

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE TECNOLOGÍAS EN SALUD

PROPUESTA DE GUÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN Y SEGURIDAD
RADIOLÓGICA EN RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX PARA EL ABORDAJE DE PERSONAS
USUARIAS ADULTAS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL
RAFAEL ÁNGEL CALDERÓN GUARDIA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2019.

Memoria de seminario sometida a la consideración de la Escuela de Tecnologías en
Salud para optar al grado de licenciatura de la carrera Imagenología Diagnóstica y
Terapéutica.

Proponente (s):

Katherine Aragón Garita B10410.

Alina Coto Sequeira B22114.

Joseline Leiva Arrieta B23642.

Comité Asesor:

Directora: Carolina Masís Calvo.

Lectora: Ana Carolina Jiménez Alpízar.

Lector: David Quesada Brenes.

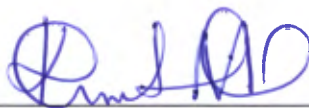
Hoja de aprobación

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por la Escuela de Tecnologías en Salud, de la Universidad de Costa Rica como requisito para optar por el grado de Licenciatura de la carrera Imagenología Diagnóstica y Terapéutica.



Dr. Horacio Chamizo García.

Director de la Escuela de Tecnologías en Salud.



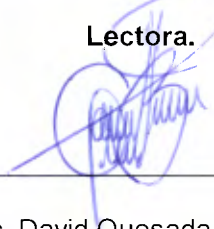
M.Sc. Carolina Masis Calvo.

Directora de Trabajo Final de Graduación.



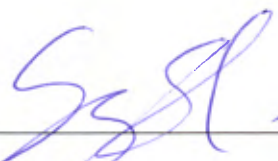
M.Sc. Ana Carolina Jiménez Alpízar.

Lectora.



Lic. David Quesada Brenes.

Lector.



M.Sc. Sergio Solís Barquero.

Profesor invitado.

Derechos de propiedad intelectual

Nosotras, Katherine Aragón Garita, Alina Coto Sequeira y Joseline Leiva Arrieta declaramos que todo lo consignado en este Seminario, correspondiente al Trabajo Final de Graduación, es de nuestra autoría. Los artículos, libros y material documental utilizados de otras fuentes, han sido citados de forma clara y al final del documento se encuentra la lista completa de la bibliografía citada.

Dedicatoria

A mis padres y hermanos por apoyarme en este proceso tan largo y tedioso que en su paciencia, amor y ayuda incondicional encontré la inspiración y fortaleza de continuar con esta investigación, por lo que es de ellos también. A mis compañeras de seminario, gran compañía en esta lucha, llena de esfuerzo y sacrificios para todas, además del mejor equipo de trabajo, mis amigas, gracias por todo. Ana y Wal.

- Katherine Aragón

A mi familia que, con su amor y esfuerzo, me han permitido cumplir un sueño más, y quienes han inculcado en mí el ejemplo de valentía ante las adversidades. Ka y Jos, por todo el sacrificio y apoyo en cada una de las etapas de este proyecto.

- Alina Coto

A mis papás, este logro es suyo porque sin su apoyo y paciencia incondicional no hubiera terminado este proceso. A mis hermanas que, aunque no entendían de lo que hablaba me escucharon y me ayudaron en lo que pudieron. Y, finalmente, a mis compañeras de investigación por adoptarme cuando no tenía rumbo y por su motivación constante a lograr esta meta.

- Joseline Leiva

Agradecimiento

A los profesores que nos acompañaron en este proceso de formación profesional, especialmente a nuestros lectores: M.Sc Ana Carolina Jiménez y Lic. David Quesada, y directora de Trabajo Final de Graduación M.Sc Carolina Masís por su constante guía y apoyo, nos enseñaron lecciones que serán útiles toda la vida. Al personal del servicio de rayos X del Hospital Rafael Calderón Guardia por su cordialidad en el trabajo de campo y, al servicio de la Unidad de Cuidado Intensivos por el espacio para la realización de la investigación. Y a todas las personas que nos ayudaron de una u otra forma a concluir este estudio.

Índice General	
Introducción	1
Capítulo I	3
1.1 Planteamiento del objeto de estudio	3
1.2 Objetivos	8
1.3 Justificación	9
Capítulo II	12
Marco referencial	12
2.1. Antecedentes de los RX	12
2.2. Efectos de los RX en el ser humano	13
2.3. Unidad de Cuidados Intensivos	14
2.4. Equipos de imagen en la UCI	15
2.5. Radiografía de tórax portátil	16
2.6. Otras técnicas de imagen	18
2.7. Condiciones clínicas frecuentes en la UCI	19
2.8. Control de calidad del equipo portátil de RX	22
2.9. Protección radiológica	23
Capítulo III	29
3.1 Metodología	29
3.1.1 Descripción general de la estrategia	29
3.2. Descripción de la metódica investigativa	30
3.2.1. Unidades de análisis	30
3.2.2. Objeto de estudio	31
3.2.3. Criterios de confiabilidad, validez y transferencia	31
3.2.4. Procedimiento de recolección de la información	33
3.2.5. Procedimientos y técnicas de análisis	34
3.2.6. Consideraciones Éticas	36
3.2.7. Consentimiento Informado	36
3.2.8. Cronograma	38
Capítulo IV	41
Análisis de resultados	41

4.1. Conducción del proceso	41
4.2. Resultados	43
4.3. Discusión de resultados	55
4.4. Propuesta de guía para la optimización de la protección y seguridad radiológica durante la toma de radiografías de tórax para el abordaje de personas usuarias adultas en la Unidad de Cuidados Intensivos.	58
4.5. Limitaciones	59
Capítulo V	61
5.1. Conclusiones	61
5.2. Recomendaciones	63
8. Referencias bibliográficas	65
Anexo I	76
Anexo II	77
Anexo III	78
Anexo IV	79
Anexo V	82

Índice de figuras

Figura 1	Primera radiografía postoperación despues de un remplazo de válvula mitral	18
Figura 2	Equipo de RX portátil	22

Índice de cuadros

Cuadro 1	Unidades de análisis	30
Cuadro 2	Cronograma	38
Cuadro 3	Condiciones médicas que requieren de radiografías de tórax portátil	43
Cuadro 4	Total y porcentaje de personas usuarias según sexo	44
Cuadro 5	Factores de conversión en mSv/(Gyxcm ²) para una proyección tórax	51
Cuadro 6	Distribución de DAP por género	54

Índice de gráficos

Gráfico 1	Total y porcentaje de personas usuarias según grupo etario	44
Gráfico 2	Total de personas enfermas por solicitud médica	46
Gráfico 3	Medidas de radioprotección más utilizadas por la persona Imagenóloga	48
Gráfico 4	Total de medidas de radioprotección utilizadas por cada persona usuaria	49
Gráfico 5	Distribución normal de los DAP recibidos por cada persona usuaria	50
Gráfico 6	Distribución de dosis efectiva en mSv a partir de los kV aplicados	52

Índice de abreviaturas

- CAE: Control Automático De Exposición.
- CEC: Comité Ético Científico.
- DAP: Dosis Área Superficie.
- DLP: Producto de la dosis por la longitud.
- HCG: Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.
- ICRP: Comisión Internacional de Energía Atómica.
- OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- PA: Posteroanterior.
- POE: Personal Ocupacionalmente Expuesto.
- RX: Rayos X.
- TLD: Dosimetría por termoluminiscencia.
- UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.

Resumen

Propuesta de guía para la optimización de la protección y seguridad radiológica en radiografías de tórax para el abordaje de personas usuarias adultas en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia durante el primer semestre del 2019.

Autoras: Katherine Aragón Garita, Alina Coto Sequeira y Joseline Leiva Arrieta.

Las personas usuarias que se encuentran internadas en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) son expuestas múltiples veces a imágenes radiológicas de tórax, a las que no pueden consentir muchas veces por su estado o la gravedad de su condición, estos al ser prescritos y realizados una o varias veces, pueden brindar una dosis de radiación que no solo genere un beneficio a la población que se encuentra en la UCI al momento de la realización del estudio, sino también un perjuicio por lo que es ideal que estén justificadas estas exposiciones a radiaciones ionizantes y se realicen de la manera más óptima. El presente estudio a través de la recolección de solicitudes médicas, observación de la realización del procedimiento y las normas de protección y, la recolección de la dosis recibida por la persona usuaria mediante el DAP generó una guía que al aplicarse puede contribuir a la mejora de este método diagnóstico que permite el seguimiento de la condición de la persona usuaria y protege a la persona profesional en imagenología. Esta guía puede implementarse en el servicio de rayos X y de la UCI del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia, así como a otros centros hospitalarios en el territorio nacional.

Palabras clave: Radiografía de tórax, portátil, unidad de cuidados intensivos, radioprotección, DAP, imagenología.

Introducción

El descubrimiento de los rayos X (RX) por Wilhelm Conrad Roentgen (Roentgen, 1895), permitió a las personas profesionales en medicina obtener imágenes del interior del cuerpo humano, lo que llevó a diagnósticos más certeros, beneficiando a la persona usuaria. Históricamente y con el avance tecnológico, el diagnóstico a través de las imágenes se volvió indispensable para el desarrollo de la medicina general y sus especialidades, las imágenes en este campo se realizan mediante la utilización de radiaciones ionizantes, ondas ultrasónicas y ondas electromecánicas. La energía ionizante para la producción de imágenes tiene muchísimas características, que entre otras permiten dar un mejor seguimiento y diagnóstico a través de las radiografías, pero también ponen en riesgo latente la salud de la persona usuaria debido a su capacidad de producir cambios a nivel celular de forma aleatoria.

En los centros hospitalarios gran cantidad de personas usuarias requieren una imagen radiográfica, lo cual no es una excepción en el caso de aquellos que padecen lesiones y patologías graves y que se encuentran en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). En la UCI, las personas enfermas deben ser monitoreados constantemente debido a su condición crítica, para determinar el estado y evolución de la persona enferma, ya sea la mejora o recuperación de este. Los efectos asociados a la realización de radiografías de tórax en estas personas enfermas son posibles de prevenir si cuando se realizan los estudios, los procedimientos se ejecutan de la manera óptima posible.

Efectos como, la modificación de la cadena de ADN (Cascón, 2009), se pueden presentar en la persona expuesta o en su descendencia, por lo que debemos tomar en cuenta que, en muchas ocasiones, no se está consciente de las consecuencias que podría generar la sobreexposición a la radiación de las personas internadas y de las personas que trabajan en esa área. Esto incluso abarca a las personas profesionales en imagenología que efectúan el procedimiento, ya que, al no percibir la radiación, pueden bajar la guardia y sufrir o generar consecuencias como las mencionadas anteriormente. Sin embargo, estos riesgos

son opacados en múltiples ocasiones por los beneficios que recibe la persona usuaria de una imagen médica, tales como: hallazgos insospechados, cambios en la terapia y tratamientos adecuados a su condición actual (Riofrio y Hoz, 2015).

A pesar del beneficio y lo sobredicho, en ocasiones, a estas personas enfermas internadas en las UCI de muchos hospitales, se les solicita una radiografía de tórax rutinaria que en algunos casos no aporta información trascendental al abordaje clínico de la persona enferma y no se toman en consideración los efectos que podría tener la dosis de radiación que se le entrega a la persona usuaria y personas involucradas en este proceso, así como, los recursos que se necesitan para la realización del mismo.

Para prevenir estos riesgos o tratar de reducirlos al máximo y poner en práctica procedimientos mejorados, la presente investigación pretende estudiar la justificación de las radiografías de tórax realizadas en las personas usuarias de las UCI y proporcionar una guía con las indicaciones para optimizar el procedimiento mediante el cual se realiza esta radiografía, para así brindar la mejor atención a la persona usuaria y utilizar mejor los recursos que, generalmente son limitados y mal aprovechados.

La investigación en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia (HCG) se centrará en la búsqueda de los requisitos de radioprotección y seguridad radiológica necesarios, más utilizados y recomendados por las entidades internacionales con criterios sólidos para la mejora en la realización de placas radiográficas, así como, todo el proceso y personal que esto involucra en la UCI.

Capítulo I

1.1 Planteamiento del objeto de estudio.

La persona usuaria admitida e ingresada en la UCI, tiene un riesgo vital inminente, por lo que requiere un tratamiento preciso. El monitoreo constante de estas personas enfermas se debe a las graves condiciones fisiopatológicas que amenazan su vida (Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud, s.f.), siendo los estudios imagenológicos fundamentales en el área de la salud, ya que permiten a través de las interpretaciones de las imágenes conocer el estado de salud de la persona enferma.

En la actualidad existen muchos estudios por imágenes, en el caso específico de las personas enfermas que se encuentran en la UCI, se requieren estudios que permitan tomar decisiones en el instante, por lo que se ha optado por utilizar radiografías de tórax y, en ocasiones, ultrasonido. La radiografía de tórax es un estudio imagenológico fundamental en el seguimiento de personas usuarias en condiciones críticas, que requiere una técnica rápida y no necesita preparación previa, la cual provee gran cantidad de información que, junto con el examen físico y la historia clínica de la persona enferma, permiten un mejor abordaje de esta (Masclans, Olalla y Canadell, 2013).

Diariamente se solicitan cientos de radiografías de tórax para personas enfermas hospitalizadas en la UCI, las cuales se realizan por protocolo de rutina o por alguna razón clínica válida. De acuerdo con Krivopal, Shlobin y Schwartzstein (2003) existe una controversia entre los protocolos para solicitar una radiografía de tórax en la UCI. Estos autores señalan que los defensores del protocolo en el que se envían radiografías de tórax rutinarias basan su defensa en la alta prevalencia de hallazgos insospechados, mientras quienes defienden el protocolo de enviar radiografías de tórax sólo cuando exista una razón clínica válida basan sus argumentos en el costo-efectividad de las mismas.

Por otro lado, el Colegio Americano de Radiología (ACR, por sus siglas en inglés) (2012) considera que el protocolo de radiografías de tórax rutinarias está indicado para personas enfermas con problemas cardiopulmonares agudos y en aquellos con respiración mecánica. Sin embargo, en la práctica las radiografías se realizan en la mayoría de las personas usuarias hospitalizadas en la UCI (Graat et al., 2005).

En 1985 Bekemeyer, Crapo, Calhoun, Cannon, y Clayton, realizaron un estudio prospectivo sobre la eficacia de las radiografías de tórax de rutina en la Unidad de Cuidado Intensivo Respiratorio del Hospital La iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días, en Utah. Los investigadores encontraron que la incidencia de nuevas o mayores anormalidades fue mayor en las radiografías de tórax tomadas para evaluar cambios en el estado clínico de la persona enferma, que en las radiografías de tórax tomadas por rutina. Además, sus resultados reflejaron que solo en un 38.7% de las personas enfermas se realizaba un cambio en la terapia después de examinar la radiografía de tórax de rutina, por debajo del 49.7% de las personas enfermas que recibieron un cambio en su terapia después de examinar la radiografía de tórax con una indicación clínica válida. Es decir, que las anormalidades encontradas en radiografías de tórax de rutina son relativamente menores y no contribuyen a cambios en la terapia de la mayoría de las personas enfermas hospitalizados en la UCI. Aunque el estudio fue realizado en los años 80's, aún se utiliza como referencia en las investigaciones actuales, ya que sus resultados se mantienen vigentes y justifican la disminución de la realización de radiografías de tórax rutinarias en las UCI de muchos hospitales.

Si bien las radiografías de tórax rutinarias no parecieran traer ningún beneficio tangible a la persona enferma, tampoco se ha podido documentar su poca utilidad. En el 2010 Oba y Zaza, realizaron un meta-análisis cuyo propósito era analizar si la suspensión de radiografías de tórax rutinarias tendría efectos adversos tales como: la mortalidad o larga estadía en la UCI, y a su vez identificar un subgrupo de personas usuarias para quienes la radiografía resultara beneficiosa. El análisis de las investigadoras demostró que la eliminación de radiografías de tórax rutinarias no tenía efectos negativos en la mortalidad en la UCI o en largas estadías, tampoco en más días de ventilación asistida en aquellas

personas enfermas que la requieran. Tampoco fue posible encontrar un subgrupo de personas usuarias que podrían verse beneficiadas al tomarles una radiografía de tórax rutinaria. Dado sus resultados y que las autoras se basaron en gran cantidad de estudios anteriores, se evidencia en dicho estudio que las radiografías de tórax rutinarias pueden ser eliminadas con seguridad en la mayoría de las personas enfermas de la UCI disminuyendo la exposición a la radiación de las personas usuarias.

La demanda de radiografías de tórax como herramienta en el tratamiento y diagnóstico de las personas usuarias, ha incrementado exponencialmente. Según Bellés Flo (2002), para este tipo de exploraciones, la persona profesional en medicina prescriptora y, los y las especialistas asociados, deben tener un alto nivel de conocimiento del uso apropiado de las radiaciones ionizantes, así como del estado de la persona enferma, con el fin de lograr la justificación de la práctica en beneficio de la persona enferma. Esto debido a que, en España, el uso de estas imágenes radiográficas se ha convertido en estudios complementarios, que en la actualidad son habituales pero que, se amparan en el Decreto Real 168, dictado por el Ministerio de Sanidad y Consumo, sobre justificación del uso de radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

Sin embargo, a pesar de los beneficios para la persona enferma en contraste a los riesgos de exposición, el uso de pequeñas dosis también presenta riesgos. Bellés Fló, (2002) asegura que “las exposiciones por radiodiagnóstico son la causa principal de exposición a la radiación artificial y constituyen aproximadamente un sexto de la dosis que las personas reciben por radiación de fondo” (p. 147). Estos riesgos no solamente se asocian a la persona usuaria, sino al personal y a las otras personas usuarias dentro del área, que no requieren un estudio imagenológico pero que se exponen a radiación. Un estudio realizado por Dianati, Zaheri, Talari, Deris, y Rezaei (2014), acerca del conocimiento de las personas profesionales en imagenología sobre radioprotección en una UCI de Irán, demostró que la dosis de radiación recibida por este grupo de profesionales se encuentra por debajo del límite establecido, pero su conocimiento acerca de la radioprotección es limitado.

Debido a las características fisiopatológicas de las personas usuarias de la UCI, la radiografía de tórax está justificada en la mayoría de las ocasiones (Masclans y Yela, 2013). Sin embargo, es pertinente que los profesionales a cargo de la prescripción y obtención de las imágenes sigan un proceso con el fin de exponer solamente a las personas usuarias que lo requieren y así evitar la sobrexposición a radiaciones ionizantes que representa graves consecuencias. Se debe tener en cuenta que las indicaciones por las que está justificada una radiografía de tórax son principalmente las descritas por Eisenhuber, Schaefer-Prokop y Prosch (2012), posicionamiento de dispositivos como tubos nasogástricos, anomalías pleurales como el neumotórax o bien anomalías del parénquima pulmonar como atelectasia o neumonía. Los autores Aquerreta, Puyol, Ostiz, Urdiain y Pérez (2001) mencionan que la necesidad de realizar radiografías debe ser justificada, no solo por la posible exposición innecesaria sino también, por las variaciones que se deban adoptar para la correcta realización de estas en cuanto a la movilidad de la persona enferma y su condición.

Es responsabilidad de todo el personal sanitario tomar las medidas necesarias para reducir al mínimo la radiación intrahospitalaria de las personas usuarias, informándoles y velando porque las pruebas radiológicas que se les apliquen estén justificadas, y tengan la mejor calidad para garantizar un buen diagnóstico (Ríos, 2014). Así como, asegurándose de que los equipos utilizados en la toma de las imágenes se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento, evitando entregar más dosis de la necesaria y, por lo tanto, brindando estudios de calidad.

La justificación adecuada de las radiografías de tórax en la UCI tendrá un impacto tanto en la dosis de radiación que reciben las personas usuarias como en aspectos económicos y otros beneficios potenciales, esto según las conclusiones del estudio realizado por Sy et al. (2016). Los investigadores implementaron una iniciativa para reducir el número de radiografías de tórax en la UCI de un hospital escuela en Canadá, una de ellas fue la educación del personal de la Unidad, incluyendo a las personas estudiantes y residentes al inicio de cada mes, y una mejora en el sistema de ingreso de las solicitudes donde solo se permitiera ingresar aquellas con indicaciones aceptadas, las cuales fueron previamente

seleccionadas con ayuda de personas profesionales en medicina, radiología, enfermería y terapia respiratoria. Los investigadores recolectaron datos antes y después de la implementación de las medidas encontrando una reducción del 26% de las radiografías realizadas diariamente. Sin embargo, no observaron reducciones en los días de ventilación mecánica ni en los días de estadía en la UCI de las personas enfermas o de la mortalidad en la Unidad.

Tal y como se describió anteriormente, en el mundo se ha investigado acerca de las implicaciones de la sobreexposición a radiaciones ionizantes de las personas usuarias de la UCI con respecto al uso de radiografías en especial la incidencia de tórax, así como del costo-beneficio de las mismas, sin embargo, en Costa Rica no existen antecedentes. Además, la prescripción de este estudio radiológico ha incrementado debido a la necesidad clínica de la persona enferma el avance tecnológico y la formación de profesionales capacitados (Masclans y Yela, 2013). Por lo que en la presente investigación se pretendió responder a este vacío desde la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los requisitos necesarios para optimizar la protección y seguridad radiológica al realizar los estudios imagenológicos en la UCI?

1.2 Objetivos

Objetivo general.

Determinar los requisitos necesarios para la optimización de la protección y seguridad radiológica en la adquisición de las radiografías de tórax realizadas en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia durante el primer semestre del 2019.

Objetivos específicos:

Identificar los criterios de solicitud médica para la realización de una radiografía de tórax a las personas usuarias de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

Evaluar el cumplimiento de las normas de protección y del uso de los equipos de seguridad radiológica al realizar los estudios imagenológicos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

Determinar los valores de dosis de entrada en superficie (Dosis Área Superficie (DAP)) recibidas por las personas enferma internadas en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

Elaborar una propuesta de guía que incluya las condiciones óptimas para la realización de radiografías de tórax en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

1.3 Justificación

En la actualidad, muchas enfermedades requieren de cuidados especiales, al igual aquellas personas que sufren graves accidentes de tránsito. Estas patologías, así como otras en donde los signos y síntomas son graves, deben ser tratadas de manera que la persona usuaria tenga una mejoría progresiva y un estado de salud estable, este es el objetivo de la UCI.

