

Alex David Tenelema-Arias

[DOI 10.35381/gep.v7i13.344](https://doi.org/10.35381/gep.v7i13.344)

**Optimización del abastecimiento de medicamentos mediante enfoques
estratégicos de adquisición en entornos sanitarios. Revisión sistemática**

**Optimizing medicine supply through strategic procurement approaches in
healthcare settings. Systematic review**

Alex David Tenelema-Arias
atenelema@ucvvirtual.edu.pe
Universidad Cesar Vallejo, Piura, Piura
Perú
<https://orcid.org/0009-0005-5695-2291>

Recepción: 10 de marzo 2025
Revisado: 19 de abril 2025
Aprobación: 26 de junio 2025
Publicado: 01 de julio 2025

Alex David Tenelema-Arias

RESUMEN

En el sector sanitario, el abasto de medicamentos enfrenta retos críticos vinculados al desabastecimiento, costos elevados y limitaciones en eficiencia. El objetivo es Sintetizar la evidencia sobre enfoques estratégicos de adquisición para optimizar el abastecimiento farmacéutico. Se desarrolla una revisión sistemática soportada en PRISMA y criterios PICOS, que incluye 14 estudios (2019-2025) de bases de datos indexadas. Fueron analizados enfoques estratégicos como IA, e-procurement, Lean Six Sigma, blockchain y compras agrupadas; evaluando su impacto en disponibilidad, costo, calidad y eficiencia. La IA evidenció un mayor impacto en eficiencia y reducción de costos. E-procurement y Lean Six Sigma demostraron efectividad en costos en contextos limitados. Blockchain sobresalió en trazabilidad a pesar de su escasa validación. Las compras agrupadas disminuyeron precios, pero con menor flexibilidad operativa. No hay una estrategia efectiva única, depende del contexto. Integrar tecnología, normativas y capacidades de organización es esencial para migrar a sistemas sanitarios sostenibles.

Descriptores: Abastecimiento de medicamento; enfoques estratégicos; adquisición; optimización farmacéutica; PRISMA. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

In the healthcare sector, the supply of medicines faces critical challenges related to shortages, high costs, and efficiency limitations. The objective is to synthesize the evidence on strategic procurement approaches to optimize pharmaceutical supply. A systematic review supported by PRISMA and PICOS criteria was developed, including 14 studies (2019-2025) from indexed databases. Strategic approaches such as AI, e-procurement, Lean Six Sigma, blockchain, and group purchasing were analyzed, evaluating their impact on availability, cost, quality, and efficiency. AI showed a greater impact on efficiency and cost reduction. E-procurement and Lean Six Sigma demonstrated cost effectiveness in limited contexts. Blockchain excelled in traceability despite its limited validation. Group purchasing reduced prices but with less operational flexibility. There is no single effective strategy; it depends on the context. Integrating technology, regulations, and organizational capabilities is essential for migrating to sustainable healthcare systems.

Descriptors: Drug supply; strategic approaches; procurement; pharmaceutical optimization; PRISMA. (UNESCO Thesaurus).

Alex David Tenelema-Arias

INTRODUCCIÓN

El contexto global postpandemia muestra en los últimos años dificultades sensibles relacionadas con el abasto de medicamentos que son necesarios para mantener la integridad del ser humano. De manera que la mayoría de los sistemas de salud se enfrentan a desafíos críticos que pueden ser estudiados desde al menos tres direcciones fundamentales. Con respecto por ejemplo a la escasez de medicamentos, el 76% de los países de la Unión Europea (UE) muestran desabastecimiento en incremento sobre todo de antibióticos (European Medicines Agency (EMA), 2023). Por otra parte, se reportan pérdidas millonarias anuales en medicamentos que no son utilizados (NHS England, 2022) y para poner el detonante, en países con menos posibilidades se observa un acceso inequitativo a este tipo de productos (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2023). En países como México se reporta que el 40% de los hospitales públicos padecen de un severo desabastecimiento (Svarch-Pérez et al., 2024) lo que impacta significativamente, según investigaciones de INEGI (2024) a alrededor de 12 millones de enfermos. Esta situación arriesga sensiblemente tanto la atención sanitaria segura (European Medicines Agency (EMA), 2023) como la viabilidad económica (Svarch-Pérez et al., 2024).

Es en este escenario, la adquisición de medicamentos representa un punto de inflexión estratégico, si se considera que puede llegar a representar entre un 60 y 70% de los gastos en el orden farmacéutico en los sistemas públicos (Banco Mundial, 2022). En este sentido las investigaciones de Svarch-Pérez et al., 2024 en México durante el período de 2019 a 2023 demuestran el potencial de las compras consolidadas en la reducción de costos y al mismo tiempo de desabastecimiento.

Ahora bien, cuando se analizan los enfoques tradicionales relativos al abastecimiento de medicamentos como las adquisiciones reactivas, descentralizadas, y con base en un solo precio, es posible notar que estos reproducen esquemas fragmentados, lo que propicia que emerjan nuevas estrategias que promuevan la integración y la transparencia como:

Alex David Tenelema-Arias

compras agregadas, e-Procurement con IA, o contratos basados en valor. En este sentido se aprecia en la literatura científica diversas investigaciones independientes que abordan estrategias puntuales, sin evaluar comparativamente su efectividad desde múltiples dimensiones.

