



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE BANCOS DE SANGRE PARA
GARANTIZAR EL SUMINISTRO OPORTUNO DE HEMOCOMPONENTES
DURANTE LA ACTIVACIÓN DEL PROTOCOLO DE TRANSFUSIÓN
MASIVA

BLOOD BANK OPTIMIZATION STRATEGIES TO ENSURE TIMELY
SUPPLY OF BLOOD COMPONENTS DURING MASSIVE TRANSFUSION
PROTOCOL ACTIVATION

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE SEGUNDA
ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN HEMOTERAPIA Y BANCO DE
SANGRE

AUTOR

ALVARO VILLAGARCIA TALAVERA

ASESOR

JUAN JOSE MONTAÑEZ MEJIA

CO – ASESORA

ESTHER ROSAURA BELLIDO HUASHUAYO

LIMA – PERÚ

2025

ASESORES DEL TRABAJO ACADEMICO

ASESOR

Lic. JUAN JOSE MONTAÑEZ MEJIA

Departamento Académico de Tecnología Medica

ORCID: 0000-0001-9893-8467

CO – ASESORA

Mg. ESTHER ROSAURA BELLIDO HUASHUAYO

Departamento Académico de Tecnología Medica

ORCID: 0009-0007-9035-8143

Fecha de aprobación: 19 de diciembre de 2025.

Calificación: Aprobado.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, quien me ha dado la fortaleza para poder avanzar en cada tramo de esta especialidad, a mis padres por su apoyo incondicional, por impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera, a mi esposa por creer siempre en mí y ser ese pilar de suma importancia para mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mis asesores el Lic. Juan José Montañez Mejía y la Mg. Esther Bellido Huashuayo, su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi persona para la redacción de esta monografía, a cada uno de los docentes del Programa de Segunda Especialidad profesional en Hemoterapia y Banco de Sangre de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y a todos los que conforman el Servicio de Hemoterapia y Banco de Sangre del HNCASE – Essalud Arequipa, gracias por ser como una familia para mí.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue autofinanciado.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El egresado:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	VILLAGARCIA TALAVERA ALVARO

Perteneiente al programa de la **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN HEMOTERAPIA Y BANCO DE SANGRE**, autor del trabajo titulado: **ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE BANCOS DE SANGRE PARA GARANTIZAR EL SUMINISTRO OPORTUNO DE HEMOCOMPONENTES DURANTE LA ACTIVACIÓN DEL PROTOCOLO DE TRANSFUSIÓN MASIVA** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN HEMOTERAPIA Y BANCO DE SANGRE** bajo la modalidad de **TRABAJO ACADÉMICO**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	MONTAÑEZ MEJIA JUAN JOSE	MEDICINA	ASESOR
2.	BELLIDO HUASHUAYO ESTHER ROSAURA	MEDICINA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **5%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3534093129**; fecha de entrega: **11-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 11 de abril de 2026.**

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

DOCENTE DE HEMOTERAPIA Y BANCO DE SANGRE
JUAN JOSE MONTAÑEZ MEJIA
ECNÓLOGO MÉDICO
CTMP: 5797

Firma del asesor
N° DNI: 10598692
ORCID: 0000-0001-9893-8467

Firma del Co-asesor
N° DNI: 43532936
ORCID: 0009-0007-9035-8143



TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. CUERPO.....	4
IV. CONCLUSIONES	16
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
ANEXOS	

RESUMEN

Introducción: La transfusión masiva es un procedimiento crítico en el manejo del shock hemorrágico, es efectiva por disponibilidad de hemocomponentes y coordinación del Banco de Sangre y áreas clínicas. Limitaciones logísticas, variabilidad en disponibilidad de hemocomponentes y ausencia de protocolos estandarizados, afectan la eficacia del Protocolo de Transfusión Masiva (PTM).

Objetivo: Analizar las estrategias de optimización implementadas por los bancos de sangre para garantizar la disponibilidad y el suministro oportuno de hemocomponentes durante la activación del PTM, en pacientes con hemorragia crítica.

Metodología: Se realizó una revisión narrativa descriptiva, basada en la información contenida en artículos científicos en inglés publicados del 2010 al 2025. Los documentos fueron extraídos de PubMed y Google Académico, y sugeridos por experto. Descripción de hallazgos: se revisaron 468 documentos, obteniendo 32 artículos; evidencian que la eficiencia transfusional mejora con proporciones equilibradas (1:1:1 y 1:1:2), gestión de inventarios con rotación programada, trazabilidad electrónica y capacitación constante. La disponibilidad de plaquetas es la principal limitante operativa, junto a fallas de comunicación y ausencia de indicadores estandarizados de desempeño transfusional durante el PTM. **Conclusiones:** La optimización del Banco de Sangre debe unificar estrategias de gestión logística, estandarización de procesos y fortalecimiento de la comunicación clínica. El desarrollo de herramientas digitales y modelos predictivos mejorara la disponibilidad y seguridad de los hemocomponentes.

Palabras clave: Optimización, estrategias, protocolo de transfusión masiva.

ABSTRACT

Introduction: Massive transfusion is a critical procedure in the management of hemorrhagic shock. It is effective due to the availability of blood components and the coordination between the Blood Bank and clinical areas. Logistical limitations, variability in the availability of blood components, and the absence of standardized protocols affect the effectiveness of the Massive Transfusion Protocol (MTP).

Objective: To analyze the optimization strategies implemented by blood banks to guarantee the availability and timely supply of blood components during MTP activation in patients with critical hemorrhage. **Methodology:** A descriptive narrative review was conducted, based on information contained in scientific articles in English and Spanish published from 2010 to 2025. Documents were extracted from PubMed and Google Scholar, and suggested by an expert.

Description of findings: A total of 468 documents were reviewed, yielding 32 articles; these show that transfusion efficiency improves with balanced ratios (1:1:1 and 1:1:2), inventory management with scheduled rotation, electronic traceability, and continuous training. Platelet availability is the main operational limitation, along with communication failures and the absence of standardized indicators of transfusion performance during the MTP. **Conclusions:** Optimization of the Blood Bank must unify strategies in logistical management, process standardization, and strengthening of clinical communication. The development of digital tools and predictive models will improve the availability and safety of blood components.

