

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud



“Niveles de referencia diagnósticos para estudios de tomografía computarizada de tórax y abdomen simple en un hospital privado en Nuevo León”

presentada por
Mariana del Río González

para obtener el grado de
Imagenología diagnóstica y terapéutica
Programa Multicéntrico de Especialidades Médicas
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud - Secretaría de Salud de Nuevo León

San Pedro Garza García, Noviembre 2022



Dedicatoria

“Nada es veneno, todo es veneno: la diferencia está en la dosis”

Paracelso

A mis padres por todo su apoyo incondicional durante mi formación profesional, pero sobretodo por su paciencia y su infinito amor. Soy especialista el día de hoy gracias a ustedes. Han sido la base de todos mis logros, y sin su guía y consejos nada de esto sería posible. Son y serán siempre mi ejemplo a seguir, espero que estén tan orgullosos de mi como lo estoy yo de ustedes.

A mis hermanos: Dani, por ser compañera y por siempre creer en mí, tu pasión por la medicina es admirable y eres un gran ejemplo a seguir. Andy y Bruno, por su positivismo, por siempre hecharme porras, yo haré lo mismo por ustedes toda la vida.

Al resto de mi familia, porque sus palabras de apoyo las llevo conmigo, y aún estando lejos siempre sentí su amor.

A Ian, a mi esposo a quien amo tanto y que me acompañó de la mano todo el camino. Gracias a ti, que me cuidaste y me acompañaste en cada desvelada. Por tu amor, tu tranquilidad, tu paciencia y tu motivación que me impulsa a cumplir todo lo que propongo. Porque es el primero de muchos logros como familia. Te amo

Agradecimientos

Agradezco a mi directora de tesis la Maestra en C. María del Carmen Franco que desde el primer día demostró su apoyo y dedicación durante los cuatro años para la realización del trabajo.

A mis maestros por todo su tiempo y enseñanzas durante mi formación. También por todos sus consejos los cuales no olvidaré y utilizaré durante el resto de mi práctica médica.

Y por último a mis compañeros, en especial a Rebeca y Oswaldo, por compartir conmigo este camino tan corto que es la residencia. Se convirtieron en una segunda familia para mí.

Glosario

- ACR: (*American College of Radiology*) Colegio Americano de Radiología
- AD: (*Achievable dose*) Dosis alcanzable
- ALARA: (*As Low As Reasonably Achievable*) Tan bajo como sea razonablemente posible.
- AP: Anteroposterior
- CTDI_{vol} : (*Computed Tomography dose index volume*) CTDI Volumétrico.
- DE: Diámetro efectivo
- DIR: (*Dose Index Registry*) Registro de índice de Dosis del ACR.
- DRL: (*Diagnostic Reference Level*) Niveles de referencia diagnóstica
- DLP: (*Dose length product*) Producto dosis – longitud.
- EUA: Estados unidos de América
- HZH: Hospital Zambrano Hellion
- IAEA: (*International Atomic Energy Agency*) Agencia internacional de energía atómica
- ICRP: (*International commission of radiology protection*) Comisión Internacional de Protección Radiológica
- IRB/EC: (*Institutional Review Board/Ethics Committee*) Junta de Revisión Institucional/Comité de Ética
- mGy: Miligrey
- NCRP: (*US National Council on Radiation Protection and Measurements*) Consejo Nacional en la Protección de la Radiación.
- NRPB: (*National Radiological Protection Board*) Consejo Nacional de Protección Radiológica.
- PACS: (*Picture archiving and communication system*) Sistema de comunicación y archivo de imágenes
- POE: Personal ocupacionalmente expuesto
- RIS: (*Radiology Information System*) Sistema de Informaciones en Radiología
- SSDE: (*Size Especific Dose Estimate*) Dosis estimada tamaño específica
- TC: Tomografía Computarizada

Indice

Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Glosario	5
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras y gráficas	8
Resumen.....	9
Capítulo 1. Planteamiento del problema.....	10
Antecedentes	10
Planteamiento del problema.....	13
Pregunta de investigación	13
Objetivos de investigación	13
Objetivo principal.....	13
Objetivos secundarios.....	14
Hipótesis.....	14
Justificación	15
Capítulo 2. Marco teórico.....	16
Capítulo 3. Metodología.	26
Descripción del estudio	26
Participantes	29
Criterios de Inclusión	29
Criterios de Exclusión.....	30
Análisis estadístico.....	31
Capítulo 4. Resultados.....	34
Capítulo 5. Análisis y discusión de resultados.....	45
Capítulo 6. Conclusión.....	47
Referencias.....	48
Anexos	49
Currículum Vitae del Autor	52
Currículum Vitae del Asesor de Tesis	56

Índice de tablas

Tabla 1- Variables no controlables y su definición conceptual

Tabla 2- Factores técnicos del protocolo de TC de tórax y abdomen

Tabla 3- Número total de exámenes de TC por estudio realizado

Tabla 4 - Distribución demográfica de la población

Tabla 5- Mediana en TC tórax por DE.

Tabla 6 - Mediana en TC abdomen por DE.

Tabla 7 - AD de TC de tórax y abdomen comparado con EUA.

Índice de figuras y gráficas

[Figura 1.](#) Fórmula de DLP

[Figura 2.](#) Fórmula de SSDE

[Figura 3.](#) Fórmula de diámetro efectivo.

[Figura 4.](#) Ilustración del diámetro efectivo por tomografía a partir de un corte axial.

[Figura 5.](#) Ejemplo de reporte de dosis de tomografía

[Figura 6.](#) Ilustración de medidas lineales en un estudio de abdomen.

[Gráfica 1.](#) Distribución demográfica de la población en TC de tórax.

[Gráfica 2.](#) Distribución demográfica de la población en TC de abdomen.

[Gráfica 3.](#) Población por grupo en TC de tórax

[Gráfica 4.](#) Mediana del CTDIvol en tórax por DE

[Gráfica 5.](#) Mediana del SSDE en tórax por DE

[Gráfica 6.](#) Mediana del DLP en tórax por DE

[Gráfica 7.](#) Población por grupo en TC de tórax

[Gráfica 8.](#) Mediana del CTDIvol en abdomen por DE

[Gráfica 9.](#) Mediana del SSDE en abdomen por DE

[Gráfica 10.](#) Mediana del DLP en abdomen por DE

[Gráfica 11.](#) Medianas del CTDIvol y SSDE en TC de tórax

[Gráfica 12.](#) Medianas del CTDIvol y SSDE en TC de abdomen

Resumen

A la fecha, no hay estudios en nuestra población para la determinación de los niveles de referencia diagnóstica en estudios de tomografía. El conocimiento y aplicación de los niveles de referencia diagnóstica (DRLs) y dosis alcanzable (AD) mediante los valores de medición de dosis (DLP, CTDI_{vol} y SSDE) son de utilidad para una adecuada optimización de los protocolos.

Para la realización de esta tesis, se propuso la obtención de la mediana de los valores de dosis (dosis típicas) de los dos estudios de tomografía más comunes en el hospital Zambrano Helion. Se utilizó el sistema PACS de las estaciones de trabajo dentro del departamento de radiología. Durante nueve meses se incluyó un total de 213 tomografías de tórax simple y 579 de abdomen. Se utilizaron los reportes de dosis donde se documentó el CTDI_{vol} y DLP de cada estudio, mientras que el SSDE fue determinado con la medición diámetro efectivo mediante dos mediciones (AP y lateral) sobre un solo corte. Posteriormente se separaron a los pacientes en grupos dependiendo de su DE y se determinaron sus medianas (percentil 50).

Se confirmó la asociación de un incremento de dosis es proporcional al diámetro efectivo de los pacientes, esto demuestra que hay una oportunidad en la optimización en la dosis administrada en cada estudio. Los resultados de ambos estudios se encuentran por debajo de los DRLs reportados en los Estados Unidos por Kanal et al¹. Esto nos inspira a continuar con su determinación y así inspirar a otros centros para obtener sus medianas y presentar en un futuro niveles de referencia locales o nacionales.

Capítulo 1. Planteamiento del problema

Antecedentes

Durante las últimas dos décadas, la tomografía computarizada (TC) ha triplicado su uso, lo que implica para los pacientes un aumento en la exposición a la radiación, y por ende de su absorción². En Estados Unidos el empleo de los estudios de TC ha incrementado de 26 millones en 1998 a más de 70 millones en 2008; y en procedimientos de medicina nuclear de 12 millones a 20 millones en el mismo periodo de tiempo³.

Este estudio seccional representa únicamente un porcentaje menor del total de los estudios de imagen, sin embargo, es elemental en la medicina para el diagnóstico, tratamiento, manejo, seguimiento e investigación. Gracias a que existen muchas razones para justificar la realización de los estudios de tomografía a los pacientes, hay un crecimiento exponencial de su uso, lo que pudiera llegar a preocupar en caso de que su realización sea inapropiado o injustificado. Brenner et al³ estimaron que 1-2% de los casos de cáncer en un futuro en EUA pudieran estar causados por la dosis administrada por la TC.

La población en general, tanto los familiares o los mismos pacientes, pudieran relacionar a la radiación como algo potencialmente dañino, sin importar cuál mínima sea la exposición. Este mito surge desde 1986 posterior al accidente nuclear de Chernóbil, a los que se le atribuyeron múltiples efectos físicos y psicosomáticos en los países de Ucrania y Bielorrusia⁴.

Existen efectos biológicos causados por el uso de la radiación ionizante, los cuales se dividen en reacciones tisulares y estocásticos. Las reacciones tisulares (deterministas) son los que tanto su presentación como la gravedad de presentación, dependen de una cantidad específica de dosis recibida, esta debe sobrepasar un nivel umbral ya establecido. Estas aparecen de forma inmediata y pueden ser observadas clínicamente como lo son el eritema y edema, o de forma tardía como necrosis de un tejido en un área determinada o en algunos casos condicionar infertilidad.

Los efectos estocásticos son eventos probabilísticos que no necesitan un umbral para que aparezcan, estos dependen de la dosis por lo que hay un aumento proporcional en la probabilidad de que sucedan y la dosis administrada por el paciente. Estos producen un daño directo en el ADN y pueden producir mutaciones que deriven en teratogénesis o cancer⁵. Por el aumento de la cantidad de estudios que están siendo realizados diariamente, debemos de disminuir el riesgo de los efectos biológicos, de los cuales los efectos estocásticos cobran mayor importancia, ya que al no tener un umbral mínimo determinado debemos de disminuir su probabilidad de aparición y de igual manera hacer una vigilancia de las reacciones tisulares.

Las autoridades en protección radiológica⁶ han investigado y recomendado la utilización de los niveles de referencia diagnóstica (DRL), los cuales son una herramienta para poder identificar si la dosis de radiación en los estudios de imagen se encuentra por encima o por debajo, y como consecuente poder optimizar los protocolos de todos los procedimientos donde se utilice radiación ionizante.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) presentó por primera vez el término de DRL en la publicación 73 en 1996, mientras que en el 2007⁶ se expuso el principio de optimización por medio de su utilización como una herramienta efectiva para la protección de la exposición.

Los niveles de referencia diagnóstica son herramientas utilizadas durante el proceso de optimización de protección radiológica de la exposición médica de los pacientes durante procedimientos diagnósticos y de intervención. Estos fueron obtenidos utilizando las medianas de los valores locales, nacionales o regionales.

La ACR – AAPM⁷ desarrolló DRLs para solo tres estudios en pacientes adultos (cabeza, tórax y abdomen), que fueron tomados utilizando un phantom (fantoma) cilíndrico de polimetilmetacrilato estándar de 16 y 32 cm de diámetro. Estos representan a los pacientes "promedio", sin embargo, no condiseran que la dosis aumenta con el tamaño del paciente para poder mantener una calidad de imagen aceptable. No es hasta la publicación realizada por Kanal et al¹ que se sugiere la separación de los pacientes en distintos grupos dependiendo de su diámetro efectivo.

Se sugiere una familiarización con el tema, ya que son fácilmente reproducibles y comparables, sin embargo, estos no deben ser considerados como un criterio para una buena o mala práctica médica, ya que estos no son "límites" recomendados⁸.

Planteamiento del problema

El problema se origina de la ausencia, que hasta el día de hoy, no hay publicaciones a nivel local, nacional o regional, de los niveles de referencia que sirva como una herramienta de optimización para el resto de las instituciones.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los niveles de referencia en los estudios de TC de tórax y abdomen total simples en el Hospital Zambrano Helión?

Objetivos de investigación

Objetivo principal

En esta investigación se pretende conocer la mediana de los niveles de referencia diagnóstica de pacientes adultos en los estudios de tomografía de abdomen y tórax sin contraste de uno de los hospitales que conforman nuestro centro. Los DRLs se encuentran estandarizados y estudiados por la ICRP⁵, por lo que nuestros hallazgos serán reportados bajo sus estándares y definiciones.

Objetivos secundarios

Establecer la mediana o percentil 50 del CTDIvol.

Establecer la mediana o percentil 50 del DLP.

Establecer la mediana o percentil 50 del diámetro efectivo.

Establecer la mediana o percentil 50 del SSDE.

Hipótesis

Al tratarse de un estudio descriptivo no requiere de hipótesis.

Justificación

Con la tecnología que se cuenta actualmente, un estudio de TC es capaz de administrar altas dosis de radiación, lo que se traduce en un aumento en el riesgo de los efectos biológicos a los pacientes.

Los DRLs en Estados Unidos, Inglaterra y en el resto de Europa han sido introducidos como una estrategia de optimización, ya que desde 1990 se ha recopilado información local para estudios de tomografía, hemodinamia, radiología pediátrica y radiología intervencionista. Establecer los niveles de referencia es una tarea problemática por la necesidad de acumular los datos necesarios para ser representativos de la población. Actualmente en México no existe una compilación de estos, por lo que carecemos de una recomendación y no son utilizados de manera rutinaria. Consideramos que documentarlos es esencial para poder identificar si los niveles dosis en los estudios más frecuentemente solicitados de tomografía se encuentran inusualmente elevados o bajos.

