

Transición hacia un modelo de formación por competencias en perfusión cardiovascular, revisión narrativa estructurada

Transitioning to a competency-based training model in cardiovascular perfusion, structured narrative review

Sandra Lilian Acosta Huertas¹ 

¹ Sandra Lilian Acosta Huertas. Sandra.acostah2025@uted.us . University of Technology and Education

DOI:

<https://doi.org/10.67461/csxbx212>

Correo del autor:

¹Sandra.acostah2025@uted.us

Fecha de recepción:

18/08/2025

Fecha de aceptación:

20/10/2025

Fecha de publicación:

01/01/2026

Resumen

La perfusión cardiovascular en el contexto de la circulación extracorpórea (CEC) y la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), se configura como un proceso sociotécnico altamente complejo que trasciende la ejecución de habilidades técnicas aisladas. Por ello el objetivo del presente artículo fue realizar una revisión narrativa estructurada de literatura científica sobre los factores que influyen en el proceso de ensamblaje del circuito extracorpóreo, para su valoración, mediante la articulación de las competencias profesionales técnicas y no técnicas y su impacto en la seguridad clínica del paciente. Se llevó a cabo una revisión narrativa estructurada de la literatura científica publicada desde el 1 de enero del 2021 hasta el 1 de junio del 2026 en inglés y español, centrada en la seguridad del paciente, la psicología del error, las guías de prácticas internacionales, así como los modelos de formación por competencias aplicados al ensamblaje y conexión del circuito extracorpóreo. Los hallazgos refuerzan que el factor humano es un precursor de eventos adversos, corroborando el hecho de que la habilidad técnica por sí sola, aunque necesaria, no es suficiente si no se pone en práctica consistentemente con habilidades no técnicas (NTS) como son la conciencia situacional, la toma de decisiones o la autorregulación conductual. En este sentido, la investigación corrobora cómo la vigilancia cognitiva mantenida y la regulación del comportamiento profesional operan como una barrera de las fallas latentes, permitiendo interrumpir el automatismo de las desviaciones y eventuales fallas en las mismas. El aporte más importante consiste en interpelar la incorporación de modelos formativos por competencias que incorporen la simulación de alta fidelidad y herramientas para auditoría conductual, como el instrumento PINTS, que cambiaría la identidad del perfusionista de operario técnico a actor clínico estratégico, gestor de riesgos, fortaleciendo la existencia de una cultura profesional por la seguridad del paciente.

Palabras clave: Circulación Extracorpórea; Competencia Profesional; Cultura de Seguridad; Perfusión; Seguridad del Paciente.

Citar Como: Transición hacia un modelo de formación por competencias en perfusión cardiovascular, revisión narrativa estructurada. (2026). Encuentros Educativos, 1(1). <https://doi.org/10.67461/csxbx212>



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract

Cardiovascular perfusion in the context of cardiopulmonary bypass (CPB) and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a highly complex sociotechnical process that extends beyond execution of isolated technical skills. Therefore, the aim of this article goal was to conduct a structured narrative review of the scientific literature on the factors influencing the extracorporeal circuit assembly process, with purpose of assessing the integration of technical and non-technical professional competencies and their impact on patient safety. A structured narrative review of scientific literature published between January 1, 2021 to June 1, 2026 in English and Spanish was conducted, focusing on patient safety, the psychology of error, international practice guidelines, and competence-based training models applied to the assembly and connection of extracorporeal circuits. The findings reinforce that the human factors are precursors to adverse events, confirming that technical skill alone, although necessary, are insufficient unless consistently combined with non-technical skills (NTS), such as situational awareness, decision-making, and behavioral self-regulation. In this regard, the literature reviewed demonstrates that function as barriers against latent failures, helping to interrupt the automatization of deviations and prevent potential failures from progressing to adverse events. The most significant contribution of this review it's call for the incorporation of competency-based training models that integrate high-fidelity simulation and behavioral audit tools, such as PINTS instrument. This approach could transform the perfusionist's role from that of a technical operator into that a strategic clinical professional and risk manager, thereby strengthening a professional culture centered on patient safety.

Keywords: Extracorporeal Circulation; Professional Competence; Patient Safety; Perfusion; Safety Culture.

Introducción

La perfusión cardiovascular actual en el marco de la circulación extracorpórea (CEC) y la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) se configura como un sistema socio-técnico complejo. En este contexto crítico, el ensamblaje del circuito extracorpóreo representa un procedimiento de gran impacto sistémico. La fiabilidad y predictibilidad clínica depende del funcionamiento del dispositivo, del control técnico individual, pero ante todo de la calidad de las interacciones operativas e interpersonales que rigen su uso bajo las directrices internacionales. Entre estos referentes normativos destacan los estándares de la American Society of ExtraCorporeal Technology [AmSECT], (2023); las guías conjuntas de la European Association for Cardio-Thoracic Surgery [EACTS], European Association of Cardiothoracic Anaesthesiology and Intensive Care / [EACTAIC], European Board of Cardiovascular Perfusion [EBCP], (Wahba et al, 2025); así como los lineamientos de la Extracorporeal Life Support Organization (ELSO, s. f).

El argumento central es que el tradicional entrenamiento del perfusionista se ha orientado de manera casi exclusiva hacia las competencias técnicas (Beckford, 2021). No obstante, la literatura internacional demuestra que la pericia técnica, es relevante, pero insuficiente para prevenir los

eventos adversos al no estar articulada con las competencias no técnicas (NTS, por sus siglas en inglés), tales como la conciencia situacional, la comunicación asertiva, el liderazgo (Dias et al, 2023; Mathis et al., 2023).

En el contexto educativo del perfusionista, históricamente los modelos pedagógicos tradicionales han propiciado que el ensamblaje del circuito se asuma como una actividad habitual, mecánica y fragmentada, en el que se propician fenómenos peligrosos como la normalización del desvío (van Dalen et al., 2022). Este fenómeno sociopsicológico erosiona poco a poco los estándares de seguridad al oficializar procedimientos que parecen haber sido superiores a corto plazo pero que en realidad han incubado fallos latentes (Vaughan, 1997; Wright et al., 2022), comprometiendo la cultura de seguridad institucional y la supervivencia del paciente (Astier-Peña et al., 2021; World Health Organization [WHO], 2021).

En ese sentido, se reconoce el amplio cuerpo de la literatura médica centrado en las consecuencias del bypass cardiopulmonar, pero persiste un evidente vacío en el campo de la educación en salud con relación al cómo desarticular esas autorregulaciones o automatismos erróneos en el desempeño del profesional, debido tal vez a la poca relevancia durante la formación. Por ende, actualmente se presta atención a esa tensión teórica entra la educación instrumentalista tradicional y las corrientes socio constructivistas y de resiliencia sistémica.

Desde diferentes vertientes educativas, se ha observado la necesidad de sistematizar las NTS en la integración curricular (Observatorio de Talento Humano en Salud, s. f.) y dentro de las estrategias didácticas tales como la simulación clínica y la auditoria conductual, llegar a prevenir la normalización del desvío (Vaughan, 1997) durante el ensamblaje del circuito extracorpóreo. Aunado con la visión ontológica-educativa de convertir al perfusionista de un excelente ejecutor técnico, como un agente clínico estratégico y gestor del riesgo (Mathis et al., 2023; Valero, 2024).

Como señala Sukhera (2022), una revisión narrativa estructurada provee un enfoque metodológico adaptativo, es decir, permite la síntesis de resultados de áreas heterogéneas para el análisis de situaciones complejas, sin perder la referencia conceptual del objeto de estudio. Por lo cual se justifica su aplicabilidad en el presente estudio, debido a la capacidad de converger factores vitales en la formación del perfusionista, desde las aristas de ingeniería de factores humanos, la educación médica y la práctica clínica de alta complejidad.

Es notable el aportar un marco conceptual pedagógico que sustente la transición hacia currículos basados en competencias profesionales. Asimismo, brindar a los tomadores de decisiones, investigadores, educadores en salud una manera de orientar la reestructuración de programas de inducción y reintroducción de profesionales perfusionistas e incluso del equipo quirúrgicos o de alta complejidad para fortalecer la cultura de seguridad, prevenir la normalización del desvío y las infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS), (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022; WHO, 2024).

