



**14° CONGRESO COLOMBIANO &
20° CONGRESO IBEROAMERICANO**

**Banco de Sangre, Medicina
Transfusional y Terapia Celular**



Acobasmet
Asociación Colombiana de Bancos de Sangre y Medicina Transfusional

Automatización en el procesamiento de componentes sanguíneos

Adriana Urbina. MD, MsC, PhD



Cruz Roja Colombiana

Laboratorio de Innovación y Desarrollo de Nuevos Productos Sanguíneos
Banco Nacional de Sangre



Red Distrital de Bancos de Sangre,
servicios de Transfusión Sanguínea y
Terapia Celular



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
SALUD



Referente médico de hemovigilancia
Red Distrital de Sangre y Terapia Celular



Universidad del
Rosario

Docente Cátedra fisiología aplicada a cuidado intensivo y hemoterapia
Universidad del Rosario

El Centro de Sangre Digital: Automatización Integral

Rediseño tecnológico, calidad y eficiencia desde el donante hasta la transfusión.



El Cambio de Paradigma: Más allá de la Adquisición Tecnológica

La automatización contemporánea no es la mecanización de una estación aislada; es un rediseño holístico de extremo a extremo que convierte el producto físico en un flujo continuo de datos estructurados.

El Pasado - Fragmentado



Estaciones
aisladas

Fuentes
de datos



Control manual
retrospectivo

El Presente - Integrado



Donante

Trazabilidad
ISBT 128



Flujo continuo



Procesamiento

Calidad concurrente
en tiempo real



Inventario



Paciente

El Viaje del Donante: Recolección y Selección

Preselección y Cuestionario Electrónico

Autoadministración, telepreselección y algoritmos de Evaluación Individualizada de Riesgo.



Sustituye modelos poblacionales rígidos.

Tamizaje Pre-donación

Medición de hemoglobina con transferencia directa de datos al sistema informático.



Recolección Conectada

Balanzas-mezcladoras y equipos de aféresis que registran automáticamente tiempos, volúmenes, lote y eventos.



Identificación positiva mediante **código de barras** o **Identificación por Radiofrecuencia [RFID]** vinculando al donante **con la unidad física** de forma inviolable.

Selección del Donante y eHealth: Hacia una Donación Personalizada y Segura

Integración de tecnologías digitales para optimizar la salud del donante y la eficiencia del proceso.



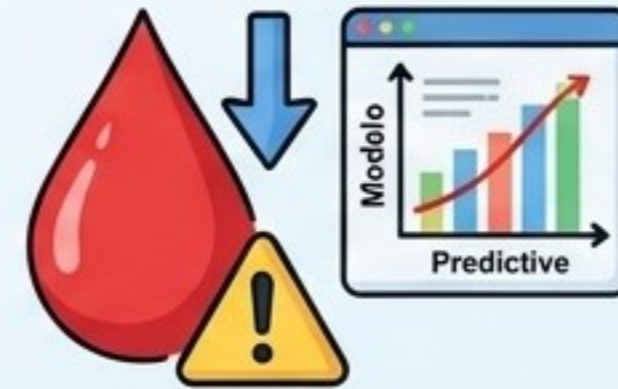
Cuestionario Digital (e-DHQ) y eHealth

Captura de datos de salud previos a la donación de forma electrónica y segura. Integración con registros de salud personales.



Análisis de Riesgo Individual

Evaluación personalizada basada en historial, hábitos y datos biométricos para determinar idoneidad.



Predicción de Diferimiento por Baja Hb

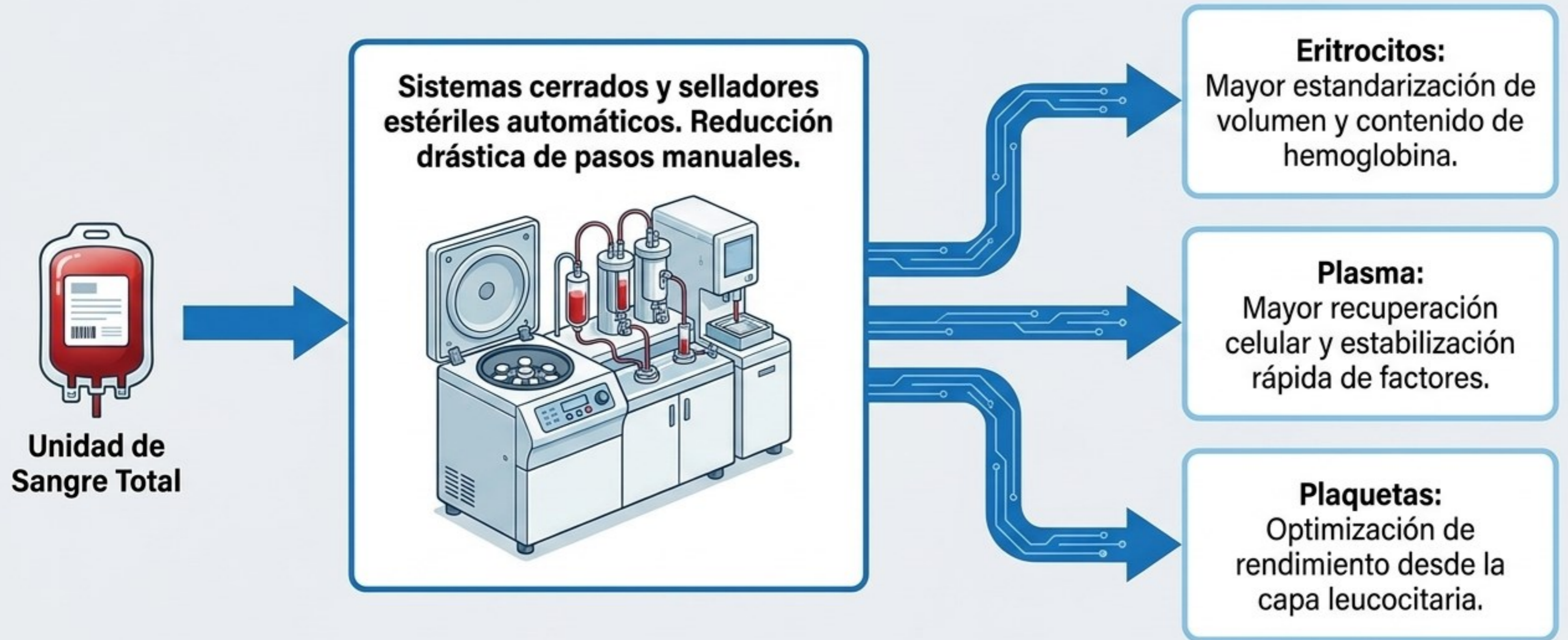
Algoritmos que anticipan el riesgo de anemia y la probabilidad de diferimiento por niveles bajos de hemoglobina.



