

# EVALUACIÓN DE RANGOS DE TOLERANCIA DE RADIACIÓN IONIZANTE SEGÚN LA NORMA L21-OIEA EN UN ÁREA NEONATOLÓGICA DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE AMBATO

Jéssica Núñez, Pedro Escudero

Grupo de Biofísica Computacional (GBC),  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH),  
Riobamba, Ecuador

## Resumen

La importancia de una Sala de Radiología Pediátrica debe evaluarse acorde rangos de tolerancia de dosis de radiación ionizante así como del blindaje y protecciones requeridas presentes en el área; el trabajo busca verificar que el Departamento de Neonatología del Hospital Regional Docente Ambato cumpla con los parámetros estipulados en la Norma L-21 de la OIEA al momento de realizar estudios tomográficos a neonatos, donde las lecturas obtenidas con dosímetros TLD y kavepímetro, se acojan a normativas de Protección Radiológica que indiquen un límite máximo de dosis para reducir la exposición en pacientes neonatos y la contaminación del lugar por radiación de fuga.

**Palabras claves:** neonato, L21-OIEA, radiología pediátrica, tomografía

## Abstract

The importance of Pediatric Radiology's Room must to evaluate according ranges of tolerance of ionizing radiation's dose, as well as of the shielding and required protections present in the area; the present work found to verify that Department of Neonatology of Hospital Regional Docente Ambato meets the parameters specified in the Norm L-21 of the IAEA at the moment to realize tomographic studies in neonates; where the readings obtained with TLD dosimeters and Kv-meter, benefiting to regulations of Radiological Protection, which indicate a maximum limit of dose to reduce exposure in neonates and local pollution by radiation leakage.

**Keywords:** neonate, L21-IAEA, pediatric radiology, tomography

## INTRODUCCIÓN

El área de Neonatología de un hospital es un sitio de sumo cuidado que debe estar regido por normativas que impliquen el mantenimiento del área y cuidado del paciente, especialmente si en ella se practican estudios de radiodiagnóstico propios de una sala de Radiología Pediátrica (1).

Diversos estudios realizados en Salas de Neonatología Pediátrica se iniciaron con programas de capacitación en 1981 en el Hospital Infantil de Pensilvania en EEUU para mejorar la instalación hospitalaria y el cuidado de neonatos al momento de ser sometidos a estudios radiológicos para evitar una sobreexposición de dosis y fugas

de radiación dispersa; en la actualidad, países como Reino Unido, España, Corea del Sur, Italia y Francia cuentan con programas reconocidos a nivel internacional, buscando optimizar el servicio de Radiodiagnóstico Pediátrico (1, 2). Al tratar con pacientes neonatos se debe tomar en cuenta su inmadurez biológica y los efectos estocásticos que una sobredosis de exposición en un examen tomográfico puedan afectar las células en crecimiento de su organismo. Los niños son los más vulnerables y presentan un mayor riesgo radiológico que los adul-

tos durante una exposición a radiaciones ionizantes, como es el caso de los neonatos que, debido al pequeño volumen de su cuerpo, durante un examen tomográfico de tórax, toda la zona abdominal y sus órganos genitales forman parte de la región directamente expuesta a la radiación (4).

Es necesario que, para exámenes tomográficos, se conozcan parámetros como kilovoltaje y corriente del equipo médico determinando así la calidad del aparato y el envejecimiento del tubo de rayos X que puede repercutir en la técnica utilizada. Para tener un cálculo aproximado, se debe conocer los regímenes de los adultos para aplicarlos en Pediatría. Los neonatos tienen condiciones que requieren menor exposición a la radiación ionizante (4).

