

# MATRIZ DE RIESGO TRIDIMENSIONAL APLICADA A UNA EVALUACIÓN DE BIOSEGURIDAD EN UNA PRÁCTICA DE HEMODIÁLISIS

## TRIDIMENSIONAL RISK MATRIX APPLIED TO BIOSAFETY ASSESSMENT IN HEMODIALYSIS PRACTICES

Katherina Sierra Gil<sup>1</sup>  
Antonio Torres Valle<sup>2</sup>

### RESUMEN

Los procesos de hemodiálisis son una alternativa de sobrevida para los pacientes con insuficiencia renal crónica; sin embargo, por su proceder invasivo resultan una de las prácticas médicas con mayores riesgos para los mismos. También resulta riesgosa la práctica para los trabajadores ocupacionalmente expuestos, dados los peligros biológicos por el manejo de fluidos y la existencia de patógenos, con los que estos se ven involucrados. El método de 'matriz de riesgo tridimensional' es utilizado comúnmente como herramienta para establecer prioridades en la gestión del riesgo de muchas prácticas médicas con radiaciones ionizantes, a partir del análisis combinado de los escenarios de riesgo que pueden aparecer en esta práctica. El objetivo de este estudio es evaluar, utilizando de manera novedosa este método, el riesgo biológico en una sala de hemodiálisis. Para ello se aplicó el código SECURE-MR-FMEA, el cual informatiza el método de matriz de riesgo. Se detectó que el riesgo en este proceso es muy alto, debido, esencialmente, a la no existencia de local para el almacenamiento de desechos biológicos peligrosos. Otros contribuyentes importantes son el uso inadecuado de los medios de protección individual y el incumplimiento de buenas prácticas y procedimientos.

**Palabras clave:** análisis de riesgo, trabajadores ocupacionalmente expuestos, peligros biológicos, matriz de riesgo, hemodiálisis

### ABSTRACT

Hemodialysis processes are a survival alternative for patients with chronic renal failure; however, due to their invasive procedure they are one of the medical practices with the greatest risks for them. The practice is also risky for occupationally exposed workers, given the biological dangers of fluid handling and the existence of pathogens, with which they are involved. The "three-dimensional risk matrix" method is commonly used as a tool to establish priorities in the risk management of many medical practices with ionizing radiation, based on the combined analysis of the potential risk scenarios in the practice. The objective of this study is to evaluate, using this method in a novel way, the biological risk in a hemodialysis room. For this, the SECURE-MR-FMEA code was applied, which computerizes the risk matrix method. It was detected that the risk in this process is very high due, essentially, to the non-existence of premises for the storage of hazardous biological wastes. Other important contributors are the inadequate use of individual protection devices and the accomplish-

ment of good practices and procedures.

**Keywords:** risk analysis, occupationally exposed workers, biological danger, risk matrix, hemodialysis

### INTRODUCCIÓN

La seguridad de las instalaciones con riesgo biológico requiere de la búsqueda continua de un nivel de excelencia y su objetivo general es brindar un servicio de calidad, pero con el principio de proteger a los trabajadores, a la comunidad y al medio ambiente, así como la bioprotección de la propia instalación, pero para ello es necesario crear y mantener las instalaciones con altos requerimientos de seguridad y disponibilidad, inclusive en casos de ocurrencia de un desastre.<sup>(1)</sup>

La evaluación del riesgo es un procedimiento que debe realizarse de una manera científicamente adecuada con el uso de conocimientos especializados, con el objetivo de caracterizar e identificar la naturaleza y la magnitud de las situaciones hipotéticas de peligro, si las hubiera, y la probabilidad de que esas situaciones se presentaran realmente.<sup>(2)</sup> Uno de los métodos utilizados para evaluar el riesgo biológico es la matriz de riesgo con sus diferentes variantes.