Intervenciones Personalizadas: Suplementación y Ajuste de Intervalos

Recomendaciones proactivas de hierro y modificación dinámica de los intervalos entre donaciones para proteger al donante.

Procesamiento y Fraccionamiento: Reducción de Variabilidad



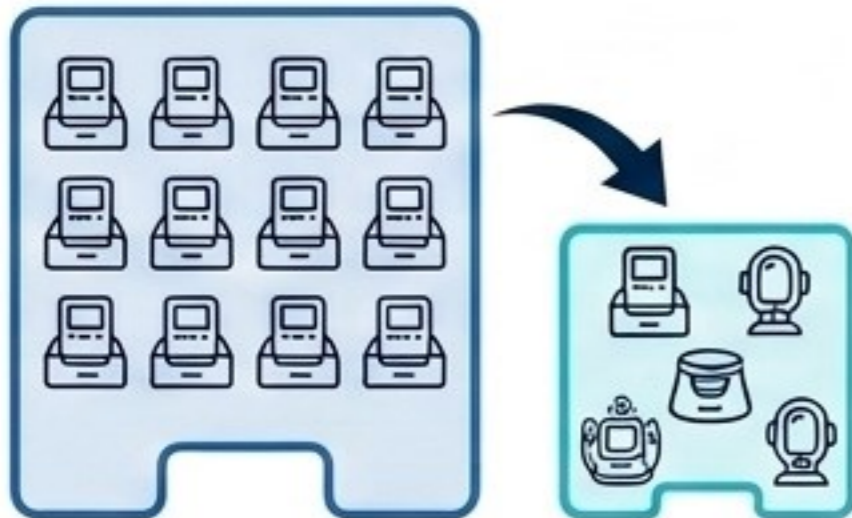
Nota Estratégica: El beneficio operativo depende del volumen del centro, el diseño de flujo físico y la integración bidireccional con el sistema informático del banco de sangre.

Fraccionamiento Robótico y Estandarización

La consolidación de centrifugación y fraccionamiento/separación en un solo ciclo (ej. Sistema Reveos) elimina variabilidad operativa e incrementa la recuperación de hemoglobina y plaquetas.