En correspondencia, se mantienen brechas significativas que apuntan a la falta de síntesis comparativa, al no existir revisiones que valoren simultáneamente el impacto de las estrategias en dimensiones claves como: disponibilidad, costos, calidad y eficiencia. También se aprecia en las revisiones relativas al tema, la omisión en el abordaje a factores contextuales como la capacidad técnica o los marcos regulatorios que afectan los resultados. Por otra parte, se ha podido encontrar además que los datos reportados de investigaciones sobre el tema en América Latina y África son escasos, las mayores evidencias, superiores al 70%, provienen de Europa y Estados Unidos. Finalmente se aprecia ausencia de una concepción con sentido de sostenibilidad dado que ni siquiera llegan al 30% las investigaciones en el período entre el 2020-2025 que computan resultados a largo plazo de tecnologías relacionadas con el blockchain o IA predictiva. De este modo, el presente artículo se propone como objetivo general sistematizar las evidencias disponibles relacionadas con la efectividad y el impacto de múltiples enfoques estratégicos de adquisición de medicamentos para optimizar el abastecimiento en entornos sanitarios

MÉTODO

Para la realización de esta revisión sistemática se empleó un protocolo basado en la declaración PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021).

Los criterios de elegibilidad para la búsqueda fueron formulados utilizando PICOS.

- Población. Se consideraron los entornos sanitarios implicados en la adquisición de medicamentos para ser utilizados en seres humanos. Así se consideraron

Alex David Tenelema-Arias

hospitales tanto públicos como privados, programas nacionales de suministros y redes de atención primaria. Se excluyeron pequeños negocios farmacéuticos y farmacias relacionadas con medicamentos no humanos.

- Intervenciones. Enfoques estratégicos en la adquisición de medicamentos, entendidos como modificaciones intencionales en dichos esquemas para mejorar sus resultados.
- Comparador. Enfoques habituales de adquisición, otra estrategia estratégica, ninguna intervención.
- Resultados (Outcomes). Para ellos se consideraron indicadores clave como:
 - Disponibilidad: Tasa de disponibilidad/desabastecimiento.
 - Costo: costos unitarios/costos totales de adquisición o almacenamiento
 - Calidad: falsificaciones, selección de medicamentos esenciales
 - Eficiencia: tiempo de procesos, niveles de inventario, errores directivos
- Diseños de estudios (Study design): Se consideraron estudios primarios, revisiones sistemáticas, informes de resultados de programas.
- Límites: Estudios publicados en inglés y español en el período comprendido entre 2019 y 2025.

A continuación, se llevó a cabo un proceso sistemático de búsquedas en las bases de datos: PubMed, Scopus, Web of Science y LILACS; así como literatura gris en múltiples repositorios y sitios web de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Banco Mundial. Para su gestión los artículos fueron gestionados mediante Zotero y la estrategia de búsqueda se desarrolló utilizando fundamentalmente términos claves en idioma inglés, separados por operadores booleanos y considerando filtros que comprendían el período de interés (2019-2025), el idioma (inglés y español) y los tipos de artículos (artículos de investigación, revisiones sistemáticas e informes técnicos).

Alex David Tenelema-Arias

El proceso de selección de estudios se realizó en dos fases. En una primera fase los artículos obtenidos se importaron a Rayyan para facilitar y agilizar el proceso. Luego de eliminar los documentos duplicados, dos revisores (AC, ME) evaluaron de manera independiente los títulos y resúmenes contrastándolos con los criterios PICOS. Aquellos estudios que resultaron potenciales de elección fueron descargados para obtener el texto completo y se realizó una nueva revisión independiente por los mismos revisores. Las divergencias de posiciones fueron solucionadas a través del debate y cuando no se llegó a consenso, se buscaron opiniones de un tercer revisor (YM).

Para efectuar la extracción de datos se utilizó un formulario estandarizado en Excel. Los revisores (AC, ME) trabajaron de forma independiente en la extracción de datos de los artículos que respondían a criterios como: datos de identificación, tipo de diseño, entorno sanitario, intervención estratégica de adquisición, comparador y resultados principales. Para lograr la calidad metodológica y evitar el riesgo de sesgo de las investigaciones incluidas se utilizaron varias herramientas como: RoB 2 de Cochrane, ROBINS-I y JBI, y se definieron los criterios de evaluación. Los análisis emanados y los juicios sobre los riesgos de sesgo se resolvieron nuevamente mediante el debate de criterios.

RESULTADOS

Selección de estudios

El proceso de búsqueda bibliográfica ofreció de manera preliminar 4386 artículos extraídos de bases de datos, literatura gris y búsquedas manuales. Concluida la primera revisión se eliminaron los registros duplicados y evaluando la pertinencia de los títulos y resúmenes con los objetivos propuestos, fueron excluidos 3495 informes más. Un total de 32 investigaciones con texto completo fueron leídas y evaluadas, incluyéndose 14 definitivamente en el estudio. En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo de la revisión sistemática conforme a PRISMA.

