

Propuesta de Gestión de Inventarios para el Hospital Simulado de la Universidad

Santiago de Cali

María del Mar Millán Castro y Karina Manjarrés Vergara

Maestría en Gestión de Activos y Mantenimiento, Universidad del Valle, Cali

Nota del autor

Karina Manjarres, Escuela de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali; María del M. Millar;
Escuela de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali

Este documento cuenta con la dirección de proyecto de tesis del Doctor Luis Alberto
Mora Gutierrez

Trabajo de tesis para optar por el título de Magister en Gestión de Activos y
Mantenimiento.

Cualquier mensaje con respecto a este trabajo debe ser enviado a la escuela de
ingeniería de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

E-mail: karina.manjarres@correounivalle.edu.co;
maria.millan.castro@correounivalle.edu.co

Agradecimientos

Agradezco sinceramente a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

A mi familia, gracias por su amor, paciencia y constante respaldo. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

Resumen

Este proyecto propone un sistema informático para gestionar los inventarios del Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali, conforme a la norma ISO 55001 y el PEGA. Su propósito es optimizar el control de insumos y equipos mediante un enfoque predictivo y automatizado.

La propuesta surge tras diagnosticar deficiencias como la falta de trazabilidad, categorización técnica e indicadores. En respuesta, se desarrolla un sistema en Excel que automatiza la clasificación, el reabastecimiento y la toma de decisiones estratégicas.

El modelo integra metodologías MTS, MTO y MTF, junto con estrategias Push, Pull y Frozen. También incorpora parámetros técnicos como ROP, EOQ, stock de seguridad y análisis ABC/VEN, todo estructurado en una arquitectura modular que permite proyectar la demanda y generar planes de abastecimiento de forma automatizada.

El prototipo incorpora indicadores técnicos que permiten evaluar el desempeño del sistema, optimizar decisiones y ajustar el inventario según el consumo real. Su diseño mejora la disponibilidad de insumos, reduce costos y refuerza la formación práctica en el HSUSC.

En conjunto, el sistema ofrece una solución viable y replicable que convierte la gestión empírica en un modelo estratégico basado en datos, promoviendo la mejora continua y el cumplimiento de estándares internacionales.

Palabras claves: Inventarios, hospital simulado, activos, GMAO, CMMS, computarizado, *MTS*, *MTO*, *MTF*

Abstract

This project proposes an information system to manage the inventories of the HSUSC, in accordance with ISO 55001 and the Strategic Asset Management Plan (PEGA). Its purpose is to optimize the control of supplies and equipment through a predictive and automated approach.

The proposal arises from diagnosing deficiencies such as the lack of traceability, technical categorization, and performance indicators. In response, a system developed in Excel is designed to automate classification, restocking, and strategic decision-making.

The model integrates MTS, MTO, and MTF methodologies, along with Push, Pull, and Frozen strategies. It also incorporates technical parameters such as ROP, EOQ, safety stock, and ABC/VEN analysis, all structured within a modular architecture that enables demand forecasting and automated supply planning.

The prototype includes technical indicators that assess system performance, support decision-making, and adjust inventory based on actual consumption. Its design improves supply availability, reduces costs, and strengthens practical training at the HSUSC.

Overall, the system offers a viable and replicable solution that transforms empirical management into a strategic, data-driven model, fostering continuous improvement and compliance with international standards.

Keywords: *Inventory management, simulated hospital, asset administration, computerized management system, MTS, MTO, MTF.*

Contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	3
Contenido	4
Ilustraciones	7
Tablas.....	8
Ecuaciones.....	9
Introducción y contexto operacional.....	10
Planteamiento de la oportunidad	12
Límites de la oportunidad	13
Justificación	15
Viabilidad de la idea del trabajo de profundización	17
Objetivos	18
Objetivo General.....	18
Específicos	19
Uno - Deber ser	19
Dos - Inventarios.	19
Tres - Data.	19
Cuatro - Reabastecimiento.....	19
Cinco - Análisis.	20
Seis - Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos.	20
Marco teórico	21
Antecedentes de la investigación o del proyecto	25
Estado del arte	26
Marco metodológico o Elaboración metodológica.....	28
Tipo de estudio y análisis a desarrollar	28
Fases de la metodología	31
Desarrollo.....	33
Objetivo 1: Descripción de los fundamentos, los conceptos, los criterios técnicos y los parámetros de una buena gestión de inventarios a la luz del PEGA con base en la norma 55001 de gestión de activos.	33
Fundamentos de la gestión de inventarios hospitalarios	33
Normativas aplicables.....	33
Enfoques estratégicos de gestión: Sistemas PULL y PUSH	34
Modelos de planificación: MTS, MTO y MTF	36
Conceptos Clave y Parámetros Técnicos para Determinar Cuándo y Cuánto Pedir	36
Punto de reorden (ROP)	36
Parámetros para determinar cuánto pedir.....	40
Cantidad a Pedir: Método de Asignación Múltiple	41
Cálculo del Inventario Máximo.....	42
Stock de seguridad: conceptualización y aplicación.	42
Relación entre capital de trabajo y nivel de servicio	43
Metodología de Implementación	43
Objetivo 2: Informe del estado de los inventarios del HSUSC permite identificar factores clave de éxito según la ISO 55001, al revisar ventajas, problemas y la data disponible.	45
Caracterización general del hospital simulado	45
Análisis del modelo logístico vigente.....	45

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Procedimientos manuales y registros fragmentados	45
Soportes físicos y control visual empírico	45
Limitaciones de respuesta ante eventos críticos	46
Deficiencias técnicas identificadas	47
Ausencia de categorización y control técnico	47
Falta de políticas de reabastecimiento	47
Problemas de trazabilidad e identificación de productos	47
Deficiencias en el historial de compras y análisis de datos	48
Ausencia de parámetros cuantitativos	48
Falta de indicadores técnicos y medición del desempeño	48
Relevancia de los KPIs según la ISO 55001	49
Oportunidades de mejora y solución propuesta	49
Implementación de un prototipo con macros en Excel	49
Beneficios técnicos del modelo propuesto	50
Módulo de análisis histórico de consumo	50
Comparación técnica con la Norma ISO 55001	50
Conclusiones del diagnóstico	52
Valor estratégico del modelo propuesto	53
 Objetivo 3: Implementación de la metodología internacional de inventarios, <i>MTS MTO MTF</i> , en el HSUSC, con base en la Norma 55001, con el fin de optimizar los obsoletos, los faltantes y los excesos, a partir del análisis futurístico de la data de consumos, adquisiciones, retiros, etcétera, con programa demostrativo, informático a generar	
Estructura General del Sistema Predictivo de Inventarios	54
Integración de Datos y Modelos Matemáticos	54
Arquitectura Modular del Sistema	55
Aplicación de Metodologías MTS, MTO y MTF	56
Fundamentos Técnicos y Estadísticos	56
Estrategias de Abastecimiento y Clasificación de Inventarios	57
Lógica Operativa del Sistema	57
Proyección, Visualización y Toma de Decisiones	58
Escenarios de Consumo Futuro	58
Compatibilidad con la Norma ISO 55001	58
Segmentación Modular del Sistema	58
Estructura de Archivos Especializados	58
Archivos de Recopilación y Procesamiento de Datos	59
Archivos de Pronóstico y Clasificación	60
Ejecución Técnica del Modelo	60
Registro de Datos Mensuales	61
Proceso Operativo Automatizado	61
Activación de Macros y Procesamiento	62
Transferencia y Redistribución de Datos	63
Resultados del Sistema y Validación	64
Generación del Plan de Abastecimiento	64
Visualización Final y Validación Mensual	64
Optimización Continua	65
 Objetivo 4: Identificación del plan de reabastecimiento, compras y generación periódica de los ítems requeridos a partir de los análisis realizados, en el HSUSC con base en el PEGA de gestión de activos.	
Análisis del Sistema de Clasificación Operativa PULL, PUSH y FROZEN	66
Criterios de agrupación de insumos	66
Grupo Pull – Demanda Alta y Constante	67
Insumos Clasificados como Pull	67
Grupo Push – Demanda Moderada y Planificada	68

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Insumos clasificados como Push	69
Grupo Frozen – Baja Rotación o Demanda Irregular	71
Insumos Clasificados como Frozen	72
Análisis de la clasificación por variabilidad y criticidad	73
Plan General de Compras	74
Objetivo 5: Formulación de parámetros e indicadores de evaluación y monitoreo, del sistema informático propuesto de gestión de inventarios del HSUSC, en su fase de PEGA, una vez sea implementado parcial o totalmente.....	76
Indicadores propuestos para evaluar el desempeño del plan.....	76
Cumplimiento del Plan de Abastecimiento	76
Inventario proyectado vs. consumo histórico	77
Clasificación operativa por rotación.....	77
Variación mensual del valor total del inventario	78
Cantidad recomendada vs. demanda estimada	78
Mejora continua	79
Objetivo 6: Conclusiones.....	81
Conclusión del Objetivo 1: Fundamento técnico del sistema	81
Conclusión del Objetivo 2: Diagnóstico del sistema actual	82
Conclusión del Objetivo 3: Implementación del modelo predictivo	83
Conclusión del Objetivo 4: Clasificación y plan de compras.....	84
Conclusión del Objetivo 5: Evaluación mediante indicadores técnicos.....	87
Conclusión final del sistema	88
Resultados.....	90
Demostración del logro de los objetivos	91
Logros de cada uno de los objetivos.....	92
Uno.....	92
Dos.....	92
Tres.....	92
Cuatro.....	92
Cinco.....	92
Conclusiones de objetivos.....	93
Referencias.....	94

Ilustraciones

Ilustración 1 - Áreas del HSUSC.....	10
Ilustración 2 - Jerarquía taxonómica de los objetivos.....	18
Ilustración 3 - Problemas en gestión de inventarios por planificación inadecuada	21
Ilustración 4 - Comportamiento típico de la demanda histórica de <i>Push y Pull</i>	22
Ilustración 5 - Esquema de proceso de planificación de la demanda.....	23
Ilustración 6 - Criterios técnicos para la selección de pivotes.	29
Ilustración 7 - Beneficio y fundamentación del sistema informático	30
Ilustración 8 - Fases y etapas del desarrollo del estudio.	31
Ilustración 9 - Cálculos de pedido para reabastecimiento.....	35
Ilustración 10 - Estándares de ROP para Pull Tipo A, Tipo B, Tipo C y Tipo D.....	37
Ilustración 11 - Relación entre Niveles de Reorden y Estrategias PUSH–PULL en Inventarios....	39
Ilustración 12 - Relación entre Niveles de Reorden y Estrategias PUSH–PULL en Inventarios....	39
Ilustración 13 - Paso a paso para desarrollar la propuesta de Gestión de Inventarios para el	
HSUSC.....	44
Ilustración 14 - Lista impresa de inventario usada actualmente en el Hospital Simulado.	46
Ilustración 15 - Mejora de la eficiencia logística	52
Ilustración 16 - Etapas de la gestión predictiva de inventarios	54
Ilustración 17 - Arquitectura funcional del sistema de inventarios hospitalarios	56
Ilustración 18 - Flujo lógico del sistema de gestión predictiva	57
Ilustración 19 - Estructura de archivos del sistema de pronóstico y clasificación de inventarios59	
Ilustración 20 - Archivo Datos mensuales.xlsm.....	61
Ilustración 21 - Ilustración para ejecutar la Macro en el archivo Cálculos Producto Terminado	62
Ilustración 22 - Ilustración para ejecutar la Macro en el archivo Transito T	63
Ilustración 23 - Clasificación operativa de insumos según rotación, movilidad y comportamiento	
ACF	65
Ilustración 24 -Insumos categorizados como Pull.....	67
Ilustración 25 - Insumos clasificados como Pull tipo A, B, C, D, o 0	68
Ilustración 26 - Insumos categorizados como Push	69
Ilustración 27 - Insumos clasificados como Push subtipo A, B, C, o D	70
Ilustración 28 - Insumos categorizados como Frozen.....	71
Ilustración 29 - Clasificación de insumos tipo Frozen por subtipos A, B, C y D.....	72
Ilustración 30 - Clasificación automática tentativa por SKU según variabilidad y criticidad	73
Ilustración 31 - Plan general de compras.....	75
Ilustración 32 - Cuadro de Mando Integral - ISO 55001.....	79
Ilustración 33. Distribución insumos Frozen.....	85
Ilustración 34. Distribución insumos PUSH.....	86
Ilustración 35. Distribución insumos PULL.....	86