Optimización de Espacio

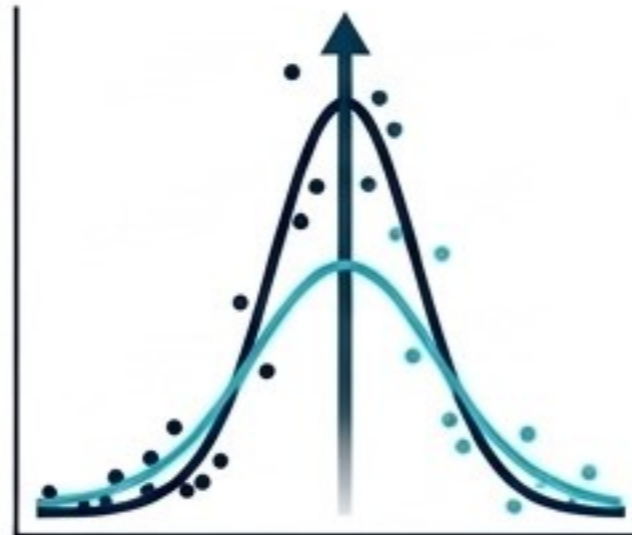
Reducción de 16 dispositivos a 5



Reducción de Huella Carbono.
Área de 5 1,13 m²

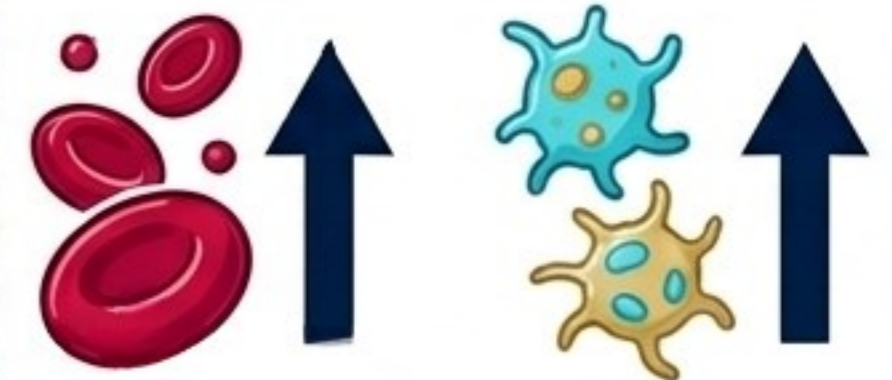
Estandarización

Reducción radical de Variabilidad Operativa



Recuperación Celular

Mayor rendimiento por unidad procesada

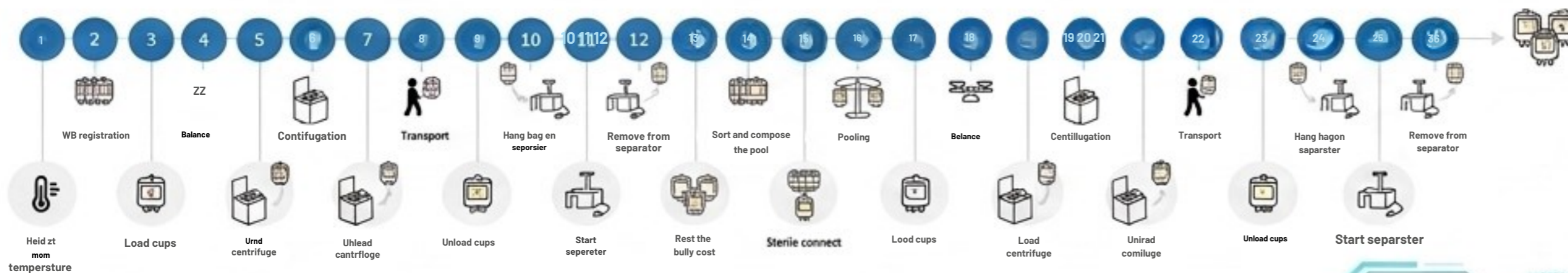


Mayor rendimiento por unidad procesada

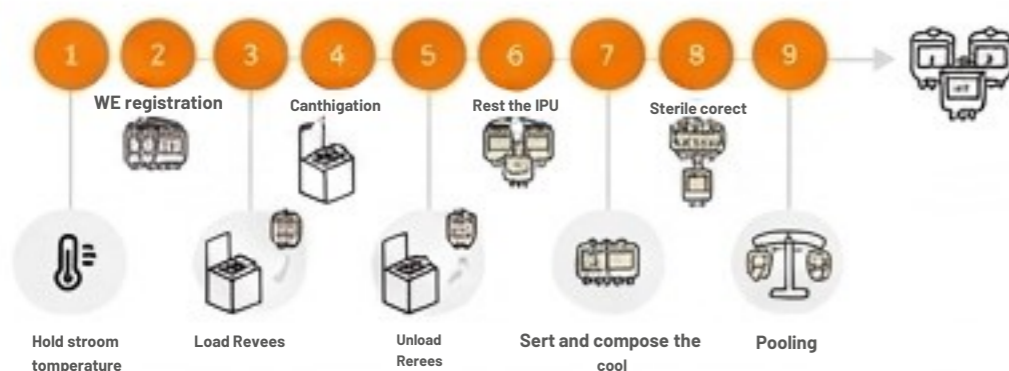
Evidencia Empírica: Impacto de la Automatización Integral

Matriz de comparación	Manual	Semiautomatizado	Automatización Total
Tiempo de Proceso	92 min	↓ 76 min	↓ Optimizado
Pérdidas por rotura de bolsa	1.2%	↓ 0.5%	↓ 0.1%
Descarte por bajo volumen GRE (<200ml)	0.5%	↓ 0.2%	↓ 0.03%
Plasma Hemolítico	2.1%	↓ 1.5%	↓ 0.6%
Intervenciones del Operador	Hasta 26 pasos	15 pasos	9 pasos

Whole Blood Processing - Manual or semi-automated



Whole Blood Processing - Full automation



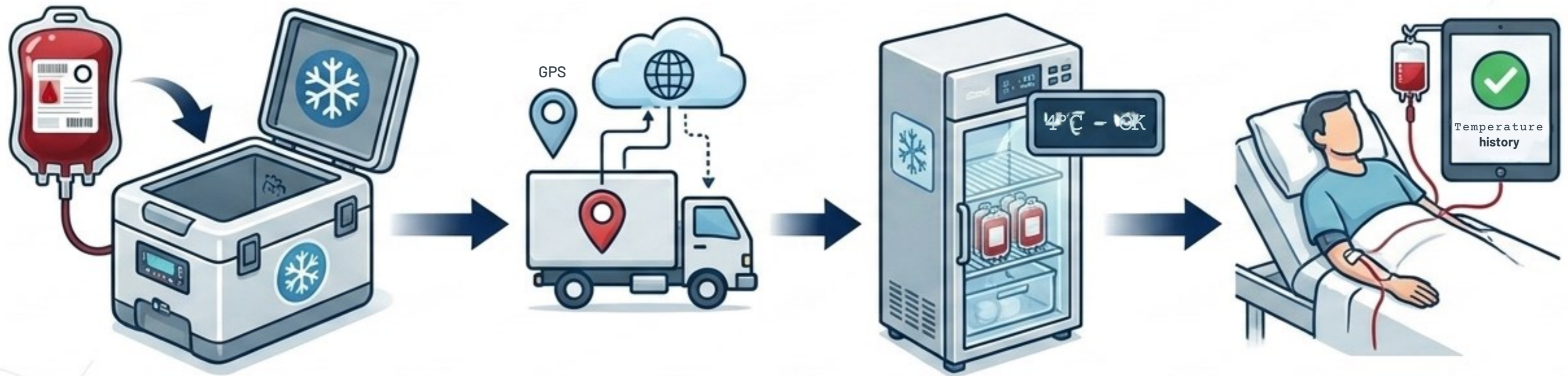
Aumento de recuperación de hemoglobina



Cadena de Frío Inteligente y Trazabilidad

Monitoreo continuo y alertas en tiempo real aseguran la integridad del producto

desde la recolección hasta la transfusión.