Alex David Tenelema-Arias

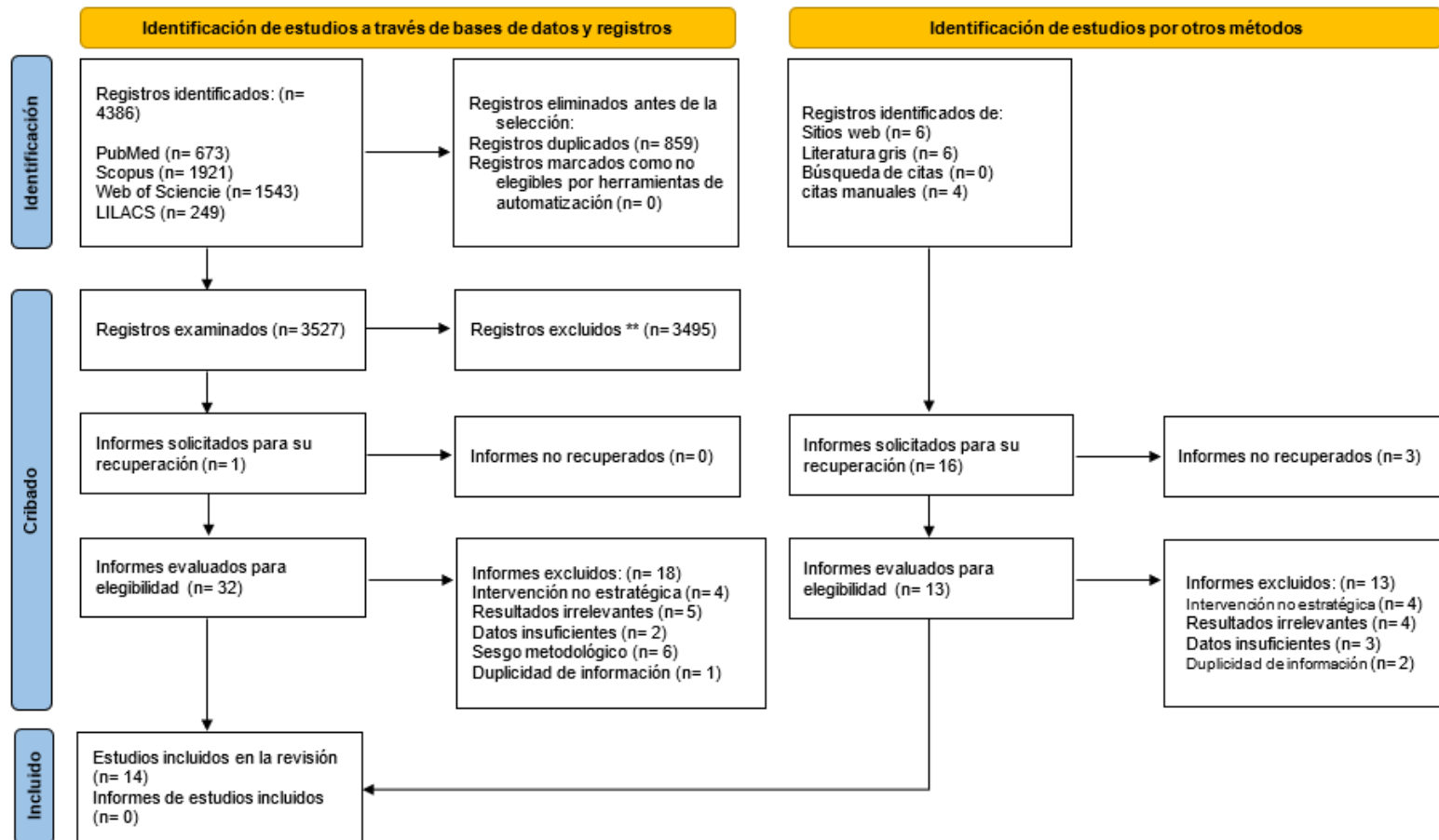


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión sistemática con PRISMA
Elaboración: El autor.

Alex David Tenelema-Arias

Características de los estudios analizados

Los catorce estudios analizados relativos a la efectividad y el impacto de múltiples enfoques estratégicos de adquisición de medicamentos abarcan una diversidad de contextos geográficos que incluye países como: España, Nigeria, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, Canadá, Taiwán, Tanzania, China, Brunéi Darussalam, Bangladesh, Kenia y 106 países de ingresos medios y bajos. Sus diseños incluyen de manera general estudios cuantitativos, teórico- metodológicos con análisis cualitativo de casos y revisiones analíticas, aunque se aprecia un predominio de enfoques cuantitativos.

Las intervenciones estratégicas que muestran los estudios pueden agruparse según su funcionalidad y grado de integración en: Plataformas digitales de adquisición, Tecnologías predictivas y de optimización, Tecnologías de trazabilidad segura, Mecanismos institucionales de adquisición y Metodologías de eficiencia operativa (Tabla 1).

3.3 Evaluación de la calidad

Aunque los estudios con los que se trabaja tienen altos niveles de calidad a partir de las bases de datos en las que se encuentran; se encontraron riesgos de sesgos de autoselección, al encuestar solo personal con funciones directivas; autopercepción, datos en base a encuestas aplicadas sin triangular; y análisis dependientes de datos internos. Los estudios que forman parte del trabajo muestran limitaciones similares que repercuten sobre la validez y la generalización ya que emplean pequeñas muestras, determinados contextos y poblaciones específicas lo que restringe su transferencia a otros escenarios. La solidez metodológica es variable, dado que varios estudios son transversales, breves y no poseen constatación práctica. Desde el punto de vista técnico se aprecian dificultades de escalabilidad, interoperabilidad con sistemas ya en uso y alta demanda computacional. Finalmente, se aprecia que persisten obstáculos regulatorios, brechas de viabilidad económica y dependencia de personal con alto nivel de especialización.

Alex David Tenelema-Arias

Tabla 1.
Características de los estudios analizados.