Tablas

Tabla 1 - Diferencias Clave entre MTS, MTO y MTF.....	22
Tabla 2 - Fundamentos y Conceptos de la Gestión de Inventarios.....	32
Tabla 3 - Fundamentos y Conceptos de la Gestión de Inventarios.....	33
Tabla 4 - Comparación entre el estado actual del sistema de inventarios y los lineamientos de la	
Norma ISO 55001	50
Tabla 5. Aspectos implementados en el desarrollo del Objetivo 1	81
Tabla 6. Aspectos implementados en el desarrollo del Objetivo	83

Ecuaciones

Ecuación 1 - Fórmula de ROP	37
Ecuación 2. Formula del ROP, basada en demanda diaria.....	37
Ecuación 3 - Fórmulas estándares de ROP en categorías Pull Tipo A.	38
Ecuación 4 - Fórmula estándar de ROP en categoría Pull Tipo B.....	38
Ecuación 5 - Fórmula estándar de ROP en categorías Pull Tipo C con tiempo de espera positivo.	38
Ecuación 6 - Fórmula estándar de ROP en categorías Pull Tipo C con tiempo de espera cero.	38
Ecuación 7 - Fórmula para calcular el EOQ.	40
Ecuación 8 - Deber ser de cuánto pedir por Método de Asignación Múltiple	41
Ecuación 9 - Fórmula estándar de Inventario Máximo de Pull (indiferente de si es A, B, C o D). .	42
Ecuación 10. Cumplimiento del plan de compras.....	77
Ecuación 11. Inventario proyectado vs. consumo histórico	77
Ecuación 12. Clasificación operativa por rotación (Pull, Push, Frozen)	78
Ecuación 13. Variación mensual del valor total del inventario.....	78
Ecuación 14. Cantidad recomendada vs. demanda estimada	79

Introducción y contexto operacional

El HSUSC ocupa un área de 1150 m² destinada principalmente a estudiantes de la Facultad de Salud. En 2017, recibió el Premio Excelencia ARL SURA, que reconoce prácticas innovadoras y optimización de condiciones laborales (Garcerá y otros, 2023).

La Ilustración 1 muestra las áreas del HSUSC, que sirven como infraestructura para prácticas de simulación clínica. Estas instalaciones benefician a más de 5,000 estudiantes de las facultades de Salud, Educación e Ingeniería.

Ilustración 1

Áreas del HSUSC.



Nota. El HSUSC ofrece áreas de aprendizaje claves como Hospitalización, Cirugía, Urgencias, Central de Esterilización, Psicología, UCI Adulto y Pediatría, y Sala de Parto, entre otras, que proporcionan una experiencia práctica integral en la gestión y atención hospitalaria (Garcerá y otros, 2023).

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

La gestión eficiente de inventarios garantiza la disponibilidad oportuna de insumos, lo que es crucial para servicios de salud de calidad. Las técnicas adecuadas optimizan recursos, mejoran la atención y satisfacen al paciente (Ankita y otros, 2022).

La eficiencia en el manejo de inventarios garantiza la calidad de la atención médica y la sostenibilidad operativa de las instituciones de salud. Esto asegura que todos los equipos, accesorios y consumibles estén disponibles y en condiciones óptimas, lo que contribuye a mejorar la experiencia de formación de los profesionales del sector de la salud (Ferrer y otros, 2024).

El HSUSC enfrenta desafíos en la administración de recursos, especialmente con insumos médicos y medicamentos. La falta de un sistema informático adecuado provoca escasez de suministros, desperdicio de recursos e insatisfacción de usuarios (Anjan & Bhuvana, 2024).

La implementación de un sistema informatizado mejora el desempeño operativo del HSUSC, optimiza el uso de recursos y garantiza una experiencia educativa de mayor calidad. Esta investigación propone soluciones innovadoras que mejoran la gestión interna y establecen un modelo replicable.

Planteamiento de la oportunidad

La organización sufre pérdidas de conocimiento cuando los empleados con experiencia se jubilan o cambian de puesto, lo que dificulta el flujo de información y la continuidad operativa (Cárcel y otros, 2022).

La falta de un sistema formal de gestión de inventarios afecta la eficiencia operativa y limita la capacidad de las organizaciones para tomar decisiones informadas. Un enfoque no sistemático genera errores en las tareas logísticas, lo que deriva en demoras en los procesos, procedimientos defectuosos y tiempos de inactividad incontrolables (Bueno, 2017).

La ausencia de registros históricos confiables impide el análisis de tendencias y la implementación de mejoras, lo que limita la capacidad de evolucionar de un sistema de mantenimiento preventivo a uno predictivo. La escasez de datos cuantitativos afecta la toma de decisiones estratégicas (Ricón, 2016).

La falta de regulación en el inventario de mantenimiento presenta dos problemáticas opuestas: la falta de existencias críticas, que prolonga los desfases operativos, y el exceso de inventario de repuestos innecesarios, que incrementa los costos de almacenamiento y limita los recursos disponibles (Cornejo, 2016).

La falta de un sistema formal de gestión de inventarios incrementa los costos asociados a la administración de recursos y limita la capacidad de las organizaciones para tomar decisiones informadas. La adopción de un sistema de gestión de inventarios garantiza un control organizado del stock, optimiza los recursos y mejora la toma de decisiones estratégicas (Herrera & Duany, 2016).

El Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali identifica necesidades en el proceso de control de inventario de suministros y equipos médicos.

La ausencia de un sistema formal y centralizado de gestión de inventarios genera dependencia del conocimiento tácito del personal, que da como resultado la dificultad en la trazabilidad y la continuidad operativa cuando los empleados cambian de puesto o dejan la organización. El desarrollo de un sistema informático optimiza los procesos y fortalece la operación del hospital.

Límites de la oportunidad

El estudio se desarrolla en el Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali, una instalación educativa de simulación clínica ubicada en Cali, Colombia. El sistema propuesto mejora los procesos internos de gestión de inventarios, optimiza la eficiencia operativa, fortalece la formación médica y garantiza un control adecuado de los recursos disponibles.

El proyecto se lleva a cabo en un período de tiempo definido, con un enfoque en el análisis y diseño del sistema, y con la posibilidad de futuras implementaciones y mejoras. El enfoque estructurado maximiza el aprovechamiento del tiempo, permite la generación de entregables parciales y facilita ajustes progresivos según los hallazgos obtenidos durante la investigación.

La investigación implementa metodologías de gestión de inventarios MTS, MTO y MTF, adaptadas a la realidad operativa del HSUSC y alineadas con los principios de la Norma ISO

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

55001. Criterios definidos permiten una mejor administración de insumos y equipos médicos en el hospital simulado.

La evaluación del sistema establece parámetros e indicadores clave (KPIs) que miden la optimización del control de inventarios y la calidad de la toma de decisiones en el HSUSC.

Justificación

Un sistema de gestión de inventarios ofrece beneficios significativos al permitir la recopilación, el acceso y la distribución de toda la información relacionada con los activos, como datos de fabricantes, costos asociados, ubicaciones, estadísticas, documentación y procedimientos, así como la disponibilidad de los distintos insumos y productos en el almacén (OMS, 2012).

Los hospitales que implementan sistemas de gestión de inventarios basados en tecnología disminuyen los niveles de inventario obsoleto en un 30%, lo que genera ahorros económicos sustanciales (Almahdy y otros, 2021).

El sistema facilita el control y seguimiento de repuestos y materiales, ya que registra entradas, salidas y niveles de stock en tiempo real. Esto proporciona un acceso rápido a datos históricos de los activos, lo que es crucial para la toma de decisiones informadas y la planificación de estrategias de adquisición basadas en tendencias y análisis previo (Montesdeoca & Mendoza, 2022).

La implementación de sistemas de gestión de inventarios en hospitales reduce los costos de inventario en un 25% y mejora la disponibilidad de insumos críticos en un 40% (Legese y otros, 2022). Estos sistemas priorizan los insumos más costosos y críticos, lo que asegura niveles adecuados de stock sin incurrir en excesos.

El sistema de gestión de inventarios mejora la trazabilidad en las operaciones logísticas, al proporcionar una visión clara y detallada desde la gestión de activos hasta el control de inventarios. Además, incluye funciones como monitoreo de condiciones, gestión de

inspecciones, listas de verificación, seguimiento de KPI y documentación precisa de actividades (Ardila y otros, 2018).

El estudio propone un sistema informático para optimizar la gestión de inventarios en el Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali. Este sistema mejora el seguimiento de activos, evita desabastecimientos y excesos de stock, garantiza la disponibilidad de insumos y facilita el acceso a datos históricos. Además, fomenta un entorno de aprendizaje seguro, reduce costos y mejora la calidad en simulaciones clínicas.

Viabilidad de la idea del trabajo de profundización

El HSUSC dispone de infraestructura básica para implementar un sistema informático de gestión de inventarios. Actualmente, enfrenta limitaciones como falta de trazabilidad y manejo manual de datos, lo que justifica una solución automatizada para mejorar la eficiencia operativa.

La implementación de estos sistemas reduce costos en un 30% y mejora la disponibilidad de insumos críticos (Chandra & Kumar, 2000). En farmacias hospitalarias, las soluciones tecnológicas aumentan la precisión en la gestión (Kelle y otros, 2012). la digitalización optimiza recursos en la cadena de suministro hospitalaria (Vries & Huijsman, 2011).

El equipo del HSUSC ha mostrado disposición a participar, lo cual es esencial para un diagnóstico preciso y una solución funcional. La participación activa del personal garantiza la adaptación del sistema a las necesidades reales (Shah, 2004). y facilita su adopción efectiva (Gupta & Denton, 2008).

La propuesta incluye un prototipo funcional y una prueba piloto en un área clave. El sistema se evalúa con datos reales, midiendo su impacto en reducción de desperdicios, tiempos de respuesta y uso de recursos.

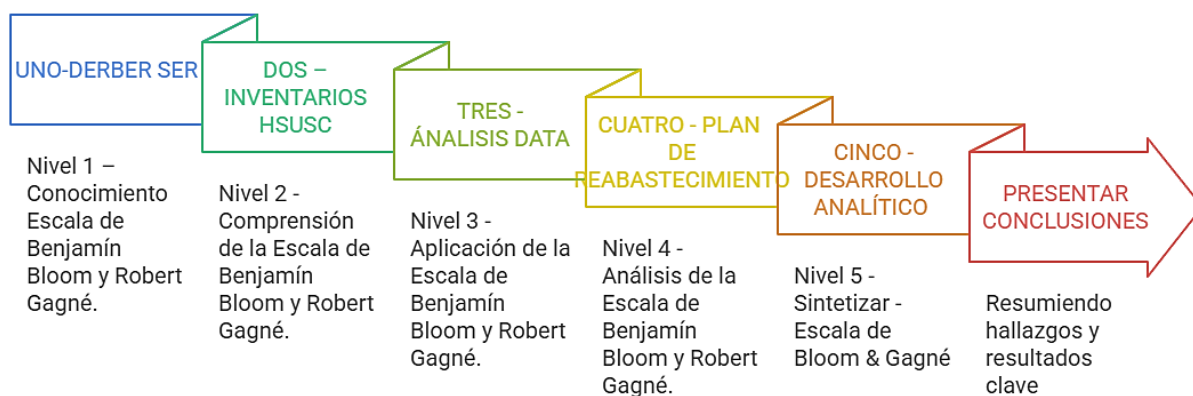
La evaluación confirma la viabilidad técnica y operativa del sistema, sustentada en condiciones favorables, infraestructura disponible y evidencia empírica, asegurando su impacto positivo en la gestión de inventarios del HSUSC.

