | .0% | 2.3% |
| Adecuado +0.99 a -0.99 | 414.25 a | 66 | 37 | 351 | 675 | 96 | 1225 |
| | 265.13 | 2.8% | 1.6% | 14.7% | 28.2% | 4.0% | 51.3% |
| Subexposición -1 a -3 | 265.12 a | 55 | 39 | 298 | 566 | 101 | 1059 |
| | 165.70 | 2.3% | 1.6% | 12.5% | 23.7% | 4.2% | 44.4% |
| Subexposición a Evaluación < -3 | <165.70 | 10 | 5 | 10 | 19 | 4 | 48 |
| | | 0.4% | 0.2% | 0.4% | 0.8% | 0.2% | 2.0% |
| TOTAL | | 141 | 82 | 679 | 1283 | 202 | 2387 |
| | | 5.9% | 3.4% | 28.4% | 53.7% | 8.5% | 100.0% |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9, los valores de Índice de Desviación que más se acercan al rango adecuado son los del grupo etario de adultos jóvenes y adultos, con un 14.7% de 2387 pacientes y 28.2% de 2387 pacientes respectivamente, mientras que los niños alcanzan un 2.8% de los valores considerados como adecuados del total de pacientes atendidos, aunque también tienen varios valores fuera de los límites adecuados. Los grupos etarios con menos cantidad de valores cercanos al rango adecuado son los adultos mayores y los adolescentes.

Tabla 10.

Evaluación del Índice de Exposición a partir de rangos establecidos por el IEC y AAPM, según proyección radiológica.

| Evaluación de rangos establecidos por el IEC y AAPM | | Proyección Radiológica | | | Total |
|---|----------|------------------------|------------|---------|--------|
| | | Frontal PA | Frontal AP | Lateral | |
| Sobreexposición +1 a +3 | 414.26 a | 48 | 7 | 0 | 55 |
| | 662.82 | 2.0% | .3% | 0.0% | 2.3% |
| Adecuado +0.99 a -0.99 | 414.25 a | 1187 | 30 | 8 | 1225 |
| | 265.13 | 49.7% | 1.3% | .3% | 51.3% |
| Subexposición -1 a -3 | 265.12 a | 1025 | 10 | 24 | 1059 |
| | 165.70 | 42.9% | .4% | 1.0% | 44.4% |
| Subexposición a Evaluación < -3 | <165.70 | 36 | 4 | 8 | 48 |
| | | 1.5% | .2% | .3% | 2.0% |
| TOTAL | | 2296 | 51 | 40 | 2387 |
| | | 96.2% | 2.1% | 1.7% | 100.0% |

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 10, tanto la proyección radiológica Frontal PA (49.7%) como la Frontal AP (1.3%) presentan en la mayoría de sus valores de Índice de Exposición un rango establecido como adecuado. Lo más resaltante es la cantidad de imágenes que se encuentran en la proyección Frontal PA con un grado de sobreexposición si bien no son más del doble de la exposición adecuada, es preferible mantener los niveles de radiación a un mínimo, para seguir con los principios de protección radiológica, sería ideal que alcancen el rango establecido como adecuado o hasta permitirse un rango de subexposición leve, porque los sistemas digitales al poseer amplio rango dinámico su calidad de imagen que se requiere para el diagnóstico no se ve afectada sustancialmente, además de ayudar en la reducción de los niveles de radiación en los pacientes. En el caso de las proyecciones Laterales con incidencia Latero Lateral solo un 0.3% se encuentran en el rango adecuado y las restantes se sitúan entre subexposición o subexposición a evaluación (1.3%).