En las UCI se realizan radiografías de tórax rutinarias “como complemento al examen físico del enfermo crítico” (García et al., 2008, p. 2). La UCI es una de las áreas en donde el uso de esta técnica de diagnóstico con equipos de RX es frecuente, ya que “genera imágenes del corazón, pulmones, vías respiratorias, huesos de la columna, tráquea y tórax óseo, lo que permite su evaluación” (Guerra et al., 2009, p. 2) y el “diagnóstico clínico con el objetivo de verificar la correcta colocación de diversos dispositivos en la persona enferma” (Masclans y Yela, 2013, p. 1): colocación o extracción de tubos endotraqueales y catéteres, entre otros.

A pesar de los beneficios que se pueden obtener de la realización de estas radiografías no en todos los casos se encuentra justificada la toma de las mismas, lo que degeneraría en un perjuicio para las personas usuarias, e incluso el personal. Este, está determinado por la cantidad de dosis de radiación utilizada al tomar la radiografía, la duración de esta y la radiosensibilidad de la persona usuaria, entre otros factores (Guerra et al., 2009). Para poder analizar la justificación del estudio, concretamente las patologías, se podrían recolectar las solicitudes médicas de las personas enfermas críticas de la UCI.

Al ser uno de los departamentos que más solicita radiografías de tórax portátiles con el fin de evaluar problemas respiratorios, verificar la posición de tubos endotraqueales, entre otros, fue de importancia revisar y mejorar las condiciones para la correcta prescripción del estudio, así como de las posibles medidas que la persona profesional en imagenología debe tomar para reducir los riesgos a la persona usuaria y al personal que labora en el área, ya

que por lo general estas unidades albergan gran cantidad de personas usuarias y personal de todas las áreas.

La radioprotección en el área de la imagenología es un conocimiento fundamental para la práctica profesional, debido a que las radiaciones ionizantes que se utilizan en la adquisición de imágenes pueden tener efectos perjudiciales para la persona usuaria y para la persona profesional, es por lo que las bases de los conocimientos de la radioprotección se inician desde los primeros años de formación.

Según Engel-Hills (2006) la radioprotección es responsabilidad de la persona profesional en imagenología y de la persona profesional en medicina quien prescribe, son los que deben velar por la protección de la persona usuaria y el correcto uso de la radiación ionizante, así como de los elementos utilizados para este propósito. Además, la persona profesional tiene el compromiso de verificar la justificación de los estudios y sobre todo, de los equipos con los que se hagan estos los cuales, deben estar bajo un programa de mantenimiento preventivo y de calidad.

Propiciar una adecuada práctica y justificación de las radiografías de tórax sería posible mediante una guía, la cual facilite la prescripción de los estudios y los pasos a seguir durante el procedimiento. La utilización de este tipo de guías beneficia a la persona usuaria, optimizando la protección radiológica, y al personal ocupacionalmente expuesto (POE), ya que los riesgos sólo serán los inherentes a la práctica, minimizando posibles exposiciones innecesarias, accidentales y por encima del límite de dosis.

Las exposiciones médicas son “la fuente antropogénica más importante de radiación ionizante ya que es la que contribuye en mayor medida a la exposición de la población” (Guerra et al., 2009, p. 2). Por lo que su uso indebido e innecesario solo contribuye al aumento de dosis de radiación en personas usuarias y POE.

Tal como menciona Arias (2006) no se pueden establecer límites de dosis para las personas usuarias, debido a que la relación dosis-beneficio es diferente en cada caso, de ahí la

importancia de los conceptos de justificación y optimización: la persona profesional en medicina debe analizar la justificación de cada procedimiento que prescribe y el equipo médico especializado que lo realiza debe estar optimizado, esto está estrechamente relacionado con la calidad de los procedimientos. Si se logra mejorar la calidad de los procedimientos radiológicos se podría reducir la correspondiente dosis colectiva mundial al menos a la mitad sin menoscabar los beneficios del radiodiagnóstico.

Esta investigación permitió formular una guía de fundamentos técnicos y de protección radiológica que permitan al operador garantizar a la persona usuaria y a las personas profesionales adjuntos la obtención de un estudio de calidad óptima, que cuente con todas las barreras de seguridad para evitar una exposición injustificada tanto para la persona usuaria como para el personal y las personas del público.

El estudio de campo no requiere de recursos tecnológicos por parte de las unidades mencionadas anteriormente, por lo que no necesitó de financiamiento. La investigación precisó de la participación de las investigadoras en la recolección de los datos para llegar a las conclusiones deseadas. Con la finalización este estudio se buscó realizar un aporte que beneficie a las personas usuarias, al centro hospitalario como entidad social, así como a los funcionarios de este.

Capítulo II

Marco referencial

Es de gran importancia conocer los aspectos teóricos en el campo de la protección radiológica en la imagenología, por lo que antes de iniciar una investigación, en este documento se detalla: desde los inicios del descubrimiento de los Rayos X (RX), la importancia en la actualidad de sus diferentes aplicaciones y forma de uso, en especial las que son obtenidas con un equipo móvil o portátil, así como sus efectos en el ser humano y las medidas que pueden tomarse para reducir los mismos. También se abarcan aspectos generales de las UCI y aspectos técnicos del procedimiento en estudio y del equipo utilizado que permitirán recrear el contexto en el que se trabajará.

2.1. Antecedentes de los RX

En 1895 Wilhelm Conrad Roentgen descubrió los RX (Roentgen, 1895). La primera radiografía se la realizó a su esposa Bertha Ludwig y por este descubrimiento recibió el premio Nobel de Física en 1901 (Allende, 2007). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2016) los RX son un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas. Cuando los RX son capaces de proporcionarle energía suficiente a un electrón para que este salga del átomo, ocurre el fenómeno conocido como ionización.

La exposición a la radiación ionizante de los RX en un entorno médico se considera una exposición externa, sus propiedades físicas son las que nos admiten utilizarlos en diversas tareas. Su alto poder de penetración permite atravesar los tejidos y órganos por tener una longitud de onda menor a la distancia medida entre dos átomos (Madrigal, 2009) lo cual ha permitido obtener imágenes del interior del cuerpo humano.

La capacidad de producir fluorescencia en ciertos materiales distingue a los RX de otras energías ionizantes y permiten el uso de pantallas fluorescentes que imprimen con calidad la película radiográfica a bajas dosis, esto también por la reducción de sales de plata que

hacen posible obtener una imagen en una película revestida por sales de plata, al tornarse negras las áreas en contacto con los RX. Además de estos beneficios, causan efectos biológicos entre los que podemos mencionar: inactivación de enzimas, alteración del ADN, afección de células en mitosis, causa del envejecimiento celular y provocan efectos morfológicos en diferentes tejidos (Ugarte, 2004).

Los RX al ser una energía deben ser medidos. Las unidades utilizadas: son el rad (Gy) que es la unidad de dosis absorbida y es la más utilizada cuando se describe la cantidad de radiación recibida por una persona. También se encuentran el Sievert (Sv) que es la unidad de la exposición a la radiación para profesionales en dosis efectiva, expresa la cantidad de radiación recibida por trabajadores expuestos a la radiación y por la población en general (Alba et al., 2014).

2.2. Efectos de los RX en el ser humano

Los efectos que provoca la radiación en la célula son divididos en dos grandes grupos según el tiempo de aparición: los efectos estocásticos y los efectos determinísticos (Cascón, 2009). Los efectos estocásticos son aquellos en los que, la probabilidad de que ocurran está en función de la dosis que se absorbe, sin requerir de un umbral para ello independientemente de la dosis. De esta forma, la dosis recibida por los tejidos puede producir un daño al ADN y derivar en la producción de cáncer o teratogénesis. Por otro lado, en los efectos determinísticos la severidad varía con la dosis de exposición, por lo que generalmente poseen un umbral por debajo del cual no se presentan efectos (Cascón, 2009). Tal y como se anotó con anterioridad, la diferencia fundamental entre los dos grupos es la existencia o no de un umbral de dosis, pues en el caso de los efectos estocásticos y de la carcinogénesis el umbral no existe, por lo tanto cualquier dosis de exposición, genera la probabilidad de que se presente un efecto, lo que no ocurre con los determinísticos en los que no se manifiesta ningún efecto por debajo de las dosis umbral (IAEA, 2013).

Estos efectos afectan a la población en general, pero la susceptibilidad aumenta en poblaciones más radiosensibles como: niños y niñas, ancianos y ancianas y mujeres

embarazadas, además son más significativos durante la organogénesis y el desarrollo fetal temprano, menores en el segundo trimestre, y aún menores en el tercer trimestre, por esta razón se debe evitar al máximo la irradiación de esta colectividad, a menos de que sea estrictamente necesario o en caso de urgencia, como podría suceder en personas usuarias que estén en estado crítico donde sea indispensable el uso de este tipo de imágenes de calidad diagnóstica, tal es el caso de las personas ingresadas en las UCI.

2.3. Unidad de Cuidados Intensivos

De acuerdo con Baena y León (2009), la UCI “es un servicio de alta complejidad cuyo objetivo es brindar un cuidado integral a aquellas personas en condiciones críticas de salud” (p. 1). Es un servicio exclusivo para aquellas personas usuarias que presenten un deterioro y aumento de complejidad en el manejo clínico. El tipo de personas usuarias aceptadas en esta unidad son personas usuarias que requieren mayor monitoreo y mayores intervenciones, lo cual puede incluir soporte a un sistema, por ejemplo, soporte respiratorio avanzado o básico y soporte por fallo multiorgánico (Social, 2010).

Dado el cuidado que requieren estas personas enfermas, la UCI está conformada por equipos multidisciplinarios, en estos se incluyen: personas profesionales residentes, personas profesionales en medicina intensivista, enfermería, fisioterapia, imagenología, microbiología, farmacia y nutrición. La conformación de estos equipos puede variar entre centros médicos y la cantidad de miembros dependerá del tamaño de la unidad (Nimmo y Singer, 2011).

Además deben contar con el equipamiento que permita dar el soporte vital y el monitoreo que necesitan las personas enfermas, por lo tanto, toda UCI requiere los siguientes equipos: monitores centrales, de cabecera y portables, ventiladores, humidificadores, máscaras de oxígeno, bolsas para respiración manual, anestesia, desfibriladores, balones intraaórticos, marcapasos, bombas de infusión y bombas de jeringa, un equipo de RX portátil, un fluoroscopio y un ultrasonido portátil, equipos para realizar análisis sanguíneos, monitores de función pulmonar, electrocardiógrafos, equipos de hemodiálisis, camas y colchones con

alivio de presión, mantas para calefacción o refrigeración y soportes de goteo, entre otros. La cantidad y el nivel de sofisticación de los equipos va a estar determinada por tamaño y el rol de la UCI (Hinds y Watson, 2008).

Para asegurar que, continuamente se entrega un cuidado de alta calidad a las personas usuarias de la UCI, es necesario que estas unidades cuenten con políticas y guías clínicas escritas que velen por: la disponibilidad, el correcto funcionamiento y la calibración de los equipos con anticipación, las personas profesionales con experiencia o supervisados, la asistencia competente y que los beneficios esperados sean mayores que los riesgos. El uso de estas políticas y guías en estas unidades son de vital importancia dada la gravedad que presentan sus personas usuarias, quienes requieren de la mejor calidad de atención que sea posible brindarles.

2.4. Equipos de imagen en la UCI

Las imágenes médicas son primordiales en la medicina actual, ya que permiten realizar diagnósticos certeros y descartar o confirmar lesiones patológicas o variantes en la morfología anatómica. Gracias al avance tecnológico se han ideado innumerables técnicas de imagen que incluyen radiación ionizante y otras como la resonancia magnética y el ultrasonido que no emplean este tipo de radiación. La UCI, es un espacio en donde se requiere de la agilidad y rapidez en la toma de decisiones con el propósito de salvar a la persona enferma, por estas razones es que los estudios imagenológicos utilizados en esta área son estudios rápidos y confiables como el ultrasonido y la radiografía de tórax en primera instancia.

Generalmente, a la mayoría de las personas enfermas internados en la UCI se les realiza una radiografía de tórax con equipo de RX portátil diariamente y en muchas ocasiones, por la condición de la persona enferma, el posicionamiento para la toma de la radiografía se vuelve complicado. Es preciso tener en cuenta las variaciones de posicionamiento de la radiografía de tórax en personas enfermas encamadas para obtener una imagen óptima

para el diagnóstico y así evitar la repetición innecesaria de la misma, lo que implicaría una sobreexposición de la persona usuaria y la persona profesional (Aquerreta et al., 2001).

2.5. Radiografía de tórax portátil

La radiografía de tórax portátil, por tanto, se efectúa en la sala donde la persona usuaria se encuentra hospitalizada debido a que este no puede ser trasladado al servicio de RX. El equipo de RX portátil cuenta con un tubo de rayos de fácil movilidad, para poder adecuarlo a la posición de la persona usuaria, la luz de centraje y un disparador con cable largo para que la persona profesional en imagenología pueda alejarse y evitar la exposición a la radiación dispersa (Aquerreta et al., 2001).

Al momento de realizar la radiografía se debe comprobar la condición de la persona enferma, si esta se encuentra consciente se puede solicitar su colaboración, explicándole el estudio y dándole las indicaciones claras para que contenga la respiración al momento del disparo en inspiración. Además, si su condición lo permite, se puede realizar la radiografía con la persona sentada, lo que permitirá una mejor visualización del tórax. Por el contrario, si la persona se encuentra inconsciente y con respiración asistida se debe alargar el tiempo de inspiración en el respirador (Galimany, Berlanga y Pernas, 2013). Si la persona enferma no colabora o no puede sentarse, la radiografía se realiza en decúbito supino. Posteriormente, se retirarán, en la medida de lo posible, aquellos objetos que puedan atenuar el haz de radiación y, por lo tanto, ser visibles en la radiografía interfiriendo con la interpretación del médico.

Una vez posicionada la persona, se levanta ligeramente y se desliza el receptor de imagen, debidamente identificado con los datos de esta, poniéndolo en contacto directo con la espalda la persona enferma. Si esta está consciente notará un elemento duro e incómodo. En personas enfermas con aislamiento cutáneo, se debe proteger el receptor de imagen para evitar el contacto directo (Masclans, Olalla y Canadell, 2013). Se debe verificar que el receptor de imagen se encuentra correctamente colocado, para evitar cortar la imagen del tórax de la persona enferma o que esta se vea rotada (Aquerreta et al., 2001).

El tubo de RX debe colocarse de forma que el haz de radiación incida perpendicularmente al tórax de la persona enferma, de lo contrario, la imagen se observará distorsionada producto de la angulación, y la distancia entre el tubo y la persona enferma la cual se estima debe ser de 120 cm. Se debe verificar que el campo de luz abarque todo el tórax de la persona enferma. Si este no es el caso, la radiografía podría verse cortada por colimación. El campo de luz debe coincidir con los bordes del receptor de imagen (Aquerreta et al., 2001). Seguidamente, se seleccionará la técnica de kilovoltaje (kV) y miliamperaje (mA) adecuada para la persona enferma, de acuerdo con la contextura de la misma. Una vez realizado el disparo, se procede a retirar el receptor de imagen y obtener la misma para finalmente realizar el diagnóstico o control del tratamiento de la persona enferma.

La radiografía de tórax en decúbito supino (Figura 1) realizada en la UCI, presenta diferencias en comparación con la radiografía de tórax en bipedestación. Las clavículas se observan más horizontales y rectilíneas, por la posición de la persona enferma no es posible desplazar las escápulas por lo que estas se observan en los campos pulmonares superiores y los arcos costales se muestran más alargados y aplanados. Todas las estructuras deben verse lo más simétricamente posibles y debe poder diferenciarse las estructuras que forman el mediastino, la silueta cardíaca y los grandes vasos. Además, la silueta cardíaca se observa de mayor tamaño por efecto de la magnificación (Galimany, Berlanga y Pernas, 2013).



Figura 1. Primera radiografía postoperación después de un reemplazo de válvula mitral, se pueden observar dispositivos de soporte. Se denota la simetría de las estructuras, la silueta cardíaca aumentada y las escápulas sobre los campos pulmonares superiores.

Fuente: Jensen, L. y Meyer, C. (2015)

2.6. Otras técnicas de imagen

El ultrasonido se reconoce como un tipo de estudio imagenológico en el cual no se requiere el uso de radiaciones ionizantes para generar una imagen. Con el uso de la ecografía se pueden valorar en la UCI, principalmente patologías, cardíacas pulmonares además de traumas en los que se valora el sangrado. Por otro lado, se pueden dirigir técnicas como, por ejemplo: la ecocardiografía (básica y avanzada), la ecografía vascular, tanto para la cateterización venosa central como para la detección de trombosis venosa, y la ecografía pulmonar (denominada por algunos grupos pleuropulmonar), que permiten el diagnóstico y

tratamiento más certero de las patologías. Sin embargo, el uso del ultrasonido es limitado ya que se necesitan ciertas condiciones para que el estudio sea adecuado y, apto para el diagnóstico (Colmenero, García-Delgado, Navarrete y López-Milena, 2014).

Para obtener un estudio de calidad la ecografía debe ser realizada con un transductor adecuado, se utiliza una frecuencia de 3.5 a 5MHz para exploraciones abdominales y cardiacas. Los transductores con sondas de frecuencias mayores a 5 MHz proporcionan muy buena resolución además se debe tener en cuenta que la forma del transductor se debe cambiar con respecto a la zona anatómica a estudiar, estos pueden ser lineales, convexos o sectoriales. El aire es el mayor enemigo del ultrasonido por lo que se debe utilizar un gel de alta calidad y una técnica precisa para evitar artefactos, tomando en cuenta que este es un estudio operador dependiente (Revisi, 2014).

2.7. Condiciones clínicas frecuentes en la UCI

La persona enferma admitida en esta unidad precisa tratamiento activo y las técnicas y procedimientos para conseguir su estabilización que sólo pueden ser aplicadas en la UCI por esto la medicina interna ha establecido criterios de ingreso, sobre los cuáles se valora a la persona enferma y se determina si su condición requiere un cuidado intensivo o no (Quintero, 2014).

Algunas patologías y condiciones que requieren un manejo en la UCI se dividen según la prioridad que tiene la persona enferma de ser atendida, además depende del órgano o mecanismo afectado. Las personas enfermas de prioridad 1 son críticos e inestables; necesitan monitorización, las personas enfermas de este grupo generalmente tienen condiciones que necesitan soporte ventilatorio, traumas con hemodinámica inestable. Las personas enfermas de prioridad 2 son aquellas que puedan necesitar intervenciones inmediatas con patologías crónicas que desarrollan una enfermedad médica o quirúrgica grave. Las personas enfermas con mínimas posibilidades de recuperarse a causa de su

enfermedad de base o de la aguda, reciben tratamiento intensivo para aliviar su enfermedad aguda, aunque en ocasiones se proponen disposiciones como por ejemplo no intubar y/o no intentar reanimación cardiopulmonar, y se clasifican como prioridad 3. Por último, las personas enfermas prioridad 4, los cuales en ocasiones no requieren ingreso a la UCI ya que tienen una enfermedad de bajo riesgo o son personas muy graves en cuyo caso la muerte es inminente (Quintero, 2014).

Otro modelo de ingreso para las personas usuarias de la UCI se basa en las condiciones o el sistema fisiológico como en el caso de; el sistema circulatorio con cuadros de insuficiencia cardiaca congestiva aguda, infarto agudo de miocardio, angina inestable con arritmias, disección de aneurisma aórtico, entre otras. Dentro de las afecciones del sistema respiratorio se encuentran: disfunción respiratoria aguda, embolismo pulmonar con inestabilidad hemodinámica, hemoptisis masiva. En los trastornos neurológicos se tratan el coma ya sea metabólico, tóxico o anóxico, accidentes cerebrovasculares, muerte cerebral y traumatismos craneoencefálicos. Algunos trastornos gastrointestinales requieren el ingreso y control tales como: hemorragia digestiva, pancreatitis grave, incluso perforación esofágica. Algunas cirugías de riesgo y complicaciones de estas se deben tratar dentro de esta unidad, las más relevantes son las cirugías torácicas, vasculares, urológicas y algunas generales (Riofrio y Hoz, 2015).

Las personas usuarias admitidas en la unidad deben estar monitoreados con dispositivos que permitan evaluar su condición a cada segundo por lo que la colocación de estos aparatos debe ser precisa de tal manera que no esté sujeto a una alta probabilidad de error. Para mejorar la condición de la persona enferma se deben administrar gran cantidad de medicamentos, por lo que para evitar tomar una vía cada cierto tiempo se ha ideado el catéter venoso central, este usualmente se puede colocar en las venas yugular (anterior o posterior), cava superior, subclavia (Godoy, Leitman, De Groot, Vlahos, y Naidich, 2012), aunque es ideal colocarlo en la parte distal de la cava superior permitiendo al encargado suplir a la persona enferma con el medicamento que le corresponde de manera más sencilla. En estos casos se solicita la radiografía de tórax, con el fin de determinar un adecuado posicionamiento del catéter ya que una mala posición puede generar un

neumotórax o un hematoma en mediastino incluso existe la posibilidad de que la persona usuaria tenga variantes anatómicas y que el catéter se encuentre en otra vena como por ejemplo la ácigos o la torácica interna (Godoy, et al, 2012).