Por lo anterior, el objetivo general de este artículo fue realizar una revisión narrativa estructurada de la literatura científica involucrando los factores que influyen en el proceso de ensamblaje del circuito extracorpóreo, examinando la sinergia entre las competencias profesionales tanto técnicas como no técnicas y su impacto en la seguridad clínica del paciente.

Para alcanzar el objetivo general y guiar la selección, análisis y discusión de la literatura, se

desarrollaron las siguientes preguntas orientadoras que a su vez se convirtieron en los objetivos específicos:

Pregunta 1: Cuáles son los componentes críticos y las fallas latentes en la técnica del ensamblaje del circuito extracorpóreo asociados al riesgo de las complicaciones infecciosas y mecánicas?

Pregunta 2: De qué manera intervienen las competencias no técnicas como la conciencia situacional, toma de decisiones y comunicación, ¿en la inhibición de la normalización del desvío durante el ensamblaje y conexión del circuito extracorpóreo?

Pregunta 3: Qué fundamentos teóricos y pedagógicos sustentan la integración sistémica de las competencias técnicas y no técnicas desde el punto de vista de la inserción socio-técnica y educativa en la formación del perfusionista?

Pregunta 4: Cuáles lineamientos formativos y estrategias pedagógicas como la simulación clínica y la auditoria conductual impactan en la consolidación de una cultura de seguridad en entornos sociotécnicos complejos como la perfusión cardiovascular?

Metodología

Metodológicamente, se realizó una revisión narrativa estructurada de literatura científica con criterios de selección explícitos, dirigida a analizar la relación existente en el ensamblaje del circuito extracorpóreo, la prevención de complicaciones infecciosas, mecánicas y la integración de competencias (técnicas y no técnicas - NTS) en la formación del perfusionista. El tiempo de búsqueda abarcó desde el 1 de enero de 2021 hasta el 1 de junio de 2026.

Estrategia de búsqueda y fuentes de información

La búsqueda bibliográfica se efectuó en las bases de datos de ciencias de la salud, incluyendo Medline/PubMed, Embase, Cochrane Library, Scopus, Web of Science, SciELO y LILACS. Se seleccionaron artículos publicados en idiomas inglés y español. En la obtención de documentos se emplearon términos controlados (Medical Subject Headings –MeSH- y DeCS) junto con términos libres (palabras clave), en este caso estructuradas en las siguientes ecuaciones de búsqueda específicas según la sintaxis de cada interfaz como se puede ver en la Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda específicas.

Tabla 1 Ecuaciones de búsqueda específicas.

Base de datos	Sintaxis utilizada
Medline/PubMed	("Cardiopulmonary Bypass"[Mesh] OR "Perfusion"[Mesh] OR "perfusionist"[Title/Abstract]) AND ("Patient Safety"[Mesh] OR "Clinical Competence"[Mesh] OR "Non-Technical Skills"[Title/Abstract] OR "Human Factors"[Title/Abstract] OR "Normalization of Deviance"[Title/Abstract])
Embase	('cardiopulmonary bypass'/exp OR 'perfusionist':ti,ab) AND ('patient safety'/exp OR 'clinical

	competence'/exp OR 'nontechnical skills':ti,ab OR 'human factors':ti,ab OR 'normalization of deviance':ti,ab).
Cochrane Library	[mh "Cardiopulmonary Bypass"] AND ([mh "Patient Safety"] OR [mh "Clinical Competence"] OR "Non-Technical Skills" OR "Human Factors")
Scopus/ Web of Science	TITLE-ABS-KEY ("Cardiopulmonary Bypass" OR "perfusionist") AND ("Patient Safety" OR "Clinical Competence" OR "Non-Technical Skills" OR "Human Factors" OR "Normalization of Deviance")
SciELO/ LILACS	(tw:("circulación extracorpórea") OR tw:("Perfusionista") AND (tw:("Seguridad del Paciente") OR tw:("Competencia Clínica") OR tw:("Habilidades No Técnicas") OR tw:("Factores Humanos") OR tw:("normalización del desvío"))

Nota. Elaboración propia.

Criterios de elegibilidad

Para avalar la validez metodológica de la revisión, se aplicaron los siguientes criterios de elegibilidad.

Criterios de inclusión

Tipos de documentos: artículos originales (que van desde los estudios prospectivos o retrospectivos), revisiones sistemáticas, meta-análisis, guías de práctica clínica y declaraciones científicas institucionales de los organismos internacionales.

Temporalidad e Idioma: publicaciones realizadas entre el 1 de enero del 2021 al 1 de junio del 2026 redactadas en inglés y español.

Población: investigaciones centradas en pacientes adultos, que requieren circuito para un soporte extracorpóreo.

Saberes de interés:

Artículos sobre ensamblaje y conexión del circuito extracorpóreo, tanto en el marco de circulación extracorpórea (CEC) como en el de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO).

Estudios que evalúen las complicaciones mecánicas (embolia gaseosa, disfunción de membrana, fallos de purgado) e infecciosas (mantenimiento de la técnica aséptica y prevención de biopelículas) que derivan del circuito.

Literatura sobre factores humanos, carga cognitiva y competencias no técnicas (NTS): conciencia situacional, toma de decisiones y comunicación en quirófanos o simulación clínica.

Producción académica que indagaban sobre el error, la seguridad del paciente y la normalización del desvío en la práctica de la perfusión

Criterios de Exclusión

Estudios sobre perfusión en niños o recién nacidos.

Resúmenes de congreso sin datos

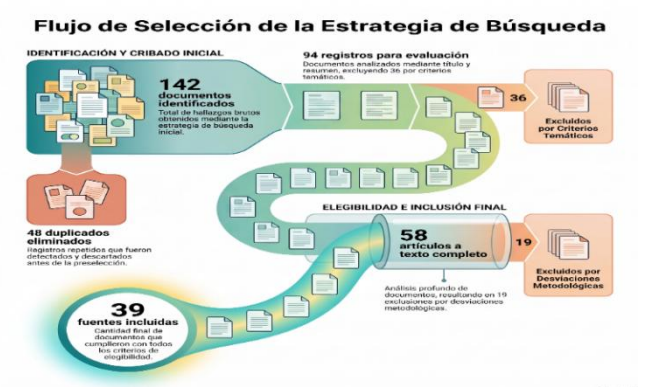
metodológicos reproducibles.

Artículos publicados fuera del rango cronológico establecido o en idiomas distintos a los seleccionados.

Proceso de selección de documentos

La estrategia de búsqueda permitió identificar inicialmente 142 documentos, pero tras la detección y eliminación de 48 documentos duplicados, se preseleccionaron 94 documentos para la evaluación del título y resumen, de los cuales 36 fueron excluidos por no cumplir los criterios temáticos. A continuación, se evaluaron 58 artículos en texto completo, de los cuales 19 fueron excluidos por desviaciones metodológicas. Finalmente, 39 fuentes cumplieron los criterios de elegibilidad y fueron analizadas e incluidas para la revisión, tal y como se muestra en el Figura 1.

Figura 1 Diagrama de Flujo de selección de la estrategia de búsqueda.



Nota. Generado con la herramienta de inteligencia artificial NotebookLM (Google, 2026), basado en un prompt diseñado por el autor.

Resultados

La caracterización exhaustiva de la tabla 2 (Matriz sintetizada de la literatura científica 2021-2026) muestra una convergencia multidisciplinar en el corpus bibliográfico. Esta evidencia corrobora que el análisis trasciende la dimensión técnica-mecánica del perfusionista. Se aprecian algunos patrones que dan soporte para articular la evidencia en cuatro ejes temáticos, los cuales estructuran el conocimiento actual sobre la seguridad sistémica en el ensamblaje del circuito

extracorpóreo y fundamentan una formación integral en el perfusionista, tal y como se pone de manifiesto en este documento.

Tabla 2 Matriz sintetizada de la literatura científica por ejes temáticos de análisis (2021-2026).