Keywords: Optimization, strategies, massive transfusion protocol.

I. INTRODUCCIÓN

La hemorragia severa representa una de las principales causas de mortalidad en pacientes críticos, y la activación del Protocolo de Transfusión Masiva (PTM) constituye una intervención decisiva en su manejo. Solo entre el 2 % y 3 % de los casos de trauma requieren activación del PTM(1) pero la mortalidad puede superar el 30 % si no se ejecuta de forma oportuna (2).

En el Reino Unido, se estimó la incidencia de hemorragia traumática de 83 casos por millón con una mortalidad del 17,9 % a las 24 horas, con retrasos en la administración de plasma, plaquetas y crioprecipitado (3) . En el contexto peruano, la hemorragia obstétrica representa hasta el 25 % de las muertes maternas y la activación oportuna del PTM obstétrico mejora la supervivencia (4).

El Banco de Sangre enfrenta múltiples desafíos en la respuesta al PTM, entre ellos la liberación rápida de hemocomponentes, la coordinación con áreas críticas y la trazabilidad bajo alta demanda. La ausencia de tiempos meta estandarizados y las fallas en la comunicación interdepartamental, comprometen la eficacia transfusional(5).

En el Perú, un estudio de control transfusional mostro que el paquete globular representó el 70,1 % de las transfusiones, seguido por el plasma fresco congelado 12,8 % y las plaquetas 9,6 %; sin embargo, solo el 61 % de los procedimientos presentaron justificación clínica completa, lo que refleja deficiencias en la gestión y auditoría transfusional (6).

Las experiencias descritas en diferentes contextos evidencian que la efectividad del PTM depende directamente de la capacidad resolutive del banco de sangre, en su

logística operativa y en la calidad de los hemocomponentes disponibles (7,8). Los resultados observados en la literatura científica refuerzan la necesidad de implementar sistemas de trazabilidad, control de inventarios y rotación programada del stock sanguíneo, componentes esenciales para fortalecer la respuesta transfusional en escenarios críticos(9).

El objetivo de la presente revisión bibliográfica, es analizar las estrategias de optimización implementadas por los bancos de sangre para garantizar la disponibilidad y el suministro oportuno de hemocomponentes durante la activación del Protocolo de Transfusión Masiva (PTM).

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar las estrategias de optimización implementadas por los bancos de sangre para garantizar la disponibilidad y el suministro oportuno de hemocomponentes durante la activación del Protocolo de Transfusión Masiva (PTM) en pacientes con hemorragia crítica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar los protocolos descritos en la literatura para optimizar la disponibilidad de hemocomponentes en escenarios de transfusión masiva.
2. Evaluar los principales indicadores de efectividad utilizados en la optimización de bancos de sangre, tales como tiempo de respuesta, suficiencia de hemocomponentes y manejo de stock de emergencia.
3. Analizar las limitaciones y desafíos logísticos, técnicos y de gestión reportados en la implementación de estrategias de optimización en diferentes contextos hospitalarios.

III. CUERPO

CAPÍTULO I: ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

El presente trabajo narrativo de carácter descriptivo aborda el tema: “Estrategias de optimización de bancos de sangre para garantizar el suministro oportuno de hemocomponentes durante la activación del Protocolo de Transfusión Masiva (PTM)”, con base en artículos científicos más relevantes publicados entre los años 2010 y 2025.

1. Bases de datos utilizadas

Las principales bases de datos consultadas fueron PubMed y Google Académico, complementadas con la inclusión de artículos sugeridos por experto. La fecha de búsqueda fue del 21 de octubre de 2025, empleándose ecuaciones estructuradas con operadores booleanos AND y OR.

2. Términos utilizados

La estrategia de búsqueda fue con los términos Mesh: 1. Población: blood bank, hospital blood bank, transfusion service, transfusion medicine service, 2. Concepto: optimization, management strategies, process improvement, quality improvement, 3. Contexto: massive transfusion, massive transfusion protocol, massive hemorrhage, trauma, shock trauma, critical care, emergency service hospital, obstetric hemorrhage, vease **Anexo 1**.

3. Fórmula de búsqueda

Todas las fórmulas de búsqueda pueden verse en el **Anexo 2**.

4. Elección de artículos

4.1 Criterios de inclusión

Artículos científicos publicados entre 2010 y 2025, en inglés y español por sugerencia de experto, estudios de revisión, artículos originales, artículo basados en guías técnicas, documentos con texto completo que aborden la optimización del banco de sangre o la gestión transfusional en el PTM.