Asegurar el correcto posicionamiento de sondas traqueales en la tráquea y nasogástricas en cavidad nasal, orofaringe, faringe, esófago y finalmente estómago (Eisenhuber et al., 2012) sólo es posible mediante una imagen radiográfica ya que una mala técnica puede causar una complicación en el estado de salud de la persona enferma. Otro dispositivo altamente usado en la UCI es el balón de contrapulsación intraaórtico que se coloca en la aorta descendente y permite mantener una adecuada perfusión sanguínea al inflarse en diástole y desinflarse en sístole, por lo que la radiografía de tórax es el método mediante el cual se puede determinar si está colocado correctamente y si la sincronía con el corazón es adecuada (Eisenhuber et al., 2012).

Las anomalías de ventilación mecánica son una de las principales afectaciones en esta unidad. Sin embargo, la ciencia ha evolucionado y se han creado protocolos que permiten dar una atención especializada a estas personas enfermas proporcionándoles un soporte externo para el mantenimiento adecuado de la ventilación pulmonar (Médicos Cubanos, 2016), por lo que las imágenes radiográficas en estos casos son esenciales ya que arrojan hallazgos característicos para cada condición, que ayudan al especialista a tratar estos padecimientos.

Asimismo, los derrames pleurales: ocupaciones del espacio pleural, que está comprendido entre los pulmones y el tórax, por un exceso de líquido (D. Medicina, 2016), son patologías comunes en la UCI, así como también lo son el neumotórax referente a la presencia de aire en la cavidad pleural con el consiguiente colapso pulmonar (Della y Nazar, 2005), edema pulmonar: acumulación anormal y de rápido desarrollo de líquido en los componentes extravasculares del pulmón, lo que incluye tanto el intersticio pulmonar como los espacios alveolares, (Arzani, s.f.), atelectasia: fallo en la expansión del pulmón producido por ausencia del factor surfactante u obstrucción por acumulación de líquidos, objetos extraños o cáncer bronquial (Kent, 2003), neumonía: infección respiratoria aguda que afecta a los

pulmones (OMS, 2016) y el síndrome de dificultad aguda respiratoria: condición que involucra el parénquima pulmonar, rápida y progresiva alteración en la permeabilidad del conjunto alveolo-capilar con aumento progresivo de hipoxemia e hipercapnia, este evoluciona a un fallo respiratorio de difícil reversión (Cavicchioni, 2012), requieren de observación mediante radiografías de tórax.

Como se mencionó anteriormente, en las UCI se utilizan equipos portátiles de RX. Estos equipos (ver Figura 2) generalmente constan de: un generador, un tubo de RX (son modelos de ánodo giratorio y de doble foco, lo que permite realizar con éxito radiografías de alto voltaje (125-150 kV)), un sistema de transporte motorizado el cual puede o no estar alimentado por batería, un brazo articulado que confiere gran movilidad al tubo de RX y un sistema de colimadores del haz de radiación y haz luminoso de centraje que es eficaz y muy similares a los que se utilizan en los tubos de RX de los equipos estacionarios (Alcaraz, 2003).



Figura 2. Equipo de RX portátil.

Fuente: Siemens Healthcare, 2016.

2.8. Control de calidad del equipo portátil de RX

Dada la importancia de las imágenes que se realizan con estos equipos, es indispensable que estos cuenten con un control de calidad, el cual consiste en realizar pruebas no

invasivas para verificar el estado de funcionamiento, así como la adecuada correspondencia entre los valores indicados y medidos de los parámetros del equipo, que son de utilidad para la obtención de la imagen radiográfica (Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), s.f.).

Asimismo, permite conocer el nivel de seguridad y estabilidad del equipo, la exactitud y la repetitividad de los parámetros que caracterizan el haz de RX, así como las dosis recibidas por las personas usuarias durante los exámenes (IPEN, s.f.). Además, permitirá reducir la “frecuencia y la magnitud de las reparaciones mayores y poder determinar si el mantenimiento preventivo es más económico que las reparaciones que se hacen conforme se necesitan, y si es más económico, que tan a menudo deben hacerse las revisiones del mantenimiento preventivo” (Inostroza, 2008, p.62).

Las pruebas de control de calidad que menciona Herrera (2004) deben practicarse a los equipos convencionales, según la NOM-229 SSA 1-2002 (Mexicana, s.f.), son: tensión (kV) que se refiere al valor máximo de diferencia de potencial, se establece a través del tubo de RX durante una exposición, punto focal: busca la correcta direccionalidad del área donde inciden los RX, tiempo de exposición, rendimiento, linealidad y reproducibilidad del rendimiento, coincidencia de centros, coincidencia del campo luminoso con el campo de radiación, contacto película-pantalla, alineación de la rejilla antidispersora, calidad del haz (CHR), desempeño del control automático de exposición (CAE), linealidad del mAs y perpendicularidad del haz. Se debe contar con los procedimientos actualizados, equipos, accesorios y experiencia para realizar las pruebas, una vez terminadas se emite un informe con los parámetros que deben ser corregidos y la empresa responsable del mantenimiento del equipo tiene que corregir los parámetros encontrados fuera de norma para posteriormente verificar que hayan sido corregidos.

2.9. Protección radiológica

Debido a los efectos provocados por la exposición a la radiación, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP por sus siglas en inglés) se ha encargado de emitir

recomendaciones en materia de protección radiológica, las cuales son tomadas como base por los gobiernos para elaborar su legislación. La protección radiológica o protección contra las radiaciones ionizantes hace referencia a todas aquellas acciones que se realizan con el fin de evitar los efectos nocivos provocados por la exposición a la radiación, especialmente en el ser humano (Aquerreta et al., 2001).

La protección radiológica se basa en tres principios básicos: justificación de la práctica, optimización de la imagen y de la protección y límite de dosis (OIEA, 2011). La justificación hace referencia situaciones de exposición planificada la cual podrá ejecutarse solo si los beneficios para las personas son mayores que los perjuicios que resultarán de dicha exposición, es decir, que las exploraciones radiológicas deben estar justificadas desde el punto de vista clínico.

La optimización de la imagen y la protección se rige por el criterio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), por sus siglas en inglés o, “tan bajo como sea razonablemente alcanzable” donde se determina el nivel de protección y seguridad que permita que la magnitud de la dosis de radiación, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se den exposiciones tengan el valor más bajo posible, esto tomando en cuenta factores económicos y sociales (OIEA, 2011). El límite de dosis indica que el valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente (dosis absorbida debida a la radiación, promediada sobre un tejido u órgano), de las personas expuestas a una situación de exposición planificada no debe sobrepasar los límites establecidos (Aquerreta et al., 2001). El objetivo de los principios básicos de protección radiológica es evitar los efectos somáticos y disminuir la probabilidad de los hereditarios.

Además de estos principios, también se cuenta con fundamentos de seguridad radiológica que hacen relación a la fuente de radiación, estos fundamentos son: tiempo, distancia y blindaje. Respecto al tiempo, se debe permanecer el menor tiempo posible en áreas de exposición, esto permite protegerse de la radiación ya que a mayor tiempo de exposición mayor probabilidad de sufrir efectos (Ramos y Villareal, 2007).

Debido a la forma de dispersión de la radiación, el número de fotones que alcanzan una superficie determinada disminuye conforme aumenta la distancia entre la fuente y la superficie. La Ley del Inverso al cuadrado de la distancia indica que, al duplicar la distancia a una fuente de radiación, la dosis se reduce a la cuarta parte (Ramos y Villarreal, 2007). El blindaje son todas aquellas barreras físicas de protección entre la fuente y las personas que atenúan el haz de radiación. La atenuación dependerá del tipo de radiación, su energía y del material que esté hecho el blindaje, por lo general, están hechos de plomo (Ramos y Villarreal, 2007). Algunos elementos de blindaje utilizados son las mamparas plomadas y vestimenta plomada: chaleco, anteojos, guantes, protectores de gónadas, cuellos, cortinas plomadas, entre otros.

En el caso de las radiografías de tórax portátiles, Aquerreta et al., (2001) sugieren tomar en cuenta medidas para reducir la dosis en las personas usuarias, entre ellas están cerciorarse de que el equipo utilizado se encuentre en condiciones óptimas, aplicar una buena técnica limitando el campo de radiación al área de interés y alejar al personal presente al momento de realizar la exposición. Según Caballero (2006) desde el punto de vista técnico las radiografías pueden ser mejoradas siguiendo recomendaciones tales como usar kilovoltajes altos (de 75 a 110 kV), realizar exposiciones cortas (de 15 a 20 ms), si es posible se debe usar la posición semisentada (*fowler*); de no ser posible, se colocará a la persona enferma en decúbito supino, pero con una buena posición que evite una desviación de la línea media.

Otros aspectos que permiten una mejor calidad de imagen son la distancia que debe ser constante, el foco a la película (1,5 m) en cada radiografía de seguimiento para evaluar la amplitud mediastinal y las lesiones pulmonares, así como evitar falsas interpretaciones, usar el marcador a la derecha, con fecha y hora del examen. El profesional a cargo debe asegurarse que la descarga del capacitor del equipo sea entre 100 y 400 mA. Además, la exposición debe ejecutarse al final de la inspiración. Aunque las técnicas empleadas en las radiografías de tórax portátiles son relativamente bajas todas estas medidas deben ser puestas en práctica, ya que personas enfermas hospitalizadas suelen ser sometidos a estudios de radiaciones ionizantes con frecuencia.

Como se mencionó anteriormente, existen principios y fundamentos básicos de protección radiológica, los cuales deben tenerse en consideración al momento de realizar cualquier estudio radiográfico y en especial al realizar estudios con equipos portátiles de RX. Los elementos de protección radiológica con los que se cuenta en una sala de RX no están disponibles cuando se realiza un estudio con equipos portátiles de RX (Aquerreta et al, 2001), por lo tanto, se expone a la persona usuaria, al personal y al público que se encuentre en la UCI, incumpliendo el principio de justificación de la práctica. Para cumplir con este principio, al momento de realizar una radiografía con un equipo de RX portátil en la UCI todo el personal debe usar la protección adecuada, y si la seguridad de la persona usuaria lo permite, alejarse tan lejos como sea posible de la fuente de radiación (Cupitt, Vinayagam y McConachie, 2001).

En estas unidades es común realizar una radiografía diaria a la mayoría de las personas enfermas que se encuentran internadas, por lo que además de exponer a la persona enferma, el equipo de personas profesionales en enfermería y personas residentes que se encuentran en la unidad recibirán parte de la radiación dispersa que se genere, junto con el POE. Bajo el supuesto de que la dosis que se entrega es muy baja, los médicos y enfermeras de la UCI no son tomados en cuenta en los monitoreos de protección radiológica.

Sin embargo, un estudio realizado por Santos y Maia (2012), demostró que las personas asistentes de enfermería recibían dosis mayores que las personas profesionales en imagenología debido a la distancia a la que estos se encuentran al realizar la radiografía, por lo que la disminución de la dosis puede corregirse por acciones sencillas como las mencionadas anteriormente. Por otro lado, Cupitt et al. (2001), demostró que la dosis que reciben las personas profesionales en enfermería es menor del límite de exposición ocupacional (20mSv por año) y, por lo tanto, el uso regular de dosímetro no se encuentra justificado, esto teniendo en cuenta que siempre se cumplan con los principios y fundamentos de protección radiológica.

Esos estudios de imágenes médicas permiten una valoración de la condición fisiopatológica de la persona enferma, el uso de la radiografía de tórax requiere dispositivos y prácticas que permitan la protección de la persona enferma y del personal dentro de la UCI. Estos dispositivos funcionan como barreras ante la radiación ionizante y son obligatorios para el beneficio del personal y de los usuarios del centro hospitalario, su uso es indispensable para la práctica. El titular de la licencia está obligado utilizar dosímetro personal y se deben aplicar los principios y fundamentos de protección radiológica dentro de los cuales se considera el blindaje, como el delantal de plomo y el protector de tiroides.

La cantidad de signos, patologías e instrumentaciones que se pueden valorar por medio de una imagen de tórax es amplia, por lo que se debe tener en cuenta que, aunque las radiografías son esenciales en la unidad su abuso tiene consecuencias negativas para la persona enferma y colaboradores, que incluso pueden trascender a su progeñie. Debido a esto las principales organizaciones reguladoras del uso de la energía ionizante en el ámbito médico han establecido niveles de referencia de dosis que permiten que el uso de radiografías de tórax sea solamente un beneficio para la persona enferma, por lo que se ha determinado que la dosis efectiva de una radiografía de tórax debe ser de 0,2 mSv lo que equivale a una dosis natural de fondo de tres días (Comisión Europea, 2001).

Para evitar daños por radiación se determinan límites de dosis, sin embargo, no existen límites para evitar el cáncer por radiación. La IAEA estableció que la máxima dosis permisible para POE es de 20 mSv por año promediado en 5 años y que en ninguno de estos la dosis sea mayor a 50 mSv, por lo tanto, la persona profesional en imagenología encargada no debe recibir más de esta dosis. Por otro lado, para el público se estableció una dosis de 1 mSv promediado en 5 años. En este contexto, el equipo de personas profesionales en medicina, enfermería, personas asistentes y las otras personas usuarias de la UCI que no son expuestos son considerados como público, y por la tanto, la dosis que reciban no deberá exceder de 1 mSv (Rohner et al., 2013).

Aunque para la persona enferma no existe un límite de dosis, puesto que el beneficio es mayor que el riesgo que pueda presentarse al exponerlo a la radiación, Suh et al (2014) recomienda una dosis relativa $< 0,1$ mSv para las personas usuarias que se encuentren en UCI's.

El cáncer es una posible consecuencia de la exposición a la radiación. Sin embargo, el beneficio de un diagnóstico exacto es generalmente más amplio que el riesgo. La dosis efectiva de radiación de este procedimiento varía con la cantidad de estudios y la técnica utilizada, y se aumenta con la repetición de exposiciones o la proximidad a personas usuarias a las cuales se les está realizando, dado que, las camillas de las personas enfermas se encuentran muy próximas. La dosis por una radiografía de tórax es baja, sin embargo, hay que considerar que, toda dosis tiene efectos a nivel celular independientemente de su magnitud y que en muchos casos el estudio radiológico no es único y la condición la persona enferma requiere una repetición constante de radiografías. Por esta razón se debe tener especial cuidado durante los exámenes de RX y promover la mínima dosis posible de radiación, ya que el daño puede depender de la magnitud, el tipo de radiación, su energía, la dosis absorbida, de la zona afectada, y del tiempo de exposición (Tunchez, 2014).

Se debe velar por producir las mejores imágenes para la evaluación, cumpliendo con el concepto ALARA optimizar la calidad de imagen y el fortalecimiento de las técnicas de control de calidad para asegurar imágenes de alta calidad diagnóstica (IAEA, 2013). Con esto se evita la realización excesiva de procedimientos que usan radiación ionizante, que sean innecesarios o que puedan cambiarse por otros que no tengan ninguna emisión de radiación.

Capítulo III

3.1 Metodología

3.1.1 Descripción general de la estrategia

Se realizó una revisión documental basada principalmente en documentos internacionales, debido a la escasez de literatura nacional, con el fin de identificar los criterios de solicitud de los estudios radiográficos enviados a personas usuarias de la UCI y la correcta realización de estos. Esto mediante la anotación de las patologías por la cual se envía el estudio a las personas enfermas en internamiento en la UCI, las cuales se agruparon y seleccionaron teniendo en cuenta las patologías más comunes para estudiar su relevancia y justificación, de acuerdo a la condición de cada persona enferma o procedimiento que se le haya elaborado. Con esto se evaluó la justificación y las normas de protección para las personas enfermas, mismas que repercuten en la protección radiológica del personal que realiza las imágenes de diagnóstico y las otras personas enfermas internadas.

En el trabajo de campo, al realizar la toma de radiografías en la UCI se recolectó el parámetro DLP o DAP brindada por los equipos portátiles, el cual se comparó con los valores reportados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) encontrados en la revisión documental y se verificó si estos cumplen los estándares internacionales para la persona usuaria. Sumado a esto, con una hoja de cotejo o lista de verificación (Ver Anexo I), se hicieron observaciones de la práctica al momento de realizar las radiografías y niveles de seguridad en la UCI, sobre la forma en cómo se tomaron las placas y valores de dosis reportados por el equipo. Estos detalles de la toma radiográfica y del entorno se anotaron en una hoja de cotejo (Ver Anexo II) con el fin de recopilar toda la información necesaria para el análisis.

Con toda la información anteriormente recopilada, se hizo un análisis de todos los datos obtenidos de las diferentes fuentes, misma que sirvió para poder generar una propuesta de guía o recomendación para el perfeccionamiento del estudio, la protección radiológica y

mejora del servicio. También, es una oportunidad ideal para presentar la retroalimentación de la memoria de seminario a los servicios involucrados.

3.2. Descripción de la metódica investigativa

3.2.1. Unidades de análisis

Con cada objetivo se pretendió estudiar diferentes unidades de análisis, las cuales se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Unidades de análisis.

Objetivo	Unidades de análisis
Identificar las indicaciones de prescripción médica para la realización de una radiografía de tórax a las personas usuarias de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.	Solicitudes médicas enviadas por el médico solicitante del estudio.
Evaluar el cumplimiento de las normas de protección y del uso de los equipos de seguridad radiológica al realizar los estudios imagenológicos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.	Normas de protección. Equipos de seguridad radiológica.
Identificar los valores de dosis de entrada en superficie (DAP) recibidas por las personas usuarias internados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.	Dosis producto área.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Las solicitudes médicas recolectadas fueron las de todas aquellas personas enfermas que se encuentran internadas en la UCI durante el período en el que se realizó el estudio por lo que no se realizó ningún procedimiento para la selección de la muestra poblacional. Se

utilizaron las solicitudes de todas aquellas personas ingresadas en la UCI que cumplieron con los criterios de inclusión.

3.2.2. Objeto de estudio

La toma de placas radiográficas en la UCI es cotidiana y de alta importancia, por lo que es necesario comprobar el estado de la protección y seguridad radiológica en esta área, lo cual constituye el objeto de estudio de la investigación, ya que a partir de este estudio se puede protocolizar y crear un proceso para mejorar la radioprotección.

3.2.3. Criterios de confiabilidad, validez y transferencia

El desarrollo de la investigación se basa en ampliar el conocimiento sobre la radioprotección en la UCI, por medio de la recolección o cuantificación de los datos que brindan las solicitudes médicas de estudios para radiografías de tórax y la investigación bibliográfica sobre este tema, así como de las mediciones y cálculos que deban ser realizados para el estudio de este. Mediante el uso de instrumentos sometidos a pruebas de validación y confiabilidad, usando técnicas estadísticas en análisis de datos y generalizando los resultados.

En el análisis se observó principalmente el motivo de la toma de la radiografía solicitada por la persona profesional en medicina y su comparación con la bibliografía analizada. Estos datos se recolectaron y cuantificaron de forma objetiva con métodos estadísticos, principalmente las medidas de tendencia central. Los datos se recolectaron de forma aleatoria a fin de poder generalizar posteriormente estos resultados.

Para lograr un resultado veraz se debe velar porque los instrumentos sean capaces de reflejar medidas consistentes para un mismo fenómeno, por lo que con anterioridad se deben establecer las definiciones operacionales, crear y codificar los métodos de obtención de datos, esto asegura que el método sea confiable y reproducible. El instrumento de recolección de datos, en este caso la hoja de cotejo debe ser capaz de producir medidas

precisas para producir conclusiones certeras. Esto se logró mediante la previa operacionalización de las variables en estudio y de la cual se derivó dicha hoja.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) definen el criterio de transferencia, o aplicabilidad de los resultados, como aquel que permite determinar el grado de similitud entre el contexto de estudio y otros contextos. La propuesta de guía contribuirá a brindar una atención de mayor calidad y podrá ser utilizado en cualquier unidad de un centro hospitalario. En el caso particular de las radiografías portátiles de tórax realizadas en las UCI, éstas se realizan mediante un procedimiento determinado, al cual, por medio de observaciones y medidas, es posible efectuar cambios para asegurar la mayor calidad de la imagen y, en especial, la radioprotección tanto de la persona usuaria como del personal que labora en la unidad.

Una característica indispensable de la investigación es la validez, ya que, por medio de ella se evalúa el resultado de la prueba, de esto depende que los resultados obtenidos puedan ser evaluados dentro del contexto de la investigación (Valencia, 2011). Para garantizarla es necesario que los datos se tomen de forma aleatoria y así extrapolarlos a otras poblaciones esto permite tener resultados exactos y veraces. En la presente investigación la aleatorización de los datos se consiguió por medio de los criterios de inclusión y exclusión, ya que se estudiaron todas las personas enfermas mayores de 18 años que se encontraban en la UCI durante el primer turno.

La confiabilidad en el estudio se refiere al grado de precisión y eficacia de los instrumentos utilizados. Existen diversos procedimientos para calcular la confiabilidad de los instrumentos de medición, una manera de hacerlo es mediante la triangulación de métodos o de recolección de datos. La triangulación de métodos es un procedimiento en el cual se comparan datos provenientes de distintos métodos o instrumentos de recolección que refieren a una misma acción o al mismo acontecimiento (Yuni, Urbano y Ciucci, 2014).