V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados encontrados en la presente investigación el 98% de las exposiciones se ubican entre el rango de Índice de Exposición de 165.70 a 662.82 que corresponde a -3 y +3 de Índice de Desviación respectivamente y el 2% restante a exposiciones < -3 , estos resultados se asemejan a los de Cohen et al.(2010), que representaron un 93% de las exposiciones en el rango de -3 a +3 y un 7% englobó a valores $>+3$ (5%) y <-3 (2%), en su estudio hay el mismo porcentaje de valores que representan subexposiciones menores a -3 que en nuestra investigación (2% en ambos), pero valores de sobreexposición mayores a +3 (5%), que no se asemejan a la nuestra que no tiene valores que lo sobrepasen. Para ambos estudios los rangos establecidos por la Comisión Electrotécnica Internacional y la Asociación Americana de Físicos en Medicina se mantienen en su mayoría como adecuados, y los sobreexpuestos y subexpuestos sin una variación alarmante porque no generan en el detector de imagen exposiciones de más del doble o menos del doble de la sugerida (Índice de Exposición al Blanco). Cohen et al. (2010) en su investigación también percibió la relación entre el Índice de Exposición, el kVp y el mAs en la cual se observó que el Índice de Exposición se incrementa mientras el kVp lo hace, mientras que se mantiene constante el valor del mAs, esta relación la denominaron como regresión no lineal, lo valores no progresan de una etapa a otra, si no hacen pequeñas variaciones, generando una curva de respuesta. En cambio, si la regresión se quiere mantener lineal, mientras que el Índice de Exposición se incrementa, el kVp se tiene que mantener constante, y la exposición (mAs) por ende varía con el IE de manera lineal, todo esto también se evidencia en la presente investigación en la cual se verificó que cuan mayor fue el kVp y el mAs mayor fue el Índice de Exposición.

En lo que se refiere al Índice de Exposición según la proyección radiológica Mothiram et al. (2013) en la investigación que realizaron con 5000 datos a evaluar, se tomaron las siguientes proyecciones tórax (n=4352), abdomen (n=400) y pelvis (n=244) en un período de 35 días entre Octubre a Noviembre del 2010, en un hospital anónimo. En ese estudio al trabajar con diversos equipos, cada fabricante tenían sus propios rangos establecidos, tanto Siemens 150-400 (EXI⁶), Philips 250-630 Philips (EI⁶) y Carestream 1700-1900 (EI⁶) aún no se aplicaban el Índice de Exposición estandarizado por la Comisión Electrotécnica Internacional en colaboración con la Asociación Americana de Físicos en Medicina, por lo que sus relaciones y medidas se hicieron por separado, pero aun así podemos identificar cuáles fueron las proyecciones que recibieron valores adecuados al rango establecido. Según las proyecciones mencionadas, directamente compararemos con las de tórax que fueron evaluados los datos de los Índices de Exposición para cada equipo, Siemens DR en la proyección Frontal PA con 2453 imágenes, de estas un 6% de imágenes fueron asignadas con subexposición, mientras 1% con sobreexposición. En la proyección Lateral un 13% de 107 imágenes presentan sobreexposición, y 1% subexposición. En las proyecciones de tórax Frontal AP y Lateral en decúbito, solo presentan subexposición el 25% de 4 imágenes y 50% de 2 imágenes para cada caso respectivo, como se ve la cantidad de personas evaluadas en estas dos últimas proyecciones es muy pequeña. Muy importante recalcar que los valores de otras partes del cuerpo como la pelvis recibieron índices de sobreexposición con 67% de 239 imágenes, se ve que los valores adquieren una mayor tendencia a sobreexposición o subexposición, que no es similar a nuestra investigación porque no se presenta una cantidad exorbitante de valores que no cumplen el rango asignado como adecuado, si bien en nuestra investigación se categorizó en sobreexposición elevada, sobreexposición, adecuada, subexposición y subexposición a evaluación, la >+3 (sobreexposición elevada) no