4.2 Criterios de exclusión

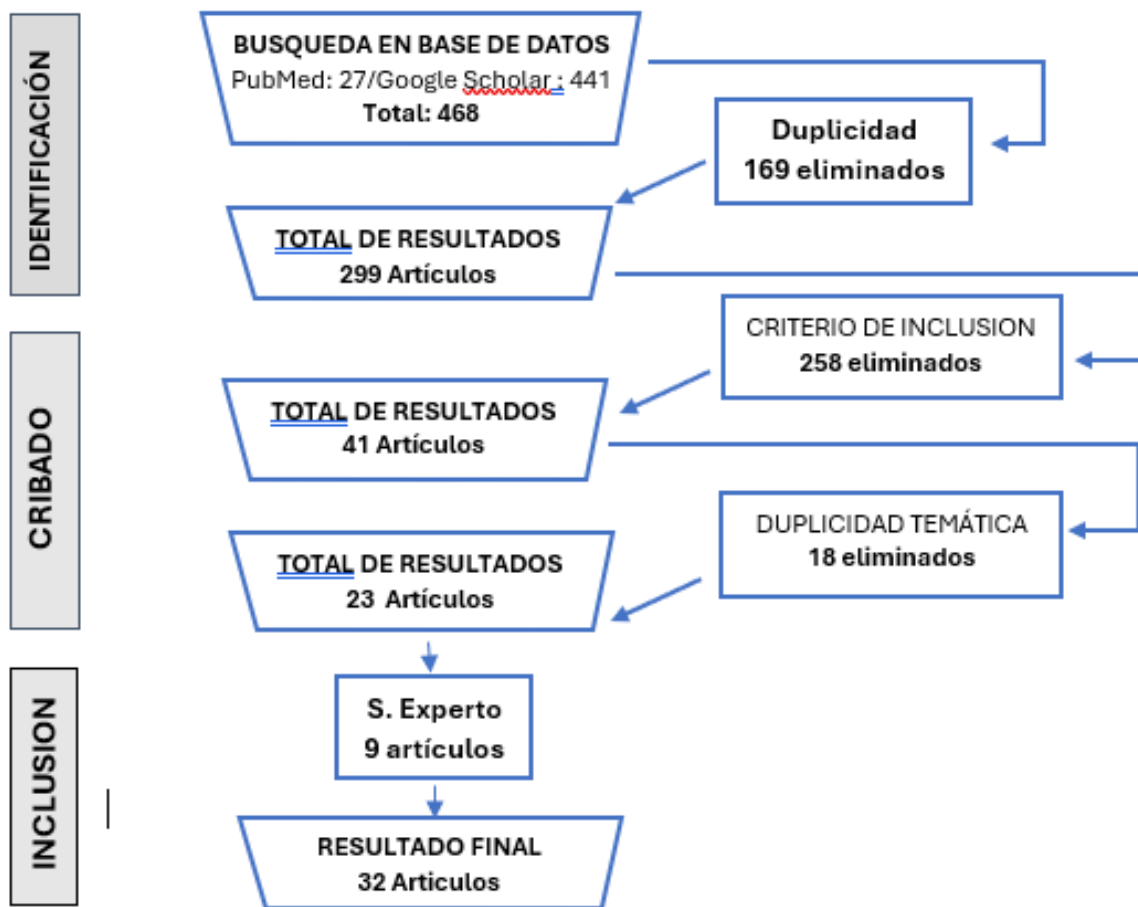
Publicaciones centradas únicamente en aspectos clínicos sin vinculación logística o de gestión, trabajos que aborden transfusiones fuera del contexto de PTM.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS

En la búsqueda se identificaron 27 registros en la base de datos PubMed y 441 artículos en la base Google Académico con un total de 468 artículos en inglés y español. Se eliminó 169 duplicados, 299 registros coincidieron con objetivos de revisión, aplicando criterios de inclusión; se eliminó 258 registros, quedando con 41 artículos completos, por duplicidad temática se eliminaron 18 registros, quedando 23 artículos, se adicionaron 9 por sugerencia de experto, quedando 32 artículos para la elaboración de la presente revisión como se evidencia en el siguiente flujograma.

Flujograma del proceso de recopilación de bases de datos:

A continuación, se presenta el detalle del flujograma:



Elaboración Propia

1. Fundamentos teóricos sobre transfusión masiva

La transfusión masiva se define como la administración de ≥ 10 unidades de glóbulos rojos en 24 horas o ≥ 5 unidades en 4 horas, equivalentes a la reposición de una volemia completa(10). Su frecuencia es baja en términos poblacionales alrededor del 2 al 5 % de las transfusiones hospitalarias, pero su impacto en mortalidad es alto, superando el 30 % en trauma grave y hemorragia obstétrica (4,11). Las indicaciones más comunes corresponden a trauma severo (40 a 50 %), cirugía cardiovascular y hepática (20 a 25 %) y hemorragia obstétrica (10 a 15 %) (12,13), la evolución de este protocolo de acuerdo al área en que se aplica ver en el **Anexo 3.**

Los requerimientos transfusionales implican la reposición equilibrada de glóbulos rojos (GR), plasma fresco congelado (PFC) y plaquetas (PLT) en proporciones que mantengan la hemostasia fisiológica. Estudios multicéntricos han demostrado que los esquemas 1:1:1 o 1:1:2 (GR: PFC: PLT) reducen la mortalidad temprana y el riesgo de coagulopatía dilucional (1,11). En la práctica, un paciente sometido a transfusión masiva puede recibir entre 4 y 12 unidades de GR, 4 a 8 unidades de plasma y 1 o 2 pools de plaquetas en las primeras horas, dependiendo del grado de shock hemorrágico (14,15).

2. Experiencia en la optimización de bancos de sangre y protocolos de transfusión masiva

La literatura nos permite revisar la experiencia en la optimización operativa de los bancos de sangre a partir de la implementación de protocolos de transfusión masiva (PTM) en distintos contextos hospitalarios. En España, la implementación de protocolos estructurados de hemorragia masiva ha fortalecido la coordinación entre

el banco de sangre, el quirófano y los servicios de emergencia, logrando una reducción en los tiempos de entrega de hemocomponentes, la activación temprana del protocolo, con proporciones equilibradas 1:1:1 de glóbulos rojos, plasma y plaquetas, disminuyó las tasas de mortalidad en pacientes politraumatizados hasta en un 30 % (8). La creación de equipos multidisciplinarios de profesionales en trauma y su capacitación continua incrementaron la eficiencia operativa y redujeron el descarte de hemocomponentes(16).

En Brasil, la aplicación del PTM se basa en la liberación secuencial de paquetes transfusionales desde el banco de sangre con proporciones predefinidas, donde diversos centros utilizan combinaciones como 6 GR: 4 PFC, 6 GR: 6 PFC, o 6 GR: 6 PFC: 10 crioprecipitados, convergiendo finalmente hacia relaciones 1:1 o 1:1-2 a medida que la hemorragia progresa. El banco de sangre cumple así un rol operativo esencial, enviando los paquetes de forma cíclica y ajustando la disponibilidad de plasma descongelado, especialmente ante el desafío frecuente de escasez de plasma AB, el tipo universal. Estas estrategias permiten sostener la reanimación hemostática y mitigar la coagulopatía mediante reposición equilibrada (17).

