



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

**“DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE ÍNDICE DE DOSIS EN
TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (CTDI) EN ESTUDIOS DE TÓRAX
REALIZADOS EN UN HOSPITAL DE NIVEL IV ENTRE MARZO-AGOSTO
2020”**

“DESCRIPTION OF THE LEVELS OF DOSE INDEX IN COMPUTERIZED
TOMOGRAPHY (CTDI) IN STUDIES OF THE CHEST PERFORMED IN A
HOSPITAL LEVEL 4 BETWEEN MARCH AND AUGUST 2020”

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

AUTORES:

IRMA MILAGROS GARCIA PENAS

LIDIA AUGUSTA HERRERA VASQUEZ

ASESOR

LIC. FELIX ALEXANDER NEYRA AGUILAR

CO-ASESOR

DR. MANUEL TOMAS CASTILLO PORTILLA

LIMA -PERU

2023

JURADOS

Presidente: Lic. Nora Del Pilar Acosta Rengifo

Vocal: Lic. Marco Antonio Rivero Mendoza

Secretario: Mg. Edward Antonio Meca Castro

Fecha de sustentación: 23 de febrero del 2023

Calificación: APROBADO

ASESORES DE TESIS

Lic.FM. Félix Alexander Neyra Aguilar

Departamento Académico de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0002-5590-2322

Dr. Manuel Tomás Castillo Portilla

Departamento Académico de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

ORCID: 0000-0003-2573-4118

DEDICATORIA:

Dedicamos el presente trabajo a nuestros padres por habernos brindado su apoyo incondicional durante toda la carrera. A todas aquellas personas que confiaron en nosotras y nos alentaron a seguir luchando por cumplir nuestras metas.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, quien es el principal motor de todos nuestros actos, gracias a su eterno amor y a toda la bendición que nos brinda durante el camino trazado.

A nuestros asesores, el Lic. FM. Félix Neyra y el Dr. Manuel Castillo, quienes nos brindaron su valioso tiempo, su dedicación y sobre todo a su paciencia a lo largo de la realización del presente trabajo.

Al servicio de ecotomografía del HNGAI por ser partícipe de nuestro proyecto, a los Licenciados a cargo del servicio y al jefe del departamento por el apoyo con la obtención de información fundamental para nuestro instrumento.

A la empresa investigadora del software simulador, G Stamm. quien fue una pieza fundamental, quien nos brindó la accesibilidad al programa utilizado en el presente estudio.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Autofinanciado

RESULTADO DEL INFORME DE SOLICITUD

DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE ÍNDICE DE DOSIS EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (CTDI) EN ESTUDIOS DE TÓRAX REALIZADOS EN UN HOSPITAL DE NIVEL IV ENTRE MARZO-AGOSTO 2020.

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

ww1.essalud.gob.pe

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.upch.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

duict.upch.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

5

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

www.elsevier.es

Fuente de Internet

1%

7

dokumen.pub

Fuente de Internet

1%

8

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
IV. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES	36
VII. LIMITACIONES	38
VIII. RECOMENDACIONES	38
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
X. TABLAS GRAFICOS Y FIGURAS.....	43
XI. ANEXOS.....	

RESUMEN

Antecedentes: La tomografía computarizada, es el estudio radiológico con mayor sensibilidad en el campo diagnóstico, el incremento de su uso estima cierta responsabilidad sobre los riesgos producidos, generando inquietudes que guían a las investigaciones a evaluar los niveles de dosis de radiación impartidos en cada exposición. **Objetivo:** Describir el Índice de Dosis en Tomografía Computarizada de tórax realizados en el Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen entre los meses marzo – agosto 2020. **Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio observacional, de tipo descriptivo y de corte transversal con los datos del CTDI y DLP del tomógrafo PHILLIPS, se simularon dichos datos con el software CT-Expo V2.3, se compararon ambas informaciones y se registraron en tablas y gráficos de barras mediante el programa Microsoft Excel 2015. **Resultados:** De 395 TC de tórax, la población más expuesta fue el sexo masculino (55%) mayores de 59 años (52%), los valores promedios fueron: Peso:84 Kg, Talla: 1,66 cm. Para el Índice de Dosis, los valores promedios fueron: tomógrafo PHILLIPS: 9,58 mGy, Software Ct-Expo: 9,5 mGy. Para el Producto Dosis Longitud, los valores promedios fueron: tomógrafo PHILLIPS: 466,2 mGy*cm, Software Ct-Expo: 471 mGy*cm. Para la dosis efectiva, el valor obtenido del simulador fue de 7,84 mSv **Conclusión:** El Software Simulador CT-Expo es una herramienta valiosa, ya que estima la dosis de radiación de una población con características estándares, señalando una mejor precisión dosimétrica del tórax.

Palabras Claves: Tomografía Computarizada; índice de dosis en tomografía computarizada; Producto dosis longitud; dosis equivalente; dosis efectiva; Software de dosimetría CT-Expo.

ABSTRACT

Background: Computed tomography is the radiological study with the greatest sensitivity in the diagnostic field, the increase in its use creates awareness of the risks produced, generating concerns that guide research to evaluate the dose levels given in each exposure. **Objective:** To describe the Dose Index in Computed Tomography of the chest performed at the Guillermo Almenara Irigoyen National Hospital between March and August 2020. **Materials and Methods:** An observational, descriptive and cross-sectional study was carried out with the CTDI and DLP data from the PHILLIPS tomograph, the data were simulated with the CT-Expo V2.3 software, both data were compared and recorded in tables and bar graphs using Microsoft Office Excel 2015. **Results:** Out of 395 chest CT scans, the most exposed population was male (55%) over 59 years old (52%), the average values were: Weight: 84 kg, Height: 1.66 cm. For the Dose Index, the average values were: PHILLIPS tomograph: 9.58 mGy, Ct-Expo Software: 9.5 mGy. For the Product Dose Length, the average values were: PHILLIPS tomograph: 466.2 mGy*cm, Ct-Expo Software: 471.69 mGy*cm. For the effective dose, the value obtained from the simulator was 7.84 mSv **Conclusion:** The CT-Expo Simulator Software is a valuable tool, as it estimates the radiation dose of a population with standard characteristics, indicating a better dosimetric accuracy of the chest.

Key words: Computed tomography; computed tomography dose index; dose-length product; dose equivalent; effective dose; CT-Expo dosimetry software.

I. INTRODUCCIÓN

La tomografía computarizada (TC) del tórax es una técnica de diagnóstico por imágenes que ha cumplido un importante rol en los últimos años en el campo de la medicina. Se sabe que, en el año 2000 en EEUU, se realizaron 62 millones de estos estudios aproximadamente y se señala, que de la radiación a la que se expone el ser humano, el 56% consiste en radiación ionizante. Por ello, se deduce que la elevada demanda de los exámenes por tomografía computarizada y su accesible disponibilidad a diferencia de otros métodos de imágenes, involucra la aplicación de los Rayos X de manera constante. En este aspecto, las investigaciones han demostrado, que la radiación ionizante es capaz de producir cambios estructurales a nivel genético, por lo que su realización debe estar estrictamente basada en los principios de protección radiológica. (1)

Esta técnica innovadora hace uso de los Rayos X mediante un sistema que permite procesar la información obtenida de cortes secuenciales en una estructura anatómica específica, con el objetivo de obtener imágenes fusionadas y reconstruidas en base a dichos cortes, este sistema cuenta con la capacidad de reconstrucción en 2 y 3 dimensiones (2D) y (3D) respectivamente. Las imágenes tomográficas brindan información muy importante del área estudiada. Sin embargo, el avance de esta tecnología trae consigo el conocimiento de los riesgos involucrados debido a la dosis de radiación recibidas por los pacientes sometidos a estudios por Tomografía Computarizada. (2)

Brevemente describiremos los conceptos dosimétricos utilizados en Tomografía Computarizada, como son:

1.1 KERMA

El kerma se define para la radiación ionizante con partículas sin carga, como los fotones y está relacionado con el primer paso de transferencia de energía a la materia, en la que los fotones transmiten su energía a las partículas cargadas secundarias en forma de energía cinética.

Está definido en la siguiente ecuación:

$$D_T = \frac{d\varepsilon(\text{transferida})}{dm}$$

Se expresa en unidades igual a la de la dosis absorbida y es medido en Gy

1.2 KAP:

Se define como la integral del kerma en aire sobre el área del haz de rayos X en un plano perpendicular al eje del haz, se expresa como:

$$P_{KA} = \int_A K(X, Y) dx dy$$

1.3 PRODUCTO KERMA LONGITUD:

Es el cociente de la integral del kerma en aire a lo largo de una línea paralela al eje de rotación en un escáner por TC. Se define como:

$$P_{KL} = \int_L K(x) dx$$

Está expresado en unidades de mGy*Cm y generalmente se utiliza una cámara de ionización de transmisión plana para medir su magnitud.

1.4 ÍNDICE DE DOSIS EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA:

El índice de dosis en CT ($C_{a,100}$) medido para una rotación de escáner por TC es el cociente de la integral de kerma en aire a lo largo de una línea paralela al eje de rotación “Z” de un TC en una longitud de 100 mm y el producto del número de cortes tomográficos N, por el espesor de corte del mismo “T”. El rango de la integración se coloca simétricamente sobre el volumen escaneado.

Este definido por la siguiente ecuación:

$$C_{a.100} = \frac{1}{NT} \int_{-50}^{+50} k(z) dz$$

“Se expresa en unidades de mGy”

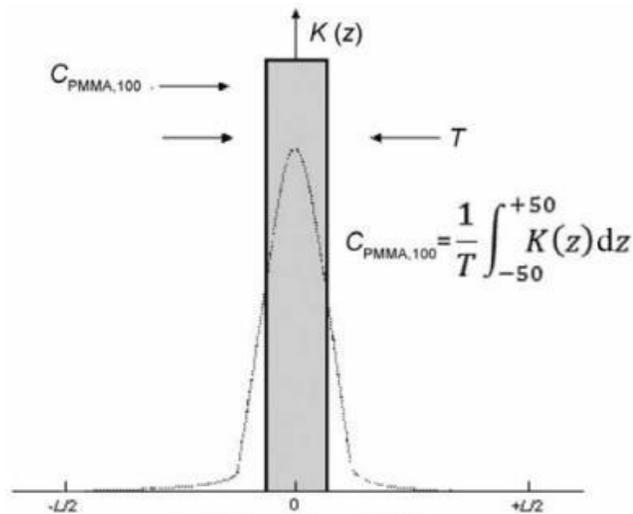


Fig 1. Distancia de corte al centro

Donde: $K_{(z)}$ es el perfil del kerma en aire, para un maniquí de dosimetría en TC a lo largo de un eje y para un corte tomográfico de espesor nominal T expresado en "mm". El índice de kerma en TC se obtiene integrando el kerma en aire sobre una longitud de 100 mm ($C_{PMMA,100}$)

1.5 INDICE DE DOSIS EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA VOLUMÉTRICO "CTDI_{vol}"

Representa la dosis de radiación en volumen (X-Y-Z), atribuible al cociente del índice de dosis ponderado por el producto de la cantidad y espesor de cortes dividido entre la distancia recorrida por la camilla en un escaneo helicoidal.