No.	Autor/año/país	Población	Intervenciones	Comparador	Resultados principales	Tipo de diseño
1.	Fernández et al., 2020; España	Farmacia de hospitales	Sistema de apoyo a desiciones basado en datos (DB-MPDSS)	Enfoques habituales	✓ Reducción de inventarios ✓ Disminución de las órdenes de compra ✓ Mejora en la toma de decisiones ✓ Mantenimiento de la calidad en el servicio	Estudio experimental comparativo
2.	Omorodion & Jesuorobo, 2020; Nigeria	Hospitales públicos	Procura electronica (EPS)	Enfoques habituales/manuales	✓ Reducción tiempo de procura (32%) ✓ Reducción errores de documentación ✓ Incremento en la transparencia en la disponibilidad de insumos	Estudio transversal
3.	Silva-Aravena et al., 2020; Chile	Farmacia de hospital público	Herramienta dinámica de apoyo a decisiones	Enfoques habituales	✓ Reducción de gastos anuales (7.3%) ✓ Reducción de pérdidas por caducidad ✓ Incremento de disponibilidad de medicamentos (87.7%)	Estudio de caso aplicado
4.	Uddin, 2021; Emiratos Arabes Unidos y Estados Unidos	Cadena de suministro farmacéutica global	Hyperledger Fabric Hyperledger Besu	Enfoques habituales	✓ Reducción de costos por eliminación de intermediarios. ✓ Reducción teórica en falsificaciones (99%) ✓ Tiempos de verificación en segundos	Propuesta teórica de arquitectura blockchain
5.	Musamih et al., 2021; Emiratos Árabes Unidos	Cadena de suministro farmacéutico global	Blockchain	Enfoques habituales de track & trace	✓ Registros seguros de transacciones ✓ Supresión de intermediarios ✓ Disminución de costos operativos ✓ Protección frente a falsificaciones	Experimental
6.	Tarek et al., 2021; Canadá	Cadena de suministro de hospitales	Deep Reinforcement	Enfoques habituales	✓ Disminución de costos de reposición ✓ Reducción de la tasa de desabastecimiento (41%)	Modelación matemática y Deep

Alex David Tenelema-Arias

No.	Autor/año/país	Población	Intervenciones	Comparador	Resultados principales	Tipo de diseño
			Replenishment Optimization		✓ Disminución de costos de almacenamiento (28%) ✓ Optimización en tiempo real de compras y abastecimiento	Reinforcement Learning (DRL) con validación por simulación
7.	Chen et al., 2022; Taiwán	Farmacia ambulatoria	Modelo híbrido (K-means + simulación)	Sistema basal de farmacia	✓ Disminución en costos de inventario ✓ Reducción del volumen de inventario ✓ Mantenimiento del nivel de servicio sin stockouts	Estudio de simulación-optimización
8.	Gaynor et al., 2023; Estados Unidos	Industria farmacéutica global	Blockchain	Enfoques habituales	✓ Prevención de falsificaciones ✓ Trazabilidad en tiempo real de prescripciones ✓ Automatización de pagos ✓ Disminución de costos administrativos	Estudio teórico metodológico con análisis cualitativo de casos
9.	Mketo et al., 2023; Tanzania	Almacén médico	E-procurement	Enfoques habituales	✓ Características tecnológicas ($\beta=0.38$) ✓ Competencias empleadas ($\beta=0.32$) ✓ Apoyo gerencial ($\beta=0.28$)	Cuantitativo, transversal explicativo
10.	Shen & Sun, 2023; China	Plataforma de e-commerce (JD.com)	Modelo de cadena de suministros integrada + plataformas inteligentes	Enfoques habituales	✓ Reducción de tiempos de entrega ✓ Mantenimiento de niveles de servicio en picos de demanda (95%)	Estudio de caso con análisis cuantitativo
11.	Uddin 2023; Brunei Darussalam	Cadena de suministro farmacéutica global	Blockchain	Enfoques habituales	✓ Eliminación de falsificaciones (0%) ✓ Resucción de la dependencia de autoridades centralizadas (100%) ✓ Traza completa por transacción	Desarrollo de framework tecnológico
12.	Kader Akter, 2024; Bangladesh	Farmacias de hospitales	Sistemas automatizados de inventarios	Enfoques habituales	✓ Mejora disponibilidad de medicamentos críticos	Revisión analítica

Alex David Tenelema-Arias

No.	Autor/año/país	Población	Intervenciones	Comparador	Resultados principales	Tipo de diseño
			Analítica predictiva Lean Six Sigma		✓ Optimización de caducidades y sobrestock ✓ Reducción del tiempo de gestión manual (40-60%) ✓ Aumento de la exactitud de inventarios ✓ Disminución de costos por mermas	
13.	Okuro Akinyi & Samson Nyang'au (2024); Kenia	Hospitales públicos de Nairobi	E-procurement • E-Tendering • E-Invoicing	Enfoques habituales sin uso de digitalización	✓ Mejora de coordinación cliente-proveedor ✓ Disminuyen costos de transacción ✓ Consolida confianza y relaciones ✓ Agilizan pagos ✓ Impacto positivo en el abastecimiento de medicamentos	Cuantitativo, diseño descriptivo con análisis estadístico de correlación, regresión múltiple
14.	Xiaolu Wang & Bin Zahur (2025) Países de ingresos bajos y medios	Sistemas de salud pública de países de ingresos bajos y medios	Compras directas a fabricantes Compras a través de instituciones de adquisición • Pooled Procurement Mechanism (PPM) • Naciones Unidad (UN) Central Medical Store (CMS)	Compras directas a fabricantes	✓ Reducción de precios significativa en PPM (-20%) y UN (-13%). ✓ Disminuye retraso (35%) y tiempo de entrega en CMS, aunque no disminuye precios ✓ Reducción de retrasos (-28%) aunque incrementa el tiempo de entrega (+114 días) ✓ En medicamentos antiguos lo más efectivo son estrategias de adquisición agrupadas.	Cuantitativo, análisis empíricos con modelos de regresión a nivel transacción y panel

Elaboración: El autor.