En Argentina, se describe la implementación de sistemas de gestión y trazabilidad electrónica, reduciendo al 20 % el descarte de hemocomponentes, optimizando la rotación de los mismos, la cooperación de bancos regionales y hospitales de alta complejidad, elevo en 15 %, la eficiencia de distribución interhospitalaria. La planificación anticipada del stock crítico, el uso de protocolos balanceados 1:1:1 y la capacitación continua del personal técnico y médico, dio resultados exitosos en el Hospital Garrahan y el Hospital Posadas, donde se acorto los tiempos de entrega

de componentes en un 25 % y mejoro la respuesta ante hemorragias críticas, por lo que un banco de sangre gestionado con enfoque logístico y clínico puede sostener la eficiencia transfusional incluso en contextos de alta demanda (7).

En Uruguay, los pacientes con hemorragia crítica representan 8 % de las transfusiones totales, pero consumen el 10 % del total de hemocomponentes, lo que propone un desafío operativo. Optimizar la reposición 1:1:1, reducir los tiempos de respuesta, el uso de monitorización viscoelástica y la reposición precoz de calcio, ayudaron a estandarizar los procesos entre banco de sangre, quirófano y unidad de cuidados intensivos. La planificación logística, la capacitación del personal y la integración institucional fue determinante en la eficiencia de la respuesta transfusional y la sostenibilidad del sistema durante la activación de los protocolos de transfusión masiva (18).

En México, Los hospitales de alta especialidad reportaron el 41 % de las transfusiones masivas son obstétricas, siendo la atonía uterina la causa predominante. La implementación de esquemas transfusionales 1:1:1, junto con el uso temprano de fibrinógeno y ácido tranexámico, redujo la mortalidad materna en un 25 % durante el primer año de aplicación (19). La importancia de la coordinación inmediata entre obstetricia, quirófano y banco de sangre, así como la capacitación continua del personal que transfunde, son factores decisivos para garantizar la disponibilidad y seguridad de los hemocomponentes durante emergencias hemorrágicas (20).

En Colombia, la aplicación del protocolo de control de daños ha demostrado reducir la mortalidad del 65 % al 19 % gracias a la coordinación efectiva entre servicios

críticos y el banco de sangre, garantizando proporciones transfusionales equilibradas 1:1:1 y una comunicación directa durante la activación del PTM (21). En el Perú, la activación del PTM exige una respuesta inmediata del Servicio de Hemoterapia y Banco de Sangre, que prepara y entrega paquetes estandarizados (4 PG, 4 PFC y plaquetas) bajo el esquema 1:1:1, procurando una comunicación permanente con el equipo clínico. Es así que el banco asegura pruebas de compatibilidad, monitoreo de coagulación y reposición oportuna según la evolución. La aplicación del PTM ha demostrado reducir la mortalidad asociada a hemorragia de 38% a 25%(22).

Los estudios multicéntricos indican que la implementación de PTM reduce la mortalidad global en hemorragias masivas de 35 % a 19 %. Se han reportado que los centros con protocolos estructurados lograron disminuir en 25 % el tiempo de entrega de plasma y en 30 % los retrasos en la administración de plaquetas(11,14). De igual modo, se evidencio que incluso en centros de trauma nivel I, la escasez de plaquetas fue el principal obstáculo operativo que limito la capacidad de respuesta del banco de sangre al momento de atender a múltiples pacientes (15). Ver resumen de experiencias en **Anexo 4**.

3. Organización y funcionamiento del Banco de Sangre

El Banco de Sangre, constituye el eje operativo del sistema transfusional hospitalario. Su estructura funcional incluye los procesos de recepción de solicitudes, tipificación, compatibilidad, preparación, almacenamiento y distribución de hemocomponentes (20,23). Activado el PTM, el Banco de Sangre prepara de forma automática paquetes equilibrados 1:1:1 (4 glóbulos rojos, 4 PFC y 4 plaquetas), asegurando compatibilidad grupal y priorizando unidades

universales cuando el grupo sanguíneo es desconocido. Se debe verificar diariamente las unidades almacenadas destinadas a hemorragia masiva, manteniendo la trazabilidad mediante hojas de conducción y ajustando la reposición de hemocomponentes según la evolución clínica del paciente y las pruebas de laboratorio (fibrinógeno, coagulación, hemograma), a esto se denomina proceso cíclico, que se mantiene hasta la desactivación formal del protocolo (22).

4. Suficiencia de Hemocomponentes

En términos de capacidad operativa, está establecido que debe haber reservas críticas equivalentes a ≥ 20 unidades de glóbulos rojos O negativo y ≥ 10 unidades de plasma AB, (24,25), con rotación controlada, trazabilidad electrónica y alarmas de stock crítico, que reduce la caducidad y el desperdicio que puede alcanzar anualmente del 5 al 7 % (26). Las guías internacionales recomiendan proporciones fijas 1:1:1 (GR:PFC:PLT), con ajustes dinámicos mediante tromboelastografía (TEG) (24,27). El 69 % de los centros norteamericanos mantienen plasma inmediato disponible, y el 88 % aplican relaciones altas de PFC/GR $\geq 1:2$. Además, un 49 % incluyen ácido tranexámico como hemostático inicial y un 18 % incorporan TEG como herramienta de control hemostático(1).

5. Tiempos de respuesta frente al PTM

Los Protocolos de Transfusión Masiva (PTM) estructuran la respuesta transfusional ante hemorragias críticas, definiendo criterios de activación, proporciones de componentes y mecanismos de comunicación (1,12). Generalmente se activan cuando el paciente ha recibido ≥ 4 unidades de GR en 1 hora (11). En periodos de emergencia, la comunicación fluida entre el banco, sala de operaciones, urgencias y UCI, es decisiva, se ha demostrado que la falta de retroalimentación y duplicación

de solicitudes prolonga el tiempo de entrega de hemocomponentes hasta en 15 a 20 minutos adicionales, mientras que los circuitos cerrados de comunicación reducen estos retrasos en 60 %. (28). En Latinoamérica (19,23) establecen estructuras protocolizadas similares, priorizando la trazabilidad, tiempos de respuesta menores a 15 minutos y la obligación de implementar un sistema de registro de PTM activo (20,29,30).