Esta herramienta para la optimización de los protocolos actuales contribuye a que la dosis administrada en cada estudio sea tan baja como razonablemente sea posible. Al no contar con esta información, nos impulsa a ser los primeros en mostrar a nivel local y nacional, un método sencillo para su obtención y reportar nuestros hallazgos. Esperamos inspirar a otros centros diagnósticos a conocer una manera para su documentación y sea fácilmente reproducible.

Capítulo 2. Marco teórico

Actualmente la tecnología en los procedimientos de radiología diagnóstica y terapéutica proporciona grandes dosis de radiación y es capaz de provocar efectos tempranos o tardíos en el sitio de exposición. La tomografía de tórax puede emitir una dosis de radiación equivalente a 400 radiografías y un solo estudio de TC simple de tórax y abdomen se asocia a $>5\text{mSv}$ de dosis efectiva, y en algunos casos de hasta 30mSv , lo que es equivalente a 1500 radiografías⁷.

Los efectos biológicos que pueden aparecer en la persona expuesta a la radiación se clasifican en reacciones tisulares (previamente llamados efectos determinísticos) y los estocásticos. Las reacciones tisulares, donde se encuentran por ejemplo las lesiones cutáneas y cataratas, la gravedad de presentación es directamente proporcional a la dosis recibida, y son aquellos para los que se reconoce un umbral. Estos no se van a manifestar nunca en el paciente mientras que se mantenga una dosis menor al umbral.

En cuanto a los efectos estocásticos, que engloba alteraciones como el cáncer, condicionan daño a nivel de la reparación celular, por lo que no se conoce un umbral mínimo para su aparición. La probabilidad de presentación es directamente proporcional a la dosis suministrada, sin embargo, no nos habla sobre la severidad del efecto.

La indicación de un estudio que emite radiación ionizante es una responsabilidad compartida entre el médico tratante y el radiólogo, por lo que la Comisión Radiológica Internacional consideró elementos claves para perfeccionar y limitar los estudios.

Se establece que para cada procedimiento se deben de considerar los principios ético-filosóficos: *justificación*, *optimización* de la protección y *aplicación* de la limitación de dosis. Justificación es cualquier decisión que altera la situación de exposición a la radiación, debe de ocasionar mayor beneficio que daño. Optimización se puede definir como un acto, proceso o metodología lo más perfecto, funcional o eficaz posible. Por último, la aplicación de límites de dosis establece que la dosis total a todo individuo, recibida por fuentes de exposición controlada, no debería exceder los límites apropiados recomendados por la comisión⁸. Este último principio excluye a los pacientes y a las personas ocupacionalmente expuestas (POE).

Estos se relacionan con el principio de ALARA; que nos dice que la radiación administrada en cada estudio debe mantenerse con dosis tan bajas como sea razonablemente posible y estar siempre debajo de los límites establecidos. Tanto la justificación y la optimización del procedimiento deben ser aceptados por los especialistas en radiología, sin embargo, nunca ha de imponerse una dosis límite al paciente. Tomando en cuenta la optimización del protocolo, el estudio debe de ser diagnóstico y con calidad de imagen aceptable para el médico radiólogo, por lo que su principal objetivo es la calidad y no la cantidad de dosis administrada al paciente.

Teniendo una adecuada calidad, el objetivo es minimizar la dosis de radiación a expensas de la modificación de los parámetros “controlables” del tomógrafo. Estos pueden ser modificables o controlables como la modulación de corriente, la longitud, velocidad del estudio y el kV. Sin embargo, se deben de considerar las variables no-controlables, estas pueden depender del paciente: la edad, sexo y diámetro efectivo; o de los distintos valores para medición de dosis: CTDI_{vol}, SSDE y DLP (Tabla 1).

Tabla 1. *Variables no controlables y su definición conceptual.*

Variable	Definición conceptual	Tipo de variable	Escala de medición	Valor de variable
Edad del paciente	Años de vida de una persona	Dependiente	Numérica Continua	Años
Sexo del paciente	Condición orgánica que distingue a una persona.	Dependiente	Cualitativa y discontinua	Mujer y hombre
Diámetro efectivo	La raíz cuadrada de la suma del diámetro AP y lateral en un corte axial de tomografía.	Independiente	Numérica Continua	Cm
CTDI_{vol}	Estimado de dosis en un corte seccional de la TC helicoidal en un solo corte.	Independiente	Numérica Continua	mGy
SSDE	Dosis estimada tamaño específica.	Independiente	Numérica Continua	mGy
DLP	Determinación de la radiación del producto dosis- longitud.	Independiente	Numérica Continua	mGycm

La ICRP en 2007 hizo recomendaciones de límites de dosis y restricciones de dosis individuales y las clasificó en exposición ocupacional, pública y médica. La exposición al público debe de limitarse a $<1\text{mSv/año}$, mientras que para el trabajador ocupacionalmente expuesto (POE) debe ser menor a 20mSv/año . En México, la dosis efectiva anual para los POE debe de estar por debajo de 50mSv , que es el equivalente al límite para los efectos estocásticos⁹.

Con el fin de justificación, optimización y vigilancia de la dosis de radiación, se describieron los niveles de referencia diagnóstica (DRL). Estos son definidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica como el nivel de dosis utilizado para demostrar si, en condiciones rutinarias, la dosis administrada en un estudio específico es inusualmente alta o baja. Los DRLs de un estudio de imagen diagnóstico se establece en el tercer cuartil (o percentil 75) de la de dosis empleada en una región específica para dicho procedimiento. Esto lo podemos interpretar como la dosis que se requiere para realizar un estudio específico.

La Comisión Internacional para la Protección Radiológica especifica que los niveles de referencia no son con un propósito regulatorio o comercial, no son una restricción en la dosis y no se deben tomar como un límite⁸, por lo que se tratan de un complemento o una ayuda para la optimización, no como un marcador de buena o mala práctica médica.

En la publicación 135 de la ICRP, se estableció una estandarización para la medición de los niveles de referencia y se introdujeron los términos de DRL quantity, DRL process, DRL value, DRL local y national DRL. Es imperativo conocer estos términos, ya que la comisión sugiere una estandarización para la publicación y evaluación de estos.

DRL quantity: Magnitud física que estudia la cantidad de radiación necesaria para realizar un estudio de imagen.

DRL process: Proceso de establecer valores de niveles de referencia diagnósticos, utilizándolos como herramienta de optimización.

DRL value: Valor arbitrario de una cantidad establecida de DRLs, el cual se establece en el percentil 75 de la distribución de las medianas de los DRL observados en algunos establecimientos de salud (local) o múltiples dentro de un país (nacional).

DRL local: Son niveles de referencia diagnósticos en establecimientos de salud, basados en el 75 percentil, de un número razonable donde se incluyen al menos 10-20 instalaciones. Sin embargo, este término pudiera ser utilizado para lugares en donde los DRL nacionales no estén estandarizados o reportados, o en situaciones en donde pueda existir una mejoría para la optimización.

National DRL: Niveles de referencia diagnóstica donde se cuente con una cantidad significativa de establecimientos de salud nacionales.

Los niveles de referencia diagnóstica son altamente útiles para la optimización de la protección de los pacientes, pero no son una guía que establezca la menor dosis con un rendimiento óptimo. La NRPB¹⁰ introdujo a la “dosis alcanzable” para este propósito; se define como el nivel de DRL alcanzable por medio de técnicas y tecnología actual sin comprometer la calidad de imagen. Este concepto se estandarizó por el Consejo Nacional en la Protección de la Radiación (NCRP)¹¹ como el 50 percentil de la distribución de las medianas. Este principio puede ayudar como base para disminuir la dosis en el paciente, pero no debe haber una alteración en la imagen obtenida que comprometa el diagnóstico.

La asociación nacional de manufactura eléctrica (NEMA) publicó en el 2010 el “Computed Tomography Dose Check Standard”¹² en el cual se implementa la característica de notificar al operador del tomógrafo con al menos uno de los valores determinados para la estimación de cantidad de dosis en cada estudio. Esto se reporta por medio de los valores de CTDIvol o DLP, los cuales son específicos de un protocolo, y deben de ser utilizados como herramienta de optimización para todo un grupo de pacientes y no de pacientes individuales.

El CTDI volumétrico es un estimado del promedio de la dosis en un solo corte de tomografía sobre un phantom o fantoma; este puede ser de 16 o 32cm de diámetro, y se mide en mGy. En caso de que sobrepase el valor determinado por el operador, el equipo de tomografía debe de notificarlo, y debiera ser posteriormente revisado en caso de que exista una oportunidad de optimización.

Es importante recalcar que este valor es un dato arrojado automáticamente por el sistema y se trata de un estimado de la radiación administrada en un estudio específico en un corte específico. También debemos recordar que depende de la modulación de dosis a lo largo del eje z del paciente, por lo que no es una medición constante y en cada corte se administra una dosis distinta, además de que no toma en cuenta el tamaño del paciente ni la longitud total del estudio. Para los estudios de tórax y abdomen el phantom estandarizado es de 32cm, mientras que los de 16cm se utilizan para estudios de cráneo.

Otra de las mediciones para la determinación de la radiación es el producto dosis-longitud (DLP). Este valor es una medición de la energía impartida en un paciente en la TC que toma en cuenta la longitud del escaneo, y se reporta con unidades de mGycm. Este indicador se obtiene del CTDI y la longitud a irradiar (Figura 1). Ya que este parámetro toma en cuenta la distancia establecida del estudio, se debe de considerar como una variable al operador (técnico o médico) que está realizándolo.

$$\text{DLP (mGy * cm)} = \text{CTDIvol (mGy)} * \text{Largo escáner(cm)}$$

Figura 1. Fórmula de DLP.

El tamaño del paciente tiene un efecto sobre el total de radiación administrada, en consecuencia, en el reporte 204 de la AAPM¹³ se introdujo un nuevo parámetro conocido como el SSDE. Este se calcula con el CTDIvol y el grosor o tamaño del paciente basado en un coeficiente estandarizado (Figura 2).

$$\text{DOSIS ESTIMADA TAMAÑO ESPECIFICA (SSDE)} = f_{\text{tamaño}}^{32x} \times \text{CTDI}_{\text{vol}}^{32}$$

Figura 2. Fórmula de SSDE

La ICRP⁸ considera que la dosis estimada tamaño específica pudiera considerarse en un futuro como un paso adicional para la optimización, pero actualmente no es utilizada tan ampliamente como el CTDI_{vol} o el DLP.

Samei y Chistianson¹⁴ determinaron los tres parámetros (CTDI_{vol}, DLP y SSDE) en conjunto con el tamaño del paciente pudieran llegar a ser un factor útil para la recolección de los niveles de referencia diagnóstica, pero estos van a depender de la disponibilidad local de software y hardware del equipo.

En el 2014, el Reporte 220 de la AAPM¹⁵ propone el diámetro equivalente en agua como medida para establecer el tamaño del paciente, sin embargo, también se menciona el diámetro efectivo como otra medida posible. Este último representa la medida del diámetro en cierto punto a lo largo del eje z del paciente. Ya que se asume que no es una forma completamente redonda, se puede asumir que el diámetro obtenido equivale al área circular en un corte axial. Este se calcula de las dimensiones lineales AP y lateral en un corte del estudio seccional.

Cuando ambas medidas son conocidas, el producto puede utilizarse como medida para el tamaño del paciente (Figuras 3 y 4). Tomando estos datos en cuenta, se deben de implementar métodos de optimización que consideren la dosis administrada, la longitud del estudio y el tamaño del paciente.

$$\text{Diámetro efectivo} = \sqrt{AP \times LAT}$$

Figura 3. Fórmula de diámetro efectivo.

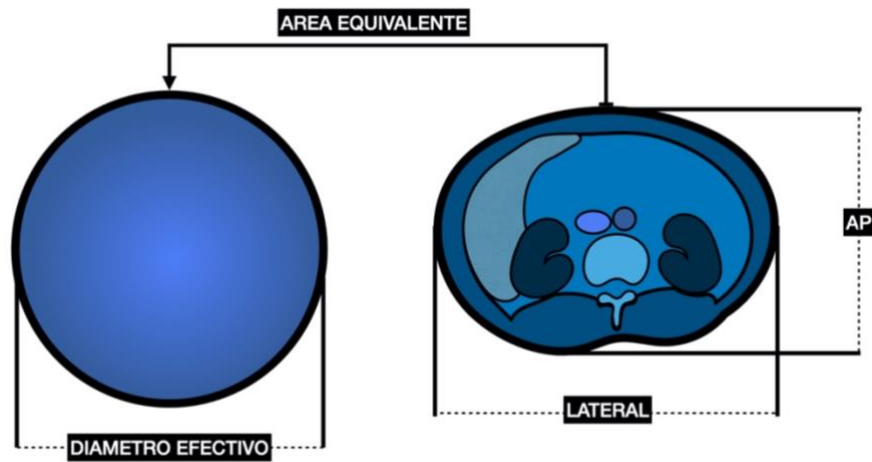


Figura 4. Ilustración del diámetro efectivo por tomografía a partir de un corte axial.

Kanal et al¹ establecieron los DRLs nacionales de los Estados Unidos en 2017 de los diez estudios más comúnmente realizados. Además de contar con una de las publicaciones de mayor población evaluada, su principal aportación es la realización de los DRLs por estudio y separándolos en cinco grupos dependiendo del tamaño.

Además de calcular los niveles de referencia diagnósticos (75 percentil), se documentaron las dosis alcanzables o AD (50 percentil) para cada uno de estos. Aunque ya se contaban DRLs para pacientes pediátricos por tamaño específico, hasta esta publicación, no habían sido reportados para adultos de tamaño pequeño o grande.