Categoría / Autor(es) y Año	Tipo de Estudio y Pertinencia	Población e Idioma	Objetivo del Estudio	Aporte Principal a la Revisión
1. Rigor Normativo y Seguridad Biológica (OE 1)				
AmSECT (2023)	Guía de práctica clínica. Pertinencia: Referente técnico normativo.	Guía institucional. Inglés.	Establecer estándares mínimos para la conducción segura de la perfusión.	Define el referente normativo para el ensamblaje aséptico y bioseguridad del circuito.
Wahba et al. (2025)	Guía de práctica clínica (EACTS). Pertinencia: Manejo de la CEC.	Pacientes adultos. Inglés.	Estandarizar el manejo del bypass cardiopulmonar en adultos.	Valida la doble verificación pre-bypass como barrera crítica contra el error.
ELSO, s. f	Guía de práctica clínica. Pertinencia: Configuración de circuitos ECMO.	Pacientes que requieren soporte vital. Inglés.	Establecer pautas para la monitorización y seguridad de circuitos ECMO.	Justifica la técnica aséptica estricta en sistemas de asistencia de larga duración.
Renchini et al. (2025)	Estudio retrospectivo (5 años). Pertinencia: Seguridad en ensamblaje.	223 circuitos de ECMO. Inglés.	Evaluar seguridad, esterilidad y funcionalidad de circuitos precebados.	Demuestra que el cumplimiento disciplinado de protocolos garantiza un 0% de contaminación.
Li et al. (2025)	Estudio clínico de cohorte. Pertinencia: Impacto fisiológico de la CEC.	51 pacientes adultos. Inglés.	Investigar la degradación del glucocálix inducida por el tiempo de CEC.	Vincula el manejo técnico preciso con la mitigación de la respuesta inflamatoria sistémica.
2. Habilidades No Técnicas (NTS) y Actor Clínico (OE 2)				
Dias et al. (2023)	Estudio de validación de instrumento. Pertinencia: Evaluación de NTS.	Panel de expertos y 60 perfusionistas. Inglés.	Desarrollar y validar la herramienta PINTS para medir marcadores conductuales.	Proporciona la estructura para auditar conciencia situacional y toma de decisiones.
Mathis et al. (2023)	Artículo de revisión y actualización. Pertinencia: Factores humanos.	Equipos intraoperatorios (perfusionistas incluidos). Inglés.	Resumir comportamientos esenciales para la seguridad mediante taxonomías NTS.	Fundamenta que el perfusionista gestiona el riesgo y debe romper la cadena del error mediante la asertividad.
Butt et al. (2025)	Artículo de opinión y perspectiva. Pertinencia: Rol del	Perfusionistas clínicos	Redefinir el rol del perfusionista de	Sostiene que la inclusión del

	perfusionista.	internacionales. Inglés.	operador técnico a actor clínico estratégico.	perfusionista en auditorías clínicas reduce eventos adversos.
Shann & Sundt (2025)	Reporte de caso organizacional. Pertinencia: Seguridad psicológica.	Equipo quirúrgico cardíaco. Inglés.	Transformar la cultura de seguridad mediante el empoderamiento para expresar inquietudes (speak up).	Valida la importancia de que el perfusionista ejerza su juicio profesional sobre la estrategia de flujo.
3. Enfoque Sociotécnico y Seguridad Sistémica (OE 3)				
Holden y Carayon (2021)	Marco conceptual y metodológico. Pertinencia: Modelo SEIPS.	Profesionales de salud e investigadores. Inglés.	Presentar herramientas simplificadas de ingeniería de sistemas para la seguridad del paciente.	Explica cómo el equilibrio sociotécnico del quirófano influye en la seguridad del circuito.
van Dalen et al. (2022)	Estudio transversal. Pertinencia: Amenazas intraoperatorias.	Equipos quirúrgicos multidisciplinares. Inglés.	Evaluar amenazas a la seguridad mediante registradores de datos médicos.	Demuestra que fallas en comunicación y modelos mentales compartidos son amenazas frecuentes.
[WHO], (2021)	Plan de acción mundial. Pertinencia: Prioridad global en seguridad.	Sistemas sanitarios mundiales. Inglés/español.	Proporcionar una guía estratégica para eliminar daños evitables en salud.	Establece el mandato global de fortalecer la educación en habilidades no técnicas para mitigar el error.
4. Simulación y Prevención de la Normalización (OE 4)				
Vaughan (1997)	Investigación basada en análisis de casos. Pertinencia: Factores humanos.	Equipos y organizaciones bajo presión. Inglés.	Entender cómo sesgos cognitivos y cultura causan accidentes graves.	Define la "Normalización del Desvío" como el origen de catástrofes por erosión de estándares.
Wright et al. (2022)	Estudio etnográfico. Pertinencia: normalización del desvío en quirófano.	10 enfermeras perioperatorias. Inglés.	Explorar razones de la normalización del desvío en el entorno quirúrgico.	Identifica presiones de productividad y complacencia como causas de omisión de protocolos.
Vangone et al. (2024)	Revisión sistemática y metaanálisis. Pertinencia: Simulación clínica.	Profesionales de la salud (enfermería/mixtos). Inglés/italiano.	Evaluar la eficacia de la simulación de alta fidelidad en el desarrollo de NTS. Eje de enfermería perioperatoria	Confirma que la simulación mejora la autoeficacia para detener procesos inseguros en el quirófano.
Vermeylen et al. (2025)	Revisión sistemática y	Profesionales de la	Evaluar la simulación	Provee respaldo

	metaanálisis. Pertinencia: Educación por competencias.	salud. Inglés.	basada en competencias para el desarrollo de habilidades procedimentales.	teórico para entrenar el ensamblaje estéril mediante modelos de dominio para mitigar fallas.
--	--	----------------	---	--

Nota. Los otros estudios se pueden consultar en el Anexo A. Tabla de estudios para ejes alternos de consulta. Sí bien aportan al marco teórico general de la seguridad del paciente, la simulación clínica o el estudio de los factores humanos, fueron excluidas formalmente de la matriz principal al no cumplir con el foco exclusivo en el perfusionista cardiovascular, el montaje del circuito de circulación extracorpórea y sus habilidades no técnicas en el quirófano.

El primer eje temático que es posible observar en la matriz es el que se centra en el rigor normativo y la seguridad biológica, que son, sin lugar a duda, respuestas al primer objetivo específico del estudio (OE1): identificar los componentes técnicos críticos que están asociados con la prevención de complicaciones infecciosas y mecánicas. Este bloque documental converge en una interfaz clínica concreta donde las directrices internacionales de referencia como las de AmSECT (2023), ELSO, s. f y EACTS (Wahba et al., 2025) relacionan un ensamblaje preciso y aséptico.

La evidencia determina que el afianzamiento estricto mediante la técnica aséptica llevada a cabo por el perfusionista es una estrategia intencionada de citoprotección orgánica. En ensayos clínicos confirman que un ensamblaje riguroso establece en un 0,3 % la contaminación, aún en circuitos precebados hasta 20 horas (Renghini et al., 2025). Por el contrario, los fallos técnicos, tal como el purgado insuficiente, se pueden traducir en embolia gaseosa o episodios neurológicos severos (Chappell & Gagnon, 2025) sin embargo, el uso de listas como una estrategia fundamental para mejorar la seguridad del paciente y reducir eventos adversos (Assis et al., 2025) y las complicaciones mayores del 11 % al 7 % (Gasoma y Marouf, 2024).

El segundo eje temático que se presenta en la matriz hace referencia a la transición del perfusionista operante en un clínico estratégico, con vigilancia cognitiva y asertividad, que es a su vez totalmente coherente con el segundo de los objetivos específicos (OE2) que son analizados en este estudio, el cual para su parte se propone el análisis del papel de las competencias no técnicas (NTS) en la mitigación de riesgos intervinientes en el ensamblaje y la conexión del circuito. En relación

a esto, la literatura científica es recurrente en describir que la habilidad técnica por sí sola constituye una condición complementaria (necesaria) pero no suficiente si no va acompañada de las competencias no técnicas; en función de la taxonomía de Dias et al. (2023), las NTS se ubican bajo cuatro categorías conductuales: la toma de decisiones, la conciencia situacional, la gestión de tareas y la comunicación/liderazgo.