Conociendo los parámetros pediátricos requeridos para realizar estudios de niveles de dosis adquiridos por neonatos y los instrumentos dosimétricos necesarios, se pueden calcular medidas como: CTDI<sub>w</sub> (índice de volumen TC dosis), que expresa la dosis media suministrada al volumen de escaneo para una prueba específica, permitiendo la comparación directa de la dosis de radiación entre exámenes TC con diferentes valores de los ajustes de escaneo, incluso entre exámenes TC de diferentes fabricantes; sin embargo, el CTDI<sub>w</sub> no tiene en cuenta el tamaño y la forma del paciente, ya que puede calcular y medir la dosis incluso sobre un fantoma (5).

El DLP (Producto dosis-longitud) es un indicador de la dosis de radiación integrada de todo un examen de TC. Este calcula la dosis incluyendo el número de barridos y la longitud de barrido ( $DLP \text{ volumen} = CTDI \times \text{longitud total de exploración}$ ), mientras que la dosis efectiva (DE) es útil para evaluar y comparar el riesgo potencial biológico de un determinado examen. Se puede obtener sencillamente multiplicando DLP x factor de conversión (k) que varía dependiendo de la región del cuerpo que se va

a examinar. La dosis efectiva es el valor más utilizado para la comparación entre los procedimientos radiológicos (3, 4, 5, 10).

La Norma L-21 de la OIEA es suficientemente flexible para permitir su fácil adaptación a la evolución tecnológica así como a la variación de las circunstancias en los procedimientos médicos coherentes con las directrices internacionales o nacionales; según dicha normativa, los principales puntos que las salas de estudios de radiodiagnóstico pediátrico deben cumplir son los siguientes:

- a) Contar con puerta blindada de acceso a la sala de Tomografía.
- b) El espesor de blindaje no debe permitir que la dosis en la consola de control sea mayor que 0,02 mGy por semana (1).
- c) Protecciones plomadas tanto para el equipo que labora en la sala así como para el paciente.

La aplicación de la Norma L21-OIEA permitirá evaluar la tolerancia de rangos de dosis en el Área de Neonatología del Hospital Regional Docente Ambato, al momento de practicar estudios tomográficos, así como la revisión del blindaje y equipo de tomografía de las instalaciones en que se realizan los análisis (3, 6, 7). Cabe recalcar que los pacientes pediátricos varían en tamaño. Las dosis administradas a pacientes pediátricos variarán significativamente de las que se administran a los adultos (11, 12, 9).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fases de medición

Se pretende realizar mediciones por medio de dosímetros TLD en ciertos puntos del Área de Neonatología, en el instante en que se realizan estudios tomográficos a neonatos, con el fin de verificar que las lecturas obtenidas por estos dosímetros estén acordes y no superen el rango de medidas establecidas en la Norma L-21 de la OIEA, comprobando que la sala de Radiología Pediátrica del Hospital Regional Docente Ambato cumpla con dicha disposición, para lo cual es necesario aplicar las siguientes fases:

**Fase i:** en esta fase se realiza una inspección física de la instalación, verificando si el área posee el blindaje y equipo necesarios.

Los principales requerimientos que deben revisarse en dicha inspección son:

- a) Las paredes plomadas de la Sala de Radiología Pediátrica deben estar revestidas con un protector como pintura.

- b) Protecciones plomadas tanto para el personal del área de radiología como para los pacientes: delantales plomados Pb de al menos 0,35 mm para exámenes entre 100 y 150 kV de pico de tensión, protectores de tiroides, protectores gonadales y guantes plomados de 0,25 mm Pb.
- c) Inmovilizadores pediátricos como: bandas, almohadillas, sacos de arena, sedación.
- d) Descripción del equipo tomográfico: fabricante, marca, modelo, kilovoltaje máximo (kV), corriente máxima (mA) o carga máxima (mAs), número de cortes del tomógrafo.

**Fase ii:** se coloca un kavepímetro ECC 820 kVp (45 -125 kV) a 40 cm del orificio de salida del haz, producido por el tubo de rayos X para así conocer la energía del haz al momento de realizar el estudio tomográfico; dicho voltaje debe estar entre el rango de kilovoltaje que se indica en el cuadro 1 de los Parámetros Neonatológicos establecidos por la OIEA.

