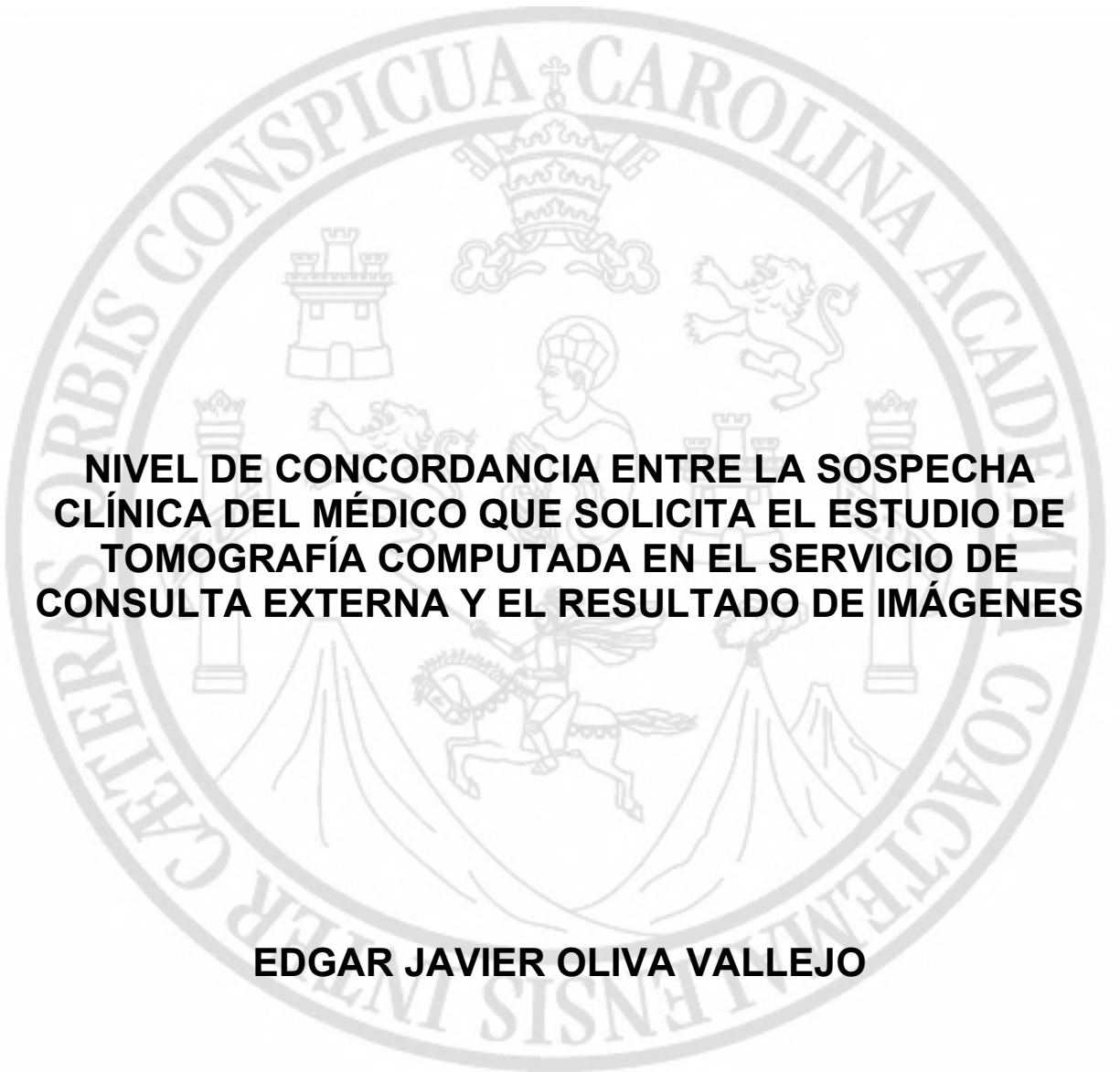


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central figure of a man on horseback, surrounded by various heraldic symbols including a crown, a castle, and a lion. The Latin motto "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMPLENSIS INTER CETERAS" is inscribed around the perimeter of the seal.

**NIVEL DE CONCORDANCIA ENTRE LA SOSPECHA
CLÍNICA DEL MÉDICO QUE SOLICITA EL ESTUDIO DE
TOMOGRAFÍA COMPUTADA EN EL SERVICIO DE
CONSULTA EXTERNA Y EL RESULTADO DE IMÁGENES**

EDGAR JAVIER OLIVA VALLEJO

Tesis

**Presentada ante las autoridades de la
Escuela de Estudios de Postgrado de la
Facultad de Ciencias Médicas**

**Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas
Para obtener el grado de**

Maestro en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas

Febrero 2022



ESCUELA DE
ESTUDIOS DE
POSTGRADO

Facultad de Ciencias Médicas Universidad de San Carlos de Guatemala

ME.OI.64.2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

HACE CONSTAR QUE:

El (la) Doctor(a): Edgar Javier Oliva Vallejo

Registro Académico No.: 201890012

No. de CUI: AS996612

Ha presentado, para su EXAMEN PÚBLICO DE TESIS, previo a otorgar el grado de Maestro(a) en Ciencias Médicas con Especialidad en **Radiología e Imágenes Diagnósticas**, el trabajo de TESIS NIVEL DE CONCORDANCIA ENTRE LA SOSPECHA CLÍNICA DEL MÉDICO QUE SOLICITA EL ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA EN EL SERVICIO DE CONSULTA EXTERNA Y EL RESULTADO DE IMÁGENES

Que fue asesorado por: Dr. José Miguel Alfaro Barrera, MSc

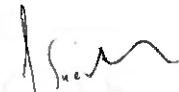
Y revisado por: Dr. José Miguel Alfaro Barrera, MSc

Quienes lo avalan y han firmado conformes, por lo que se emite, la ORDEN DE IMPRESIÓN para **Febrero 2022**

Guatemala, 03 de Septiembre de 2021.


SEPT. 6, 2021

Dr. Rigoberto Velásquez Paz, MSc.
Director
Escuela de Estudios de Postgrado


Dr. José Arnoldo Saenz Morales, MA.
Coordinador General de
Maestrías y Especialidades



/dlsr

Guatemala, 01 de Octubre de 2020

Doctor
Edgar Axel Oliva González, MSc.
Coordinador Específico Hospitalario
Escuela de Estudios de Postgrado
Hospital General San Juan de Dios

Respetable Dr. Oliva :

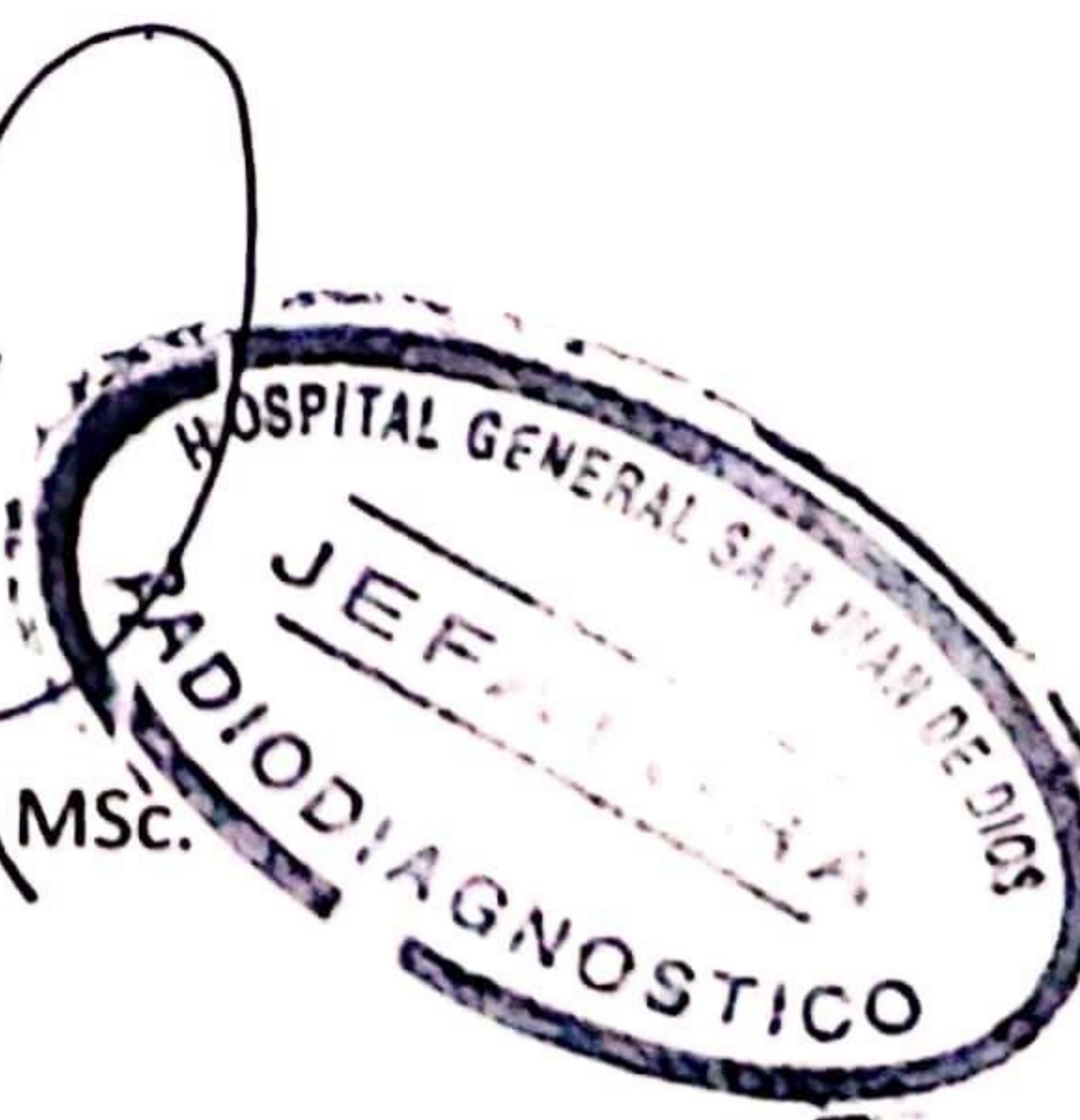
Por este medio, informo que he asesorado a fondo el informe final de graduación que presenta el doctor **Edgar Javier Oliva Vallejo**, Carné No. 201890012 de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas, el cual se titula: **"NIVEL DE CONCORDANCIA ENTRE LA SOSPECHA CLÍNICA DEL MÉDICO QUE SOLICITA EL ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA EN EL SERVICIO DE CONSULTA EXTERNA Y EL RESULTADO DE IMÁGENES"**.