estuvo presente en ninguna de las proyecciones, la sobreexposición (+1 a +3) un 2% en frontal PA, y 0.3% en frontal AP todo de un total de 55 imágenes (2.3% de 2387 imágenes), sin proyección lateral que constituya una sobreexposición, 42.9% de 2296 imágenes frontales PA (96.2% de 2387 imágenes) con subexposición en la proyección mencionada y 1.5% del total (2387 imágenes) para la subexposición a evaluación en frontal PA, 0.2% en proyección frontal AP y 0.3% en lateral para la misma categoría, según las consideraciones del fabricante y tomando referencia a lo estipulado por la IEC y AAPM, los rango de subexposición (-1 a -3) y sobreexposición (+1 a +3) no son tomadas como exposiciones que generen que la cantidad de radiación ascienda el doble o se reduzca a la mitad en +25%/-20% por cada cambio en el índice de desviación ± 1 (IEC,2008), por ello no tenemos muchos valores que incumplen las referencias que se dieron. Siguiendo con el estudio de Mothiram et al. (2013) para los demás equipos como Philips DR en tórax PA con 213 imágenes presenta solo 1% de subexposición, la proyección tórax AP de 9 imágenes con 11% de sobreexposición y subexposición cada una, mientras que la proyección de tórax lateral con ninguna variación del rango de exposición al blanco deseado. Del sistema Carestream Health CR, se encontró la mayor cantidad de valores fuera de los rangos correctos, teniendo al tórax portátil con 1261 imágenes con 79% de sobreexposición y 3% de subexposición, y del tórax tomado dentro del servicio, que son 273 imágenes, 72% de ellas son sobreexpuestas y 4% subexpuestas.

Con esto concluimos que nuestra variación según nuestros rangos categorizados son más afines a los valores propuesto, que los de Mothiram et al.(2013) que tuvieron medidas que como ellos concluyen en su trabajo que la mayoría de exámenes estuvieron fuera del rango adecuado especificado por los fabricantes de los equipos, para ello se requiere una constante evaluación y control a los índices de exposición que estén funcionando adecuadamente, todo en pie a buscar

a que estos asistan en el mejoramiento de la calidad de imagen y a la reducción de la dosis a los pacientes.

En lo que respecta al género del paciente Mothiram et al. (2013) encontró variaciones en el IE entre el sexo masculino y femenino, siendo estas últimas las que presentaron valores mayores con respecto a lo ideal para la mayoría de los equipos en evaluación, esto contrasta parte de la investigación de Lewis, Pieterse y Lawrence (2018) que evalúan factores que afectan el índice de exposición, entre ellos mencionan al sexo del paciente que también identificaron una mayor variación de este índice en las mujeres que en los hombres, ellos evaluaron un total de 1442 valores, el 50% de los valores evaluados de IE cumplieron con el IEB dado por los fabricantes, mientras el 27% correspondieron a factores por encima de IEB por lo tanto a una sobreexposición y el 23% restante indicaron una subexposición, si bien son valores que necesitan supervisión se asemejan un poco más a nuestra investigación para Lewis, Pieterse y Lawrence (2018) el género del paciente no tuvo influencia significativa en los datos de IE recibidos, mientras hubo correlación significativa entre la examinación hecha, la proyección, la presencia de prótesis en el paciente, la colimación y el uso de grilla antidifusora. Ellos si bien consideran que el sexo femenino presenta una variación a evaluación con respecto al sexo masculino, también hacen referencia a uno de sus antecedentes que como ellos, proponen que las variaciones del IE en el sexo femenino fueron atribuidos a la no optimización de la técnica de exposición que corresponde a parámetros como kV como mAs y más (Lanca y Silva, 2008). Aunque nuestro trabajo se base en solo la descripción de datos del índice de exposición en las diversas categorías asignadas, sin buscarle netamente una relación profunda entre el sexo del paciente o el grupo etario que pueden ser valores muy subjetivos al no presentarse como factores que afecten directamente el índice de exposición por algún motivo, como se aprecia en los