Parámetros	Valores
Kilovoltaje tomógrafo	60 kV a 80 kV
Dosis efectiva en estudios tomográficos en neonatos	< 5 nSv
Tiempo exposición neonatos	< 10 ms

Cuadro 1. Parámetros neonatológicos OIEA (4)

**Fase iii:** se utiliza cuatro dosímetros TLD de sensibilidad relativa 1, donde el primer dosímetro (D1) se



Figura 1. Neonato inmovilizado para un estudio tomográfico (6)

coloca a un metro de distancia del tomógrafo Siemens Somatom Emotion, mientras que el segundo, tercero y cuarto dosímetros (D2, D3, D4) están en contacto directo con el cuerpo de los neonatos (pacientes de 0 a 31 días de nacidos).

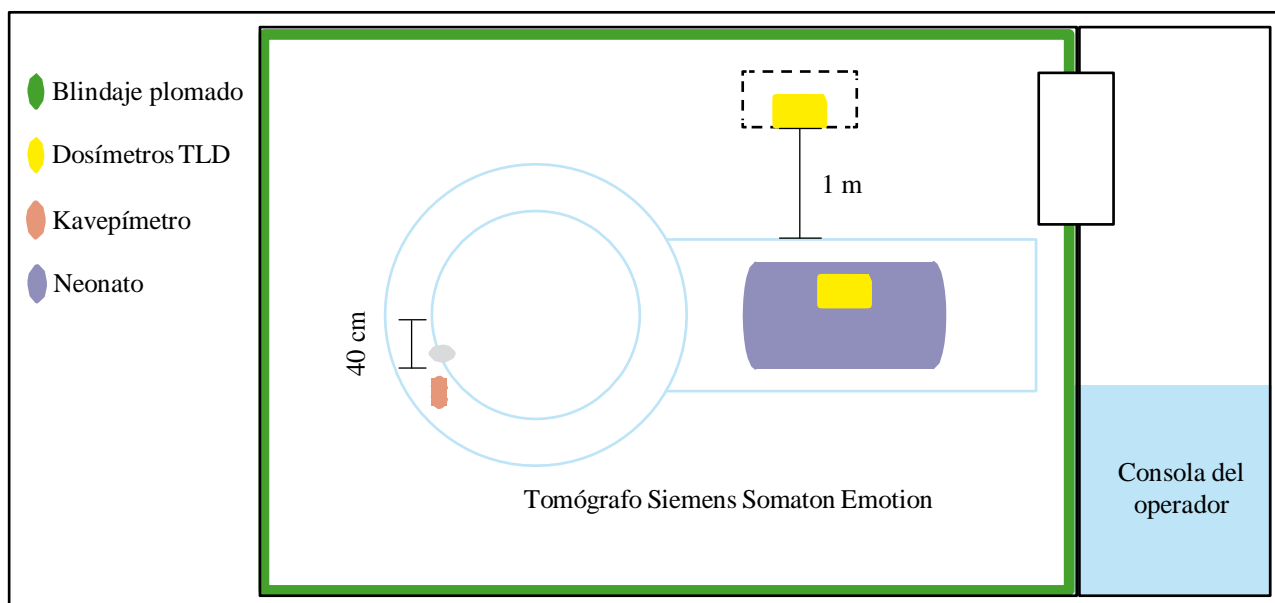


Figura 2. Diagrama del posicionamiento de los dosímetros TLD y Kavepímetro alrededor del Tomógrafo Siemens Somatom Emotion para la obtención de lecturas en la Sala de Radiología Padiátrica