Luego de la asesoría, hago constar que el estudiante **Oliva Vallejo** ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior, emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo que está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAR A TODOS"

Dr. José Miguel Alfaro Barrera, MSc.
Asesor de Tesis



Guatemala, 01 de Octubre de 2020

Doctor
Edgar Axel Oliva González, MSc.
Coordinador Específico Hospitalario
Escuela de Estudios de Postgrado
Hospital General San Juan de Dios

Respetable Dr. Oliva :

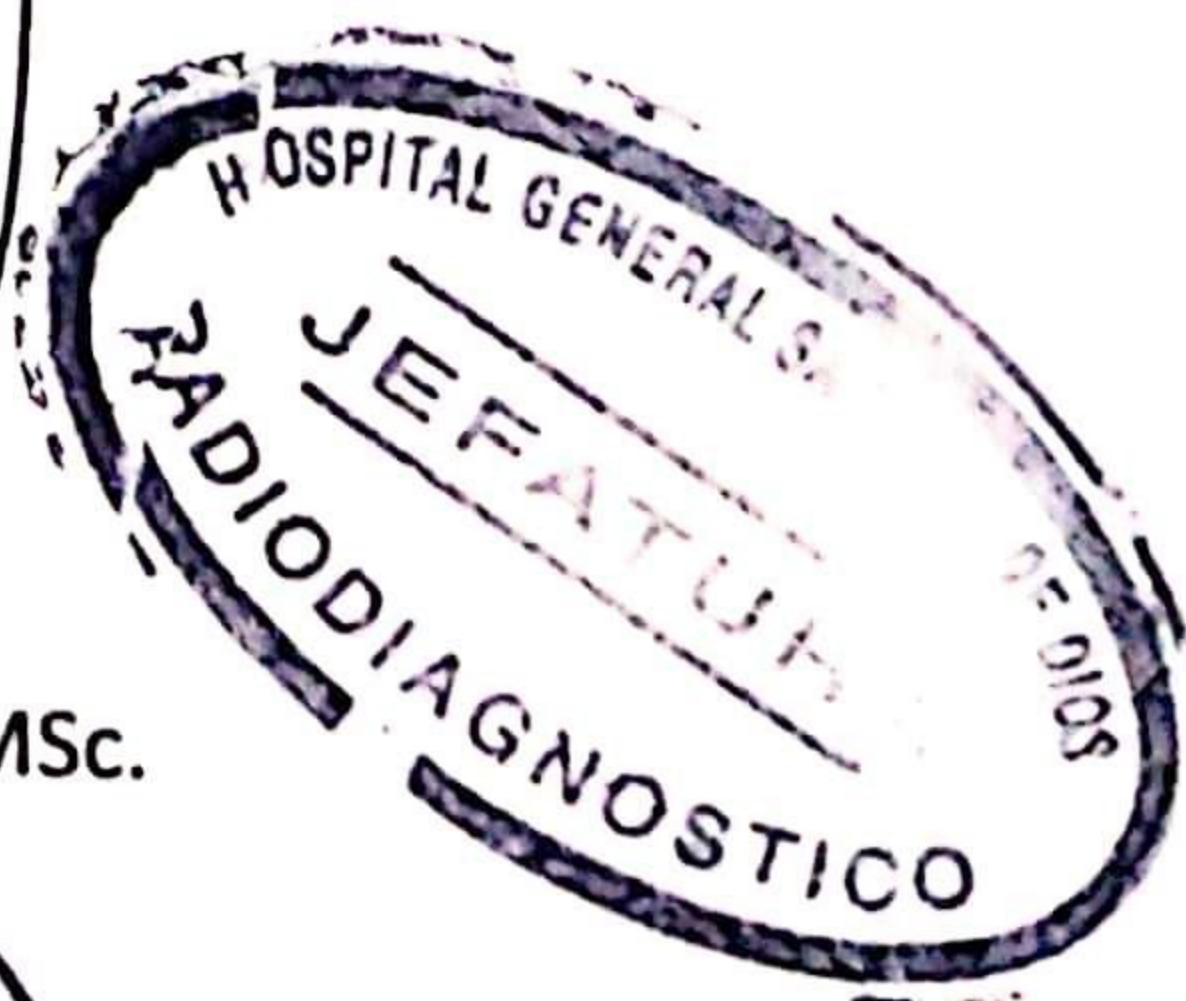
Por este medio, informo que he revisado a fondo el informe final de graduación que presenta el doctor **Edgar Javier Oliva Vallejo**, Carné No. 201890012 de la carrera de Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas, el cual se titula: **“NIVEL DE CONCORDANCIA ENTRE LA SOSPECHA CLÍNICA DEL MÉDICO QUE SOLICITA EL ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA EN EL SERVICIO DE CONSULTA EXTERNA Y EL RESULTADO DE IMÁGENES”**.

Luego de la revisión, hago constar que el estudiante **Oliva Vallejo** ha incluido las sugerencias dadas para el enriquecimiento del trabajo. Por lo anterior, emito el **dictamen positivo** sobre dicho trabajo y confirmo que está listo para pasar a revisión de la Unidad de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Médicas.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. José Miguel Alfaro Barrera, MSc.
Revisor de Tesis





Facultad de Ciencias Médicas

Universidad de San Carlos de Guatemala

DICTAMEN.UIT.EEP.282-2020
08 de octubre de 2020

Doctor

José Miguel Alfaro Barrera, MSc.

Docente Responsable

Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas

Hospital General San Juan de Dios

Doctor Alfaro Barrera:

Para su conocimiento y efecto correspondiente le informo que se revisó el informe final del médico residente:

Edgar Javier Oliva Vallejo

De la Maestría en Ciencias Médicas con Especialidad en Radiología e Imágenes Diagnósticas, registro académico 201890012. Por lo cual se determina **Autorizar solicitud de examen privado**, con el tema de investigación:

“Nivel de concordancia entre la sospecha clínica del médico que solicita el estudio de tomografía computada en el servicio de consulta externa y el resultado de imágenes”

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. Luis Alfredo Ruiz Cruz, MSc.
Unidad de Investigación de Tesis
Escuela de Estudios de Postgrado

c.c. Archivo
LARC/karin

Índice de contenidos

pág.

Índice de tablas.....	i
Resumen.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	5
2.1 Tomografía computada.....	6
2.1.1 Tipos de tomografía (Generaciones).....	8
2.1.2 Estudios de tomografía	9
2.1.3 Protocolos de tomografía (TC)	10
2.2 Radiaciones ionizantes	12
2.2.1 Magnitudes.....	13
2.2.2 Dosis de radiación.....	13
2.2.3 Tipos de exposición.....	15
2.3 Principios de protección radiológica	17
2.3.1 Justificación.....	18
2.3.2 Optimización de la protección	18
2.3.3 Aplicación del límite de dosis	19
III. OBJETIVOS.....	21
3.1 Objetivo General.....	21
3.2 Objetivos Específicos.....	21
IV. MATERIAL Y MÉTODO.....	22
4.1 Tipo de estudio	22
4.2 Población	22
4.3 Selección y tamaño de la muestra.....	22
4.4 Unidad de análisis.....	22
4.5 Criterios de inclusión y exclusión.....	22
4.6 Variables estudiadas.....	22
4.7 Operacionalización de variables	23
4.8 Instrumentos utilizados para la recolección de información	23
4.9 Procedimiento para la recolección de información	23
4.10 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la investigación	24
4.11 Procedimientos de análisis de la información.....	24
V. RESULTADOS	26
VI. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	29
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
VIII. ANEXOS.....	36

Índice de tablas

	pág.
Tabla 1. Características generales de solicitud de TC en el HGSJDD	26
Tabla 2. Concordancia entre características de TC y concordancia	28

Índice de gráficos

	pág.
Gráfico 1. Distribución de la población por género en TC	26
Gráfico 2. Nivel de concordancia entre sospecha clínica y hallazgo de TC en HGSJDD	27

Resumen

Introducción: de acuerdo con la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), los principios fundamentales de la aplicación a exposición médica de pacientes incluye la justificación, optimización de la protección y aplicación de límites de dosis. En los procedimientos diagnósticos e intervencionistas, la justificación de los mismos (con un objetivo definido y a un paciente específico) y el manejo de la dosis al paciente, acorde al objetivo médico, son mecanismos apropiados para evitar una exposición a la radiación innecesaria o improductiva.

Objetivos: Identificar el nivel de concordancia entre la sospecha clínica del médico que solicita el estudio de tomografía computada en el servicio de consulta externa del Hospital General San Juan de Dios durante el 2019 y el resultado de imágenes.

Método: observacional, descriptivo, retrospectivo. Por conveniencia se seleccionan para el estudio un total de 999 pacientes con estudio de tomografía computada tomadas de enero a diciembre de 2019.

Resultados: un 75.8% de los estudios tomográficos del HGSJDD presentan concordancia entre la sospecha clínica que tiene el médico que solicita la prueba y los hallazgos de la TC.

Conclusiones: a pesar de los esfuerzos de la comunidad científica, profesionales de la radiología y activistas de la comunidad, aún se presentan falencias para el control de los riesgos radiológicos en tomografía. Además, se incumple con lo expresado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) que la tomografía computada implica dosis altas y por consiguiente solo es justificada si mejora el diagnóstico.

Palabras claves: tomografía computada, justificación, mejora diagnóstica, radiaciones ionizantes, consulta externa.

I. INTRODUCCIÓN

Todo acto en medicina busca preservar y mejorar la calidad de vida de los pacientes con el objetivo de lograr una salud integral. Para ello, el médico no debe exigir exámenes ni tratamientos innecesarios, más aún cuando se reconoce que algunas pruebas diagnósticas representan riesgos para el paciente, este es el caso de aquellas que utilizan radiación ionizante como la producida por los rayos X o materiales radiactivos y las no ionizantes como luz ultravioleta, ondas de calor o radio y microondas.

A nivel internacional, la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) reconoce en la radioactividad un fenómeno natural con beneficios en medicina, industria, generación de electricidad y agricultura, pero al mismo tiempo, manifiesta que los trabajadores, población y medio ambiente expuestos a ellas por factores como uso médico, explotación en instalaciones nucleares, transporte, manipulación y disposición final de elementos o desechos radioactivos deben ser protegidos mediante normas de seguridad para contrarrestar los efectos nocivos de la radiación ionizante. Las normas de la OIEA son el resultado de aprobaciones internacionales para hacerle frente a los eminentes riesgos y perjuicios a la salud. Estas normas reconocen como en Imagenología con fines médicos las “dosis relativamente altas” a las recibidas por exposición en la tomografía computada. (1)

Solo para el año 2000 se estimaba que un 80% de las dosis de radiación que recibía la población eran de origen artificial con objetivos diagnósticos y de estas, la TC representaba aproximadamente un 4% contribuyendo a un 40% de la dosis colectiva de la población. (2)

“Por la magnitud de su contribución a la dosis poblacional la tomografía es una de las tecnologías que más atención ha recibido al respecto. En algunos países de Europa y en Estados Unidos la preocupación y las acciones emprendidas por la comunidad científica y profesional de la radiología, así como la presión ejercida por el público, han derivado en políticas de salud para controlar los riesgos radiológicos en tomografía”. (3)

“La radiología y las técnicas de imagen han tenido un desarrollo tecnológico explosivo y son hoy día un pilar para el diagnóstico médico. Desgraciadamente se ha abusado de estos métodos dejando de lado la anamnesis y el examen clínico, lo que ha traído como consecuencia una grave afectación de la relación médico-paciente. Esto contribuye a la despersonalización y deshumanización del acto médico, aumenta los costos de salud,

transforma la medicina en una actividad empresarial y se crean conflictos de intereses”.(4)