Objetivos

La estructura y la secuencia lógica de los objetivos establecidos siguen el modelo de Bloom, Garret-Briggs y Gagné¹ con una taxonomía jerárquica, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 2

Jerarquía taxonómica de los objetivos.



Nota. Secuencia lógica, niveles y relación de objetivos del proyecto. Elaboración propia²

La metodología utilizada en la estructuración de los objetivos permite identificar la secuencia y articulación de los conceptos abordados en este estudio, lo que facilita su comprensión y coherencia

Objetivo General

¹ Benjamín Bloom, Robert Gagné, psicólogos norteamericanos destacados por sus publicaciones en el área de aprendizaje

² En adelante todas las ilustraciones que no tenga cita se entiende de autoría del propio autor.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Proponer un sistema de gestión de inventarios informático para optimizar el control de insumos y equipos médicos en el HSUSC.

Específicos

Se describen de forma secuencial, con el fin de comprender mejor la dimensión del alcance del proyecto.

Uno - Deber ser

Describir los fundamentos, los conceptos, los criterios técnicos y los parámetros de una buena gestión de inventarios a la luz del PEGA con base en la norma 55001 de gestión de activos.

Dos - Inventarios.

Informar el estado de los inventarios del HSUSC permite identificar factores clave de éxito según la ISO 55001, al revisar ventajas, problemas y la data disponible.

Tres - Data.

Aplicar la metodología internacional MTS, MTO y MTF en el HSUSC, alineada con la norma ISO 55001, busca optimizar inventarios a partir del análisis predictivo de datos históricos en un programa informático demostrativo.

Cuatro - Reabastecimiento.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Identificar el plan de reabastecimiento, compras y generación periódica de los ítems requeridos a partir de los análisis realizados, en el HSUSC con base en el PEGA de gestión de activos.

Cinco - Análisis.

Formular parámetros e indicadores de evaluación y monitoreo, del sistema informático propuesto de gestión de inventarios del HSUSC, en su fase de una vez sea implementado parcial o totalmente.

Seis - Conclusiones. Presentar los principales resultados obtenidos.

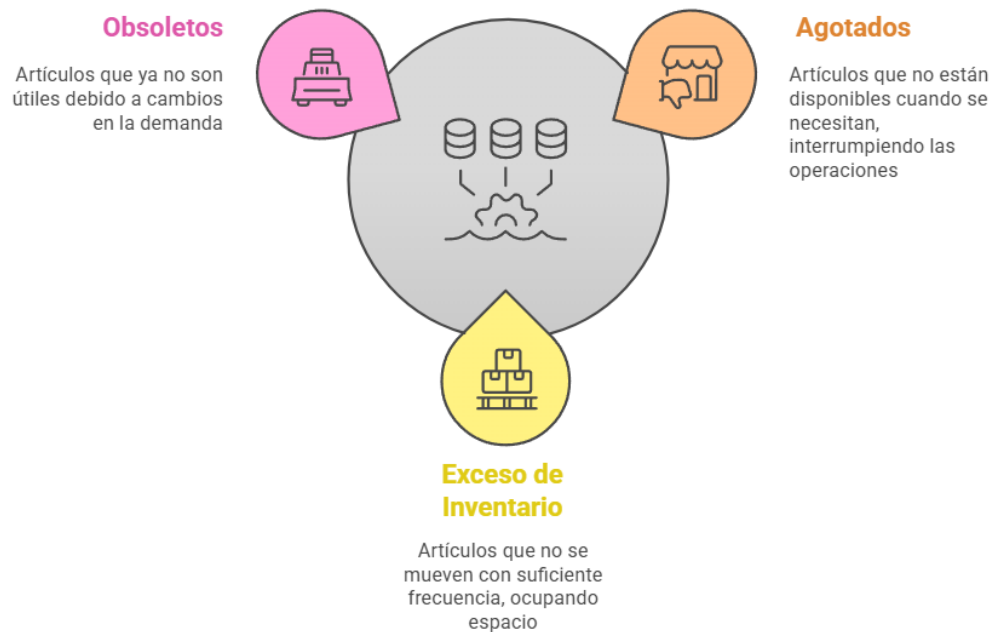
Marco teórico

En el HSUSC, la gestión de inventarios es clave para la formación hospitalaria, mejora la atención, optimiza recursos y reduce costos y desperdicios (Monserate y otros, 2024), (Bhargav y otros, 2020).

El control de insumos permite aplicar estrategias modernas de abastecimiento. El inventario representa el registro de bienes justificado por requerimientos técnicos, planificación y demanda (Durán, 2012).

Ilustración 3

Problemas en gestión de inventarios por planificación inadecuada



Nota. Los agotados son las referencias que no están disponibles en el stock cuando se demandan. Esto interrumpe los procesos de mantenimiento, producción o comercialización, lo que genera costos adicionales y pérdidas de productividad. Los excesos son problemáticos porque ocupan espacio, generan costos de almacenamiento y, con el tiempo, pueden volverse obsoletos. Los obsoletos son el resultado de los excesos que no se gestionaron adecuadamente (Nahmias & Lennon, 2015).

Los inventarios eficientes evitan excedentes y obsolescencia, equilibrando costos y disponibilidad (Mora A., 2014). Los modelos MTS, MTO y MTF optimizan según demanda: MTS produce por pronóstico, MTO bajo pedido y MTF en periodos fijos (Escobar y otros, 2012).

Tabla 1

Diferencias Clave entre MTS, MTO y MTF

Categoría	MTS	MTO	MTF
Stock	Se mantiene stock permanente.	No se mantiene stock permanente.	No se mantiene stock.
Pedidos	Periódicos, basados en pronósticos.	Solo cuando se demanda.	Solo en casos excepcionales.
Demanda	Estable y predecible.	Irregular o personalizada.	Casi nula o inexistente.
Capital de Trabajo	Alto, debido al stock permanente.	Bajo, solo se invierte cuando se necesita.	Mínimo, solo en casos específicos.
Nivel de Servicio	Alto, disponibilidad inmediata.	Depende del tiempo de entrega.	Bajo, solo disponible en casos críticos.

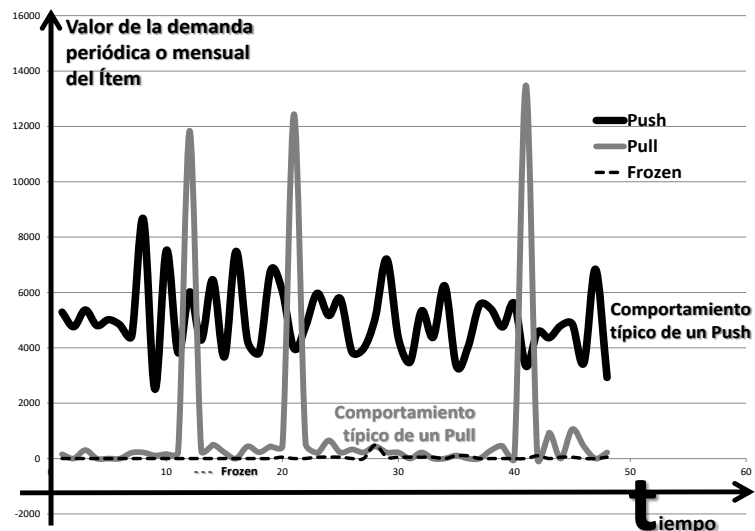
Nota. Métodos de optimización de inventarios, diferencias principales y claves en el proceso de gestión de inventarios (Mora A. , 2020).

La Tabla 2 detalla las particularidades de los modelos MTS, MTO y MTF. Las características técnicas guían la implementación del sistema informático. Los Push y Pull permiten adaptar la gestión de inventarios.

La selección del modelo depende de las características del producto y demanda. La implementación adecuada optimiza los niveles de inventario. La Ilustración 5 muestra el comportamiento de la demanda.

Ilustración 4

Comportamiento típico de la demanda histórica de Push y Pull



Nota. La ilustración muestra tres tipos de demanda: Push, alta y estable; Pull, baja y variable; y Frozen, casi nula y constante. La demanda Push es predecible; la Pull, difícil de anticipar; y la Frozen, prácticamente invariable (Mora A. , 2020).

El sistema Pull se activa ante demanda real, elimina stock permanente y sincroniza demanda con suministro. El TRM coordina producción óptima y reduce costos operativos (Nahmias & Lennon, 2015).

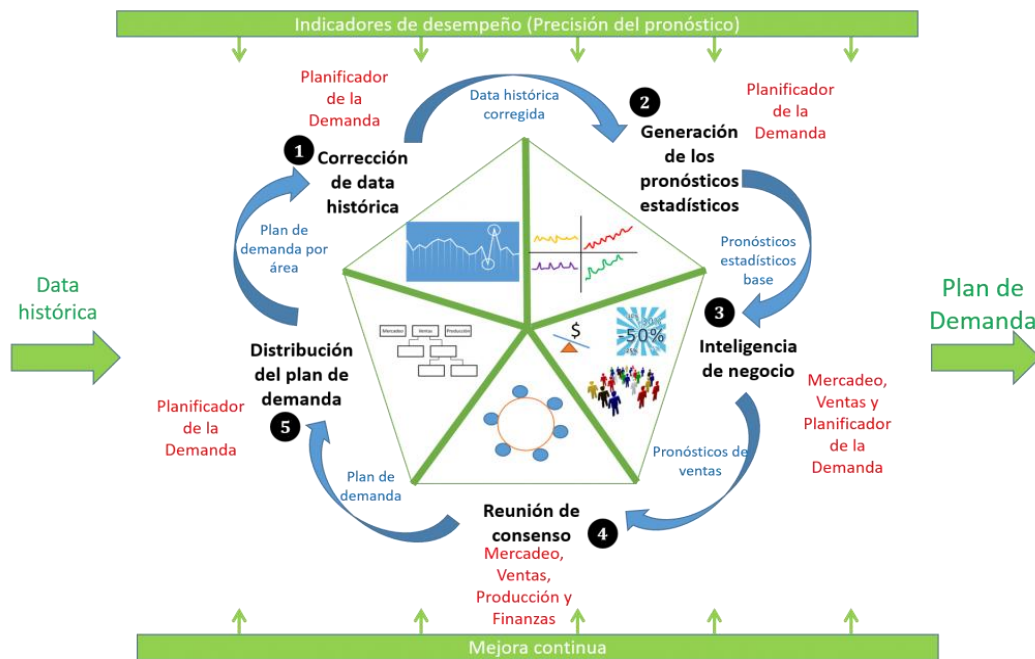
El ROP³ define cuándo hacer pedidos, considerando demanda y tiempo de entrega, anticipa necesidades mediante métodos científicos. El TRM evita excesos o desabastecimientos (Mora A. , 2020).

El *demand planning* permite anticipar necesidades, reducir costos y mejorar satisfacción del cliente (Chopra, 2019).

Ilustración 5

Esquema de proceso de planificación de la demanda.

³ ROP: El Punto de Reorden



Nota: Entrada del proceso es la data histórica y como resultado o salida el plan de demanda, el proceso de planificación de la demanda, que incluye la recolección de datos históricos, análisis de la demanda, pronóstico de la demanda, desarrollo del plan de demanda, ajuste y validación, y finalmente, la implementación y monitoreo. Cada uno de estos pasos es esencial para predecir las necesidades futuras de insumos y optimizar la gestión del inventario. (Da Silva, 2016).