6. Estrategias de optimización del stock durante transfusiones masivas

La optimización del stock en contextos de transfusión masiva se sustenta principalmente en una planificación anticipada eficiente, este enfoque permite una mejor adaptación del sistema ante la variabilidad de la demanda, incrementando la capacidad predictiva y favoreciendo la disponibilidad oportuna de hemocomponentes en situaciones de alta demanda transfusional (26). Debido a que los bancos de sangre no pueden predecir con certeza cuántas unidades se requieren diariamente, la estimación de rangos razonables basada en la experiencia y los registros históricos constituye una herramienta clave. La implementación de estos modelos ha reducido el desperdicio en 4.8 % y la escasez en 3.4 % (26,31). A nivel operativo, los bancos de sangre emplean análisis de demanda por hora crítica y reabastecimiento predictivo, considerando el consumo promedio de los últimos doce meses como referencia (13).

En cuanto a trazabilidad, los sistemas informatizados de gestión transfusional demuestran gran eficacia que permiten identificar la localización en tiempo real de cada unidad, emitir alertas automáticas y reducir pérdidas por caducidad hasta en 50 % (24,25). Además la donación voluntaria recurrente y la cooperación interhospitalaria son esenciales: durante crisis, ya que hasta un 30 % de los

hemocomponentes proviene de bancos que están asociados o reposiciones estratégicas. Finalmente, la capacitación del personal técnico, Tecnólogo Médico y Médico responsable en la activación del (PTM) mejora la coordinación interprofesional y reduce la probabilidad de errores transfusionales, cuya incidencia puede disminuir de 1/1,000 a 1/10,000 transfusiones (28).

7. Barreras identificadas y perspectivas futuras

Las principales barreras identificadas, provienen de los errores en la comunicación entre las diferentes áreas críticas y el banco de sangre, lo que incide en los tiempos de respuesta, estos que además no tienen un rango totalmente establecido o meta, la caducidad temprana de plaquetas y Plasma de tipo AB, representa un obstáculo recurrente para sostener proporciones balanceadas 1:1:1 durante la reanimación, generando riesgos de desabastecimiento en escenarios críticos, también está la limitada implementación de sistemas de trazabilidad y control de stock, que impiden anticipar la demanda y optimizar la reposición del inventario y finalmente la dependencia de recursos humanos capacitados y especializados, todo esto afecta el sostenimiento del protocolo en su fase crítica (22,32).

Sin embargo, se espera avances significativos en inteligencia artificial aplicada a la predicción de demanda, bancos de sangre virtuales y sistemas automáticos de inventario, actualmente en evaluación en el sistema de salud de Australia y del Reino Unido (24,25). Además, el desarrollo de sustitutos sanguíneos basados en hemoglobina recombinante y expansores plasmáticos promete reducir la presión sobre las reservas hospitalarias (14). Las futuras estrategias apuntan a integrar estos sistemas digitales con protocolos clínicos estandarizados, garantizando

trazabilidad, ahorro de recursos y mejora de la seguridad transfusional en los contextos de transfusión masiva.

8. LIMITACIONES Y FORTALEZAS

El presente trabajo incorpora evidencia cuantitativa relevante como es los porcentajes operativos, incidencias, proporciones de uso de hemocomponentes, indicadores de suficiencia y tiempos críticos, lo que aporta validez a esta revisión bibliográfica. Se presentan objetivos generales y específicos claramente estructurados, que orientan el estudio hacia la evaluación de indicadores clave del PTM. Asimismo, se emplea una estrategia de búsqueda formal con términos MeSH, bases de datos definidas y criterios cronológicos, permitiendo una revisión bibliográfica ordenada.

El trabajo también ofrece un enfoque operativo que se aplica directamente al Banco de Sangre, describiendo procesos, reposición equilibrada, ciclos de entrega, uso de hemocomponentes y coordinación entre servicios. Finalmente, este trabajo incorpora experiencias documentadas de múltiples centros, resaltando la importancia de la logística, trazabilidad y rotación programada del stock para optimizar la respuesta transfusional en escenarios reales de hemorragia masiva.

Para el presente trabajo se ha reunido artículos que provienen de países de Europa y Latinoamérica, que, si bien robustecen el aporte de cada uno de ellos con experiencias valiosas, en el caso de los países de América latina considerados en este trabajo tienen capacidades logísticas muy diferentes lo cual limita su aplicación en un contexto local. Finalmente, algunos artículos para la presente revisión fueron obtenidos por otras fuentes como la recomendación del experto, debido a que con

el uso de la fórmula de búsqueda regular no se encontraban, pero que son de gran utilidad para el presente trabajo.

IV. CONCLUSIONES

Se identifico los protocolos descritos en la literatura revisada, se concluye que la optimización de la disponibilidad de hemocomponentes en la transfusión masiva depende de esquemas transfusionales equilibrados, procesos estandarizados y una logística operativa anticipada. Diferentes contextos emplean proporciones fijas 1:1:1 o 1:1:2 reduciendo la mortalidad temprana y coagulopatía (1,8,11,14,17). Diversos países aplican paquetes transfusionales predefinidos como Brasil (6 GR : 4 PFC; 6 GR : 6 PFC; 6 GR : 6 PFC : 10 crioprecipitados), que sostiene la reposición equilibrada a medida que la hemorragia continua(17). En España, Argentina, Uruguay, México y Colombia la disponibilidad oportuna de hemocomponentes depende de ciclos de entrega automáticos, trazabilidad electrónica, coordinación interdepartamental y activación temprana del PTM (7,8,16–19,21). En Europa se mantienen reservas críticas (≥ 20 unidades de GR O negativo y ≥ 10 unidades de plasma AB) y se dispone de plasma inmediato en stock, optimizando la respuesta transfusional frente a escenarios de alta demanda (24,25). Los protocolos más efectivos tienen; reposición proporcional, estandarización técnica, gestión automatizada del inventario y comunicación continua durante toda la activación del PTM.