De acuerdo con la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), los principios fundamentales de la aplicación a exposición médica de pacientes incluye la justificación, optimización de la protección y aplicación de límites de dosis. En los procedimientos diagnósticos e intervencionistas, la justificación de los mismos (con un objetivo definido y a un paciente específico) y el manejo de la dosis al paciente, acorde al objetivo médico, son mecanismos apropiados para evitar una exposición a la radiación innecesaria o improductiva. Al 2007 la ICRP encontraba un aumento a la exposición médica atribuido a la progresión en la utilización de la tomografía computada (TC). En relación al tema de cribado médico en pacientes asintomáticos la ICRP expone:

“El cribado (*screening*) es realizado con el propósito de identificar una enfermedad en proceso sin que la misma haya tenido aún manifestación clínica. El objetivo es que el diagnóstico precoz conducirá a un tratamiento anticipado y más efectivo con mejor resultado en términos de calidad de vida y supervivencia. Por ejemplo, las prácticas vigentes de cribado (*screening*) usando radiación ionizante (p. ej. mamografía) parecen ser válidas y son recomendadas para determinados grupos poblacionales. Por otra parte, hay un incremento de la utilización de la tomografía computada (incluyendo la autoderivación) y de la tomografía por emisión de positrones en el cribado (*screening*) para detectar enfermedades en individuos asintomáticos, a pesar que, en base a la literatura científica actual, la mayor parte de estas aplicaciones del cribado no están justificadas”. (5)

De acuerdo con el ICRP para los pacientes que muestran síntomas pertinentes, la práctica radiológica en medicina es justificada si mejora el diagnóstico o el tratamiento, o proporciona la información necesaria acerca de los individuos expuestos. De lo contrario, el paciente puede exponerse a radiaciones innecesarias, por ejemplo, el ICRP advierte que la tomografía computada implica dosis altas, las dosis absorbidas por los tejidos en un examen de cuerpo entero con TC está en el rango 10-100 mGy. Por consiguiente, si un paciente sin síntomas se somete durante 30 años a una TC anual podría recibir una dosis absorbida en los tejidos acumulada durante este tiempo de 300-3000 mGy (0,3-3 Gy) considerada como un factor de probabilidad para el cáncer, por tanto la administración de la dosis al paciente es crucial. (5)

Un estudio cuyo objetivo era identificar las problemáticas más relevantes en la Protección Radiológica en Latinoamérica con tema central a radiología diagnóstica encontró que “los

problemas más relevantes fueron la falta de justificación de los estudios, la escasa cultura de optimización de la dosis de las técnicas radiológicas, la necesidad de ahondar los esfuerzos educativos del personal sanitario, la necesidad de establecer niveles diagnósticos de referencia en la región y fomentar más una cultura de la PR y un mayor diálogo riesgo beneficio”.(6)

En Guatemala, el Ministerio de Energías y Minas (MEM) representa la autoridad nacional competente en seguridad radiológica y nuclear, protección física y fiscalización del uso de materiales nucleares, licenciamiento y fiscalización de instalaciones. El MEM define como riesgo radiológico a los efectos nocivos para la salud secundarios a la exposición de los diferentes tipos de radiaciones. Dentro de marco regulatorio el MEM ha promulgado el Decreto Ley 11-86 o Ley para el Control, Uso y Aplicación de Radioisótopos y Radiaciones Ionizantes.

A pesar del contexto anterior, el MEM reconoce que la aplicación en medicina de radiaciones ionizantes está muy generalizado con grandes aportes sociales y económicos y al mismo tiempo con riesgos potenciales para la salud como la muerte de células en órganos o tejidos y la aparición de tumores o cáncer. Lo anterior lleva al MEN a reconocer en el Reglamento de Protección Radiológica la mejor forma de controlar los riesgos y el cumplimiento de los principios básicos de la protección radiológica, en especial el de justificación de las prácticas el cual advierte que “solo se autorizarán prácticas o fuentes de radiación ionizante cuya utilización resulte justificada y que, por lo tanto, produzca un beneficio neto positivo a los individuos expuestos o a la sociedad”. (7)

En el país, durante el 2016 el daño de los tomógrafos en diferentes hospitales dieron cuenta de la alta demanda como medio de diagnóstico, en el Hospital San Juan de Dios se requirieron estrategias para reprogramar a 300 pacientes que estaban pendientes del servicio, en el Hospital Rafael, en Alajuela, se reportaba tras tres meses sin funcionar el tomógrafo que unos 1.800 enfermos estaban en lista de espera para realizarse este estudio y en el Hospital de México se reconocía en lista de espera a 487 pacientes. (8)

Frente a la tomografía computada se ha generado un debate sobre los riesgos asociados a bajas dosis de radiación (<100 mSv) asociándolas a la inducción de cáncer. Al respecto, la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) aclara que “en muchos casos este debate se realiza sin un análisis crítico de los datos, y presentan un enfoque que puede producir alarma entre la población que necesite una exploración radiológica, llevando a rechazar pruebas que pueden resultar esenciales para el diagnóstico o tratamiento del paciente. (9)

Lo que sí es reconocido en todos os ámbitos, es que dosis tan altas pueden crear radicales libres encargados del envejecimiento e involucrados en la enfermedad de Parkinson, Alzheimer, arterioesclerosis, diabetes, problemas cardiovasculares, aumento niveles de colesterol malo y riesgo de cáncer especialmente en el esófago, la faringe y la boca que pueden tardar entre 5 y 60 años en manifestarse dependiendo de otros factores como edad y estilo de vida. Los médicos subestiman los riesgos de una tomografía computada y no son conscientes de la necesidad de valorar los verdaderos beneficios que pueden alcanzarse, llevando a ordenar el examen con radiación de forma innecesaria sin analizar la facilidad de completar el diagnóstico con el ordenamiento de un ultrasonido. Entre los factores para que se haya popularizado la práctica de enviar la tomografía como prueba diagnóstica se encuentran los incentivos financieros, miedo a las demandas, ignorancia del médico sobre los riesgos, pacientes desinformados, demanda del paciente y falta de regulación. (10)

Los factores expuestos dan cuenta del problema que se evidencia en la actualidad frente al tema del diagnóstico a través de una tomografía y llevan a plantear la hipótesis que en el Hospital General San Juan de Dios en un alto porcentaje se ordenan tomografías innecesarias, que no benefician al paciente al no asociar los hallazgos con un diagnóstico que ponga en riesgo la vida del paciente y por el contrario los expone a valores de radiación ionizante que se acumulan a lo largo de los años.

II. ANTECEDENTES

En México, un análisis de 668 estudio en expedientes clínicos de 2008 a marzo de 2010 encontró que un 95% de las TC de craneo remitidas por consulta externa pediátrica neurológica de acuerdo a historia clínica y exámen físico resultaron normales, demostrando incumplimiento con el principio de justificación radiológica. (11)

Así mismo, se encontró que como método diagnóstico radiológico, la TC es la de mayor aplicación en pacientes de Guatemala con diagnósticos de Neurocistecercosis que consultaron durante el 2010 a 2013, reportando hasta un 88% de los casos. (12)

En 2084 fichas clínicas de pacientes que en Guatemala consultaron durante el 2013 por trauma craneoencefálico (TCE), halló valoración a través de una TC en un 93,71% de los casos, demostrando ser el procedimiento radiológico preferido para el diagnóstico, pronóstico y control de lesiones iniciales de TCE. (13)

Otro estudio de Guatemala en un total de 18 expedientes clínicos de 2012 a septiembre de 2014 en pacientes con traumatismo cerrado de abdomen comprobó una efectividad de 100% en la identificación de lesión intraabdominal, presentando una justificación acertada. (14)

Durante el 2015 en México se determinó que a un 38% de los pacientes con Trauma Craneoencefálico (TCE) no severo se les realizó TC de cráneo y solo un 8,6% indicó alguna alteración. El estudio recomienda que en pacientes pediátricos sin patología neurológica previa y sin pérdida del estado de alerta, es preferible realizar una valoración clínica detallada antes de solicitar una TC innecesaria y someter al menor injustificadamente a una radiación ionizante. (15)

Otro estudio que también analizó entre sus variables la concordancia de la indicación clínica con el informe radiológico de 214 solicitudes de TC durante el mes de agosto en Perú, encontró que de las 87 solicitudes con intención diagnóstica un 56% presentaron relación con la indicación clínica, concluyendo que la justificación fue negativa en un 44% de los casos.(16)

En Nicaragua, la asociación entre los hallazgos tomográficos e histopatología en 65 pacientes con diagnóstico en el año 2015 de cáncer de recto, demostró sospecha en 55.4% tras la TC, pero al hacerse biopsia se confirma en un 76,9%, demostrando que en el cáncer de recto resulta más efectiva la histopatología que la TC. (17)

Ahora, analizando la exposición un análisis en 9 pacientes durante el 2015 concluye que la dosis recibida en piel de los pacientes expuesto a la tomografía con la técnica de haz cónico es 29,47% mayor a la recibida en estudios de tomografía convencional. (18)

Un estudio durante el 2016 en pacientes de consulta externa de urología encontró un buen grado de concordancia entre la TC multiforme y el reporte histopatológico en la estadificación del carcinoma de célula renales al proporcionar una buena delimitación y caracterización. (19)

La prescripción de tomografía de cráneo en el caso de pacientes con cefáleas a estudio durante el 2016 en Nicaragua reportó un 29,9% con hallazgos tras síntoma de cefalea (88 casos) y de estos 3,4% (3 casos) fueron malignos. (20)

Otro estudio sobre justificación es el reportado en Ecuador, analiza la prescripción de tomografía en 97 casos de cefalea primaria durante de periodo marzo a julio de 2016, no encuentra hallazgos en 87 casos (95,88%), lo que sustenta el uso indiscriminado de TC en el diagnóstico de cefálea primaria. (21)

La revisión bibliográfica también dio cuenta que en los programas relacionados con la protección radológica es necesario contar con estrategias sistemáticas que reconozcan no solo los tres principios básicos de justificación, optimización y limitación de la dosis, sino que la dosis debe registrarse y analizarse, limitar los riesgos y realizar acciones de prevención.(3)

2.1 Tomografía computada

La Tomografía computada (TC) es un sistema de imagen revolucionario en donde no existe un receptor de imagen convencional como una placa o un tubo que intensifique la imagen, sino que la imagen es mediada por un receptor cuya respuesta se transmite a un ordenador, donde se reconstruye la sección anatómica mediante ecuaciones matemáticas (algoritmos) adaptados para un proceso informatizado que permite ver la imagen a través de un monitor. Los componentes que se requieren para la construcción de un sistema de imagen de TC ya estaban a disposición de especialistas en física médica desde 1950 (22). Pero fue en 1970, veinte años después que el físico Hounsfield desarrollara un corte tomográfico sectorial sobre la cabeza de un ser humano, haciendo la primera demostración de la técnica (23). El método de Hounsfield dividía la cabeza en varias tajadas, cada una de las cuales era irradiada por sus bordes. De esta manera, la radiación podía ser confinada dentro de la misma porción. A diferencia de la técnica

convencional de rayos X, la información obtenida no se veía afectada por variaciones del material, que se presentaran a ambos lados de la tajada en cuestión". (24)

En una TC la fuente de rayos X y el detector único están conectados para moverse de forma sincrónica. Cuando el complejo fuente-detector realizada un barrido o traslación sobre el paciente, las estructuras internas del organismo atenúan el haz de rayos X en relación a la densidad de su masa y a su número atómico efectivo. La intensidad de la radiación detectada varía en relación a este patrón de atenuación y forma un perfil de intensidad o proyección, dando por finalizada la sección y volviendo a su posición inicial para comenzar otra u otras traslaciones, que se almacenan en formato digital en el ordenador y mediante un procesado informático conlleva la superposición efectiva de cada proyección para reconstruir una imagen de las estructuras anatómicas de esa sección. (22)