antecedentes que realizaron una investigación más acuciosa hacia esos aspectos, ellos mismos sugieren que se necesitaría una evaluación más exhaustiva para ello. En si no hay mucha variación entre varones y mujeres en nuestro estudio, si bien la mujeres tienen más cantidad de valores que denotan subexposición, pueden ser muchos motivos por los que se llegue también a esto. En lo que respecta al grupo etario también se representa a adultos jóvenes, con un 28% del total de pacientes (2387) entre los rangos correctos y adultos con 52.9% de 2387 pacientes, estos son los que más se asemejan a los valores ideales. Lo que se busca aquí no es que sobrepasen ni se alejen mucho de los valores correctos o adecuados porque si no se generarían cantidades de radiación innecesarias para los pacientes como también defectos en la calidad de imagen, como cantidades de ruido que eviten realizar un diagnóstico correcto. Es por ello la importancia de todas las herramientas que nos puedan servir para lograr un trabajo en los servicios de radiología digital que sean óptimos, con todas las verificaciones establecidas y los controles de calidad necesarios, para garantizar exámenes radiológicos que sigan todos los protocolos de calidad y principios de protección radiológica, que este conocimiento sirva para que los tecnólogos médicos puedan solicitar esta herramienta y proponerla en servicios para que forme parte del programa de control de calidad de cada servicio de radiología digital. Para terminar nos referiremos a Scott et al. (2016), que la investigación que desarrollaron se recolectaron índices de exposición, sus rangos respectivos y valores del índices de exposición al blanco, por cada período de tiempo que tuvieron sus 4 equipos en evaluación, separando a cada unidad y su contrapuesta en áreas separadas, la unidad A1 y B1 entre el año 2014 -2015 representaba un 80 a 85% de sus valores de IE dentro del rango establecido, en el 2015 se buscó que los datos cuadraran más con los indicados por el fabricante, haciendo recalibraciones, test, etc, por ello en la unidad A1 que representaba el 50% de todas las proyecciones que se

analizaron en el 2015, ya no mostró valores fuera del rango requerido. Para la unidad A2 y B2 también disminuyó de pre y post calibración 38% vs 41% y 53% vs 68% respectivamente. Al final las unidades A2 y B2 equiparon su reducción de dosis con la exposición institucional solicitada. Con esto tanto Lopes et al (2012) y Butler et al (2009), también concluyeron que el conocer los valores de Índice de Exposición para cualquier estructura examinada son necesarios para alcanzar las referencias propuestas por los fabricantes, el último mencionado incluso usó el criterio de VGA (Visual Grading Analysis), para evaluar su calidad de imagen y con esto poder junto al índice de exposición, sugerir una reducción de los rangos establecidos, y por ende del Índice de Exposición al Blanco, para cada estructura corporal.

Cada institución debe tomar todas las recomendaciones posibles de cada estudio en mención y si hay herramientas propuestas, con normas asignadas para ello, con ayuda de tecnólogos médicos, físicos médicos, médicos radiólogos e ingenieros de la rama, se pueda lograr buscar esta optimización general a cada servicio de radiología digital.

VI: CONCLUSIONES

Luego del análisis de los resultados se emiten las siguientes conclusiones:

- El promedio del Índice de Exposición de las radiografías de tórax de la institución privada de salud durante el año 2019 es con respecto al rango establecido de Índice de Exposición al Blanco como adecuado por ende, no representa una sobreexposición ni subexposición a los detectores de imagen.
- No se evidencia diferencia en los valores medios del Índice de Exposición en lo que respecta al sexo del paciente y el rango establecido de Índice de Exposición al blanco, que se denota como adecuado tanto para los pacientes del sexo masculino como femenino.
- No se evidencia diferencia en los valores medios del Índice de Exposición entre los grupos etarios categorizados con respecto al rango asignado como adecuado del Índice de Exposición al blanco. Los categoría de los niños presentan el valor medio del Índice de Exposición más cercano al valor medio del Índice de Exposición al Blanco, pero con una desviación típica más marcada, si bien tiene algunos de sus valores más cercanos a los valores adecuados, se podría reducir como las demás categorías etarias, ya que es indispensable que los niños reciban una cantidad menor de radiación.
- Tanto jóvenes adultos como adultos presentaron los valores de índice de exposición más constantes y más cercanos a los índices al blanco solicitados.
- Tanto el Kilovoltaje (kV) como el Miliampersegundo (mAs) aumentan o disminuyen en función del promedio del Índice de Exposición, es decir a mayor cantidad de radiación a los detectores de imagen, mayor es el Índice de Exposición.
- En lo que respecta a las proyecciones radiológicas, el valor medio del Índice de Exposición en la Proyección Lateral con Incidencia Latero Lateral, presenta con respecto al valor de