El método de la 'matriz de riesgo tridimensional' es utilizado como herramienta para establecer prioridades en la gestión del riesgo de una instalación a partir del análisis combinado de los potenciales escenarios de riesgo en la misma. Cada escenario se caracteriza por la ocurrencia de un evento indeseado (con su frecuencia asociada), la probabilidad de fallo de las barreras existentes y sus consecuencias.<sup>(3)</sup> Este método, aunque no permite cuantificar el riesgo numéricamente, hace posible clasificarlo en niveles, lo cual resulta suficiente para

<sup>1</sup> Máster en Ciencias. Hospital materno de Güines, Mayabeque, Cuba. ORCID ID: 0000-0002-4340-4123

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. ORCID ID: 0000-0001-9244-5977

### Correspondencia:

Antonio Torres Valle  
Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas,  
Universidad de La Habana, La Habana, Cuba  
E-mail: [antoniotorresvalle@gmail.com](mailto:antoniotorresvalle@gmail.com)

establecer prioridades, sin necesidad de análisis de riesgos más precisos pero más costosos <sup>(4)</sup>, adicionalmente de impracticables.

La metodología 'matriz de riesgo tridimensional' ha sido aplicada ampliamente en la industria con riesgo potencial asociado (química, petrolera, etc.), en el sector bancario y crediticio, así como en distintas prácticas con radiaciones ionizantes (radioterapia, medicina nuclear y radiodiagnóstico) <sup>(5)</sup>, pero nunca ha sido utilizada para evaluar el riesgo biológico en otras prácticas médicas.

La enfermedad renal crónica (ERC) representa, al igual que otras enfermedades crónicas, un importante problema de salud pública, tanto por su elevada incidencia y prevalencia, como por su importante morbilidad y coste socioeconómico. <sup>(6)</sup>

La hemodiálisis (HD) es una técnica de depuración extracorpórea cuya finalidad es la de suplir algunas de las funciones que el riñón humano realiza normalmente, es un tratamiento que se aplica para salvaguardar la vida de los pacientes con enfermedad renal crónica en grado 5 y en algunos casos de fallo renal agudo; se realiza de acuerdo a una prescripción individualizada de forma trisemanal, bisemanal o diariamente y, como todo tratamiento, tiene sus indicaciones, contraindicaciones y efectos adversos que pueden ser prevenibles y tratables. <sup>(6-8)</sup>

El estudio detallado de la bibliografía disponible <sup>(7,9)</sup> ha permitido identificar dos estudios de riesgo referidos a tratamientos con hemodiálisis, que utilizan métodos matriciales como el sugerido en este artículo.

Teniendo en cuenta estas premisas, se ejecutó la presente investigación, cuyo objetivo general fue evaluar el riesgo biológico en una sala de HD aplicando la matriz de riesgo tridimensional.

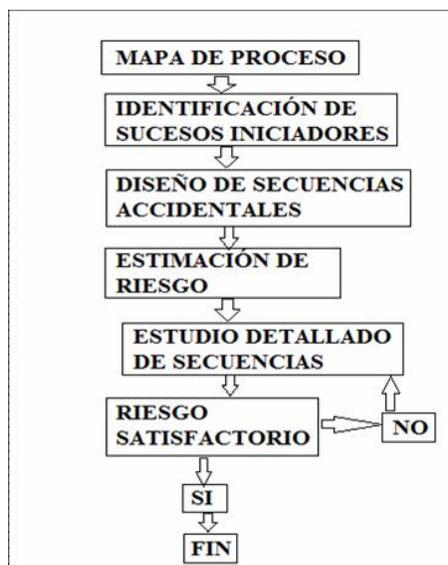
## MATERIAL Y MÉTODO

El análisis de riesgo se realizó en una unidad de HD durante el período comprendido entre septiembre de 2018 y julio de 2019. El estudio se caracterizó por un enfoque cuantitativo, explicativo y no experimental de tipo transeccional. Se estudió a toda la población ocupacionalmente expuesta, dado el interés para la investigación sobre todo trabajador que, de una forma u otra, se expone al riesgo biológico en la instalación. También se considerarán para el estudio los riesgos para los pacientes sometidos a proceso de HD, pero solo los de carácter biológico.

Para evaluar el riesgo biológico que representa el tratamiento de HD para pacientes y trabajadores, se utilizó la matriz de riesgo tridimensional, a través del algoritmo de trabajo representado en la figura 1.

Figura 1

Algoritmo utilizado para evaluar el riesgo biológico utilizando el código SECURE-MR-FMEA



El mapa de proceso es el ordenamiento cronológico de las diferentes etapas por las cuales transcurre el proceso de HD.