De acuerdo con Pixel-Voxel una TC consiste en un proceso radiológico que a través de la emisión de un haz de rayos X por un tubo logra atravesar un objeto para luego sensibilizar una serie de detectores logrando una imagen detallada de cortes axiales del cuerpo. La TC a diferencia de las radiografías logra girar alrededor del paciente de forma longitudinal (axial), consiguiendo con ello una imagen que puede analizarse desde diversos planos o de forma tridimensional, obteniendo por tanto mayor detalle de la zona analizada, en especial si se trata de tejidos blandos y vasos sanguíneos, en comparación con los exámenes convencionales de rayos X. (25)

El logro de imágenes tridimensionales de cualquier parte anatómica como medio de diagnóstico y estudio de seguimiento de pacientes solo surgió en 1976 después de la tomografía computada que en 1971 permitía tomar imágenes axiales del cerebro en neuroradiología. (23)

Los avances científicos y tecnológicos de esta técnica de imagen se han centrado en una mayor velocidad de adquisición, aumento de la resolución espacial, mejoras en la calidad de la imagen y minimizar las dosis de radiación ionizante pues es considerada el principal criterio que restringe el uso de la TC, prefiriéndose métodos como ultrasonido o resonancia magnética, cuando están disponibles. (24)

A Hounsfield se le debe la escala cuantitativa aplicada en los estudios de TC para describir los niveles de radiodensidad de los tejidos humanos dado por la fórmula:

$$HU = 1000 X \frac{\mu_t - \mu_{agua}}{\mu_{agua}}$$

Donde:

μ_{agua} = coeficiente de atenuación lineal del agua destilada y

μ_t = coeficiente de atenuación lineal del tejido o material de interés.

UH es el número asignado a cada pixel en la imagen final de una tomografía computada.

El cuadro 1 expone el valor de HU para los tejidos del cuerpo humano y es la expresión de la densidad del objeto irradiado. La imagen se forma gracias a que cada valor de atenuación (HU) tenía un tono gris diferente debido a la capacidad de cada zona explorada para atenuar la radiación. (26)

Cuadro 1. Valor de unidades hounsfield (hu)

Sustancia del cuerpo	HU	Tejido	HU
Aire	-1000	Pulmón	-500
Grasa	-100 a -50	Riñón	30
Agua	0	Músculo	10 a 40
Líquido cerebroespinal	15	Hígado	40 a 60
Sangre	30 a 45		
Sustancia gris	37 a 45		
Sustancia blanca	20 a 30		

Fuente: Bushong, 2008 (22)

Los principales elementos de una TC son, primero, el sistema de recogida de datos o *gantry*, que está compuesto por el generador de alta tensión (cuando no está ubicado en la sala técnica), el tubo de rayos X, los detectores, los sistemas de adquisición de datos (DAS), los colimadores y todas las partes mecánicas necesarias para que el equipo funcione. También se incluye la camilla del paciente; segundo, el sistema de procesamiento de datos y de reconstrucción de la imagen (el ordenador) y por último, el sistema de visualización y archivo (consola de control). Suele haber una consola del operador y una del radiólogo (27).

2.1.1 Tipos de tomografía (Generaciones)

Existen cuatro sistemas de imagen en TC, en el de primera generación u original requería de 180 traslaciones, cada una de ellas separada por una rotación de 1° , obteniendo dos cortes contiguos durante cada procedimiento. El proceso consistía en traslada-rotar, haz en lápiz, detector único, con un tiempo de 5 minutos para completar la imagen. Los sistemas de imagen de segunda generación también consistieron en traslación rotación, pero el haz no era en forma de lápiz sino en forma de abanico, pero requieren del

incremento de la intensidad de radiación, lo que se compensa con la utilización de un filtro, tenía la ventaja de utilizar tiempos de imagen más reducidos, pues una única traslación proporciona el mismo número de puntos de datos que varias traslaciones con un sistema de primera generación. Solo se requerían de 18 traslaciones para obtener una imagen de 180°. El proceso por tanto consistía en traslada-rotar, haz en abanico, ordenamiento de detectores, 30 segundos de tiempo de imagen. En la tercera generación la fuente y el conjunto de detectores giran alrededor del paciente y pueden producir una imagen en menos de 1 segundo. Utiliza un ordenamiento curvilíneo que contiene numerosos detectores y un haz en abanico. El proceso consiste en rotar-rotar, haz en abanico, ordenamiento de detectores, tiempo de imagen subsegundo, artefactos en anillo. La cuarta generación se caracteriza porque la fuente de rayos X gira mientras los detectores no, puede obtener una imagen en subsegundos, permiten manipular las imágenes, no producen artefactos en anillo, entre otras. Es importante resaltar que los diseños donde hay movimiento de paciente, de tubos de rayos X y/o de detectores no pueden considerarse de quinta generación, pero si la TC helicoidal multicorte, la quinta generación se conoce como estacionario-estacionario y tiene muchas fuentes y detectores fijos que funcionan sincronizadamente, la imagen se obtiene en centésimas de segundo. (22)

2.1.2 Estudios de tomografía

Existen los estudios de TC por contraste en donde se hace uso de un material o líquido que por lo general suele ser un compuesto de yodo, que permite aumentar la visibilidad del área analizada, ayudando a la interpretación de la TC, la simple es aquella donde las imágenes no se analizan haciendo uso de un material de contraste.

También existen los estudios PET SCAN, que en TC son ideales para detectar la actividad cancerosa en un paciente al permitir distinguir entre lesiones primarias malignas y benignas, pero también son de alta aplicabilidad en cardiología y neurología. Consisten en el análisis de imágenes después de que al paciente se le ha suministrado radiofármacos marcadores con isótopos radiactivos emisores de positrones. Esta técnica permite analizar funciones biológicas como son el flujo sanguíneo, la proliferación de células, actividad metabólica, viabilidad celular, transporte de aminoácidos, densidad y ocupación de neuroreceptores, entre otros.

La angiogramografía es un estudio de TC que analizan las imágenes de las arterias del cuerpo para diagnosticar alteraciones, estrechez o bloqueos indicadores de aneurismas

o malformación arteriovenosa en el cerebro, disecciones, aterosclerosis en la arteria carótida el cuello, visualizar a arteria renal para preparación del paciente a un trasplante renal, detectar una embolia pulmonar, trombosis de venas o arterias, entre otras.

Otros estudios son la colonografía por TC o colonoscopia virtual permite examinar el intestino grueso para identificar cáncer y crecimientos llamados pólipos. El procedimiento requiere inflar con gas el colón a través del recto y requiere de una preparación especial con líquidos, mientras que una urografía por TC es un examen por imágenes para examinar las vías urinarias, incluidos los riñones, la vejiga y los conductos (uréteres) que transportan la orina desde los riñones hasta la vejiga.

2.1.3 Protocolos de tomografía (TC)

Un protocolo de TC busca mejorar la calidad de la imagen y reducir lesiones a los pacientes por la emisión de rayos X. Los radiólogos son los responsables de ajustar los protocolos con el objetivo de afinar la dosis, en este sentido, un protocolo consiste en emplear la menor cantidad posible de radiación pero obteniendo una imagen de tal calidad que permite el diagnóstico. El cuadro 2 presenta los principales protocolos para neurorradiología, Body, angiología y musculoesqueléticos, teniendo en cuenta las variables de grosor de corte, incremento, mAs/kV, caudal y retardo.

Cuadro 2. Protocolos de TC

Protocolo	Grosor corte	Incremento	mAs/kV	Caudal	Retardo
Neurorradiología					
Cráneo	6 mm	18 mm	350/120	2,5-3 ml/s	100-120 s
Órbitas	1 mm	0,5 mm	250/120	2,5-3 m/s	100-120 s
Senos paranasales	1 mm	0,5 mm	220/120	2,2-3 ml/s	100-120 s
Peñascos	0,8 mm	0,4 mm	250/120	2,8-3 ml/s	100-120 s
Cuello	2 mm	1 mm	250/120	2,8-3 m/s	Bolo de 40 ml. 35 s resto de contraste
De Body					
Tórax	3 mm	1,5 mm	200/120	2,2-5 ml/s	Fase arterial al menos que se indique lo contrario
Tacar	1 mm	10 mm	-	Siempre sin contraste	Siempre sin contraste
Tórax-abdomen-pelvis	10 mm	10 mm	250/120	1,5-2 ml/s	Fase venosa al menos que se indique lo contrario
Abdomen-pelvis	10 mm	10 mm	250/120	1,5-2 ml/s	Fase venosa al menos que se indique lo contrario
Pared abdominal	10 mm	10 mm	250/120	-	-
Hígado	10 mm	10 mm	250/120	2-2,5 ml/s	-
Páncreas	5 mm	5 mm	250/120	2-2,5 ml/s	-
Suprarrenales	5 mm	5 mm	250/120	-	-
Uro-TC	10 mm	10 mm	250/120	2,2-5 ml/s	-

Cuadro 2. Protocolos de TC

Protocolo	Grosor corte	Incremento	mAs/kV	Caudal	Retardo
Cistectomía por CCT	10 mm	10 mm	250/120	-	-
Litiasis renal	10 mm	10 mm	250/120	Estudio simple	Estudio simple
Angiología					
Polígonos de Willis	0,625/1 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/0,5 mm	100/120	3 ml/s	Bolus Tracking/Smart Prep. ROI en aorta ascendente
Troncos Supraaórticos	0,625/1 mm – 2,5 mm (según equipo 64-16 cortes)	0,625/0,5 – 2,5 mm	170/120	3 - 4 ml/s	Bolus Tracking. ROI en cayado aórtico
Arterias pulmonares	0,625/2,5 – 3 mm	0,625/2,5 – 1,5 mm	250/120	4-5 ml/s	Bolus Tracking. ROI en tronco de la pulmonar
Coronarios	1,25 – 2,5 mm Ca Score / 0,625 – 1 mm CTA (según equipo 64/16 cortes)	1,25 - 2,5 mm Ca Score / 0,625 - 0,5 mm CTA	170/120	4 ml/s	Bolus Tracking. ROI en aorta descendente
Aorta	0,625/2 - 3 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/1 - 3mm	170/120	3,5 – 4,5 ml/s	Bolus Tracking. ROI en aorta ascendente
Arteria mesentérica	2 - 2,5 mm (según equipo)	1 - 2,5 mm	170/120	3 - 4 ml/s	Bolus Tracking. ROI en aorta abdominal superior
Arterias renales	0,625/1 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/0,5 mm	170/120	3 - 4 ml/s	Bolus Tracking. ROI en aorta abdominal superior
Miembro superior	0,625/2 - 2,5 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/1 - 2,5 mm	170/120	3-4 ml/s	Bolus Tracking. ROI en aorta ascendente
Miembros inferiores	0,625/2 - 2,5 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/1 - 2,5 mm	170/120	3 - 4 ml/s	Bolus Tracking. ROI en aorta abdominal infrarrenal
Senos venosos	0,625/1 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/0,5 mm	100/120	3 – 4 ml/s	30 s
Vena porta	0,625/3 - 5 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/3 - 5 mm	170/120	3 - 4 ml/s	70 s
VCI	0,625/3 - 5 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/3 - 5 mm	250/120	3 - 4 ml/s	90 s/Bolus Tracking. ROI en vena cava infrarrenal
Miembros inferiores venoso	0,625/2 - 2,5 mm (según equipo 64/16 cortes)	0,625/1 - 2,5 mm	170/120	3 - 4 ml/s	90 s
Muscolo-esquelético					
Hombro	3 mm	1,5 mm	175/140		
Codo	1,5 mm	0,75 mm	120/140		
Muñeca	1,5 mm	1,5 mm	120/140		
Esternón y articulaciones esternoclavicular y costo-esternal	2 mm (salvo fracturas a 0.8mm con incremento de 0,4 mm)	1 mm			El más bajo posible para obtener una imagen de calidad
Pelvis	3 mm	1,5 mm	175/140		
Cadera	3 mm	1,5 mm	175/140		
Rodilla	3 mm	1,5 mm	175//140		
Tobillo-pie	1,5 mm	0,75 mm	120/140		
Columna cervical	2 mm	1 mm	150/140		
Columna dorsal y lumbar	2 mm	1 mm	150/140		
Sacroilíacas	2 mm	1 mm	140/175		