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w \cdot NT}{l}$$

$$CTDI_{vol} = \frac{1}{pitch} \cdot CTDI_w$$

"Se expresa en unidades de mGy"

1.6 PRODUCTO DOSIS POR LONGITUD "DLP":

Está definida como la integral del kerma en aire sobre el área del haz de rayos X en un plano perpendicular al eje del haz. Se expresa en unidades de mGy*cm.

Está definido por la siguiente ecuación

$$P_{KL} = \int_L K(x) dx$$

Donde: $K(x)$ es el kerma en aire y $d(x)$ es la distancia recorrida

1.7 DOSIS ABSORBIDA:

La dosis absorbida (D), una magnitud física no estocástica, se define como la relación $\frac{d\varepsilon}{dm}$, donde “ $d\varepsilon$ ” es el valor esperado de la energía impartida por cualquier radiación ionizante a la materia de masa, “ dm ”. La dosis absorbida se expresa en las mismas unidades que el kerma, es decir, julios por kilogramo (J/kg) o gray (Gy).

Está definido por la siguiente ecuación:

$$D_T = \frac{d\varepsilon(\text{absorbida})}{dm}$$

1.8 DOSIS EQUIVALENTE:

Es el producto de un factor de ponderación (W) para un solo tipo de radiación R y la dosis adquirida por el órgano irradiado (D_T).

Está definido por la siguiente ecuación:

$$H_T = W_R D_T$$

“Se expresa en unidades de Sievert (Sv)”

1.9 DOSIS EFECTIVA:

Es la medida del detrimento combinado de los efectos estocásticos para todos los órganos y tejidos de un adulto. Es la sumatoria del producto de la dosis

equivalente por un factor de ponderación (para pulmón =1) del tejido.

Está definido por la siguiente ecuación:

$$E = \sum_T W_T H_T$$

Se expresa en unidades de Sievert (Sv)

Donde: W_T es el factor de ponderación del tejido, el cual representa la relación del tejido al efecto causado por la radiación ionizante y H_T es la dosis equivalente del mismo tejido.

Por otro lado, la dosis recibida durante los estudios por tomografía computarizada, se representa como un factor basado en el promedio de radiación absorbida a lo largo del eje longitudinal del paciente (eje Z), al finalizar cada rotación completa del tubo de rayos X durante una exploración. Dicho valor es denominado “Pitch” y es obtenido a partir de la medición de una exploración en cortes axiales, este factor PITCH, se calcula al dividir la dosis que se absorbe en el eje y el ancho total del haz de rayos x. Como se describe en la siguiente ecuación:

$$Pitch = \frac{\text{recorrido de la camilla (z).rotación del tubo (360°)}}{\text{Grosor de corte (mm)}}$$

Finalmente, el registro de estos datos es proporcionada por los equipos de tomografía después de cada exploración, por lo que podemos estimar las dosis aproximadas que recibe cada paciente durante un estudio por tomografía

computarizada del tórax. (2)

Cabe mencionar que, los estudios del tórax por Tomografía Computarizada constituyen el porcentaje de exámenes con mayor sensibilidad para la detección de la patología torácica. Estos estudios proporcionan importantes datos anatómicos que son indispensables para el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad pulmonar. Podemos afirmar que este método, es único en su modalidad de aplicación, por esta razón, debe ser conocido y manipulado bajo estrictos estándares establecidos con el objetivo de mantener un índice de dosis respetable para cada estudio realizado (4).

En este aspecto, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) 103, publicó una revisión de sus recomendaciones básicas, donde plantea conservar los límites de dosis de la radiación ionizante, reforzando la optimización como principio de protección radiológica, el cual se debe aplicar de manera similar en todos los casos que impliquen una exposición a las radiaciones ionizantes, con el objetivo de actualizar, consolidar y orientar temas sobre el control de dichas exposiciones. Estas recomendaciones están sujetas a restricciones de dosis y riesgos individuales, de manera que se centra en mantener una ponderación y un límite de la radiación recibida por cada tejido en cantidades de dosis equivalentes y dosis efectiva. (5)

Los niveles de referencia utilizados en el campo del diagnóstico por imágenes con radiación ionizante nos indica si las dosis de radiación administrada al

paciente, en condiciones de rutina y durante un procedimiento en específico, es determinadamente alta o baja para dicho procedimiento.

Con la finalidad de hacer referencia a los puntos antes mencionados, la empresa G. Stamm creó un software simulador que puede ser utilizado en los estudios de tomografía computarizada, esta herramienta es un programa llamado “Simulador CT-Expo”, que es utilizado para calcular el Índice de Dosis por Tomografía Computarizada en volumen (CTDIvol), el Producto de Dosis por Longitud (DLP) y la Dosis Efectiva (E), de acuerdo a lo establecido en la ICRP 103. Su funcionamiento está basado en brindar cálculos de dosis de radiación para exámenes de TC estándar con protocolos para pacientes adultos y de ambos sexos, independientemente del tipo de scanner. Este software hace una exploración de todas las partes del cuerpo humano y brinda resultados que se pueden utilizar para la optimización posterior de nuevos protocolos de exploración. (6)

La OMS plantea que, la dosis de radiación adquirida durante las exploraciones por tomografía computarizada se manifiestan riesgos de efectos a largo plazo, dichos riesgos pueden aparecer incluso, muchísimos años después de haberse sometido a dichos exámenes, asimismo es directamente proporcional a la dosis de radiación recibida. En este aspecto, podemos afirmar que, la radiación ionizante es el parámetro clave que limita el uso de la tomografía computarizada y dado el riesgo que presenta, por ello el uso responsable de esta técnica implica que las instituciones prestadoras de servicios de salud están obligadas a

implementar protocolos de adquisición específicos en cada paciente. (7)

Mohamed Abdelaziz Galal realizó un estudio en el año 2007 en Sudán, que tiene como título “Dosis de radiación a los pacientes calculada de forma rutinaria”, el objetivo de este estudio fue calcular el índice de dosis en TC en volumen (CTDIvol), el producto dosis por longitud (DLP) y la dosis efectiva mediante el software CT- expo en estudios de cabeza, cuello, abdomen, pelvis y tórax, comparando los resultados adquiridos con estudios similares en Japón, Reino Unido y Alemania, se analizó una muestra de 250 pacientes adultos en 4 hospitales, el valor del CTDIvol medio obtenido por el tomógrafo fue de 9.2 mGy y el valor calculado con el simulador CT-Expo V1.21 fue de 10.2 mGy, mientras que, el valor del DLP medio obtenido por el tomógrafo fue de 171 mGy*cm y el valor calculado con el simulador CT-Expo V1.21 fue de 163 mGy*cm, estimando una Dosis Efectiva media de 3.3 mSv. Finalmente se determinó que los valores obtenidos se encontraban dentro de la literatura internacional recomendada, por lo que se establece que se debe tener en cuenta las consideraciones necesarias.

Otro estudio realizado en el año 2018 en Nigeria, titulado “Patient Dose Estimation Using CT-Expo Software at Two Hospitals in North-Central Nigeria” el objetivo de esta investigación fue determinar el índice de dosis volumétrica en tomografía computarizada (CTDIvol), el producto de la dosis por la longitud (DLP), y dosis efectiva con el simulador CT Expo ; obtenidos de dos equipos de diferentes marcas (Toshiba Aquilion y Phillips Brilliance)

ambos de 16 cortes , se registró la información en una hoja de cálculo para estimar las dosis administradas .El valor medio para el CTDIvol fue de 19 mGy y 10.6 mGy, y para el Producto de la dosis por longitud (DLP) fueron de 734.3mGy*cm y 458mGy*cm comparando con otros estudios realizados en USA, Alemania y Kenia. Finalmente, se concluye que el software CT-Expo arrojó buenos resultados y se estima que esta herramienta es de mucha utilidad para obtener la dosis de radiación de los pacientes sometidos a los estudios tomográficos. (2)

En el estudio realizado por A. Abdullah¹, Z. Sun, N. Pongnapang y col, titulado: “Comparison of Computed Tomography dose Reporting software , los investigadores realizaron una comparación de las Dosis Efectivas, utilizando maniqués con algoritmos matemáticos para adultos, obtenidas con 3 paquetes de Software digitales para exámenes más comunes de TC, realizaron estimaciones para exámenes de cabeza , tórax, abdomen y pelvis basadas en los protocolos recomendados en Europa, utilizaron un tomógrafo de un solo corte Siemens Somatom Plus 4, y otro tomógrafo con modo de adquisición Multicorte, ambos de la marca Siemens modelo Sensation 16. Los resultados mostraron que existen algunas diferencias en los informes de dosis finales, y que también hubo desviaciones de las dosis efectivas, los porcentajes de confianza oscilan entre 3.3% y el 23.4% de un solo corte y 10.6% y 43.8% Multicorte, concluyendo Podemos mencionar que esta ligera diferencia se atribuye a la necesidad de estimar factores de exposición apropiados para cada

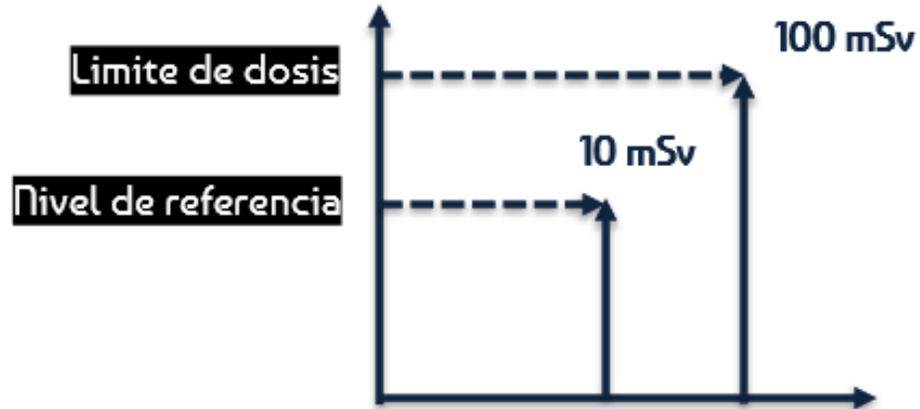
tipo de Software, permitiendo conocer la desviación inesperada del protocolo utilizado, la técnica o del incorrecto funcionamiento del equipo

Otro estudio realizado en el año 2020 por K. Okyere y col, titulado “benchmarking of a new automatic ct radiation dose calculator”, desarrolló una comparación de las Dosis Efectivas mediante los programas Dose Watch y CT-Expo V2.5. Los datos de dosis de 150 pacientes adultos (66 hombres y 84 mujeres), que se sometieron a exámenes de TC de la cabeza, abdominopélvicos o del tórax, se recopilaron retrospectivamente mediante DoseWatch. La dosis efectiva estimada por éste fue significativamente menor que la de CT-Expo, en el cual se evidenció un valor medio de 1.25 mSv para la Dosis Efectiva de los estudios tomográficos de tórax en Dose Watch, y un valor medio de 3.5 mSv para la Dosis Efectiva de los estudios tomográficos de tórax en CT-Expo. Por lo que podemos aseverar que, la diferencia de las dosis efectivas obtenidas se puede atribuir a la variación de la anatomía de los maniqués utilizados en ambos simuladores tanto para varones como para mujeres, existiendo diferencias en la geometría de los órganos. Sin embargo, cabe recalcar que, ambos simuladores responden correctamente a la estimación de las dosis efectivas.