Monitoreo Continuo
(IoT)



Alertas
Automatizadas



Registro Inmutable
(Blockchain)

Cadena de Frío e Internet de las Cosas [IoT]

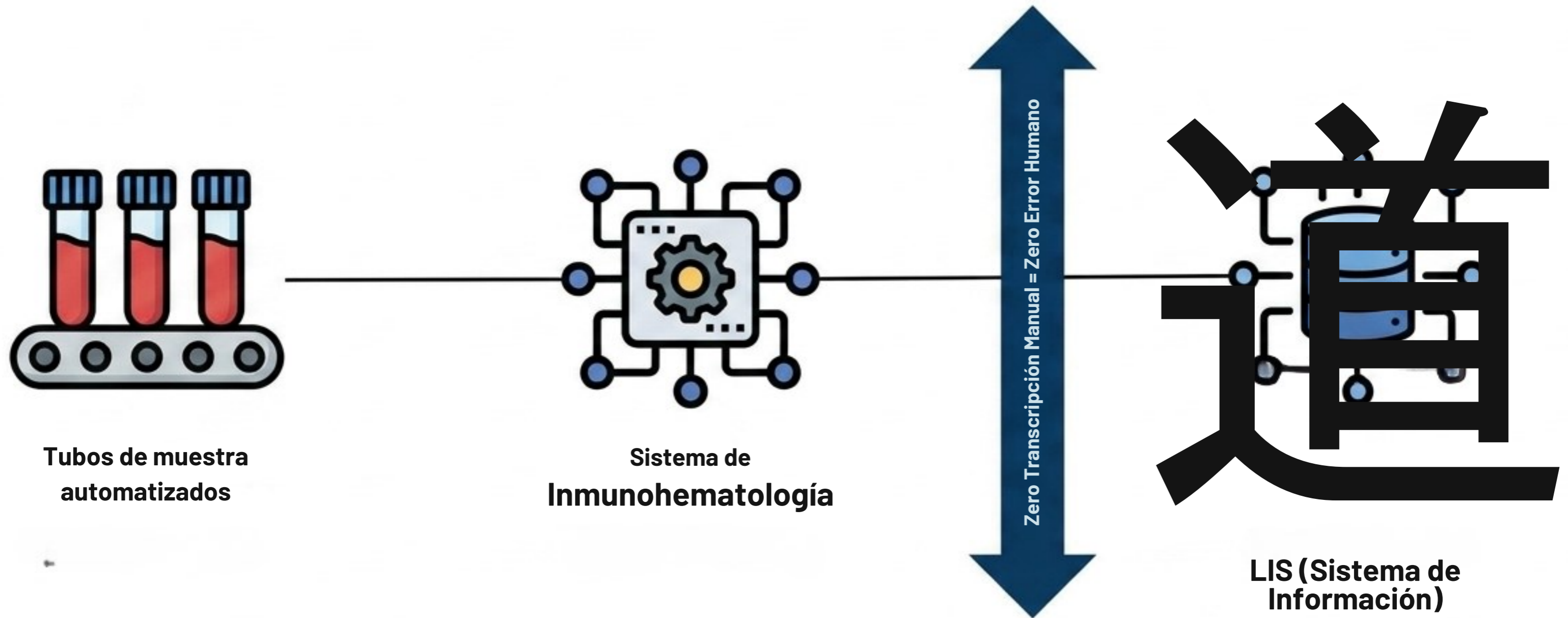
El Termómetro Inteligente: De la desviación física al bloqueo lógico



Conclusión: La cadena de frío automatizada trasciende el simple registro gráfico; convierte el riesgo ambiental en una barrera preventiva inmediata sin requerir intervención humana.

Consolidación Analítica en Inmunohematología

Integración bidireccional directa entre plataformas automatizadas y el sistema informático del banco de sangre (LIS), asegurando integridad de datos sin transcripción manual.



Elliott et al. (2025).

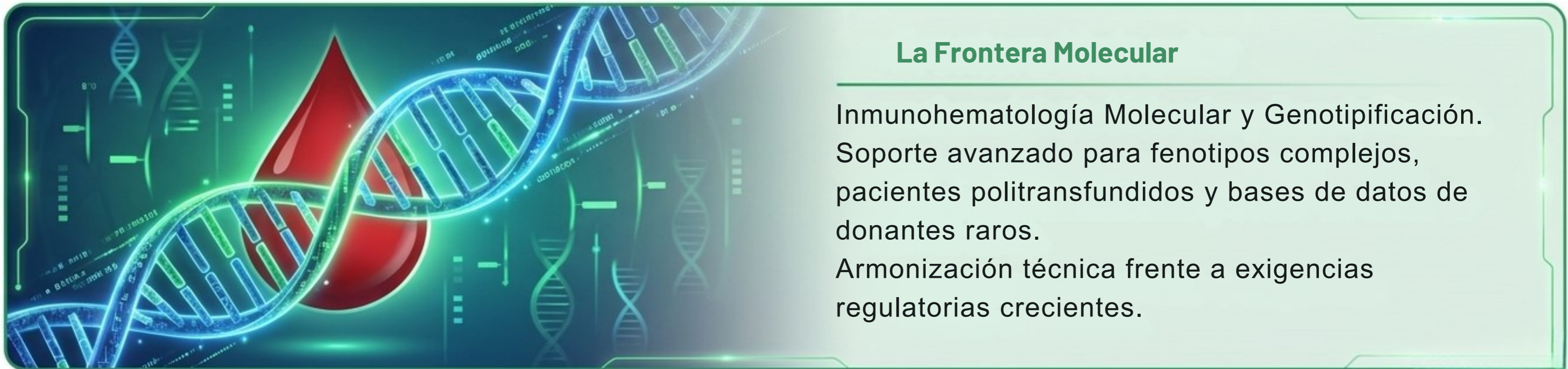
Inmunohematología: Del Estándar Serológico a la Genotipificación



The illustration shows a large, white, automated laboratory instrument on the left, with a computer monitor on the right. The instrument has a transparent front panel revealing internal components like a pipette and sample trays. A blue cable connects the instrument to the monitor. The monitor displays a software interface with a bar chart, a green padlock icon, and a table of data. The background is a light blue with faint circuit patterns.

El Estándar Actual Automatizado

Plataformas integradas (gel, columna, fase sólida) para tipificación ABO/RhD, escrutinio de anticuerpos y pruebas pretransfusionales. Autoverificación parcial y conexión directa al Sistema de Información de Laboratorio [LIS] para reducir transcripciones.



The illustration features a glowing blue DNA double helix structure in the foreground, with a red blood cell (erythrocyte) partially visible behind it. The background is a dark green with faint DNA helices and data points, suggesting a molecular or genetic theme.

La Frontera Molecular

Inmunohematología Molecular y Genotipificación. Soporte avanzado para fenotipos complejos, pacientes politransfundidos y bases de datos de donantes raros. Armonización técnica frente a exigencias regulatorias crecientes.