Por tanto, el OE2 operacionaliza esta tendencia mediante el análisis de las habilidades sociales y cognitivas que permiten al profesional actuar como una barrera crítica frente a las fallas latentes del sistema, es decir, refuerza que las habilidades no técnicas (NTS) son las que permiten al perfusionista actuar como un gestor de riesgos con alta vigilancia cognitiva. Trabajos de Butt et al. (2025) y de Shann & Sundt (2025) vienen a adherirse a este punto de vista al considerar la función de la comunicación asertiva y del empoderamiento profesional en quirófano.

El tercer eje temático reconocido fue el enfoque sociotécnico y seguridad sistémica, en el que la seguridad y los resultados clínicos no se conciben como eventos obtenidos de la rutina, sino que emergen de la interacción entre personas, tecnologías y estructuras organizacionales (Holden y Carayon, 2021).

Esta tendencia se fundamenta en marcos metodológicos como el Modelo Systems Engineering Initiative for Patient Safety (SEIPS), el cual permite analizar el quirófano como una arquitectura dinámica donde el éxito del ensamblaje depende del equilibrio sistémico (Holden y Carayon, 2021) y no solo del rigor técnico individual. En este sentido, esta categoría provee el marco conceptual para dar cumplimiento al tercer objetivo específico (OE3), el de fundamentar teóricamente la integración de competencias técnicas y no técnicas (NTS) bajo una visión sociotécnica y educativa, en la formación longitudinal del perfusionista.

Al reconocer que el origen del error humano reside en fallas latentes del sistema (Valdivia de la Fuente et al., 2025) y no en una negligencia individual, se justifica el diseño de procesos centrados en el humano (Melles et al., 2021) con el fin de preservar que el ensamblaje sea un procedimiento resiliente ante las presiones del entorno quirúrgico. Esta tendencia valida que el OE 3 es el pilar conceptual necesario para entender la perfusión como un sistema complejo y no solo como una suma de

tareas manuales.

El cuarto eje temático referenciado es la simulación y prevención de la normalización del desvío, definida por Vaughan (1997) como el proceso socio-psicológico donde las transgresiones a los estándares se institucionalizan al no generar consecuencias adversas inmediatas. En perfusión, esto se manifiesta en la omisión de listas de chequeo o vulneración de la técnica aséptica por condiciones de productividad (Wright et al., 2022).

En este escenario se resalta el destacado rol que la simulación clínica de alta-fidelidad guiada por inteligencia artificial (IA) y el debriefing reflexivo pueden asumir como estrategias educativas para robustecer la cultura de la seguridad. El análisis de las revisiones sistemáticas incluidas ratifica que la formación basada en competencias permite a principiantes y expertos en una tarea detectar las fallas cognitivas antes de que se vuelvan automáticas, mejorando así su autoeficacia para interrumpir procesos inseguros dentro del entorno quirúrgico (Vangone et al, 2024; Vermynen et al, 2025).

Esta tendencia responde directamente al cuarto objetivo específico (OE4) de esta investigación, proponer lineamientos formativos dirigidos al fortalecimiento de la cultura de la seguridad para evitar la normalización del desvío en la práctica de la perfusión. Esta evidencia científica mantiene que este fenómeno social y psicológico que institucionaliza las transgresiones en un contexto determinado sin consecuencias inmediatas, podrá ser mitigado a partir del aprendizaje basado en el error en un entorno controlado. Desde esta perspectiva, el OE4 se ancla en la simulación clínica con IA generativa como motor formativo que convierte una cultura de seguridad de reactiva a proactiva.

Discusión

Esta revisión aborda el hecho de que la perfusión cardiovascular contemporánea ha superado el paradigma del operario técnico para convertirse en un sistema socio-técnico complejo, en el que ahora se da un orden dinámico en el que se entrelazan la tecnología de soporte vital extracorpóreo, los procesos organizacionales y la conducta profesional (Stammers, 2023). En el mismo sentido, desde esta premisa, la superioridad clínica no es el resultado de componentes aislados, sino que es el producto de un equilibrio entre el factor humano y los procesos organizacionales (Holden & Carayon, 2021).

La revisión de la literatura muestra que existe una interdependencia importante entre los ejes temáticos tratados: por un lado, el eje temático que

se relaciona con el OE 1, referida a la seguridad técnica y apoyada en guías internacionales (AmSECT, 2023; ELSO, s. f; Wahba et al., 2025), describe el qué se debe hacer, por otro lado, el resto de ejes temáticos de competencias NTS del OE 2 y la relación del enfoque sociotécnico del OE 3 explican el cómo, el comportamiento humano y el sistema, puede facilitar o impedir que se lleve a cabo lo que se debería hacer.

Los resultados muestran que la seguridad y predictibilidad clínica en contextos de CEC y ECMO dependen de una arquitectura dinámica donde el ensamblaje de un circuito es un procedimiento de alto impacto sistémico (Holden & Carayon, 2021) y la destreza técnica individual es necesaria pero insuficiente sin la integración con las competencias no técnicas (NTS). Los estudios existentes reportan que los factores humanos, como las fallas en la comunicación y la pérdida de la conciencia situacional son antecedentes de los eventos centinela que, entre otros, incluyen la ruptura de la técnica estéril y los errores en la configuración del circuito (Mathis et al., 2023; Carrel et al., 2023); en este sentido Zirak et al. (2022) reportaron una mortalidad del 5.2 % por embolia gaseosa.

En la línea de la educación por competencias guarda una alta confluencia con las orientaciones del Marco Guía de la Política Pública de Talento Humano en Salud 2025-2035 en Colombia (Ministerio de Salud y Protección Social, 2025), quien añade también esta necesidad de formación por competencias de alto desempeño en áreas críticas fundamentadas en la educación continua, integral y ética. Dicha política sectorial es coherente con la matriz conceptual que da forma a los principios del diseño centrado en el humano (Melles et al., 2021), enfatizando que el factor humano es la barrera definitiva o, en su defecto, el productor fundamental del error sistémico que puede surgir en situaciones de alta complejidad.

En definitiva, esto respalda la idea de que la cultura de seguridad en la perfusión cardiovascular no es una suerte de subproducto aleatorio de una experiencia temporal, sino una construcción intencionada, de carácter ontológico y considerada que equilibra la exigencia técnica con una relevante fundamentación socio-técnica (Wetzel et al., 2022).

Uno de los hallazgos más notables de este análisis es que la obtención de resultados clínicos y la reducción de eventos adversos son el producto de múltiples variables que hacen parte de un fenómeno emergente de la interacción sinérgica y equilibrada de un factor humano, de la tecnología y de las estructuras asociativas (Holden & Carayon, 2021). Dentro de esta percepción socio-técnica, se establece que el error rara vez se origina en un fallo exclusivamente mecánico-técnico, sino que es el resultado de la concurrencia de las debilidades latentes en el sistema flexible del quirófano.

Desde la perspectiva fisiológica, el rigor en el

ensamblaje va más allá de la prevención mecánica, constituyendo una medida fundamental de citoprotección orgánica. De tal manera, al entrar en contacto la sangre con superficies no endotelizadas, se producirá degradación del glucocalix endotelial, más aún, desencadenará una respuesta inflamatoria sistémica (Morales Cané et al., 2024). Por tanto, el respeto a la técnica aséptica por parte del perfusionista se convierte en un compromiso ético y ontológico para mitigar la disfunción multiorgánica e impulsar la resiliencia del paciente (Li et al., 2025).

Otro de los ejes principales aludido en la matriz de resultados es la repetida analogía con los estudios de simulación (OE 4) en donde el entrenamiento guiado resulta claramente otro proceso deficientemente realizado y donde se requeriría un proceso de reflexión crítica (debriefing) con el paralelismo que ocurre en la normalización del desvío (van Dalen et al. 2022; Vermeylen et al., 2025).

Este fenómeno sociopsicológico aparece en la literatura como un proceso erosivo de las normas de seguridad en el seno de la ausencia de consecuencias negativas inmediatas (Vaughan, 1997), y aparece en la omisión de listas de chequeo o en la ruptura en la técnica aséptica (Wright et al., 2022). Dicho riesgo puede aparecer en todos los profesionales independientemente de su nivel de experiencia; en contraposición, la repetición de resultados que aparentemente son seguros puede inducir a una disminución de los niveles de vigilancia crítica tanto en profesionales con poca experiencia como en profesionales más expertos (Banja, 2010; Wright et al., 2022).