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación busca describir las dosis de radiación generadas en los estudios tomográficos del tórax aplicando

la herramienta simuladora de cálculo de dosis CT-Expo versión 2.3 con la finalidad de orientar la optimización de los protocolos de los TC de tórax, de manera que se logre establecer un correcto seguimiento y control dosimétrico para cada procedimiento tomográfico en específico.

Asimismo, buscamos comparar los resultados dosimétricos obtenidos con los niveles de referencia recomendados por la ICRP 103, para evitar que las dosis de radiación generadas no excedan los límites establecidos, manteniendo presente los tres principios fundamentales de protección radiológica.



Nivel de referencia (10 mSv) y límite de dosis (100 mSv), valores estimados en las recomendaciones descritas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP 103)

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Describir los niveles de Índice de Dosis en Tomografía Computarizada (CTDI) de estudios de tórax realizados en el hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen entre los meses marzo-agosto correspondiente al año 2020.

Objetivos específicos

1. Describir los Índices de Dosis Volumétrica en Tomografía Computarizada (CDTIvol) de los estudios tomográficos de tórax.
2. Describir el Producto de la Dosis por Longitud (DLP) de los estudios tomográficos de tórax.
3. Describir la Dosis Efectiva generadas en el tórax con metodología de la ICRP 103 mediante un software simulador CT-Expo v2.3, a través de los datos de exposición utilizados en los estudios tomográficos.
4. Describir las características de los pacientes involucrados en el estudio en relación al sexo, edad, peso y talla.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

El presente estudio, es de tipo observacional, de corte transversal y descriptivo, el cual tuvo como propósito determinar en un momento único los niveles del Índice de Dosis en Tomografía Computarizada de los estudios del tórax, es decir, se describieron y explicaron las variables mediante la recolección de datos de los estudios realizados en el periodo indicado, dicha información se encuentra en la base de datos del servicio de Tomografía Computarizada del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen.

Población y Lugar de estudio

Población. Estuvo conformada por 10, 731 tomografías de tórax.

Lugar de estudio. Servicio de Tomografía Computarizada, que forma parte del Departamento de Eco-Tomografía del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen.

Criterios de inclusión

Tomografías de tórax realizados entre el periodo de los meses marzo - agosto del año 2020.

Tomografías de tórax sin indicación de medio de contraste radiológico.

Tomografías de tórax cuyas imágenes están almacenadas en el sistema PACS y que cuenten con su correspondiente reporte de dosis.

Tomografías de tórax adquiridos con protocolo de rutina.

Tomografías de tórax de pacientes de ambos sexos

Tomografías de tórax de pacientes adultos, mayores de 18 años.

Criterios de exclusión

Tomografías de tórax con indicación de medio de contraste radiológico.

Tomografías de tórax de pacientes pediátricos.

Tomografías de tórax de pacientes gestantes.

Tomografías de pacientes que se hayan sometido a exploraciones adicionales al estudio del tórax.

Tomografías de tórax de pacientes adultos, menores de 18 años.

Tamaño Muestral y Muestreo

Planteamos un tamaño muestral de 408 exámenes tomográficos de tórax según lo establecido en el diseño del estudio. De los cuales 37 estudios (10%) estarían dentro del margen de pérdida. Por esta razón, sólo los estudios tomográficos de tórax que cumplieron con todos los criterios de inclusión requeridos fueron 395 estudios.

Muestreo

Se empleó el muestreo probabilístico aleatorio simple.

De los 10733 seleccionamos 408 exámenes por tomografía de tórax se llegó a un nivel de confianza al 95% debido a que no hay un estudio de prevalencia (50%) y con un porcentaje de error del 5%. Empleándose la siguiente fórmula

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: Es el tamaño de la muestra.

N: Es el tamaño de la población.

Z: Nivel de confianza: 95% que corresponde a un valor de 1.96

p: 0.5 Probabilidad de éxito, o proporción esperada

q: 0.5 Probabilidad de fracaso

e: Porcentaje de error

$$n = 371$$

A continuación, se realiza el reemplazo de los datos:

$$= \frac{(10,731) * (1.96)^2 * (0.05) * (0.05)}{(10,731 - 1) * (0.05)^2 + (1.96)^2 * (0.05) * (0.05)} = 370.92$$

$$n = 371$$

Instrumento de investigación

En nuestro estudio, la técnica utilizada estuvo fundamentada en la evaluación de Registros electrónicos y registros físicos de los estudios tomográficos de tórax realizados en el periodo de interés. También se aplicó la técnica de observación indirecta, ya que la información está clasificada en base a los reportes de los Índice de dosis en tomografía computarizada de tórax ubicados en el sistema PACS del Servicio de Tomografía del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen.

Para la descripción de la estimación de la dosis, el instrumento utilizado fue el software simulador CT Expo versión 2.3. El acceso a dicho programa fue obtenido mediante el permiso solicitado vía correo electrónico. El cual fue aceptado y posteriormente descargado en la plataforma de nuestros portátiles Windows.

El programa se utilizó para el cálculo de los datos dosimétricos como: Índice de Dosis en Tomografía Computarizada (CTDI), Producto de la Dosis por Longitud (DLP), Dosis equivalente (H) y Dosis efectiva (E).

Este simulador está desarrollado en la aplicación Excel que trabaja bajo el sistema operativo Windows 10 en Visual Basic, dicho programa se puede ejecutar en una computadora con Windows o en su defecto, en computadoras Apple. Debido a los módulos de Visual Basic utilizados actualmente, el Excel debe estar disponible a partir de la versión Excel 97 o Excel 98. (ANEXO 1)

- Software: CT-Expo
- Versión: 2.3
- País de origen: Alemania
- Fabricante: empresa G. Stamm - Facultad de Medicina de Hannover
- Año de creación: 1999

Para la adquisición de la información de entrada se elaboró una ficha de recolección de datos, en la que se incluyó las variables imprescindibles para nuestro estudio. (ANEXO 1)

Procedimientos y técnicas

Procedimientos administrativos

Luego de obtener la aprobación de nuestra investigación: “Descripción de los niveles de índice de dosis en tomografía computarizada (CTDI) en estudios de tórax realizados en un hospital de nivel IV entre marzo-agosto 2020” por parte del comité de ética y comités correspondientes de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPH), se hizo llegar el documento de permiso al jefe del departamento de Eco-Tomografía del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen, solicitando el acceso respectivo para poder ingresar a la base de datos del sistema PACS del hospital antes mencionado (ANEXO 2).

Obtenido dicho permiso y teniendo toda la información a nuestro alcance, se hizo una exploración precisa y detallada de los estudios registrados en la base

de datos (sistema PACS) del hospital, entre el periodo desde marzo - agosto del año 2020 y sólo se tomaron en cuenta para nuestro estudio, los datos de los pacientes que cumplían con los criterios de inclusión requeridos.

Procedimientos técnicos

Procedimiento para obtener información en la ficha de recolección de datos:

Con respecto a la ficha de recolección de datos, la misma estuvo determinada por los siguientes puntos:

Datos del paciente:

- Código del estudio
- Edad (años)
- Sexo (F/M)
- Peso (kg)
- Talla (cm)

Datos que brinda el equipo

- Voltaje (KVp)
- Corriente (mA)
- Tiempo (s)
- Corriente instantánea (mAs)

- Longitud del estudio (cm)
- Número de cortes (n)
- Colimación (mm)
- Ancho del haz (mm)
- Avance de la camilla por rotación del tubo (PITCH)
- Tiempo de exploración (s)

Datos dosimétricos. (ANEXO 3)

- Índice de Dosis en Tomografía Computarizada por Volumen (CDTIvol): mGy.
- Producto de la Dosis por Longitud (DLP): mGy x cm.
- Dosis equivalente (H): Sv.
- Dosis efectiva (E): mSv.

Instrumentación del equipo:

Tomógrafo Ingenuity Core 64 cortes

Este equipo en particular fue seleccionado como material de nuestra investigación, debido a que se realizaron únicamente estudios del tórax, dada la situación de la pandemia Covid-19 por la que se atravesaba en nuestro país durante el periodo Marzo – Agosto del año 2020. (ANEXO 4)

- Equipo: Tomógrafo
- Marca: Phillips

- Modelo: Ingenuity Core
- Número de cortes: 64
- Modalidad de adquisición: Tomografía Espiral Multicorte (TEM)

Los datos necesarios que fueron obtenidos del equipo son:

- Voltaje (KVp)
- Corriente (mA)
- Tiempo (s)
- Corriente instantánea (mAs)
- Longitud del estudio (cm)
- Número de cortes (n)
- Colimación (mm)
- Ancho del haz (mm)
- Avance de la camilla por rotación del tubo (PITCH)
- Tiempo de exploración (s)

Asimismo, se extrajo la información dosimétrica:

- Índice de Dosis en Tomografía Computarizada por volumen (CTDIvol)
- Producto de la Dosis por Longitud (DLP)

Datos técnicos del equipo

TUBO

- Capacidad calorífica: 8 MHU
- Puntos Focales: Small 0.5 x 1.0 Large 1.0 x 1.0
- Capacidad de rotación del ánodo: 105 Hz (6.300 rpm)

GANTRY

- Tiempo de rotación: 0.4 ; 0.5 ; 0.75 ; 1 ; 1.5 ; seg en 360°
- Apertura: 700 mm
- Pitch ;1
- Velocidad longitudinal; 0.5 mm/s

GENERADOR

- Potencia: 80 KW
- Kv: 80, 100, 120, 140
- mA: 20-665
- Modulación de dosis: Índice DoseRight activado

DETECTOR

- Numero de cortes: 64
- Cobertura: 40 mm
- Ancho de corte: 0.67 – 5 mm
- Angulo de corte: 240° - 360°
- FOV: 250 mm – 500 mm

Documentos pertinentes para el correcto funcionamiento del equipo

Control de calidad

Licencia de operación

Protocolo de rutina utilizado

Para la presente investigación se utilizó el protocolo institucional del proceso de atención de exámenes de Tomografía Computarizada del tórax, el cual se encuentra en la guía técnica de manejo del equipo Phillips del hospital.