Se evaluaron indicadores de efectividad que mejorarian la capacidad operativa del Banco de Sangre durante la activación del PTM, siendo más relevantes, el tiempo de respuesta, suficiencia de hemocomponentes y manejo óptimo del stock crítico. El tiempo de respuesta es proporcional a la comunicación, la no retroalimentación y la duplicación de solicitudes retrasa la entrega de hemocomponentes 15–20 minutos, mientras que circuitos cerrados de comunicación reducen retrasos hasta

en 60 % (28). En la suficiencia de hemocomponentes, el criterio operativo es disponer al menos ≥ 20 unidades de glóbulos rojos O negativo y ≥ 10 unidades de plasma AB, junto a sistemas de rotación controlada y trazabilidad electrónica, lo que reduce caducidad y desperdicio, que alcanza entre 5 % y 7 % anual (24,25). El manejo del stock crítico en modelos predictivos basados en análisis histórico han demostrado disminuir la escasez en 3.4 % y reducir el desperdicio en 4.8 %, optimizando la disponibilidad en escenarios de alta demanda (31).

Se analizó las principales limitaciones y desafíos en la implementación de estrategias de optimización frente al PTM, se concluye que se producen por fallas logísticas, técnicas y de gestión afectando, la eficacia transfusional en distintos contextos hospitalarios. Errores en la comunicación entre áreas clínicas y el Banco de Sangre y a nivel técnico, escasez de plaquetas por su corta caducidad y la baja disponibilidad limitada de plasma AB, son obstáculos constantes que no sostienen los esquemas transfusionales 1:1:1 en hemorragias masivas generando riesgo de desabastecimiento en escenarios críticos (15,17,22). Logísticamente es insuficiente la implementación de sistemas de trazabilidad y control de stock, ya que no permite anticipar la demanda real y dificulta la reposición oportuna de inventario (24,25,32). Los recursos humanos altamente capacitados también son un desafío, ya que la activación adecuada del PTM exige entrenamiento continuo y coordinación interprofesional eficiente (16,20). Finalmente, las diferencias en infraestructura, rotación de hemocomponentes y capacidad operativa en sistemas latinoamericanos, limitaban la aplicabilidad uniforme de las estrategias descritas, teniendo como necesidad fortalecer la estandarización y modernización de los procesos transfusionales (7,17–19).

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camazine MN, Hemmila MR, Leonard JC, Jacobs RA, Horst JA, Kozar RA, et al. Massive transfusion policies at trauma centers participating in the American College of Surgeons Trauma Quality Improvement Program. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* [Internet]. junio de 2015 [citado 13 de octubre de 2025];78(6):S48-53. Disponible en: <https://journals.lww.com/01586154-201506001-00008>
2. Lier H, Hossfeld B. Massive transfusion in trauma. *Curr Opin Anaesthesiol* [Internet]. 1 de abril de 2024;37(2):117-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38390985>
3. Stanworth SJ, Davenport R, Curry N, Seeney F, Eaglestone S, Edwards A, et al. Mortality from trauma haemorrhage and opportunities for improvement in transfusion practice. *British Journal of Surgery* [Internet]. 18 de febrero de 2016 [citado 13 de octubre de 2025];103(4):357-65. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/103/4/357-365/6136421>
4. La Rosa M. Protocolo de transfusión masiva en obstetricia. *Rev peru ginecol obstet* [Internet]. 3 de febrero de 2020 [citado 13 de octubre de 2025];66(1):67-72. Disponible en: <http://localhost:82/index.php/RPGO/article/view/2234>
5. Maegele M, Lier H, Hossfeld B. Pre-Hospital Blood Products for the Care of Bleeding Trauma Patients. *Dtsch Arztebl Int* [Internet]. 6 de octubre de 2023;120(40):670-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37551452>
6. Flores-Paredes W. Prescripción inadecuada de transfusión sanguínea en un hospital de referencia de Lima, Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*

- [Internet]. 29 de enero de 2014 [citado 13 de octubre de 2025];28(4). Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/424>
7. Asociación Argentina de Hemoterapia, Inmunohematología y Terapia Celular (AAHITC). Revista Argentina de Hemoterapia, Inmunohematología y Terapia Celular. Buenos Aires, Argentina [Internet]. 2021;XLVII(3). Disponible en: <https://aahitc.org.ar/revista/volumenes>
 8. López-Martínez J., Sánchez-González P. Hemorragia masiva en pacientes politraumatizados. Revista Española de Anestesiología y Reanimación 2021;68(3):142–151 [Internet]. Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/revista-espanola-de-anestesiologia-y-reanimacion>
 9. Brunskill SJ, Disegna A, Wong H, Fabes J, Desborough MJ, Dorée C, et al. Blood transfusion strategies for major bleeding in trauma. Cochrane Database Syst Rev [Internet]. 24 de abril de 2025;4(4):CD012635. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40271704>
 10. Lin VS, Sun E, Yau S, Abeyakoon C, Seamer G, Bhopal S, et al. Definitions of massive transfusion in adults with critical bleeding: a systematic review. Crit Care [Internet]. 5 de julio de 2023 [citado 17 de octubre de 2025];27(1):265. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-023-04537-z>
 11. Meneses E, Boneva D, McKenney M, Elkbuli A. Massive transfusion protocol in adult trauma population. Am J Emerg Med. diciembre de 2020;38(12):2661-6.