Alex David Tenelema-Arias

Resultados relevantes de los estudios

Variados son los enfoques estratégicos de adquisición de medicamentos que se extraen de los estudios analizados y que pueden tipificarse para una mejor comprensión. Así, se reconoce el enfoque de Optimización basado en datos, los cuales utilizan herramientas de análisis, de cálculo o de inteligencia artificial para tomar mejores decisiones respecto a los inventarios y las compras en el ámbito farmacéutico. Entre ellos cabe mencionar Modelos predictivos basado en datos históricos (Fernández et al., 2020), los cuales disminuyen inventario y agilizan la toma de decisiones; *Rolling horizon* más optimización matemática (Silva-Aravena et al., 2020), herramienta dinámica que reduce las pérdidas por caducidad y mejora la disponibilidad; K-means más simulación (Chia-Nan et al., 2022), que incide en la optimización de inventarios e impacta sobre la reducción de costos y Deep Reinforcement Learning (DRL) (Tarek et al., 2021), que logra automatizar decisiones en la reposición reduciendo costos y desabastecimiento. Estos enfoques estratégicos demandan datos históricos de precisión e infraestructura computacional por tanto resultan poco aplicables en entornos de bajos recursos y pobre digitalización.

Otro tipo de enfoques estratégicos son las denominadas tecnologías emergentes de trazabilidad (Blockchain), que se concentran en optimizar la seguridad, transparencia y trazabilidad de suministros en el ámbito farmacéutico. En los estudios referidos se destacan, Hyperledger Fabric/Besu (Uddin et al., 2021), evita falsificaciones y posee verificación en segundos; Ethereum con almacenamiento off-chain (Musamih et al., 2021), que influye en la supresión de intermediarios, disminuye costos e incrementa la seguridad y Medledger (Wang & Zahur, 2025), que ofrece una propuesta integral con ledger inmutable y contratos inteligentes. Todos estos enfoques tienen su foco en prever falsificaciones e incrementar los niveles de confianza, son extremadamente innovadores, aunque su validación empírica aún es insuficiente.

Las E-procurement y digitalización de procesos de adquisición se enfocan en digitalizar licitaciones, órdenes de compra y procesos de facturación, lo que posibilita incrementar

Alex David Tenelema-Arias

eficiencia y disminuir errores. En este sentido se encuentran E-procurement y e-invoicing (Omorodion & Jesuorobo, 2020; Said et al., 2023; Okuro et al., 2024), que permiten optimizar el tiempo de adquisición, reducir errores y lograr un incremento de la transparencia. Por su parte, las plataformas inteligentes integradas (Zuojun & Yigi, 2023) han demostrado ser una valiosa herramienta de integración tecnológica que mantiene los servicios aún en momentos de crisis. Estos enfoques son de mucha aplicabilidad en el sector público de países en desarrollo; aunque demandan fuertes procesos de capacitación y asistencia técnica.

Estudios como los de Wang & Zahur (2025) hacen alusión al enfoque de *Pooled Procurement* y su impacto en la reducción de precios y el aseguramiento del abasto en países de ingresos medios y bajos. Por su parte, Kader Akter (2024), emplea Metodologías de mejora continua (Lean Six Sigma), cuya implementación es económicamente muy viable, permitiendo un alcance amplio en hospitales de tamaño mediano y grande preocupados por la eficiencia interna. Finalmente, algunos estudios (Kader Akter, 2024; Okuro et al., 2024), emplean Sistemas automatizados de inventario y tecnologías operativas (RFID, IoT, IA), que inciden de manera rotunda sobre la eficiencia del inventario, evita la pérdida de tiempo asociada a la gestión manual y aunque precisa una inversión inicial, representa ahorros significativos y disminuye las fallas humanas.

Un segundo resultado importante se obtiene del análisis del impacto en optimización a partir de las dimensiones definidas y los diferentes tipos de estrategias que aparecen en los estudios revisados. Una síntesis integral de estos resultados se recoge en la figura 2. La figura muestra el nivel de impacto que cada una de las estrategias de adquisición arrojó en los estudios evaluados con respecto a las dimensiones fundamentales definidas: disponibilidad, costos, calidad y eficiencia. El puntaje se asigna siguiendo una escala ordinal donde 1 es bajo y 5 es muy alto, elaborada considerando las evidencias tanto cuantitativas como cualitativas que se identificaron en los estudios.

Alex David Tenelema-Arias

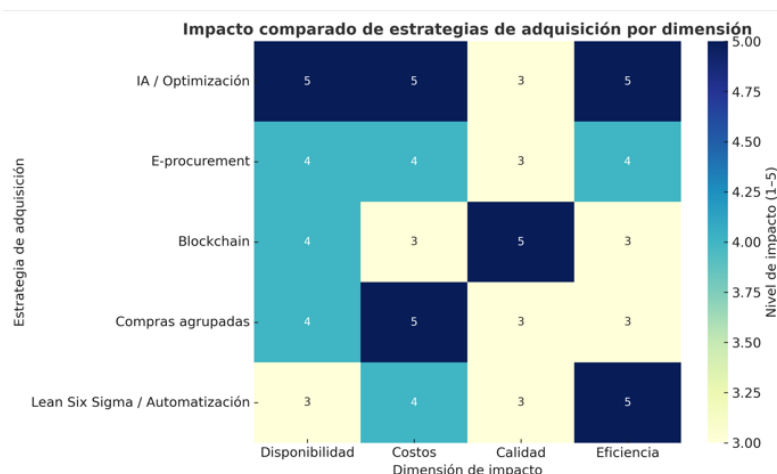


Figura 2. Impacto en optimización comparando estrategias de adquisición por dimensiones.