Índice de Exposición al Blanco o rango establecido como adecuado, una ligera subexposición. Las proyecciones radiológicas restantes frontal tanto de incidencia AP como PA se encuentra conforme a los criterios establecidos como adecuados, sin sobre o sub exposición al detector de imagen.

VII: RECOMENDACIONES

- Se sugiere usar los Índices de Exposición que siguen los criterios de la norma IEC 62494-1 de la Comisión Electrotécnica Internacional y del Reporte n°116 de la Asociación Americana de Físicos en Medicina, que esta forma unificada de ver los diversos índices dados por los fabricantes de los diversos equipos de radiología digital se habiliten para tener un solo lenguaje en el cual podamos identificar muy fácilmente estos índices no solo en un servicio de radiología si no en varias instituciones y poder compararlas fácilmente, sirviendo como un criterio universal más para el control de calidad de los equipos de radiología digital.
- Se recomienda a los tecnólogos médicos en radiología, estar en constante revisión de las herramientas y técnicas que ofrecen los fabricantes de los equipos de radiología digital para optimizar y mejorar los procedimientos en los servicios de rayos x con sistema digital CR o DR, con esto el presente trabajo de investigación expone a los Índices de Exposición como una forma para que cumplan con este fin.
- Se sugiere un seguimiento y supervisión a los Índices de Exposición si se implementan en los servicios de radiología digital, porque suponen una manera de conocer la cantidad de radiación que llega a los detectores digitales de imagen, por ello deben de estar funcionantes y calibrados correctamente por los fabricantes de los equipos.
- Los Índices de Exposición entran en la categoría para formar parte de un programa de control de calidad de las imágenes radiográficas de un servicio, hay muchos factores que pueden alterar a estos índices, es por ello que si se realiza la recolección de los datos mensuales de los índices de exposición en los servicios de radiología, podríamos apreciar si hay sobreexposición o subexposición a los detectores de imagen, y poder encontrar que es lo que podría hacer que se emita mas radiación de la necesaria (que es perjudicial para el

paciente, sobreexposición), o quizá saturación en la cantidad de ruido de las imágenes (que afecta a la calidad, subexposición).

- La presente investigación queda abierta para futuras investigaciones en el Perú, que puedan abarcar todos los exámenes radiológicos, hacer seguimientos mensuales en sus servicios, constatar las técnicas radiológicas usadas y mejorarlas, incluso promover la realización por parte de los tecnólogos médicos u oficiales de protección radiológica de sus propios índices de exposición al blanco, si es que lo consideran necesario para lograr una mejor calidad de imagen con la menor cantidad de radiación al paciente.