Con el propósito de interceptar estos fallos latentes y atender el vacío de investigación, la literatura analizada presenta un punto de vista común que plantea la necesidad de una transición curricular hasta modelos de formación por competencias (Khaw et al., 2025; Ministerio de Salud y Protección Social, 2025). La utilización de herramientas de auditoría conductual que operativizan las habilidades de carácter social y cognitivo como las que propone el instrumento PINTS (Perfusionist Intraoperative Non-Technical Skills) lo hace posible para la seguridad clínica (Dias et al, 2023; Zhang, 2023).

De igual manera, la simulación clínica (bien sea desde baja hasta alta fidelidad, incluyendo formatos híbridos y virtuales) es una herramienta pedagógica integral en entornos controlados para la educación médica, logrando desarrollar competencias clínicas, éticas y profesionales (Tanicuchi et al., 2026). Específicamente, en los entornos virtuales guiados por una IA generativa (Izquierdo-Condo et al.,

2025) permitirá una individualización y retroalimentación en la formación de profesionales de la salud, lo cual es absolutamente aplicable al perfusionista en tiempo real con el fin de mitigar lo que Vangone et al. (2024) denomina normalización del error.

Desde una visión pedagógica y de excelencia en cuidados disciplinares, la formación y práctica del perfusionista debe centrarse en el desarrollo integrado de competencias. Solo a partir de esta convergencia podría legitimarse una práctica del perfusionista segura y precisa en el ensamblaje y verificación del circuito como establece la normativa vigente (AmSECT, 2023; ELSO, s. f; Wahba et al., 2025), provocando un impacto directo en la seguridad general durante la asistencia extracorpórea del paciente.

En definitiva, la seguridad en perfusión sería un resultado sistémico que requiere la colisión sinérgica entre la exhaustividad normativa, la vigilancia cognitiva mantenida y una cultura profesional orientada a la excelencia asistencial (Shann y Sundt, 2025). El perfusionista debe, por tanto, consolidar su identificación como un actor clínico estratégico y gestor de riesgos (Butt et al, 2025).

Lineamientos para la educación y práctica del perfusionista

Con el propósito de transformar la cultura de seguridad de reactiva a proactiva, se proponen los siguientes lineamientos formativos en el perfusionista:

Educación en la teoría de la normalización del desvío: la formación básica y continua debe incluir explícitamente el estudio de este fenómeno para que el perfusionista mantenga una vigilancia crítica sobre posibles transgresiones procedimentales que tienden a institucionalizarse.

Priorización en competencias NTS: se debe integrar la formación en conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y liderazgo, en las barreras de seguridad críticas frente a las fallas latentes que produce el sistema.

Adopción de instrumentos de evaluación: se sugiere implementar la herramienta Perfusion Intraoperative Non-Technical Skills (PINTS) para operacionalizar y auditar marcadores conductuales específicos del perfusionista en el quirófano.

Simulación clínica de alta fidelidad guiada por IA: la formación debe centrarse en escenarios de simulación asistidos por IA generativa con un debriefing reflexivo para detectar fallas cognitivas antes de que se automaticen.

Cultura de empoderamiento: crear la identidad del perfusionista como un gestor de riesgos empoderado para detener un procedimiento ante la más mínima sospecha de un fracaso de la seguridad o la esterilidad.

Utilizar listas de chequeo digitales: integrar y utilizar

al sistema de seguridad de la máquina extracorpórea las listas de chequeo iniciales, como herramienta de seguridad cognitiva para disminuir errores y evitar la normalización del desvío.

Formación continua longitudinal: dado que la antigüedad no garantiza competencia, se requieren ciclos de actualización recurrentes y reinducciones basadas en las últimas guías referentes internacionales en los perfusionistas.

Limitaciones de esta revisión

Se reconocen las limitaciones inherentes al diseño de esta revisión narrativa. Al ser un ejercicio académico de reflexión disciplinar, no se implementó un proceso formal de evaluación de calidad metodológica ni de riesgo de sesgo, por lo que la síntesis de evidencia está sujeta a la interpretación de la autora según los datos presentados en la tabla 2, donde se sintetiza la literatura científica por ejes temáticos de análisis.

Además, existe una marcada heterogeneidad en la literatura de Latinoamérica respecto a la formalización curricular, lo que obliga a contrastar realidades locales con marcos regulatorios anglosajones y europeos, limitando la extrapolación total de los resultados en la región. Finalmente, la búsqueda se centró en población adulta, excluyendo la complejidad específica de la perfusión pediátrica y neonatal.

Futuras líneas de investigación

Para conocer más sobre el tema abordado, se recomienda lo siguiente:

Validación regional del PINTS: adaptar y validar formalmente el instrumento PINTS al contexto idiomático y operativo de Latinoamérica.

Correlación con datos clínicos: diseñar estudios prospectivos que pongan en relación el nivel de competencias NTS del perfusionista con variables duras como tasas de infección del sitio quirúrgico, tiempos de estancia hospitalaria y morbilidad sistémica o idealmente con tecnología genómica.

Investigación socio-técnica: estudiar cómo el diseño del entorno cardio-quirúrgico, la carga cognitiva y variables similares interfieren en el mantener los estándares de seguridad.

Conclusiones

Los hallazgos de esta revisión de literatura refieren que la excelencia en perfusión cardiovascular requiere una convergencia colaborativa entre las habilidades técnicas y las habilidades no técnicas. Las tendencias señalan que el ensamble de un circuito extracorpóreo puede ser entendido exclusivamente como la barrera defensiva fisiopatológica de forma directa, que

exige vigilancia cognitiva en el transcurso de la práctica con el cumplimiento cabal de estándares internacionales de práctica; cualquier desviación que no vaya en consonancia con los estándares o que exija el incumplimiento de la norma supondrá romper el compromiso ético y ontológico de que es necesario evitar el daño.

En el último término, la transición hacia los modelos de formación por competencias es el cambio de paradigma completamente necesario a fin de prevenir la normalización del desvío, garantizando que el perfusionista actúe como una barrera defensiva efectiva que salvaguarde la resiliencia fisiológica del paciente.

Asimismo, los hallazgos relatan que la seguridad clínica es un hecho consciente que emerge desde la ontología del ser y exige el delineamiento de la identidad del perfusionista como gestor de riesgo, avanzando en el camino del paradigma obsoleto del profesional técnico. La introducción de la simulación clínica guiada con IA y las herramientas de auditoría conductual son estrategias adyuvantes para prevenir la normalización del desvío y proteger la resiliencia sistémica del quirófano cardíaco.

Los ejes temáticos presentados en coherencia con los objetivos del artículo, permiten identificar la gran responsabilidad que conlleva el ensamblaje y la conexión del circuito extracorpóreo, desde la perspectiva de un porqué de carácter sistémico y el ser profesional del perfusionista. Esta tríada: la técnica, las competencias NTS y la teoría sociotécnica pueden sustentar un cambio de paradigma real en la formación y en la práctica de la perfusión cardiovascular.

Declaraciones

La investigación no requirió aprobación de un comité de ética; sin embargo, se aplicaron principios éticos relacionados con el consentimiento informado, la confidencialidad, el anonimato y el uso responsable de la información.

Declaración sobre el uso de tecnologías e inteligencia artificial generativa

Durante la preparación de este manuscrito, la autora utilizó herramientas de inteligencia artificial generativa (Gemini / OpenAI LLM) con el único propósito de apoyar el procesamiento de lenguaje natural, la revisión gramatical, la optimización estilística de la redacción y la estructuración sintáctica del texto conforme a los marcos referenciados por Perkins et al. (2025) y las directrices de la revista. La autora revisó, editó y validó minuciosamente todo el contenido generado, asumiendo la responsabilidad plena y exclusiva de la precisión, veracidad, originalidad e integridad científica del presente artículo.

Contribución de la autora

Sandra Lilian Acosta Huertas asume de manera exclusiva la totalidad de las funciones de acuerdo con la

taxonomía CRediT: conceptualización, metodología, investigación, análisis formal, curación de datos, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito, y administración del presente artículo.

Conflictos de interés

La autora declara que no tiene conflictos de interés financieros, personales, académicos o institucionales que puedan haber influido en el desarrollo, los resultados o la publicación de este manuscrito.