Nuevas Tendencias Emergentes en Inmunohematología y IA



Medicina de Precisión y Fenotipado Extendido

Uso de IA para predecir fenotipos complejos y personalizar transfusiones a nivel genómico, reduciendo riesgos aloinmunes.



Análisis Predictivo y Gestión de Inventario en Tiempo Real

Algoritmos avanzados que anticipan la demanda de componentes sanguíneos y optimizan el suministro al instante, minimizando el desperdicio.



Automatización Inteligente y Flujos de Trabajo Autónomos

Sistemas de IA que asumen tareas complejas, desde el análisis de muestras hasta la logística, permitiendo un laboratorio autónomo.

Matriz de Evolución del Tamizaje de Infecciosas

	Tamizaje Serológico (Quimioluminiscencia)	Pruebas de Ácidos Nucleicos [NAT]	Reducción de Patógenos
Sensibilidad Analítica	Alta (detección de antígenos y anticuerpos).	Máxima (cierre significativo del período de ventana).	No Aplica (Inactivación proactiva y física).
Nivel de Automatización	Total (analizadores de alto rendimiento).	Alta (mediante mezcla de muestras o individual).	Creciente (aplicación actual en plasma y plaquetas).
Ventaja Principal	Primera línea de defensa masiva, histórica y costo-eficiente.	Detección directa del genoma viral (VIH, VHB, VHC).	Protección contra patógenos emergentes y mitigación bacteriana sin necesidad de prueba específica.
Estado Regulatorio	Obligatorio y consolidado a nivel global.	Estándar en regiones de alta exigencia; guías específicas vigentes.	Frontera de seguridad complementaria en rápida expansión.

Etiquetado e Inventario Inteligente

El Objeto



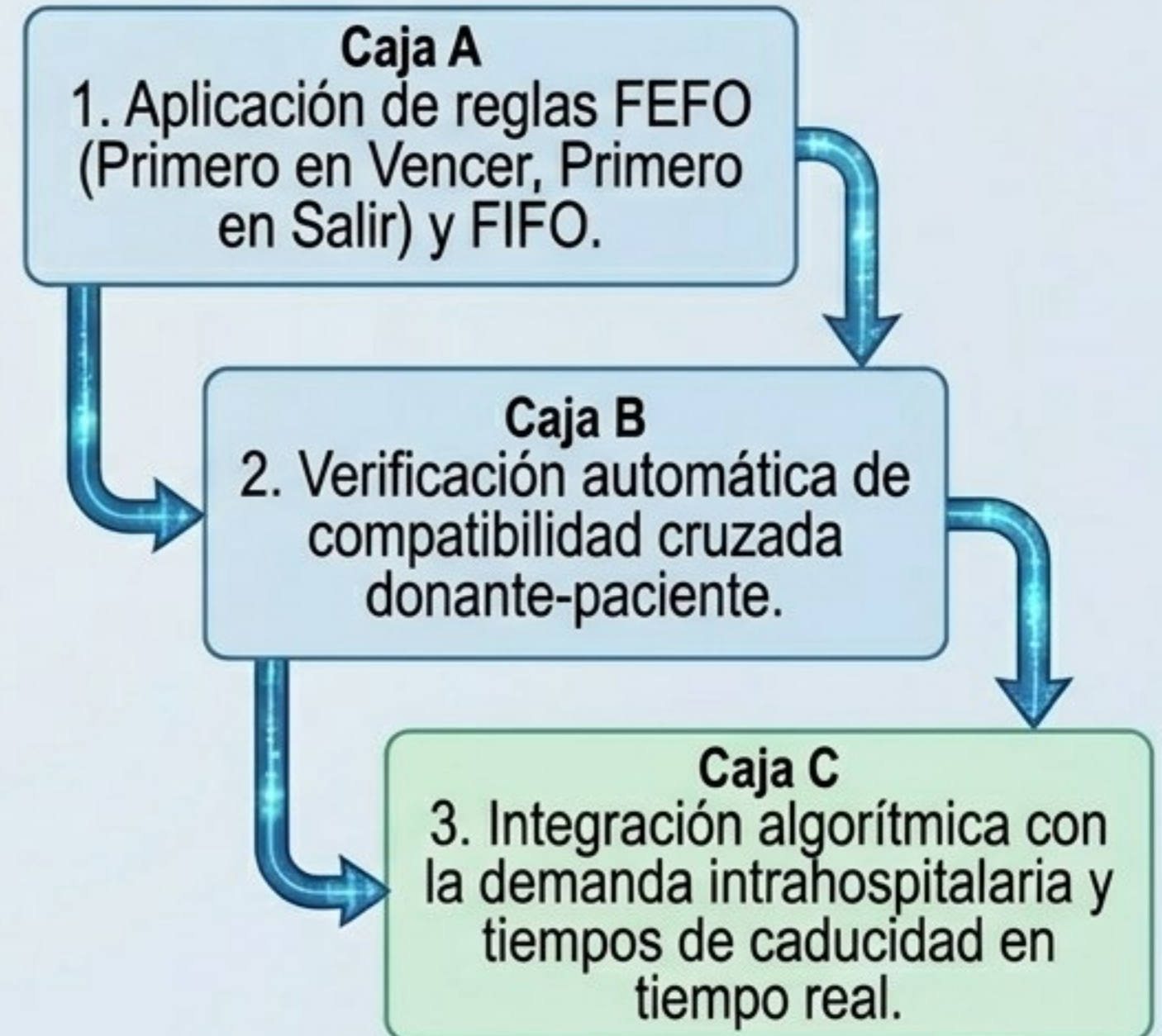
Estándar ISBT 128:
Identificación única,
estructura de datos y
terminología global.

**Chip de Identificación por
Radiofrecuencia [RFID]:**
Trazabilidad espacial y
lectura volumétrica
simultánea sin necesidad
de línea de visión.