12. Patil V, Shetmahajan M. Massive transfusion and massive transfusion protocol. Indian J Anaesth [Internet]. 2014 [citado 17 de octubre de 2025];58(5):590. Disponible en: <https://journals.lww.com/10.4103/0019-5049.144662>
13. Rambiritch V, Verburgh E, Louw VJ. Patient blood management and blood conservation – Complimentary concepts and solutions for blood establishments and clinical services in South Africa and beyond. Transfusion and Apheresis Science [Internet]. agosto de 2021 [citado 18 de octubre de 2025];60(4):103207. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1473050221001865>
14. Moore SA, Raval JS. Massive transfusion: a review. Ann Blood [Internet]. abril de 2022 [citado 16 de octubre de 2025];7:18-18. Disponible en: <https://aob.amegroups.com/article/view/6956/html>
15. Williams J, Gustafson M, Bai Y, Prater S, Wade CE, Guillamondegui OD, et al. Limitations of Available Blood Products for Massive Transfusion During Mass Casualty Events at US Level 1 Trauma Centers. Shock [Internet]. 1 de diciembre de 2021;56(1S):62-9. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8601667>
16. García-Fernández J., López-Pérez A. Importancia de tener grupos de trauma: cómo crearlo. Revista Española de Cirugía 2021;98(4):305–312 [Internet]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8909892>
17. Marinho DS, Brunetta DM, Carlos LMDB, Carvalho LEM, Miranda JS. A comprehensive review of massive transfusion and major hemorrhage protocols: origins, core principles and practical implementation. Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition) [Internet]. marzo de 2025 [citado 16 de

22. Villaorduña Ñahuis , Adrian, Rodas Velasquez , Fiorella C. Guía Técnica: Protocolo de Hemorragia Masiva y Transfusión Masiva del Hospital Lima Este-Vitarte [Internet]. Ministerio de Salud (MINSA); 2024. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6727727/5837752-guia-tecnica-protocolo-de-hemorragia-masiva-y-transfusion-masiva-rd-n-237-hlev.pdf?v=1722611199>
23. Sub Unidad de Soporte al Diagnostico , Hemoterapia y Banco de Sangre. Manual de Hemovigilancia (INSN-SB, 2021) [Internet]. MINSA - Instituto Nacional del Niño de San Borja; 2021. Disponible en: <https://portal.insnsb.gob.pe/docs-trans/resoluciones/archivopdf.php?pdf=2021/RD%20N%C2%B0%20000136-2021-DG-INSNSB%20MANUAL%20DE%20HEMOVIGILANCIA.pdf>
24. Australian Commission on Safety and Quality in Health Care (ACSQHC). Australian Commission on Safety and Quality in Health Care. Requirements for transfusion laboratory practice (5^a ed., 2022) [Internet]. Sydney: ACSQHC; 2022.; 2022. Disponible en: https://www.safetyandquality.gov.au/sites/default/files/2023-02/requirements_for_transfusion_laboratory_practice_fifth_edition_2023.pdf
25. JPAC (Joint UK Blood Transfusion & Tissue Transplantation Services Professional Advisory Committee). Joint UKBTS/HPA Professional Advisory Committee (JPAC). Guidelines for the Blood Transfusion Services in the United Kingdom (7^a ed., 2005) [Internet]. London: TSO; 2005.; Disponible en: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7ba2bbe5274a7202e18713/0117033715.pdf> (via GOV.UK)

26. Shokouhifar M, Sabbaghi MM, Pilevari N. Inventory management in blood supply chain considering fuzzy supply/demand uncertainties and lateral transshipment. *Transfus Apher Sci* [Internet]. junio de 2021;60(3):103103. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33627308>
27. American College of Surgeons Trauma Quality Improvement Program (ACS TQIP). Massive Transfusion in Trauma: Best Practice Guidelines. [Internet]. Chicago, IL: American College of Surgeons; 2014.; 2014. Disponible en: https://www.facs.org/media/zcjdtrd1/transfusion_guidelines.pdf
28. Gandhi A, Görlinger K, Nair SC, Kapoor PM, Trikha A, Mehta Y, et al. Patient blood management in India - Review of current practices and feasibility of applying appropriate standard of care guidelines. A position paper by an interdisciplinary expert group. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* [Internet]. 2021;37(1):3-13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34103816>
29. Ministerio de Salud de Argentina. Resolución 865/2006 – Normas Técnicas y Administrativas de Hemoterapia (Bancos de Sangre y Servicios de Transfusión) [Internet]. 2006. Disponible en: http://www.legislaud.gov.ar/pdf/msares865_2006.pdf
30. Ministerio de Salud de Colombia. Manual de Normas Técnicas, Administrativas y de Procedimientos para Bancos de Sangre [Internet]. MINSALUD; 1993. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co>
31. Shih H, Rajendran S. Stochastic Inventory Model for Minimizing Blood Shortage and Outdating in a Blood Supply Chain under Supply and Demand Uncertainty. *Journal of Healthcare Engineering* [Internet]. 1 de septiembre de

2020 [citado 2 de octubre de 2025];2020:1-14. Disponible en:
<https://www.hindawi.com/journals/jhe/2020/8881751/>

32. Altamirano Caceres , Prissila Karina, Cornejo Ruiz , Eduardo Manuel. Guía Técnica: Protocolo para la Administración de Sangre y Hemocomponentes” del Hospital Nacional Hipólito Unanue (R.D. N.º 172-DG-HNHU-2023 [Internet]. Ministerio de Salud (MINSA); 2023. Disponible en:
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4673635/R.D%20N%20172.DG.HNHU.2023%20BGUIA%20DE%20PROTOCOLO%20PARA%20LA%20ADMINISTRACION%20DE%20SANGRE..pdf?v=1686593218>

ANEXOS

Anexo 1: Términos Utilizados

POBLACIÓN	CONCEPTO	CONTEXTO
Banco de Sangre	Estrategias de Optimización	Protocolo de transfusión masiva (PTM)
¿Cuáles son las estrategias de optimización implementadas por los bancos de sangre para garantizar el suministro oportuno de hemocomponentes durante la activación del Protocolo de Transfusión Masiva (PTM)?		