VIII: REFERENCIAS

- AGFA HealthCare. (2009). CR General Info FAQ "*Exposure Index*". Alemania: AGFA HealthCare. Recuperado de file:///C:/Users/ILF/Downloads/Application%20Note%20-%20FAQ%20Exposure%20Index.pdf.
- American Association of Physicists in Medicine. (2009) Report NO.116: An Exposure Indicator for Digital Radiography. [ebook]: https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_116.PDF
- Alsleem, H. y Davidson, R. (2012). *Quality parameters and assessment methods of digital radiography images* Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2051-3909.2012.tb00174.x>
- Buscà, J., Vigil, A., y Medina, R. (2010). Radiología digital en los servicios de radiodiagnóstico. Parámetros dosimétricos. *Elsevier*, 1(2), 70-72.
- Butler, M., Rainford, L., Last, J., & Brennan, P. (2009). Optimization of exposure index values for the antero-posterior pelvis and antero-posterior knee examination. Proceedings Volume 7263, Medical Imaging: Image Perception, Observer Performance, and Technology Assessment. Recovered from <https://doi.org/10.1117/12.810748>
- Cohen, M., Cooper, M., Piersall, K., Apgar, B. (2010). Quality assurance: using the exposure index and the deviation index to monitor radiation exposure for portable chest radiographs in neonates. *Pediatr Radiol.*, 41(5), 592-601. doi: 10.1007/s00247-010-1951-9. DOI: 10.1007/s00247-010-1951-9
- Comisión Electrotécnica Internacional. (2008). *Norma Internacional. Equipos electromédicos – Índice de exposición de los sistemas digitales de imágenes de rayos X – Parte 1:*

Definiciones y requisitos para la radiografía general. Switzerland: Comisión Electrotécnica Internacional.

Consejo de Seguridad Nuclear. (2009). *El haz de radiación. Espectro de rayos x.* Recuperado de:

http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/639339385_3010200912229.pdf

De la Cámara, M. (2013). Dos décadas de radiología digital. ¿Puedes mejorar los parámetros de la Digitalización? Recuperado de <http://www.tecnicosradiologia.com/2012/09/20-anos-de-radiologia-digital-puedes.htm>

Guzmán, E. (2018). *Importancia del control de calidad de un equipo de radiografía general.* (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/8475/Guzman_ge.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Peruano de Energía Nuclear (2005). *Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Médico,* Lima, Perú, Centro Superior de Estudios Nucleares.

Lewis, S., Pieterse, T., & Lawrence, H. (2019). Retrospective evaluation of exposure indicators: a pilot study of exposure technique in digital radiography. *J Med Radiat Sci.*, 66 (1), 38–43

Lopes, R., Domingos, L., Mortágua, P[^]., Azoia de Cima, P. (2012). *Evaluation and Optimization of Exposure Index in Lumbar Spine and Pelvis X-Ray.* European Society of Radiology

- Mothiram, U., Brennan P., Robinson J., Lewis S., Moran B. (2013). Retrospective evaluation of exposure index (EI) values from plain radiographs reveals important considerations for quality improvement. *J Med Radiat Sci.*, 60(4), 115–122. doi: 10.1002/jmrs.25
- Oberto Gu., Glotz G., Jader C., Fachel R., Goldmeier. (2016) Correlación entre el índice de masa corporal y la absorción de los rayos X en la radiografía de tórax. *Imagen diagnostica.* 7; 1; 19-24
- Rady Children's Hospital San Diego. (2019). *Radiografía: tórax*. Recuperado de <https://www.rchsd.org/health-articles/radiografa-trax/>
- Samei, E., Hill, J.G., Frey, G.D., Southgate, W.M., Mah, E., DeLong, D. (2003). Evaluation of a flat panel digital radiographic system for low-dose portable imaging of neonates. *Med. Phys.* 30, 601–607.
- Sociedad Española de Física Médica. (2013). *Introducción al Control de Calidad en Radiología Digital*. España: Sociedad Española de Física Medica. Recuperado de <http://proteccionradiologica.cl/wp-content/uploads/2016/08/8-2013-Control-de-calidad-en-Radiologia-Digital.pdf>
- Scott, A., Zhou, Y., Allahverdian, J., Nute, J., & Lee, C. (2016). Evaluation of digital radiography practice using exposure index tracking. *J Appl Clin Med Phys.*, 17(6), 343-355. doi: 10.1120/jacmp.v17i6.6082
- Tavera F., Zariñan G., Granados J., Hernández RT. (2017) Optimización de dosis efectiva, al usar rayos X para radiodiagnóstico en pacientes de Latinoamérica. VII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud. 15-17

Sociedad Argentina de Radioprotección. (2014). *Publicación 93. Gestión de la dosis al paciente en radiología digital*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección.