La Lógica

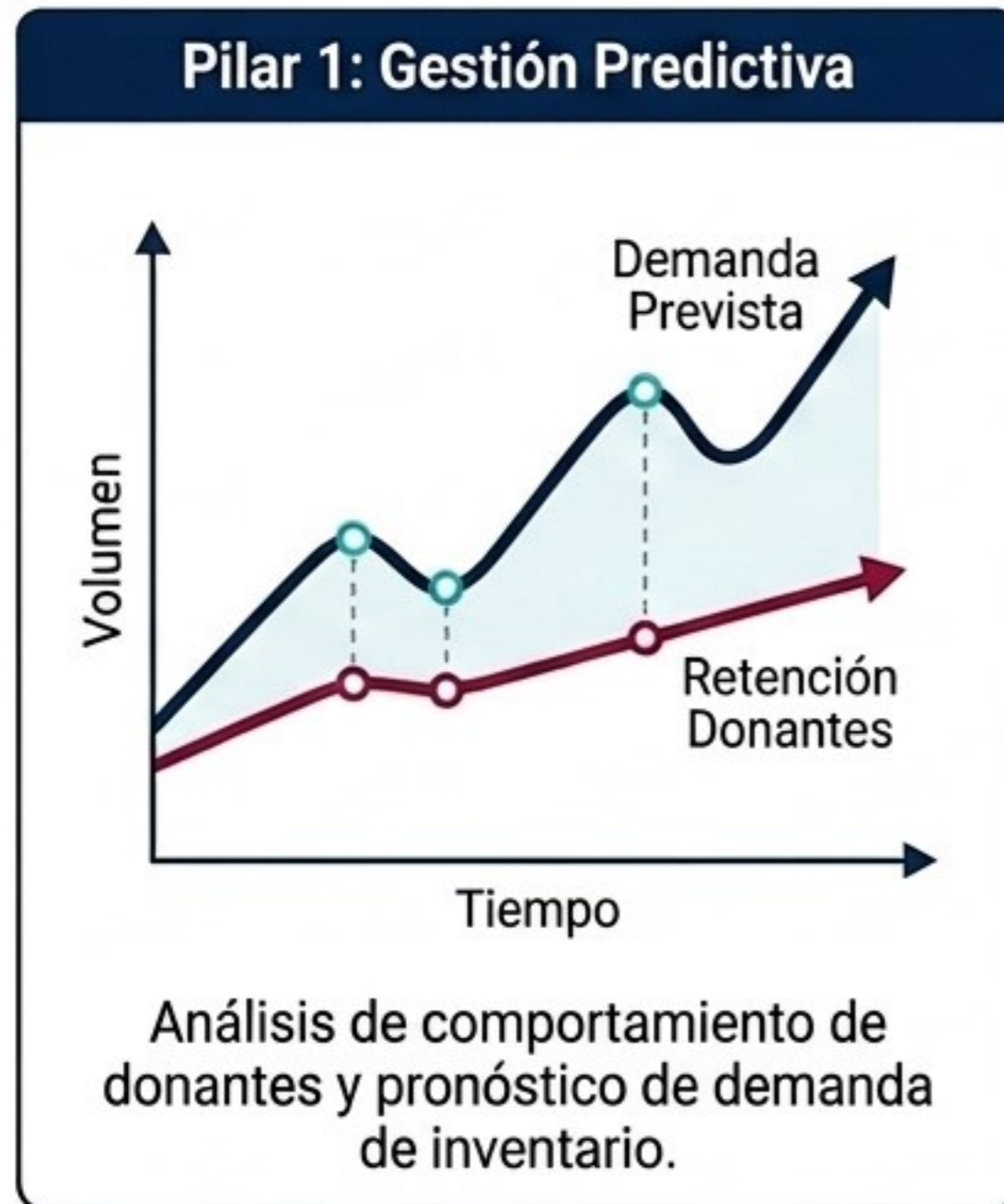
Lógica del Sistema de Información

Árbol de Lógica de Distribución Automatizada



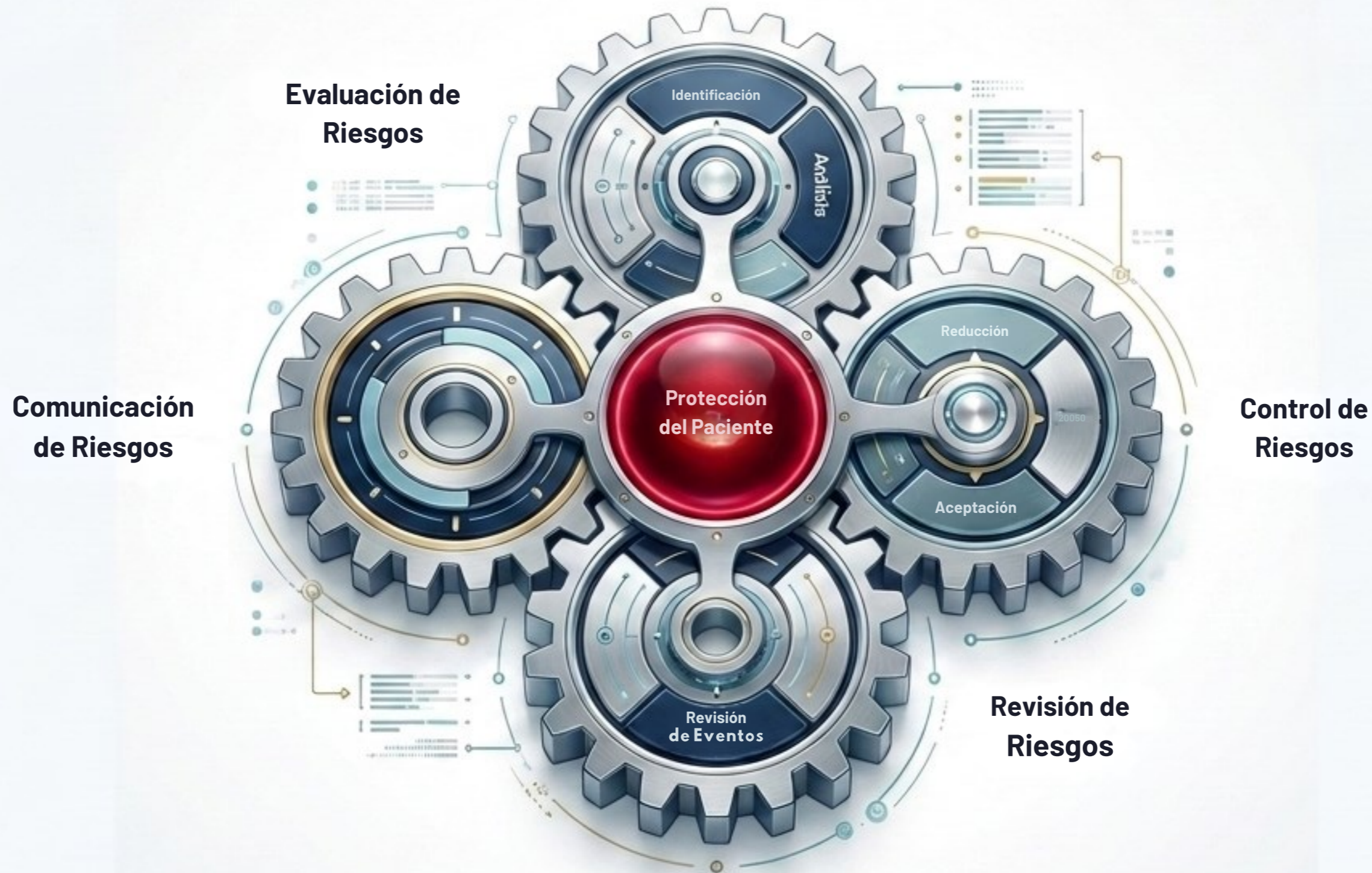
La Frontera Analítica: Inteligencia Artificial y Machine Learning