Cuadro 2. Protocolos de TC

Protocolo	Grosor corte	Incremento	mAs/kV	Caudal	Retardo
Estudio dinámico de inestabilidad fémoro patelar	3 mm	2 mm	175/140		
Estudio rotacional de extremidades inferiores	3 mm	2 mm	175/140		

Fuente: Protocolos de Tomografía Computarizada. Servicio de Radiología el Hospital General Universitario Reina Sofía de Murcia, 2015. (28)

2.2 Radiaciones ionizantes

La radiación se refiere a la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. Una de las formas de transmisión de la energía es la radiación ionizante que ocurre cuando al interactuar con la materia causan la separación de electrones de átomos y moléculas. Los primeros radiólogos experimentaron lesiones asociadas a la exposición por el desconocimiento de sus riesgos. (29)

Desde el mismo momento del descubrimiento de las bondades de los rayos X con fines diagnósticos y terapéuticos, también se detectaron los efectos nocivos en personas que trabajan con este tipo de sustancias, es así como en 1896 se reportaron los primeros casos de quemaduras de pie, en 1902 se dio el primer reporte de cáncer por rayos-X y en 1911 se da un caso de leucemia, cáncer de pulmón por exposición ocupacional y 94 casos de tumor reportador en Alemania de los cuales 50 eran radiológicos. (30)

Las radiaciones ionizantes tienen efectos biológicos que se conocen como estocásticos cuando la probabilidad de incidencia y no su gravedad son función de la dosis, en este caso no existe una dosis umbral, mientras que las deterministas la gravedad depende de la dosis que se suministra, los efectos se manifiestan cuando la dosis percibida supera el umbral determinado (31). Los factores que intervienen en los efectos biológicos y riesgos de padecerlos a corto o largo plazo a causa de una exposición a radiaciones son: dosis absorbida, tasa de dosis, calidad de la radiación, tejido irradiado, edad, entre otros. (32)

“Debido a que los procedimientos de radiodiagnóstico e intervencionismo representan una de las principales fuentes de irradiación a la población por radiaciones ionizantes, se vuelve prioritario conocer las magnitudes y unidades que dan cuenta de la dosimetría a los pacientes”. (33)

2.2.1 Magnitudes

En protección radiológica se encuentran las magnitudes de actividad, kerma, exposición, magnitudes dosimétricas (dosis absorbida, equivalente y efectiva) y magnitudes operacionales (dosis equivalente ambiental e individual). Cada una con su respectiva unidad, símbolo, nombre propuesto unidades y símbolo de nombre. (Cuadro 3)

Cuadro 3. Magnitudes y unidades en protección radiológica

Magnitud	Unidad (SI)	Símbolo equivalente	Nombre SI	Símbolo
Actividad	Recíproco de seg.	2,703x10 ¹⁰ Ci-11	Becquerel	Bq
Dosis absorbida	Joule por kg	100 Rad	Gray	Gy
Kerma	Joule por kg		Gray	Gy
Exposición	Coulombs por kg	3.876 R		
Dosis equivalente	Joule por kg	100 rem	Sievert	Sv
Dosis efectiva	Joule por kg		Sievert	Sv
Dosis equivalente ambiente	Joule por kg		Sievert	Sv
Dosis equivalente individual	Joule por kg		Sievert	Sv

Fuente: Manual de Radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica (22)

La kerna se define como la razón entre la energía transferida (suma de las energías cinéticas iniciales de todas las partículas cargadas liberadas por radiación indirectamente ionizante en el medio definido) a un volumen definido y la masa dm que contiene. Se expresa mediante $K=dEt,r/ dm$. (34)

2.2.2 Dosis de radiación

La **dosis absorbida** indica cantidad de energía absorbida por unidad de masa de un material irradiado debido al proceso de ionización, la **dosis efectiva** es un indicador cuantitativo de la probabilidad de que pueda ocurrir un efecto estocástico, sobre una persona irradiada y la **dosis equivalente** hace referencia a la sumatoria de la dosis absorbida de cada órgano multiplicado por un **factor de ponderación** que depende del tipo de radiación. Permite estimar el daño que produce un determinado tipo de radiación en un tejido u órgano del cuerpo humano en general, conociendo la capacidad de ionización de esa radiación. (35)

El cuadro 4 expone los factores de ponderación de la radiación ICRP 60 (Comisión Internacional de Protección Radiológica) de acuerdo al tipo de radiación y rango energético.

Cuadro 4. Factores de ponderación de la radiación ICRP 60

Tipo de radiación y rango energético	Factor de ponderación
Fotones todas las energías	1
Electrones de todas las energías	1
Neutrones >10 keV	5
Neutrones 10 keV a 100 keV	10
Neutrones > 100 keV hasta 2 MeV	20
Neutrones > 2 MeV hasta 20 MeV	10
Neutrones > 20 MeV	5
Protones > 2 MeV	5
Partículas alfa	20

Fuente: Manual de Radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica

(22)

La **dosis efectiva** es a sumatoria de la dosis equivalente de cada órgano multiplicado por un factor de peso de los órganos o tejidos. La relación entre la probabilidad de que surjan efectos dañinos de carácter aleatorio, varía entre cada órgano, ya que cada tejido de cada órgano es radiosensible de diferente manera. El cuadro 5 presenta los factores de ponderación ICRP 103.

Cuadro 5. Factores de ponderación ICRP 60

Órgano	Factor de ponderación Wt	
Médula ósea roja	0,12	
Colon	0,12	
Pulmón	0,12	
Estómago	0,12	
Mamas	0,12	(0,05)
Resto organismo*	0,12	(0,05)
Gónadas	0,08	(0,20)
Vejiga	0,04	(0,05)
Hígado	0,04	(0,05)
Esófago	0,04	(0,05)
Tiroides	0,04	(0,05)
Piel	0,01	
Superficie ósea	0,01	
Cerebro **	0,01	
Glándulas salivales	0,01	

* Bazo, intestino delgado, riñón, suprarrenales, vesícula biliar, tejido linfático. ** Agregado en el ICRP 103
En () valores recomendados ICRP 60

Fuente: adaptado de Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la Seguridad y Salud del Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes en la Universidad de Córdoba (31) y Manual de Radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica (22)

Las unidades de radiación son Rad o dosis de radiación absorbida, Gray (Gy), Miligray (mGy), Rem o roentgen-equivalent-man, Milirrem, Roentgen (R, r), Sievert (Sv) (see-vert), Milisievert (mSv) y Coulomb. El cuadro 6 presenta la definición de cada una de ellas.

Cuadro 6. Unidades de radiación

Unidad de radiación	Descripción
Rad o dosis de radiación absorbida	Cantidad de energía radiante absorbida en cierta cantidad de tejido.
Gray (Gy)	Una unidad de radiación absorbida equivalente a la dosis de un joule de energía absorbida por kilogramo de materia, o 100 rad., la unidad.
Miligray (mGy)	Una unidad de radiación absorbida equivalente a la milésima parte de un gray, o 0,1 rad.
Rem o roentgen-equivalent-man	Unidad de medida que toma en cuenta diferentes respuestas biológicas a distintos tipos de radiación. La cantidad de radiación medida con el rem se llama dosis equivalente.
Milirrem	Una milésima parte de un rem, la unidad de medida de dosis equivalente.
Roentgen (R, r)	Unidad del sistema internacional de exposición a dosis de rayos X o gamma.
Sievert (Sv) (see-vert)	Unidad de medida de la dosis efectiva de la radiación ionizante, que toma en cuenta la sensibilidad relativa de distintos tejidos y órganos expuestos a la radiación. La cantidad de radiación medida con el sievert se llama dosis efectiva.
Milisievert (mSv)	Una milésima parte de sievert, la unidad de medida de la dosis efectiva.
Coulomb (C)	Unidad de carga eléctrica del Sistema Internacional, de símbolo C, que equivale a la cantidad de electricidad que transporta una corriente de intensidad de 1 ampere en 1 segundo.

Fuente: Manual de Radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica (22).

2.2.3 Tipos de exposición

Existen tres tipos de exposición radiológica, la médica o personas que deben exponerse como parte de un diagnóstico o tratamiento, la ocupacional que se da como consecuencia de las funciones del trabajo y la pública la cual incluye otros tipos de exposición como la natural.

El cuadro 7 presenta la aplicación de los principios de la radiación para la exposición médica, profesional y pública.

Cuadro 7. Principios de radiación en la exposición médica y ocupacional

Principios	Justificación	Optimización	Limitación de dosis
Exposición médica	No se debe efectuar ninguna actividad que Dx exposición a radiación a menos que Dx un beneficio	En la exposición médica diagnóstica e intervencionista, mantener la exposición de los pacientes al mínimo necesario para alcanzar el objetivo de intervención o diagnóstico requerido	No se aplica a la exposición médica.
Exposición ocupacional	Adoptar una práctica que implique la exposición a la radiación solo si produce un beneficio suficiente para las personas expuestas	proporcionar las mejores medidas de protección y seguridad disponibles en las circunstancias actuales, de modo que las magnitudes y la probabilidad de exposición y el número de personas expuestas sean tan bajos como sea posible	Las dosis a individuos son limitadas. 20 mSv/año promediados sobre periodos definidos de 5 años.

Fuente: Protección Radiológica (36)

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) reconoce que es necesario trabajar la parte de salud y que el compromiso de las autoridades para la formación en protección radiológica haga parte de la formación en seguridad del paciente. (37)

La radiosensibilidad es la magnitud de respuesta de las estructuras biológicas, provocada por las radiaciones ionizantes. Un elemento biológico es más sensible cuanto mayor es su respuesta a una dosis determinada de radiación. El elemento biológico es más radiosensible cuando necesita menos dosis de radiación para alcanzar un efecto determinado. El concepto opuesto a radiosensibilidad, es radioresistencia. No existe célula ni tejido normal o patológico radioresistente de forma absoluta; pues si se aumenta ilimitadamente la dosis, siempre se puede alcanzar su destrucción. Administrando dosis mínimas en órganos o tejidos, se observaran diferentes grados de alteraciones morfológicas o funcionales, según las líneas celulares de que se trate. El oxígeno es un potente radiosensibilizante, es decir, aumenta el efecto de la irradiación. (38)

Las células del cuerpo humano tienen una radiosensibilidad que se mide en alta, intermedia y baja. En la primera valoración se encuentran linfocitos, espermatozoides, eritrocitos y células de la cripta intestinal (22). (Cuadro 8)

Cuadro 8. Respuesta a la radiación relacionada con el tipo de célula

Radiosensibilidad	Tipo de célula
Alta	Linfocitos Espermatocitos Eritroblastos Células de la cripta intestinal
Intermedia	Células endoteliales Osteoblastos Espermatides Fibroblastos
Baja	Células musculares Células nerviosas

Fuente: Manual de Radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica (22)

Los tejidos también tienen una respuesta a la radiación. Los niveles de radiosensibilidad o dosis mínima administrada a razón de unas 200 rad/día (2Gy/día) que producirá una respuesta. El cuadro 9 presenta el nivel de radiosensibilidad para tejidos u órganos y los efectos.