Financiación

Esta investigación no recibió financiación específica de entidades del sector público, comercial o sin ánimo de lucro.

Disponibilidad de datos y materiales

Los datos generados y analizados durante el presente estudio están disponibles previa solicitud razonable al autor por correspondencia.

Referencias Bibliográficas

- American Society of ExtraCorporeal Technology [AmSECT]. (2023). Standards and guidelines for perfusion practice. <https://www.amsect.org/>
- Assis Dos Reis Filho, V., Aparecida Antonelli Novello, K., & Matias, M. L. (2025). Development and validation of a checklist for cardiopulmonary bypass. *The journal of extra-corporeal technology*, 57(1), 18–23. <https://doi.org/10.1051/ject/2024030>
- Astier-Peña, M. P., Martínez-Bianchi, V., Torijano-Casalengua, M. L., Ares-Blanco, S., Bueno-Ortiz, J. M., y Fernández-García, M. (2021). El Plan de acción mundial para la seguridad del paciente 2021-2030: identificando acciones para una atención primaria más segura [The Global Patient Safety Action Plan 2021-2030: Identifying actions for safer primary health care]. *Atención primaria*, 53 Suppl 1(Suppl 1), 102224. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102224>
- Banja, J. (2010). The normalization of deviance in healthcare delivery. *Business Horizons*, 53(2), 139-148. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.006>
- Beckford, K. (2021). Competencias profesionales del Perfusionista en Latinoamérica. *Revista En Bomba*, 5(2), 58–73. <https://www.revistaenbombaalap.org/index.php/bomba/article/view/150>
- Beckford, K., Calderón, H., Cerón, E., Ciuro, L., del Valle, H., Domínguez, S., Giraldo, N., Gutiérrez, N., Murillo, N., Ortiz, A., País, G., Pertruz, K., Varela, A., y Aguerrevere, B. (2022). Práctica actual de la conducción de la perfusión para cirugía cardíaca de adultos en la Latinoamérica de habla hispana. *Revista Latinoamericana de Perfusion*, 11(1), 15–28.
- Butt, S. P., Abdulaziz, S., Razzaq, N., Kumar, A., Ashiq, F., Darr, U., & Bhatnagar, G. (2025). Redefining the role of perfusionists in ECMO: from technical operators to clinical stakeholders. *The journal of extra-corporeal technology*, 57(4), 287–289. <https://doi.org/10.1051/ject/2025046>
- Carrel, T., Longnus, S. H., & Gygax, E. (2023). Adverse events and complications during cardiopulmonary bypass. En K. Kirali, J. S. Coselli, & A. Kalangos (Eds.), *Cardiopulmonary bypass* (pp. 483–499). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18918-0.00030-9>
- Chappell, A., Gagnon, C. (2025). Cardiopulmonary Bypass Hardware Assembly and Setting Up the Circuit. In: Awad, A.S., DiNardo, J., Huang, J., Hancock, M.F. (eds) *Clinical Perfusion for Cardiac Surgery*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-91163-7_8
- Dias RD, Riley W, Shann K, Likosky DS, Fitzgerald D, Yule S. A tool to assess nontechnical skills of perfusionists in the cardiac operating room. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023 Apr;165(4):1462-1469. doi: 10.1016/j.jtcvs.2021.06.052. Epub 2021 Jul 2. PMID: 34261581; PMCID: PMC8720321.
- Extracorporeal Life Support Organization. (s. f.). ELSO Guidelines. ELSO. Recuperado el 18 de junio de 2026, de ELSO Guidelines. <https://www.elseo.org/resources/guidelines.aspx>
- Gasoma, E. B. Y. & Marouf, M. A. (2024). Enhancing surgical outcomes: Evaluating the impact of implementing the World Health Organization surgical safety checklist—A prospective cross-sectional study. *The Surgery Journal*, 10(4), e53–e59. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1800917>
- Giesbrecht, A., Klüß, C., Debeuckelaere, G., Bruño, M. A., Wenzel, F., Kohl, M., De Somer, F., & Bauer, A. (2024). Evaluation of university and training standards in clinical perfusion, an European-wide survey. *Interdisciplinary cardiovascular and thoracic surgery*, 39(2), ivae134. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivae134>
- Google 2026. NotebookLM [Herramienta de inteligencia artificial generativa]
- Holden, H. J. & Carayon, P. (2021). SEIPS 101 and seven simple SEIPS tools. *BMJ Qual Saf*. 30(11):901-910. doi: 10.1136/bmjqs-2020-012538.
- Ismail A, Semien G, Sharma S, et al. Cardiopulmonary Bypass. [Updated 2024 Aug 12]. In: StatPearls [Internet].

Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-. Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482190/>

Izquierdo-Condoy, J. S., Arias-Intriago, M., Tello-De-la-Torre, A., Busch, F. y Ortiz-Prado E. (2025). Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Enhancing Critical Thinking or Undermining Cognitive Autonomy? *J Med Internet Res.* 3;27:e76340. doi: 10.2196/76340.

Khaw, S. C., Chung, L., & Fancourt, N. (2025). Integrating non-technical skills into undergraduate medical simulation: a scoping review and thematic analysis of current practices. *Advances in simulation* (London, England), 10(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s41077-025-00377-9>

Li, S., Nordick, K. V., Murrieta-Álvarez, I., Kirby, R. P., Bhattacharya, R., Garcia, I., Hochman-Mendez, C., Rosengart, T. K., Liao, K. K., & Mondal, N. K. (2025). Prolonged Cardiopulmonary Bypass Time-Induced Endothelial Dysfunction via Glypican-1 Shedding, Inflammation, and Matrix Metalloproteinase 9 in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Biomedicines*, 13(1), 33. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13010033>

Mathis, M. R., Janda, A. M., Yule, S. J., Dias, R. D., Likosky, D. S., Pagani, F. D., Stakich-Alpirez, K., Kerray, F. M., Schultz, M. L., Fitzgerald, D., Sturmer, D., Manojlovich, M., Krein, S. L., & Caldwell, M. D. (2023). Nontechnical Skills for Intraoperative Team Members. *Anesthesiology clinics*, 41(4), 803–818.
<https://doi.org/10.1016/j.anclin.2023.03.013>

Melles, M., Albayrak, A., y Goossens, R. (2021). Innovating health care: Key characteristics of human-centered design. *International Journal for Quality in Health Care*, 33(Supplement_1), 37–44.
<https://doi.org/10.1093/intqhc/mzaa127>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2022, 16 de diciembre). Resolución 2471 de 2022. Por la cual se adoptan los lineamientos técnicos para la prevención y control de las IAAS y el PROA. *Diario Oficial* No. 52.253.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%202471%20de%202022.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2025). Marco Orientador de la Política Pública del Talento Humano en Salud (PPTHS) 2025-2035. Dirección de Desarrollo del Talento Humano en Salud.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/TH/anexo1-marco-orientador-ppths.pdf>

Morales Cané, I., Elías Fuentes, A., Cáliz Fuentes, J., Cabrera Arenas, I., Jiménez Pastor, J. M. & López Coletto, L. (2024). La circulación extracorpórea en cirugía cardíaca induce la degradación del glucocálix endotelial. *Revista Española de Perfusión*, 77, 15–24.

Observatorio de Talento Humano en Salud. (s. f.). Observatorio de Talento Humano en Salud (OTHS). Sistema Integrado de Información de la Protección Social (SISPRO). Recuperado el 11 de agosto de 2026, de

<https://www.sispro.gov.co/observatorios/ontalentohumano/Paginas/Competencias-profesionales-complementarias.aspx>

Parashari, A. (2025). Evolution of perfusion technology: Historical foundations, ethical practice, and global challenges. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/398367167_Evolution_of_Perfusion_Technology_Historical_Foundations_Ethical_Practice_and_Global_Challenges

Perkins, M., Roe, J., & Furze, L. (2025). Reimagining the Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A refined framework for educational assessment. *Journal of University Teaching and Learning Practice*. <https://open-publishing.org/journals/index.php/jutlp/article/view/1707> [1, 2]

Pimenta, I. D. S. F., Mata, Á. N. D. S., Bezerra, I. N. M., de Araújo, R. M. P., Santana, J. L. A., Capucho, H. C., de Souza-Oliveira, A. C., Echevarría-Pérez, P., Guillén-Martínez, D., y Piuvezam, G. (2025). Effectiveness of non-technical skills training in intensive care units: A systematic review. *BMC Medical Education*, 25(1), Artículo 847.
<https://doi.org/10.1186/s12909-025-07037-6>

Redjem, I. D., Huauilmé, A., Jannin, P., & Michinov, E. (2025). Crisis management in the operating room: A systematic review of simulation training to develop non-technical skills. *Nurse education today*, 147, 106583.