Elaboración: El autor.

Como se muestra, los enfoques estratégicos de adquisición basados en IA y optimización matemática sobresalen por su alto impacto y consistencia en disponibilidad, costos y eficiencia aunque su contribución a la calidad es moderada. En contraste, el blockchain muestra el impacto más alto en calidad asociado a la capacidad para disminuir falsificaciones e incrementar la trazabilidad. Sin embargo, su rendimiento en eficiencia y costos es un poco limitado.

E-procurement y *Lean Six Sigma* aparecen como enfoques más equilibrados, con impacto alto tanto en costos como en eficiencia, mostrando una adecuación especial en contextos con poca complejidad tecnológica. Las compras agrupadas obtienen un alto impacto en la disminución de costos y en el acceso a medicamentos esenciales. Su impacto sobre la eficiencia es mucho más restringido por la rigidez operativa.

Cuando se analizan los factores contextuales claves que determinan el éxito o fracaso en la aplicación de enfoques estratégicos de adquisición, respaldado por las evidencias de los estudios analizados, revela una asociación evidente entre las facilidades tecnológicas y normativas y su vínculo con casos de implementación exitosos. Por otro

Alex David Tenelema-Arias

lado, los obstáculos más frecuentes se asocian a carencias estructurales, económicas y hasta culturales que impactan fundamentalmente a contextos de bajos recursos. Estos elementos se muestran de manera sintética en la tabla 2.

Tabla 2.

Factores contextuales que inciden en la aplicación de estrategias de adquisición en contextos farmacéuticos.

Factores contextuales	Factores facilitadores	Obstáculos recurrentes
Asociados a la tecnología	Fuertes sistemas de información (Est. 6,7) Interoperabilidad con sistemas existentes (Est. 4,6)	Insuficiente infraestructura (Est. 2, 9) Incompatible con sistemas legacy (Est. 4)
Organizacionales	Apoyo y liderazgo directivo (Est.2, 9) Cooperación interinstitucional (Est.10)	Resistencia al cambio (Est. 2,6) Rigidez operativa (Est. 3)
Regulatorios	Marco legal favorecedor de tecnologías emergentes (Est. 4, 10)	Carencia de normativas específicas para blockchain o IA (Est. 4, 11)
Relativos a las capacidades	Preparación técnica y competencias digitales (Est. 2, 9) Características del comprador/habilidades negociadoras (Est. 12)	Ausencia de competencias digitales (Est. 2, 9) Proveedores con baja integración y confiabilidad (Est. 3,4)
Financieros	Capacidad de ahorro prospectivo (Est. 5, 6)	Implementación inicial altamente costosa (Est. 5,8) Ausencia de valoración del retorno económico (Est. 5, 10)
Transparencia	Trazabilidad y disminución de irregularidades por medio de e-procurement y blockchain (Est. 2,4,9)	Peligro de corrupción sin digitalización (Est. 2,9)

Elaboración: El autor.

Finalmente, cuando se analizan los enfoques estratégicos que muestran una mayor efectividad o una mejor relación costo-beneficio, los resultados son similares a los observados en los análisis anteriores. Nuevamente se aprecia que aquellas estrategias soportadas en IA y las formuladas considerando modelos predictivos son las de mayor efectividad para disminuir tanto los costos como el desabastecimiento; a pesar de que

Alex David Tenelema-Arias

necesitan una infraestructura en materia de tecnología vigorosa y bases de datos confiables que garanticen el éxito de la implementación. Mientras que el e-procurement se destaca como la de mejor relación costo beneficio, sobre todo en sistemas públicos, de medios y bajos ingresos, y donde se alcanza más eficiencia administrativa y trazabilidad a partir de inversiones con relativa accesibilidad.

Por su parte, las estrategias Lean Six Sigma y sistemas de automatización simple son más efectivos en costos y adaptables, especialmente en aquellas instituciones con baja capacidad técnica o de financiación. Contrariamente, *blockchain* brinda un potencial revelador vinculado con la trazabilidad y los controles de calidad, a pesar de la ausencia de evidencias empíricas en hospitales reales, lo cual restringe su valor práctico.

Por último, las compras agrupadas evidencian ser un enfoque eficaz para la disminución de precios unitarios, sobre todo para aquellos países con dificultades de negociación. Se muestran limitaciones operativas fundamentalmente en cuanto a flexibilidad y adaptabilidad en contextos muy cambiantes o durante una emergencia sanitaria. Esta información se muestra de forma sintetizada en la figura 3.

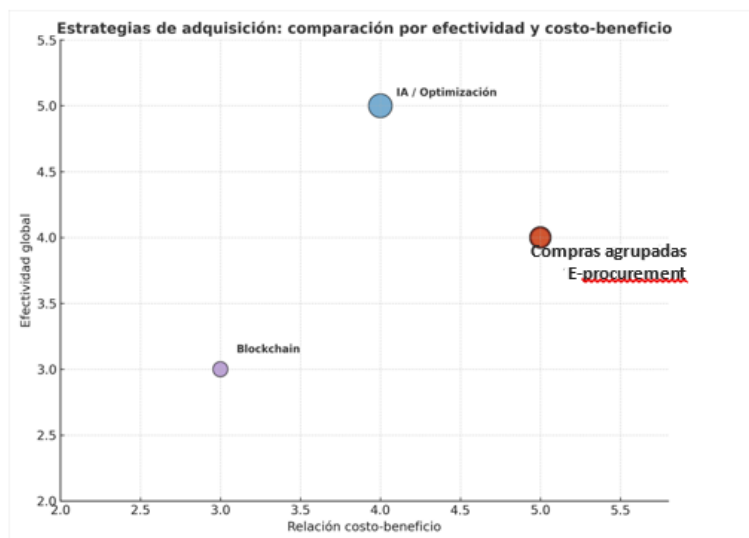


Figura 2. Comparación de estrategias de adquisición según efectividad y costo-beneficio.
Elaboración: El autor.