Lograr establecer y mantener un valor menor de DRLs y AD nacionales se considera como una buena práctica ya que al alcanzar estos parámetros se garantiza la reducción de dosis. Al implementar los niveles de referencia, e intentar estar por debajo de estos, no debemos perder la calidad de la imagen y que se realicen estudios con dosis tan baja que se consideren no diagnósticos por ese propósito. Si los valores locales se encuentran por debajo de los nacionales establecidos debe considerarse primero la calidad de la imagen antes que la dosis⁸.

En la publicación de la ICRP-135⁸ se dan recomendaciones de como recopilar y reportar estos niveles. Ya que no existe información publicada en el país, y la mínima población necesaria para establecer los DRLs locales se requieren de al menos 20 pacientes en 10- 20 establecimientos, esperamos que con esta investigación inspiremos a otras instituciones a publicar sus valores y así contar con niveles de referencia diagnósticos y dosis alcanzables en México.

Capítulo 3. Metodología.

Descripción del estudio

Se realizó un trabajo retrospectivo, descriptivo y observacional de los estudios en el departamento de Radiología e Imagen del Hospital Zambrano Hellion. Se limitó a evaluar los dos estudios de tomografía simple de mayor realización en la institución.

Esta investigación no conllevó ningún riesgo físico y/o emocional para los pacientes, investigadores o a el personal involucrado del departamento de Radiología e Imagen del Hospital Zambrano Helion.

La información obtenida fue de todos los estudios de tomografía de tórax y abdomen simples realizados en el tomógrafo Definition Flash, Siemens Healthcare durante el periodo de tiempo del 1 de octubre del 2020 al 30 de junio del 2021, sin seguimiento posterior de los pacientes.

No se extrajeron imágenes del sistema de almacenamiento, por lo que los estudios fueron visualizados y medidos exclusivamente dentro del departamento de Radiología e Imagen del TecSalud. El manejo de la información se realizó bajo las consideraciones del aviso de privacidad de los pacientes establecido por el TecSalud.

Los pacientes firmaron previamente el “Aviso de privacidad de los pacientes” (ver anexo 1), establecido por el TecSalud y bajo la aprobación del Comité de Ética e Investigación de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.

La información obtenida para esta investigación es confidencial y solo puede divulgarse a terceros a menos que lo permita o lo requiera la ley. Los datos generados en este estudio se encontrarán disponibles para sus inspecciones previa solicitud por parte de representantes de las autoridades sanitarias nacionales y locales, y el IRB/EC, según corresponda. La investigación se realizó en total conformidad con las normas de la ICH E6 de las Buenas Prácticas Clínicas, con los principios de la Declaración de Helsinki y bajo las leyes y regulaciones de México.

Se decidió realizar este trabajo basados en las descripciones y recomendaciones de la ICRP y en la metodología de la publicación de Kanal y colaboradores. Consideramos que la comisión⁸ dicta la estandarización en cuanto a la publicación y la terminología adecuada y de la publicación de Radiology¹ es innovadora por su aplicación de DRL y AD por grupos dependiendo del tamaño del paciente.

La metodología de ICRP-135 establece estas definiciones para la determinación de los niveles de referencia: DRL quantity, DRL process y DRL value para la obtención de los DRLs locales o nacionales.

En nuestro hospital, hemos aplicado la metodología descrita en el marco teórico de la siguiente manera:

DRL quantity: Siguiendo las recomendaciones de AAPM¹³ y de Kanal et al¹, hemos elgido estas mediciones para establecer nuestros niveles de referencia: CTDI_{vol} (mGy), DLP (mGycm) y SSDE (mGy).

DRL Process: El proceso para obtener la información requerida para la determinación de los niveles de referencia es el que se describe en la sección análisis estadístico.

DRL Value: La metodología de ICRP-135 se basa en un censo o levantamiento de datos suficientemente amplio para ser representativo de la práctica en un país o en una región. Bajo estas condiciones se establece que el valor que determina el DRL en dicha nación o región corresponde al percentil 75 de la distribución de medianas de la cantidad DRL obtenida en el censo.

Dado que este trabajo está limitado a la determinación de niveles de referencia de dosis en un hospital con un único tomógrafo, se ha establecido que el valor de DRL será la mediana (percentil 50) de la cantidad DRL correspondiente. Esto porque la mediana es el mejor estadístico para describir la tendencia de la muestra de dosis.

La información se registró en una base de datos en el programa de Microsoft Excel para MAC, versión 16.66.1 (Microsoft 365, 2022). Se anotaron todas las mediciones, fórmulas y se realizaron las tablas y gráficas representativas para posterior análisis.

Participantes

Población mayor a 16 años, que se realizó una tomografía de tórax o abdomen simple en el periodo de tiempo establecido dentro del departamento de Radiología e Imagen del Hospital Zambrano Hellion en el tomógrafo de Siemens.

Criterios de Inclusión

Estudios de tomografía de tórax o abdomen total simple en pacientes mayores de 16 años que fueron realizados dentro del Hospital Zambrano Hellion y que hayan sido en el tiempo especificado considerando una adecuada calidad de imagen diagnóstica.

Los estudios debían de contar con información completa en el RIS/PACS: sexo, edad, número de expediente, fecha del estudio, CTDIvol, DLP y ser realizados con el protocolo establecido (Tabla 2).

Criterios de Exclusión

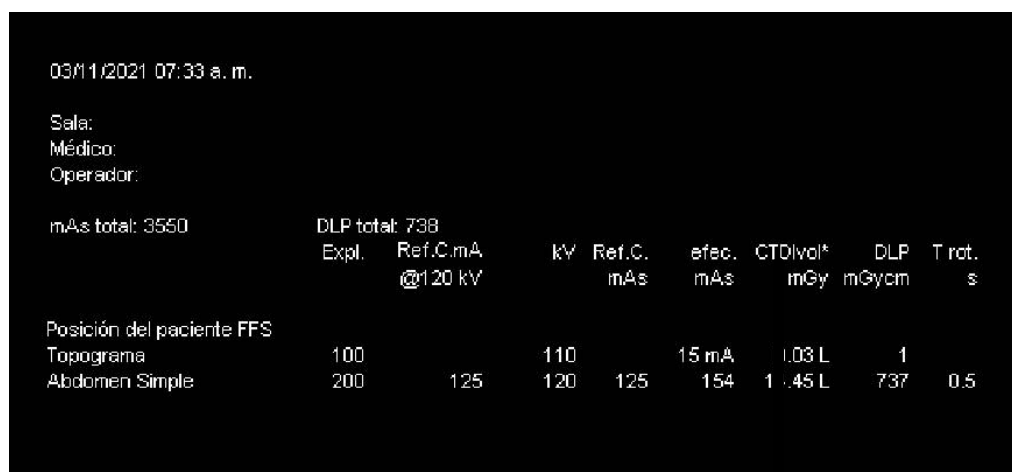
Se excluyeron todos los estudios de TC que no fueran de tórax o abdomen, que se realizaran con cualquier tipo de contraste (oral, venoso, rectal), estudios no diagnósticos, con información incompleta en el expediente, menores de 16 años, estudios multinivel, múltiples rastreos o que fueran realizados con otros protocolos que no fueran los preestablecidos por el departamento.

Tabla 2. *Factores técnicos del protocolo en los estudios de tomografía de tórax y abdomen simple en el tomógrafo Definition Flash, Siemens Healthcare de 256 cortes con 2 tubos.*

Factor técnico	Tomografía de tórax simple	Tomografía de abdomen simple
Posición del paciente	Decúbito supino, desde ápices pulmonares a base pulmonar.	Decúbito supino, desde apófisis xifoides hasta sínfisis de pubis.
Modo de energía	Tubo primario	Tubo primario
kV	120	120
Colimación	128 x 0.6 mm	32 x 1.2 mm
Pitch	1.2	0.6
Modulación de corriente	CARE DOSE	CARE DOSE
Espesor de corte	1mm	2mm
Ventanas de imagen	Pulmón I50F, Mediastino I26f	Tejidos blandos I26F

Análisis estadístico

La información fue recopilada de manera retrospectiva tomando como muestra todos los estudios realizados de tomografía de abdomen o tórax simples durante el periodo de tiempo establecido. Los valores nominales de CTDIvol y DLP fueron extraídos directamente del control de dosis aportada por el equipo de tomografía y enviada al PACS (Figura 5).



03/11/2021 07:33 a. m.

Sala:
Médico:
Operador:

mAs total: 3550 DLP total: 738

	Expl.	Ref.C.mA @120 kV	kV	Ref.C. mAs	efec. mAs	CTDIvol* mGy	DLP mGycm	T rot. s
Posición del paciente FFS								
Topograma	100		110		15 mAs	1.03 L	1	
Abdomen Simple	200	125	120	125	154	1.45 L	737	0.5

Figura 5. Ejemplo de reporte de dosis en estudio de tomografía de abdomen simple en la tomografía del Hospital Zambrano Helion. Para el CTDIvol y DLP recopilados se tomó la suma total de la dosis (topograma y del estudio).

Los datos recolectados del archivo incluyeron: el número de registro, fecha del estudio, edad, sexo, CTDIvol, y DLP. Documentar el número del registro y la fecha tuvo la finalidad de evitar su repetición en la base de datos. Una vez iniciado el análisis sólo se utilizó el número de registro para poder preservar la confidencialidad de la información del paciente.

Para la determinación del diámetro efectivo, se tomaron dos dimensiones lineales en un solo corte axial en las secuencias de reconstrucción de 2mm. Utilizando las herramientas del software de archivado de imágenes del hospital (PACS), se realizaron las dos medidas perpendiculares (AP y lateral) y se registraron los valores nominales reportados en cm.

El nivel de corte seleccionado para cada estudio se basó en referencias anatómicas, estas se establecieron con la finalidad de homogeneizar las mediciones de cada uno de los pacientes. Para el estudio de tomografía simple de tórax, utilizando los cortes axiales, se seleccionó como referencia para el nivel de corte al tronco de la arteria pulmonar en ventana para mediastino. La medición cuantitativa se obtuvo en el nivel de corte más ancho del paciente mientras fuera visible el tronco. La referencia anatómica para los estudios de TC simple de abdomen fue establecido a nivel del espacio intervertebral de L4-L5 en ventana para tejidos blandos.

(Figura 6).

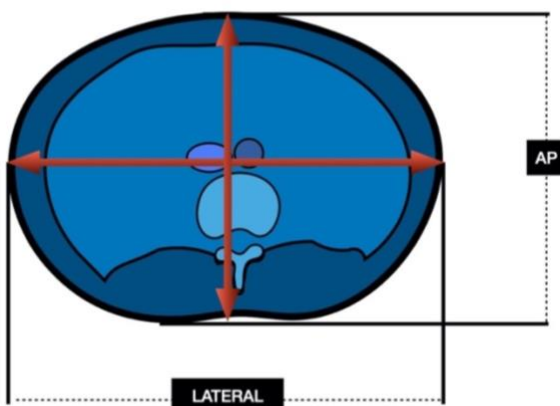


Figura 6. Ilustración ejemplificando las dos medidas lineales recopiladas en un estudio de abdomen.

Basados en el reporte de la AAPM, el diámetro efectivo se calculó a través de la ecuación de la figura 3, que utiliza dos mediciones: AP y lateral. Para la fórmula para SSDE (Figura 2) se utilizó como referencia un phantom o fantoma de 32cm ya que éste es el estándar para la calibración en ambos estudios.

Posteriormente se distribuyó la muestra en 5 grupos dependiendo de su diámetro efectivo como en el reporte publicado por Kanal et al¹. El primer grupo con un diámetro de 21-24cm, el segundo de 25-28cm, tercero de 29-32cm, el cuarto de 33-36cm y por último 37-41cm. Para el estudio de abdomen se identificaron pacientes fuera de estos parámetros, por lo que se agregaron dos más: un sexto grupo con pacientes <21cm y el séptimo para >41cm.

El análisis se realizó utilizando estadística descriptiva para determinar la mediana (percentil50) del CTDIvol, SSDE y DLP por tipo de estudio y para cada uno de los grupos.

Capítulo 4. Resultados

De los estudios de tomografía de tórax y abdomen simples en pacientes adultos durante el periodo del 1ero de octubre 2020 al 30 de junio 2021, posterior a los criterios de exclusión, se recopiló un total de 792 exámenes. Estos corresponden a 213 (26.9%) estudios de tórax simple y 579 (73.1%) de abdomen simple (Tabla 3).

La distribución demográfica de la muestra mostró a 389 del sexo femenino y 403 de pacientes masculinos, los cuales corresponden a 49.1% y 50.9% respectivamente (Tabla 4 y gráfica 1 y 2).