En cada subproceso o etapa podrán ocurrir varios escenarios, o sea, sucesos iniciadores que conllevan a peligros dentro del proceso correspondiente. Estos sucesos iniciadores son los mecanismos mediante los cuales

se manifiesta el peligro. No basta con que el microorganismo esté presente; es necesario un mecanismo mediante el cual el mismo conduzca a la infección.

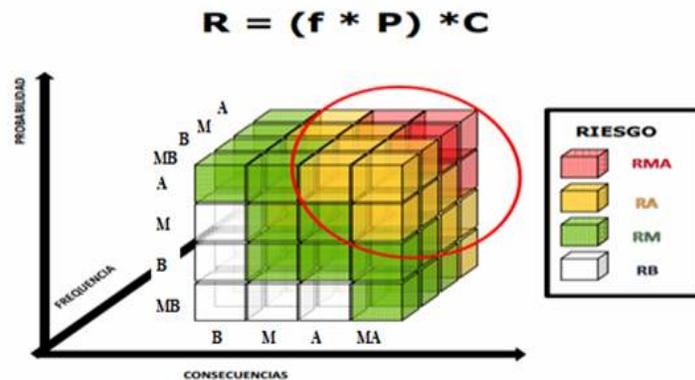
Cada secuencia accidental se describe mediante un árbol de evento, que es un método inductivo que describe la evolución del suceso iniciador vinculado con el

fallo de sus correspondientes barreras hasta alcanzar las consecuencias indeseadas.<sup>(10)</sup>

Para estimar el riesgo se emplea la matriz de riesgo, que vincula tridimensionalmente los parámetros que caracterizan al riesgo biológico. Ellos son: frecuencia

del suceso iniciador (F), probabilidad de fallo de barreras (P) y magnitud de las consecuencias (C). Cada parámetro se caracteriza con una escala cualitativa, la cual aparece representada en la figura 2.

**Figura 2**  
**Matriz tridimensional de riesgo**



El estudio detallado del riesgo para toda la práctica permite su caracterización a través de perfiles por niveles de riesgo, ordenamiento de secuencias más importantes, determinación de medidas de defensa más trascendentes y acciones de monitoreo de riesgo.

Dado que la matriz de riesgo original fue diseñada para sucesos radiológicos<sup>(11)</sup>, resulta necesario su ajuste para estudios de riesgo biológico. En este aspecto, aunque resultaron válidos prácticamente todos las hipótesis asumidas para el caso radiológico, fue necesario diferenciar los patrones para caracterizar las consecuencias (tablas 1 y 2).

**Tabla 1**  
**Criterio para evaluar niveles de consecuencias sobre pacientes**

Clasificación	Descripción
Muy alta (MA)	Muertes o daños limitantes a varios pacientes
Alta (A)	Muerte o daños limitantes a un solo paciente, afecta a todo o gran parte del tratamiento
Media (M)	Clínicamente no ponen en riesgo la vida del paciente
Baja (B)	No se producen efectos sobre los pacientes. Disminución de la defensa en profundidad

**Tabla 2**  
**Criterio para evaluar niveles de consecuencias sobre trabajadores**

Clasificación	Descripción
Muy alta (MA)	Muerte o enfermedad infectocontagiosa que puede llevar a la muerte de un trabajador o invalidez permanente
Alta (A)	Enfermedad que no provoca muerte ni daños permanentes
Media (M)	Clínicamente no ponen en riesgo la vida de los trabajadores, son exposiciones que no afectan el trabajo diario
Baja (B)	No se producen efectos sobre los trabajadores. Disminución de la defensa en profundidad



La tabla 3 muestra los subprocesos del tratamiento de HD con la cantidad de secuencias accidentales de cada uno de los subprocesos clasificadas por niveles de riesgo, observándose que el riesgo más alto lo tiene una de las secuencias que se encuentra en la preparación de la sala o departamento.

El sistema de codificación de niveles de contribuyentes se representa en la figura 4.

Mientras que a nivel de un subproceso puede apreciarse el riesgo por secuencias accidentales en el diagrama de Ishikawa en la figura 6.