PALABRAS CLAVE / DESCRIPTORES / OPERADORES BOOLEANOS

P: ("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service")

AND

C: ("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement")

AND

C: ("massive transfusion" OR "massive transfusion protocol" OR "massive hemorrhage" OR "trauma" OR "shock trauma" OR "critical care" OR "emergency service hospital" OR "obstetric hemorrhage")

Anexo 2: Fórmula de búsqueda utilizadas

1.Número	Búsqueda PubMed	Cantidad
#1	("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service")	15 307
#2	("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement")	398 227
#3	("massive transfusion" OR "massive transfusion protocol" OR "massive hemorrhage" OR "trauma" OR "shock trauma" OR "critical care" OR "emergency service hospital" OR "obstetric hemorrhage")	869 343
#1 AND #2	("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service") AND ("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement")	218
#1 AND #2 AND #3	("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service") AND ("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement") AND ("massive transfusion" OR "massive transfusion protocol" OR "massive hemorrhage" OR "trauma" OR "shock trauma" OR "critical care" OR "emergency service hospital" OR "obstetric hemorrhage")	27

2.Número	Búsqueda Google Académico	Cantidad
#1	("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service")	2 960
#2	("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement")	136 000
#3	("massive transfusion" OR "massive transfusion protocol" OR "massive hemorrhage" OR "trauma" OR "shock trauma" OR "critical care" OR "emergency service hospital" OR "obstetric hemorrhage")	39 000
#1 AND #2	("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service") AND ("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement")	894
#1 AND #2 AND #3	("blood bank" OR "hospital blood bank" OR "transfusion service" OR "transfusion medicine service") AND ("optimization" OR "management strategies" OR "process improvement" OR "quality improvement") AND ("massive transfusion" OR "massive transfusion protocol" OR "massive hemorrhage" OR "trauma" OR "shock trauma" OR "critical care" OR "emergency service hospital" OR "obstetric hemorrhage")	441

Anexo 3: Se resume las diferentes definiciones operacionales de PTM, Aplicación y Observación, desde la versión más clásica hasta la más integrativa con el objetivo de se conozca su evolución respecto a las diferentes áreas de aplicación.

FUENTE / AÑO	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE TRANSFUSIÓN MASIVA (PTM)	APLICACIÓN	OBSERVACIÓN
Massive transfusion and massive transfusion protocols (More & Raval, 2016)	Transfusión ≥ 10 unidades de glóbulos rojos empacados (GRD) en 24 horas, o ≥ 4 unidades en 1 hora.	Trauma y cirugía de emergencia.	Define el umbral clásico y operativo más usado en literatura médica.
Limitations of available blood products for massive transfusion during mass casualty events (Williams et al., 2021)	Considera PTM la administración ≥ 10 unidades de GRD en 24 h, pero destaca variaciones según el tipo de evento (trauma, obstetricia, quirúrgico).	Centros de trauma nivel I en EE. UU.	Señala que los bancos de sangre no siempre cubren el volumen requerido durante múltiples víctimas.
Massive transfusion protocol in adult trauma population (Meneses et al., 2020)	PTM se define como ≥ 10 unidades de GRD en 24 h o ≥ 5 en 4 h. Se enfatiza en la activación temprana del protocolo con relación 1:1:1.	Trauma y urgencias.	Recalca la importancia del equilibrio entre componentes (GRD:PFC:PLT).

Protocolo de transfusión masiva en obstetricia (La Rosa, 2020)	Define PTM como ≥ 10 unidades de GRD en 24 h o ≥ 3 en 1 h.	Hemorragia obstétrica.	Adapta la definición clásica al contexto materno.
Guía Técnica del Hospital de Lima Este-Vitarte (2024)	Transfusión masiva: administración de ≥ 10 paquetes globulares en 24 h o ≥ 5 en 4 h.	Contexto hospitalario peruano (nivel II).	Incluye además criterios clínicos (hipotensión persistente, lactato >4 mmol/L).
NOM-253-SSA1-2012 (México)	Reconoce la transfusión masiva como proceso en el que se sustituye un volumen sanguíneo total en 24 h (70 ml/kg).	Normativa mexicana, hospitales generales.	Define el concepto dentro de un marco de seguridad transfusional.
Requirements for Transfusion Laboratory Practice (Australian Commission, 2022)	No ofrece una cifra exacta, pero describe la PTM como “evento clínico en el que la pérdida sanguínea supera la capacidad de reposición estándar del banco de sangre”.	Lineamientos técnicos en laboratorios transfusionales.	Se enfoca más en la capacidad de respuesta logística que en la cifra.
Guidelines for the Blood Transfusion Services in the UK (2005)	Adopta el umbral ≥ 10 unidades en 24 h, pero introduce el término “transfusión masiva anticipada” cuando se prevé ese requerimiento.	Servicios transfusionales británicos.	Promueve la activación preventiva del protocolo.

Anexo 4: Experiencias en la aplicación de protocolos de transfusión masiva.

PAÍS	CARACTERÍSTICAS	ESTRATEGIAS	RESULTADOS
España	Protocolos estructurados; proporción 1:1:1	Coordinación banco-quirófano; creación de equipos de trauma	↓ mortalidad 30%; ↓ tiempos de entrega
Brasil	Paquetes secuenciales 6GR:4PFC, 6GR:6PFC, etc.	Envío cíclico; manejo de la escases de plasma AB	Reposición equilibrada sostenida
Argentina	Trazabilidad electrónica; protocolos 1:1:1	Rotación stock; cooperación interhospitalaria	↑ eficiencia 15% ↓ desperdicio 20%;
Uruguay	Consumo 8% transfusiones; proporción 1:1:1	Planificación logística; integración institucional	Estandarización y ↑ eficiencia operativa
México	41% PTM obstétrico; relación 1:1:1	Uso de fibrinógeno y Acido tranexámico; coordinación obstétrica	↓ mortalidad materna 25%
Colombia	Protocolo de control de daños; 1:1:1	Comunicación directa con banco de sangre	↓ mortalidad 65% al 19%