<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2025.106583>

Renghini, M., Maddinelli, D., Papeo, A., Puglia, C., Montisci, A., Cattaneo, S. & Benussi, S. (2025). Clinical Practice With Preprimed Extracorporeal Membrane Oxygenation: Safety, Sterility, and Functionality. *ASAIO journal* (American Society for Artificial Internal Organs: 1992), 71(6), 454–460. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000002361>

Shann, K. G. & Sundt, T. M. (2025). Leveraging the perfusionist-surgeon dyad to improve the culture of safety. *The journal of extra-corporeal technology*, 57(4), 274–278. <https://doi.org/10.1051/ject/2025022>

Stammers, A. H. (2023). Extracorporeal circulation in theory and practice. *The Journal of Extra-Corporeal Technology*, 55(2), 98–99. <https://doi.org/10.1051/ject/2023011>

Sukhera J. Narrative Reviews: Flexible, Rigorous, and Practical. *J Grad Med Educ.* 2022 Aug;14(4):414-417. doi: 10.4300/JGME-D-22-00480.1. PMID: 35991099; PMCID: PMC9380636.

Tanicuchi Jiménez, P. L., Aldaz Ruiz, K. G., Reyes Otacoma, J. J. & Llanga Vargas, E. F. (2026). La simulación clínica como estrategia didáctica en la educación médica. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/103>

Valdivia de la Fuente, M., Palacios Castañeda, D. J. & Martínez Sanz, N. (2025). The human factor and ergonomics in patient safety. *Medicina Intensiva (English Edition)*, 49(2), 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2024.03.014>

Valero, R. A. (2024). La cultura de la seguridad del paciente como eje de la calidad de atención en el quirófano [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. Repositorio Institucional UNAJ. <http://biblioteca.unaj.edu.ar/>

van Dalen, A. S. H. M., Jung, J. J., Nieveen van Dijkum, E. J. M., Buskens, C. J., Grantcharov, T. P., Bemelman, W. A. & Schijven, M. P. (2022). Analyzing and Discussing Human Factors Affecting Surgical Patient Safety Using Innovative Technology: Creating a Safer Operating Culture. *Journal of patient safety*, 18(6), 617–623. <https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000000975>

Vangone, I., Caruso, R., Magon, A., Giamblanco, C., Conte, G., Baroni, I., Russo, S., Belloni, S. & Arrigoni, C. (2024). High-Fidelity simulation and its impact on non-technical skills development among healthcare professionals: a systematic review and meta-analysis. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*, 95(2), e2024095. <https://doi.org/10.23750/abm.v95i2.15601>

Vaughan, D. (1997) *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA*. University of Chicago Press, Chicago.

Vermeylen, J. H., Cohen, E. R., Cook, D. A., McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Arnold, J., Ballard, H., Bayoumi, M., Beestrum, M., Bremner, R., Crawford, S., Einstein, N., Mannarino, C., Misra, A., Tomita, T. M., Waldron, H., Yanko, F. & Kessler, D. O. (2025). Competency-Based Simulation Training for Procedural Skills: A Systematic Review and Meta-analysis. *Simul Healthc.* . doi: 10.1097/SIH.0000000000000895.

Wahba, A., Kunst, G., De Somer, F., Kildahl, H. A., Milne, B., Kjellberg, G., Bauer, A., Beyersdorf, F., Ravn, H. B., Debeuckelaere, G., Erdoes, G., Haumann, R. G., Gudbjartsson, T., Merkle, F., Pacini, D., Paternoster, G., Onorati, F., Ranucci, M., Ristic, N., Vives, M., ... EACTS/EACTAIC/EBCP Scientific Document Group. (2025). 2024 EACTS/EACTAIC/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 67(2), ezae354. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezae354>

Wetzel, L., Fitzgerald, D., Sundt, T. M. y Abernathy, J. H. (2022). Factores humanos y trabajo en equipo en cirugía cardíaca. En F. Falter, AC Perrino, Jr y RA Baker (Eds.), *Circulación extracorpórea* (págs. 1-8). Capítulo, Cambridge: Cambridge University Press.

World Health Organization. [WHO], (2021). Global patient safety action plan 2021–2030: Towards eliminating avoidable harm in health care. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240032705>

World Health Organization [WHO], 2024. Infection prevention and control.
<https://www.who.int/teams/integrated-health-services/infection-prevention-control>

Wright, M. I., Polivka, B. & Clark, P. (2022). Exploring Normalization of Deviance among Perioperative Registered Nurses in the Operating Room. *Western journal of nursing research*, 44(2), 116– 124.
<https://doi.org/10.1177/0193945921999677>

Zhang C. (2023). A Literature Study of Medical Simulations for Non-Technical Skills Training in Emergency Medicine: Twenty Years of Progress, an Integrated Research Framework, and Future Research Avenues. *International journal of environmental research and public health*, 20(5), 4487.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20054487>

Zirak, N., Shafiei, H., Sadeghi Ivraghi, M., Jarahi, L., Rahimi, H., Ahmadi Hassanabad, Z., Pakniat, H., & Maragheh Moghaddam, S. (2022). Retrospective analysis of bypass-related complications at Iran’s cardiovascular surgical centers. *Journal of Cardio-Thoracic Medicine*, 10(4), 1078–1088. <https://doi.org/10.22038/jctm.2022.67638.1397>

Anexo A. Tabla de estudios para ejes alternos de consulta.

Autor y Año	Tipo de Estudio // Pertinencia (Criterio de Exclusión)	País / Región Idioma, población, años	Objetivo del Estudio	Otro Eje de Consulta
Astier-Peña et al., (2021)	Artículo de análisis / revisión estratégica y de política sanitaria.	España (Alcance global OMS) Idioma: Español Población: Plan mundial 2021-2030	Presentar un análisis de las 35 acciones estructuradas en los siete objetivos estratégicos del «Plan de acción mundial para la seguridad del paciente 2021-2030» dirigidas a las organizaciones sanitarias.	Eje macro-político e institucional: Se enfoca en los retos de implementación de políticas de seguridad específicamente en los centros de Atención Primaria en Salud.
Khaw, S. C., Chung, L., & Fancourt, N. (2025)	Revisión exploratoria (scoping review) y análisis temático.	Oxford, Reino Unido Idioma: Inglés Población: Estudiantes de medicina de pregrado Años: Literatura hasta junio 2025	Examinar las prácticas actuales en la formación en habilidades no técnicas (NTS) mediante simulación para estudiantes de medicina, con el fin de recopilar estrategias basadas en la evidencia.	Eje de educación médica. Aunque valida estrategias de simulación para NTS.
Pimenta et al., (2025)	Revisión sistemática.	Internacional (Brasil / España) Idioma: Inglés / Portugués Población: 2,103 profesionales y 15,776 pacientes Años: Búsqueda hasta enero 2025	Examinar la efectividad de los programas de capacitación en habilidades no técnicas (HNT) en unidades de cuidados intensivos utilizando el modelo de evaluación de Kirkpatrick.	Eje de Cuidados Críticos (UCI): Se limita al análisis del impacto organizativo y clínico de las NTS dentro del entorno de la Unidad de Cuidados Intensivos.
Tanicuchi Jiménez, P. L., et al. (2026)	Revisión bibliográfica narrativa.	Latinoamérica Idioma: Español	Analizar el uso de la simulación clínica como estrategia educativa en	Eje pedagógico: una revisión de carácter amplio sobre la simulación como estrategia didáctica general.