Posición del paciente

- Posición supina
- Brazos colocados por encima de la cabeza
- Estudio realizado en apnea

Parámetros de exploración

- Scout: frontal y lateral
- Línea de referencia: manubrio esternal, apófisis xifoides
- Rango de escaneo: desde el borde superior de los campos pulmonares, hasta las glándulas suprarrenales
- Grosor de corte: 0.5 – 1.0 mm
- Incremento de grosor de corte: 0.4 – 0.8 mm
- Pitch: 1
- Velocidad de rotación: 0.3- 0.75 seg
- Filtro de reconstrucción: estándar
- Kv: 120
- mA: Modulación de dosis activada

- FOV: 400 mm (de acuerdo a la contextura del paciente)

Parámetros de reconstrucción

Volumen

- Grosor de corte: 0.5 – 1.0 mm
- Intervalo: 0.3 – 0.8 mm
- Filtro: estándar

Ventana mediastínica:

- Grosor de corte: 5.0 x 5.0 mm

Ventana parenquimal:

- Grosor de corte: 1.0 x 5.0 mm

Coronal y Sagital:

- Será de acuerdo con la necesidad y a la patología del estudio

Procedimientos de adquisición de datos utilizando el software simulador

Para el manejo del software CT-Expo se requiere de conocimientos técnicos de dosimetría, factores de exposición, técnicas específicas y estimación de las dosis, así como el conocimiento de los términos utilizados en acrónimos para todos los estudios del tórax por tomografía. De igual forma, es necesario el conocimiento básico del programa Excel ya que todas las operaciones realizadas en el mismo se dan de manera automática.

Gracias a los datos adquiridos del equipo antes mencionado y posteriormente registrados en la ficha, se optó por seleccionar la información técnica de todos los estudios tomográficos del tórax. Para luego proceder a realizar la simulación registrando dichos datos en el presente programa (CT-Expo).

Para realizar una simulación en el programa CT Expo, en primer lugar, se selecciona la pestaña “calculate” utilizada para la simulación del cálculo de los datos dosimétricos, nos permite evaluar las dosis para todos los grupos de edad y género, luego esta entrada nos muestra directamente 7 patrones descritos a continuación: (ANEXO 5)

- La primera entrada nos permite seleccionar el tipo de paciente entre: Adulto, niño o bebé. Y el sexo entre masculino y femenino.
- La segunda entrada, nos permite seleccionar el rango de escaneo en la posición, éste se puede definir directamente ingresando los valores numéricos del límite superior e inferior (-Z y +Z) lo que posteriormente nos indicará el rango de la longitud en centímetros (cm).
- La tercera entrada, nos permite seleccionar el modelo de escaneo
- La cuarta entrada, nos indica la adaptación del modo de escaneo
- La quinta entrada, nos permite seleccionar los parámetros de escaneo
- La sexta entrada, nos brinda los resultados de las dosis evaluadas por el scan, obtenidos en valores de Índice de Dosis en TC, Producto de la Dosis por Longitud y Dosis Efectiva.
- La séptima entrada nos brinda las dosis evaluadas por el cálculo del

software haciendo referencia con lo establecido por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) 103.

- Finalmente, y como aporte a los datos obtenidos, el simulador CT-Exponos brinda las dosis obtenidas en cada órgano que se considera en riesgo (OR) al encontrarse adyacente al área irradiada en cada estudio.

Análisis de datos

Para el análisis de la información registrada, fue necesario llenar correctamente la ficha de recolección de datos, la misma que estuvo conformada por información del equipo y de los obtenidos en la simulación del software. Luego, se compararon los datos dosimétricos, obteniendo un informe del CTDIvol, DLP y de la Dosis Efectiva de todos los estudios tomográficos del tórax.

Aspectos Éticos

Este protocolo se registró en el Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación (SIDISI) - Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT), y fue evaluado por el Comité de Ética de la UPCH (CIE-UPCH) previamente a su ejecución. Durante la implementación del estudio se respetó los principios éticos delineados en la Declaración de Helsinki, y se siguieron estrictamente las recomendaciones realizadas por el CIE-UPCH.

Plan de Análisis

Teniendo en cuenta la muestra de 395 estudios tomográficos del tórax con la respectiva base de datos, la información se redactó en el formato de EXCEL v.2015, se verificó la integridad de los mismos y se realizó un análisis descriptivo usando frecuencias y porcentajes para las variables categóricas. Asimismo, se evaluó las variables numéricas con la prueba estadística Kolmogórov-Smirnov, al determinar que no tenían un comportamiento normal se describieron los datos con medianas y percentiles. Finalmente se representó en gráfico de barras los intervalos de dichas variables.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos respecto a las características sociodemográficas evidenciaron que de 395 pacientes (100%) sometidos a estudios tomográficos del tórax durante el periodo establecido, el sexo masculino se mantuvo a predominio con un 55%. Con respecto a la edad, los hallazgos presentaron una edad promedio de 59 ± 2.58 años, siendo la edad mínima de 18 años y la edad máxima de 99 años. Con respecto al peso, la población estimada mostró un promedio de 73.04 kg, siendo el mínimo de 50kg y un máximo de 120kg, con una mediana de 84 kg. En la variable talla el promedio fue de 1.64 cm, estimando un mínimo de 1.50 cm y un máximo de 1.80 cm con una mediana de 1.66 cm.

En relación a la descripción de los datos que brindó el equipo Phillips de 64 cortes fueron:

La corriente del tubo, mantuvo una media de 215.9 mA, un mínimo de 95 mA, un máximo de 545 mA y un promedio de 213,4 mA.

La corriente instantánea, mantuvo una media de 21.6 mAs, un mínimo de 9,5 mAs, un máximo de 54,5 mAs y un promedio de 21,34 mAs.

La longitud del estudio, mantuvo una media de 52,0 cm, un mínimo de 46 cm, un máximo de 64 cm y un promedio de 52 cm.

El número de cortes de las exploraciones, el cual mantuvo una media de 341.9 mm, con un mínimo de 201 mm, un máximo de 501 mm y un promedio de 341 mm.

El tiempo de exploración, la cual tuvo una media de 7.1seg, con un mínimo de 6.3 s, un máximo de 9 s y un promedio de 7.07 s.

El valor PITCH, que mantuvo una media de 1

Para el CTDIvol se obtuvo una media de 9.6 mGy, mientras que, el DLP se obtuvo una media de 467.4 mGy.

En relación a la descripción de los niveles de Índice de Dosis, los hallazgos que brindó el Software simulador CT- Expo v2.3 fueron:

Para el CTDIvol, se obtuvo un valor promedio de 9.5 mGy para todos los estudios.

Para el DLP, se obtuvo una media de 472,9 mGy *cm, y un promedio de 471.69 mGy*cm. Siendo el mínimo de 201 mGy*cm y el máximo de 955 mGy*cm.

Para la Dosis Efectiva, se obtuvo una media de 8.1 mSv con un mínimo de 5.8 mSv y un máximo de 8.8 mSv.

Finalmente, de los cálculos obtenidos mediante el simulador, se estimó un margen de error, comparado con los datos propios que nos proporcionó el equipo, estos fueron:

Para el CTDIvol

Simulador Ct-Expo V2.3: se obtuvo un valor medio de 9.5 mGy.

Tomógrafo Phillips: se obtuvo un valor medio de: 9.58 mGy, con una desviación porcentual de 0.84 %

Para el DLP

Simulador Ct-Expo V2.3: se obtuvo un valor medio de 471.69 mGy*cm.

Tomógrafo Phillips: se obtuvo un valor medio de: 466.2 mGy*cm, con una desviación porcentual de 1.16 %.

V. DISCUSIÓN

Los estudios del tórax por tomografía computarizada, realizados en el periodo entre marzo hasta agosto del año 2020 fueron requeridos a mayor demanda debido a la situación de la pandemia por la que se atravesaba durante dichos meses. La razón fundamental es que la Tomografía Computarizada de tórax sigue siendo el estudio de diagnóstico por imagen con mayor sensibilidad para la detección de la patología torácica, por esta razón dichos estudios fueron requeridos como patrón para sospecha o descarte de COVID-19.

En un estudio realizado por E. Martínez Chamorro, A. Díez Tascón, L. Ibáñez Sanz, que lleva como título “Diagnóstico radiológico del paciente con COVID-19” descrito al inicio del año 2021, se determinó que la edad y el sexo son patrones asociados a un mayor riesgo de mortalidad por afección pulmonar generado por el virus del COVID-19, en el cual señala una población mayor de 65 años representado por un 80% y con predominio del sexo masculino. De esta manera, de nuestra investigación podemos inferir que, las variables sexo y edad en el periodo establecido, representaron una población con mayor exposición a las radiaciones, debido a que los pacientes fueron sometidos a estudios tomográficos de tórax por descarte o sospecha de COVID-19, siendo el predominio los pacientes masculinos (55%) mayores de 60 años (52%). Señalando de esta manera la valoración de la población más expuesta. (21)

En el estudio realizado por M. Etim Ekpo, R. Ibhade Obed. A. Daniel Omiola. titulado “Patient Dose Estimation Using CT-Expo Software at Two Hospitals in North-Central Nigeria” desarrollado en el año 2018, se determinó gracias a un estudio retrospectivo con una población de 171 pacientes adultos en 2 hospitales del centro norte de Nigeria, que los resultados del CTDIvol medio de la población estudiada, fueron de 19 mGy y 10.6 mGy, comparado con los valores de USA, el cual mostró un valor medio de 15 mGy respectivamente; en comparación con nuestra investigación, en el que obtuvimos un valor promedio del CTDIvol obtenido del simulador CT-Expo: 9.5 mGy, y el valor promedio obtenido del equipo PHILLIPS: 9.58 mGy con una desviación porcentual de 0.84 %.