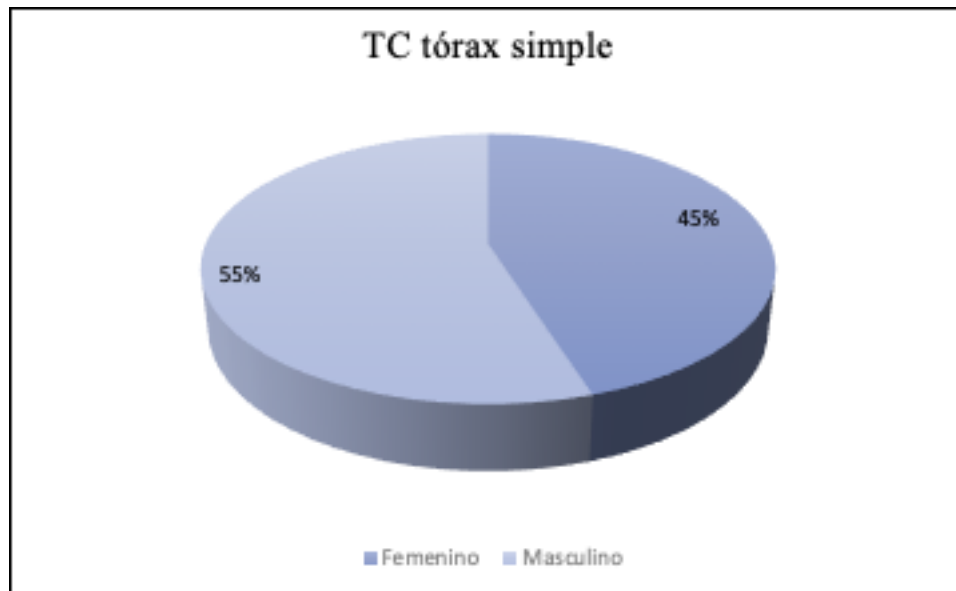
Tabla 3. *Número total de exámenes de TC recopilados y cantidad por estudio realizado.*

Tipo de examen	Número de exámenes
Tórax simple	213
Abdomen simple	579
Total	792

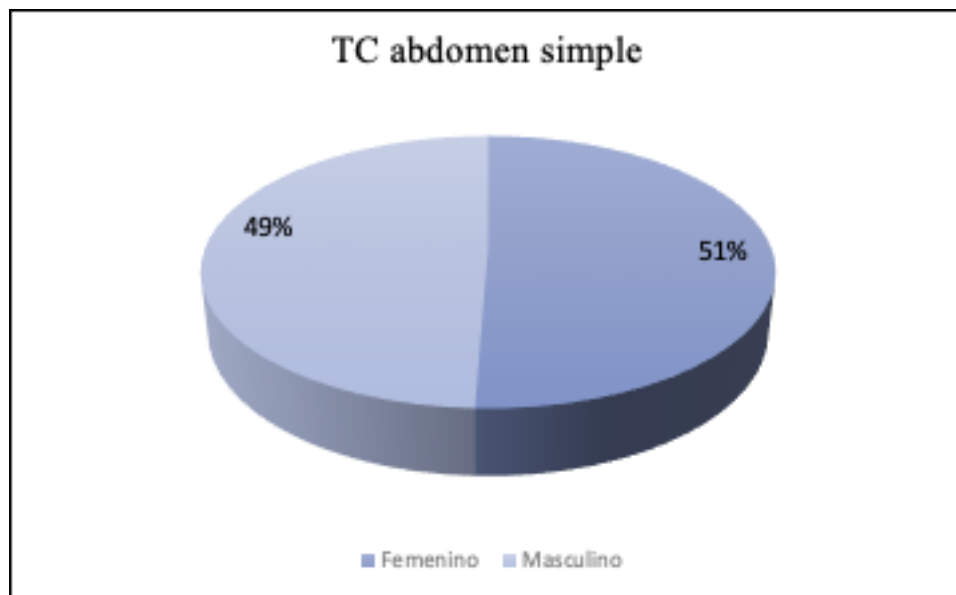
Tabla 4. *Distribución demográfica de la población total de la muestra y el tipo de estudio realizado.*

Sexo	Abdomen	Tórax	Nº estudios
Femenino	293	96	389
Masculino	286	117	403
Total	579	213	792

Gráfica 1. *Distribución demográfica de la población total de la muestra en la tomografía de tórax simple.*

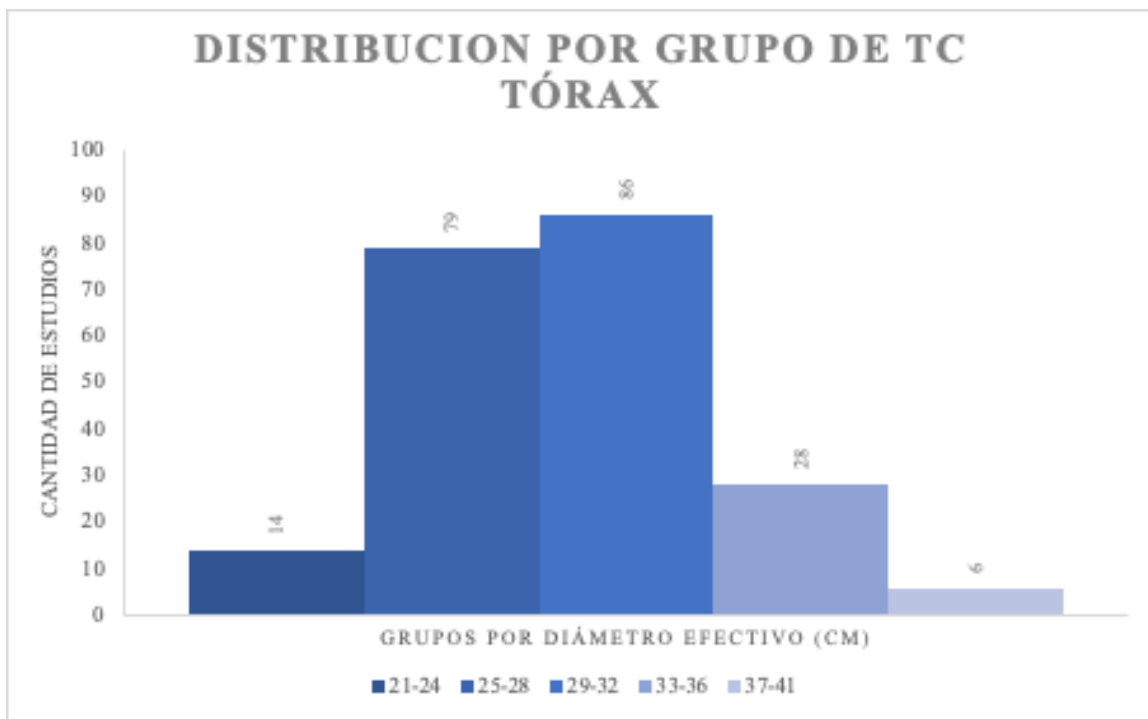


Gráfica 2. *Distribución demográfica de la población total de la muestra en la tomografía de abdomen simple*



Los estudios de TC simple de tórax se dividieron en los cinco grupos sugeridos en la publicación de Kanal et al.¹ Basados en su diámetro efectivo. El grupo con mayor número de pacientes fue el tercero (29-32cm) con un total de 86 (Gráfica 3)

Gráfica 3. *Distribución de la población total en los estudios de TC de tórax simple*

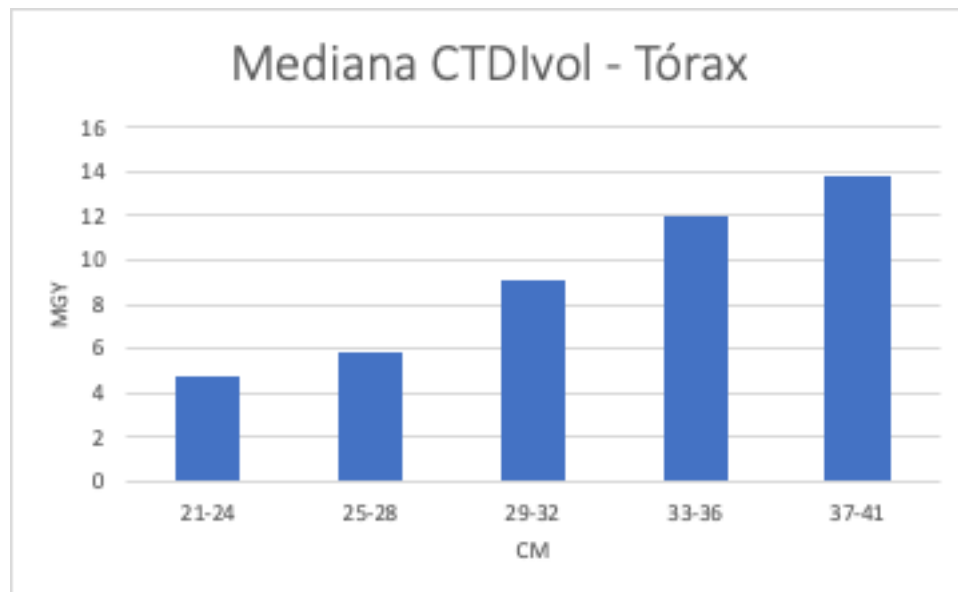


Se sacó la mediana (Tabla 5) que corresponden a las dosis típicas del estudio, por valor y sus gráficas representativas (Gráficas 4, 5 y 6).

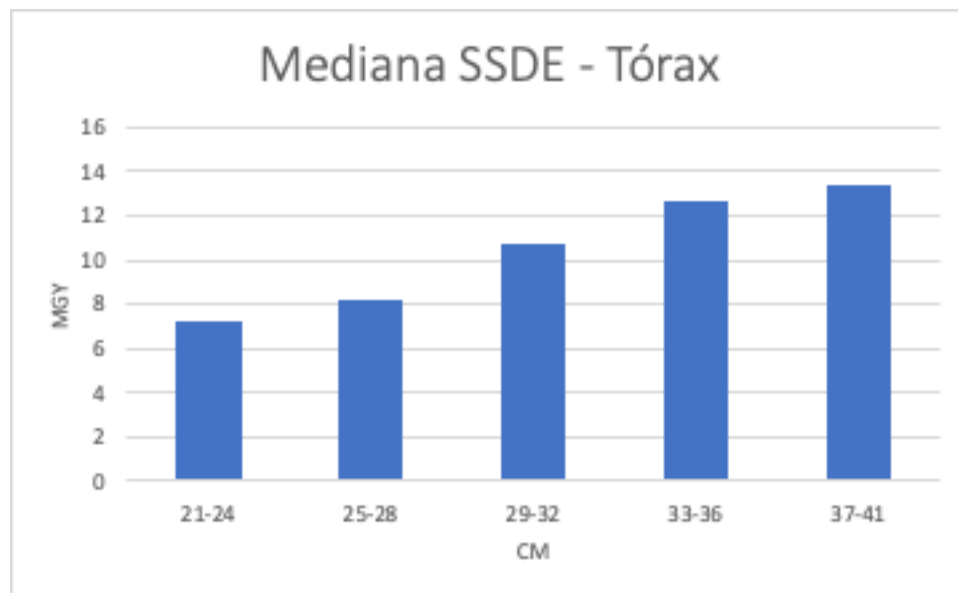
Tabla 5. Mediana de los estudios de tomografía de tórax simple por grupo de diámetro efectivo para los parámetros de CTDIvol, SSDE y DLP.

Estudio	Diámetro efectivo (cm)	No. Pacientes	CTDIvol (mGy)	SSDE (mGy)	DLP (mGy-cm)
			Mediana (p 50)	Mediana (p 50)	Mediana (p 50)
Tórax	21-24	14	4.72	7.29	176.5
	25-28	76	5.89	8.15	216
	29-32	86	9.1	10.71	322.5
	33-36	28	12.03	12.64	449
	37-41	6	13.77	13.37	492
TOTAL		213	7.94	9.8	289

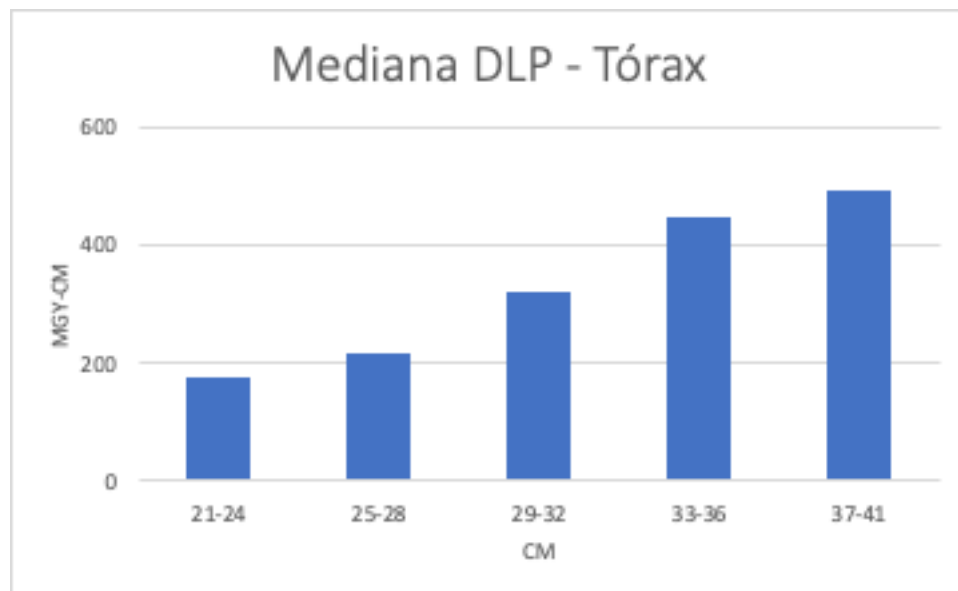
Gráfica 4. Mediana del CTDIvol en los estudios de tomografía de tórax simple por grupo de diámetro efectivo.



Gráfica 5. Mediana del SSDE en los estudios de tomografía de tórax simple por grupo de diámetro efectivo.



Gráfica 6. Mediana del DLP en los estudios de tomografía de tórax simple por grupo de diámetro efectivo.