Cuadro 9. Radiosensibilidad relativa de tejidos y órganos

Nivel de radiosensibilidad	Tejido u órganos	Efectos
Alto: 200-1.000 rad (2-10 Gy _t)	Tejido linfoide Médula ósea Gónadas	Atrofia Hipoplasia Atrofia
Alto: 1.000-5000rad (10-50 Gy _t)	Piel Tracto gastrointestinal Córnea Hueso en crecimiento Riñón Hígado Tiroides	Eritema Úlceras Catarata Detención del crecimiento Nefrosclerosis Ascitis Atrofia
Baja: >5.000 rad (<50 Gy _t)	Músculo Cerebro Médula	Fibrosis Necrosis Interrupción

Fuente: Manual de Radiología para técnicos. Física, biología y protección radiológica (22).

2.3 Principios de protección radiológica

Con los años, la preocupación por los efectos de la radiación llevó a la promulgación de los principios para el manejo de la radiación, optimización, justificación y límites de dosis

2.3.1 Justificación

La justificación en radiología “implica producir más beneficio que daño al paciente. Este principio involucra la determinación de la necesidad de un examen con radiaciones ionizantes tanto a nivel general como particular para cada caso clínico”.(39)

Se reconoce en la justificación el tema de los beneficios que puede obtener el paciente siempre y cuando el proceso se lleva a cabo de acuerdo a las normas que ayudan a disminuir los riesgos involucrados. Al enviar a un paciente a un examen diagnóstico por imagen es primordial hacer uso de guías con las directrices para que sirvan a médicos con poca experiencia en la toma de decisión correcta para la prescripción. Las guías son “útiles para médicos que recién ingresan a un hospital o centro de salud” (2). Adoptar guías y criterios para la indicación correcta de un estudio de TC requiere de un trabajo multidisciplinar donde es necesario los aportes y consenso entre médicos, técnicos radiólogos y médicos solicitantes (3).

“En los procedimientos diagnósticos e intervencionistas, la justificación de los mismos (con un objetivo definido y a un paciente específico), y el manejo de la dosis al paciente, acorde al objetivo médico, son mecanismos apropiados para evitar una exposición a la radiación innecesaria o improductiva” (5), es por ello que el cribado para detectar enfermedades en personas asintomáticos no está justificada a través de la aplicación de tomografía computada y por emisión de positrones.

En Europa la Directiva 2013/59/EUROTOM o Normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes reglamenta el hecho de que dentro del principio de justificación es necesario considerar la eficacia, los beneficios y los riesgos de otras técnicas alternativas disponibles que tengan el mismo objetivo pero que no impliquen exposición a radiaciones ionizantes, o impliquen una exposición menor.(40)

Justificar adecuadamente las exposiciones requiere reforzar la formación en protección radiológica de los actores involucrados, mejorar la comunicación entre los profesionales de la salud que prescriben y los técnicos o especialista en imagenología, establecer protocolos de actuación conjuntos y adaptar constantemente las guías de indicación de acuerdo a las necesidades de cada centro

2.3.2 Optimización de la protección

Se refiere a la necesidad de mantener las dosis tan bajas como sea razonablemente posible haciendo que el beneficio neto sea el mayor posible (35). En otras palabras, se

refiere al procedimiento mediante el cual la información diagnóstica responde a la pregunta diagnóstica del estudio con la cantidad más baja posible de radiación. (3)

2.3.3 Aplicación del límite de dosis

Este principio de límites de dosis radiológicas no se aplica en exposiciones médicas o exposición de personas como parte de su diagnóstico o tratamiento médico. Pero, el uso indiscriminado de los diagnósticos a través de pruebas radiológicas contribuyó al aumento de la dosis de radiación dada a los pacientes en cada examen. El radiólogo debe recordar al médico solicitante sobre los riesgos derivados de la radiación y sugerir otros métodos de imagen que puedan hacer el diagnóstico, como la ecografía y la resonancia magnética. Estudios sobre el riesgo de desarrollo de cáncer causado por los efectos de la radiación provienen de datos de supervivientes de ataques nucleares. Pacientes sometidos a dosis de radiación promedio de 40 mSv, que corresponde a una tomografía de abdomen con cuatro fases, presentan un aumento del riesgo de desarrollo de diversos tipos de neoplasias. Los niños son especialmente susceptibles a la radiación, por la mayor radiosensibilidad y/o por la mayor cantidad de años a ser vividos. Son varios los factores que alteran la dosis de radiación de los exámenes de TC, destacándose el número de fases, el mAs, el kVp, el tamaño de los pacientes, la extensión a ser estudiada, el *pitch*, la modulación de la corriente del tubo, el control automático de la exposición, el uso de filtros y el posterior procesamiento de las imágenes. Hay que tener presente que exámenes con dosis muy bajas de radiación producirán imágenes poco claras y se debe hacer un balance entre calidad de la imagen y dosis de radiación (principio *As Low As Reasonably Achievable* - ALARA - tan bajo como sea razonablemente alcanzable). De esta forma, la optimización y la revisión periódica de los protocolos son muy importantes para este equilibrio. (41)

En el cuadro 10 se encuentran los valores o dosis mínimas que de acuerdo a la Comunidad Europea pueden ser aplicables en el diagnóstico de un paciente obteniendo una calidad adecuada utilizando el Índice de Dosis de Tomografía Computada (CTDI) y el Producto dosis-longitud (DLP). (42)

Cuadro 10. Principales valores propuestos por la Comunidad Europea

Tipo de estudio	CTDI _w * [mGy]	DLP [mGy.cm]
Cabeza rutina	60	1050
Tórax	30	650
Abdomen	35	780
Pelvis	25	570
Cara y fosas nasales	35	360
Trauma vertebral	70	460
Pulmones alta resolución	35	280
Hígado	35	900
Pelvis ósea	25	520

*El CTDI_w representa la dosis promedio de radiación atribuible a un corte en el plano x-y.

Fuente: Dosimetría en tomografía computada, pág. 159 (42)

2.3.4 Departamento de radiología e imágenes diagnósticas del HGSJDD

El departamento de radiología e imágenes diagnósticas del HGSJDD es el encargado de llevar a cabo las pruebas que solicitan los médicos como apoyo para la confirmación de una sospecha clínica. Los médicos que envían las solicitudes de imágenes diagnósticas son los especialistas y residentes año 1, año 2 y año 3 (R1, R2, R3) adscritos al departamento de Consulta Externa.

El departamento de Consulta Externa pertenece a la Subdirección de Servicios Médicos de Apoyo y a través de él, el Hospital se proyecta a la población, ofreciendo atención médica. Los departamentos médicos cuyo personal asiste a consulta externa son medicina interna y especialidades, neurología, cirugía general y especialidades, neurocirugía, traumatología, estomatología, pediatría y ginecología y obstetricia.

Actualmente no existe un protocolo por parte del Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas que los especialistas y médico residentes del HGSJDD que atienden a los pacientes en Consulta Externa deban seguir para la solicitud tomografías computadas u otros servicios. Ellos emiten la orden, con la cual los pacientes van a servicios de TAC y solicitan la respectiva cita.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Identificar el nivel de concordancia entre la sospecha clínica del médico que solicita el estudio de tomografía computada en el servicio de consulta externa del Hospital General San Juan de Dios durante el 2019 y el resultado de imágenes.

3.2 Objetivos Específicos

- 3.2.1 Describir los estudios tomográficos solicitados en consulta externa en cuanto a región anatómica diagnosticada, tipo de TC de estudio y especialización del médico solicitante.
- 3.3.3 Especificar la sospecha clínica que llevó al médico a la solicitud de la TC.
- 3.3.4 Definir el hallazgo de la TC y concordancia con la sospecha clínica del médico que solicita el estudio de tomografía.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Tipo de estudio

Observacional, descriptivo, retrospectivo.

4.2 Población

Pacientes con Tomografía Computada solicitada en el servicio de consulta externa del Hospital General San Juan de Dios durante el año 2019.

4.3 Selección y tamaño de la muestra

Por conveniencia se seleccionan para el estudio un total de 999 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión para el logro de los objetivos de la investigación.

4.4 Unidad de análisis

Pacientes con Tomografía Computada.

4.5 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Pacientes con estudio de tomografía computada realizada en el HGSJD. Solicitada en consulta externa en los departamentos de medicina interna, cirugía, pediatría, traumatología y ginecología.
- Tomografías computadas tomadas de enero a diciembre de 2019.

Criterios de exclusión:

- Pacientes con estudios de tomografía no solicitados en el Hospital General San Juan de Dios.
- Que la información de la historia clínica no esté completa.

4.6 Variables estudiadas

Sociodemográficas: edad, Sexo,

Caracterización: experiencia médico que indicó, especialidad médica,

Tomografía Computada: impresión clínica, tipo de estudio, región irradiada, hallazgo TC, justificación TC.

4.7 Operacionalización de variables

Variable	Definición teórica	Definición operacional	Tipo de variable
Demográficas			
Edad	Periodo en tiempo que se contabiliza desde el momento de nacimiento	Años cumplidos al momento de tomarse la TC	Razón
Sexo	Condición biológica que distingue hombres de las mujeres.	Indicador de historia clínica sobre sexo: femenino, masculino.	Nominal
Caracterización			
Especialidad	Especialidad médica con mayor frecuencia a indicar estudio	Especialización de quien emite el ordenamiento para la tomografía: cirugía, medicina interna, traumatología, ginecología, pediatría.	Nominal
Experiencia médico solicitante	Habilidades que posee un especialista de la salud para llevar a cabo con éxito diagnósticos y tratamientos	Años de experiencia: grado, posgrado (R1-R4), especialista (años de experiencia 0-5, 5-10, más de 10 años).	Razón Nominal
TC			
Impresión clínica	Diagnóstico médico que se sospecha tras el examen físico y la anamnesis	Patología que motivó la solicitud de TC	Nominal
Tipo de estudio	Característica de la TC realizada	Tipo de TC utilizado por el radiólogo: contrastada, simple, simple/contrastada, abdominal, urotac, angiotac...	Nominal
Región Anatómica irradiada	Parte del cuerpo que es sometida a diagnóstico a través de TC	Sitio específico donde se lleva a cabo la TC: cabeza, cuello, tórax, abdomen, pelvis. Miembro superior e inferior	Nominal
Hallazgos TC	Lectura del radiólogo de la TC	Lectura de diagnóstico TC	Nominal
Justificación TC	Relación que se establece entre dos o más ideas o conceptos.	Determinación si el diagnóstico subjetivo que origino la TC cumple con el principio de justificación: si – no.	Nominal

4.8 Instrumentos utilizados para la recolección de información

Para la recolección de la información se realizó una matriz en Excel, definiendo en cada columna las variables a analizar y en cada fila un código por paciente (Anexo A).