Mientras que, los valores del DLP obtenidos en dos hospitales fueron de 734.8 mGy* cm y 458.3 mGy* cm, comparados con un valor promedio de USA que mostró un valor promedio de 545mGy; en comparación con nuestra investigación, en el que obtuvimos un valor promedio del DLP del simulador CT-EXPO de 471.69 mGy*cm y el valor promedio obtenido del equipo PHILLIPS de 466.2 mGy*cm, con una desviación porcentual de 1.16 %.

Por otro lado, el valor medio de la Dosis Efectiva para este autor fue de 8.2 mSv para ambos sexos, a comparación de nuestro estudio, obtuvimos una Dosis Efectiva de 8.1 mSv con un mínimo de 5.8 mSv y un máximo de 8.8 mSv; denotando que los valores obtenidos en ambos estudios son similares. (22)

Otra investigación realizada por M. Abdelaziz Galal titulado “Radiation Dose to Patients from Routine Computed Tomography Examinations in Sudan” efectuada en el año 2007, se analizó una muestra de 250 pacientes adultos en 4 hospitales, el valor del CTDIvol medio obtenido por el tomógrafo fue de 9.2 mGy y el valor calculado con el simulador CT-Expo V1.21 fue de 10.2 mGy, mientras que, el valor del DLP medio obtenido por el tomógrafo fue de 171 mGy*cm y el valor calculado con el simulador CT-Expo V1.21 fue de 163 mGy*cm, estimando una Dosis Efectiva media de 3.3 mSv. En comparación con nuestros resultados, encontramos similitudes sólo para el CTDIvol, mostrando una diferencia de valores en el DLP y la Dosis Efectiva, la causa podría atribuirse al tipo de población estudiada, es decir a los datos dosimétricos el cual varía según el peso del paciente, así como también a la información de la técnica tomográfica utilizada por el operador (modo de adquisición y reconstrucción y tipo de exploración.). En el caso del DLP, las diferencias de valores pueden atribuirse al aumento de la duración de escaneo por razones de diagnóstico, al grosor y al número de cortes en cada exploración, y en el caso de la Dosis Efectiva, las diferencias se atribuyen a los diferentes rangos de Kv, mAs y al método de reconstrucción tomográfica utilizada, pudiendo ser de retroproyección filtrada o por reconstrucción iterativa, ya que se generan menos dosis. (23)

En el estudio realizado por , A. Abdullah1, Z. Sun, N. Pongnapang y col, titulado: “Comparison Of Computed Tomography Dose Reporting Software” elaborado en el año 2011, se hizo una comparación de las Dosis Efectivas, en base a fantomas matemáticos para adultos, obtenidas con 3 paquetes de Software digitales para exámenes más comunes de TC de corte único (SSCT) y TC Multicorte (MSCT), entre ellos, el software simulador Expo CT V1.5 brindó como resultado para TC de corte único, un valor medio de 13.0 mSv para el sexo femenino y un valor medio de 10.5 mSv para el sexo masculino. Por otro lado, para TC Multicorte, se obtuvo un valor medio de 13.8 mSv para el sexo femenino y un valor medio de 11.2 mSv para el sexo masculino. Llegando a discernir que en nuestra investigación nos encontramos con una Dosis Efectiva obtenida del simulador, más baja dentro de los parámetros establecidos, estimando un valor medio de 8,1 mSv. Podemos mencionar que esta ligera diferencia se atribuye a la necesidad de estimar factores de exposición apropiados para cada tipo de Software, permitiendo conocer la desviación inesperada del protocolo utilizado, la técnica o del incorrecto funcionamiento del equipo. (24)

Otro estudio realizado por K. Okyere, M. Afadzi, A. Catrine, F. Hasford, S. Inkoom y K. Jensen, que lleva como título “benchmarking of a new automatic ct radiation dose calculator”, efectuado en el año 2020, desarrolló una comparación de las Dosis Efectivas mediante los programas Dose Watch y CT-Expo V2.5 en una población estimada de 150 pacientes adultos (66 masculinos

y 84 femeninos), el cual evidenció un valor medio de 1.25 mSv para la Dosis Efectiva de los estudios tomográficos de tórax en Dose Watch, y un valor medio de 3.5 mSv para la Dosis Efectiva de los estudios tomográficos de tórax en CT-Expo. En comparación con nuestros resultados, obtuvimos una Dosis Efectiva mediante el CT- Expo de 8.1 mSv, esta diferencia se puede atribuir a la variación de la anatomía de los maniqués virtuales utilizados en ambos simuladores tanto para varones como para mujeres, existiendo diferencias en la geometría de los órganos como la forma y el tamaño. No obstante, ambos simuladores responden correctamente a la estimación de la dosis. (25)

VI. CONCLUSIONES

Gracias al análisis del presente estudio, podemos afirmar que los valores del Índice de Dosis en Tomografía Computarizada, fueron similares a los valores especificados en los niveles de referencia según las recomendaciones del ICRP 103, asegurando que el Software Simulador Expo CT es una herramienta de gran apoyo, el cual estima una dosis de radiación más específica que brinda como resultado una mejor precisión dosimétrica para los estudios tomográficos del tórax, de esta manera se logra establecer una base de datos a fin de comparar dichos resultados con futuras investigaciones de dosis de radiación, garantizando una actualización continua de los protocolos establecidos.

La descripción del Índice de dosis de radiación y la dosis efectiva en los estudios tomográficos del tórax para un gran número de personas expuestas, son esenciales para próximos estudios epidemiológicos sobre la exposición a la radiación, ya que nos proporcionan datos importantes que ayudarían a modular los parámetros utilizados, para mantener una dosis de radiación que no exceda los límites establecidos, garantizando el cumplimiento de los principios básicos de protección radiológica.

Conocer el adecuado manejo del Software simulador CT-Expo, permite al operador brindar un cálculo de datos dosimétricos más certero, de manera que asegura su aplicabilidad para todos estudios realizados con diferentes modelos de escáneres, independientemente del género y además de manera gratuita. Por

esta razón, dicho programa se comporta como una herramienta de apoyo enfocada a la correcta simulación de dosis de radiación, brindando un mejor seguimiento de los protocolos establecidos.

VII. LIMITACIONES

No se logró realizar la verificación del Índice de Dosis en Tomografía Computarizada (CTDI) y del Producto de la Dosis por Longitud (DLP), con un maniquí simulador de Tomografía de Tórax específico.

El software simulador calcula el CTDI, DLP, y la Dosis Efectiva para los maniqués de simulación y con ellos se realiza sólo una comparación, mas no se ha realizado una estimación de la dosis individualizada para la anatomía específica de cada paciente.

VIII. RECOMENDACIONES

Los valores dosimétricos de cada tomografía computarizada de tórax se estiman dentro de los informes de dosis por estudio, los mismos deben ser comprobados a fin de que coincidan con los valores especificados, tanto al inicio como a lo largo de la vida del tomógrafo utilizado.

Se recomienda a los operadores en TC, tener en cuenta las consideraciones necesarias para la obtención de las imágenes, como son la técnica utilizada, los parámetros y los valores de dosis de radiación aplicados al momento de establecer protocolos de rutina, planteando un exhaustivo control dosimétrico previo a cada uno de los estudios realizados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Mendizábal Méndez A, Radiación ionizante en tomografía computada: un tema de reflexión. Anales de Radiología México. 2012; 2:90-97
2. Sánchez Coras C. Dosis de radiación efectiva en pacientes sometidos a tomografía computarizada de cráneo atendidos en el Servicio de Radiología de la Clínica Vesalio. Enero a agosto del 2016 [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.
3. Raudales Díaz IR, Diagnostic Images: Concepts and Generalities. Revista Facultad Ciencia Médica. 2014:9.
4. Guerreiro Mariano. Tomografía axial computada en el diagnóstico de patologías pulmonares. [diapositiva]. San Martin; 2004. 39 diapositivas.
5. Sociedad Española de Protección Radiológica, Asociación de profesionales de la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Actividad Nuclear. Publicación 103 ICRP. Madrid: Senda Editorial S.A; 2007.
6. Stamm G, and Nagel H.D. CT-expo-a novel program for dose evaluation in CT. Rofo.2014;174:1570-6.
7. Manual de usuario para la evaluación de dosis en Tomografía Computada. The Universal Manuals Library [en línea]. 2014. [fecha de acceso agosto 2001]. URL disponible en: <https://manualzz.com/doc/7101198/ct-expo-v-2.3>
8. D. Andisco. S. Blanco. A. Buzzi. Dosimetría en Tomografía Computada. Revista Argentina de Radiología. Vol 78. Núm. 3. Pp 156-160.

9. Ohno Y, Koyama H, Seki S, Kishida Y, Yoshikawa T. Radiation dose reduction techniques for chest CT: Principles and clinical results. *Euro J Radiol.* 2019; 111:93-103.
10. Pastor L, Fernández N, Montes E, Raposo L, Fernández O. Estrategias de reducción de dosis en TC. *SERAM* [en línea]. 2018. URL disponible en: <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/1375>
11. Vardhanabhuti V, Loader RJ, Mitchell GR, Riordan RD, Roobottom CA. Image quality assessment of standard-and low-dose chest CT using filtered back projection, adaptive statistical iterative reconstruction, and novel model-based iterative reconstruction algorithms. *AJR.* 2013; 200(3):545-552.
12. Montenegro Córdova A, Toalón Idrovo H. Dosis de efectividad de radiación utilizada en estudios de cráneo, cuello, tórax y abdomen con un tomógrafo Multicorte de 64 canales en el Hospital José Carrasco Arteaga Cuenca, septiembre del 2014-febrero del 2015. [Tesis de grado]. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2015.
13. Shikhaldeen Adam E. Estimation of Patient Dose in Abdominal CT Examinations in some Sudanese hospitals. [Tesis de grado]. Sudán: Academia de ciencias de Sudán; 2016.
14. F. Allende V, Lobos b y A. Zúñiga. Corrección de índice de dosis en tomografía computarizada por parámetro de diámetro efectivo según reporte 204 de la Asociación Americana de Físicos Médicos. *Sociedad Chilena de Radiología.* 2016; 22(2):6-69.
15. Reguero Llorente E. Arauzo Álvarez E. Conceptos básicos en la tomografía

- computarizada de tórax. *Medicina Respiratoria*. 2018;11(1):23-35.
16. Soto Quispe L. Dosis de radiación efectiva por reconstrucción iterativa estadística adaptativa (ASIR-V) en angiogramas coronarios en la Clínica Internacional – sede San Borja. Agosto – octubre 2018. [Tesis de Grado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2019.
 17. Ramírez Giraldo J, Arboleda Clavijo C, McCollough C. Tomografía Computarizada Por Rayos X: Fundamentos Y Actualidad. *Revista Ingeniería Biomédica*. 2008; 2(4):54-56.
 18. Arias Cesar F. La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. *Revista Salud Publica*. 2006;20(2/3);188–97.
 19. Juan Carlos Ramírez Giraldo. Carolina Arboleda Clavijo. Cynthia H. McCollough. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA POR RAYOS X: FUNDAMENTOS Y ACTUALIDAD. *Rev. ing. biomed.* vol.2 no.4 Medellín July/Dec. 2008.
 20. Daniel J. Long y Wesley E. Bolch. Dosis en órganos para pacientes pediátricos y adolescentes de referencia sometidos a tomografía computarizada estimadas por simulación Monte Carlo. *Medicina. física* 39 (4), abril de 2012.
 21. E. Martínez Chamorro. A. Díez Tascón. L. Ibáñez Sanz. S. Ossaba Vélez. S. Borrueal Nacenta. Diagnóstico radiológico del paciente con COVID-19. *El Siever* [Vol. 63. Núm. 1](#). P 56-73. enero 2021.
 22. Etim Ekpo M, Ibhade Obed R, Daniel Omojola A. Patient dose estimation using CT-EXPO software at Two Hospitals in North-Central Nigeria. *South Clin Istanbul Eurasia*. 2018;29(2):125-131.