Alex David Tenelema-Arias

DISCUSIÓN

Los resultados arrojados por la revisión sistemática proporcionan una mirada exhaustiva a la forma en que múltiples enfoques estratégicos de adquisición de medicamentos en el ámbito farmacéutico impactan en la optimización de dicho proceso y posibilitan comprender las razones por las que unas intervenciones presentan mayor efecto que otras.

En sentido general se pudo corroborar que aquellas estrategias que utilizan recursos con capacidad analítica avanzada como la IA y modelos predictivos o de simulación, logran mayor efectividad para disminuir desabastecimientos y costos, debido a la capacidad para contribuir a la toma de decisiones anticipadas que se ajustan más a modelos de consumo real. Hallazgos similares han tenido Aravindakshan et al. (2022), quienes también han demostrado que estas estrategias inciden directamente en la precisión de inventarios y son altamente significativas en la predicción de la demanda. Es muy claro que el valor de estos enfoques estratégicos está en prevenir el quiebre de stock lo cual representa un salto de calidad frente a los enfoques tradicionales.

Por su parte, enfoques estratégicos como el e-procurement o Lean Six Sigma, a partir de los estudios revisados alcanzan impactos moderados, aunque muy bien valorados en términos de costo-efectividad, sobre todo en contextos en los que los soportes tecnológicos no logran el máximo desarrollo. Evidencias similares han encontrado Mohiddin & Otieno (2022), en hospitales públicos de África, y Damiolo & Seldehlachts (2023) en Europa. Es evidente que estas soluciones repercuten en la optimización de procesos administrativos, disminuyen considerablemente los errores humanos, agilizan procesos e incrementan la trazabilidad, lo que crea bases adecuadas para la introducción futura de modelos más complejos.

Relativo a la estrategia de blockchain se confirma su potencial para la trazabilidad y en la prevención de falsificaciones lo que le concede un importante impacto en la dimensión de calidad; sin embargo, la escasa validación empírica en población real, lo limita.

Alex David Tenelema-Arias

Investigaciones como las de Alassafi et al. (2021), también corroboran este hallazgo. Entre tanto, las compras agrupadas, en concordancia con un estudio de Dubois et al. (2021), realizado en países de ingresos bajos y medios, demostraron su efectividad en la disminución de precios unitarios, no así en cuanto a flexibilidad operativa que se comporta baja en situaciones de emergencia.

Puede decirse además que los factores contextuales adquieren un papel protagónico en la implementación y sostenibilidad de cualquier enfoque estratégico, lo cual ha sido corroborado ampliamente en las investigaciones de Flynn et al. (2021), de evaluación realista en dos intervenciones en salud. De manera que en contextos que poseen sistemas de información robustos, con apoyo directivo y personal con altos niveles de especialización, soluciones complejas pueden utilizarse con garantía de éxito. Mientras que en entornos con evidencias de resistencia a los cambios, débil digitalización o marcos regulatorios restrictivos, la viabilidad consiste en aplicar enfoques estratégicos de menos complejidad técnica.

Finalmente, y en función de los estudios de esta revisión sistemática, es posible afirmar que el objetivo general de la revisión se cumplió, demostrando que no existe una solución única y universal, pero los resultados posibilitan diseñar un marco decisorio informado, en el cual las características contextuales guían la selección y secuencia de enfoques estratégicos. Esta contextualización es vital para progresar a cadenas de suministros en el ámbito farmacéutico con mayor resiliencia, eficiencia y equidad.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática ofrece una síntesis, con relación a los enfoques estratégicos de adquisición de medicamentos que se emplean para optimizar el abastecimiento en el sector farmacéutico. Los resultados evidencian que los enfoques soportados en inteligencia artificial, analítica predictiva y modelos de optimización matemática son las de mayor efectividad en la reducción del desabastecimiento, en la disminución de costos

Alex David Tenelema-Arias

y en la mejora de la eficiencia operativa. Al tiempo que, estrategias como e-procurement, Lean Six Sigma y compras agrupadas también muestran ser significativamente efectivas en costos y con altos niveles de adaptabilidad a la capacidad organizacional, especialmente en países con ingresos medios y bajos.

Las implicaciones prácticas de la revisión sugieren que no existe un enfoque estratégico único de aplicación en contextos múltiples, sino que los criterios de efectividad están condicionados por la coherencia entre tipos de intervención y entorno tanto tecnológico como normativos. Además, que los enfoques de mayor éxito son los que vinculan la mejora operativa con enfoques tecnológicos progresivos y gobernanza colaborativa.

Los resultados alcanzados confirman la necesidad vital de migrar a implementaciones de enfoques estratégicos que fortalezcan la eficiencia, la equidad y la sostenibilidad de los sistemas sanitarios. La optimización del abastecimiento no significa solamente una mejoría en la disponibilidad de aquellos medicamentos que resultan esenciales, sino ser capaces de disminuir las desigualdades e incrementar la resiliencia en momentos de contingencias sanitarias.