La IA ya no es ciencia ficción; se aplica actualmente en predicción de demanda, optimización de inventario y retención de donantes, aunque su autonomía clínica sigue limitada.



Gestión de Riesgos de Calidad (ICH Q9): El Motor de la Seguridad

La evaluación de riesgos debe basarse en conocimiento científico y vincularse a la protección de donantes y pacientes; el nivel de formalidad debe ser proporcional al nivel de riesgo.



El Ecosistema Integrado: Integración de Extremo a Extremo



Donante: Historial dinámico y algoritmos de riesgo.



Colecta: Básculas conectadas y aféresis.



Intermediario Lógico y Motor Analítico



Laboratorio: Analizadores Serológicos y Moleculares.



Cadena de Frío: Sensores térmicos automatizados.

Inventario: Reglas de asignación y trazabilidad.



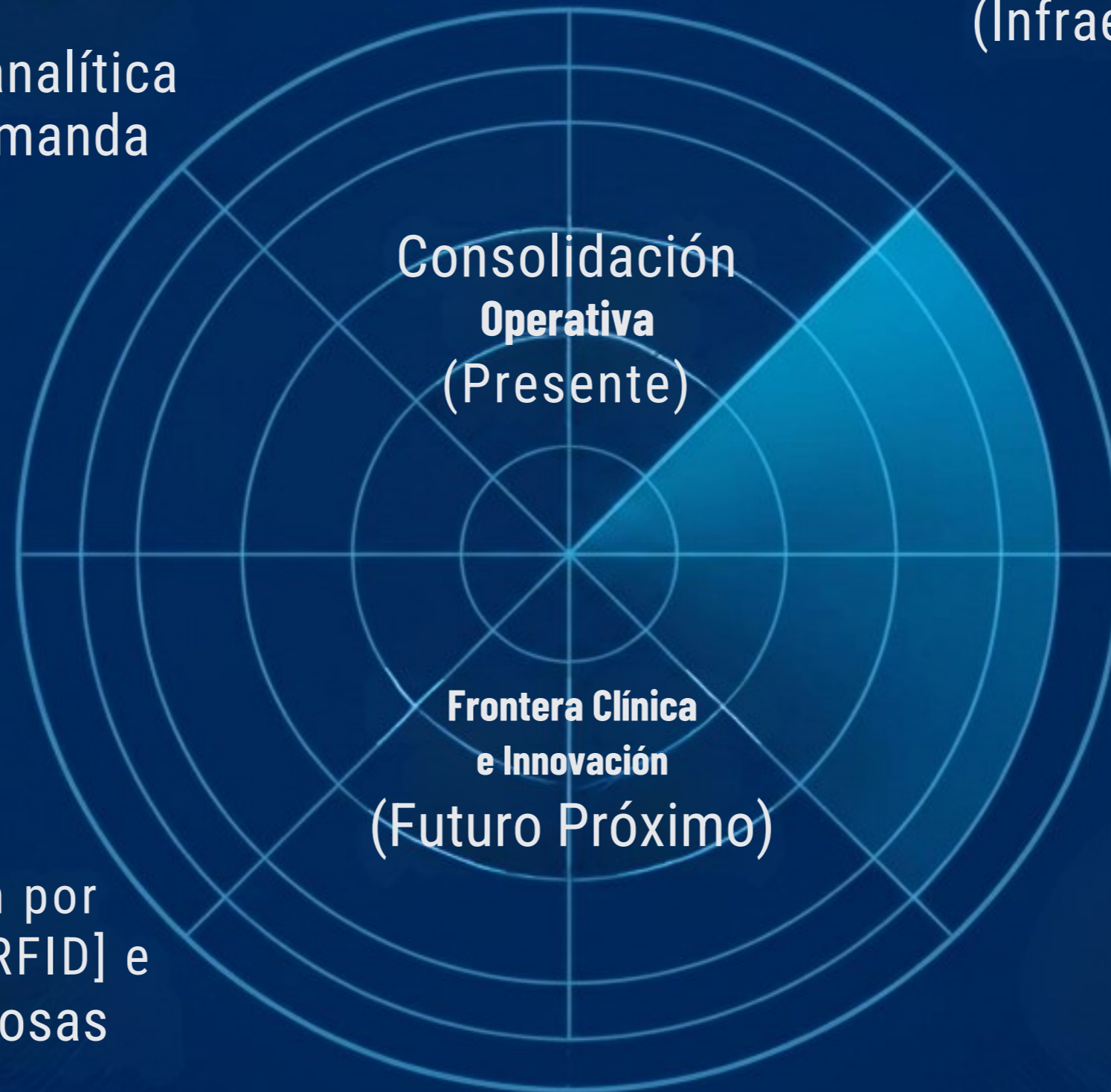
Síntesis:

El verdadero valor reside en el "Intermediario Lógico" que une cada isla operativa. Este sistema autoverifica resultados, gestiona excepciones, genera alertas proactivas y actúa como el cerebro de datos del centro digital.