23. M. Abdelaziz Galal. Radiation Dose to Patients from Routine Computed Tomography Examinations in Sudan. [Tesis de Grado]. Sudán: Universidad de Jartum; Julio 2007.

24. A. Abdullah. Z. sun. N. Pongnapang. and K.-H. Ng. COMPARISON OF COMPUTED TOMOGRAPHY DOSE REPORTING SOFTWARE. Radiation Protection Dosimetry (2012), Vol. 151, No. 1. pp. 153–157.

25. Kofi Okyere Akyea-Larbi. Misericordia Afadzi Tetteh. Anne Catrine T. Martinsen. Francisco Hasford. Stephen Inkom. Kristin Jensen. Benchmarking of a new automatic CT radiation dose calculator. Radiation Protection Dosimetry. 2020. pp. 1 – 8.

26. C. De Mattia, F. Companaro, F. Rottoli, P. Enrica Colombo, A. Pola, A. Vanzulli. Patient organ and effective doce estimation inCT: comparison of four software applications. Radiología Europea Experimental. 2020; 4:14.

X. TABLAS GRAFICOS Y FIGURAS

Tabla 1: Tabla de frecuencias absolutas y porcentajes de la población para la descripción de los niveles de índice de dosis en tomografía computarizada (CTDI) en estudios de tórax realizados en un hospital de nivel IV entre marzo-agosto 2020

Edad	N	%
[18-29>	21	6%
[30-39>	54	14%
[40-49>	53	13%
[50-59>	60	15%
[60-69>	78	20%
[70-79>	65	16%
[80-89>	56	14%
[90-99>	8	2%
Sexo	N	%
Femenino	179	45%
Masculino	216	55%
peso [kg]	N	%
[50-60>	63	16%
[60.1-70>	53	13%
[70.1-80>	56	14%
[80.1-90>	58	15%
[90.1-100>	46	12%
[100.1-110>	63	16%
[110.1-120>	56	14%
talla (m)	N	%
[1.50-1.65>	181	46%
[1.66-1.85>	214	54%

Tabla 2: Tabla de medidas de tendencia central para las variables de la población

Medidas de tendencia central			
	Edad	Peso	Talla
Mínimo	18	50	1.5
Máximo	99	120	1.8
Promedio	59	85	1.64
Mediana	60	84	1.66
Des. Estándar	18.31	20.38	0.09
Coef Variación	0.31	0.24	0.05
P25	42	67.14	1.56
P75	74	103.2	1.73

Tabla 3: tabla de medidas de tendencia central de los datos adquiridos en el equipo Tomógrafo Phillips Ingenuity Core -64 cortes

Medidas de tendencia central									
	Min	Max	Prom	Media	Desv. Estandar	Coef. Variación	Percentil		
							P25	P50	P75
Corriente	95	545	213.4	215.9	141.3	0.66	140	197	269
Corriente instantánea	9.5	54.5	21.34	21.6	14.1	0.66	14.0	19.7	26.9
Longitud del estudio	46	64	52	52.0	2.9	0.06	50	52	54
Número de cortes	201	501	341.0	341.9	42.5	0.12	317	344	365
Tiempo de scan	6.3	9	7.07	7.1	0.7	0.10	6.5	7.2	7.5
Pitch	0.9	9.99	1.04	1.0	0.6	0.61	1	1	1
CTDIVOL	7.7	16.8	9.58	9.6	1.0	0.10	9.1	9.5	9.9
DLP	192.8	950.8	466.2	467.4	119.8	0.26	399.8	489.9	510

Tabla 4: tabla de medidas de tendencia central de los datos del software CT-expo

	CTDI VOL	DLP
Mínimo	9.5	201
Máximo	9.5	955
Promedio	9.5	471.69
Media	9.5	8.1
Desv. Estándar	0	114.3
Coef. Variación	0	0.24
P25	9.5	410
P50	9.5	489
p575	9.5	508

Tabla 5: Tabla de medidas de tendencia central para la Dosis Efectiva obtenida del software CT-Expo

Dosis Efectiva	
Mínimo	5.8
Máximo	8.8
Promedio	7.84
Media	8.1
Desviación. Estándar	4.2
Coef. Variación	0.53
P25	6.5
P50	7.7
P75	9.1

Tabla 6: Tabla del margen de error para los datos del software CT-Expo

	Margen De Errores	
	CTDI VOL	DLP
Media	0	0
Desv. Estándar	0	0.1
Coef. Variación	11.34	-5.14
P25	-0.04	-0.05
P50	0	-0.01
P75	0.042	0.023

Tabla 7: Tabla de comparación de los datos obtenidos por el equipo y datos obtenidos por el simulador ct-expo v.2.3 para el CTDI Vol

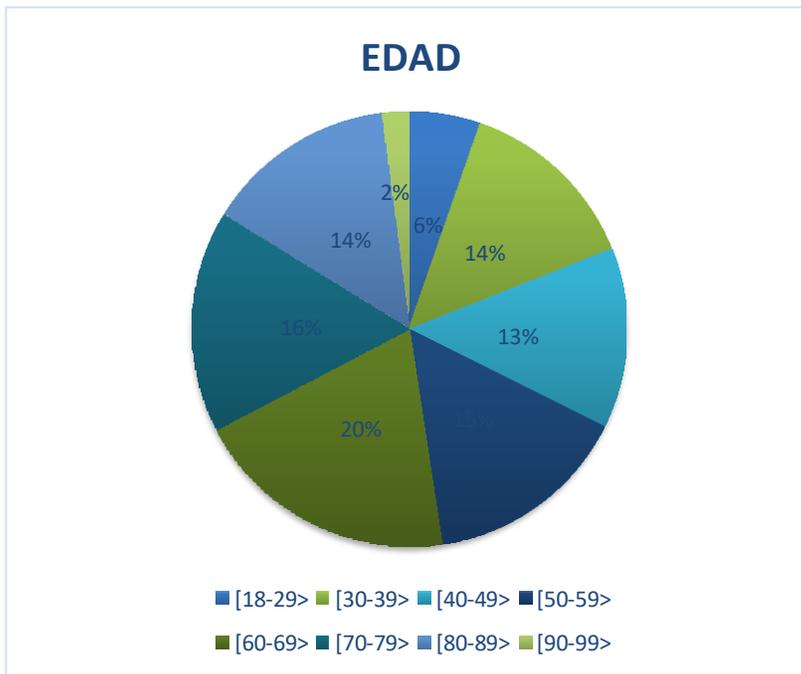
	Tomógrafo Phillips	Software CT-expo	Margen de error
Mínimo	7.7	9.5	-18.95
Máximo	16.8	9.5	76.84
Promedio	9.58	9.5	0.009
Media	9.6	9.5	0
Des. Estándar	1	0	0.1
Coef. V	0.1	0	11.34
P25	9.1	9.5	-0.042
P50	9.5	9.5	0
P75	9.9	9.5	0.042

Tabla 8: Tabla de comparación de los datos obtenidos por el equipo y datos obtenidos por el simulador CT-Expo v.2.3 para el DLP

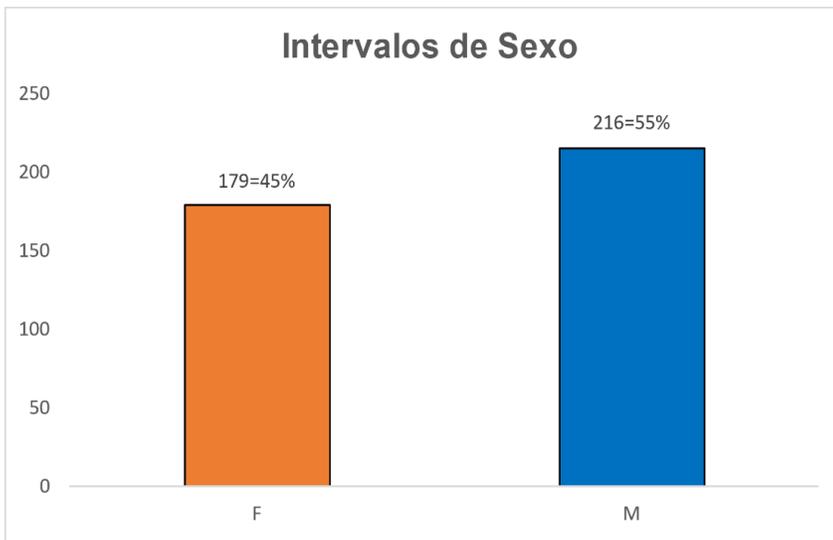
	Tomógrafo Phillips	software CT-expo	Margen de error
Mínimo	192.8	201	-32.72
Máximo	950.8	955	18.38
Promedio	466.2	471	-0.01
Media	467.4	8.1	0
des. Standard	119.8	114.3	0.1
coef. Variación	0.26	0.24	-5.14
p25	399.8	410	-0.05
p50	489.95	489	-0.01
p75	510	508	0.023