3.2.4. Procedimiento de recolección de la información

La fuente de información principal fue la recopilación documental, este método se clasifica, según la fuente, como secundario, ya que la obtención de datos fue a partir de libros y artículos científicos. La revisión de solicitudes de prescripción médica pertenece a una fuente secundaria. Según frecuencia y muestreo se utilizaron sistemas de registros propios de la unidad de radiodiagnóstico del hospital correspondiente, los cuales proveen información acerca de la cantidad de imágenes por persona enferma. A continuación, se presentan los pasos seguidos en la recolección de la información:

1. Consulta de libros, documentos y artículos que permitan tener una base confiable para lograr discutir y analizar ciertas unidades correspondientes al tema de estudio. Para una adecuada revisión bibliográfica primero se realizó un proceso de exploración general para estudiar el estado de la cuestión, una vez realizado el estudio de antecedentes se categorizaron los 74 artículos de acuerdo con las temáticas relacionadas: protección radiológica, dosis de referencia, medidas de protección y personal que labora en la unidad. Finalmente, luego de analizar cada uno de estos artículos, se procede a la parte más importante de la revisión documental la integración de los escritos en el análisis de la investigación, todo este proceso tuvo una duración de 6 meses desde marzo 2018 a agosto de 2018.
2. La selección de las boletas de prescripción médica: la selección se realizó mediante una hoja de cotejo (Ver Anexo I) donde se contempló el código asignado a la boleta, los criterios de inclusión y exclusión y finalmente si la boleta fue incluida o no en la investigación.
3. Cálculo del producto dosis área: se anotó el valor de DAP proporcionado por el equipo emisor al finalizar la exposición de cada persona usuaria. Este valor fue dado en unidades de μGyxm^2 y posteriormente fue convertido a unidades de Gyxcm^2 para que fuera comparable con las dosis de referencia. Posteriormente, se buscaron factores de conversión con unidades de mSv/Gyxcm^2 para multiplicar cada DAP

recolectado y obtenerlo en unidades comparables con las reportadas. Este valor también se podría obtener mediante la siguiente aproximación matemática:

$$DAP=Y \times S_x \times S_y \times Q \times K$$

Y= tensión del emisor en kV durante la exposición

Sx= Eje x de la colimación (ancho)

Sy= Eje y de la colimación (largo)

Q= cantidad de carga (mAs)

K= constante de valor 6,40 cm²/m²

4. Instrumento de recolección de datos en la UCI: se utilizó como instrumento de recolección de datos una hoja de cotejo. Esta consta de 7 ítems, con los cuales se recolectaron los datos de las tres variables de interés del estudio. Los ítems se completaron con una única respuesta, el primer ítem fue para asignar un número a la persona usuaria, los ítems 2, 3 y 4 son los datos requeridos de la persona usuaria (edad y sexo), los ítems 5 y 6 fueron de selección única. El ítem 5 fue referente al criterio de solicitud médica por el cual se realizó la radiografía. El ítem 6 permitió identificar los métodos de protección contra la radiación utilizados durante el procedimiento. El ítem número 7 hizo referencia a la dosis DAP calculada por el equipo. Una vez que se rellenó la hoja de cotejo, se enviaron los datos a un formulario en línea y esta herramienta generó de forma automática la base de datos con la cual posteriormente se realizó el análisis estadístico.

3.2.5. Procedimientos y técnicas de análisis

Para la presentación de los datos se hizo uso de la estadística descriptiva. El interés de la investigación fue observar la frecuencia de envío de solicitudes médicas de estudios, ya sea en forma correcta o innecesaria en comparación con la bibliografía consultada de fuentes confiables y determinar si está o no sobre irradiando a la persona enferma. Mediante la computación de los datos en Google Forms, el acomodo y análisis de estos

mediante medidas de tendencia central, fue posible describir el comportamiento de los datos, mediante el cálculo de la moda identificando la razón más común de envío de este tipo de examen radiográfico y la elaboración de representaciones gráficas o tablas de frecuencias para presentación de resultados. Estos se agruparon en categorías por razón de solicitud del estudio, obteniendo la frecuencia de cada una, lo que permitirá realizar un análisis minucioso de estas.

Los datos de acuerdo con la edad se agruparon en categorías que varían en intervalos de 17 años para poder hacer una mejor representación, debido a que la UCI recibe personas usuarias generalmente de todas las edades, esto para el cálculo de la media y elaboración de un gráfico de barras que muestre el comportamiento de esta variable. La edad de las personas enfermas es requerida para poder comparar las dosis absorbidas con las dosis de referencia internacionales.

El procesamiento de los datos se realizó con el programa Microsoft Office Excel 2016 versión 16.0, para: estimar, comparar, relacionar y poder describir las características más relevantes de la información. Es importante mencionar que se hizo control de calidad de los datos reconociendo los valores extremos y la identificación de observaciones que están fuera de rango para luego hacer las respectivas representaciones gráficas, tablas de frecuencias, medidas de tendencia central (mediana, moda) y dispersión (rango, desviación estándar o típica y varianza) para la descripción de estos antecedentes. También se hizo uso de la estadística inferencial, con lo cual fue posible observar el comportamiento de los datos recolectados y relaciones entre diferentes variables.

Finalmente, a partir de los resultados del trabajo de campo, se consideraron tres áreas en las que eran necesarias recomendaciones alineadas con el principio de lograr la optimización y con esto se creó la propuesta de guía. Esta contempla: motivos de prescripción médica que justifican la realización rutinaria de una radiografía de tórax, estos fueron extraídos de la revisión bibliográfica realizada; medidas de radioprotección tanto para el POE como para la persona usuaria y, para concluir, pruebas de control de calidad al equipo de rayos X portátil. Estas se basaron en publicaciones del OIEA consultadas en

la etapa de revisión documental y en el análisis del proceso de observación realizado durante la etapa de recolección de datos.

3.2.6. Consideraciones Éticas

La presente investigación no requirió trabajar con datos clínicos de personas usuarias, al ser una investigación aplicada y descriptiva estos datos pasaron a formar parte de una base estadística, por lo cual no será necesaria la identificación de la persona usuaria ni se requerirá más información que la proporcionada.

La investigación, no realizó ningún tipo de intervención clínica, sin embargo, se informó y solicitó la aprobación del Comité Ético Científico (CEC) del centro hospitalario con el fin de obtener los datos solicitados de forma codificada, esto con el fin de establecer el anonimato de las personas enfermas. De esta forma se respetaron y siguieron las pautas éticas de la Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas y la Organización Mundial de la Salud., las cuales consideran los posibles conflictos éticos acerca de proporcionar información clara y detallada, sobre los riesgos que implica, y la confidencialidad de los datos y derechos de las personas participantes, entre otros. La aprobación del CEC de la Universidad de Costa Rica se otorgó mediante el oficio VI-8030-CEC-070 y la del CEC del HCG mediante el protocolo CEC 08-05-2019.

3.2.7. Consentimiento Informado

Por las características de la presente investigación, sus alcances y objetivos, no se requirió la aplicación del documento de consentimiento informado.

La anonimización de las solicitudes médicas permitió recolectar los datos necesarios para la investigación sin que estén asociados a la identidad de una persona enferma. Además, al no requerir de algún tipo de interacción con la persona enferma, no se consideró necesario el consentimiento informado por parte de las personas enfermas.

Por otro lado, a los encargados de realizar los estudios no se les realizó entrevistas, solo se observó el procedimiento al tomar la radiografía. Tampoco se requirió su identificación por lo tanto el consentimiento informado no fue necesario. Con respecto a este punto, la investigación cuenta con la respectiva aprobación del CEC del HCG y la autorización de la jefatura del Servicio de Rayos X del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia, por lo cual se considera que al obtener los permisos correspondientes de las autoridades hospitalarias se cuenta con la autorización para la observación del procedimiento.

3.2.8. Cronograma

Cuadro 2. Cronograma

Siglas

- TE: Tres investigadoras
- KA: Katherine Aragón
- AC: Alina Coto
- JL: Joseline Leiva

Actividad por realizar	Resultado esperado	Responsable	Abril 2018	Setiembre 2018	Abril 2019	Mayo 2019	Junio 2019	Julio 2019	Agosto 2019
Elaboración del anteproyecto.	Propuesta de Seminario de TFG terminado y con visto bueno del Comité Asesor	TE							
Presentación de la Propuesta de TFG.	Propuesta de TFG aprobada por la comisión de trabajos finales de graduación de la Escuela de Tecnologías en Salud.	TE							
Presentación de la propuesta de investigación antes el CEC del HCG	Propuesta de investigación con permiso de realización por parte del CEC del HCG.	TE							
Recolección de solicitudes del estudio	Solicitudes recolectadas.								

		TE						
Registro de las indicaciones de prescripción médica	Identificación de las indicaciones de prescripción médica en las solicitudes recolectadas.	AC						
Análisis de las indicaciones de prescripción médica registradas	Identificación de indicaciones de prescripción médica consideradas no válidas o válidas para la realización de radiografías.	AC						
Recolección de datos para el cálculo de la dosis recibida por la persona usuaria	Dosis DAP recolectadas o datos para su cálculo.	TE						
Cálculo de la dosis recibida por la persona usuaria	Cálculos realizados.	JL						
Verificación de dosis recibida por la persona usuarias congruente con recomendaciones internacionales	Identificación de dosis recibidas por las personas enfermas cercanos a dosis recomendadas a nivel internacional.	JL						
Verificación de las medidas de radioprotección tomadas	Identificación de medidas de radioprotección puestas en práctica durante el procedimiento.	TE						
Análisis de la hoja de cotejo	Análisis estadístico de los datos requeridos de la persona usuaria	KA						
Análisis de la hoja de cotejo	Análisis estadístico de las medidas de radioprotección tomadas durante el procedimiento	KA						

Redacción del análisis de los datos	Documento redactado con el análisis de: las indicaciones de prescripción médica, dosis recibidas por las personas usuarias y medidas de radioprotección utilizadas en el procedimiento.	KA								
Redacción de las conclusiones	Documento redactado con las conclusiones obtenidas basadas en el análisis de los datos.	AC								
Redacción de las recomendaciones	Documento redactado con las recomendaciones para las unidades involucradas en la investigación.	JL								
Elaboración de la propuesta	Propuesta elaborada basada en los organismos internacionales y en los análisis arrojados en la investigación.	TE								
Presentación del proyecto	Proyecto presentado a las autoridades universitarias.	TE								
Retroalimentación ante jefaturas en el HCG.	Presentación de la investigación finalizada a las unidades involucradas en la investigación.	TE								

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para la recolección de los datos, cada investigadora del equipo asistió al centro médico al menos por dos semanas, para un total de 6 semanas, en el turno diurno ya que es en este dónde se realizan la mayoría de las radiografías e n la UCI. Cada investigadora observó y recolectó datos de al menos 50 radiografías de tórax.

Capítulo IV

Análisis de resultados

4.1. Conducción del proceso

El proceso de investigación se condujo de manera ordenada y acorde al cronograma planteado. En las primeras etapas, las investigadoras y el grupo asesor se reunieron para discutir acerca del tema y los objetivos del proyecto. Luego de esto, se realizó la presentación del anteproyecto como tal, el cual contiene: la justificación del proyecto, los antecedentes y metodología a seguir ante las Autoridades Universitarias a fin de obtener los permisos y autorizaciones correspondientes.

La revisión documental se elaboró a partir de artículos científicos relacionados y extraídos de libros, que se consultaron para determinar cuáles son los criterios que justifican la realización de un estudio como el de radiografía de tórax a personas enfermas que se encuentran en la UCI. Fue necesario realizar una lectura detallada de cada fuente para cumplir con este objetivo. Además, esta es la base del análisis, ya que, es preciso comparar la documentación internacional con la aplicación en el centro hospitalario. La revisión documental tuvo aportes de parte de las tres investigadoras, las fuentes fueron recopiladas de bases de datos tales como ScienceDirect y NCBI PubMed. La proponente Alina Coto Sequeira se encargó de sintetizar los resultados de esta revisión para incluirlos tanto en el proyecto como en la propuesta de guía.

El trabajo de campo en el hospital acercó a las investigadoras a la realidad y permitió una visión objetiva de las prácticas que se realizan en cuanto al estudio de radiología, el manejo del equipo, los parámetros técnicos y, la aplicación de las normas de radioprotección. Incluso se observó el comportamiento de los trabajadores de la UCI, ajenos al equipo imagenológico, lo que permite una mejor comprensión del entorno día a día. Las investigadoras asistieron seis semanas en total y en este periodo se logró recolectar gran cantidad de información que permite una mirada fresca de los acontecimientos en la unidad. Las investigadoras realizaron un aporte de estudios observados y registrados (68 Katherine

Aragón, 88 Alina Coto y 69 Joseline Leiva), datos que fueron recolectados durante las semanas de observación correspondientes a cada una. Las cantidades de datos aportados por cada miembro del equipo variaron debido a la dinámica de la unidad. En total se recolectaron 225 datos de estudios realizados.

El análisis requirió arduas horas de trabajo del equipo investigador. Debido a la cantidad de variables y datos recolectados mediante la hoja de cotejo, se requirió de un análisis extenso para obtener la mayor cantidad de hallazgos que contribuyeran al enriquecimiento de la investigación y conclusiones de esta. Fue esencial para este trabajo de investigación, contar con el detalle de las dosis que se administraron a cada persona usuaria durante el trabajo de campo. Las dosis proporcionaron información del estado de la radioprotección durante el procedimiento y el estado del equipo emisor. La proponente Joseline Leiva se encargó de investigar las dosis de radiación recomendadas por organismos internacionales, además del análisis estadístico de las dosis recolectadas para su posterior comparación.

Las variables demográficas, en este caso género y edad, fueron de utilidad para comparar las dosis emitidas con las dosis recomendadas a nivel internacional. Así como conocer la dinámica del servicio. La proponente Katherine Aragón realizó el análisis estadístico de estas variables. También analizó los métodos de radioprotección más frecuentemente usados durante el proceso. Además, se encargó de la redacción de los respectivos resultados obtenidos.

Finalmente, muchas de las fuentes encontradas en la búsqueda de los criterios de prescripción médica justificados fueron de utilidad para redactar uno de los apartados de la guía que se propone, así como para la sección referente a las buenas prácticas de radioprotección. Se buscaron protocolos de control de calidad para equipos de rayos X portátiles y recomendaciones del OIEA para asegurar el óptimo funcionamiento del equipo. Cada investigadora se encargó de la redacción de uno de los apartados.

4.2. Resultados

A partir de la revisión documental de artículos y guías de tratamiento de personas enfermas ingresadas en la UCI, se obtuvieron los motivos de prescripción médica descritos en el Cuadro 3 que justifican las radiografías de tórax rutinarias en este servicio.

Cuadro 3. Condiciones médicas que requieren de radiografía de tórax portátil.

Sistema	Condición	Sistema	Condición
Respiratorio	Disfunción respiratoria aguda	Cardíaco	Insuficiencia cardiaca congestiva aguda
	Hemoptisis masiva		Infarto agudo de miocardio
	Embolismo pulmonar con inestabilidad hemodinámica		Angina inestable con arritmias
	Derrame pleural	Nervioso	Coma metabólico, tóxico o anóxico
	Neumotórax		Accidentes cerebrovasculares
	Edema pulmonar		Muerte cerebral
	Atelectasia		Traumatismo craneoencefálico
Neumonía			
Gastrointestinal	Hemorragia digestiva		
	Pancreatitis		
	Perforación esofágica		

Fuente: Riofrio, R. y Hoz, C. (2015).

A partir de la investigación de campo se logró corroborar que en la UCI existen un total de 14 camillas, sin embargo, el número de ocupación varía de acuerdo con los ingresos en la unidad, por lo que no todas las camillas se encontraban ocupadas durante el estudio. Se recolectaron 226 solicitudes de prescripción médica, de las cuales solo 225 fueron incluidas

en la investigación ya que una no cumplió con todos los criterios de inclusión y exclusión que fueron previamente establecidos.

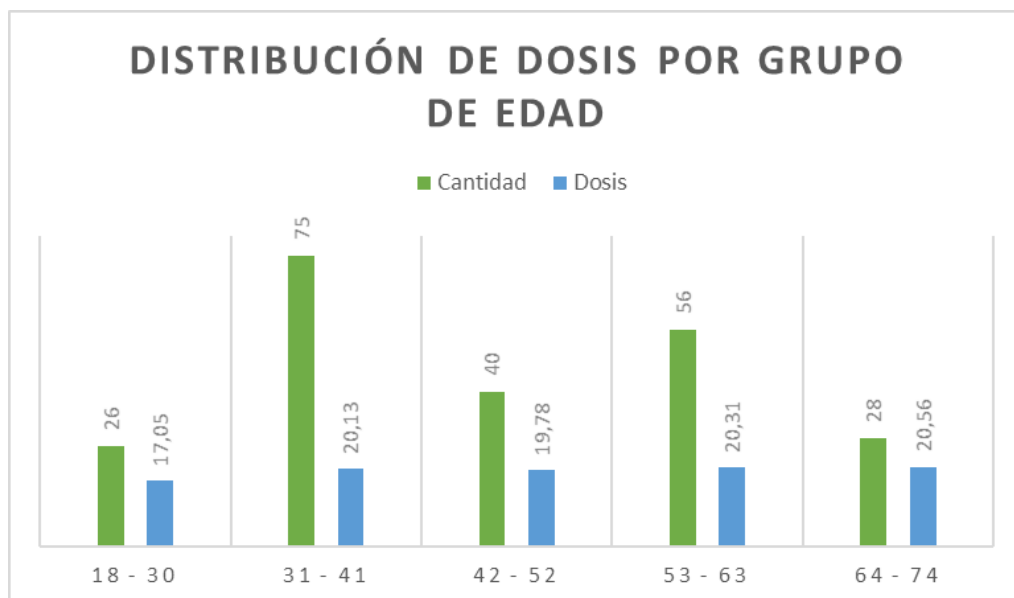
Cuadro 4. Total y porcentaje de personas usuarias según sexo

Sexo	Total n= 225	Porcentaje (%)
Femenino	92	59,11
Masculino	133	40,89

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Durante el período de observación la mayoría de las personas usuarias, un 59%, fueron de sexo masculino, como se observa en el Cuadro 4. El grupo etario con mayor presencia fueron las personas usuarias de 31 a 41 años, correspondiente a 75 de los casos estudiados, como se observa en el Gráfico 1. Seguidos del grupo etario de 53-63 años con 56 personas usuarias.

Gráfico 1. Total y porcentaje de personas usuarias según grupo etario.



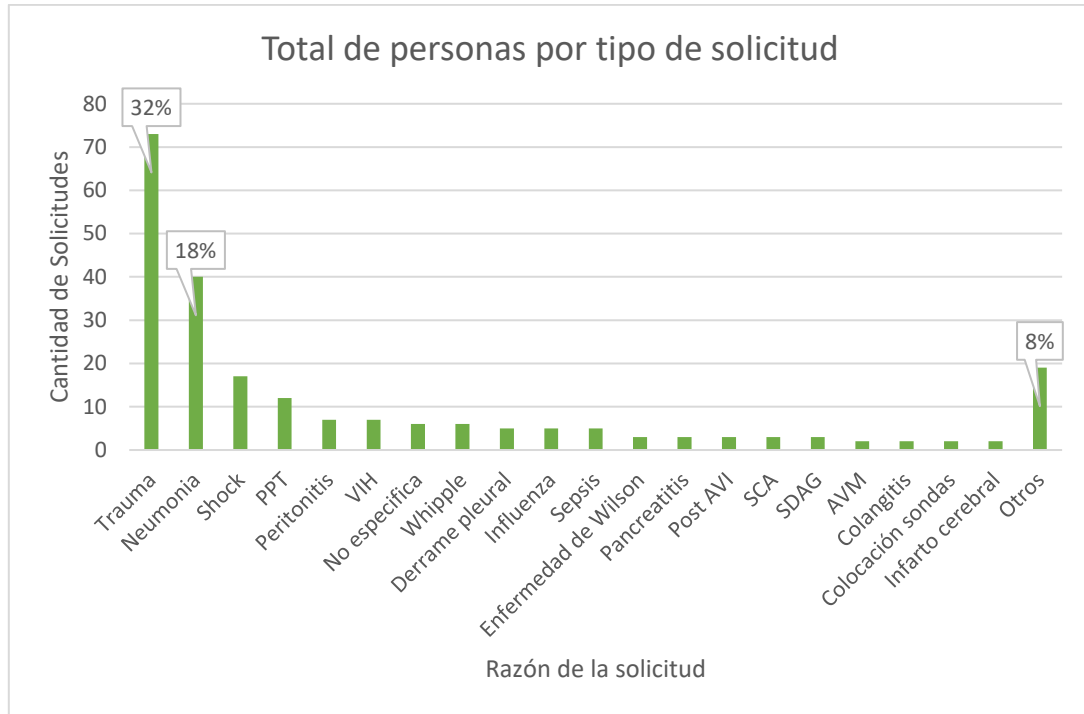
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Si bien se recolectaron 225 datos para cada variable contemplada en la hoja de cotejo, debe aclararse que no corresponde a la misma cantidad de personas usuarias. Esto debido a que, la estadía de cada una de las personas usuarias podía extenderse hasta más de una semana, por lo que se recolectaron al menos dos hojas de cotejo de la misma persona usuaria. Al existir el compromiso de confidencialidad y la anonimización de las solicitudes médicas no es posible precisar el dato real de cuántas personas usuarias se observaron. Pese a que en la hoja de cotejo se contemplaron las personas usuarias repetidas este rubro hace referencia a las ocasiones en las que fue necesario realizar la radiografía a la persona usuaria nuevamente durante el horario de recolección. Al respecto, se presentaron siete casos.

De los motivos de solicitud de prescripción médica de radiografías de tórax, el mayor porcentaje de solicitudes contenían indicaciones que no se encontraban en la lista de la hoja de cotejo por lo que se agruparon en la opción "Otro" y se especificó la indicación. De estas, como se observa en el Gráfico 2, el mayor porcentaje (32,0%) se obtuvo para la indicación trauma, seguido de la neumonía con un 18,0% y la categoría de shock con 7,5% de las solicitudes. El Dr. Donato Salas, médico de la UCI, en una comunicación personal indicó que es esencial la radiografía de tórax en los casos de trauma debido a las múltiples lesiones que posee la persona enferma. Estas implican que este deba estar monitorizado, incluso mediante estudios imagenológicos, ya que, la evolución de sus traumas es espontánea, de manera que se debe tener certeza de la ausencia de derrame pleural, o neumotórax, que se pueden presentar, siendo el control más riguroso si la persona usuaria tiene un trauma a nivel torácico (D. Salas, Comunicación personal, 2019).

Otras de las indicaciones fueron: púrpura trombótica trombocitopénica (PPT) con 5,3%, el síndrome coronario agudo (SCA) con 1,3%, el síndrome de dificultad aguda respiratoria (SDAR) con 1,3% y las anomalías de ventilación mecánica (AVM). Algunas de las indicaciones solo se presentaron una vez por lo que, fueron agrupadas en la categoría otras correspondiente a un 8% de las boletas recolectadas, entre estas están: cetoacetosis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, tromboembolismo, trastornos de tejidos blandos, edema y síndromes inflamatorios. Estos corresponden a 19 boletas del total recolectadas.