El proceso inicia con la recolección de datos y aplicación de ETL, fundamentales para evitar errores (Hyndman & Athanasopoulos, 2014). Posteriormente, se aplican modelos como ARIMA para prever la demanda (Makridakis y otros, 1998).

La inteligencia de negocio considera factores externos como promociones y precios (Fildes & Goodwin, 2007). y la reunión de consenso entre áreas mejora la precisión del pronóstico y su coordinación (Moon y otros, 2000) (Stahl & Wallace, 2008).

Los pronósticos de series temporales permiten estimar la demanda a corto plazo con mayor precisión que métodos intuitivos, y pueden complementarse con redes neuronales artificiales (Nahmias & Lennon, 2015) (Chopra, 2019).

El capital de trabajo representa la inversión en inventario y está ligado al nivel de servicio. Aumentarlo mejora la disponibilidad, mientras que reducirlo puede afectar el cumplimiento de la demanda (Mora A. , 2020).

En el ámbito hospitalario, la gestión de inventarios debe cumplir con normas como la Resolución 1403 de 2007, que regula el manejo técnico y administrativo de medicamentos, y la ISO 55001, que optimiza la gestión de activos físicos. En el HSUSC, el uso de tecnología y el abastecimiento estratégico mejoran la eficiencia, disponibilidad y apoyan la formación en salud.

Antecedentes de la investigación o del proyecto

La gestión de inventarios hospitalarios enfrenta problemas de control que afectan eficiencia. La digitalización reduce desabastecimientos y costos, mejorando la sostenibilidad (Rosales y otros, 2019). Un modelo adecuado permite reducir costos y mejorar la sostenibilidad financiera (González, 2020), (Monserrate y otros, 2024). Además, la digitalización del mantenimiento hospitalario optimiza el abastecimiento y minimiza pérdidas (Beniacoub y otros, 2021).

En hospitales públicos, la tecnología en la gestión de medicamentos mejora la distribución y garantiza acceso oportuno (Vargas J. S., 2022). En el caso del HSUSC, la ausencia de un sistema formal genera dependencia del conocimiento empírico, pérdida de trazabilidad e interrupciones operativas (Evangelista y otros, 2022).

La falta de digitalización afecta la localización de materiales y la planificación en entornos educativos, impactando el aprendizaje (Ghapar y otros, 2024). Estudios muestran que sistemas

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

digitalizados mejoran el rendimiento hospitalario en un 62.2%, al optimizar el control de existencias y tiempos de reposición mediante análisis ABC, EOQ, JIT y DRP (Acquah, 2024).

El uso de software especializado mejora la precisión en pedidos y reduce costos de almacenamiento (Parilla y otros, 2022), mientras que la digitalización fortalece la logística y la capacidad de respuesta ante la demanda (Karmakar y otros, 2024).

El HSUSC necesita un sistema informatizado que garantice eficiencia, trazabilidad y verificación. Este sistema, con registro en tiempo real, optimiza adquisiciones, mejora la asignación de recursos y fortalece la formación en gestión hospitalaria. Su implementación reduce tiempos, sustenta decisiones con datos y posiciona al HSUSC como referente en innovación educativa en salud.

Estado del arte

Los sistemas modernos de gestión de inventarios hospitalarios integran tecnologías digitales y metodologías avanzadas para mejorar el control, trazabilidad y eficiencia operativa. En logística hospitalaria, destacan cuatro metodologías clave: EOQ, ABC, ROP y VEN, útiles para optimizar cantidades, clasificar insumos y priorizar clínicas (Syahidah y otros, 2024), (Pulla, 2020).

En Indonesia, el Hospital Regional Pasar Minggu emplea un sistema digitalizado que mejora la logística y asegura calidad, enfrentando retos de integración, capacitación y estandarización (Maulana y otros, 2023). En Grecia, el análisis ABC y XYZ mejora el reabastecimiento, reduce costos y sincroniza la demanda (Bialas y otros, 2019).

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

En Alabama, la combinación de pedidos automáticos, reabastecimiento y Lean Thinking junto con modelos como programación estocástica y cadenas de Markov soluciona fallas en registros (Benjamin & Schmidt, 2021). En Rotterdam, un EOQ simplificado reduce costos, mantiene eficiencia y conserva el nivel de servicio con facilidad de uso (Dellaert & Poel, 1996).

La inteligencia artificial optimiza inventarios y pedidos en hospitales, como en San Juan de Dios (Fernández y otros, 2020). Sistemas informatizados controlan compras y almacenamiento, asegurando disponibilidad (Charnetski y otros, 2021). En Popayán, una plataforma en la nube con Azure logra 98-100% de precisión y reduce compras urgentes del 30% al 9% (Paz & Arciniegas, 2024).

Marco metodológico o Elaboración metodológica

El estudio aplica una metodología mixta que permite un diagnóstico integral de la gestión de inventarios en el HSUSC, considerando tanto el contexto operativo como aspectos documentales.

Se aplican encuestas estructuradas a tres grupos clave para identificar procesos actuales, puntos críticos y tiempos de respuesta. Paralelamente, el análisis documental revisa registros de consumo, órdenes de compra e inventarios.

El procesamiento de datos se realiza con tablas dinámicas en Excel, visualizando patrones y aplicando modelos predictivos para estimar la demanda futura. Esta metodología asegura un diagnóstico representativo, preciso y adaptable a las necesidades del HSUSC.

Tipo de estudio y análisis a desarrollar

El trabajo desarrolla un prototipo de gestión de inventarios para el HSUSC que mejora el control de existencias, aplicando una metodología mixta con enfoque predictivo y concluyente. El análisis de datos históricos valida resultados para una implementación efectiva.

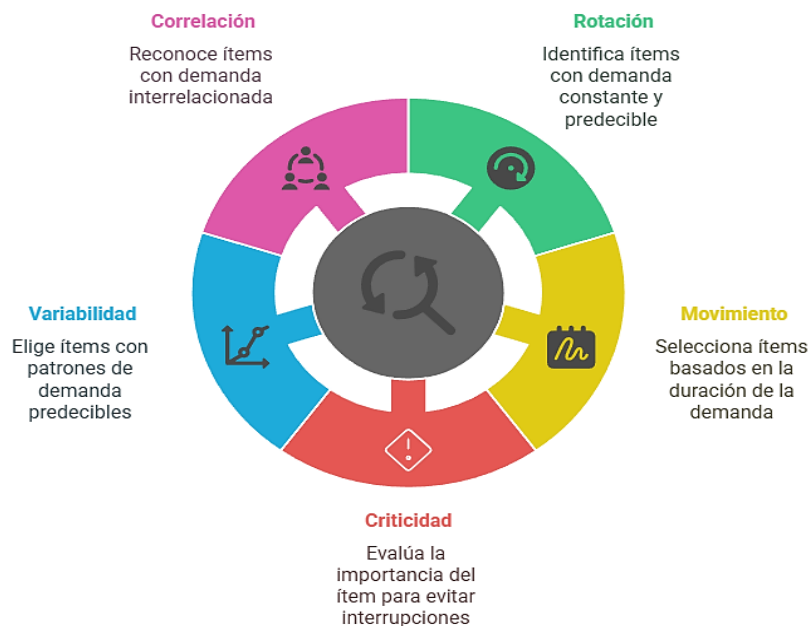
La metodología predictiva identifica patrones y relaciones en los datos mediante algoritmos avanzados, anticipando necesidades y optimizando la planificación (Calle y otros, 2024). Se integra investigación aplicada, que transforma conocimiento en soluciones prácticas mediante la sistematización de procesos (Vargas Z. , 2009).

El estudio aplica el modelo Demand Pull (MTO), solicitando ítems solo cuando se demandan institucionalmente. La herramienta evita faltantes y excesos, reduce el capital de trabajo e incrementa el nivel de servicio (Mora A. , 2020).

Los elementos pivotes, seleccionados con criterios técnicos como rotación, criticidad y variabilidad, permiten priorizar ítems clave y diseñar estrategias diferenciadas que optimizan la disponibilidad y el uso de recursos. La Ilustración 6 muestra los criterios técnicos utilizados.

Ilustración 6

Criterios técnicos para la selección de pivotes.

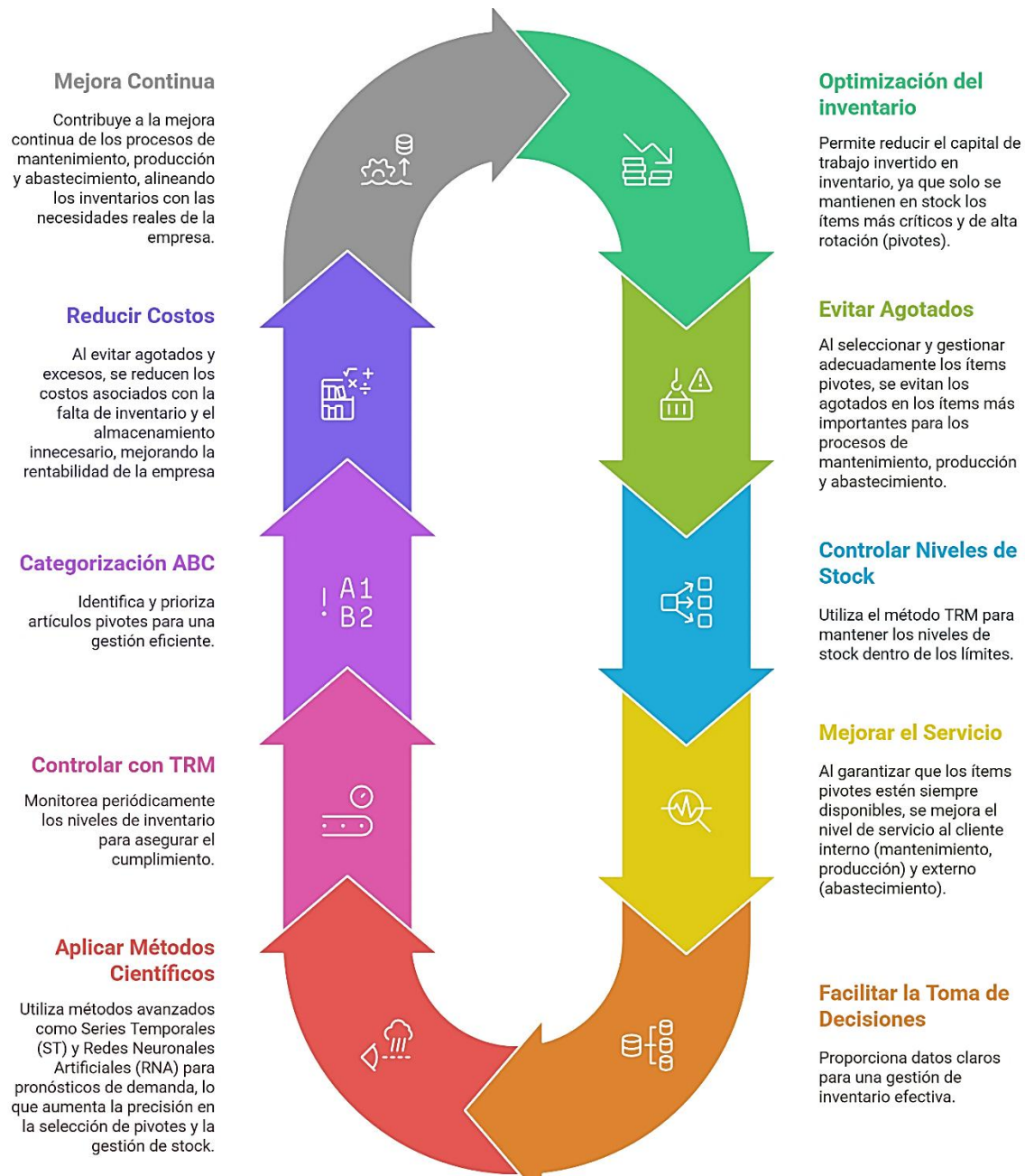


Nota. Los criterios para seleccionar pivotes, como rotación, movimiento, criticidad y variabilidad, ayudan a identificar los ítems más importantes en el inventario. Estos permiten priorizar productos con demanda constante, alta relevancia para los procesos y baja fluctuación, lo que evita faltantes, optimiza el stock y asegura la continuidad operativa.