GRÁFICOS

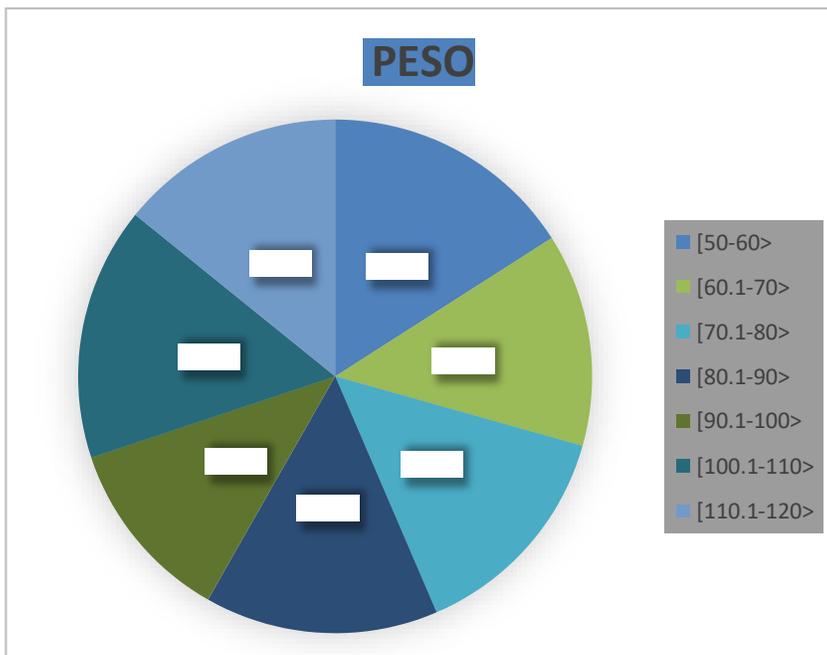
1. Gráfico de intervalos de edad



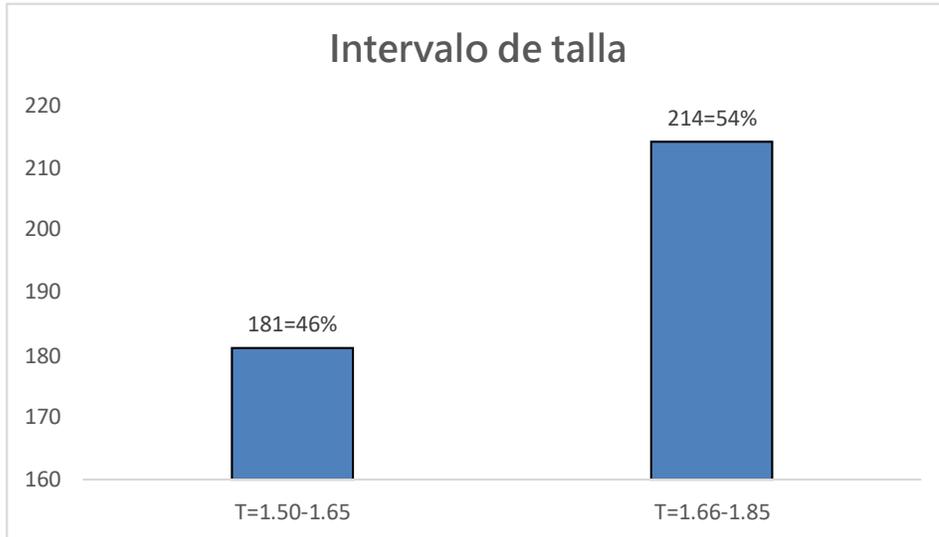
2. Gráfico de intervalos de sexo



3. Gráfico de intervalos de peso



4. Gráfico de intervalos de talla



XI. ANEXOS

Anexo 1 instrumento(s) de recolección de los datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título: descripción de los niveles de índice de dosis en tomografía computarizada (CTDI) en estudios de tórax realizados en un hospital de nivel IV de marzo-agosto 2020

Nº de estudio	Código de estudio	Sexo	Peso	Talla	Voltaje	Corriente	Tiempo	Corriente instantánea	Longitud del estudio			Nº de cortes	Ancho de corte colimación	Ancho del haz	Avance de camilla x rotación	Tiempo de scan	PITCH (TF/Nºbccl)	CTDI _w	CTDI _{vOL}	DLP	E		
									- Z	+ Z	L(cm)												
		F/M	Kg	Cm	kVp	mA	s	mAs				N	bccl(mm)	Nºbccl(mm)	TE(mm)	T(s)	p	mGy	mGy	mGy*cm	mSv		
1																							
2																							
-																							
-																							
-																							
370																							
371																							

Anexo 2 Documento de aprobación para el acceso a la base de datos del hospital de nivel IV.

SOLICITUD PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Estimado: Dr Arnaldo Huamán Ipanaqué
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RADIODIAGNOSTICO DEL HNGAI

Somos, Milagros García Penas y Lidia Herrera Vásquez identificadas con DNI [REDACTED] [REDACTED] respectivamente, egresadas de la carrera de Radiología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y nos dirigimos a usted para exponer lo siguiente:

Que, deseando completar nuestro proceso de formación profesional y poder obtener el título universitario de Licenciadas en Tecnología Médica con especialidad de Radiología, estamos desarrollando el proyecto de investigación titulado "ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE INDICE DE DOSIS EN TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA (CTDI) EN ESTUDIOS DE TORAX REALIZADOS EN UN HOSPITAL DE NIVEL IV DE MARZO-AGOSTO 2020".

Por lo cual solicitamos, que se nos permita llevar a cabo la respectiva recolección de datos de los pacientes atendidos en el servicio de Tomografía Computarizada del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen. Asimismo, solicitamos el acceso a los datos para poder revisar los informes de dosis grabadas en el sistema de almacenamiento de imágenes (PACS) y la base de datos de los pacientes atendidos entre los meses Marzo y agosto del año 2020, con la finalidad de poder obtener toda la información necesaria para dichos fines.

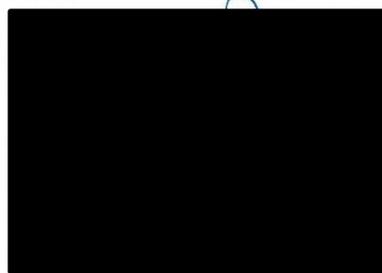
Por último, esperando una pronta respuesta, nos despedimos, haciendo llegar a usted nuestros sinceros agradecimientos por acceder a dicha petición.

Lima, Perú 04 Julio 2021

.....
Firma
JEFE DEPARTAMENTO SE RADIODIAGNOSTICO HNGAI

[REDACTED]
Irma Milagros García Penas
.....
Lidia Augusta Herrera Vásquez

FIRMA INVESTIGADORAS



Dr. ARNALDO HUAMÁN IPANAQUÉ
JEFE DEL SERVICIO DE RADIOLOGÍA
C.M.P. 93502 R.N.E. 20859
MED. PRESTACIONAL ALMENARA

Anexo 3 Cuadro de variables dosimétricas

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo y escala de medición
INDICE DE DOSIS EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (CTDI)	Es el cociente de la integral del kerma en aire (Kz) a lo largo del eje de rotación en un scanner de TC y el producto del número de cortes por el espesor de corte.	$C_{a,100} = \frac{1}{NT} \int_{-50}^{+50} k(z) dz$ $C_{PMMA,100} = \frac{1}{T} \int_{-50}^{+50} k(z) dz$	mGy	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Numérica de razón
INDICE DE DOSIS EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA POR VOLUMEN (CTDIvol)	Representa la dosis de radiación en volumen (X-Y-Z), atribuible al cociente del índice de dosis ponderado por el producto de la cantidad y espesor de cortes dividido entre la distancia recorrida por la camilla en un escaneo helicoidal.	$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w \cdot NT}{l}$ $CTDI_{vol} = \frac{1}{pitch} \cdot CTDI_w$	mGy	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Numérica de razón
PRODUCTO DOSIS-LONGITUD (DLP)	Es la integral de Kerma en aire sobre el área irradiado expresado en cm	$P_{KL} = \int_L K(x) dx$ $DLP = CTDI_{vol} \cdot L$	mGy*cm	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Numérica de razón
DOSIS ABSORBIDA	Es el cociente de la energía absorbida por unidad de masa del tejido	$D_T = \frac{d\varepsilon}{dm}$	Gy	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Numérica de razón
DOSIS EQUIVALENTE (H)	Es el producto de un factor de ponderación (W), para la radiación R por la dosis absorbida en los tejidos irradiados (Dt)	$H_T = W_R D_T$	Sievert “Sv”	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Numérica de razón
DOSIS EFECTIVA (E)	Es la sumatoria del producto de la dosis equivalente (Ht), al órgano o tejido, por un factor de ponderación tisular (wT) para ese órgano o tejido.	$E = \sum_T W_T H_T$	Mili sievert “mSv”	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa • Numérica de razón

Anexo 4 Instrumentación del equipo Phillips Ingenuity Core de 64 cortes
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO



Equipment : CT Scan 64 Slice
Brand : Philips
Name : Philips Ingenuity Core

Features	Specifications
TUBE	
Anode Heat Capacity	8.0 MHU
Maximum anode cooling rate	1,608 kHU / min
Focal Spot	Small 0.5 x 1.0 ; Large 1.0 x 1.0
Anode rotation speed	105 Hz (6,300 rpm)
GANTRY	
Rotation Time	0.4, 0.5, 0.75, 1, 1.5 seconds for 360° scans ; 0.28, 0.33 seconds for partial angle 240° scans, effective cardiac rotation time 0.3 seconds
Aperture	700 mm
Gantry Tilt	-30° to +30° with 0.5° increments
COUCH	
Maximum Scannable range	1,750 mm
Pitch	0.04 -1.5
Longitudinal speed	0.5 mm /s - 185 mm/s
Lowest table height	579 mm
Maximum load capacity	204 kg
GENERATOR	
Power Rating	80 kW
kVp setting	80, 100, 120, 140
mA range (step size)	20 - 665 (1 mA steps)
DETECTOR	
Slice	64 Slice
Coverage	40 mm
Slice Thickness (helical mode)	0.67 mm - 5 mm
Slice Thickness (axial mode)	0.625 mm - 12.5 mm
Scan Angles	240°, 360°, 420°
Scan field of view	250 mm, 500 mm
IMAGE QUALITY	
Spatial resolution	Ultra high mode 24 lp/cm
Low contrast resolution	4.0 mm @ 0.3% @ 14.1 mGy CTDIvol
Image noise	0.27% at 120 kV, 250 mAs, 10 mm slice thickness
Absorption range	-1,024 to +3,071 Hounsfield units
RECONSTRUCTION	
Reconstruction Speed	25 IPS
Standard Reconstruction Matrix	512 x 512
Ultra High Reconstruction Matrix	768 x 768 ; 1.024 x 1.204
Iterative Reconstruction	iDose 4 Premium Package - improve image quality and metal artifact reduction