**Tabla 3**  
**Distribución general de perfil de riesgo por subproceso para HD**

Etapa	RMA	RA	RM	RB	Total por etapa
Proceso de hemodiálisis (HMD)					
Preparación de sala o departamento de hemodiálisis (PSH)	1	6	2	0	9
Recepción del paciente (RDP)	0	0	2	0	2
Preparación del paciente (PDP)	0	2	4	0	6
Preparación de la máquina (PDM)	0	0	1	0	1
Preparación del paciente antes de la conexión (PAC)	0	0	5	0	5
Conexión del paciente (CDP)	0	2	3	0	5
Ejecución de la hemodiálisis (EDH)	0	0	2	0	2
Desconexión del paciente (DDP)	0	1	4	0	5
Desinfección automática de la máquina (DAM)	0	0	1	0	1
Desinfección manual de la máquina, cama y local (DMM)	0	2	0	0	2
Fregado de dializadores (FDD)	0	1	0	0	1
Proceso	1	14	24	0	39

**Figura 4**  
**Codificación de colores para caracterizar las magnitudes del riesgo**



Una representación en forma de mímico para el mapa de proceso de la práctica de HD se aprecia en la figura 5.

**Figura 5**  
**Mímico el proceso de HD**

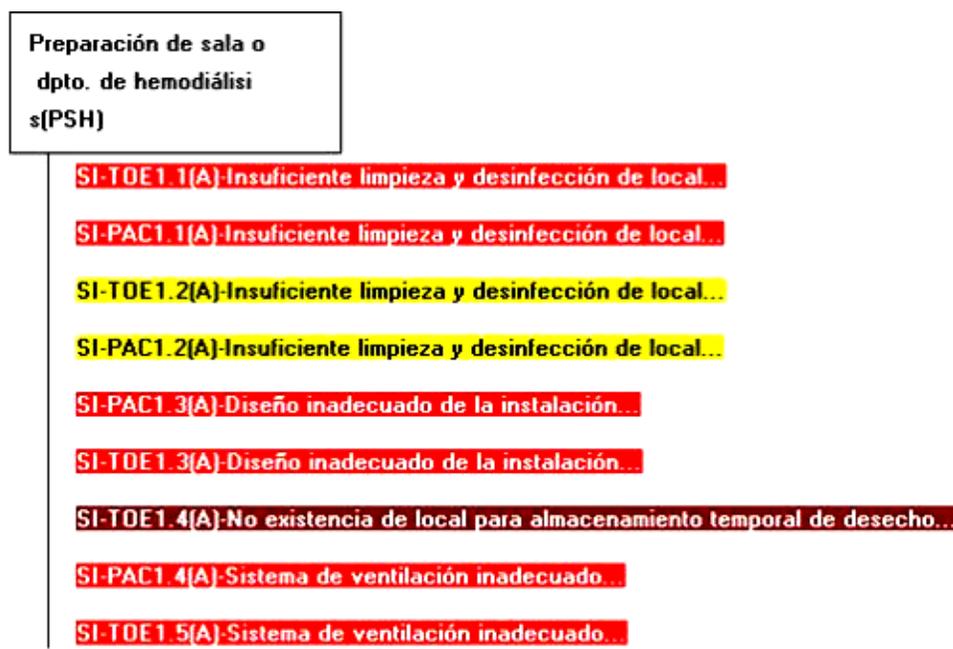


Se puede observar que la frecuencia con riesgo muy alto se debe a la no existencia de local para almacenamiento temporal de desechos biológicos peligrosos en la instalación; las secuencias con riesgo alto se deben al diseño inadecuado de la instalación y al sistema de

ventilación inadecuado, y la secuencia con riesgo medio se debe a la insuficiente limpieza y desinfección del local.

La tabla 4 muestra un fragmento del ordenamiento de las secuencias más importantes.