Gráfico 2. Total de personas enfermas por solicitud médica



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Era objetivo de esta investigación identificar las indicaciones médicas que explicaran el por qué una persona enferma u otra debía ser sometido al examen de control (radiografía de tórax), con la intención de analizar la situación local contra los estándares internacionales y, valorar si tales indicaciones médicas ameritan el estudio radiográfico. Sin embargo, durante el trabajo de campo se evidenció que, en las solicitudes de prescripción del estudio imagenológico, la persona profesional en medicina escribe el diagnóstico por el que la persona enferma ingresó a la UCI, y no la razón por la que la persona enferma en ese momento necesita el estudio imagenológico, es decir, la indicación médica. Esto no necesariamente implica que la persona profesional en medicina realice una solicitud inadecuada, debido que en las boletas de prescripción se especifica el diagnóstico y no la indicación para el estudio como se aprecia en el Anexo V.

De las indicaciones médicas que justifican la radiografía de tórax rutinaria encontradas en la revisión bibliográfica, y que se contemplaron en la hoja de cotejo, solamente cuatro fueron prescritas. Corresponden a: neumonía, derrame pleural, síndrome de dificultad aguda respiratoria y a la verificación de la posición de sondas traqueales y nasogástricas, en total suman el 2,2% de solicitudes recolectadas. No es posible asegurar que la mayoría de las solicitudes médicas no cumplen con el principio de justificación, uno de los principales principios de protección radiológica, ya que, como se mencionó en las boletas de prescripción se indicaba el diagnóstico y no el motivo de prescripción.

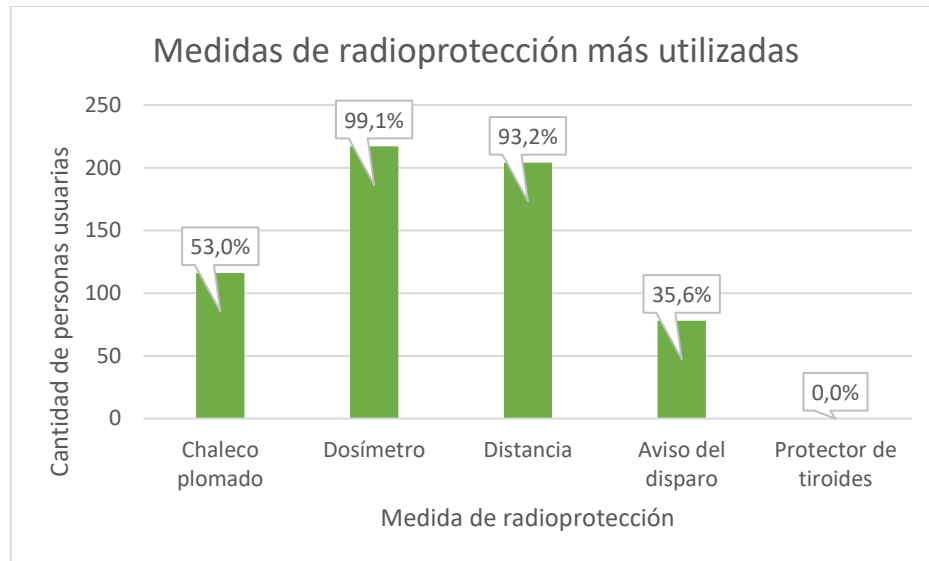
Las personas profesionales en imagenología tienen el conocimiento de las normas de radioprotección y del uso de los equipos de seguridad radiológica. Sin embargo, durante la estancia en observación de los procedimientos resaltan una serie debilidades y fortalezas del servicio de RX en cuanto a esta materia, a partir de las observaciones evidenciadas mediante las hojas de cotejo utilizadas.

En la práctica, los responsables del estudio utilizan en todas las ocasiones el dosímetro personal TLD en el pecho y el chaleco plomado es utilizado en algunos casos porque se prefiere utilizar una mayor distancia de la fuente emisora. Además, el uso del mismo se realiza generalmente como “escudo” frente a todo el cuerpo y para más de una persona que se oculta detrás de la persona profesional en imagenología, más que como chaleco sobre el tórax. Se observó que en el equipo portátil no se cuenta con protector de tiroides y que a la persona profesional en imagenología a cargo no se le provee de este equipo de protección personal, por lo que no se utilizó en ningún estudio radiológico al momento de la realización de la investigación.

El aviso verbal que se debe realizar para indicar el inicio de la exposición no se realizó en la mayoría de las ocasiones (Ver Gráfico 3). Esta situación podría comprometer la salud de la persona profesional que se encuentre en la UCI en ese momento, ya que, si las personas profesionales no están atentas en ese momento o se encuentran realizando alguna otra acción en la misma sala en la que se encuentra la persona enferma, pueden no darse cuenta de que se está efectuando una radiografía de tórax cerca de ellos y recibir una dosis

de radiación. Estas personas profesionales se consideran parte del público, por lo que solo debería estar expuesto a la radiación de fondo.

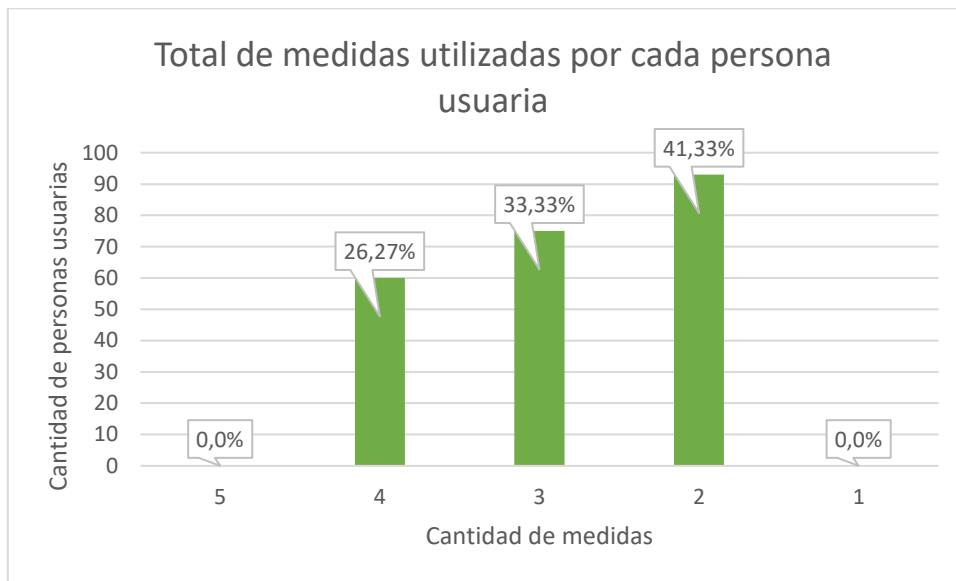
Gráfico 3. Medidas de radioprotección más utilizadas por la persona imagenóloga



Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el Gráfico 4 se puede observar la cantidad de medidas de radioprotección utilizadas por la persona profesional en imagenología al momento de realizar la placa de tórax en la UCI para cada una de las personas usuarias que se encontraban en esta área internados. En este se aprecia que en la mayoría de los casos se utilizaron dos medidas de protección radiológica las cuales son distancia y dosimetría personal. Seguido de este, se utilizaron tres mecanismos en los cuales están nuevamente la distancia y la dosimetría personal, aunado a estas puede variar entre el aviso del disparo o el chaleco plomado. Sin embargo, el protector de tiroides no se utilizó en ningún momento por lo que, como se demuestra en el Gráfico 4 no se utilizó la combinación de los 5 métodos de radioprotección en ninguna de las exposiciones. También se evidencia que en ninguno de los procedimientos se utilizó solo una medida de radioprotección.

Gráfico 4. Total de medidas de radioprotección utilizadas por cada persona usuaria



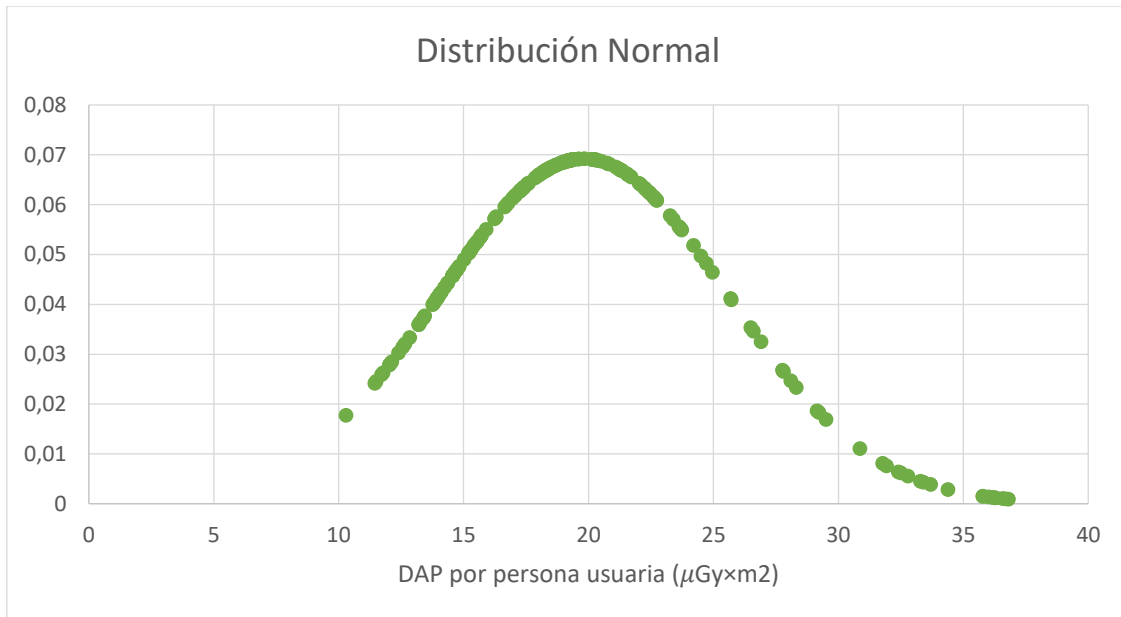
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los DAP son una forma indirecta de medir la dosis de radiación que recibe una persona usuaria al exponerse a un estudio radiológico. Todos los de DAP recolectados fueron proporcionados por el medidor de DAP incluido en el equipo Mobilett XP de Siemens (Siemens Healthcare, Berlín). Este consiste en una cámara de ionización en la superficie del colimador del tubo de rayos X. Estos medidores cuantifican el producto de la radiación a aire y al campo de radiación, por lo que se expresa en unidades de $Gyxcm^2$. La lectura puede variar por los factores de exposición (kV y mAs).

En el Gráfico 5 se puede apreciar que las DAP recolectadas no siguen una distribución normal. El intervalo de confianza del 95% está entre los valores [19,05; 20,56], con una desviación estándar de $5,76 \mu Gyxm^2$. La mínima dosis recibida fue de $10,29 \mu Gyxm^2$ y la máxima de $36,8 \mu Gyxm^2$. El promedio de dosis recibida fue de $19,81 \mu Gyxm^2$, por lo tanto, la mayoría de personas usuarias recibieron dosis cercanas a este valor. Las dosis ubicadas entre los 30 y $40 \mu Gyxm^2$ corresponden a valores extremos, es decir dosis muy altas recibidas por los usuarios. Esto puede deberse a que son personas usuarias con mayor contextura por lo que requerirán de parámetros de exposición más altos y, por ende, la

dosis aumentará, así como las dosis más bajas indican personas usuarias de menor contextura y por lo tanto menores valores kV y mAs (Carlton y Adler, 2013).

Gráfico 5. Distribución normal de los DAP recibidos por cada persona usuaria



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se mencionó, al ser una forma indirecta de medir la dosis recibida por una persona usuaria es necesario realizar una conversión de este valor a unidades de dosis efectiva. La dosis efectiva es la cantidad dosimétrica que evalúa el riesgo de padecer efectos estocásticos asociados a procesos radiológicos (Bahreyni, Nazery y Zare, 2006). Esta se reporta en unidades de mSv. El DAP proporcionado por el equipo se encontraba en unidades de $\mu\text{Gy}\times\text{m}^2$, por lo tanto, fue necesario realizar más de una conversión de los valores de DAP recibidos por las personas usuarias a unidades de mSv.

Para realizar esta conversión deben tomarse en cuenta factores como el kV empleado, la filtración de aluminio y/o cobre empleada, el campo de radiación y un factor de conversión. En este caso, la filtración total del equipo portátil Mobilett XP de la fábrica Siemens (Siemens Healthcare, Berlín) utilizado para la realización de los estudios es de 3,9 mm de aluminio. Solamente fue posible recolectar los kV de 111 estudios, debido a que en la

formulación del proyecto no se contempló recolectar los valores de kV a menos de que el equipo no proporcionara el valor de DAP. En ese caso los valores técnicos correspondientes a mAs y kV hubiesen sido necesarios para el cálculo del DAP según la fórmula prevista en el capítulo de metodología. En el Cuadro 5 se muestran los factores de conversión utilizados para convertir los DAP a mSv.

Cuadro 5. Factores de conversión en mSv/(Gyxcm²) para una proyección AP de tórax

Voltaje del tubo en kV	Factor de conversión
60	0,196
70	0,227
80	0,256
90	0,280
100	0,301
110	0,319

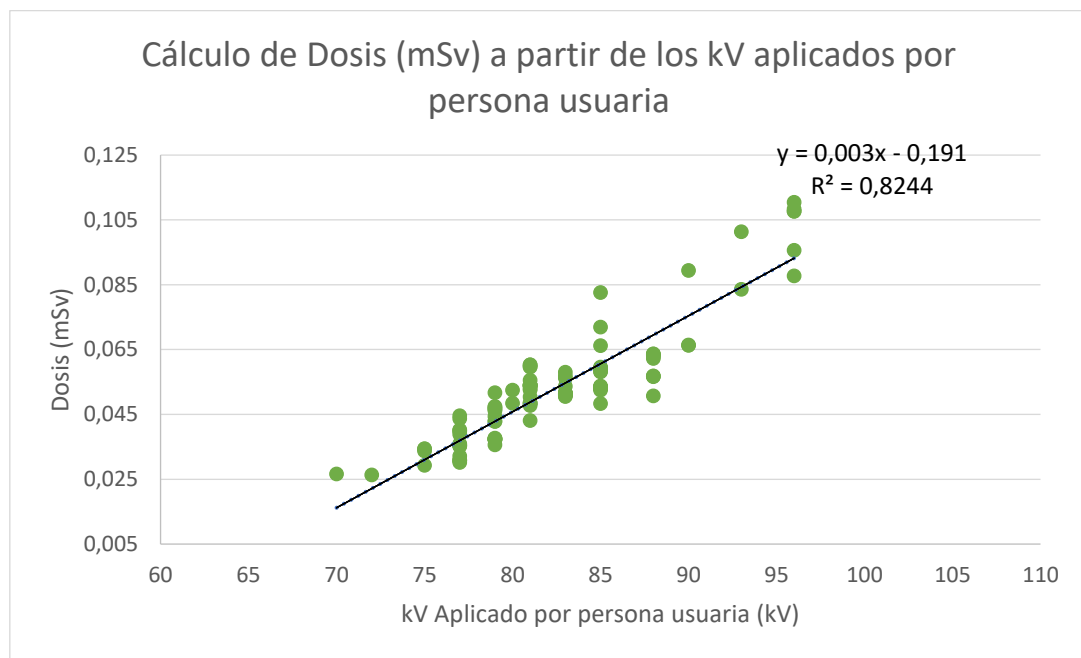
Fuente: Tomado de Gosch et al, 2007.

Los coeficientes del artículo fueron calculados utilizando un programa filandés que basa el cálculo en el método de Monte Carlo. Estos fueron calculados para los kV especificados en el Cuadro 5 y para un campo de radiación de 40 x 40 cm y un filtro de 4 mm de aluminio. Cada DAP fue convertido a unidades de Gyxc² para que coincidiera con las unidades del factor de conversión (mSv/Gyxcm²) y finalmente se multiplicó por este para obtener el valor en mSV. No todos los kV coincidían con el valor proporcionado por el Cuadro 6 por lo que fueron redondeados a la décima siguiente.

Dado que las DAP son dependientes del kV que se aplique, se buscó relacionar los kV con la dosis efectiva, siendo que los mSv (dosis efectiva) es una variable dependiente del kV, la cual corresponde a la variable independiente. Al realizar el test de normalidad Shapiro-Wilk mediante el programa RStudio versión 3.5.1 y el paquete Rcomander Rcmdr versión 2.5, se determinó que estos valores no tenían un comportamiento normal ($p < 0,001$) por lo que se realizaron pruebas no paramétricas. En este caso, se utilizó una regresión lineal con el conjunto de datos disponible.

En el Gráfico 6 se aprecia la regresión lineal realizada con los kV y mSv recolectados. En este se aprecia cómo a mayor kV aplicado, mayor dosis recibe la persona usuaria. Los kV pueden aumentar debido a la textura de la persona usuaria (Carlton y Adler, 2013), siendo que a mayor textura requerirá mayores factores de exposición para cumplir con los parámetros de calidad de la imagen. También, los valores del kV altos pueden asociarse a la calidad del haz de rayos X. Si el tubo generador de rayos X está muy desgastado será necesario utilizar parámetros de exposición altos para obtener imágenes de calidad.

Gráfico 6. Distribución de dosis efectiva en mSv a partir de los kV aplicados a cada persona usuaria



Fuente: Elaboración propia, 2019.

El test de normalidad Shapiro-Wilk en los kV y las dosis mSv da como resultado un comportamiento no normal, por lo que, se realizó un test de normalidad Shapiro-Wilk en los residuales donde sí se encontró una normalidad significativa ($p = 0,1671$), por lo cual los residuales son normales. El valor de R^2 obtenido fue de 0.8228, es decir la fórmula presentada permitirá encontrar el valor de dosis recibida ajustados a cualquier kV.

Una dosis de referencia permite conocer el estado de la protección radiológica que se pone en práctica en un servicio (Edmonds, 2009), por esta razón se buscó un valor de referencia dado por una entidad oficial con el cual se pudiera comparar las dosis obtenidas. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en su publicación anual 87 (Rehani et al, 2001) sugiere un valor de dosis efectiva para una radiografía de tórax posteroanterior (PA) de 0,02 mSv. Para determinar la diferencia entre los mSv obtenidos y la dosis de referencia de la ICRP se utilizó una prueba de Wilcoxon dando como resultado que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad ($p < 0,001$). Por esta razón se realizó un test de signos de Wilcoxon en la que la hipótesis alternativa confirma que los valores de dosis (mSv) obtenidas son mayores a la dosis de referencia establecida por la ICRP.

Es importante aclarar que las dosis de referencia no deben ser comparadas individualmente, ya que este es un cálculo promediado de dosis recibidas por un grupo específico, por ejemplo: adultos. También, se recomienda que los resultados sean comparados con dosis de referencias locales, regionales e internacionales. Sin embargo, a nivel local no existen documentos oficiales y tampoco fue posible hallar documentos a nivel regional. Por esta razón solo se utilizó la dosis de referencia a nivel internacional, específicamente la recomendada por la ICRP 87 de 0,02 mSv para una radiografía de tórax PA.

Se identificó la posibilidad de que la mayoría de personas enfermas son sujetas a exposiciones repetidas durante su estancia en la UCI, por lo cual, la dosis que reciben al final de su egreso a consecuencia de los estudios radiológicos sería de un valor mayor a lo encontrado. Esto es evidente en las personas enfermas quienes se identificaron como repetidos en las hojas de cotejo recolectadas, estos recibieron una exposición previa en el mismo día de recolección, por lo tanto, su dosis fue aún mayor.

Además, las dosis de referencia orientan sobre los efectos que a los que está expuesto la persona enferma producto de la exposición directa o radiación primaria. Principalmente los efectos estocásticos, cuya probabilidad aumenta al ser expuestos diariamente. La

exposición a la radiación de estas personas usuarias adquiere mayor relevancia al considerar que si existen tres camas apoyadas en una misma pared. La persona enferma 1 se está irradiando en su exposición, y las personas enfermas 2 y 3 recibirán radiación dispersa y radiación de fuga y, lo mismo pasará cuando se realice la exposición a las siguientes personas enfermas, de forma que a causa de la radiación secundaria reciben otro aporte de dosis

El ICRP sugiere realizar la comparación mediante la media de valores observados y el valor numérico del valor de referencia. Siendo así, el promedio de las dosis recolectadas en mSv corresponde a 0,053 mSv confirmando que las personas usuarias se exponen a dosis más altas de las recomendadas y, por lo tanto, la protección radiológica necesita ser optimizada. El promedio sobrepasa el doble del nivel recomendado y esto está relacionado, como se mencionó anteriormente, con los valores de kV y de mAs. Los parámetros de exposición pueden ser altos debido al estado del equipo y al desgaste del tubo de rayos X. También, depende de los parámetros seleccionados por el profesional a cargo.

Se crearon diferentes relaciones para determinar si existía un factor en común ante los casos de altos valores de DAP, entre ellos la edad y el género. A partir de estas relaciones se puede concluir que es indiferente el género (Ver Cuadro 6), o la edad, a todas las personas enfermas se les aplica la dosis correspondiente según su contextura, y es variable según la persona profesional que realice el estudio, ya que el equipo es el mismo.

Cuadro 6. Distribución de DAP por género.