4.9 Procedimiento para la recolección de información

1. Mensualmente se recibía base de datos en Excel del servicio de tomografía.
2. Se depuraba la base de datos en Excel dejando solo los servicios que correspondían a consulta externa.
3. Se tomaba el número de Rayos X y la indicación del estudio
4. Se dirigía al Archivo
5. Se buscaba el número de Rx

6. Se trasladaba la información del resultado a la base de dato de Excel creada para la recolección de información.

4.10 Procedimientos para garantizar aspectos éticos de la investigación

La investigación cumple con los principios de la investigación en seres humanos, pues al centrarse en la revisión de fichas clínicas para extraer la información, no es necesario explicar al paciente el objetivo de la misma, ni firmar el consentimiento informado, pero si se protegerá la vida privada de ellos y en ningún momento se dará a conocer el nombre del paciente para referir algún resultado de la misma. Sin embargo, dentro de los aspectos éticos se cumple con la revisión del protocolo de investigación y aprobación de la metodología por parte del Comité Médico de la Universidad San Carlos de Guatemala y del Hospital General San Juan de Dios (HGSJDD) quienes avalan el beneficio del estudio para la comunidad médica y los pacientes.

Se tiene además en cuenta los principios de la ética médica: no maleficencia, beneficencia, autonomía y justicia. Por lo que, respectivamente, el acto médico se lleva a cabo siempre considerando no hacer daño al paciente de manera indirecta o directa; el objetivo de la solicitud de la TC es producir un beneficio al paciente para confirmar una sospecha clínica; al paciente se le ha orientado y facilitado la información y por tanto reconoce y es consciente de los riesgos de la TC, siendo autónomo en la decisión de si autoriza con la firma del consentimiento el procedimiento; por último, respetando el principio de justicia, todos los pacientes estuvieron expuestos a servicios accesibles y de calidad de forma equitativa.

4.11 Procedimientos de análisis de la información

La recolección de datos se ingresó y analizó en el programa SPSS versión 21. Los resultados de las variables cuantitativas como la edad se presentaron a través de análisis de estadísticos descriptivos (promedio, mínimo, máximo y desviación estándar). Las variables con escala cualitativa se presentan en tablas de frecuencia y porcentaje con el objetivo de definir la concordancia entre la sospecha clínica y el hallazgo de TC.

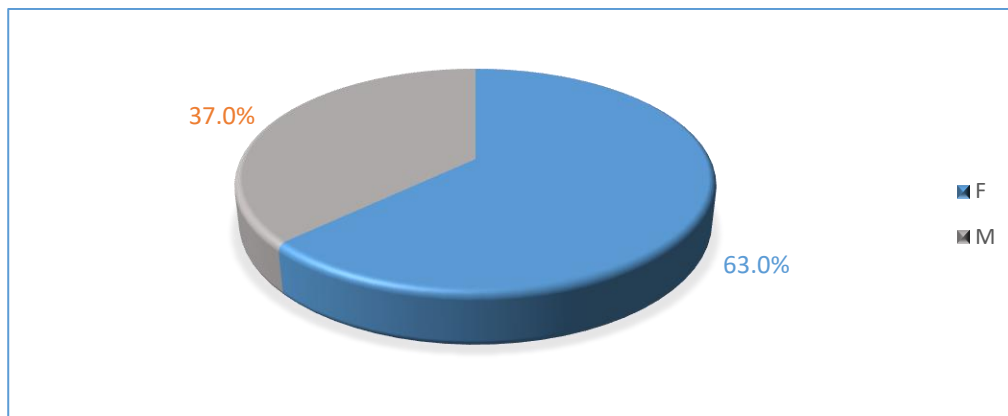
No se presenta la prueba Chi-Cuadrado χ^2 ($p < 0.05$) porque la investigación no presenta una H_1 e hipótesis nula y alternativa. Tampoco se aplica el coeficiente Kappa porque para ello es necesario una tabla bidireccional en las cuales las variables sean del mismo tipo y en el estudio las sospechas clínicas varían para cada paciente, así como el resultado de la TC, generando por tanto diversos tipos de variables.

Al ser la investigación de revisión de historias clínicas, solo se requirió del registro de los datos y no de materiales para la recolección de información.

V. RESULTADOS

La población se caracteriza por tener una edad promedio de 48.2 años con una edad mínima de 1 año y máxima de 97 y una desviación estándar de 18.59. En el gráfico 1 se observa que la mayoría pertenecen al género femenino (F) con un 63.0% y que un 37% son del género masculino (M).

Gráfico 1. Distribución de la población por género en TC



En la tabla 1 se presenta la descripción de los estudios tomográficos solicitados en consulta externa, evidenciando que un 93.9% de los médicos solicitantes de TC son especialistas, 47.2% tienen de 5 a 10 años de experiencia, 59.0% son médicos internistas, 45.8% son TC contrastadas y un 32.6 fueron en el abdomen superior.

Tabla 1. Características generales de solicitud de TC en el HGSJDD

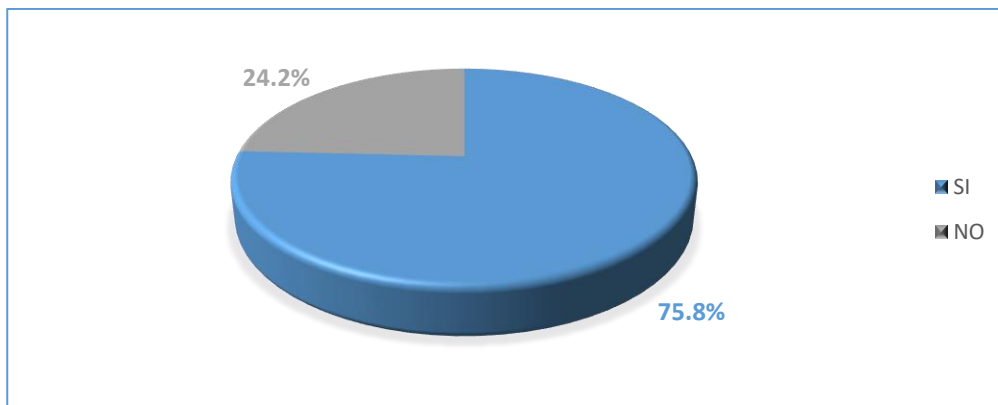
Variable		N=999	(%)
Médico solicitante	Especialista	938	(93.9)
	R1	4	(0.4)
	R2	34	(3.4)
	R3	23	(2.3)
Experiencia médico tratante	0 a 5 años	221	(22.1)
	5 a 10 años	471	(47.2)
	Mayor a 10 años	307	(30.7)
Especialidad departamento de Consulta Externa	Internista	589	59.0
	Ginecólogo	183	18.3
	Urólogo	102	10.2
	Cirujano	64	6.4
	Neurocirujano	20	2.0
	Pediatra	18	1.8
	Otorrino	15	1.5
	Traumatólogo	8	0.8

Tabla 1. Características generales de solicitud de TC en el HGSJDD

Variable		N=999	(%)
Tipo de estudio	Simple	426	(42.6)
	Contrastado	457	(45.8)
	AngioTac	47	4.7
	UroTac	57	5.7
	Trifásica	11	1.1
	Tacar	1	0.1
Región anatómica estudiada	Abdomen superior	325	32.6
	Tórax	217	21.7
	Abdomen inferior	200	20.0
	Cabeza	134	13.4
	Cuello	46	4.6
	Cara	34	3.4
	Miembro superior	15	1.5
	Miembro inferior	14	1.4
	Columna	14	1.4

Una vez que se identifica para cada paciente la sospecha clínica y el hallazgo de la TC se procede a definir cuántos de ellos presentaron concordancia y contribuyeron a mejorar el diagnóstico. El gráfico 2 permite definir que de 999 historias clínicas analizadas se encontró concordancia en 757 que corresponde a un nivel de un 75.8%.

Gráfico 2. Nivel de concordancia entre sospecha clínica y hallazgo de TC en HGSJDD



En la tabla 2 se observa que en el departamento de Consulta Externa del HGSJDD el médico especialista es el que solicitó la mayor cantidad de estudios tomográficos, presentando una concordancia entre la sospecha clínica y el hallazgo de TC en un 75.5%, siendo el médico internista el que solicitó la mayoría de las TC con un total de 487 hallazgos que confirmaron la sospecha clínica que representan un 82.7%.

Tabla 2. Concordancia entre características de TC y concordancia

Variable		Concordancia			
		NO		SI	
		n=	(%)	n=	(%)
Médico solicitante	Especialista	230	24,5%	708	75,5%
	R1	2	50,0%	2	50,0%
	R2	6	17,6%	28	82,4%
	R3	4	17,4%	19	82,6%
Especialidad departamento de Consulta externa	Internista	102	17,3%	487	82,7%
	Ginecólogo	58	31,7%	125	68,3%
	Cirujano	18	28,1%	46	71,9%
	Urólogo	51	50,0%	51	50,0%
	Neurocirujano	5	25,0%	15	75,0%
	Pediatra	4	22,2%	14	77,8%
	Otorrino	3	20,0%	12	80,0%
Traumatólogo	1	12,5%	7	87,5%	

VI. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Se analizaron un total de 999 historias clínicas durante el periodo enero a diciembre de 2019 con el objetivo de Identificar el nivel de concordancia entre la sospecha clínica del médico que solicita el estudio de tomografía computada en el servicio de consulta externa del Hospital General San Juan de Dios durante el 2019 y el resultado de imágenes, los hallazgos permitieron determinar que un 24.8% de los estudios no fueron justificados y desde el punto de vista que no mejoró el diagnóstico. Ante este panorama se evidencia que a pesar de los esfuerzos de la comunidad científica, profesionales de la radiología y activistas de la comunidad (3), aún se presentan falencias para el control de los riesgos radiológicos en tomografía. Además, se incumple con lo expresado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) que la tomografía computada implica dosis altas y por consiguiente solo es justificada si mejora el diagnóstico (16).

Esta falta de concordancia en los estudios radiológicos no solo se presenta en Guatemala, países como Chile también han identificado problemas por la falta de justificación de los estudios de TC(6). Paradójicamente estos países fueron los pioneros en Latinoamérica en utilizar la radiación X(43), sin embargo, la falta de cumplimiento de los principios de radiología, en especial la justificación, demuestra que se deben reforzar los protocolos para lograr mejores resultados y contribuir a contrarrestar el incremento injustificado que se observa, desde la primera década del siglo XXI, en la cantidad de procedimientos que se llevan a cabo(2).

En consulta externa del HGSJDD las especialidades de ginecología y cirugía son los que presentan mayores porcentajes de TC que no mejoraron el diagnóstico con 71.4% y 40.4%, respectivamente.