**Figura 6**  
Mapa de un subproceso para la práctica de HD



**Tabla 4**  
Secuencias ordenadas por nivel de riesgo y magnitud de consecuencia

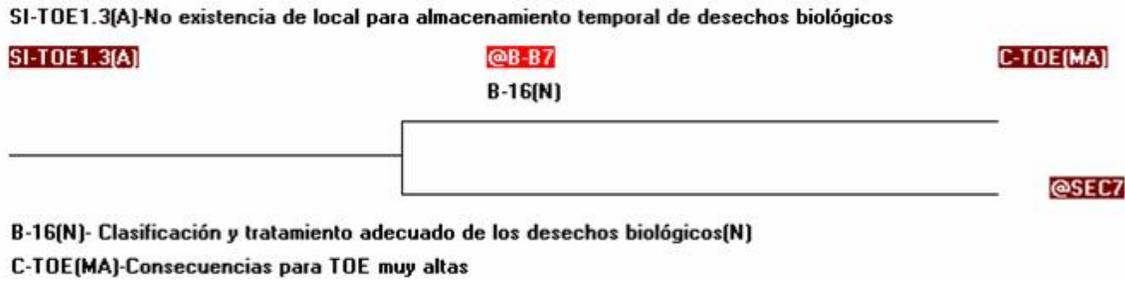
Nº	Sec {SI}	Riesgo	Consecuencia	Proceso	Descripción
1	SEC7{SI-TOE1.4(A)}	MA	C-TOE(MA)	PSH	No existencia de local para almacenamiento temporal de desechos biológicos
2	SEC1 {SI-TOE1.1(A)}	A	C-TOE(MA)	PSH	Insuficiente limpieza y desinfección de local
3	SEC2{SI-PAC1.1(A)}	A	C-PAC(MA)	PSH	Insuficiente limpieza y desinfección de local
4	SEC12{SI-TOE3.1(M)}	A	C-TOE(MA)	PDP	Salpicadura con sangre por hemorragia luego del proceder invasivo
5	SEC27{SI-TOE6.3(M)}	A	C-TOE(MA)	CDP	Derrame menor al tomar muestra para análisis de sangre
6	SEC28{SI-PAC6.2(M)}	A	C-PAC(MA)	CDP	Reutilización de dializadores mal manejados
7	SEC31 {SI-TOE8.1(M)}	A	C-TOE(MA)	DDP	Derrame menor al separar las vías del paciente con la máquina
8	SEC37{SI-TOE10.1(M)}	A	C-TOE(MA)	DMM	Contacto con sangre y líquidos contaminados
9	SEC39{SI-TOE11.1(A)}	A	C-TOE(MA)	FDD	Salpicadura de líquidos y agua contaminados por la presión del agua al fregar los dializadores de re-uso

La tabla muestra las secuencias accidentales ordenadas por niveles de riesgo y la magnitud de las consecuencias. Se confirma que la secuencia número 7 tiene un riesgo muy alto con consecuencias muy altas para trabajadores ocupacionalmente expuestos, debido a la no existencia en

la instalación de un área para el almacenamiento temporal de los desechos biológicos peligrosos.

La figura 7 ilustra la secuencia accidental más contribuyente, donde se observan los factores por los cuales su riesgo asociado es muy alto.

**Figura 7**  
Representación de la secuencia accidental más contribuyente



Otro de los análisis posible es el de importancia de las medidas de defensa, dado en este caso por los riesgos aumentados al desaparecer barreras.

Obsérvese en la figura 10 la importancia de la barrera B-4, uso de los medios de protección individual (MPI), siendo también importantes las barreras B1 (mantenimiento preventivo de equipos), B-2 (medios de limpieza y desinfección) y B-9 y B17 (ambas referidas a buenas

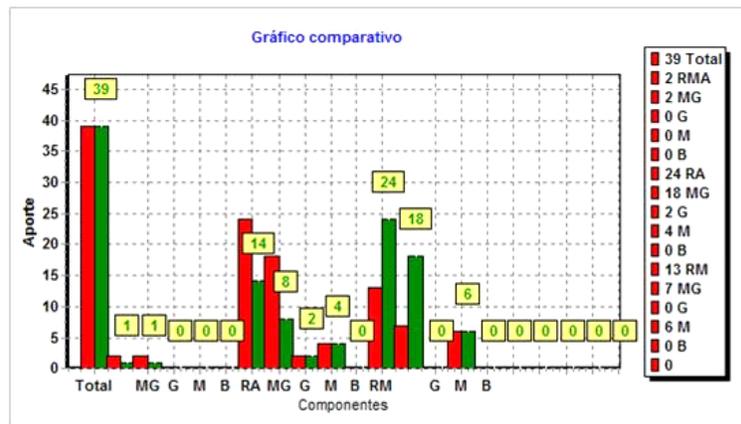
prácticas y procedimientos). Un análisis de sensibilidad válido para este estudio consiste en valorar el efecto de la exclusión de la barrera B-4.