Sexo	Total n= 225	Dosis Promedio	Porcentaje
Hombre	133	20.02	59%
Mujer	92	19.50	41%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

4.3. Discusión de resultados

Los estudios imagenológicos de rayos X, son una herramienta determinante para definir el avance en el tratamiento y la condición de la persona enferma. Las boletas para prescripción son una herramienta necesaria para la persona profesional en imagenología que realizará el estudio, ya que este deberá revisar que el estudio cumpla con los criterios bases de la protección radiológica, principalmente lo relativo a la justificación del estudio. La persona profesional debe conocer el motivo por el cual el tratante requiere de ese estudio para el beneficio de la persona enferma, más aún en una unidad como la estudiada, en donde las personas enfermas se encuentran en una condición de alto riesgo. Al respecto diversos estudios han demostrado que abandonar el protocolo de radiografías rutinario es seguro, no hay un aumento de los días de estadía, días de ventilación o en la mortalidad de las personas enfermas. Además, se encontró que el valor diagnóstico y terapéutico de las radiografías de rutina es bajo (American College of Radiology, 2011).

El uso de las medidas de radioprotección es de suma importancia y de uso obligatorio para todos las personas profesionales y POE, por lo tanto, el hospital debería proveer a las personas trabajadoras los materiales que se necesitan para velar por la seguridad de ellos en el área en que se desempeñen, y las personas trabajadoras deberían exigir estos implementos para uso personal. Las medidas de protección previstas en la hoja de cotejo fueron en total 5: chaleco plomado, protector de tiroides, distancia, aviso del disparo y dosímetro personal. Dentro de las observaciones realizadas en la UCI, se logró constatar que en la mayoría de las ocasiones en total 217 de 225 se registró el uso adecuado del dosímetro personal, el chaleco, el dosímetro y la distancia fueron las medidas más utilizadas. El aviso del disparo sólo se utilizó en 78 ocasiones ya que, en muchas ocasiones la persona profesional de la unidad despeja el área una vez que visualizan el equipo de RX. El protector de tiroides sólo se registró en una ocasión pues el equipo no cuenta con este equipo de protección.

En el caso del protector de tiroides, no se cuenta con este en el equipo ni al momento de realizar las radiografías de tórax, debido a que la falta de uso de éste podría provocar daños

a futuro en el POE. El chaleco plomado se encuentra a disposición de la persona profesional, sin embargo, se debe hacer uso correcto del mismo, de manera que cumpla con su función y vida útil. El 95% de la radiación dispersa puede ser atenuada con un adecuado uso del delantal plomado (OIEA, 2010). En cuanto a la distancia esta se vuelve de vital importancia ya que “aumentar la distancia a la fuente disminuye la dosis de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2003), no obstante, con el uso de una distancia mínima no se debe obviar el uso de ninguna de las otras medidas de protección radiológica

El aviso del disparo es una medida de protección importante para la persona profesional que labora en la UCI ya que esta les permite alejarse de la zona controlada. Hacer uso correcto de las medidas de protección y acatar los protocolos de radioprotección es un deber de la persona profesional, así como es deber del servicio de radiología de proveer a sus colaboradores y colaboradoras del equipo necesario para su protección y la ejecución adecuada de los procedimientos (Lonegro et al, 2012).

Los niveles de dosis de referencia proveen a los departamentos de radiología de un parámetro que permite asegurar que las dosis que reciben las personas usuarias se encuentran dentro de límites racionales (Edmonds, 2009). A partir de los datos recolectados, se constató que la protección radiológica de las radiografías de tórax portátil realizadas en la UCI requiere de medidas para su optimización, ya que el promedio de dosis es mayor al doble del nivel de referencia. La ICRP recomienda el establecimiento de niveles de referencia nacionales como método para optimizar la exposición radiológica de las personas usuarias. Por lo tanto, no deben tomarse los niveles de referencia como límites de dosis, sino, como una guía de buenas prácticas radiológicas. La medición de las dosis de radiación recibidas por personas enfermas en estudios radiológicos rutinarios para evaluar el nivel de exposición es parte de la optimización de la protección radiológica (Jibiri y Olowookere, 2016).

Existen varios métodos mediante los cuales puede determinarse la dosis a la que está expuesta una persona enferma, por ejemplo, dosímetros TLD, cámaras de ionización,

dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulados, films radiocrómicos, kerma en aire y el DAP. Este último fue el método seleccionado por ser un valioso descriptor de la dosis y, además, por su facilidad de ser medido a un bajo costo. Existen dos maneras de aproximar este valor: de forma directa, mediante el uso de una cámara de ionización en la superficie del colimador del tubo de rayos X y, de forma indirecta mediante una fórmula matemática. Además, este método es una buena aproximación de la dosis efectiva (Akilande, Farai y Okunade, 2012).

A partir de estos hallazgos se buscaron soluciones concretas que contribuyeran a optimizar el estado de la protección radiológica en la UCI. La guía de optimización fue construida en base a la revisión documental y las observaciones realizadas durante el trabajo de campo, Este documento se creó con el aporte de las tres investigadoras, de forma que Joseline Leiva se encargó de redactar lo referente al control de calidad de los equipos de la UCI, así mismo Katherine Aragón redactó el apartado de radioprotección y Alina Coto construyó el apartado de los profesionales que laboran en el área, a pesar de que las tres investigadoras trabajaron en la creación de la guía por apartados, la revisión, lectura y análisis de los artículos, libros y normas consultados fue realizado por todas de manera que se tiene un vasto conocimiento de la situación en los tres aspectos.

Estos aspectos se recopilaron en una propuesta de guía la cual será suministrada a la unidad para su consideración. A continuación, se incluye dicha guía, la misma está dirigida a la persona profesional que labora en la UCI y en el servicio de RX. Esta se encuentra subdividida acorde a los resultados de la investigación.

4.4. Propuesta de guía para la optimización de la protección y seguridad radiológica durante la toma de radiografías de tórax para el abordaje de personas usuarias adultas en la Unidad de Cuidados Intensivos.

Contenido

Introducción	2
Motivos de prescripción médica	3
Equipo profesional dentro de la UCI	4
Radioprotección en la UCI	5
Criterios básicos de radioprotección para el POE	6
Criterios de radioprotección para la persona usuaria	8
Control de calidad de los equipos portátiles	9
Evaluación de la unidad	10
Rendimiento del generador de rayos X	11
Colimación de haz de radiación	13
Filtros	14
Calidad de imagen	15
Referencias bibliográficas	17
Anexo 1	19
Anexo 2	20

Introducción

El descubrimiento de los rayos X tuvo un gran beneficio en el abordaje de las personas usuarias ya que los diagnósticos se volvieron más precisos. Conforme se fue desarrollando, su uso se hizo cada vez más frecuente. Sin embargo, al no ser controlado al inicio y como se descubrió luego, el abuso en su manejo tuvo consecuencias negativas tanto en las personas usuarias como en las personas profesionales.

El uso de los rayos X se vuelve casi indispensable por lo que es de suma importancia hacer un uso óptimo de esta tecnología. Esto toma especial importancia en unidades como la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), donde las personas enfermas requieren constantes monitoreos con radiografías portátiles. Con el fin de garantizar que las radiografías en esta unidad sean realizadas con la mayor calidad y con la menor cantidad de radiación posible, se presenta una guía que abarca los tres principios de la protección radiológica.

En la presente guía pueden encontrarse los motivos de prescripción médica para radiografías de tórax portátil en la UCI, medidas para la radioprotección del equipo médico y las personas enfermas y, finalmente, pruebas que aseguran el correcto funcionamiento del equipo. Todas las disposiciones sugeridas están basadas en revisiones bibliográficas y recomendaciones de organismos internacionales.

Motivos de prescripción médica

El ingreso de una persona usuaria a la UCI responde a una serie de criterios que van de la mano con las patologías y condiciones de la persona enferma que será admitido. En el Cuadro 1 se mencionan las condiciones que requieren constante monitoreo y por lo tanto necesitan una radiografía diaria de tórax portátil.

Cuadro 1. Condiciones médicas que requieren de radiografía de tórax portátil.

Sistema	Condición	Sistema	Condición
Respiratorio	Disfunción respiratoria aguda	Cardíaco	Insuficiencia cardíaca congestiva aguda
	Hemoptisis masiva		Infarto agudo de miocardio
	Embolismo pulmonar con inestabilidad hemodinámica		Angina inestable con arritmias
	Derrame pleural	Nervioso	Coma metabólico, tóxico o anóxico
	Neumotórax		Accidentes cerebrovasculares
	Edema pulmonar		Muerte cerebral
	Atelectasia		Traumatismo craneoencefálico
Neumonía			
Gastrointestinal	Hemorragia digestiva		
	Pancreatitis		
	Perforación esofágica		

Fuente: Riofrio, R. y Hoz, C. (2015).

Además de estas condiciones hay intervenciones terapéuticas que requieren verificación mediante radiografía portátil, entre estas se tiene: colocación de catéter venoso central, posicionamiento de sondas traqueales y nasogástricas, colocación del balón de contrapulsación intraaórtico y anomalías de ventilación mecánica.

Equipo profesional dentro de la UCI

El desarrollo de la ciencia y la tecnología permiten que en la actualidad las técnicas para velar por una persona enferma, especialmente aquellos pertenecientes a la UCI, sean más precisas. Además, los nuevos equipos médicos permiten una mayor estabilización de la persona enferma pues los resultados son certeros en tiempos menores. Los profesionales de la salud tienen alto nivel educativo y más acceso a la información por lo que se puede decir que en la actualidad tienen mejores herramientas tecnológicas e intelectuales.

En la UCI, trabajan diversas personas, sin embargo, estos se pueden dividir en profesionales propios del área, quienes deben permanecer en la UCI, y profesionales transitorios, que son solicitados por demanda. Los permanentes son personas profesionales en medicina, enfermería, asistencia de personas enfermas, terapia respiratoria y dentro de los profesionales transitorios están los técnicos de laboratorio y las personas profesionales en imagenología (Del Río, 2017).

La persona profesional en imagenología es llamada en cualquier momento del día, esto depende del estado de la persona usuaria, o de los procedimientos que se necesiten realizar. Por ejemplo, se llama en caso de paro, o en caso de un procedimiento de rutina dentro de la UCI como lo es la colocación de una vía central (Galimany, 2013). No obstante, en algunos centros hospitalarios por rutina se hacen radiografías diarias a las personas usuarias de esta área, siendo el caso del HCG, donde se hace un recorrido rutinario en el primer turno y luego se realizan visitas cada vez que se solicite.

Las personas profesionales en medicina presentes en la UCI deben estar pendientes del estado crítico de las personas enfermas, respetar su falta de autonomía y proveer lo necesario para su estabilización. En su mayoría son personas profesionales en medicina intensiva que están a cargo de diagnosticar, intervenir y monitorear a las personas enfermas a su cargo. Las personas profesionales en enfermería tienen la función de atender cuidados y seguir protocolos, así como, suministrar los medicamentos prescritos. El personal auxiliar

debe asear y transportar a las personas enfermas, así como atender las funciones que le delega la persona profesional en enfermería (Martínez,2011).

El personal de aseo debe rotar al menos una vez por turno y debe garantizar la desinfección y adecuada limpieza de superficies hospitalarias para prevenir la dispersión y proliferación de organismos, con esto se logra cuidar la salud de la persona enferma y la de los colaboradores.

La UCI es una unidad de personas enfermas críticas, en la que las personas enfermas están indefensas y sus familiares tienen permisos cortos para verlos o en algunos casos no se concede la visita familiar, es por esto que la seguridad del área debe ser primordial, para las personas enfermas, para los colaboradores y también para las familias, quienes deben estar completamente seguras de que su familiar estará en un ambiente de orden y seguridad por lo que no cualquier persona trabajadora del hospital podrá acceder a esta sección, solo aquellos que trabajen ahí o bien sean llamados a asistir (Galimany, 2013).

Radioprotección en la UCI

Según Masclans y Yela (2013) la protección frente a los RX tiene como objetivo evitar o dificultar la interacción de la radiación con el organismo, evitando así la absorción de cantidades de radiación innecesarias en la persona usuaria y el POE.

Los mecanismos y las herramientas de radioprotección se pueden resumir en tres grandes grupos que son: 1. La reducción al máximo del tiempo de exposición (aspecto técnico que controla la persona profesional en imagenología); 2. El aumento de la distancia de la fuente de emisión de radiación respecto a los individuos; y 3. La interposición de barreras físicas entre la fuente de emisión de radiación y la persona, “usando elementos plomados como delantales, protectores tiroideos o guantes plomados” (Masclans y Yela, 2013). A continuación, se detallará medidas, comprendidas en estos grupos, que contribuirán a optimizar la radioprotección en la UCI.

Criterios básicos de radioprotección para el POE

Según Santa, Rincón, Vinasco, Loaiza y Martínez (2010).

1. Desalojar a todas las personas de la sala antes de hacer el disparo de rayos x, no pudiendo hacer la radiografía hasta que este solamente la persona usuaria y la persona profesional en imagenología.
2. Se debe usar un biombo plomado móvil, especialmente cuando no pueden desalojar la sala, con el fin de disminuir al máximo la exposición de las personas usuarias que comparten la sala.
3. En caso de ser necesario sostener a las personas usuarias durante el procedimiento se recomienda que lo haga un familiar con equipo protector.
4. En las zonas donde se realiza radiodiagnóstico en forma ocasional, solo la persona profesional a cargo deberá utilizar dosimetría individual.

Además de esto la Sociedad Española de Graduados y Técnicos Radiólogos (SEGRA) (2018), menciona que las medidas encaminadas a minimizar en lo posible el riesgo de irradiación externa, procedente del uso de equipos generadores de radiaciones, pueden ser resumidas en:

Cuidar que se produzca la mínima cantidad de radiaciones, limitando al mínimo necesario el tiempo, cantidad de las operaciones y permanencia de las personas en las proximidades, esto limitará el número de trabajadores expuestos. También, se recomienda efectuar de forma periódica la vigilancia radiológica de las zonas de trabajo y del personal profesionalmente expuesto. Es esencial para la persona profesional realizar un curso que brinde conocimientos en protección radiológica, así como todos los sectores mencionados donde se trabaja con radiaciones ionizantes con fines diagnósticos.

En nuestro país “El Curso Básico de Protección Radiológica debe tener un programa previamente aprobado por la autoridad competente” (Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes, 2009, Art 29). Las personas profesionales no familiarizadas deben tener información del tema a través de la realización de un curso de formación en radioprotección, como es el de radioprotección del Ministerio de Salud.

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) menciona en sus Normas Básicas Internacionales de Seguridad Radiológica que el POE será responsable de adoptar las disposiciones necesarias para evaluar su exposición ocupacional basado en la monitorización individual con el uso correcto del dosímetro y mantener los registros durante su vida laboral que deben incluir: información sobre la naturaleza general de las tareas del trabajador, sobre las evaluaciones de dosis, exposiciones e incorporaciones a los niveles de registro, fechas y dosis de empleo en caso de tener varios empleadores, además de comprobaciones periódicas de la calibración y condiciones de funcionamiento del equipo dosimétrico.

Lo anterior en cumplimiento con la legislación costarricense, tal como se indica en el capítulo XV del Decreto Ejecutivo 24037 del Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes (2009, Art.68).

De los límites de dosis individuales

Artículo 68.- Para los fines de la aplicación del presente reglamento se establecen los siguientes límites anuales de dosis, para el trabajador ocupacionalmente expuesto y para el público general.

1.- Límites anuales de dosis para trabajadores ocupacionalmente expuestos:

- a) El límite anual de dosis para la totalidad del organismo referido a cualquier período de doce meses consecutivos es de 20 miliSievert, pudiendo sobrepasarse este valor siempre y cuando en un período de cinco años consecutivos no se sobrepasen los 100 miliSievert y nunca los 50 miliSievert en un solo año.

b) El límite anual de dosis equivalente para manos, pies y piel será de 500 miliSievert.

c) El límite anual de dosis equivalente para el cristalino será de 150 miliSievert.

2.- Límites anuales para público:

a) El límite anual de dosis para la totalidad del organismo referido a cualquier período de doce meses consecutivos es de 1 miliSievert.

b) El límite anual de dosis equivalente para cualquier órgano considerado individualmente será de 50 miliSievert con excepción del cristalino en cuyo caso el límite será de 15 miliSievert.

Criterios de Radioprotección para la persona usuaria

Según los autores Lonegro, Rinaldi, Zerba y Gil (2012) una vez que la práctica radiológica está justificada, se deben seguir normas para disminuir las dosis de radiación:

1. Evitar repeticiones innecesarias: La dosis a la persona enferma es proporcional al número de exposiciones. Disminuir el tiempo de exposición y que en esta exposición se haga uso técnicas con alto kilo voltaje y bajo miliamperaje, además de aumentar la distancia tubo-persona (es la distancia foco-piel) aumentando la distancia entre el operador y la fuente de radiaciones ionizantes, “la exposición disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia. En muchos casos bastará con alejarse suficientemente de la fuente de radiación para que las condiciones de trabajo sean aceptables” (Consejo de Seguridad Nuclear, 2012) por lo que como mencionan Masclans y Yela (2013) lo mejor no es esconderse detrás de la persona profesional en imagenología en caso de no contar con las medidas de seguridad adecuadas, si no, alejarse de la fuente de radiación; y disminuir el campo a irradiar, colimando el rayo central.
2. Deben protegerse los órganos que podrían irradiarse, mientras no interfieran en el diagnóstico, por ejemplo, la protección gonadal. Sin embargo, tal y como recomienda la Comisión Internacional de Protección Radiológica (2013) la utilización de material de protección en las exploraciones de radiodiagnóstico debe estar

justificada basándose en el beneficio que se obtiene en la reducción de dosis en determinados órganos (tiroides, gónadas, etc..) que se encuentren fuera del campo de radiación a menos de 5cm de éste, pero siempre que no afecte a la calidad diagnóstica del procedimiento.

3. Otras medidas que contribuyen a disminuir la dosis la persona enferma son: planificar previamente todo examen diagnóstico a realizar con el equipo médico que utiliza radiación ionizante, trabajar con protocolos de estudio y realizar el mantenimiento adecuado del equipo de rayos.

Control de calidad de equipos portátiles

En el proceso de optimización de las radiografías portátiles es indispensable verificar el correcto funcionamiento y estado de los equipos y materiales utilizados durante el procedimiento. Por esta razón, deben realizarse controles de calidad y mantenimientos preventivos con la periodicidad recomendada por organismos internacionales. El Organismo Internacional de Energía Atómica (2014) define los programas de garantía de calidad en radiodiagnóstico como un esfuerzo en conjunto del equipo de trabajo para asegurar que las imágenes diagnósticas producidas sean de alta calidad y que, por lo tanto, puedan proveer información diagnóstica veraz, al menor costo posible y con la menor exposición a la persona usuaria (Dance, Christofides, Mclean, y Ng, 2014). Estos programas deben incluir control de calidad (CC) y procedimientos de calidad administrativa.

El CC es exclusivo del equipo que pueda afectar la imagen. Este equipo es un sistema de rayos X, el cual se entiende como el ensamblaje de componentes para la producción controlada de imágenes diagnósticas con rayos X (Kareem, Hulugalle, y Al-hamadani, 2017). Estos sistemas están conformados por: generador de rayos X de alto voltaje, un dispositivo de control, un contenedor del tubo, colimadores y las estructuras de soporte necesarias. Siendo así, los equipos portátiles deberán tener los mismos controles de calidad que se utilizan para los equipos fijos. Sin embargo, al ser equipos que se someten a mayor manipulación las pruebas de CC deberían realizarse con mayor frecuencia.

Además, las características mecánicas como: el brazo del tubo, los frenos de las ruedas y los cables eléctricos (Poletti, 1996).

De acuerdo a Kareem et al., (2017) el protocolo de CC debería incluir:

- a. Prueba de aceptación en equipos nuevos la cual demuestre que el sistema trabaja bajo las especificaciones del fabricante. Esta prueba dará los valores base para las pruebas de CC.
- b. Pruebas de constancia realizadas en períodos específicos para revisar el rendimiento de parámetros específicos.
- c. Pruebas de estado, las cuales se realizan anualmente.
- d. Verificación de la protección radiológica y el equipo de control de calidad.
- e. Implementar medidas de corrección en respuesta a previos controles de calidad.

Dentro de los parámetros a evaluar en los equipos portátiles se tiene: evaluación física de la unidad, rendimiento del generador de rayos X, colimación del haz de radiación, filtros y calidad de imagen. Es recomendable que estas pruebas sean llevadas a cabo por una persona profesional en física médica (OEIA, 2014) sin embargo, se trató de simplificar cada prueba para que pueda ser realizada por la persona profesional sin profundo conocimiento del tema. A continuación, se detallarán las pruebas específicas para cada parámetro.

Evaluación de la unidad

Objetivo	Verificar que todos los enclaves, indicadores y soportes mecánicos del sistema de rayos X funcionen de forma segura y apropiada.
Frecuencia	Diario.
Método	Inspección visible del sistema.
Valoración y evaluación	Todos los movimientos mecánicos y enclaves funcionan.

En el Anexo I puede consultarse una hoja de chequeo de cotejo para la realización y registro de a prueba.

Rendimiento del generador de rayos X

Exactitud de kV

Objetivo Determinar la exactitud del voltaje del tubo.

Frecuencia Anual.

Herramientas Medidor multifuncional.

Cinta métrica.

Método Posicionar el detector a 1 metro de la fuente, o a la mayor distancia posible.

Obtener medidas de kV comenzando por el más bajo (50 kV) hasta alcanzar el nivel más alto (110 kV).

Valoración y evaluación: La exactitud de kV es ± 5 kV. La exactitud se calcula mediante:

$$\begin{aligned} & \textit{Exactitud} \\ &= \frac{(kV \textit{ medido} - kV \textit{ programado})}{kV \textit{ programado}} \times 100\% \end{aligned}$$

El Ministerio de Salud recomienda realizar esta prueba con kilovoltajes de 50, 70, 80 y 90. De las lecturas realizadas, el valor de desviación máxima aceptado por el Ministerio de Salud es de $\pm 10\%$.

Exactitud del tiempo de exposición

Objetivo Determinar la repetibilidad de la salida de radiación.

Frecuencia Anual.

Herramientas Medidor multifuncional.

Cinta métrica.