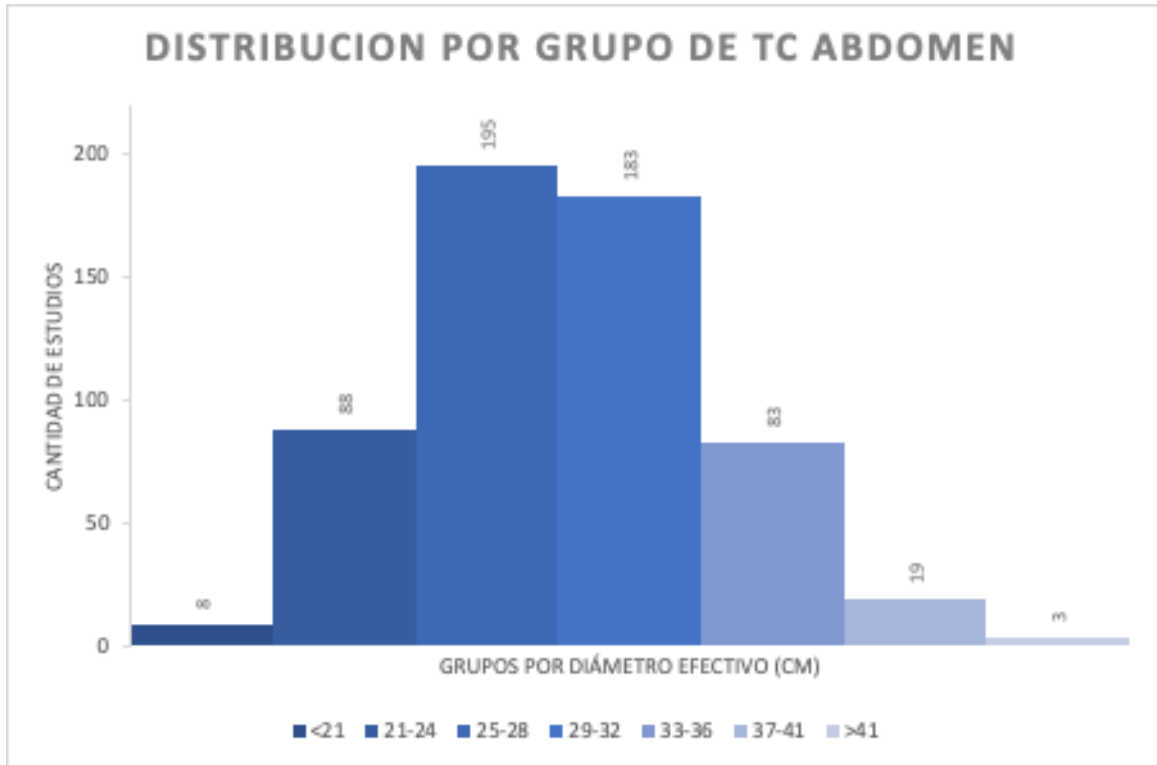


Se realizó una comparación por grupo, donde se demuestra que el aumento de dosis, tanto con los valores de CTDIvol, SSDE y DLP, son directamente proporcionales al incremento en el diámetro efectivo, esto sucede en cada uno de los grupos.

En los estudios de tomografía de tórax simple el CTDIvol es mayor que el SSDE para los grupos de talla pequeña (21 hasta 36cm) mientras que para el último de talla grande (37-41) el SSDE es mayor.

Con un total de 579 estudios de tomografía de abdomen simple, la distribución de la muestra mostró 11 pacientes que se no se ajustaban a ninguno de los grupos reportados por Kanal y colaboradores. El primer grupo agregado engloba a los pacientes con <21 cm de diámetro efectivo, con un total de 8, mientras que el segundo únicamente se reportaron 3 pacientes que tienen un DE >41cm. Estos corresponden a los grupos en ambos extremos de los previamente documentados. El grupo con el mayor número de pacientes, a diferencia de los de la tomografía de tórax, fue el tercer grupo que corresponde a 25-28cm (Gráfica 7).

Gráfica 7. Distribución de la población total en los estudios de TC de abdomen simple

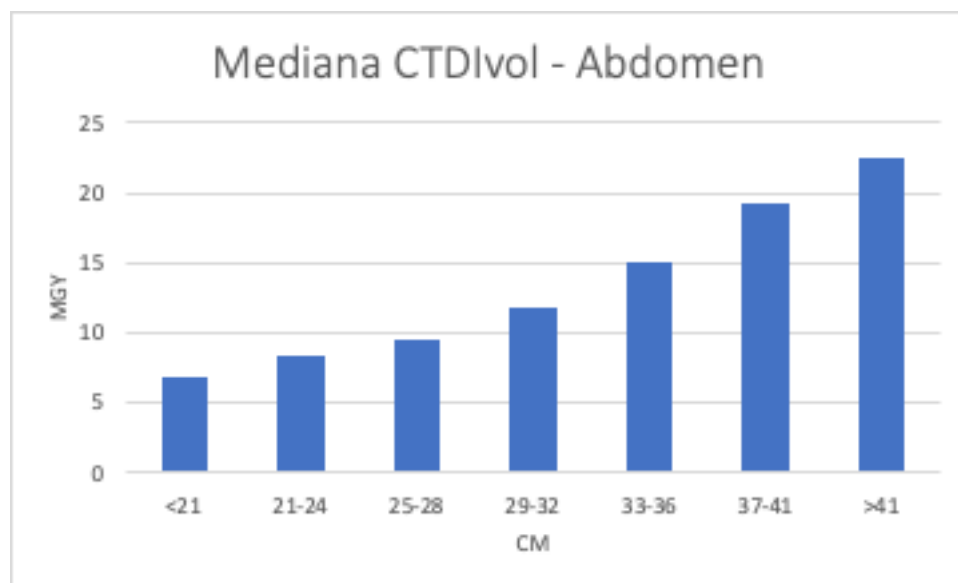


Se sacaron las medianas por cada grupo (Tabla 6) con sus gráficas representativas (Gráficas 8, 9 y 10). Posteriormente se realizó una comparación entre ellos, donde se demuestra, que al igual que en los estudios de tomografía de tórax, el incremento en la dosis es directamente proporcional al aumento en el diámetro efectivo.

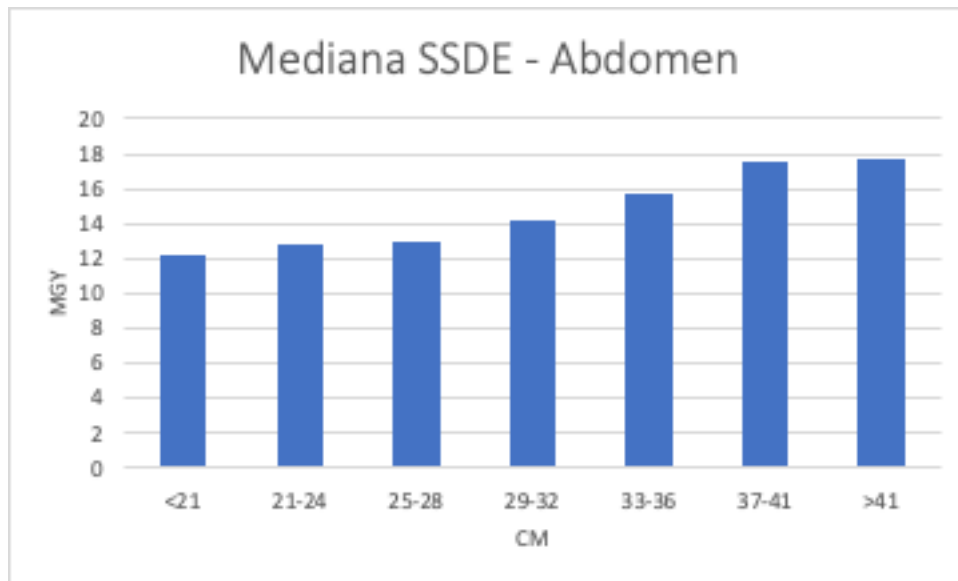
Tabla 6. Mediana en los estudios de tomografía de abdomen simple por grupo de diámetro efectivo para los parámetros de CTDIvol, SSDE y DLP.

Estudio	Diametro efectivo (cm)	No. Pacientes	Mediana (p 50)		
			CTDIvol (mGy)	SSDE (mGy)	DLP (mGy-cm)
Abdomen	<21	8	6.86	12.26	304
	21-24	88	8.44	12.85	389
	25-28	195	9.5	12.95	458
	29-32	183	11.75	14.21	588
	33-36	83	15	15.72	755
	37-41	19	19.3	17.52	997
	>41	3	22.6	17.7	1321
TOTAL		579	10.83	13.8	510

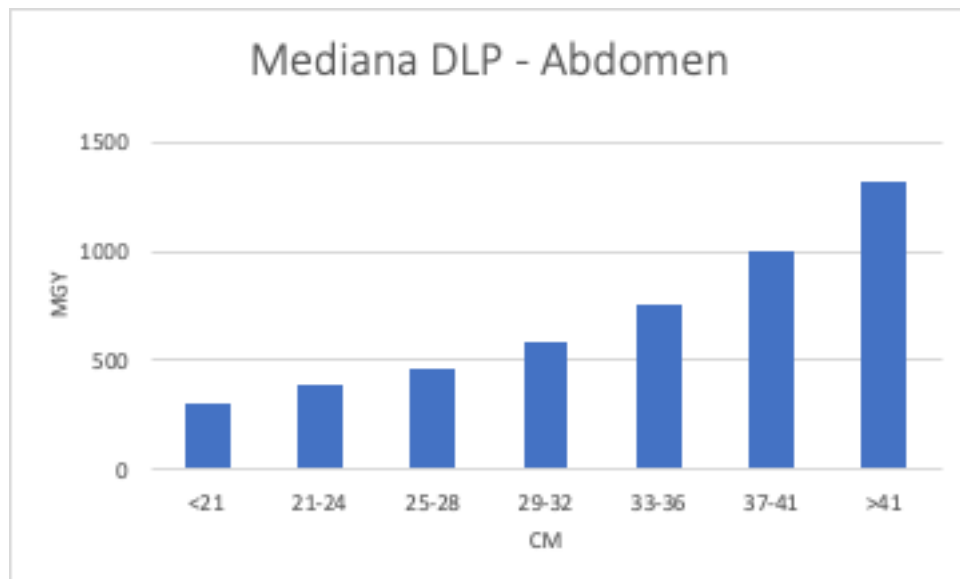
Gráfica 8. Mediana del CTDIvol en los estudios de tomografía de abdomen simple por grupo de diámetro efectivo.



Gráfica 9. Mediana del SSDE en los estudios de tomografía de abdomen simple por grupo de diámetro efectivo.



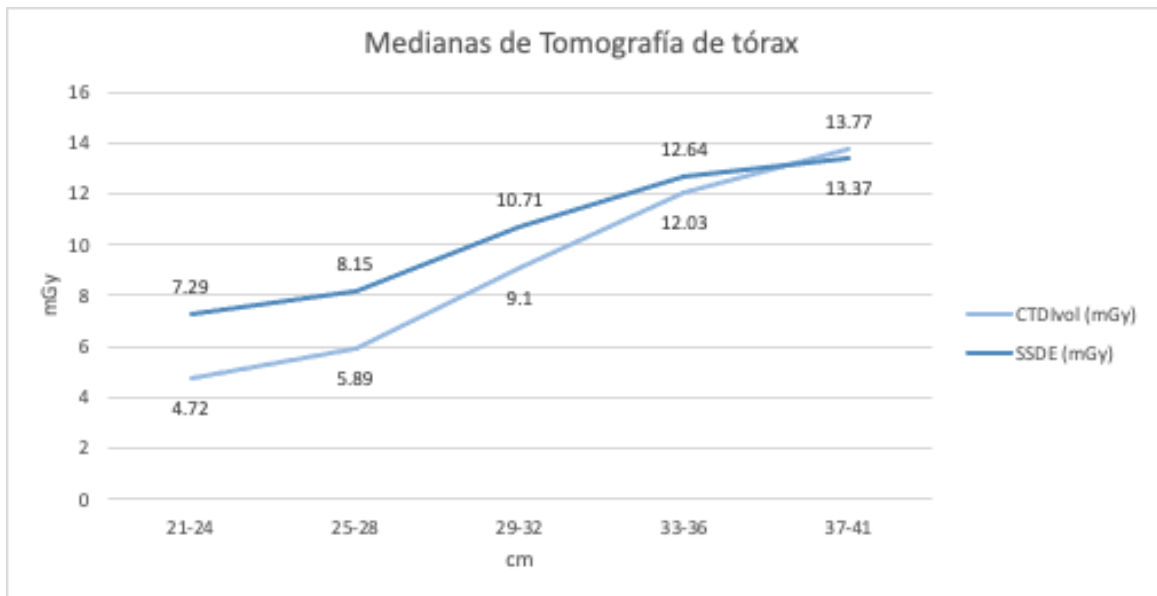
Gráfica 10. Mediana del DLP en los estudios de tomografía de abdomen simple por grupo de diámetro efectivo.



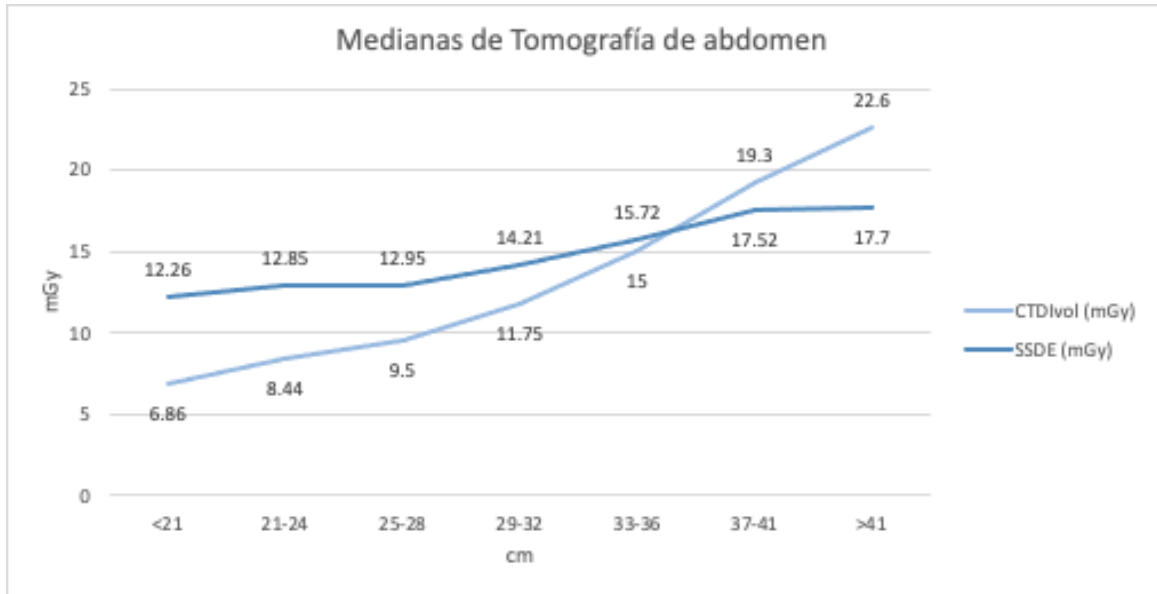
De la misma manera que en los estudios de tórax, en el abdomen simple, para cada grupo, el CTDIvol es mayor que el SSDE para los grupos de talla pequeña (<21 hasta 36cm) mientras que para los últimos dos (37-41 y >41) el SSDE es mayor.