El tipo de estudio tomográfico más solicitado en consulta externa del HGSJDD es el contrastado (45.8%) y el simple (42.6%). Sin embargo, la UroTac con 42.1% y la Angio Tac con 40.1% son los tipos de estudio que en mayor prevalencia no mejoraron el diagnóstico al no evidenciarse concordancia entre la sospecha clínica y el hallazgo. Y aunque en la presente investigación no se tuvo como variable la cantidad de TC que un paciente tenía en el periodo de un año, es esencial tener en cuenta que una investigación encontró que un 54,1% de los pacientes se realizaron más de una TC al año, por lo que advierte que los estudios diagnósticos son útiles siempre que el balance riesgos/beneficios se tenga en cuenta ya que dosis de radiación superiores a 100mSv ponen en riesgo al paciente a carcinogénesis inducida por radiación(44). Por lo que

futuras investigaciones sobre la justificación de TC en relación a la mejora del diagnóstico, deben tener presente este criterio.

La cabeza resultó ser la región irradiadas con mayor TC (43.3%) que no mejoraron el diagnóstico al no haber una concordancia entre la sospecha clínica y el hallazgo. El uso de la TC en cabeza demostró también no tener concordancia en un estudio de 668 pacientes en donde un 95% de los resultados no evidenciaron hallazgos correspondientes con la sospecha clínica (11). Aunque se debe tener presente que este estudio se llevó a cabo en una población de consulta externa pediátrica con un rango de edad de menor a 1 año a 18 años y el del HGSJDD en consulta externa con un rango de 1 a 97 años y una desviación estándar de 18.59.

Al respecto de estos resultados, se puede considerar de acuerdo a los hallazgos de un estudio en 51 pacientes, que el uso de la TC resulta ser efectivo cuando se necesita delimitar y caracterizar carcinoma de células renales, en cuyo caso permite una mayor precisión diagnóstica(19).

En relación a la región anatómica irradiada por el estudio de TC, la de mayor prevalencia fue el abdomen superior e inferior con un 32.6% y 20.0%, respectivamente. Este resultado apoya lo encontrado en la literatura, en donde en un estudio de 110 pacientes que se hicieron más de una tomografía y cuyo objetivo era analizar la dosis acumulada en TC evidenció que el abdomen y la pelvis con un 64% es la región más estudiada(44).

6.1 Conclusiones

6.1.1 La investigación permitió identificar que una cuarta parte de las TC que se tomaron en consulta externa del Hospital General San Juan de Dios no presentaron concordancia con el hallazgo reportado en la TC y por consiguiente no mejoraron el diagnóstico.

6.2 Recomendaciones

6.2.1 Es necesario reforzar en el personal de salud los protocolos de justificación en la exposición a pacientes sometidos a radiaciones ionizantes, en especial teniendo presente que la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) manifiesta que la tomografía computada implica dosis altas y por consiguiente solo es justificada si mejora el diagnóstico.

6.2.2 El hospital debe incluir una revisión de las solicitudes de TC y direccionar a técnicas alternativas disponibles sin radiación ionizante como mecanismo para disminuir los TC injustificados por no mejorar el diagnóstico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OIEA. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad. Viena; 2016.
2. Ramos O, Villarreal M. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. Revista Chilena de Radiología. 2013;19(1):5-11.
3. Montoya Mendoza N, Franco Cabrera MC. Objetivos para un programa de Protección Radiológica para el Paciente en servicios de tomografía computada en México. An Radiol México. 2015;14(1):99-107.
4. Arce J, García C, Moënné K, Bosch E. Uso innecesario de exámenes de imagen. Rev Chil Radiol. 2017;23(3):140-1.
5. ICRP. Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Madrid; 2007.
6. Soffia P, Ubeda C, Miranda P, Rodríguez JL. Radioprotección al día en radiología diagnóstica: Conclusiones de la Conferencia Iberoamericana de Protección Radiológica en Medicina (CIPRaM) 2016. Rev Chil Radiol. 2017;23(1):15-9.
7. MEN. Exposición de Motivos del Reglamento de Seguridad y Protección Radiológica. Guatemala; 2012.
8. Ávalos Á. Hospital San Juan de Dios hará 300 tomografías con horas extra y compra de servicios. La Nación. 2016;
9. SEPR. Nota técnica de la Sociedad Española de Protección Radiológica sobre los riesgos asociados a las bajas dosis de radiación (<100 mSv) en exploraciones médicas.
10. Sobreexposición a la radiación. Consumer Report. 2015.
11. Motta-Ramírez GA, Jiménez-Parra JL, Limas-Santos NI, Álvarez-Flores NH, Del Carmen Solís-Vargas M. Use and abuse of cranial CT in the pediatric outpatient neurological | El uso y abuso de la TC de craneo en la consulta externa pediátrica neurológica. Arch Neurociencias. 2011;16(2):358-64.
12. Reyes López KE del R. Caracterización epidemiológica y clínica de pacientes con diagnóstico de neurocisticercosis en el Hospital de Coban, Alta Verapaz. Universidad Rafael Landívar; 2015.
13. Gámez Urizar NE, Cano Hernández LP, Reyes Donis CAS, Tebelán Lec YE, Ruíz Marroquín JM, Roque Sosa PF. Caracterización epidemiológica del paciente con trauma craneoencefálico. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2013.

14. Garcia Escobar JR. Valor predictivo de la tomografía axial computarizada en pacientes con trauma cerrado de abdomen para la toma de decisión quirúrgica. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2017.
15. Franco Koehrlen CA, Iglesias Leboreiro J, Bernárdez Zapata I, Rendón Macías ME. Decisión clínica para la realización de tomografía axial computarizada de cráneo en niños con traumatismo craneoencefálico no severo. Bol Med Hosp Infant Mex. 2015;72(3):169-73.
16. Villanueva Valenzuela ED. Características del uso de la tomografía computarizada Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen 2015. Universidad de San Martín de Porres; 2015.
17. Prado Téllez KV. Hallazgos tomográficos y su asociación histopatológica en pacientes con diagnóstico de cáncer de recto. Hospital Escuela Roberto Calderón Gutiérrez, enero - noviembre 2015. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua; 2016.
18. Parra AJ, Dávila JE. Mediciones de dosis en piel utilizando detectores tipo MOSFET en estudios de tomografía computarizada de rayos X. Rev latinoam Fis méd. 2015;1(1):57-9.
19. Vásquez Giron M, Rodríguez Nava P, Dena Espinoza E, Morales Pérez F. Caracterización de tumores renales por tomografía computada multicorte y su concordancia anatomopatológica . Propuesta de reporte estructurado. Anales de Radiología México. abril de 2016;15(2):140-7.
20. Huete Jarquín AN. Hallazgos radiológicos de tomografía de cráneo en pacientes a quienes se les realizó por cefalea, en el Centro de Alta Tecnología del Hospital Escuela Antonio Lenín Fonseca, de enero a diciembre del 2016. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua; 2017.
21. Castillo Benavides GA. Uso indiscriminado de tomografía computarizada en pacientes con cefalea primaria atendidos en el Hospital Manuel Ygnacio Monteros de la ciudad de Loja , durante el periodo Marzo- Julio 2016. Universidad Nacional de Loja; 2016.
22. Bushong SC. Manual de Radiología para Técnicos. Física, biología y protección radiológica. Novena. Barcelona: El Servier; 2010. 701 p.
23. Lara Camilo A. Dosis en Tomografía Simple y Contrastada. Instituto Politécnico Nacional; 2014.
24. Ramírez Giraldo JC, Arboleda Clavijo C, McCollough C. Tomografía computarizada

- por rayos X: fundamentos y actualidad. *Rev Ing Biomédica*. 2008;2(4):13-31.
25. Caniz Milian ME. Hallazgos cerebrales por tomografía computarizada pacientes VIH/SIDA. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2015.
 26. Ortega M, Socolsky G. Godfrey Newbold Hounsfield: historia e impacto de la tomografía computada. *Rev Argentina Radiol*. 2012;76(4):331-41.
 27. Marín Lillo S. Técnicas de tomografía computarizada y ecografía. Madrid: Editorial Síntesis S.A.; 2016. 24 p.
 28. Puerta A, García V. Protocolos De Tomografía Computerizada Servicio De Radiología Del Hospital General Universitario Reina Sofía De Murcia. Área de Salud VII Murcia Este. 2015. 68 p.
 29. Méndez Arias A, Maldonado Gil JJ. Trastornos hematopoyéticos en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. *Med Seg Trab*. 2014;60(234):143-60.
 30. Guerrero Cancio MC. Aspectos generales de protección radiológica en medicina nuclear. *Alasbimn J*. 2012;1-8.
 31. Raya Hidalgo P. Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la Seguridad y Salud del Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes en la Universidad de Córdoba. Universidad de Córdoba; 2017.
 32. Cascón A. Exámenes periódicos para personal expuesto a radiaciones ionizantes en Argentina. Buenos Aires; 2015.
 33. Ubeda C, Nocetti D, Alarcón R, Inzulza A, Calcagno S, Castro M, et al. Magnitudes y unidades para dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico e intervencionismo. *Rev Chil Radiol*. 2015;21(3):94-9.
 34. Ordiales Solís JM. Optimización de la exposición médica y ocupacional en cardiología intervencionista mediante el uso de sensores de radiaciones ionizantes. Universidad de Extremadura; 2017.
 35. Obregón Á, Aroche R, Aldama L, Vila E, Hernández M. Protección Radiológica en cardiología intervencionista. *Rev Cuba Cardiol y Cirugía Cardiovasc*. 2015;21(1):58-62.
 36. Erazo Gómez DC. Protección Radiológica. Guatemala;
 37. Ortiz P, Homberg O, Johnston P. Visión Histórica Global sobre la protección radiológica en medicina. *Radioprotección*. 2017;14-8.
 38. Radiobiología. *Diarium*. 2013.
 39. Hidalgo A, Theodororakou C, Horner K. Protección radiológica en tomografía computarizada. Cone-Beam en odontología. *Anu Soc Radiol Oral Máxilo Facial de*

Chile. 2013;16(3):23-32.

40. Diario Oficial de la Unión Europea. DIRECTIVA 2013/59/EURATOM, Normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. D Of la Unión Eur. 2014;L13/1-73.
41. Braz Parente D. O risco da radiação no uso indiscriminado da tomografia computadorizada. Radiol Bras. 2013;46(2):V-VI.
42. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en tomografía computada. Revi Argen de Radiol. 2014;78(3):156-60.
43. Sosa A, Borjas L. Historia y evolución de la radiología en centroamérica. Rev Fac Cienc Méd. 2015;30-40.
44. Servente L, Martinucci F, Chozza N, Hartmann H, Irazoqui M, Maguna C, et al. Dosis acumulada en tomografía computada 2014-2017: análisis descriptivo de una población del Hospital de Clínicas. Rev Medica Del Uruguay. 2018;34(3):139-48.

VIII. ANEXOS

Anexo A. Boleta de recolección de información

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	No.	Nombre	Genero	Edad	No. IX	Departamento	Solicitante	Especialidad	Tipo de estudio	Región	Años de exper	Justificación
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

PERMISO DEL AUTOR PARA COPIAR EL TRABAJO

El autor concede permiso para reproducir total o parcialmente y por cualquier medio la tesis titulada "Nivel de concordancia entre la sospecha clínica del médico que solicita el estudio de tomografía computada en el servicio de consulta externa y el resultado de imágenes" para propósitos académicos. Sin embargo, quedan reservados los derechos de autor que confiere la ley, cuando sea cualquier otro motivo diferente al que se señala lo que conduzca a su reproducción o comercialización total o parcial.