Método	<p>Repetir el mismo procedimiento de la prueba de Exactitud de kV.</p> <p>Obtener mínimo 6 medidas consecutivas (se sugieren los parámetros 70kV, 20 mAs).</p>
Valoración y evaluación	<p>La repetibilidad se mide en términos del coeficiente de variación (Ver Anexo II), el cual no debe exceder el 5%.</p>

De las lecturas realizadas, el valor de desviación máxima aceptado por el Ministerio de Salud es de $\pm 10\%$ del valor teórico.

Coefficiente de linealidad

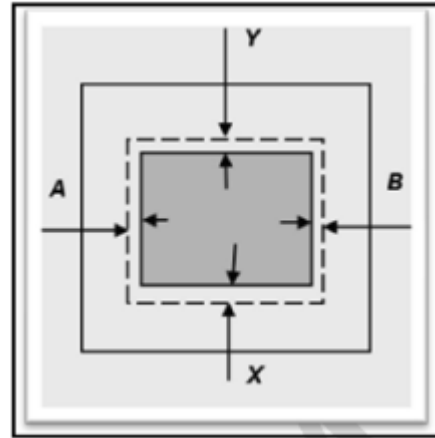
Objetivo	<p>Examinar la proporcionalidad entre la salida del tubo y el mAs.</p>
Frecuencia	<p>Anual.</p>
Herramientas	<p>Medidor multifuncional.</p> <p>Cinta métrica.</p>
Método	<p>Repetir el mismo procedimiento de la prueba de Exactitud de kV.</p> <p>Obtener mínimo 6 medidas con parámetros comúnmente usados.</p>
Valoración y evaluación	<p>La salida de radiación debería ser lineal con el mAs del rango del tubo. Cualquiera de las dos medidas (dosis/mAs) deben cumplir la relación:</p> $\text{Coeficiente de linealidad} = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2)} \leq 0.1$ <p>Donde:</p> <p>X₁: dosis/mAs máximo, y</p> <p>X₂: dosis/mAs mínimo</p>

Colimación del haz de radiación

Alineación del haz de radiación con el haz de luz, centrado y perpendicularidad del haz.

Objetivo	Determinar la exactitud de coincidencia del haz de radiación con el haz de luz y evaluar la alineación del haz de radiación con el centrado.
Frecuencia	Bimensual – semestral.
Herramientas	Cilindro acrílico para pruebas de colimación.
Método	<p>Colocar un chasis cargado de 10 x 12 en la mesa de exploración.</p> <p>Asegurarse que el eje ánodo-cátodo del tubo esté paralelo al chasis.</p> <p>Centrar el tubo de rayos X con el centro del chasis a 1 m de distancia.</p> <p>Colocar el cilindro acrílico al centro del área de iluminación.</p> <p>Colimar el cilindro al centro del área iluminada.</p> <p>Realizar una exposición.</p> <p>Sin mover el cilindro ni el chasis, colimar el campo de luz al borde exterior del mismo.</p> <p>Repetir la exposición con la mitad del mAs inicial.</p> <p>Procesar la radiografía y verificar la congruencia y alineación.</p>
Valoración y evaluación	<p>Congruencia del campo de iluminación y el campo de rayos X.</p> <p>Medir la distancia A, B, X y Y en la radiografía. La suma de A+B y X+Y es la</p>

desalineación total entre ambos campos, la cual no debe superar el 2% o 2 cm.



La alineación del centro del campo de rayos X con el campo de luz debe estar dentro del 2%. Para saber el centro de ambos campos se trazan diagonales desde esquinas opuestas. Si los centros son iguales las diagonales de ambos campos deben cruzarse al mismo tiempo.

Filtros

Filtración del haz de radiación

Objetivo

Evaluar la calidad del haz de rayos X del sistema.

Frecuencia

Anual.

Herramientas

Filtro de aluminio HVL.

Medidor multifuncional.

Dosímetro.

Método

Calentamiento del tubo utilizando diferentes kV.

Posicionar el dosímetro a 1 m de distancia de la fuente.

Valoración y evaluación

Seleccionar un voltaje de 70 kV y hacer una exposición usando un mAs común. Deben generarse al menos 500 μ Gy.

Obtener al menos tres mediciones: una sin filtro, la segunda y tercera con un filtro de aluminio de grosores conocido.

Repetir usando 90 kV.

Fórmula para la estimación de HVL:

$$HVL = \frac{X_1 \ln \ln \left(\frac{2Y_2}{Y_0} \right) - X_2 \ln \ln \left(\frac{2Y_1}{Y_0} \right)}{\ln \ln \left(\frac{Y_2}{Y_1} \right)}$$

X₁ y X₂: grosor de filtro añadido para la segunda y tercera exposición respectivamente.

Y₀, Y₁ y Y₂: resultado de la radiación medida sin filtro, y los dos filtros añadidos respectivamente.

La filtración del tubo se considera satisfactoria si es igual o superior a 2.3 mm al, valor aceptado por el Ministerio de Salud.

Calidad de imagen

Calidad de imagen

Objetivo

Evaluar la resolución y contraste del sistema.

Frecuencia

Anual.

Herramientas

Fantoma TOR CDR.

Densitómetro.

Método	Colocar un chasis cargado en la mesa de exploración. Posicionar el fantoma en el centro del chasis. Mantener una distancia fuente-objeto de 1 m. Realizar una exposición utilizando 50 kV y un mAs adecuado.
Valoración y evaluación	Contabilizar la cantidad de pares de líneas y círculos visibles.

En caso de ser realizadas por un imagenólogo se recomienda que estas pruebas sean realizadas con el acompañamiento de un físico médico. Además, la periodicidad puede ser variada de acuerdo a las necesidades del servicio.

Las pruebas de CC a los equipos de rayos X portátiles deben ser complementadas con CC del cuarto oscuro y la reveladora, así como de mantenimiento preventivo de los equipos que intervienen en el proceso de la formación de la imagen.

Referencias bibliográficas

- Consejo de Seguridad Nuclear, C. (2012). Protección Radiológica. Boletín Oficial del Estado (BOE). Recuperado de: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=2ahUKEwjUvIOy1_niAhWPm1kKHdU1A8IQFjAKegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.csn.es%2Fdocuments%2F10182%2F914805%2FProtecci%25C3%25B3n%2520radiol%25C3%25B3gica&usg=AOvVaw0u9Izp1Vssodr91jNn5tIG
- Dance, D., Christofides, S., Mclean, I. D., y Ng, K. H. (2014). *Diagnostic Radiology Physics*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Del Río, M. Manual Cuidados Enfermeros en la Unidad de Cuidados Intensivos, (2017), Madrid. Editorial CEP S.L.
- Decreto ejecutivo 24037 del 22-12-1994. Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes. Capítulo XV, versión de la norma 5 de 5 del 2009. Ministerio de salud. República de Costa Rica, 23 de enero de 2009 Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=15464&nValor3=76357&strTipM=TC
- Galimany, J., Blanca, I., El riesgo de la radiación en la unidad de cuidados Intensivos, *Enfermería Intensiva*. 2013;24 (2):49-50
- ICRP, 2013. Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. ICRP Publication 121. Ann. ICRP 42(2)
- Kareem, A., Hulugalle, S., y Al-hamadani, H. K. (2017). A Quality Control Test for General X-Ray Machine, *90(November)*, 11–30.

- La Sociedad Española de Graduados y Técnicos Radiólogos (SEGRA). (2018). Radioprotección personal expuesto. Recuperado de: http://segra-radiologia.com/es/008_radioproteccion_personal_expuesto.php
- Lonegro, L. Rinaldi, A., Zerba M. y Gil, S. (2012). Criterios básicos de Radioprotección. *Revista Pediátrica Elizalde*, 3(2), 1- 76.
- Martínez, J. (2011) TCAE en Unidad de Cuidados Intensivos. Publicaciones Vértice. España
- Masclans, J. G., & Yela, I. B. (2013). El riesgo de radiación en la unidad de cuidados intensivos. *Enfermería intensiva*, 24(2), 49-50. Recuperado de: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-intensiva-142-articulo-el-riesgo-radiacion-unidad-cuidados-S1130239913000436>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2011). Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad. Viena
- Poletti, J. L. (1996). Guidelines for quality assurance in radiation protection for diagnostic x-ray facilities: small x-ray facilities (No. NRL--1996/7). National Radiation Lab.
- Santa, C. V., Rincón, D. C. H., Vinasco, O. A. E., Loaiza, L. M. C., & Martínez, C. E. (2010). Dosis absorbida de radiación ionizante proveniente de un equipo de rayos x por el personal de la UCI en Manizales 2008-2009. Cuaderno de investigaciones: semilleros andina, (1), 56-61. Recuperado de: <http://revia.areandina.edu.co/ojs/index.php/vbn/article/view/462>

Anexo I

Hoja de cotejo para la evaluación de la unidad

Evaluación diaria del equipo portátil		
Fecha		
Responsable		
Criterio	Cumple	
	Sí	No
Integridad del cable de alimentación eléctrica	()	()
Encendido manual	()	()
Funcionamiento de la luz de colimación	()	()
Correcta colimación	()	()
Encendido del panel de control	()	()
Funcionamiento del brazo del tubo de rayos X	()	()
Funcionamiento del freno del equipo	()	()
Capacidad de movimiento y traslado	()	()
Limpieza		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo II

Cálculo coeficiente de variación

Se define como la proporción de la desviación estándar al valor medio de una serie de medidas calculadas. La desviación estándar (SD) se entiende como la variación en las mismas unidades de los datos recolectados. Siendo así, la fórmula para el cálculo del coeficiente de variación es la siguiente:

$$\text{Coeficiente de variación: } \frac{SD}{Media} \times 100\%$$

4.5. Limitaciones

Para realizar la conversión de los DAP a dosis en mSv se utilizó el Cuadro 5, en el cual solo se contemplan los kilovoltajes de 60, 70, 80, 90, 100 y 110 kV. Por lo tanto, los kV recolectados tuvieron que ser redondeados a la décima siguiente para que pudiera utilizarse el factor de conversión al kilovoltaje correspondiente. Esto puede resultar en dosis en mSv más altas de lo que realmente recibió la persona usuaria.

Además, el campo de radiación propuesto en el artículo fue de 40 x 40 cm y no se ajusta al campo de radiación típicamente utilizado en las radiografías realizadas en la UCI, el cual corresponde a 35.56 x 43.18 cm. Por lo que el factor de conversión real puede variar al utilizado y, por lo tanto, afectar la dosis.

El equipo de rayos X del cual se obtuvo el valor de DAP (Mobilett XP de Siemens) tiene una filtración total de 3.9 mm de aluminio, sin embargo, el artículo del cual se tomaron los factores de conversión utilizó una filtración de 4 mm de aluminio. Nuevamente, esto puede afectar el valor de conversión real necesario para la obtención de la dosis en mSv y, en consecuencia, alterar los resultados.

Debido a la anonimización de las solicitudes de prescripción médica no fue posible obtener el peso de la persona usuaria. Este es un factor que tomar en cuenta al elegir los factores de exposición que requiere la persona usuaria, mismos que afectan la dosis y, por lo tanto, el promedio obtenido para la comparación.

A raíz del estudio se determinó que dentro de la UCI no se envía el estudio por condición sino por diagnóstico general. Esta es una limitante clara, pues era fundamental obtener la indicación exacta del estudio para conocer el protocolo utilizado por la UCI del HCG y determinar si cumplían con el principio de justificación.

A pesar de realizar una exhaustiva revisión documental, en busca de dosis de referencia para radiografías de tórax AP con equipo portátil, no se logró hallar un documento

perteneciente a un organismo internacional ni regional actualizado. Por lo que se utilizó el ICRP 87 publicado en el año 2000. Sin embargo, esta dosis corresponde a una posteroanterior (PA).

Capítulo V

5.1. Conclusiones

Se evidenció que el rango de edad con mayor presencia en la muestra es el de 31 a 41 años por lo que es preciso realizar cambios en los protocolos que eviten los efectos estocásticos que la radiación puede generar. Esto debido a que, los valores de dosis aproximados por la persona usuaria son altos al tomarse en consideración que cada persona usuaria es expuesto a más de una radiografía de tórax durante su estancia en la UCI.

Pocas de las solicitudes médicas recolectadas en la UCI contenían una indicación médica que cumpliera con el principio de justificación del estudio según lo encontrado en la literatura. Esto se asocia al hecho de que en las boletas de prescripción se anota el diagnóstico de ingreso y no el motivo de solicitud del estudio radiológico. La principal condición clínica encontrada durante la investigación fue la de trauma.

Se pudo constatar el hecho de que muchos profesionales obvian el correcto actuar en lo que respecta a la aplicación de todas las normas de radioprotección. Sin embargo, es positivo agregar que todos utilizan el dosímetro personal y el uso de la distancia como técnica de protección radiológica. El dosímetro personal es el método de radioprotección más utilizado por el POE, permitiendo la constante vigilancia de los niveles de radiación a los que se expone este. Se comprobó que se utilizan al menos dos métodos de radioprotección en todos los estudios.

Los DAP recolectados variaron según el kV aplicado a la persona usuaria, y este iba acorde a la contextura de cada persona usuaria, por lo tanto, las mayores dosis corresponden a mayores kV. También, al convertir las DAP a mSv para ser comparados con la dosis de referencia de la ICRP, se encontró que la mayoría de las dosis están por encima del nivel sugerido y, por lo tanto, el nivel de la protección radiológica no es el óptimo.

Los requisitos necesarios para optimizar la protección y seguridad radiológica en la UCI son: la adecuada justificación de la radiografía de tórax en la UCI, el uso de medidas de protección radiológica para las personas usuarias y el POE, en especial el uso de los equipos de protección radiológica y, un adecuado mantenimiento del equipo emisor de radiación ionizante. Además, una cultura de radioprotección en la que la persona profesional sea verdaderamente consciente de la importancia de velar por la radioprotección de las personas involucradas en el proceso.

5.2. Recomendaciones

Realizar talleres o pequeñas sesiones en la UCI dirigidas a las personas profesionales en medicina, en las cuales se describan y expliquen las indicaciones médicas que justifican la radiografía de tórax rutinaria. Además de las medidas de protección radiológica. Con esto se mantendría actualizado al personal que labora en esta unidad y contribuiría a una disminución en las prescripciones no justificadas. Esta disminución se vería aún más favorecida, si las personas profesionales en medicina tienen en cuenta que se debe indicar no solo el diagnóstico general de la persona enferma, sino, la condición por la que es necesario el estudio imagenológico. Esto también le permitiría a la persona profesional en imagenología tener mayor criterio sobre si la persona usuaria requiere o no el estudio.

Se debería realizar una valoración de las boletas de prescripción médica para mejorar la solicitud de prescripción de estudios radiológicos de placas de tórax portátiles en la UCI, ya que, es esencial para la persona profesional en imagenología conocer cuál es la condición por la que la persona enferma necesita el estudio, esto asegura que sea justificado y rinda beneficios, cumpliendo con los principios de protección radiológica.

En lo correspondiente al servicio de rayos X, se sugiere que en las actualizaciones de protección radiológica se insista en la utilización del chaleco plomado, principal barrera de protección contra la radiación emitida en cada disparo. Así como la correcta aplicación de otras barreras de radioprotección. Es de suma importancia asegurar el correcto funcionamiento y estado del equipo portátil con el que se realizan las radiografías portátiles, debido a que un tubo emisor en buen estado requerirá utilizar factores de exposición más bajos para obtener imágenes de calidad. De igual forma, un buen conocimiento del funcionamiento del equipo permitirá a la persona operadora tomar decisiones que vayan de la mano con la optimización de los procedimientos. Lo anterior podría ser una variable que incide en el aumento de la dosis con respecto a las dosis de referencia mencionadas.

Para futuras investigaciones es preciso se incorpore el análisis de los valores de dosis de la persona profesional de la UCI y de RX. Además, para garantizar un estudio mucho más

complejo es preciso analizar la dosis de cada persona usuaria según el tiempo de su estancia hospitalaria de manera que los resultados reflejen la verdadera exposición que recibe cada persona usuaria.

Según las recomendaciones del ICRP deben contarse con niveles de referencia local, regional y nacionales. Actualmente el país no cuenta con un estudio similar por lo que se deberían desarrollar proyectos destinados a este objetivo, el cual, debe estar a cargo de un equipo interdisciplinario.

Para estudios futuros se debe tomar en cuenta a la persona profesional que realiza el estudio para poder determinar si los valores atípicos que se encuentran alejados de los datos que se acercan a la normalidad corresponden a la persona profesional, ya que, con esto también se puede realizar un estudio de reproducibilidad que le daría un gran peso a la investigación.

Por último, es recomendable que se planifiquen y ejecuten acciones desde el seno de la organización, orientadas al fomento de una cultura de seguridad en la práctica radiológica. Para así, concientizar más al personal sobre la importancia de las buenas prácticas de protección radiológica en el campo de la Imagenología.

8. Referencias bibliográficas

- Akinlade, B. I., Farai, I. P. y Okunade, A. A. (2012). Survey of dose area product received by patients undergoing common radiological examinations in four centers in Nigeria. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 13(4), 188–196. <https://doi.org/10.1120/jacmp.v13i4.3712>
- Alba, D., Bermea, J., Franco, A., Onofre, J., Valero, R., y Alba, D. (2014). Dosis de radiación al paciente en cuidados intensivos. *Anales de Radiología, México*, 13(1). Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2014/arm141i.pdf>
- Allende, M. (2007). De la Radiología a la Imagenología. *Revista Médica Electrónica*, 29(2), 112. Recuperado de <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/370/html>
- Alcaraz, Baños, M. (2003). Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. Tema 8: Equipos radiológicos convencionales. España: F.G Graf S.L.
- American College of Radiology (2012). ACR Appropriateness Criteria®: radiation dose assessment introduction. Recuperado de: <http://www.acr.org/?/media/ACR/Documents/AppCriteria/RRLInformation.pdf>.
- Aquerreta, J., Puyol, M., Ostiz, C., Urdiain, M. y Pérez, P. (2001). La placa de tórax en los pacientes encamados en la unidad de cuidados intensivos. *Enfermería Intensiva*, 12(4), 175-186. doi: 10.1016/S1130-2399(01)78038-8
- Arzani, Y. (s.f.). Edema Agudo de Pulmón. Staff Recuperación Cardiovascular de la Fundación Favaloro. Recuperado de: http://www.icronline.com/uploadsarchivos/cap_1._edema_agudo_de_pulmon.pdf

- Baena, V., y Leon, M. (2009). El temor y la experiencia del paciente adulto críticamente enfermo hospitalizado en la unidad de cuidado intensivo, 1–54. Recuperado de: <http://tesis.udea.edu.co/dspace/handle/10495/42>
- Bekemeyer, W., Crapo, R., Calhoun, S., Cannon, C. y Clayton, P. (1985). Efficacy of chest radiography in a respiratory intensive care unit. A prospective study. 88(5), 691-696. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4053711>
- Bellés Fló, A. (2002). El uso inadecuado de las exploraciones radiológicas. *Fmc*, 9(3), 145–151. Recuperado de: [http://doi.org/10.1016/S1134-2072\(02\)75556-4](http://doi.org/10.1016/S1134-2072(02)75556-4)
- Caballero, López, A. (2006). *Terapia intensiva, tomo I*. Cuba, La Habana: Editorial Ciencias Médicas
- Carlton, R., y Adler, A. (2013). *Principles of radiographic imaging: an art and a science*. Delmar/Cengage Learning.
- Cascón, A. (2009). Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista argentina de cardiología*, 77(2), 123. Recuperado de: <http://www.sac.org.ar/wp-content/uploads/2014/07/1642.pdf>
- Cavicchioni, A. (2012). Síndrome de dificultad respiratoria agudo: revisión de causas, patogénesis y tratamiento. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 69(604), 571-574.
- Colmenero, M., García-Delgado, M., Navarrete, I., y López-Milena, G. (2010). Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. *Medicina Intensiva*, 34(9), 620–628. Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.medin.2010.04.004>

Comisión Europea. (2001). *Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen*. Luxemburgo: OFICINA DE PUBLICACIONES OFICIALES DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS.

Consejo de Seguridad Nuclear, C. (2012). Protección Radiológica. Boletín Oficial del Estado (BOE). Recuperado de: <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica>

Cupitt, J. M., Vinayagam, S., y McConachie, I. (2001). Radiation exposure of nurses on an intensive care unit. *Anaesthesia*, 56(2), 183. Recuperado de: <http://doi.org/10.1046/j.1365-2044.2001.01870-3.x>

Dance, D., Christofides, S., Mclean, I. D., y Ng, K. H. (2014). *Diagnostic Radiology Physics*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

Decreto ejecutivo 24037 del 22-12-1994. Reglamento sobre protección contra las radiaciones ionizantes. Capítulo XV, versión de la norma 5 de 5 del 2009. Ministerio de salud. República de Costa Rica, 23 de enero de 2009

Del Río, M. Manual Cuidados Enfermeros en la Unidad de Cuidados Intensivos, (2017), Madrid. Editorial CEP S.L.

Della B., y Nazar, J. (2005). Neumotórax. Recuperado de: <http://www.sact.org.ar/docs/neumotorax.pdf>

Dianati, M., Zaheri, A., Talari, R., Deris, F., y Rezaei, S. (2014). Intensive care nurses' knowledge of radiation safety and their behaviors towards portable radiological examinations. *Nursing and Midwifery Studies*, 3(4), e23354.