**RESULTADOS**

Para el presente trabajo, el kavepímetro ECC 820 kVp (45 -125 kV), ubicado a 40 cm del orificio de salida del haz, emite lecturas de la energía del haz (kV) así como de su carga máxima (mAs) en cada tipo de examen tomográfico, para lo cual se requiere tres neonatos (N) con diferente tipos de tomografías: N1-neonato para examen de tomografía craneal, N2-neonato para examen tomográfico de tórax y N3-neonato para examen tomográfico de abdomen; la selección de los tres tipos de examen se debe a que en cada uno de ellos se realiza a diferente energía del haz, obteniendo por lo tanto una variación en las dosis. En

el cuadro 2 se observa los parámetros de estudios tomográficos en pediatría establecidos en la Norma de la OIEA, necesarios para comparar con las mediciones obtenidas por los aparatos dosimétricos. Al momento de realizar el examen al pa-

ciente, es necesario tomar en cuenta su posicionamiento e inmovilización para obtener lecturas óptimas y disminuir el margen de error en la toma de las mismas, de preferencia la posición del neonato será decúbito supino para los tres exámenes. El dosímetro TLD (D1) da lecturas de la dosis presente en un área de 24x24 cm<sup>2</sup> de la Sala de Radiología Pediátrica. Los dosímetros TLD restantes (D2, D3 y D4) serán colocados directamente en el cuerpo del neonato para el cálculo de la Dosis Efectiva (E), el CTDI<sub>w</sub> que representa la dosis local en un corte irradiado, y la DLP que indica la dosis integral recibida en la exploración.

En el cuadro 3, se tienen las mediciones una vez obtenidas las lecturas con los dosímetros TLD y el kavepímetro ECC 820 kVp, dichas medidas se tomaron como re-

ferencia de un estudio realizado en el Hospital Universitario de La Paz, Madrid (4)

En las gráficas se puede observar los valores de la Tabla 3 donde la carga máxima del haz crece a medida que au-

Estudio tomográficos en neonatos	kV	mAs
Tomografía craneal	20	< 50
Tomografía de tórax	50	< 75
Tomografía abdominal	55	< 40

Cuadro 2. Valores de energía y carga máxima del haz, establecidos por la OIEA en Radiología Pediátrica (11)