Recuperado de http://www.icrp.org/docs/P93_Spanish.pdf

Williams M., Krupinski E., Strauss K., Breeden W., Rzeszotarski M., Applegate K., Wyatt M.,

Bjork S., Seibert A. (2007). *Digital Radiography Image Quality: Image Acquisition*. EE.

UU: American College of Radiology. Recuperado de

[file:///E:/nueva%20bibliografia/vdocuments.mx_digital-radiography-image-quality-](file:///E:/nueva%20bibliografia/vdocuments.mx_digital-radiography-image-quality-image-acquisition.pdf)

[image-acquisition.pdf](file:///E:/nueva%20bibliografia/vdocuments.mx_digital-radiography-image-quality-image-acquisition.pdf).

IX: ANEXOS

ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| MATRIZ DE CONSISTENCIA: INDICE DE EXPOSICIÓN EN RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX - INSTITUCIÓN PRIVADA DE SALUD EN LIMA; 2019 | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--|----------|---|--|
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | VARIABLES DE ESTUDIO | FORMA DE REGISTRO | ESCALAS | INSTRUMENTO DE MEDICIÓN | METODOLOGÍA |
| <p>Problema General:</p> <p>P_G ¿Cuánto es el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019?</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>O_G Conocer el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019.</p> | Índice de Exposición | Números enteros sin unidades | De Razón | Ficha de Recolección de datos (<i>A partir del reporte estadístico Agfa del Equipo DX-D300</i>) | <p>Diseño de Estudio: Descriptivo Retrospectivo de corte transversal</p> <p>Población: Las radiografías de tórax (Proyección Frontal y Lateral) correspondiente a pacientes de una Institución Privada de Salud en Lima de enero a diciembre del 2019 (N=8 640)</p> <p>Muestra: Cabe resaltar que el cálculo muestral solo indica el mínimo número a recolectar, por lo cual se decidió recolectar información de toda la población que cumplía con la totalidad de los criterios establecidos, utilizando una gran muestra de 2387 imágenes. (n= 2387)</p> |
| <p>Problemas Específicos</p> <p>P₁ ¿Cuánto es el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según características demográficas básicas?</p> | <p>Objetivos específicos</p> <p>E₁ Conocer el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según características demográficas básicas.</p> | Sexo | Femenino Masculino | Nominal | Ficha de Recolección de datos (<i>A partir del reporte estadístico Agfa del Equipo DX-D300</i>) | |
| | | Grupo Etario | Niños Adolescente Adultos jóvenes Adultos Adultos Mayores | Ordinal | Ficha de Recolección de | |
| <p>P₂ ¿Cuánto es el índice de exposición según los factores utilizados para la adquisición de radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019?</p> | <p>E₂ Estimar el índice de exposición según los factores utilizados para la adquisición de radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019.</p> | Kilovoltaje | ≤ 125 126 – 142 ≥ 143 | De Razón | datos (<i>A partir del</i> | |
| | | Miliampersegundo | ≤ 2,0 2,1 - 7,6 ≥ 7,7 | De Razón | <i>reporte estadístico Agfa del Equipo DX-D300</i>) | |
| <p>P₃ ¿Cuánto es el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según proyección utilizada?</p> | <p>E₃ Estimar el índice de exposición en radiografías de tórax de pacientes de una institución privada de salud en Lima durante el año 2019, según proyección utilizada.</p> | Proyección Radiográfica | Frontal Lateral | Nominal | | |

ANEXO II: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA
ESCUELA PROFESIONAL RADIO IMAGEN
ESPECIALIDAD DE RADIOLOGÍA
ÍNDICE DE EXPOSICIÓN EN RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX - INSTITUCIÓN
PRIVADA DE SALUD EN LIMA; 2019