Al excluirse la barrera B-4 se produce un desplazamiento hacia los riesgos altos de muchas de las secuencias accidentales originalmente postuladas (de 1 a 2 RMA, de 14 a 24 RA) (figura 9).

**Figura 8**  
Perfil de importancia de barreras de defensa de la práctica



**Figura 9**  
Gráfica comparativa del perfil de riesgo para la práctica considerando el perfil original y la exclusión de la barrera B-4



Otro estudio necesario para adaptar el escenario al estado actual de la práctica es descontar la secuencia accidental que describe la reutilización de dializadores. Este caso reporta la disminución de un riesgo alto, con su correspondiente consecuencia muy alta, en las secuencias inicialmente postuladas.

## DISCUSIÓN

El estudio realizado permite observar que la secuencia accidental de mayor contribución es la no existencia de un área para el almacenamiento temporal de los desechos biológicos. Esta información demuestra la importancia que tienen estos locales en las instituciones de salud, sobre todo en las áreas que tienen riesgo asociado a la práctica. La investigación también arrojó la trascendencia que tiene el uso adecuado de los MPI, representando estos la medida de defensa que no debe ser violada ante labores con riesgo biológico.

El análisis de riesgo, realizado en <sup>(9)</sup> permitió detectar 62 peligros y 30 riesgos que afectaban a pacientes y trabajadores; para esto se utilizó la matriz de R. Pikens, que tiene la ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{exposición} \times \text{consecuencias}$$

Este análisis concluyó que existe un mal manejo de la gestión de la bioseguridad. Esto se debe a que se detectaron incumplimientos en los ítems de los principios esenciales de la bioseguridad. El análisis realizado en el marco de esta investigación confirma los resultados obtenidos por el estudio anterior. Por ejemplo, destacan los temas comunes en ambos análisis sobre disponibilidad de local para desechos, uso de medios de protección y malas prácticas y procedimientos.

El estudio realizado en el Instituto de Nefrología utilizando FMEA sobre pacientes, determinó que las complicaciones frecuentes observadas en tratamiento de hemodiálisis (HD) fueron la hipertensión intradiálisis (1 cada 9 tratamientos) y la hipotensión sintomática, que ocurre durante(o inmediatamente después de la HD (1 cada 14 tratamientos). De estos dos casos, puede asegurarse que en el estudio documentado existen secuencias accidentales que contienen la desconexión accidental de las mangueras, lo cual genera derrames abundantes de sangre, entre cuyas causas se identifican la hipertensión intradiálisis. El caso de hipotensión queda fuera del alcance del estudio, pues trata temas relativos a pacientes que no incluyen riesgos biológicos.

Una amplia revisión reciente describe como las unidades de HD son organizaciones complejas en las que participan profesionales de múltiples disciplinas y que usan tecnologías avanzadas para tratar pacientes, a menudo de edad avanzada y con pluripatología. A medida que las organizaciones se hacen más complejas, la posibilidad de fallos aumenta, por lo que los riesgos poten-

ciales deben identificarse y priorizarse con el fin de aumentar la seguridad de los cuidados.

Para enfrentar los mayores riesgos relacionados con la práctica de hemodiálisis, se recomienda tratar los desechos contaminados antes de su disposición en algún lugar de la instalación. Será necesario para desarrollos futuros completar el diseño de la instalación con un local para almacenamiento temporal de desechos. Otros riesgos que deben ser controlados son los relativos a limpieza y desinfección, salpicaduras y derrames.

A manera de conclusiones tenemos las siguientes:

- El método de matriz de riesgo es factible para su empleo en la evaluación de riesgo de la práctica de hemodiálisis.
- La evaluación aporta niveles altos de riesgo, siendo la más contribuyente la inexistencia de locales para disposición de desechos biológicos.
- Se resalta la importancia de otros contribuyentes relativos a diseño de la instalación, salpicaduras y derrames de sangre y limpieza y desinfección.
- La necesidad del uso de los MPI fue reforzada por los resultados de las aplicaciones realizadas.
- La corrección de los problemas detectados pasa por el cambio de prácticas y el rediseño de la instalación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Argote EJ, Hernández A. Integración de la gestión de la calidad, bioseguridad y medio ambiente en las instalaciones con riesgo biológico. Revista Argentina de Bioseguridad. 2013;1(1):86-90. ISBN 2346-9374 [Internet]. Disponible en: <https://www.fba.org.ar/institucional/novedades/RAB-1.pdf>.
2. Hadad JL. Acciones de bioseguridad en la obtención de componentes sanguíneos del Banco de Sangre Provincial Holguín [tesis de Maestría en Bioseguridad]. INSTEC; 2014.
3. Torres A, Montes de Oca J. Nuevo algoritmo para análisis de riesgo en radioterapia, Revista Nucleus. 2015;58:39-46 [Internet]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/317515615\\_Nuevo\\_algoritmo\\_para\\_analisis\\_de\\_riesgo\\_en\\_radioterapia](https://www.researchgate.net/publication/317515615_Nuevo_algoritmo_para_analisis_de_riesgo_en_radioterapia).
4. Lee RC. Quantitative approaches to patient safety: Research in risk analysis and risk management as applied to Radiotherapy. October 2004 [Internet]. Disponible en: [https://archive.org/stream/quantitativeappr00leer\\_0/quantitativeappr00leer\\_0\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/quantitativeappr00leer_0/quantitativeappr00leer_0_djvu.txt).
5. Duménigo C. Accident prevention in radiotherapy using of the software «SEVRRRA» to implement the risk matrix method. 2013 [Internet]. Disponible en: <http://www.foroiberam.org/documents/193375/834315/Prevenci%C3%B3n+de+accidentes+Congreso+M>

- [exico+2013.pdf/8666effd-02eb-4cb4-b8c2-d18ecf61cbbf](#).
6. Silva SD. Hemodiálisis: antecedentes históricos, su epidemiología en Latinoamérica y perspectivas para el Ecuador. UNIANDES EPISTEME: Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2016;3(1):43-61. ISSN 1390-9150 [Internet]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756334>.
  7. Arenas MD, Ferreb G, Álvarez UF. Estrategias para aumentar la seguridad del paciente en hemodiálisis: Aplicación del sistema de análisis modal de fallos y efectos, Revista Nefrología. 2017;37(6):563-670 [Internet]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320882602\\_Estrategias\\_para\\_aumentar\\_la\\_seguridad\\_del\\_paciente\\_en\\_hemodialisis\\_Aplicacion\\_del\\_sistema\\_de\\_analisis\\_modal\\_de\\_fallos\\_y\\_efectos\\_sistema\\_AMFE](https://www.researchgate.net/publication/320882602_Estrategias_para_aumentar_la_seguridad_del_paciente_en_hemodialisis_Aplicacion_del_sistema_de_analisis_modal_de_fallos_y_efectos_sistema_AMFE).
  8. Brito N. Manual de gestión de la calidad para el servicio de hemodiálisis. Güines, Mayabeque; 2015.
  9. Lores LE. Programa de bioseguridad para el hospital universitario «Vladimir I. Lenin» de Holguín [tesis de maestría en Bioseguridad]. Holguín: INSTEC; 2011.
  10. Torres A, Alonso JL, Alfonso R, Jacas M, Alonso D, Morales JL. Evaluación de riesgo de la práctica de radioterapia con rayos X de kilovoltaje. Revista Nucleus. 2017;61:21-5 [Internet]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-084X2017000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2017000100005).
  11. Torres A, Rivero JJ, Montes de Oca J, et al. Monitoreo dinámico de riesgo empleando matriz de riesgo en prácticas médicas con radiaciones ionizantes. Revista Nucleus. 2016;59:29-33 [Internet]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-084X2016000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2016000100007).
  12. International Atomic Energy Agency. Application of the risk matrix to radiotherapy. IAEA-TECDOC 1685 Series; 2012 [Internet]. Disponible en: <https://www.iaea.org/es/publications/8770/aplicacion-del-metodo-de-la-matriz-de-riesgo-a-la-radioterapia>.

---

**Recibido:** 27 de septiembre de 2019

**Aprobado:** 7 de diciembre de 2019

---

## CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**COPYRIGHT © 2019:** Katherina Sierra Gil y Antonio Torres Valle

## LICENCIA CREATIVE COMMONS



Este artículo de la [Revista Cubana de Salud y Trabajo](#) está bajo una licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](#). Esta licencia permite el uso, distribución y reproducción del artículo en cualquier medio o formato, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor del artículo y al medio en que se publica, en este caso [Revista Cubana de Salud y Trabajo](#).