FEATURES	
iDose4	Improve spatial resolution and or reduction at low dose
OMAR	Improve image quality through artifact prevention and increased spatial resolution at low dose, reduces artifacts caused by large orthopedic implants
iPatient	System will automatically determine the optimal rotation time, pitch and collimation to deliver the best result automatically
Dose Management	DoseRight Index (DRI) CT Dose Check DICOM structured reporting/IHE REM Profile DoseRight Automatic Current Selection DoseRight Angular Dose Modulation DoseRight Z-DOM (longitudinal dose modulation) 3D-DOM (combines angular and longitudinal info to modulate dose in 3D) Dedicated Pediatric Protocols Locking Protocols Dose Display and reports Dose Performance Data
CONSOLE	
Resolution	1280 x 1024
Remote control from console	Table : Up/Down, In/Out, Emergency stop, x-ray indicator, Start button, Pause button
DICOM	DICOM 3.0 compliant image format
WORKSTATION	
Type	Server with 2 concurrent users
Monitor	2 x 24" Monitor
Operating System	Windows Series

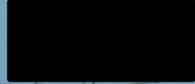
PROTOCOLO DE TOMOGRAFÍA DE TÓRAX

"PROTOCOLO INSTITUCIONAL DEL PROCESO DE ATENCION DE EXAMENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA"

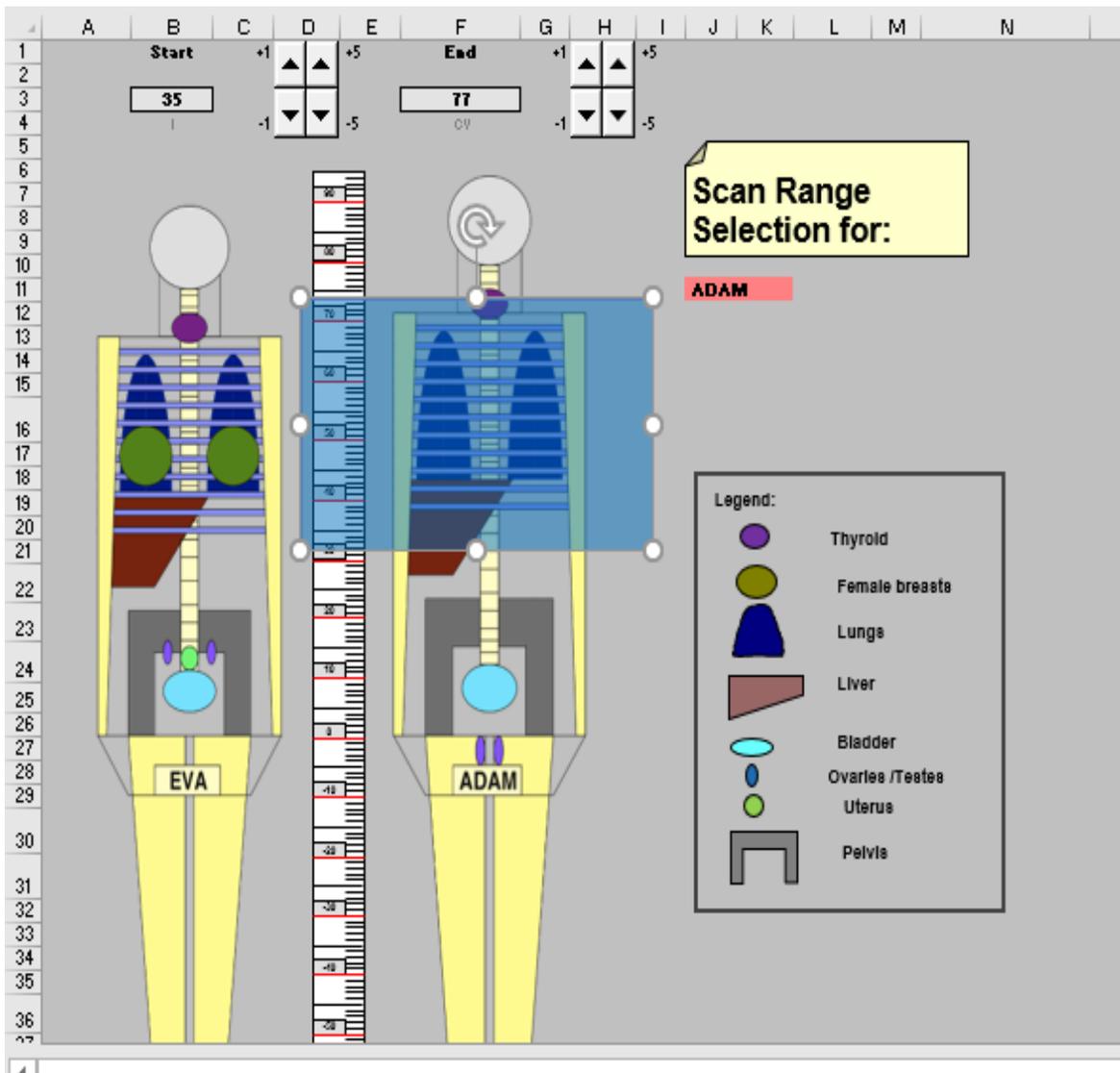
6.3.2 PROTOCOLO TOMOGRAFÍA DE TÓRAX

POSICIÓN DEL PACIENTE		
Posición supina		
Los brazos colocados por encima de la cabeza		
Estudio realizado en apnea		
PARAMETROS DE EXPLORACIÓN		
Scout View	Frontal y lateral	
Linea de referencia	Manubrio esternal, apéndice xifoides	
Rango de Escaneo	Desde el borde superior de los campos pulmonares, hasta las glándulas suprarrenales	
Grosor de Corte	0.5 – 1.0 mm	
Incremento de Grosor de Corte	0.4 – 0.8 mm	
Pitch	1	
Velocidad de Rotación	0.3 – 0.75 seg	
Filtro de Reconstrucción	Standard	
Kv	120	
mA	Modulacion de dosis activada	
FOV	400 mm (de acuerdo a la contextura del paciente)	
PARAMETROS DE RECONSTRUCCIÓN		
Volumen	Grosor de corte	0.5 – 1.0 mm
	Intervalo	0.3 – 0.8 mm
	Filtro	Standard
Axial Ventana Mediastínica	Grosor de corte	5.0 x 5.0 mm
Axial Ventana Parenquimal	Grosor de corte	1.0 x 5.0 mm
Coronal y Sagital	Serán de acuerdo con la necesidad y a la patología del estudio	
COMENTARIOS		
Dar una buena información al paciente sobre el momento adecuado, donde debe hacer la APNEA RESPIRATORIA, ya que la técnica depende mucho de esta maniobra.		
Si el paciente no puede hacer APNEA y/o se encuentra en condiciones desfavorables para esta maniobra, se puede adquirir el SCAN en direccion CAUDO-CRANEAL		

LICENCIA DE OPERACIÓN

	
Oficina Técnica de la Autoridad Nacional	
Licencia de Operación	
Licencia N°	6707.C1
Expediente N°	5265-18-OTAN
Resolución N°	3511-18 -IPEN/OTAN
Vencimiento:	23/10/2023
Titular de la Licencia	ESSALUD - HOSPITAL NACIONAL GUILLERMO ALMENARA
Dirección Legal	AV. DOMINGO CUETO N° 120, JESUS MARIA, LIMA, LIMA
Práctica	DIAGNÓSTICO MÉDICO CON RAYOS X
Fuente de Radiación	EQUIPOS DE RAYOS X
Ubicación de la instalación	AV. GRAU N° 800, LA VICTORIA, LIMA, LIMA
<p>La Licencia es otorgada, conforme a lo establecido en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley N° 28028, aprobado por Decreto Supremo N° 039-2008-EM, bajo las Condiciones y Límites de la Licencia, que integran la misma y que son de cumplimiento obligatorio del Titular.</p>	
<p>Exhibir la presente autorización en lugar visible al público.</p>	
Lima, 24 de Octubre de 2020	
	
Cristian Paúl Tataje Hernández Director Oficina Técnica de la Autoridad Nacional	

Anexo 5 Software simulador CT-EXPO v 2.3.



Calculate

1. Age Group **Gender**

Adult male female

2. Scan Range

Get Values

Scan Range z			L
from z-	to z+	[cm]	
23	77	54	

3. Scanner Model

Manufacturer: Drae
Scanner: H/D

CTDI _w	U _{ref}	P _{0,0}	k _{CT}	k _{0p}	DL
[mGy/mAs]	[kV]				[cm]
0.060	120	0.33	0.65	1.00	0.0

4. Select mode

Body mode for head/neck region Spiral mode Longitudinal (z-axis) dose modulation (adults only)

5. Scan Parameters

Please Enter Actual Settings:

U	I	t	Q _{0,1}	Q	N * h _{0,1}	TF	h _{0,0}	p	Ser.
[kV]	[mA]	[s]	[mAs]	[mAs]	[mm]	[mm]	[mm]		
120	154	1.01	156		40.0	39.2	5.0	0.98	1

6. Results

CTDI _w	CTDI _{ref}	SSDE	DLP*	E*
[mGy]	[mGy]	[mGy]	[mGy*cm]	[mSv]
9.3	9.5	14.3	517	10.3

CTDI and DLP values refer to 32cm body phantom.
active data E refers to ICRP

7. Effective Dose

ICRP 60 103

DLP	E	D _{eff,ref}
[mGy*cm]	[mSv]	[mSv]
517	10.3	0.8

active data E refers to ICRP

Please note:
All organ dose H_{eff} are based on conversion coefficients for adult: ANATOMICAL (ADAM, EVA, CHILD, BABY) and error for information purposes only (in particular for organs outside the scan range)!

Organ	Tissue or H _T per Series	
	[mSv]	[mSv]
Brain	1.7	Upp. large int 5.8
Salivary gland	19.8	Thymus 14.4
Thyroid	23.4	Spleen 13.7
Breasts	15.3	Pancreas 11.7
Oesophagus	14.4	Adrenals 11.7
Lungs	15.1	Kidneys 13.1
Liver	13.5	Small intest. 3.8
Stomach	13.3	Uterus 0.8
Low. Large int	0.8	Prostate 0.0
Testicles	0.0	Gall bladder 11.7
Ovaries	0.8	Heart 12.8
Bladder	0.2	ET tissue 23.4
Bone marrow	5.6	Oral mucosa 13.8
Bone surfaces	14.5	Lymph nodes 6.0
Skin	5.9	Muscle 6.0
		Eye lenses 1.5