El sistema propuesto incorpora monitoreo en tiempo real, trazabilidad completa y análisis predictivo. La Ilustración 7 destaca los beneficios del sistema: reducción de agotados, mejora del stock y continuidad operativa.

Ilustración 7

Beneficio y fundamentación del sistema informático



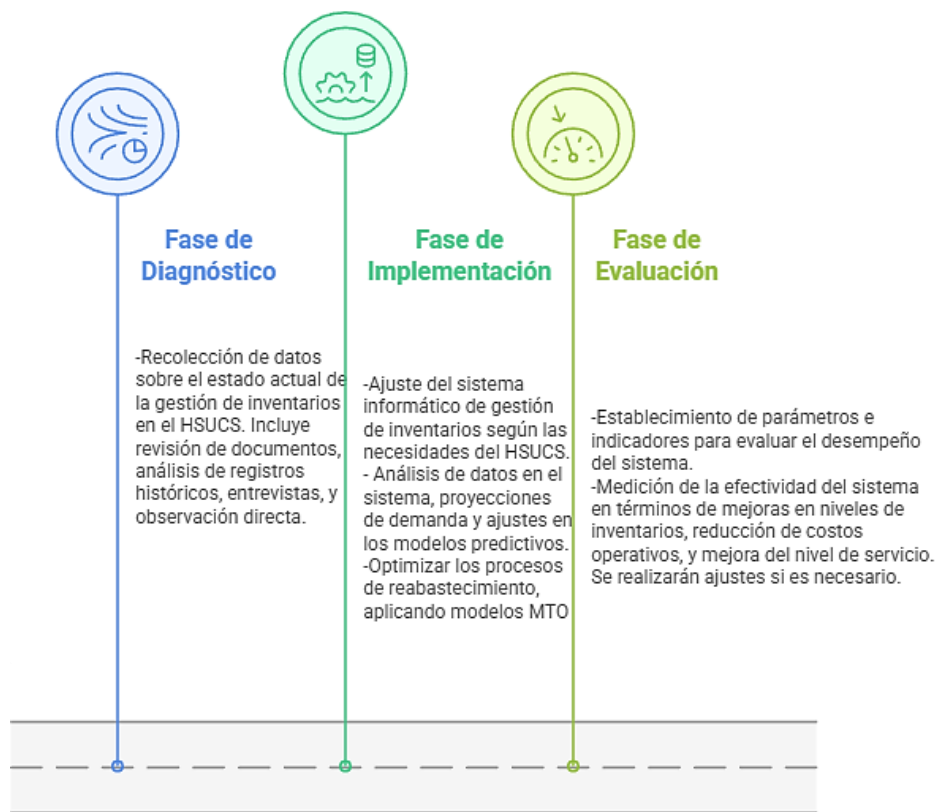
. Nota. El programa ofrece múltiples beneficios en la gestión de inventarios. El sistema se enfoca en la optimización del stock, la reducción de agotados y excesos, y la mejora del nivel de servicio. La selección y gestión de ítems pivotes, los más críticos y de alta rotación, asegura la disponibilidad de productos clave para los procesos de mantenimiento, producción y abastecimiento. Esta disponibilidad evita interrupciones en las operaciones.

Fases de la metodología

Para garantizar una implementación efectiva del sistema informático, se establece una metodología en tres fases: diagnóstico, implementación y evaluación. Estas fases permiten analizar la situación actual del HSUSC, ajustar el sistema a sus necesidades y medir su efectividad mediante indicadores de desempeño. La Ilustración 8 explica el enfoque adoptado para el desarrollo del proyecto.

Ilustración 8

Fases de la metodología.



Nota. La metodología se divide en tres fases principales: diagnóstico, implementación y evaluación. La fase de diagnóstico analiza la situación actual de la gestión de inventarios en el HSUSC. La fase de implementación se concentra en el análisis de datos y las proyecciones de demanda. La fase de evaluación mide la efectividad del sistema mediante indicadores de desempeño, lo que garantiza el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Los objetivos del proyecto se vinculan a las fases, tal como se relaciona en la Tabla 2:

Tabla 2 - *Fundamentos y Conceptos de la Gestión de Inventarios*

Distribución de los objetivos en las fases de la metodología.

Fase	Objetivos Vinculados	Actividades Clave
1. Diagnóstico	Objetivo 1 y Objetivo. 2 (Inventarios)	Recolección de datos: registros históricos, observación directa. - Análisis de brechas vs. procesos ideales.
2. Implementación	Objetivo. 3 (data) + Objetivo 4 (reabastecimiento)	-Alimentar sistema informático con la data existente - Modelado predictivo (MTO/MTS) y proyección de demanda. - Optimización de reabastecimiento.
3. Evaluación	Objetivo 5 (análisis)	- Formular indicadores para medir el sistema: niveles de inventario, costos operativos, nivel de servicio. - Ajustes finales.

Nota. El proyecto se desarrolla en tres fases claras: diagnóstico, donde se analiza la gestión actual de inventarios mediante datos, registro y estado actual de la gestión de inventarios; la fase de implementación, que ajusta el sistema informático con modelos predictivos (MTO/MTS) y optimiza el reabastecimientos; y la fase de evaluación, que mide resultados y formula indicadores para proponer una medición del sistema de gestión de inventarios, en cada una de las fases se vincula los objetivos específicos alineado a la Norma ISO 55001

Desarrollo

Objetivo 1: Descripción de los fundamentos, los conceptos, los criterios técnicos y los parámetros de una buena gestión de inventarios a la luz del PEGA con base en la norma 55001 de gestión de activos.

La gestión de inventarios en el HSUSC se basa en principios técnicos y normativos que aseguran eficiencia operativa, disponibilidad de insumos y uso óptimo de recursos, en coherencia con el PEGA y la Norma ISO 55001, que fomentan trazabilidad, mejora continua y gestión eficiente de activos.

Fundamentos de la gestión de inventarios hospitalarios

El prototipo de gestión de inventarios del HSUSC se fundamenta en teorías y modelos técnicos como los enfoques Push y Pull, las metodologías MTS, MTO y MTF, y conceptos operativos como ROP, EOQ, clasificación ABC y la relación entre capital de trabajo y nivel de servicio, garantizando eficiencia, disponibilidad y optimización de recursos conforme a estándares internacionales.

Normativas aplicables

La Tabla 5 sintetiza los componentes clave para una gestión óptima, incluye conceptos teóricos, fundamentos operativos y normativas regulatorias

Tabla 3

Fundamentos y Conceptos de la Gestión de Inventarios

Elemento	Descripción
Gestión eficiente	Permite disponibilidad oportuna de insumos, minimiza desperdicios y mejora la calidad del servicio. Facilita la continuidad operativa en entornos hospitalarios.
Normas aplicables	La ISO 55001 promueve una gestión estructurada de activos basada en trazabilidad, riesgos y mejora continua, optimizando recursos. La Resolución 1403 de 2007 complementa este enfoque al exigir criterios técnicos y documentales para insumos médicos, siendo ambas esenciales para una gestión hospitalaria segura y eficiente.
Trazabilidad	Asegura mediante sistemas informatizados que registran entradas, salidas, ubicaciones y responsables, además, facilita auditorías y la continuidad operativa.
Clasificación de insumos	Utiliza el análisis ABC (por valor), VEN (vital, esencial, no esencial), y criterios como la rotación, criticidad y variabilidad para priorizar el control de stock, asignar recursos y definir frecuencias de revisión.

Nota: La tabla resume los fundamentos y criterios clave para una gestión de inventarios efectiva, brindando una base conceptual para comprender el control, abastecimiento y optimización de insumos en contextos hospitalarios (Vries, 2010), (Pulla, 2020), (Mora A. , 2014).

El marco integra criterios técnicos como sistemas de trazabilidad, métodos de clasificación ABC y protocolos de integración tecnológica. La tabla proporciona las bases científicas para desarrollar políticas de abastecimiento alineadas con los objetivos institucionales.

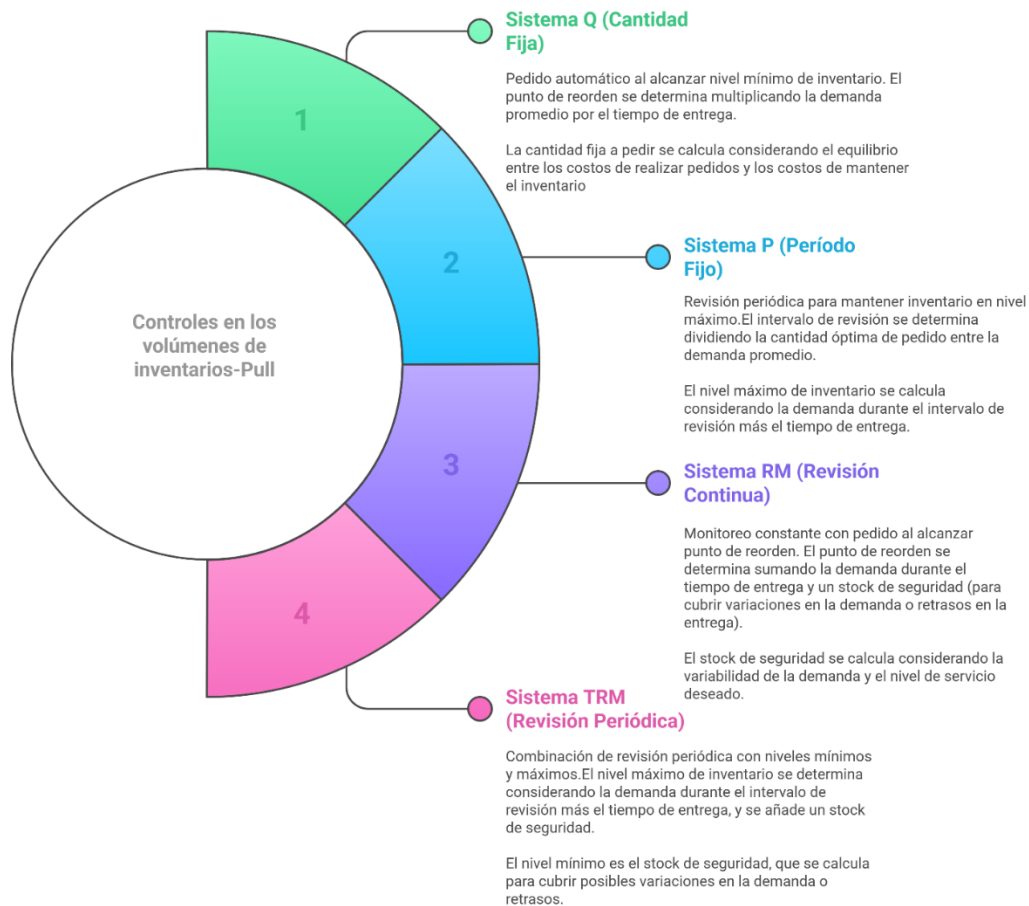
Enfoques estratégicos de gestión: Sistemas PULL y PUSH

El sistema *Demand Pull* se activa solo ante necesidades reales, eliminando la obligación de mantener inventarios permanentes para ítems de consumo esporádico, como repuestos para mantenimientos planificados. Este modelo responde con agilidad, reduce costos de almacenamiento y minimiza obsolescencia, aunque exige proveedores confiables y sistemas de información eficientes.