Las gráficas 11 y 12 son representaciones gráficas la mediana de CTDIvol y SSDE para los estudios de tórax y abdomen simples basados en el tamaño diámetro efectivo.

Gráfica 11. *Medianas de CTDIvol y SSDE en TC de tórax*



Gráfica 12. *Medianas de CTDIvol y SSDE en TC de abdomen*



La tabla 7 muestra se realizó un comparativo con los niveles de referencia y dosis alcanzable de Kanal et al con las medianas de nuestro centro visualizando datos similares.

Tabla 7. *Medianas en TC de tórax y abdomen comparado con lo reportado en EUA por Kanal et al.*

	Kanal et al.		HZH
	AD	DRL	Mediana
Tórax simple			
CTDIvol (mGy)	9	12	7.94
DLP (mGy-cm)	334	445	289
SSDE (mGy)	11	15	9.85
Abdomen simple			
CTDIvol (mGy)	13	16	11.7
DLP (mGy-cm)	639	781	588
SSDE (mGy)	15	19	14.21

Capítulo 5. Análisis y discusión de resultados

En este trabajo establecemos las medianas de nuestras dosis típicas para los dos estudios más solicitados de tomografía realizados en el hospital Zambrano Helion (Tabla 7).

El resultado de las medianas, tanto de CTDI_{vol}, DLP y SSDE para cada estudio, al ser comparados, se encuentran por debajo de los niveles de referencia reportados en EUA¹, pero debemos considerar lo establecido por la ICRP⁸. Aun cuando contamos con una extensa muestra, únicamente se hizo la recopilación de un solo tomógrafo de un solo hospital, lo que nos lleva a concluir que nos encontramos por debajo de lo mínimo necesario para poder llamarlos niveles de referencia locales.

Una limitación en nuestra investigación es que no se realiza un análisis de calidad de imagen, la cual debe ser la principal consideración para concluir que se trata de un protocolo adecuado. Tomando en cuenta que la calidad en la imagen es apropiada, los DRLs deben alertar si la dosis de un estudio específico se encuentra inusualmente alta o baja, por lo que consideramos que en este momento los protocolos para la tomografía de abdomen y tórax de nuestra institución son efectivos. Esta información representa la dosis que se utiliza actualmente y no la mínima dosis necesaria para una adecuada imagen diagnóstica, por lo que pudiera ser un área de optimización futura.

Las dos principales mediciones utilizadas para reportar los niveles de referencia son mediante el DLP y CTDIvol. Consideramos que es importante tomar en cuenta el SSDE, ya que los otros dos se basan a un tamaño pre-establecido de phantom y van a representar la dosis en un paciente de tamaño “promedio”. Como pudimos observar, en nuestra población hay una amplia distribución en diámetro efectivo (gráficas 3 y 7) así como dos grupos más para la TC de abdomen que no fueron reportados en previas publicaciones.

Para los valores de CTDIvol, DLP y SSDE de ambos estudios hubo un incremento directamente proporcional entre la dosis y el diámetro efectivo de los pacientes. Tras la separación por grupo, podemos determinar que, si el tamaño es tomado en cuenta, es posible evitar una dosis excesiva en pacientes de menor talla.

Al igual que lo reportado en publicaciones previas¹, al comparar los datos de CTDIvol y SSDE (gráficas 11 y 12), vemos que aumentar la dosis en la TC, no va a representar un aumento en la dosis absorbida por el paciente. Esto sucede ya que el CTDIvol no considera el tamaño del paciente, mientras que el SSDE si lo hace.

Los DRLs y AD deben de promover a las instituciones a comparar sus datos con los ya reportados y así optimizar y disminuir sus niveles de dosis administradas. Esto de forma secundaria debe alentar a utilizar esa información como referencia para evaluar sus protocolos y así intentar encontrarse por debajo de los niveles de referencia nacionales o locales.

Capítulo 6. Conclusión

La determinación de los niveles de referencia para los estudios de tomografía es una herramienta que, como un valor cuantitativo, nos ayuda a la optimización de protocolos en los estudios que proporcionan al paciente radiación ionizante. Para nuestro conocimiento es la primera vez en el país que se hace un estudio para su medición, por lo que esperamos inspire a otras instituciones hacer su propia recopilación y determinación de medianas y así contar con niveles de referencia diagnóstica locales.

El hallazgo de este reporte nos pone como institución en un nivel favorable ya que los resultados encuentran por debajo al ser comparados con los niveles de referencia de los Estados Unidos. Sin embargo no debemos de olvidar que los DRLs son únicamente un parámetro para alertar sobre la dosis y no como medición de adecuada práctica radiológica. Cabe recalcar que la tecnología y la investigación en este tema está en constante evolución y que nuestros protocolos deben de ser optimizados con frecuencia y siempre tomando en cuenta que la prioridad es la calidad de imagen para así realizar un óptimo diagnóstico.

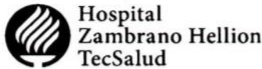
Se requiere de una mayor participación por distintos establecimientos, tanto públicos como privados para poder contar con niveles de referencia diagnósticos y dosis alcanzables, lo que permitirá en un futuro la comparación directa con reportes internacionales.

Referencias

1. Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Coombs LP, Morin RL. U.S. diagnostic reference levels and achievable doses for 10 adult CT examinations. *Radiology*. 2017;284(1):120–33.
2. Pandharipande, P. V., Reisner, A. T., Binder, W. D., Zaheer, A., Gunn, M. L., Linnau, K. F., Miller, C. M., Avery, L. L., Herring, M. S., Tramontano, A. C., Dowling, E. C., Abujudeh, H. H., Eisenberg, J. D., Halpern, E. F., Donelan, K., & Gazelle, G. S. (2016). CT in the emergency department: A real-time study of changes in physician decision making. *Radiology*, 278(3), 812–821.
3. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography: an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007;357(22):2277–2284
4. Hendee WR, O'Connor MK. Radiation risks of medical imaging: separating fact from fantasy. *Radiology*. 2012;264(2):312–21.
5. Cascón, A. (2009). Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista argentina de cardiología*, 77(2), 123-128
6. ICRP. The 2007 Recommendations of the international commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2–4):1–332.
7. Little, B. P., Duong, P. A., Knighton, J., Bagnon, K., Campbell-Brown, E., Kitajima, H. D., St. Louis, S., Tannir, H., & Applegate, K. E. (2015). A Comprehensive CT Dose Reduction Program Using the ACR Dose Index Registry. *Journal of the American College of Radiology*, 12(12), 1257–1265. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2015.07.020>
8. ICRP. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. *Ann. ICRP*. 2017;46(1).
9. Nom-229-Ssa1-2002 NORMAOM. Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.
10. NRPB, 1999. Guidelines on Patient Dose to Promote the Optimisation of Protection for Diagnostic Medical Exposures. Documents of the NRPB 10(1). National Radiological Protection Board, Chilton.
11. NCRP, 2012. Reference Levels and Achievable Doses in Medical and Dental Imaging: Recommendations for the United States. NCRP Report No. 172. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD.
12. NEMA, 2010. Computed Tomography Dose Check. NEMA Standards Publication XR 25-2010. National Electrical Manufacturers Association, Rosslyn, VA.
13. AAPM, 2011a. Size-specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. AAPM Report No. 204. American Association of Physicists in Medicine, College Park, MD.
14. Samei, E., Christianson, O., 2014. Dose index analytics: more than a low number. *J. Am. Coll. Radiol.* 11, 832–834
15. AAPM, 2014. Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT. Report of AAPM Task Group 220. American Association of Physicists in Medicine, College Park, MD.

Anexos

Anexo 1. Aviso de privacidad por el TecSalud bajo la aprobación del Comité de Ética e Investigación de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.



Fundación Santos y de la Garza Evia I.B.P.

RFC. FSG7712283P5

Hospital San José

Av. I. Morones Prieto 3000 Pte.

Col. Los Doctores. 64710. Monterrey, N.L. México.

Tel. (81) 8347.1010 Fax. (81) 8348.0628

Hospital Zambrano Hellion

Batallón de San Patricio 112 Col. Real de San Agustín

C.P. 66278. San Pedro Garza García, N.L. México

Tel. (81) 8888.0000.

AVISO DE PRIVACIDAD PACIENTES

Identidad y domicilio del Responsable

El Responsable de los datos personales que usted proporciona es Fundación Santos y de la Garza Evia, I.B.P. (en adelante Tec Salud), ubicado en Avenida Ignacio Morones Prieto # 3000 Pte, Colonia Los Doctores, Monterrey, Nuevo León.

Datos personales y datos personales sensibles tratados por Tec Salud

Tec Salud para cumplir con las finalidades previstas en este Aviso de Privacidad tratará datos personales de identificación, incluyendo su imagen personal a través de fotografías y/o videos, datos personales de contacto, datos personales patrimoniales y/o financieros, incluyendo información relacionada con el seguro de gastos médicos que tenga contratado; datos personales laborales y datos personales académicos.

Asimismo, le informamos que para cumplir con las finalidades descritas en este aviso de privacidad se tratarán los siguientes datos personales sensibles, que requieren de especial protección: datos personales referentes a su estado de salud presente y futuro, factores psicológicos, padecimientos pasados y presentes, antecedentes heredofamiliares, datos personales biométricos, datos sobre su preferencia sexual, religión y sobre su origen étnico y/o racial. Le informamos que el tratamiento de dichos datos es necesario para cumplir las obligaciones derivadas de la relación jurídica entre usted y Tec Salud, razón por la cual su consentimiento se encuentra exceptuado.

Por otro lado, le informamos que Tec Salud recabará y tratará datos personales de identificación, de contacto y patrimoniales y/o financieros de familiares y/o terceros, que usted designe como responsables y con quienes podríamos comunicarnos en caso de emergencia para cumplir con las finalidades primarias y necesarias para la relación jurídica establecida con usted. De este modo, al proporcionar los datos personales necesarios relacionados con sus familiares y/o terceros usted reconoce tener el consentimiento de éstos para que Tec Salud trate éstos para cumplir con las finalidades primarias y necesarias señaladas en el presente Aviso.

Finalidades primarias

Tec Salud tratará sus datos personales para las siguientes finalidades primarias y necesarias:

- Registrarle e identificarle como paciente nuestro;
- Brindarle la atención médica que requiera de acuerdo a su estado de salud actual y futuro;
- Integrar su Expediente Clínico y conservarlo de conformidad con la normatividad aplicable en materia de salud;
- Dar a conocer su estado de salud a quien usted designe como responsable durante la prestación del servicio médico;
- Contactarlo para brindarle información sobre los servicios solicitados;
- Contactar a sus familiares y/o terceros autorizados en caso de emergencia;
- Gestionar pagos derivados de los servicios prestados;
- Hacer efectivas las coberturas de seguros que tenga contratadas con empresas aseguradoras;
- Gestionar procesos de cobranza y facturación;
- Cumplir con las obligaciones previstas en la normatividad aplicable en materia de salud así como con los requerimientos de autoridades competentes en los casos legalmente previstos.
- Obtención de certificaciones de calidad en la prestación de servicios relacionados con la salud.

Le informamos que usted no puede oponerse para que Tec Salud cese el tratamiento de sus datos para las finalidades primarias y necesarias, anteriormente mencionadas, en virtud de que el tratamiento es necesario para cumplir obligaciones derivadas de la relación entre usted y Tec Salud.

Finalidades secundarias

Además, si usted no se opone, Tec Salud tratará sus datos personales para las siguientes finalidades adicionales que no son necesarias para el servicio solicitado, pero que permiten y facilitan brindarle una mejor atención:

- Para realizar encuestas y evaluaciones de mejora de procesos de atención;
- Para fines académicos, de investigación médica y generación de tesis;
- Para fines publicitarios y de campañas financieras;
- Para proporcionar a sus familiares y/o terceros que lo soliciten información sobre el número de habitación en el cual se encuentre hospitalizado.

En caso de que no desee que sus datos personales sean tratados para alguna o todas las finalidades adicionales, desde este momento usted nos puede comunicar lo anterior al correo avisoprivacidad@servicios.tecsalud.mx

La negativa para el uso de sus datos personales para fines adicionales no podrá ser un motivo para negarle los servicios o productos que contrata o solicita ni para dar por terminada la relación establecida con nosotros.