Consecuentemente, se hace un llamado urgente a directivos sanitarios, a los encargados de la formulación de políticas en este ámbito y a científicos en general para enriquecer el conocimiento y apresurar la implementación de enfoques cada vez más innovadores en la adquisición de medicamentos, ajustar las normativas regulatorias que los rigen y ofrecer nuevas pruebas empíricas que corroboren tanto la efectividad como la sostenibilidad prospectiva.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

A todos los actores sociales involucrados en el proceso de investigación.

Alex David Tenelema-Arias

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Banco Mundial (2022). *Gasto farmacéutico en América Latina*. Banco Mundial. <https://www.worldbank.org/lac/health/drug-expenditure-lac>
- Chen, C. N., Lai, C. H., Lu, G. W., Huang, C. C., Wu, L. J., Lin, H. C., & Chen, P. S. (2022). Applying Simulation Optimization to Minimize Drug Inventory Costs: A Study of a Case Outpatient Pharmacy. *Healthcare*, 10(556). <https://doi.org/10.3390/healthcare10030556>
- Dubois, P., Lefouili, Y., & Straub, S. (2021). Pooled procurement of drugs in low and middle income countries. *European Economic Review*, 132(103655). <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2021.103655>
- European Medicines Agency (2023). *Shortage survey 2023*. EMA. <https://n9.cl/6t36e>
- Fernández, M. I., Chanfreut, P., Jurado, I., & Maestre, J. M. (2020). A data-based model predictive decision support system for inventory management in hospitals. *IEEE Journal of biomedical and health informatics*, 25(6), 2227-2236. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.3039692>
- Gaynor et al. (2023). Blockchain Applications in the Pharmaceutical Industry. *Blockchain in Healthcare Today*, 7(298). <https://doi.org/10.30953/bhty.v7.298>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024). *Encuesta Nacional de Salud 2023*. INEGI. <https://n9.cl/suhxu>
- Kader Akter, A. (2024). Optimizing hospital pharmacy inventory management systems: Challenges and Solutions. *J. Pharm. Hosp. Pharm.*, 1(1), 07-10. <https://doi.org/10.33545/30790522.2024.v1.i1.A.3>
- Mketo, S., Ng'elenge, H., & Kipilimba, T. (2023). Factors Affecting E-Procurement Adoption in Iringa Medical Store Department. *International Journal of Economics and Business Management*, 9(8), 36-46. <https://doi.org/10.56201/ijebm.v9.no8.2023.pg36.46>
- Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Arshad, J., Debe, M., Al-Hammadi, Y., & Ellahham, S. (2021). A Blockchain-Based Approach for Drug Traceability in Healthcare Supply Chain. *IEEE Access*, 9, 9728-9743. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049920>

Alex David Tenelema-Arias

NHS England (2022). *Medicines waste report*. NHS England. <https://n9.cl/d7hz3>

Okuro Akinyi, L. & Samson Nyang'au, P. (2024). E-procurement practice and performance of sourcing of pharmaceutical drugs in level five public hospitals in Nairobi city county, Kenya. *Journal of Social Sciences Management and Entrepreneurship* 8(4), 43-53. <https://n9.cl/8lpji0>

Omorodion, O. O., & Osifo, S. J. (2020). Employee perceptions of the Electronic Procurement System (EPS) and rate of adoption of EPS by the Federal Public Hospitals in Edo State of Nigeria based on the diffusion of innovations theory. *OUSL Journal*, 15(2), 97-120. <https://doi.org/10.4038/ouslj.v15i2.7479>

Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2023). *Acceso a medicamentos en América Latina*. OPS. <https://n9.cl/c3vyty>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Shen, Z. M., & Sun, Y. (2023). Strengthening supply chain resilience during COVID-19: A case study of JD. com. *Journal of operations management*, 69(3), 359-383. <https://doi.org/10.1002/joom.1161>

Silva-Aravena, F., Ceballos-Fuentealba, I. & Álvarez-Miranda, E. (2020). Inventory Management at a Chilean Hospital Pharmacy: Case Study of a Dynamic Decision-Aid Tool. *Mathematics*, 8(11), 1962. <https://doi.org/10.3390/math8111962>

Svarch-Pérez, A. E., Molina-Gasman, A. M., Enríquez-Ríos, N., Olivares-Trejo M. P., Molina-Leza, J. F., & Alcocer-Varela, J. C. (2024). Eficiencia en las autorizaciones sanitarias de medicamentos por la Cofepris, 2019-2022. *Salud Pública de México*, 66(3), 296-303. <https://n9.cl/6ojfk8>

Tarek Zwaida, A., Pham, C., & Beauregard. Y. (2021). Optimization of Inventory Management to Prevent Drug Shortages in the Hospital Supply Chain. *Appl. Sci.*, 11(2726). <https://doi.org/10.3390/app11062726>

Uddin, M. (2021). Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry. *International Journal of Pharmaceutics*, 597, 120235. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120235>

Alex David Tenelema-Arias

Uddin, M., Salad, K., Jayaraman, R., Pesic, S., & Ellahham, S. (2023). Blockchain for drug traceability: Architectures and open challenges. *Health Informatics Journal*, 27(2). <https://doi.org/10.1177/14604582211011228>

Xiaolu Wang, L., & Bin Zahur N. (2025). Procurement institutions and essential drug supply in lowand. *Journal of Health Economics*, 101, 102996. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2025.102996>

©2025 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)