Emplea análisis ACF para clasificar ítems de demanda independiente y se controla mediante métodos como P, Q, T, RM o TRM, siendo este último clave para sincronizar pedidos y evitar desbalances en los niveles de inventario (Ballou R. H., 2004)

Ilustración 9

Controles en los volúmenes de inventarios, en los *Pull*



Nota. Los controles Q, P o T, RM y TRM optimizan la gestión de inventarios al prevenir agotamientos, excesos y obsolescencia. El sistema Q se usa para demandas constantes; P o T, para variables con pedidos en tiempos fijos; RM, para ítems críticos con monitoreo continuo; y TRM, que combina revisiones periódicas con límites mínimos y máximos. Todos contribuyen a mantener un buen nivel de servicio con costos controlados (Mora A. , 2014)

El sistema Demand Push anticipa la demanda mediante modelos estadísticos y se adapta a ítems con patrones estables o estacionales. Es clave para asegurar disponibilidad

inmediata en actividades no planificadas, aunque implica riesgo de exceso de inventario . El push inteligente combina EOQ con asignaciones ajustadas por categoría ABC, optimizando la reposición y logrando reducciones de hasta un 40 % sin afectar el servicio (Mora A. , 2014)

Modelos de planificación: MTS, MTO y MTF

La metodología MTS, base del sistema Push, mantiene inventarios permanentes para ítems de alta rotación y demanda predecible, usando EOQ con factores de seguridad.

El MTO, propio del enfoque Pull, se activa solo ante una orden confirmada, ideal para repuestos personalizados o de baja rotación.

El MTF combina ambos métodos y ajusta pronósticos en tiempo real, siendo útil para demandas semiestables y colaboración con proveedores. (Ballou R. H., 2004).

Conceptos Clave y Parámetros Técnicos para Determinar Cuándo y Cuánto Pedir

Punto de reorden (ROP)

El ROP es una herramienta estratégica que equilibra demanda, lead time y stock de seguridad, incorporando desviaciones estándar según el nivel de servicio y la inestabilidad del entorno (Ballou R. H., 2004).

Sus costos asociados incluyen almacenamiento, pedido y desabastecimiento, abarcando desde seguros y transporte hasta pérdidas operativas y reputacionales

Ecuación 1 - Fórmula de ROP

$$ROP = (D \times LT) + (z \times \sigma_D \times \sqrt{LT})$$

Donde:

D: Demanda promedio diaria histórica calculada con series temporales

LT: Lead Time promedio

Z: Factor de seguridad según nivel de servicio

σ_D : Desviación estándar de la demanda

Nota. La fórmula del ROP calcula el punto en que debe emitirse un nuevo pedido para evitar quiebres, considerando la demanda durante el lead time y un margen de seguridad (Z) ante variaciones. Este enfoque optimiza la gestión y asegura disponibilidad ante incertidumbres en demanda y entrega (Mora A. , 2014)

Ecuación 2. Formula del ROP, basada en demanda diaria

$$ROP = (Demanda\ diaria \times Lead\ Time) + Stock\ de\ seguridad$$

Nota. La fórmula del ROP, clave en la gestión de inventarios, resulta de multiplicar la demanda diaria por el lead time y sumar el stock de seguridad. Este último funciona como respaldo ante variaciones en la demanda o retrasos, evitando que el inventario alcance niveles críticos. (Mora A. , 2014)

Ilustración 10 - Estándares de ROP para Pull Tipo A, Tipo B, Tipo C y Tipo D⁴

Tipo de <i>Pull</i> <i>Jerarquización ABC_d</i>	Variabilidad & Confiabilidad de la Demanda futura	Estabilidad de Provisión – Característica del <i>Lead Time</i>
<i>Pull A</i>	Alta - Ninguna	Altamente Inestable
<i>Pull B</i>	Media – Poca	Medianamente Inestable
<i>Pull C</i>	Baja - Regular	Inestabilidad Baja
<i>Pull D</i>	Nula – Total	Conocido de manera confiable

Donde:

dd es demanda diaria ponderada hacia atrás y hacia adelante.

Z representa el número de desviaciones estándar en la distribución normal. Para demandas superiores a una unidad se usa la Z normal, mientras que para consumos inferiores se aplica la Z de Poisson. Cada valor de probabilidad deseada (P) tiene una Z única, según la distribución utilizada.

S_d es la Desviación estándar de las demandas.

⁴ En los casos donde la Jerarquización sea ABC_d.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

S_{te} es la Desviación estándar de los tiempos de entrega, o sea de los suministros (*Lead Time*).

DE es la Desviación Estándar.

La gestión de inventarios hospitalarios requiere definir cuándo pedir, según el comportamiento de la demanda y los tiempos de entrega. Esto se realiza mediante el cálculo del ROP bajo diferentes escenarios de estabilidad.

Ecuación 3 - Fórmulas estándares de ROP en categorías Pull Tipo A.

Límite inferior ROP Tipo A para delimitar el cuándo se pide en Pull
Características..... Demanda y Lead Time (LT) "desconocidos" o "bastante Inestables"

$$ROP \text{ Tipo A} = dd * LT + Z * \sqrt{LT * DE \text{ de demanda}^2 + dd^2 * DE^2 \text{ de los LT}}$$

dd = demanda diaria

DE = desviación estándar

(Ballou R. H., 2003)

Ecuación 4 - Fórmula estándar de ROP en categoría Pull Tipo B.

Límite inferior ROP Tipo B para delimitar el cuándo se pide en Pull
Características..... Demanda y Lead Time (LT) estables

$$ROP \text{ Tipo B} = dd * LT + Z * DE * \sqrt{\text{días de LT}}$$

(Ballou R. H., 2004)

Ecuación 5 - Fórmula estándar de ROP en categorías Pull Tipo C con tiempo de espera positivo.

"Límite inferior" ROP "Tipo" B" para delimitar el cuándo se pide en Pull..."

"Características.....Demanda desconocidos" o "Inestables" y LeadTime (LT)

"estable"

$$ROP \text{ Tipo B} = dd * LT + Z * DE * \sqrt{\text{días de LT}}$$

dd = demanda diaria

LT = LeadTime (vienen en las mismas unidades de tiempo)

Z = Nivel de Significancia de la Distribución Normal o de Poisson.

Ecuación 6 - Fórmula estándar de ROP en categorías Pull Tipo C con tiempo de espera cero.

Límite inferior ROP Tipo C con tiempo de espera instantáneo, igual a cero para delimitar el cuándo se pide en Pull

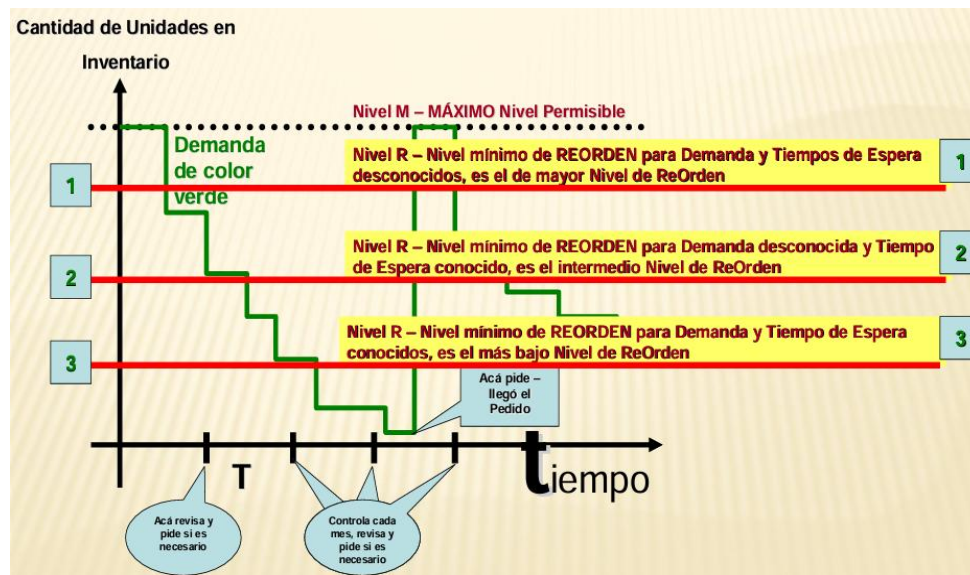
Características.....Demanda y LeadTime estables y conocidos

$$ROP \text{ Tipo C} = \text{demanda diaria} * \text{días LeadTime}$$

(Ballou R. H., Negocios & Logística, 2003)

Ilustración 11

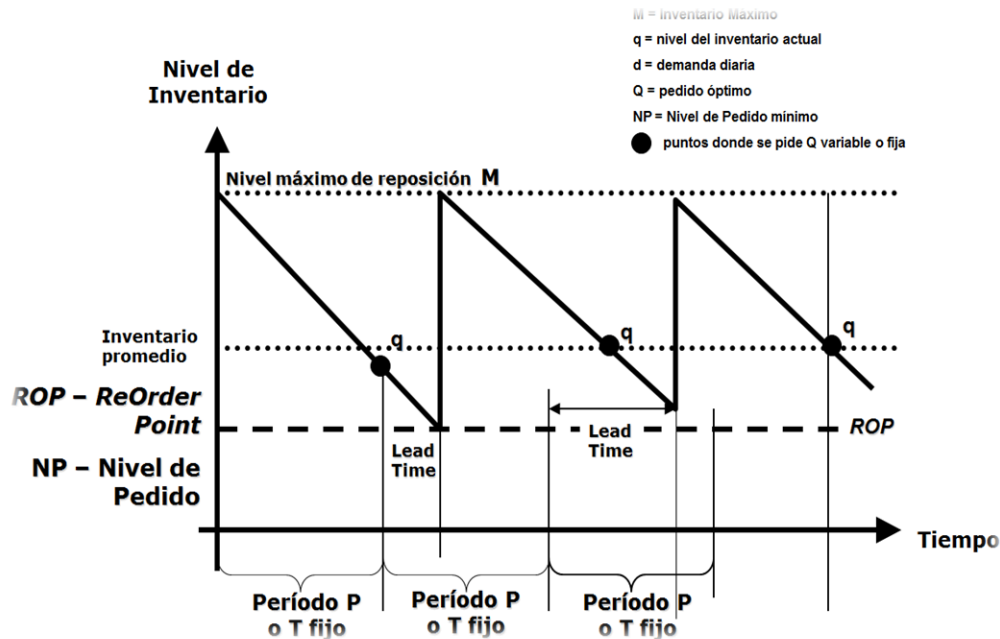
Relación entre Niveles de Reorden y Estrategias PUSH–PULL en Inventarios



Nota. La gestión técnica por niveles y puntos de reorden establece un Nivel Máximo Permisible (M) y tres niveles de reabastecimiento según el conocimiento de la demanda y el tiempo de espera. Las fluctuaciones del inventario indican momentos críticos para pedir. La metodología ABC en un sistema Pull optimiza estos puntos, mejorando disponibilidad y mantenibilidad (Mora A. , 2014)

Ilustración 12

Parámetros relevantes en reposición Pull



Nota. En el sistema Pull basado en ROP, la reposición se activa al alcanzar un nivel mínimo, generando un patrón cíclico de consumo y reabastecimiento. Se aplica en demandas constantes o con lead times definidos. A diferencia del reabastecimiento por tiempo fijo, esta lógica por niveles críticos optimiza costos manteniendo inventario mínimo (Mora A. , 2014)

Parámetros para determinar cuánto pedir

Un sistema de gestión de inventarios hospitalario eficiente requiere determinar la cantidad óptima a pedir mediante herramientas como el EOQ, que equilibra costos de pedido y almacenamiento, y el ROP, que incorpora stock de seguridad para cubrir variaciones en demanda o entregas.