Transferencias

Tec Salud para cumplir las finalidades necesarias anteriormente descritas u otras aquellas exigidas legalmente o por las autoridades competentes transferirá los datos personales necesarios a las siguientes organizaciones y para los siguientes fines:

Tercero receptor de los datos personales	Finalidad	Consentimiento
Autoridades en materia de salud	Cumplir con las disposiciones de la Ley General de Salud, Normas Oficiales Mexicanas y demás normatividad aplicable.	No necesario
Compañías Aseguradoras	Pago de servicios obtenidos y hacer efectivos las coberturas aplicables.	No necesario
Terceros pagadores	Pago de servicios obtenidos	No necesario
Médico tratante	Brindar atención médica	No necesario
*Médico Investigador del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.	Realizar investigaciones médicas relacionadas con su diagnóstico, tratamiento y demás datos personales.	Necesario
*Médicos residentes	Realizar investigaciones médicas que deriven en tesis y/o publicaciones en congresos.	Necesario
Estudiantes del sector salud	Para brindar atención médica con supervisión de médico.	No necesario
Empresas e instituciones con las que tenemos celebrados contratos de prestación de servicios médicos para sus empleados.	En caso de solicitar ser atendido por su calidad de empleado de alguna de estas empresas o instituciones, para la gestión de trámites administrativos.	No necesario

Si usted no desea que Tec Salud transfiera sus datos personales para aquellas transferencias para las cuales es necesario su consentimiento le pedimos que envíe un correo electrónico a la dirección avisoprivacidad@servicios.tecsalud.mx, en donde se le atenderá en tiempo y forma.

[] Acepto y otorgo mi consentimiento para realizar la transferencia de los datos a los terceros señalados con asterisco (*).

Derechos ARCO y/o revocación del consentimiento

Usted o su representante legal podrá ejercer cualquiera de los derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición ("Derechos ARCO"), así como revocar su consentimiento para el tratamiento de sus datos personales enviando un correo electrónico al Departamento de Protección de Datos Personales a la dirección electrónica avisoprivacidad@servicios.tecsalud.mx.

En este sentido, puede informarse sobre los procedimientos, requisitos y plazos para el ejercicio de sus Derechos ARCO y/o revocación del consentimiento en cualquiera de nuestras página de internet <http://www.cmzh.com.mx/pacientes-y-familiares/aviso-de-privacidad.aspx>, o <http://www.hsj.com.mx/secciones-hsj/aviso-de-privacidad.aspx> ó bien ponerse en contacto con el Departamento de Protección de Datos Personales que dará trámite a las solicitudes para el ejercicio de estos derechos, y atenderá cualquier duda que pudiera tener respecto al tratamiento de su información. Los datos de contacto del Departamento de Protección de Datos Personales son los siguientes: Av. Ignacio Morones Prieto No. 3000 Pte., colonia Los Doctores, Monterrey, Nuevo León, C.P. 64710. Correo electrónico: avisoprivacidad@servicios.tecsalud.mx

Limitación y/o Divulgación de sus datos

Usted podrá limitar el uso o divulgación de sus datos personales enviando su solicitud al avisoprivacidad@servicios.tecsalud.mx. En caso de que su solicitud sea procedente se le registrará en el listado de exclusión propio de Tec Salud.

Uso de cookies, web beacons y otras tecnologías similares

Le informamos que en nuestra página de Internet no utilizamos cookies y otras tecnologías a través de las cuales sea posible monitorear su comportamiento como usuario de Internet.

Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI)

En caso de considerarlo necesario, le informamos que tiene el derecho de acudir ante el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) para hacer efectivos sus derechos.

Cambios al Aviso de Privacidad

Tec Salud le notificará sobre cambios o actualizaciones al presente aviso de privacidad a través de las ligas www.cmzh.com.mx y www.hsj.com.mx y posteriormente accediendo a su Aviso de Privacidad.

Aceptación al Aviso de Privacidad

Por medio del presente usted es consciente que Tec Salud trate sus datos personales para aquellas finalidades para las cuales es necesario su consentimiento, y reconoce que el presente Aviso de Privacidad fue puesto a disposición previo al tratamiento de sus datos personales. Asimismo, declara que ha informado a las personas de las cuales ha proporcionado datos personales, del tratamiento que el Responsable dará a los mismos y que cuenta con su autorización.

Firma del paciente

Nombre completo y firma de quien ejerce la patria potestad o tutoría del paciente

Monterrey, Nuevo León, a 17 de Octubre del 2019 hora 13:47:38

Currículum Vitae del Autor

Mariana del Río González

1. Información personal.

- 1.1.Lugar de nacimiento: Ciudad de México, México.
- 1.2.Lugar de residencia: Nuevo León, Monterrey.
- 1.3.Estado civil: Casado
- 1.4.Correo electrónico: marianadelrio@me.com

2. Formación académica y experiencia profesional.

2.1. Residente Radiología e Imagenología

2019- Actual

TecSalud-SSNL, Instituto tecnológico de Estudios Superiores Monterrey
Monterrey, NL

2.2. Médico auxiliar

Noviembre 2017 - Junio 2018

Campus Monterrey del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores
Monterrey, Servicio Médico, Monterrey, N.L

2.3. Médico pasante del Servicio Social

Agosto 2016 – Septiembre 2017

Médico de consulta externa. Centro de Salud Nueva Morelos – Monterrey,
N.L.

2.4. Médico Interno de Pregrado

Julio 2014 – Junio 2016

2.4.1. Hospital San José Tecnológico de Monterrey, Monterrey, N.L.-
Medicina Interna, Cirugía, Pediatría, Ginecología, Radiología,
Urgencias, Reumatología, Geriatria

2.4.2. Hospital Metropolitano "Dr. Bernardo Sepúlveda" San Nicolás de
los Garza, N.L. - Medicina Interna, Cirugía, Pediatría, Ginecología,
Radiología, Urgencias, Neurología, Urología

2.4.3. Hospital Regional Materno-Infantil de Alta Especialidad,
Guadalupe, N.L.-Ginecología, Pediatría

2.4.4. Hospital Zambrano Hellion Monterrey., N.L. - Cirugía, Medicina
Interna, Pediatría, Neurologia, Neurocirugía, Reumatología,
Otorrinolaringología, Traumatología

2.4.5. Hospital Regional ISSSTE, Monterrey, N.L. – Cirugía

2.4.6. Hospital ISSSTE Constitución, Monterrey N.L. - Cirugía, Geriatria

2.4.7. Hospital Nova, San Nicolás de los Garza N.L. - Medicina Interna,
Dermatología, Neurología

2.4.8. Clínica Fundación Santos y de la Garza Evia, Santa Catarina, N.L.-
Oftalmología

2.4.9. Hospital Cristus Muguerza de Alta Especialidad, Monterrey, N.L.
Dermatología

2.4.10. Unidad de Rehabilitación Psiquiátrica SSNL, Guadalupe, N.L. –
Psiquiatría

2.5. Médico Cirujano

2010-2014

Instituto tecnológico de Estudios Superiores Monterrey - Monterrey, NL

2.6. Preparatoria

2007-2010

Instituto tecnológico de Estudios Superiores Monterrey - Campus Zona
Esmeralda, Estado de México

3. Publicaciones y trabajos electrónicos

3.1. Venous Thrombosis and Infection associated with peripherally inserted
central catheter. (A. Escobar, F. Puente, M. Carrillo, M. Del Rio) -
Monterrey/Mx.European Congress of Radiology - Febrero 2018

3.2. Pseudotumor fibroso paratesticular: presentación atípica de una lesión
rara en el paciente pediátrico (D. Pichardo, M. Almeida, O. Medellín, M.
Del Rio) –Ciudad de México/ MX. XXXII Curso internacional de
Radiología e Imagen y XXXII Encuentro Internacional de Residentes en
Radiología - Febrero 2020

3.3. Diagnóstico por imagen de neumorraquia en un caso de dolor abdominal
(O.Medellin, J. Hernandez, D. Pichardo, M. Del Rio) - Ciudad de México/
MX. XXXII Curso internacional de Radiología e Imagen y XXXII
Encuentro Internacional de Residentes en Radiología - Febrero 2020

3.4. Úlcera péptica perforada y su detección por ultrasonido, reporte de un
caso. (M. Del Rio, J. Bermea, E. Reyes, D. Pichardo, O. Medellín) -
Ciudad de México/ MX. XIX Curso internacional de ultrasonido -
Septiembre 2020

3.5. Entre la espada y la pared: síndrome de la arteria mesentérica superior, a
razón de un caso clínico. (O. Medellín, M. Del Rio, J. Bermea, M.
Cárdenas, D. Pichardo) - Ciudad de México/ MX. XIX Curso
internacional de ultrasonido - Septiembre 2020

3.6. PET CT Simply Makes It Accurate: PSMA What You Need To Know,
Pearls And Pitfalls (A. H. Perez Segovia, A. Barrientos-Priego, N.
Ramírez Pedraza , M. Del Rio Gonzalez , G. Alonzo Correa, Il, Y.
Kimura Sandoval, A. Hernández Frausto, I. Alonso Ramon, J. A.
Cienfuegos Alvear M. Munoz-Lopez, M. G. Gracia Munoz)- Chicago/
RSNA Noviembre 2021

3.7. Síndrome de encefalopatía posterior reversible como presentación de
neurolupus (M. Del Rio, M. Ramirez, D. Pichardo, O. Medellín) - Ciudad
de México LVI Curso Internacional de Radiología e Imagen- Ciudad de
México / Febrero 2022

- 3.8. Air Versus Barium for Pediatric Intussusception Reduction, what the radiologist needs to know. (C-10537) (M. Del Río, S. E. Kettenhofen, O. Medellin Najera, R. D. Pichardo Palacios, M. A. Carrillo Martinez) Vienna / ECR Febrero 2022
- 3.9. Osteomielitis en el pie diabético. Hallazgos y complicaciones por resonancia magnética. M. Del Rio Gonzalez, A. Flores González, J M Cordero, R. D. Pichardo, O. Medellin Najera, M. E. Díaz. XXX Congreso Nacional de Imagenología diagnóstica y Terapéutica MTY / Octubre 2022
- 3.10. Spleen Doppler and Elastography; What the radiologist needs to know. M. Del Rio Gonzalez, M. A. Carrillo, M. Ramirez, R. D. Pichardo, O. Medellin Najera, M. E. Díaz Chicago RSNA / Noviembre 2022
- 3.11. Local diagnostic reference levels in north of Mexico. M. Franco, M. A. Carrillo, M. Del Rio Gonzalez, O. Medellin Najera, R. D. Pichardo, A. I. Cano, M. E. Díaz Chicago RSNA / Noviembre 2022.

4. Talleres y congresos

- 4.1. Taller para Cuidadores de Alzheimer, Doctors Hospital, Monterrey (Septiembre 2013). XXXII Curso Internacional de Gastroenterología, EGADe, Monterrey (Agosto 2014).
- 4.2. Ciclo de conferencias Prever. Alzheimer. Apoyo a familias y cuidadores, Hospital San José, Monterrey (Julio 2015).
- 4.3. Procedimientos de evacuación, Simulacro y combate de Incendios, CSU Ferrocarrilera, Monterrey, (Agosto 2016).
- 4.4. Curso de Capacitación en lactancia materna y mujer embarazada, Macrocentro, Monterrey (Agosto 2016).
- 4.5. Curso de Violencia Familiar, CSU Tierra y libertad, Monterrey, (Octubre 2016).
- 4.6. Conferencias de Salud y Bienestar, UANL, Monterrey, (Marzo 2017).
- 4.7. QPR Suicide Prevention Gatekeeper Program, ITESM, Monterrey (Octubre, 2017)
- 4.8. Curso de actualización médica, La Salle, Ciudad de México (Agosto, 2018)
- 4.9. Introducción to Breast Cancer Yale/Coursera (Enero 2019)
- 4.10. Fundamental Neuroscience for Neuroimaging Johns Hopkins/Coursera (Enero 2019)
- 4.11. European Congress of Radiology 2020 Online. (Julio 2020)
- 4.12. XIX Curso Internacional de Ultrasonido Online (Septiembre 2020)
- 4.13. RSNA 2020 Online (Noviembre- 2020)
- 4.14. LVI Curso Internacional de Radiología e Imagen XXXIV Encuentro Internacional de Residentes en Radiología (Febrero 2022)
- 4.15. European Congress of Radiology 2022 Online. (Febrero 2022)
- 4.16. European Congress of Radiology 2022 Online. (Julio 2022)

- 4.17. XXX Congreso Nacional de Imagenología diagnóstica
Terapéutica MTY (Octubre 2022)

5. Certificaciones

5.1. Certificación del Consejo Mexicano de Radiología e Imagen:

- 5.1.1. Examen de ciencias básicas
i. Aprobado – Octubre 2020
- 5.1.2. Examen de radiología clínica Fase I
i. Aprobado – Abril 2021
- 5.1.3. Examen de radiología clínica Fase II
i. Aprobado- Abril 2022

5.2. ACLS

Aprobado – Aplicado por la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tecnológico de Monterrey, Febrero de 2019.

5.3. Inglés.

Puntaje en el examen TOEFL-ITP: 620.

Listening comprehension: 65pts, Structure and written expression: 59pts,

Reading comprehension: 62pts.

Aplicado por la Dirección de Desarrollo Académico de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tecnológico de Monterrey, 2017.

M. en C. María del Carmen Franco Cabrera

1. Información Personal

1.1. Lugar y Fecha de nacimiento: México, D.F., 8 de Noviembre de 1970

1.2. Lugar de residencia: Monterrey, Nuevo León, México

1.3. Estado civil: casada

1.4. Información de contacto: Hospital san José

Departamento de Radioterapia

Teléfono: (81) 8389-8370

Correo electrónico: mcfranco@itesm.mx

2. Formación Académica

2.1. Ingeniera Física Industrial

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey

Agosto 1988 – Diciembre 1992

Mención Honorífica

2.2. Maestra en Ciencias Física Médica

University of Texas Health Science Center at San Antonio Graduate School of
Biomedical Sciences

San Antonio, Texas, Estados Unidos

Agosto 1993 – Agosto 1995

Título de Tesis: “Design of a Quality Control Program in Diagnostic Radiology
Appropriate for Application in Mexican Institutions”.