		Población: Estudiantes de medicina y profesionales en formación académica	la formación médica general.	
Zhang, C. (2023)	Revisión de la literatura.	China Idioma: inglés Población: Profesionales de la salud Años: Literatura entre 2001 y 2020	Analizar las lecciones aprendidas durante las últimas dos décadas en el uso de simulaciones médicas para el entrenamiento de habilidades no técnicas (NTS) en medicina de emergencias.	Eje de Medicina de Emergencias: Centraliza su marco de investigación integrado y las propuestas metodológicas de simulación en el ámbito de las urgencias y emergencias médicas.

Anexo: Matriz Complementaria de Evidencia Excluida (Continuación)

Autor y Año	Tipo de Documento / Estudio // Criterio de Exclusión	País / Región	Objetivo / Enfoque del Documento	Motivo de Exclusión / Eje de Consulta Temática en el Marco Teórico
Banja, J. (2010)	Artículo de análisis ético y conductual. No centrado en simulación de NTS en perfusión.	USA	Analizar las raíces sociológicas y psicológicas de la normalización de la desviación en la práctica asistencial médica.	Eje de Error Humano: Aporta al marco conceptual de la normalización del desvío, pero no evalúa intervenciones educativas ni taxonomías operativas de perfusión.
Beckford et al., 2022	Reporte clínico / Estudio descriptivo. No centrado en simulación de NTS.	Latinoamérica	Describir resultados clínicos o manejos específicos en entornos quirúrgicos cardiovasculares. Conducción del bypass	Eje Clínico Quirúrgico: Su enfoque es estrictamente clínico-asistencial, sin componentes de diseño instruccional o evaluación de habilidades blandas.
Carrel, T., Longnus, S. H., & Gyax, E. (2023)	Revisión clínica de complicaciones. Foco puramente técnico/fisiopatológico.	Suiza	Identificar y clasificar los eventos adversos y las fallas técnicas/complicaciones durante la circulación extracorpórea.	Eje de Seguridad Técnica en CEC: Esencial para mapear los riesgos de la bomba, pero describe las complicaciones desde el punto de vista clínico, no desde el entrenamiento simulado de factores humanos.
Chappell, A., & Gagnon, C. (2025)	Capítulo de libro técnico / Manual de procedimiento. Foco instructivo	Internacional	Describir el paso a paso del ensamblaje del hardware de la circulación extracorpórea y el cebado/configuración del circuito.	Eje Procedimental Mecánico: Es un manual de "habilidades duras" (armado físico del circuito). No mide

	procedimental.			variables de comportamiento, carga cognitiva ni dinámicas de NTS mediadas por tecnologías o IA.
Gasoma, E. B. Y., & Marouf, M. A. (2024)	Artículo de revisión clínica. No centrado en perfusión.	Internacional	Evaluar estrategias generales dentro del quirófano para optimizar los resultados quirúrgicos postoperatorios.	Eje Quirúrgico General: Aborda desenlaces quirúrgicos globales y la seguridad en el quirófano sin delimitar el rol o la conducta del perfusionista en la CEC.
Giesbrecht, A., et al. (2024)	Estudio descriptivo / Evaluación curricular. Foco político-educativo.	Alemania / Europa	Evaluar y comparar los estándares de entrenamiento y los programas universitarios de formación en perfusión clínica.	Eje de Regulación Académica: Analiza la estructura curricular y la estandarización de los títulos en Europa, pero no experimenta con simulación clínica de NTS ni herramientas de IA.
Ismail, A., Semien, G., Sharma, S., et al. (2024)	Revisión clínica / Guía de actualización (StatPearls). Protocolo técnico.	USA	Proveer una visión general y actualizada de los principios fisiológicos, indicaciones y manejo de la circulación extracorpórea.	Eje de Fundamentación Clínica: Funciona como literatura de referencia técnica sobre el funcionamiento de la bomba de CEC, careciendo de un enfoque en el comportamiento o factores humanos.
Melles, M., Albayrak, A., & Goossens, R. (2021)	Artículo de revisión tecnológica y de diseño. No enfocado en la bomba de CEC.	Países Bajos	Identificar las características clave del diseño centrado en el humano (HCD) para la innovación en el cuidado de la salud.	Eje de Ingeniería de Factores Humanos: Aporta la base teórica de la ergonomía cognitiva y el diseño de tecnologías médicas en general, pero no se aplica directamente a la simulación en perfusión.
Ministerio de Salud y Protección Social (2022)	Documento de Política Pública Sanitaria. Alcance macro-institucional.	Colombia	Establecer los objetivos, metas y estrategias sanitarias del país para el periodo 2022-2031 (PDSP).	Eje Normativo Nacional: Marco de referencia contextual sobre la salud pública y la seguridad nacional, sin especificidad en subespecialidades

				quirúrgicas.
Ministerio de Salud y Protección Social (2025)	Documento Técnico / Marco Orientador. Alcance político-educativo global.	Colombia	Definir las políticas públicas para la planeación, formación y ejercicio del Talento Humano en Salud (PPTHS) 2025-2035.	Eje de Política de Talento Humano: Regula la formación de profesionales en salud a nivel país, pero no detalla protocolos específicos de simulación clínica en tecnologías extracorpóreas.
Morales Cané, I., et al. (2024)	Estudio experimental / Clínico-fisiológico. Foco puramente biomédico.	España	Analizar cómo la circulación extracorpórea induce la degradación del glucocálix endotelial en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.	Eje Fisiopatológico: Investigación biomédica pura centrada en la respuesta orgánica del paciente a la CEC; no evalúa la educación ni el comportamiento del profesional.
Parashari, A. (2025)	Revisión histórica y ética (Zenodo). Foco historiográfico.	Internacional	Examinar la evolución histórica de la tecnología de perfusión, los desafíos globales actuales y sus implicaciones éticas.	Eje Histórico y Bioético: Útil para la introducción de la evolución de la disciplina, pero no evalúa metodologías contemporáneas de entrenamiento en crisis o simulación asistida.
Redjem, I. D., Huauhmé, A., Jannin, P., & Michinov, E. (2025)	Revisión sistemática.	Francia	Examinar el entrenamiento basado en simulación para desarrollar habilidades no técnicas (NTS) en la gestión de crisis en el quirófano.	Eje de Gestión de Crisis en Quirófano General: Aunque investiga simulación y NTS, su análisis abarca al equipo quirúrgico general o de anestesia, sin el enfoque específico que requiere sobre el perfusionista y el armado de su circuito.
Stammers, A. H. (2023)	Reseña editorial / Revisión literaria. Foco teórico conceptual.	USA	Discutir y reseñar los fundamentos de la circulación extracorpórea en la teoría y la práctica clínica.	Eje Teórico de Perfusión: Ensayo/editorial sobre el estado del arte técnico de la disciplina, sin datos empíricos sobre intervenciones pedagógicas o uso de IA.
Valero, R. A.	Tesis de grado (Especialización/Maestría).	Argentina	Analizar la cultura de la seguridad del paciente como el eje central de la calidad	Eje de Cultura de Seguridad General: Evalúa los climas de

(2024)			dentro del entorno del quirófano.	seguridad y la calidad hospitalaria general en salas de cirugía, sin abordar el nicho de la tecnología de perfusión.
Valdivia de la Fuente, M., Palacios, D. J., & Martínez, N. (2025)	Artículo de revisión conceptual.	España / Latam	Analizar el impacto de los factores humanos y la ergonomía en la seguridad global del paciente.	Eje de Factores Humanos General: Proporciona sustento teórico sobre ergonomía y seguridad del paciente, pero de manera transversal para todo el sistema de salud, sin aplicación directa a la CEC.
World Health Organization [WHO] (2024)	Directriz institucional / Guía técnica. Foco epidemiológico preventivo.	Internacional	Establecer las directrices globales sobre la prevención y el control de infecciones (IPC) en entornos de atención médica.	Eje de Control de Infecciones: Sustenta los principios de asepsia indispensables para el armado del circuito, pero constituye una norma institucional general, no un estudio de simulación de NTS.
Zirak, N., et al. (2022)	Estudio retrospectivo epidemiológico. Foco estadístico clínico.	Irán	Realizar un análisis retrospectivo de las complicaciones clínicas relacionadas con la derivación cardiopulmonar en centros quirúrgicos.	Eje Epidemiológico Quirúrgico: Mapea la incidencia estadística de fallos clínicos en centros asistenciales, sin analizar el factor humano desde una perspectiva pedagógica o de simulación interactiva.