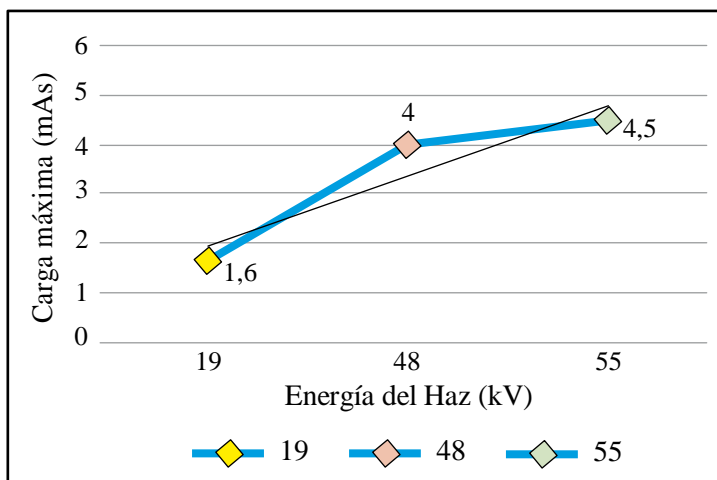


Gráfico 3. Linealidad entre mAs vs. kV

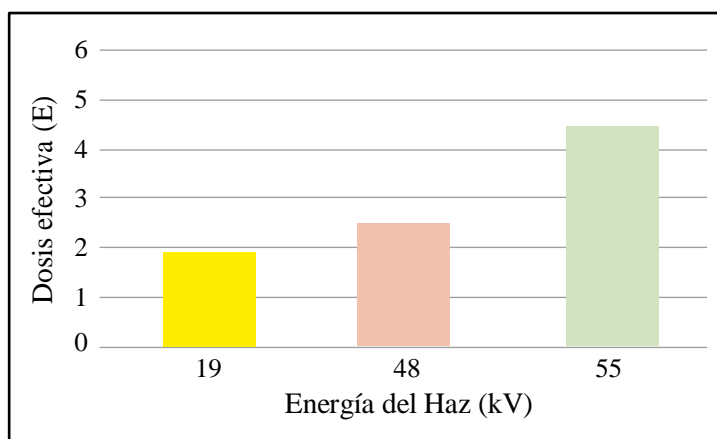


Figura 4. Aumento de la dosis efectiva respecto a la energía del haz

Paciente	Región del neonato que se expone	Dosis efectiva E (mSv)	Índice de dosis de tomografía CTDI <sub>w</sub> (m Gy)	Producto dosis longitud DLP (mGy.com)	kV	mAs
Neonato 1 (N1)	cráneo	1,98	16	210	19	1,6
Neonato 2 (N2)	tórax	2,52	2	25	48	4
Neonato 3 (N3)	abdomen	4,41	2	50	55	4,5

Cuadro 3. Mediciones obtenidas de las lecturas de disímetros TLD y kavepímetro ECC 820 kVp (4)

menta la energía del haz y por ende la dosis efectiva (E), siendo el kV y el mAs directamente proporcionales.

- a) En el gráfico de barras (figura 3) se observa una relación lineal entre el kV y el mAs, b) al igual que en la figura 4 se puede observar una relación directa entre la energía del haz kV y la dosis efectiva (E). Tanto en las gráficas a) y b) el color amarillo corresponde a una tomografía craneal, el color naranja representa una tomografía de tórax y el color verde corresponde a una tomografía abdominal de los tres pacientes neonatos.

## DISCUSIÓN

Las medidas obtenidas en el cuadro 3 como dosis efectiva, CTDI<sub>w</sub> y DPL se calculan de acuerdo a definiciones de la OIEA y de la guía europea de criterios de calidad para tomografía computarizada, teniendo en cuenta que las exploraciones de cráneo se realizan en modo secuencial y las de tórax y abdomen en modo helicoidal.

Los valores de CTDI<sub>w</sub> y DPL serán aceptables siempre y cuando los valores de dosis efectiva se encuentren dentro de los rangos correspondientes.

### Tomografía de Cráneo

De acuerdo a la Tabla 3 en la exploración de cráneo, se observa una disminución de la dosis efectiva en relación a las tomografías de tórax y abdomen, debido a que aumenta la distancia del campo de radiación a los órganos radiosensibles como es el cristalino del ojo. Los valores de dosis, energía del haz y carga máxima (mAs) se encuentran dentro de los valores indicados en las Tablas 1 y 2 normados por la OIEA. La tomografía de cráneo en neonatos se realiza en 1,5 s de tiempo de rotación y 7 mm de espesor de corte.

### Tomografía de tórax y abdomen

De acuerdo al cuadro 3, los valores de kV, mAs y dosis efectiva de estas zonas tienen valores similares debido a la amplitud de la zona de estudio (diámetro del neonato de alrededor 16 a 24 cm, zona del tronco); por tanto, al aumentar el barrido de exposición se presenta un aumento de dosis, kV y mAs en dichos estudios. Los valores obtenidos en esta medición se encuentran dentro del rango que señalan los cuadros 1 y 2 de parámetros.

La tomografía de tórax y cráneo en neonatos se realiza en 1s de tiempo de rotación y 7 mm de espesor de corte.

El valor del kV en la tomografía de abdomen se considera alto aun cuando esté en el rango de medidas por lo que sería necesario disminuirlo para con ello reducir el nivel

de dosis y la exposición del neonato.

Se puede decir que existe una relación lineal entre el mAs y la dosis de irradiación (E), que conlleva el área donde se va a practicar el estudio tomográfico.

De acuerdo a los valores del cuadro 3 al reducir el kV también se reduce el valor de la dosis.