3. Experiencia Profesional

3.1. Trabajo Social, Junio a Agosto de 1992

Hospital San José Tec de Monterrey

Participación en el grupo de trabajo para el diseño del 1er Protocolo de
Aseguramiento de Calidad del Departamento de Radiología Diagnóstica e
Imagen.

3.2. Físico Asistente, Enero a Agosto de 1993

Hospital San José Tec de Monterrey

Responsabilidades primarias: Asistente en la implantación del Programa de Aseguramiento de Calidad en Radiología Diagnóstica, incluyendo radiografía, fluoroscopia y receptores de imagen. Desarrollo e implantación del Protocolo de Control de Calidad en Mamografía.

3.3. Físico Médico, Septiembre de 1995 a Septiembre de 1997

Hospital San José Tec de Monterrey

Responsabilidades primarias: Coordinación del Programa de Control de Calidad del Departamento de Radiología Diagnóstica e Imagen incluyendo: receptores de imagen, radiografía, fluoroscopia, mamografía, tomografía computarizada y medicina nuclear. Diseño e impartición del curso de inducción al control de calidad para técnicos radiólogos. Diseño e impartición del curso interno anual de Física Radiológica para Médicos Residentes de Radiología. Supervisión de las actividades de Protección Radiológica del Departamento de Radiología. Responsable de la especificación y pruebas de aceptación de equipo de radiodiagnóstico.

3.4. Consultora, Septiembre de 1997 a la fecha

Tecnofísica Radiológica, S.C

Responsabilidades Primarias: Asesoría en garantía de calidad en radiodiagnóstico. Cálculo de blindajes, diseño e impartición de cursos de protección radiológica para usuarios de fuentes y materiales radiactivos en Medicina e industria. Colaboradora en el servicio de dosimetría personal por termoluminiscencia.

3.5. Profesora de Cátedra

Escuela de Graduados en Medicina del Tecnológico de Monterrey. Programa de Residencia Médica en Radiología Diagnóstica.

Septiembre de 2000 a la fecha

Responsabilidades Primarias: Rediseño e impartición del curso “Radiología e Imagen 1” (Física Radiológica) para Médicos Residentes de Radiología. “Física Avanzada” (protección radiológica y modalidades de imagen digitales)

3.6. Profesora de Media Planta

Tecnológico de Monterrey, Departamento de Ciencias Biomédicas.

Agosto de 2003 a Octubre de 2005.

Responsabilidades Primarias: Miembro del Comité Académico de la Carrera de Ingeniería Biomédica. Profesora para los cursos de Física básica en Inglés para la carrera de Ingeniería Biomédica, diseño e impartición del curso de Imagenología para ingenieros biomédicos.

3.7. Físico Médico, Hospital San José del Tecnológico de Monterrey,

Departamento de Radioterapia: Octubre de 2005 a la fecha; Hospital Zambrano Hellion, Departamento de Radiología: Noviembre de 2012 a la fecha.

Responsabilidades primarias en Radioterapia: Físico de apoyo en el Control de Calidad del acelerador lineal; Encargada de Seguridad Radiológica del acelerador lineal ante la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS).

Responsabilidades primarias en Radiología: Implementación de proyectos para mejorar la calidad y protección radiológica en la atención de los pacientes de Radiología vinculando las necesidades del Departamento de Radiología con las actividades académicas de la Especialidad Médica en Radiología e Imagen de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey.

Candidato a físico médico de medicina nuclear, autorizado por la CNSNS, octubre de 2016.

4. Asesoría en Tesis de Especialidad Médica

4.1. México, D.F. Diciembre de 2001

Vocal de la Tesis de Maestría “Calidad de Imagen y Dosis en Mamografía. Evaluación de dos Servicios de Salud Pública en el Distrito Federal”, Programa de Maestría en Física Médica del Posgrado en Ciencias Físicas, UNAM.

4.2. Monterrey, N.L., Noviembre de 2013 – Octubre de 2016

Asesora de las Tesis de Especialidad Médica en Radiología de Imagen de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey:

- 4.2.1. “Propuesta Inicial para la Implementación de un Programa de Protección Radiológica para Pacientes en Estudios de Tomografía Computarizada en los Hospitales del Sistema Tec Salud”. Dra. Natalia Montoya. Noviembre 2013. - Asesora
- 4.2.2. “Optimización de la Dosis y Calidad de Imagen en Radiografía de Tórax Neonatal en el Hospital San José”. Dra. Vania Izbeth Hinojos Armendáriz. Noviembre 2013. - Asesora
- 4.2.3. “Evaluación de criterios de calidad en la radiografía de senos paranasales en el Hospital San José del Tecnológico de Monterrey”. Dr. Luis Carlos Escamilla Gómez. Noviembre 2014. - Asesora
- 4.2.4. “Estudio contraste-detalle para la propuesta de técnicas radiográficas optimizadas para la radiografía de tórax pediátrico en sala fija en los hospitales del Tecnológico de Monterrey”. Dra. Silvia Elena Orendain González. Noviembre 2014. - Asesora
- 4.2.5. “Comparación de dosis y calidad de imagen en los estudios de tomografía computarizada de cráneo con adquisición secuencial y helicoidal en pacientes adultos en un tomógrafo del Hospital San José del Tecnológico de Monterrey”. Dra. María Magdalena Valdez Ayala. Marzo de 2015. - Asesora

- 4.2.6. “Estandarización y evaluación de dosis y calidad de imagen en el protocolo de encéfalo simple pediátrico en los hospitales del Tecnológico de Monterrey. Octubre de 2016. – Asesora

5. Publicaciones

- 5.1. Hinojos-Armendáriz, V., Mejía-Rosales, S., & Franco-Cabrera, M. (2018). Optimisation of radiation dose and image quality in mobile neonatal chest radiography. *Radiography*, 24(2), 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2017.09.004>
- 5.2. Montoya, N., Franco-Cabrera, M.C., “Objectives for a Raditation Protection Program of Patients in Computed Tomography in Mexico”. *Anales de Radiología*. Vol. 14, No. 1, pp 99-107, 2015. (Spanish)
- 5.3. Franco-Cabrera, M. C., Espejo-Villalobos, J. D., Estrada-Hernandez, C., & Quintero-Castelan, M. S. “Intricacies and strategies for the implementation of new technologies in radiotherapy: Experience in the startup of a radiosurgery service”. In *MEDICAL PHYSICS: Twelfth Mexican Symposium on Medical Physics* (Vol. 1494, No. 1, pp. 19-22). AIP Conference Proceedings, 2012.
- 5.4. Espejo-Villalobos, J. D., Franco-Cabrera, M. C., Estrada-Hernandez, C., & Quintero-Castelan, M. S. "Intricacies and strategies for the implementation of new technologies in radiotherapy: Reflections on the meaning and prevention of the error". *MEDICAL PHYSICS: Twelfth Mexican Symposium on Medical Physics* (Vol. 1494, No. 1, pp. 16-18). AIP Conference Proceedings, 2012.

6. Otras actividades en docencia y desarrollo de la física médica en México y América Latina

6.1. México, D.F., Febrero de 1996

Constructora con el Dr. John Cameron de la Universidad de Wisconsin en el Primer Diplomado en Física Médica, Módulo 4: Física de la Imagen Diagnóstica y Control de Calidad. Curso ofrecido por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares auspiciado por la el Organismo Internacional de Energía Atómica. 40 horas (25 teoría, 15 práctica).

6.2. México, D.F., Febrero de 1997

Instructora en el Segundo Diplomado en Física Médica, Módulo 4: Física de la Imagen Diagnóstica y Control de Calidad. Curso ofrecido por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares auspiciado por la el Organismo Internacional de Energía Atómica. 40 horas (25 teoría, 15 práctica).

6.3. Monterrey, N.L., Octubre de 1999.

Coordinadora y coinstructora del 1er Curso de Educación Continua de la Sociedad de Física Médica de Nuevo León, A.C. “Control de Calidad en Radiología Diagnóstica”. 15 horas.

6.4. Caracas, Venezuela, Enero de 2000

Instructora Experta del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para el tema Principios de Imagen por Resonancia Magnética en el curso “Física de Radiodiagnóstico” del programa Nacional de Maestría en Física Médica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela, auspiciado por el OIEA. 80 horas, 10 al 21 de Enero del 2000.

6.5. Puerto Vallarta, Jalisco, Abril de 2000

Instructora del “Curso Internacional de Garantía de Calidad y Seguridad Radiológica en Radiodiagnóstico” organizado por la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica en colaboración con la Dirección de Riesgos Radiológicos de la Secretaría de Salud. 40 horas, 25 al 29 de Abril del 2000.

6.6. Caracas, Venezuela, Noviembre de 2000

Instructora Experta del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para los temas de Mamografía y Tomografía del curso “Física de Radiodiagnóstico” del programa Regional de Maestría en Física Médica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela, auspiciado por el OIEA. 100 horas, 30 de Octubre - 17 de Noviembre del 2000.

6.7. Caracas, Venezuela, Noviembre de 2001

Instructora Experta del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para los temas de Mamografía y Tomografía Computarizada del curso “Física de Radiodiagnóstico” del Programa Regional de Maestría en Física Médica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, auspiciado por el OIEA. 100 horas, 22 de Octubre al 9 de Noviembre del 2001.

6.8. Guadalajara, Jalisco, Septiembre de 2004 y Villahermosa, Tabasco, Octubre de 2004

Instructora del Curso de Verificación Sanitaria a Establecimientos de Diagnóstico Médico con Rayos-X para Verificadores Sanitarios de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (20 horas).

6.9. Guadalajara, Jalisco, Septiembre de 2004 y Villahermosa, Tabasco, Octubre de 2004

Instructora del Curso de Verificación Sanitaria a Establecimientos de Diagnóstico Médico con Rayos X para Verificadores Sanitarios de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (20 horas).

6.10. México, Junio de 2015 a la fecha

Miembro investigador externo, de la Red Temática de Física Médica de CONACYT.

7. Cursos de capacitación y educación Continua

7.1. Operación y Mantenimiento del sistema de dosimetría por termoluminiscencia RADOS Accu-Dose. Agosto de 1999. 40 Horas. Turku, Finlandia.

7.2. 2o Curso de Educación Continua de la Sociedad de Física Médica de Nuevo León, A.C: *Radiobiology, Principles and Applications*, impartido por el Dr. Colin Orton. 15 Horas. Monterrey, N.L. Diciembre de 2000.

7.3. *Hands-On Multi Slice CT Workshop for Physicists*, Impartido por Medical Technology Management Institute. 15 Horas. Abril de 2001. MD Anderson Cancer Center, Houston, TX, EEUU.

7.4. 4o Curso de Educación Continua de la Sociedad de Física Médica de Nuevo León, A.C. *Diseño de Blindajes para Instalaciones Médicas: de Energías de Diagnóstico a Altas Energías. Actualización del NCRP 49*, impartido por Jeffrey Kleck. 15 Horas. Monterrey, N.L. Diciembre de 2002.

7.5. *Nuclear Medicine Physics Review, SPECT & PET*, Department of continuing education, University of Texas Health Science Center at San Antonio. 8 horas. Febrero de 2003. San Antonio, TX, EEUU.

7.6. 5o Curso de Educación Continua de la Sociedad de Física Médica de Nuevo León, A.C., *Dosimetría Física, Protocolo IAEA TRS 398 y Garantía de Calidad en Radioterapia Externa*. 20 Horas. Monterrey, N.L., Diciembre de 2003.

7.7. 6o Curso de Educación Continua de la Sociedad de Física Médica de Nuevo León, A.C., *Dosimetría Clínica*, 20 Horas. Monterrey, N.L., Diciembre de 2003.

7.8. *Introduction to Radiotherapy Physics: Calibrations* (40 horas) MD Anderson Cancer Center, Department of Radiation Physics. Agosto de 2005.

7.9. *Curso avanzado de protección radiológica Nivel Encargados de Seguridad Radiológica instalaciones tipo A y B.* Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. 2006.

7.10. Taller de Preparación del Perfil Estratégico Regional para América Latina y el

Caribe. Organización Internacional de Energía Atómica y Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe, ARCAL. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Marzo de 2007.

7.11. Curso Nacional de Entrenamiento en Física Médica y Dosimetría en Radiología Diagnóstica, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Organización Internacional de Energía Atómica. Cd. De México, Marzo de 2010.

7.12. Taller de Dosimetría Clínica para Aplicaciones Avanzadas en Radioterapia, IMSS Puebla, Organismo Internacional de Energía Atómica. Puebla, Pue.. Mayo 2012.

7.13. Joint ICTP-IAEA Training in Radiation Protection for Patients. International Centre for Theoretical Physics, International Atomic Energy Agency, Trieste, Italy. October 2012.

7.14. Hands-On Nuclear Medicine Physics Workshop. Medical Technology Management Institute. 15 horas, Iowa City, Agosto 27-28, 2016.

8. Experiencia como capacitadora en seguridad radiológica

8.1. Coautora e instructora autorizada para el “*Curso de Seguridad Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos-X, Nivel Personal Ocupacionalmente Expuesto*” (40 Horas). Autorizado por la Secretaría de Salud y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. Noviembre de 2000 a la fecha.

8.2. Coautora e instructora autorizada para el curso de Seguridad Radiológica Nivel Personal Ocupacionalmente Expuesto (40 horas). Autorización de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, otorgada a Tecnofísica Radiológica, S.C. 1999 a la fecha.

9. Membresías a sociedades profesionales

9.1. American Association of Physicists in Medicine (miembro desde Enero de 2000)

10. Idiomas

Inglés. Puntaje en el examen TOEFL-ITP: 647. Listening comprehension: 94%, Structure and written expression: 100%, Reading comprehension: 100%. Aplicado por la Dirección de Desarrollo Académico de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tecnológico de Monterrey, Noviembre de 2013.