HOJA N°: _____

I.DATOS DEL PACIENTE

1. EDAD: _____

2. SEXO:

Masculino Femenino

3. PROYECCIÓN RADIOLÓGICA:

Proyección lateral

Proyección frontal posteroanterior

Proyección frontal anteroposterior

II.ÍNDICE DE EXPOSICIÓN DE RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX

1. Índice de exposición (EI) : _____

1.1.Índice de Desviación (DI): _____

$$DI = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{EI}{EI_T} \right)$$

1.2.Índice de Exposición al Blanco (EI_T): _____

2. Factores:

○ Kilovoltaje: _____

○ Miliampersegundo: _____

ANEXO III:

Tabla 11.

Evaluación del Índice de Exposición según rangos establecidos por el IEC, AAPM y especificaciones del fabricante del equipo.

| Índice de Exposición | Índice de Exposición al Blanco(\bar{x} IEB) | Índice de Desviación | Factor de Exposición | Según IEC y AAPM Evaluación de rangos establecidos |
|----------------------|--|----------------------|----------------------|--|
| > 662.82 | 331.41 | >+ 3 | > 2 | Sobreexposición Elevada |
| 414.26 a 662.82 | 331.41 | +1 a +3 | 1.25 a 2.00 | Sobreexposición |
| | 331.41 | | | |
| | 331.41 | | | |
| 414.25 a 265.13 | 331.41 | +0.99 a -0.99 | 1.24 a 0.81 | Adecuado |
| 265.12 a 165.70 | 331.41 | -1 a -3 | 0.80 a 0.50 | Subexposición |
| | 331.41 | | | |
| | 331.41 | | | |
| <165.70 | 331.41 | < -3 | < 0.40 | Subexposición a Evaluación |

Fuente: Elaboración Propia

- Siendo 331.41 la media del Índice de Exposición al Blanco.
- Los rangos referidos de Índice de Exposición son producto de la media del IEB y los factores de exposición.
- Para el fabricante del equipo aunque sigue las normas califica a los Índices de Desviación +1 a +3, +0.99 a -0.99 y -1 a -3 como valores óptimos o adecuados (color verde), por más que la IEC y el AAPM los consideran como valores sobreexpuestos o subexpuestos pero en menor medida porque no llegan a más del doble ni a menos de la mitad del Índice de Exposición al Blanco dado.
- Los rangos de color amarillo son los que hay que prestar atención ya que suman más del doble y menos de la mitad del Índice de Exposición al Blanco dado, recomendación basada en lo sugerido por el IEC y el AAPM.

ANEXO IV: Permiso de la Institución Privada de Salud para acceso a base de datos.**CARTA DE AUTORIZACIÓN**

Sra.

Lic. Ruth Esperanza Lizarzaburu Florian
Jefa de la Oficina de Servicios Académicos
Facultad de Tecnología Médica
Universidad Nacional Federico Villarreal

Estimada Lic. Lizarzaburu:

Mediante la presente carta dirigieme a usted, reciba un cordial saludo y a la vez manifestarle que se autorizó a la Srta. Bachiller, Giraldo Lujan Camila Rosmery, de la facultad de Tecnología Médica de la Universidad Nacional Federico Villarreal de la especialidad de Radiología, para acceder a realizar el trabajo de investigación en el servicio de Rayos X de la entidad privada de salud SuizaLab S.A.C, titulado **“ÍNDICE DE EXPOSICIÓN EN RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX- INSTITUCIÓN PRIVADA DE SALUD EN LIMA; 2019”** y de acuerdo a las normas sectoriales vigentes coadyuvar en la investigación médica.

Sin otro particular quedo ante usted.

Atentamente.

JEFE DEL SERVICIO DE RADIOLOGÍA
SUIZALAB S.A.C.

Mg. Alan Orellana García