- D.Medicina (2016). Derrame pleural. Recuperado de: <http://www.dmedicina.com/enfermedades/respiratorias/derrame-pleural.html>
- Edmonds, K. (2009). Diagnostic reference levels as a quality assurance tool. *Radiographer*, 56(3), 32–37. <https://doi.org/10.1002/j.2051-3909.2009.tb00107.x>
- Engel-Hills, P. (2006). Radiation protection in medical imaging. *Radiography*, 12(2), 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2005.04.008>
- European Commission (1999). Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission.
- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez De Contenido Y Juicio De Expertos: Una Aproximación a Su Utilización. *Avances En Medición*, 6, 27–36.
- Eisenhuber E, Schaefer-Prokop CM, Prosch H, S. W. (2012). Review Bedside Chest Radiography. *Respiratory Care.*, 57(3), 427–443. Recuperado de: <http://doi.org/10.4187/respcare.01712>
- Galimany, J., Berlanga, R y Pernas, J. (2013). La radiografía de tórax en la unidad de cuidados intensivos. *Imagen Diagnóstica*, 4(1), 13-19. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-imagen-diagnostica-308-linkresolver-la-radiografia-torax-unidad-cuidados-S2171366912000030>
- Galimany, J., Blanca, I., El riesgo de la radiación en la unidad de cuidados Intensivos, *Enfermería Intensiva*. 2013;24 (2):49-50
- García, F., García, J.M., González, G., García, A., Muñoz, F., Peñalver, F. y Baño, L. del. (2008). La disminución de las radiografías de tórax innecesarias en la Unidad de Cuidados Intensivos: aplicación de un ciclo conjunto de mejora de la calidad.

Medicina Intensiva, 32(2), 71-77. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912008002200003&lng=es&tlng=es.

Graat, M. E., Choi, G., Wolthuis, E. K., Korevaar, J. C., Spronk, P. E., Stoker, J., y George, R. (2005). The clinical value of daily routine chest radiographs in a mixed medical–surgical intensive care unit is low. *Critical Care*, 10(1), R11. Recuperado de: <http://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc3955>

Guerra, J., González, J., Pinedo, A., Salas, M., Vega, H., Rivera, T., y Azorín, J. (2009). Niveles de dosis en radiografía convencional. Recuperado de http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/021/41021966.pdf

Godoy, M. C. B., Leitman, B. S., De Groot, P. M., Vlahos, I., y Naidich, D. P. (2012). Chest radiography in the ICU: Part 2, evaluation of cardiovascular lines and other devices. *American Journal of Roentgenology*, 198(3), 572–581. Recuperado de: <http://doi.org/10.2214/AJR.11.8124>

Gosch, D., Gosch, K., y Kahn, T. (2007). Konversionsfaktoren zur Ermittlung der effektiven Dosis für Patienten aus dem Dosisflächenprodukt bei Röntgendurchleuchtungsuntersuchungen. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Gebiet Der Röntgenstrahlen Und Der Bildgebenden Verfahren*, 179(10), 1035–1042. <https://doi.org/10.1055/s-2007-963237>

Hernández, R, Fernández, C y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. México, Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Herrera, M, J. (2004). Control de calidad en equipos de radiografía convencional. Recuperado de: inin.gob.mx/publicaciones/.../CN%2046%20CONTROL%20DE%20CALIDAD.pdf

- Hinds, C., y Watson, D. (2008). *Intensive Care: A Concise Textbook* (Third). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- ICRP, 2013. Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. ICRP Publication 121. Ann. ICRP 42(2)
- Inostroza, Pérez, A. (2008). La ingeniería electrónica en los equipos de RX hospitalarios. Tesis para optar por el título profesional de ingeniero electrónico, en la Universidad Ricardo Palma. Lima: Perú
- Instituto Aragonés de las Ciencias de la Salud (s.f). El enfermo crítico esté donde esté. Recuperado de: <http://www.iacs.aragon.es/awgc/contenido.detalle.do?idContenido=7256>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (2003). Vigilancia sanitaria. Protección radiológica., 10/12. Recuperado de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf
- Instituto Peruano de Energía Nuclear. (s.f.) Control de calidad de equipos de RX. Recuperado de: <http://www.ipen.gob.pe/index.php/servicios/metrologia-y-dosimetria/control-de-calidad-de-equipos-de-rayos-x>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2013). Protección Radiológica de los Pacientes. Recuperado de: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/Patients/patient-information-x-rays/>
- Jensen, L., y Meyer, C. (2015). Reducing errors in portable chest radiography. *Applied Radiology*, 44(4), 7–15.

- Jibiri, N. N. y Olowookere, C. J. (2016). Patient dose audit of the most frequent radiographic examinations and the proposed local diagnostic reference levels in southwestern Nigeria: Imperative for dose optimisation. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9(3), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2016.01.003>
- Kareem, A., Hulugalle, S., y Al-hamadani, H. K. (2017). A Quality Control Test for General X-Ray Machine, 90(November), 11–30.
- Kent, M. (2003). Diccionario Oxford de Medicina y Ciencias del Deporte. Barcelona: Editorial Paidotribo
- Krivopal, M., Shlobin, A., y Schwartzstein, M. (2003). Utility of Daily Routine Portable Chest Radiographs in Mechanically Ventilated Patients in the Medical ICU. *Chest*, 123(5), 1607–1614. Recuperado de <http://doi.org/10.1378/chest.123.5.1607>
- La Sociedad Española de Graduados y Técnicos Radiólogos (SEGRA). (2018). Radioprotección personal expuesto. Recuperado de: http://segra-radiologia.com/es/008_radioproteccion_personal_expuesto.php
- Lonegro, L. Rinaldi, A., Zerba M. y Gil, S. (2012). Criterios básicos de Radioprotección. *Revista Pediátrica Elizalde*, 3(2), 1- 76.
- Madrigal Lomba, R. (2009). La radiología: apuntes históricos. *Revista Médica Electrónica*, 31(4), 0-0.
- Masclans, J. G., y Yela, I. B. (2013). El riesgo de radiación en la unidad de cuidados intensivos. *Enfermería intensiva*, 24(2), 49-50. Recuperado de <http://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-intensiva-142-articulo-el-riesgo-radiacion-unidad-cuidados-S1130239913000436?redirectNew=true>
- Masclans, J. G., Olalla, R. B., y Canadell, J. C. P. (2013). La radiografía de tórax en la unidad de cuidados intensivos. *Imagen Diagnóstica*, 4(1), 13-19.

Médicos Cubanos (2005-2016). Medicina y médicos hispanoamericanos: Ventilación mecánica. Recuperado de https://www.medicoscubanos.com/diccionario_medico.aspx?q=ventilacion%20mecanica

Mexicana, N. O. NOM-229-SSA1-2002. *Salud ambiental*.

Nimmo, G., y Singer, M. (2011). *ABC of intensive care. Bmj* (Second, Vol. 318). Blackwell Publishing. Recuperado de: <http://doi.org/10.1136/bmj.318.7196.1468>

Oba, Y. y Zaza, T. (2010). Abandoning Daily Routine Chest Radiography in the Intensive Care Unit: Meta-Analysis. *Radiología*, 255(2), 386-395. Recuperado de <http://doi.org/10.1148/radiol.10090946/-/DC1>

Organismo Internacional de Energía Atómica. (2010). Protección Radiológica para el personal, 1–5. Recuperado de: https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/HealthProfessionals/6_OtherClinicalSpecialities/gastroenterology/gastroenterology-staff-protection.htm#Gas_FAQ04

Organismo Internacional de Energía Atómica. (2011). Protección Radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad. Viena, Sección Editorial del OIEA.

Organización Mundial de la Salud. (2016). Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>

Poletti, J. L. (1996). Guidelines for quality assurance in radiation protection for diagnostic x-ray facilities: small x-ray facilities (No. NRL--1996/7). National Radiation Lab.

- Quintero, L. (2014). Manejo Integral del Paciente Crítico, 29–47. Recuperado de: <https://laureanoquintero.files.wordpress.com/2014/02/criterios-de-admistic3b3n-y-alta-para-la-unidad-de-cuidados-intensivos-uci.pdf>
- Ramos, O. & Villarreal, M. (2007). Fundamentos de protección radiológica. Radiobiología, 7. 174-177. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16938/1/rb72007174177.pdf>
- Rehani, M. M., Bongartz, G., Golding, S. J., Gordon, L., Kalender, K., Murakami, T., y Wei, K. (2001). International Commission on Radiological Protection (ICRP). Publication 87, Managing Patient Dose in Computed Tomography. *Annals of the ICRP*, 30(4)
- Revisi, C. (2014). El ultrasonido y su papel preponderante en situaciones de urgencia, 404–427.
- Riofrio, Rodrigo.Hoz, C. (2015). Criterios De Ingreso Y Egreso a La Unidad De Paciente Crítico: Unidad De Cuidados Intensivos (UCI) Y Unidad De Tratamiento Intermedio (UTI), 7–9. Recuperado de: http://www.clinicamayor.net/protocolos/filesprotocolos/GCL_1.5-20160205-113404.pdf
- Rohner, D. J., Bennett, S., Samaratunga, C., Jewell, E. S., Smith, J. P., Gaskill-Shiple, M., y Lisco, S. J. (2013). Cumulative total effective whole-body radiation dose in critically ill patients. *Chest*, 144(5), 1481–1486. Recuperado de: <http://doi.org/10.1378/chest.12-2222>
- Santa, C. V., Rincón, D. C. H., Vinasco, O. A. E., Loaiza, L. M. C., & Martínez, C. E. (2010). Dosis absorbida de radiación ionizante proveniente de un equipo de rayos x por el personal de la UCI en Manizales 2008-2009. Cuaderno de investigaciones: semilleros andina, (1), 56-61. Recuperado de: <http://revia.areandina.edu.co/ojs/index.php/vbn/article/view/462>

- Santos, W., y Maia, A. (2012). Evaluation of personal doses associated with the use of mobile X-rays in a Brazilian hospital. *Radiation Protection Dosimetry*, 150(2), 188–191. Recuperado de: <http://doi.org/10.1093/rpd/ncr391>
- Siemens Healthcare. (2016). Polymobil Plus. Recuperado de: <https://www.healthcare.siemens.com/radiography/mobile-x-ray/polymobil>
- Sy, E, Luong, M., Quon, M., Kim, Y., Sharifi, S., Norena, M., Wong, H., Ayas, N., Leipsic, J., Dodek, P. (2016). Implementation of a quality improvement initiative to reduce daily chest radiographs in the intensive care unit. *The Health Foundation*, 25:379–385. Recuperado de: <http://doi:10.1136/bmjqs-2015-004151>
- Social, M. de sanidad y política. (2010). Unidad de cuidados intensivos. Recuperado de: <http://www.msssi.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/UCI.pdf>
- Suh, R., Genshaft, S., Kirsch, J., Kanne, J., Chung, J., Donnelly, E., Mohammed, T. (2014). INTENSIVE CARE UNIT PATIENTS Summary of Literature Review, 1–7.
- Tunchez, S. J. (2014). Estimación de la dosis de radiación ionizante en pacientes del intensivo de adultos. Del 15 de enero al 15 de marzo del 2013. [Tesis de grado]. Hospital Roosevelt, Guatemala. Recuperado de: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/09/03/Tunchez-Juan.pdf>
- Ugarte, J. C. (2004). *Manual de Imagenología*. Editorial Ciencias Médicas: La Habana, Cuba.
- Valencia, U. de. (2011). Validez de la Investigación: Validez Interna, Externa y de Constructo (No.1). Valencia. Recuperado de <http://www.uv.es/friasnav/2011Tema3validezI.pdf>

Yuni, J. A., Urbano, C. A., y Ciucci, M. R. (2014). Mapas y herramientas para conocer la escuela: investigación etnográfica e investigación-acción. Editorial Brujas.

Anexo I

Hoja de cotejo para selección de boletas de prescripción médica.

Código de la solicitud:		
Revisión de la solicitud		
Criterios de inclusión	Sí	No
1. Radiografía de tórax realizada en la UCI	()	()
Criterios de exclusión	()	()
1. Solicitud realizada fuera del período de recolección de datos	()	()
2. Letra ilegible	()	()
3. Daño en la solicitud que no permite su lectura	()	()
Se incluye en la investigación: () Sí () No		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo II

Formulario de recolección de datos.

GUÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX PARA EL ABORDAJE DE PERSONAS USUARIAS ADULTAS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (UCI).		
Análisis de boletas de prescripción para radiografías de tórax en la UCI.		
1. Código de la persona usuaria:		
2. Persona usuaria repetida	Sí ()	No ()
3. Sexo	Hombre ()	Mujer ()
4. Edad de la persona usuaria:		
5. Indicación del estudio	Seleccionar el correspondiente	
Correcta colocación catéter venoso central	()	
Correcta colocación sondas traqueales y nasogástricas	()	
Correcta colocación del balón de contrapulsación miocárdico	()	
Anomalías de ventilación mecánica	()	
Derrame pleural	()	
Neumotórax	()	
Edema	()	
Atelectasia	()	
Neumonía	()	
Síndrome de dificultad aguda respiratoria	()	
Otro	Especificar:	
6. Métodos de protección	Seleccionar el correspondiente	
Chaleco plomado	()	
Protector de tiroides	()	
Dosímetro	()	
Distancia	()	
Aviso del disparo	()	
Otro:	Especificar:	
7. DAP recibida por la persona usuaria:		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo III

Carta de autorización del Servicio de Rayos X del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.

CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL
Hospital Dr. Rafael Calderón Guardia
Servicio Radiodiagnóstico e Imágenes Médicas
☎ 2212-1262 / 2212-1248

HDRCG-RX-0113-2019.

20 de febrero del 2019.


Srta.
Joseline Leiva Arrieta.

ASUNTO: Investigación de carácter observacional.

Estimada Srta.:

En atención a nota sin número recibida el 07 de febrero 2019, me permito indicarle que esta Jefatura autoriza la realización de la investigación observacional "Propuesta de guía para la optimización de la protección y seguridad radiológica en radiografías de tórax, para el abordaje de pacientes adultos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia, durante el primer semestre del 2019", en coordinación con la Lic. Magdalena Gamboa Vargas, a partir del 18 de marzo hasta el 18 de agosto 2019, con un horario de 6:30 – 10:00 am.

Atentamente,


Dr. Allan Valverde Sánchez.
Jefe a.i. del Servicio de Radiodiagnóstico e Imágenes Médicas,
Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia.



Cc: Archivo.

Anexo IV

Carta de autorización de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia.



Hospital D. Rafael Ángel Calderón Guardia
Jefatura Médica Unidad Cuidados Intensivos
Tel: 2212-1000 ☎ Extensión: 4702 Fax: 2223-8963 📠

25 de febrero de 2019

JMUCI-019-02-2019

Pág. N°1

Máster
Carolina Masis Calvo
Tutora del Proyecto de Graduación
Universidad de Costa Rica
carolina.masiscalvo@ucr.ac.cr
caritomc83@gmail.com

ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA RELIZAR INVESTIGACION A ESTUDIANTES DE IMAGENOLOGIA DIAGNÓSTICA Y TERAPEUTICA.

Estimada MSc. Masis:

En relación al oficio del día 07 de febrero de 2109 de los estudiantes de licenciatura de la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica en donde solicita autorización para realizar una investigación de carácter observacional dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos cuyo nombre es *"Propuesta de guía para la optimización de la protección y seguridad radiológica en radiografías de tórax para el abordaje de pacientes adultos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Angel Calderón Guardia durante el primer semestre del 2019"*.

Esta Jefatura está de acuerdo para que dichos estudiantes realicen la investigación con carácter observacional dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos.

Atentamente,

Dr. Carlos Dobles Ramírez
Jefe de Clínica Unidad Cuidados Intensivos



© Archivo 📁

Mach 📧

Anexo V

Carta de autorización del Comité Ético Científico del HCG



CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL
Dirección General
Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia
Teléfono: 2212-1200 / Fax 2223-3864

FORMULARIO COM-II AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

05 de junio del 2019
DG-2092-06-2019

Doctora
Carolina Jiménez Alpizar
Investigadora Principal

Estimada doctora:

Asunto: Autorización de protocolo de investigación: AP-I, AP-II, AP-III, AP-IV, AP-V, 02-2019: "Propuesta de Guía para la Optimización de la Protección y Seguridad Radiológica en Radiografías de Tórax para el Abordaje de Pacientes Adultos en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia durante el primer semestre 2019".

De conformidad con lo establecido en la Ley N° 9234 Ley Reguladora de Investigación Biomédica, el Reglamento N° 39061-S, y sus reformas mediante el Decreto No. 39533-S de fecha 04 de marzo de 2016 y la "Modificación y adición normativa para la aprobación de estudios observacionales en los centros asistenciales de la Caja Costarricense de Seguro Social", en lo que se encuentra vigente, el Comité Ético Científico del Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia de la Caja Costarricense del Seguro Social (CEC-HCG-CCSS), ha revisado su propuesta de investigación y considera que ésta cumple con los requisitos éticos y científicos, por tanto, no posee impedimento alguno para iniciarse. Esta Dirección Médica procede a autorizar los procedimientos aprobados por el Comité Ético Científico para el desarrollo de la misma, incluyendo la revisión de los expedientes clínicos (si aplica); tomando en consideración su compromiso como investigador de preservar la confidencialidad de los datos.

Número de protocolo asignado: **CEC 08-05-2019**
Número de la sesión en que se aprobó este estudio: **14-05-2019.**
Fecha de la sesión en que se aprobó este estudio: **30 de mayo de 2019.**
Nombre del investigador principal: **Carolina Jiménez Alpizar.**



CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL

Dirección General
Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia
Teléfono: 2212-1200 / Fax 2223-3864

Nombre del centro(s) y el(los) servicio(s) donde se realizará la investigación:
Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia.

Esta recomendación es válida hasta: **30 de mayo del 2020.**

Nombre de los miembros del CEC-CCSS que participaron en el análisis de este estudio: Dr. Ronald Chacón Chaves, Dr. Donato Salas Segura y MSc. Zeidy Vargas Bermúdez.

A la vez, le recuerdo obligatoriedad de enviar un informe trimestral mientras se desarrolle la investigación, en el **Formulario INF-I Presentación de Informes**. Este informe debe ser presentado al CEC el primer viernes de los meses enero, abril, julio y octubre, independientemente de la fecha de inicio del estudio y constituye un factor condicionante para la continuación del mismo. Asimismo, al concluir la investigación debe adjuntar un informe final en el **Formulario RES-II Presentación de Resultados de Investigación Biomédica**. Estos formularios están disponibles en www.cendeiss.sa.cr, vínculo Bioética.

Muy atentamente,

**HOSPITAL DR. RAFAEL ÁNGEL CALDERÓN GUARDIA
DIRECCIÓN GENERAL**


Dr. Taciano Lemos Pires
Director General




fna

Cc: Dra. Katherine Aragón Garita, Sub-investigadora
Dra. Alina Coto Sequeira, Sub-investigadora
Dra. Joseline Leiva Arrieta, Sub- Investigadora


Archivo

Anexo V

Boletas de prescripción médica

Asegurado No. _____	CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL SERVICIO DE RAYOS X			
Nombre: _____	SOLICITUD EXAMEN RADIOLOGICO			
Nacido (a): _____				
Cédula: _____				
Lugar: _____				
Servicio: _____				
Médico: _____				
Fecha: _____				
		ENF. Y MAT. <input type="checkbox"/> Directo <input type="checkbox"/> Familiar	<input type="checkbox"/> INS Riesgo profesional. <input type="checkbox"/> INS Accidente tránsito.	<input type="checkbox"/> Convenio Internacional <input type="checkbox"/> Con Convenio. <input type="checkbox"/> Sin Convenio.
		I.V.M. <input type="checkbox"/> Directo. <input type="checkbox"/> Familiar.	<input type="checkbox"/> Pago directo. <input type="checkbox"/> Régimen No Contributivo.	<input type="checkbox"/> Hecho punible. <input type="checkbox"/> Cta. Corte.
		<input type="checkbox"/> Cta. Estado.	<input type="checkbox"/> Otros Pensionados.	<input type="checkbox"/> Consulta Externa. <input type="checkbox"/> Servicio Urgencias. <input type="checkbox"/> Hospitalización. <input type="checkbox"/> Sucursal. <input type="checkbox"/> Clínica Periférica. <input type="checkbox"/> Otro Hospital
DATOS CLÍNICOS: _____				No. de Rayos X.
_____				Número y tamaño de las placas
_____				Fecha toma placas
DIAGNÓSTICO CLINICO: _____				1. Solicitud de rutina.
_____				2. Urgente para ser tomado y reportado el mismo día.
EXAMEN SOLICITADO: _____				3. Urgente para ser tomado.
_____				4. Emergencia para tomar y reportar de inmediato.

A.G.4-70-03-0420

	Caja Costarricense de Seguro Social Sistema Integrado de Expediente en Salud Centro de Salud: 2702 - HOSPITAL MANUEL MORA VALVERDE Centro de Salud Adscripción: 2342 - AREA DE SALUD CARTAGO Fecha: 5/07/2019 02:29:50 PM		IMAGEN MÉDICA / GABINETE N°: 2019001386914	
	Tipo y N° identificación: 0 115020133 Nombre: MARIA KATHERINE ARAGON GARITA Fecha Nacimiento: 22/05/1992 Edad: 27 años, 1 meses y 14 días. Sexo: F Peso: 70kg. Talla: 0 cm **URGENTE		Profesional Solicita: 15026 CALVO AGUILAR ANA CAROLINA - MEDICO URGENCIAS Especialidad: URGENCIAS MEDICINA DE EMERGENCIA Área Funcional: ÁREA DE CONSULTORIOS Ubicación: CONSULTORIO ATENCION GENERAL - Cama:-	
Servicio especialidad:	RADIOLOGIA-RADIOLOGIA			
Examen(es) solicitado(s):	TORAX PORTATIL			
Categoría	SubCategoría	Síto anatómico	Exámen ó procedimiento	Lateralidad
ESTUDIOS CONVENCIONALES		TORAX	TORAX PORTATIL	NO APLICA
Observaciones:	TOS SECA PERSISTENTE			
Diagnóstico clínico:	-Z718 OTRAS CONSULTAS ESPECIFICADAS			
15026 CALVO AGUILAR ANA CAROLINA - MEDICO URGENCIAS Firma y Código del Solicitante				
Impreso por: ACCALVOA-ANA CAROLINA CALVO AGUILAR Fecha: 05/07/2019 02:29 PM			Reporte rpt_SIES_Solicitud_Imagen_Gabinete_v2_0_4	