En cuanto a la dosis del dosímetro (D1), se estima tener una dosis promedio de los tres estudios tomográficos, una dosis de alrededor 0,02 mGy.

## CONCLUSIONES

Los resultados de las dosis por examen tomográfico obtenidos en las exposiciones de cráneo, tórax y abdomen en los tres pacientes neonatos se encuentran bajo los parámetros de la Norma L-21 de la OIEA, por lo que se puede decir que los valores de energía del haz kV y carga máxima mAs del Tomógrafo Siemens Somatom Emotion, están en correcta calibración y el equipo, en correcto funcionamiento.

Las dosis resultantes de este trabajo se pueden tomar como puntos de referencia para estudios futuros no solo a nivel de los hospitales y centros imagenológicos del cantón Ambato sino a nivel nacional, ya no sólo realizando estudios en neonatos, sino a nivel neonatal-pediátrico, tratando a niños de hasta seis años de edad, para realizar comparaciones de dosis recibidas de acuerdo a edades y pesos de los pacientes en las diferentes tomografías realizadas, constituyendo así un punto de partida para futuras evaluaciones e implementación de acciones de optimización para la práctica pediátrica en los centros hospitalarios del Ecuador. A falta de un número indicado de neonatos para un estudio, se puede utilizar fantasmas como botellas de agua cilíndricas con un volumen de 2500 ml, con un diámetro de 16 a 32 cm, fantoma apto para estudio y con una ventaja para el cálculo de CTDI<sub>w</sub> DPL.

En Ecuador existe falencia de información en el tema de Radiología Pediátrica, por

esta razón en dicho estudio se considera factores como blindajes plomados, protecciones plomadas y dosis efectivas en la sala de estudio; los exámenes pediátricos

requieren especial consideración, dado que los factores de riesgo de incidencia de efectos estocásticos es mayor en los niños que en adultos por su inmadurez biológica de acuerdo a la norma de Radiología Pediátrica de la OIEA.

## R eferencias

1. Ruiz MdJ. Análisis Comparativo de Dosis. Madrid; 1992.
2. Nuclear IPdE. Normas Básicas de Protección Radiológica. In. Lima; 2013.
3. Infante Á. Control de Calidad en Radiodiagnóstico Convencional. Cuba Salud 2012. 2012 Dec.
4. I S, E C. 2005 Dec. Dosis en TC pediátricos. Revista de Física Médica. III (6).
5. Paniagua R, Cáceres G. 2011. Evaluación de dosis radiactiva en neonatos durante su estancia en UCI. Científico. Lima: Instituto Peruano de Energía Nuclear, División de Reactores Nucleares. Report No.: ISSN 1684-1662.
6. Molina JL. Radiología Pediátrica. Técnico. Málaga: Departamento de Pediatría; 2011.
7. Atómica OIdE. Requisitos de Protección Radiológica en Diagnóstico Médico con Rayos X. In Nuclear IPdE.; 2013. p. 5.
8. America RSoN. Radiologyinfo. Dosis de radiación en exámenes de rayos X y TAC. 2014: p. 8.
9. Menéndez S. Procedimientos de Protección Radiológica. In Instalación Radiactiva Central. Madrid; 2009.
10. Perkins AC. Nuclear Medicine Science and Safety. American College Society. 2000.
11. R JC, Villalobos C. Programa de Protección Radiológica. Técnico. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo de Madrid, Departamento de Radiología; 2001.
12. García C. 2005 Dec. Uso y abuso del estudio radiológico de esófago, estómago y duodeno en pacientes pediátricos: necesidad de una adecuada normativa y de una estandarización del examen. ScIELO. 11.
13. Mondaca R. 2006. Por qué reducir la dosis de radiación en Pediatría. ScIELO. 12.
14. Sánchez J. Normas y estándares de acreditación para servicios de urgencias pediátricas y otros de instrucción en medicina de urgencias pediátrica. Madrid; 2005.
15. Ramos N. 2013. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. Scielo. 19(1).