5. Inteligencia Artificial [IA]
para retención y analítica
predictiva de demanda

4. Inmunohematología
Molecular para
donantes
raros

3. Identificación por
Radiofrecuencia [RFID] e
Internet de las Cosas
[IoT]



1. Integración Extremo a Extremo
(Infraestructura central operativa)

2. Remotización de la
Experiencia del Donante

Hoja de Ruta: Evaluación e Implementación en 8 Pasos

Fase 3:
Despliegue y
Control

Paso 8: Seguimiento
constante posimplementación.

Paso 7: Piloto y
validación rigurosa.

Paso 5: Evaluación económica.
(Análisis del costo total de propiedad y retorno).

Paso 3: Evaluación técnico-funcional.
(Arquitectura e Interoperabilidad
del sistema).

Paso 6: Evaluación organizacional.
(Gestión del talento humano y
adaptación al cambio).

Fase 2:
Análisis
Multidimensional

Paso 4: Evaluación de calidad y riesgo.
(Impacto directo en la seguridad transfusional).

Fase 1:
Pre-evaluación
y Diseño

Paso 2: Mapeo del proceso actual.
(Levantamiento exhaustivo de la línea base
operativa y cuellos de botella).

Paso 1: Necesidad y priorización.
(Definir el problema a resolver: errores operativos,
tiempos, vencimientos de unidades).

Validación y Cumplimiento Normativo (BPM)

La implementación exige la validación rigurosa de sistemas computarizados (BECS) para garantizar la integridad de los datos, el control de cambios y la mitigación de vulnerabilidades.

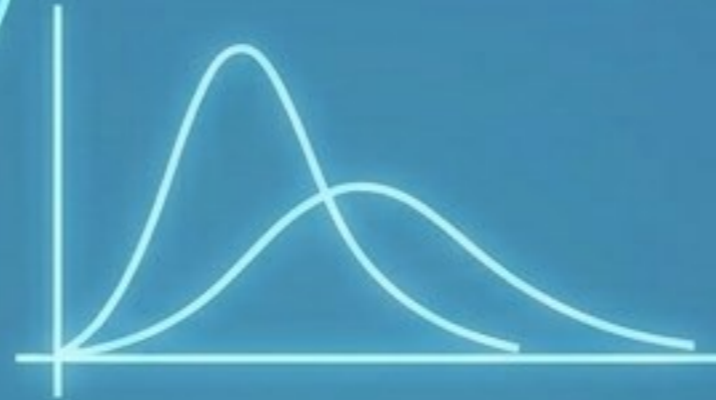


Monitoreo del Éxito: Dominios de Indicadores Clave

El impacto de la automatización medido más allá de la velocidad operativa.



Seguridad y Calidad: Tasa de errores de identificación, desviaciones térmicas bloqueadas exitosamente.



Operación: Tiempo de Respuesta [TAT] segmentado por percentiles, productividad medida por operador y turno.



Inventario y Logística: Índice de desperdicio por caducidad, precisión comparativa del inventario físico contra el lógico, tiempos de despacho.



Donante: Tasas de retención de donantes a largo plazo, métricas de tiempos de espera, registro de eventos adversos a la donación.



Economía: Costo unitario por componente procesado y liberado, cálculo del retorno de inversión en despliegue tecnológico.

Retorno Operativo: Indicadores de Calidad y Eficiencia

Seguridad y Calidad

+90%

Errores de Transcripción eliminados por LIS bidireccional

+91%

Reducción en Pérdidas de Inventario (Roturas de bolsa del 1.2% al 0.1%)

Eficiencia Operativa



Reducción de carga laboral



Optimización del espacio físico



Aceleración del tiempo de respuesta

Brechas Críticas y Desafíos de Implementación

Interoperabilidad & Datos

Sistemas heredados luchando por comunicarse con APIs modernas; estricta gobernanza de calidad de datos.

Costos & Equidad

Alto Capex inicial (equipos automatizados, NAT) versus ahorros Opex a largo plazo. Riesgo de ampliar la brecha en centros de bajos recursos.

Talento Humano

Transición de habilidades: de técnicos manuales a operadores de sistemas y supervisores de datos.



Síntesis y Resolución Estratégica

Síntesis Final

La automatización contemporánea ya domina el tamizaje, el procesamiento de unidades y la logística de inventario.

La verdadera frontera hoy es la interoperabilidad absoluta de datos y la capacidad del sistema para convertir esos flujos en decisiones analíticas que protejan activamente al paciente.



Recomendación Práctica

La implementación tecnológica en medicina transfusional jamás debe abordarse como una simple adquisición por catálogo de equipos.

Debe estructurarse imperativamente como un proyecto integral de rediseño de procesos, otorgando idéntico peso a la calidad de los datos, el talento humano y la ciberseguridad.

La verdadera unidad de transformación no es el equipo aislado; es el ecosistema completo.

El Imperativo Estratégico

El verdadero indicador de éxito no es la cantidad de equipos adquiridos, sino la mejora medible en la seguridad transfusional, la resiliencia sistémica y la eficiencia operativa a través de un ecosistema digital ininterrumpido.

WHO (2023); ISBT (2026).