Ambos deben ajustarse con datos históricos reales. En ítems críticos, el EOQ se adapta con índices de criticidad y factores de seguridad ampliados, garantizando continuidad terapéutica incluso en insumos costosos y de baja rotación

Ecuación 7 - Fórmula para calcular el EOQ.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times \text{Demanda anual} \times \text{Costo pedido}}{\text{Costo almacenamiento}}}$$

Nota. . El EOQ determina la cantidad óptima a pedir al equilibrar costos de pedido y almacenamiento, minimizando el costo total del inventario. En sistemas Push, se usa el mayor valor entre EOQ y la asignación para definir cuánto pedir (Mora A. , 2014)

Cantidad a Pedir: Método de Asignación Múltiple

Dentro del contexto de una gestión eficiente de inventarios hospitalarios, la determinación de la cantidad a pedir no debe basarse únicamente en modelos teóricos, sino en un análisis detallado que incorpore la realidad operativa del hospital. Para este fin, se adopta el Método de Asignación Múltiple, cuya fórmula permite calcular la cantidad óptima por referencia individual.

Ecuación 8 - Deber ser de cuánto pedir por Método de Asignación Múltiple

$$CPRI = I_{DA} + P_{TPC} - P_{DPP} - DE_{PA} + A_{NE} + E_{PA} + SS_{ABCD} + ED_{AG} - E_{AG}$$

CPRI = Cantidad a pedir por referencia individual

I_{DA} = Inventario disponible actual ("en cada sitio") al final del período anterior calculado

P_{TPC} = Pedidos en tránsito que llegan en este período calculado

P_{DPP} = Pronóstico ("o estimado") de la demanda de este período en proceso

DE_{PA} = Deudas de entrega de períodos anteriores de este ítem"

A_{NE} = Agotados que aún no se entregan"

E_{PA} = Error del período o mes anterior ("Realidad mayor que Pronóstico")

SS_{ABCD} Stock de seguridad estándar para cada caso si es Tipo A o B o C o D, según se a la Jerarquización ABC de tres" o "cuatro rangos".

ED_{AG} = Excesos ("positivos")" derivados de la asignación global"

E_{AG} = Excesos ("negativos") ("recorte por presupuesto o capacidad de provisión") del global de la asignación

La Ecuación 8 considera inventario actual, pedidos en tránsito, demanda proyectada, deudas, errores y stock de seguridad, permitiendo un cálculo ajustado al contexto real del

hospital. Esta metodología se alinea con la ISO 55001, al integrar trazabilidad, minimizar riesgos y optimizar recursos.

Cálculo del Inventario Máximo

El control de inventarios no solo depende del punto de reorden, sino también del establecimiento de un nivel máximo que evite la sobreacumulación de insumos.

Ecuación 9 - Fórmula estándar de Inventario Máximo de Pull (indiferente de si es A, B, C o D).

M = Nivel máximo de inventario = $NP + Q^* - DE$, con

$NP = d * LT + z * S_d + DE$

$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}}$ = Pedido óptimo al minimizar costos

La Z se obtiene de la distribución normal para una probabilidad dada

DE = Déficit esperado en el peor de los eventos

S_d = desviación estándar de demanda

LT = LeadTime = Tiempo de entrega (o de espera)

Queda entonces así Máximo = $ROP + EOQ + d * LT + Z * DE$

(Ballou R. H., 2004)

El valor Máximo de la ilustración anterior es el límite que se usa en los controles $T R M$ de los ítems *Pull*.

Definir un límite máximo de inventario cumple con la ISO 55001 al evitar recursos inmovilizados y asegurar el flujo de insumos críticos. El sistema integra enfoques *Pull* para ítems inestables y *Push* para alta rotación, combinando ROP , EOQ y asignaciones. Su implementación, junto con trazabilidad y clasificación ABC/VEN , optimiza el capital de trabajo y mejora el nivel de servicio sin generar costos excesivos.

Stock de seguridad: conceptualización y aplicación.

El stock de seguridad actúa como reserva ante variaciones en demanda y entregas, y se aplica tanto en sistemas Push como Pull, usando distribuciones estadísticas según el patrón de consumo (Ballou R. H., 2004).

Los sistemas Push operan con pronósticos y fórmulas de asignación, mientras que los Pull responden a demandas reales, ajustando el ROP con técnicas como el análisis de autocorrelación (Mora A. , 2014).

Los ítems Frozen, con demanda nula o mínima, deben revisarse periódicamente para liberar espacio y capital, mejorando la rentabilidad hospitalaria (Mora A. , 2014).

Relación entre capital de trabajo y nivel de servicio

La relación entre capital de trabajo y nivel de servicio muestra que mejorar la disponibilidad exige mayor inversión, pero con rendimientos decrecientes. Alcanzar un 97 % puede requerir hasta el 15 % del presupuesto, y superar el 99 % implica alto riesgo de obsolescencia.

Los sistemas Pull permiten mejorar el servicio y liberar recursos si se usan ROP ajustados, proveedores confiables y tecnologías con trazabilidad al optimizar el equilibrio entre servicio y capital comprometido (Mora A. , 2014).

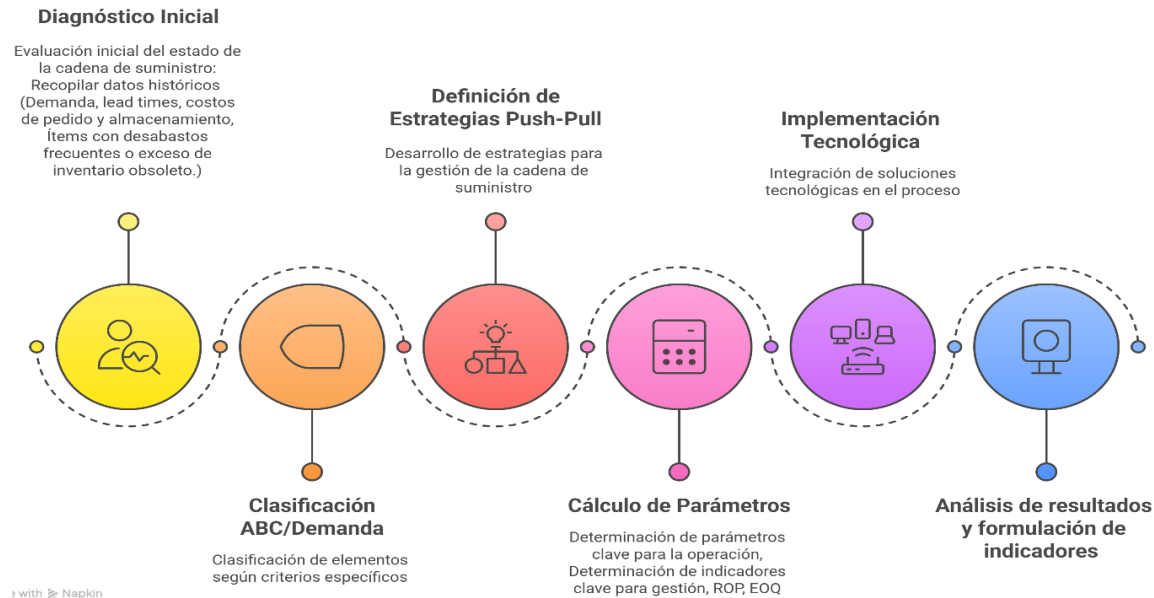
Metodología de Implementación

La metodología estructurada permite alcanzar niveles óptimos de servicio equilibrando capital de trabajo y disponibilidad. Combina diagnóstica, clasificación, parametrización y tecnologías para lograr

eficiencia. La Ilustración 13 resume las fases, donde cada etapa mejora la relación entre recursos y desempeño del sistema.

Ilustración 13

Paso a paso para desarrollar la propuesta de Gestión de Inventarios para el HSUSC



Nota. La ilustración muestra un proceso estructurado para optimizar la cadena de suministros hospitalarios: inicia con diagnóstico, clasificación ABC y demandas, define estrategias Push y Pull según el tipo de insumo, calcula ROP y EOQ, y finaliza con monitoreo y mejora continua, creando un sistema cíclico que equilibra disponibilidad y eficiencia. (Fuente propia)

La implementación de la gestión de inventarios en el hospital optimiza el control de insumos al clasificar los artículos con el método ABC, priorizar recursos críticos y calcular ROP y EOQ para definir niveles óptimos. La tecnología integrada permite monitoreo en tiempo real y garantiza la disponibilidad de suministros esenciales

Objetivo 2: Informe del estado de los inventarios del HSUSC permite identificar factores clave de éxito según la ISO 55001, al revisar ventajas, problemas y la data disponible.

Caracterización general del hospital simulado

El HSUSC constituye un espacio académico altamente especializado que se enfoca en la formación integral de profesionales en el área de la salud. La infraestructura busca reproducir de forma controlada situaciones clínicas reales para fortalecer las competencias técnicas y humanas de los estudiantes.

Análisis del modelo logístico vigente

Procedimientos manuales y registros fragmentados

La disponibilidad de materiales especializados permite a los estudiantes practicar en un entorno seguro, reduciendo riesgos y mejorando la toma de decisiones. El acceso constante favorece la repetición y el perfeccionamiento de habilidades clave. La coordinación entre equipos académicos y logísticos garantiza el cumplimiento de objetivos pedagógicos y fortalece la formación práctica según las exigencias del sector salud.

Soportes físicos y control visual empírico

El sistema documental basado en soportes físicos incrementa el riesgo de pérdida de información y dificulta la trazabilidad, limitando el análisis logístico. Además, los controles operativos dependen de métodos visuales no estandarizados, como etiquetas manuales, sin protocolos confiables ni seguimiento automatizado, lo que reduce la eficiencia del sistema.

Limitaciones de respuesta ante eventos críticos

La conilustración actual mantiene operativas las actividades básicas del HSUSC. La estructura muestra limitaciones ante situaciones imprevistas. La capacidad de respuesta ofrece poca confiabilidad técnica. La Ilustración 14 demuestra las restricciones del modelo de gestión actual.

Ilustración 14

Lista impresa de inventario usada actualmente en el Hospital Simulado.

UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI													
Santiago de Cali													
Saldo Inventario a una Fecha Corte													
Saldo Referencia - Sitio Referencia													
Bodega: 18 HOSPITAL SIMULADO													
Referenci	Numero Referencia	Stock	Lote	Fondo	Presentacion	F. Entrada	Valor Unidad	Cantidad	Valor Total	Clasificador	Control Lote	Conteo	
703	Tapon Hemorroidal Con	N		11 Fondo General Principal	Unidad	11060201	208,00	40	8.320,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	40	
703	Jeringa 60 ML Punta De Cateter	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06580201	1.295,00	12	15.540,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	12	
1889	Pleuovac Sistema Drainage	N		11 Fondo General Principal	Cap	04040202	158.753,14	2	317.506,28	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	2	
1984	Agua Esteril Sml	N		11 Fondo General Principal	Unidad	08560203	638,00	100	63.800,00	1721 Insumos Medicos Y Materiales	No Controlada	100	
1970	Bolsa Recicladora	N		11 Fondo General Principal	Unidad	12080202	1.428,00	20	28.560,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	20	
2741	Isolina Espuma	N		11 Fondo General Principal	Galón	16110202	80.000,00	1	80.000,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	1	
3063	Guantes Esteriles 6.5	N		11 Fondo General Principal	Unidad	08110201	1.343,00	1700	2.283.100,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	1700	
3086	Guantes Esteriles 7.5	N		11 Fondo General Principal	Unidad	08110201	1.343,00	1600	2.148.800,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	1600	
4307	Sonda Nasoeyunjal # 12	N		11 Fondo General Principal	Unidad	18030202	1.700,00	5	8.500,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	5	
4448	Humidificador De Burbuja	N		11 Fondo General Principal	Unidad	04050202	6.373,64	4	25.494,56	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	4	
4702	Pinjal Para Electrocardiografo	N		11 Fondo General Principal	Unidad	16500203	11.900,00	10	119.000,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	10	
4708	Correa De Vasoelmer	N		11 Fondo General Principal	Bolsa	26100201	646,17	2	1.292,34	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	2	
4842	Jeringa 3 ML	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06580201	202,00	200	40.400,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	200	
5208	Angiocath Nº 24	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06590203	1.341,46	300	402.438,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	300	
5209	Angiocath Nº 22	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06590203	1.156,42	310	358.490,20	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	310	
5428	Tubo Endotraqueal Con Balon	N		11 Fondo General Principal	Unidad	11070201	3.403,40	8	27.227,20	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	8	
5871	Tapon Para Cateter Intravenoso	N		11 Fondo General Principal	Unidad	17060201	3.505,00	90	315.450,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	90	
6039	Algodon Torundas 500gr Tipo	N		11 Fondo General Principal	Unidad	14060203	17.676,00	2	35.352,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	2	
6911	Tubo Endotraqueal 5.5 C/B	N		11 Fondo General Principal	Unidad	26100201	4.932,95	8	39.463,60	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	8	
7367	Manguera Latex	N		11 Fondo General Principal	Unidad	14070202	4.561,50	13	59.509,50	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	13	
7590	Cateter Sonda Levin N.12	N		11 Fondo General Principal	Unidad	30700202	860,00	25	21.500,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	25	
7775	Tubo Endotraqueal # 6.5	N		11 Fondo General Principal	Unidad	11070201	2.772,70	5	13.863,50	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	5	
8246	Fijador Para Tubo Endotraqueal	N		11 Fondo General Principal	Unidad	19320202	12.458,82	8	99.750,56	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	8	
8070	Jeringa 1 ML	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06580201	245,00	46	11.270,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	46	
8306	Angiocath # 18	N		11 Fondo General Principal	Unidad	16110202	1.260,00	45	56.700,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	45	
10102	Guardian Reciclator De Material	N		11 Fondo General Principal	Unidad	16110202	2.380,00	18	42.840,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	18	
11079	Proline No. 1	N		11 Fondo General Principal	Unidad	13060203	5.900,00	72	424.800,00	1721 Insumos Medicos Y Materiales	No Controlada	72	
11116	Sutura Purgadina 910 N1	N		11 Fondo General Principal	Unidad	10560203	10.000,00	70	700.000,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	70	
11946	Angiocath No. 24	N		11 Fondo General Principal	Unidad	16110202	1.223,08	78	95.400,24	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	78	
13039	Linterna Led Recargable Con	N		11 Fondo General Principal	Unidad	14060201	178.500,00	1	178.500,00	1714 Lenceria Y Otros Articulos	No Controlada	1	
13109	K6 Para Plueta De Vih	N		11 Fondo General Principal	Kil	30690202	353.311,00	2	706.622,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	2	
13212	Correa Para Arnas Pediatrico	N		11 Fondo General Principal	Unidad	13080202	258.230,00	2	516.460,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	2	
13220	Cateter Venoso Central Doble	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06590201	90.500,00	3	271.500,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	3	
13227	Cateter Venoso Central Triple	N		11 Fondo General Principal	Unidad	06590201	95.000,00	3	285.000,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	3	
13228	Jeringa Esteril Sml	N		11 Fondo General Principal	Unidad	09560203	257,28	249	64.062,72	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	249	
13229	Pericardial Venocutis Mariposa	N		11 Fondo General Principal	Unidad	11060201	362,00	10	3.620,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	10	
13288	Angiocath Calibre # 19g	N		11 Fondo General Principal	Unidad	16500202	1.078,00	90	97.020,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	90	
13319	Angiocath Calibre 14g	N		11 Fondo General Principal	Unidad	16110202	1.400,00	80	112.000,00	1722 Elementos E Insumos Para	No Controlada	80	
Conversiones del Reporte													
2024/03/13 09:34													
Página 1 de 1													

Convenciones del Reporte
2024/01/31 09:34

Página 1 de 4

Nota: La ilustración ilustra el método visual de control y los registros físicos no integrados. Fuente propia

La Ilustración 14 evidencia las debilidades del sistema manual actual, como retrasos en la información, aumento de carga administrativa y demoras en la preparación de sesiones

prácticas. La ausencia de herramientas digitales impide automatizar procesos, generar reportes en tiempo real y controlar con precisión los inventarios.

Además, la dependencia del conocimiento empírico del personal, sin protocolos formales, incrementa los riesgos operativos ante posibles rotaciones, representando una vulnerabilidad crítica para la institución.

Deficiencias técnicas identificadas

Ausencia de categorización y control técnico

El inventario institucional carece de categorización técnica. El sistema no aplica metodologías reconocidas como clasificación ABC, segmentación por criticidad o frecuencia de uso. Esta omisión impide diferenciar insumos estratégicos de apoyo y aplicar políticas de control diferenciadas que optimicen la disponibilidad y reduzcan el exceso.

Falta de políticas de reabastecimiento

La gestión hasta el momento no establece prioridades de reabastecimiento según criterios técnicos. Como consecuencia, se acumulan insumos de baja demanda mientras se presentan faltantes en productos esenciales, lo que compromete el desarrollo normal de las prácticas clínicas simuladas.

Problemas de trazabilidad e identificación de productos

La trazabilidad del inventario presenta deficiencias por la ausencia de un sistema informatizado y de codificación estructurada. Esta limitación afecta el control, genera inconsistencias en conteos, dificulta auditorías y debilita la transparencia, contraviniendo los principios de gestión de activos establecidos por la Norma ISO 55001.

Deficiencias en el historial de compras y análisis de datos

La ausencia de registro de insumos discontinuados o reemplazados limita el análisis de consumo, la previsión de obsolescencias y la adaptación de compras a las necesidades académicas. Además, la reposición reactiva basada en agotamiento o solicitud impide anticipar la demanda, genera sobrecostos y compromete la continuidad de los servicios educativos.

Ausencia de parámetros cuantitativos

El hospital simulado gestiona su inventario sin aplicar herramientas técnicas clave como EOQ, ROP y niveles mínimos y máximos por ítem (Campos & Campos, 2024).

Esta omisión impide estandarizar cuándo y cuánto comprar, generando un sistema reactivo que no anticipa la demanda ni previene quiebres o excesos. La falta de políticas cuantitativas reduce la eficiencia financiera, limita la planificación estratégica y compromete la alineación entre la logística y los objetivos institucionales de calidad, sostenibilidad y continuidad académica.

Falta de indicadores técnicos y medición del desempeño

El sistema logístico del hospital simulado carece de indicadores técnicos como rotación de inventario, tasa de obsolescencia y capital inmovilizado, lo que impide evaluar objetivamente su desempeño (Mora y otros, 2024).

Esta falta de métricas limita el análisis del consumo, la detección de riesgos y la toma de decisiones basada en datos. Sin medición estructurada, se obstaculiza la mejora continua, se dificulta fijar metas y se vuelve subjetivo el control del inventario, reduciendo su trazabilidad y valor estratégico.

Relevancia de los KPIs según la ISO 55001

El monitoreo por indicadores constituye una herramienta fundamental en la gestión de activos (Stubbs, 2004). La Norma ISO 55001 exige definir y seguir métricas clave para controlar el ciclo de vida, tomar decisiones informadas y asegurar la sostenibilidad. La falta de KPIs impide detectar desviaciones, prevenir riesgos y optimizar el uso del presupuesto en insumos médicos (Valdez y otros, 2024).

Oportunidades de mejora y solución propuesta

Implementación de un prototipo con macros en Excel

A pesar de sus limitaciones, la situación actual del sistema logístico representa una oportunidad para mejorar la gestión institucional. El prototipo propuesto, desarrollado en Excel con macros, permite automatizar cálculos y clasificar insumos en categorías técnicas: pull, push y frozen. Esta solución facilita el control del inventario al establecer límites mínimos y máximos

por grupo, definir frecuencias de revisión y adaptar la programación de compras al comportamiento real del consumo, sin requerir grandes inversiones.

Beneficios técnicos del modelo propuesto

El sistema automatizado define niveles mínimos y máximos para cada tipo de insumo, lo que permite anticipar necesidades de reposición y mantener un equilibrio adecuado entre disponibilidad y almacenamiento. Además, establece frecuencias de revisión ajustadas a la dinámica de consumo del hospital simulado.

Módulo de análisis histórico de consumo

El prototipo incorpora un módulo de análisis histórico de consumo que identifica tendencias y ajusta compras según patrones reales, ayudando a reducir excesos y prevenir faltantes. Su implementación mejora el control y la eficiencia, y al ser simple y adaptable, representa una solución viable para optimizar la gestión de insumos en el hospital simulado sin depender de sistemas complejos o costosos.

Comparación técnica con la Norma ISO 55001

La Tabla 4 resume las principales brechas identificadas entre el sistema actual y las buenas prácticas internacionales definidas por la Norma ISO 55001:

Tabla 4

Comparación entre el estado actual del sistema de inventarios y los lineamientos de la Norma ISO 55001

Eje temático	Estado actual del sistema de inventarios	Lineamientos según la Norma ISO 55001
Gestión de activos	La gestión se realiza de forma manual, fragmentada y no integrada, sin procesos formales definidos.	El sistema requiere estructura para garantizar trazabilidad y ciclo de vida de los activos.
Trazabilidad	No se implementa un sistema informatizado ni codificación unívoca para los productos.	Se exige el control completo del ciclo de vida de los activos, lo que incluye registros precisos de entradas, salidas y uso.
Clasificación técnica	No se aplica segmentación como clasificación ABC, criticidad o frecuencia de uso.	La norma promueve la clasificación técnica de los activos para aplicar estrategias diferenciadas según su criticidad.
Planificación del inventario	No se establecen niveles mínimos ni máximos por ítem; tampoco se definen puntos de reorden (ROP) ni EOQ.	Se deben definir parámetros de control y modelos predictivos que permitan planificar el abastecimiento de forma estratégica.
Historial de compras y análisis	El historial no registra productos descontinuados ni permite análisis de consumo u obsolescencia.	Se requiere información histórica confiable para analizar tendencias, tomar decisiones y reducir riesgos financieros.
Monitoreo del desempeño	No se miden indicadores como rotación, tasa de obsolescencia o capital inmovilizado.	La norma establece la necesidad de definir y monitorear KPIs para evaluar el rendimiento y fomentar la mejora continua.
Dependencia del conocimiento empírico	El sistema depende del saber no documentado del personal operativo.	La ISO 55001 exige establecer conocimiento organizacional documentado para reducir riesgos ante cambios o rotación.
Sistema de compras	Las compras responden a una lógica reactiva; se hacen cuando hay agotamiento o bajo pedido.	La planificación de compras debe ser proactiva, basada en análisis del ciclo de vida, demanda y optimización de recursos.
Tecnología aplicada	No se utilizan herramientas digitales para automatización, control ni reportes en tiempo real.	Se fomenta el uso de herramientas tecnológicas que permitan mejorar el control, eficiencia y disponibilidad de activos.
Continuidad operativa	El sistema actual compromete la continuidad en caso de contingencias o fallas logísticas.	La norma exige asegurar la disponibilidad continua de activos críticos para cumplir con los objetivos organizacionales.

Estandarización y mejora continua	No hay procesos estandarizados ni mecanismos de retroalimentación formal.	Se debe implementar un sistema de mejora continua y estandarización de procesos de gestión de activos.
Alineación con objetivos institucionales	El inventario no está vinculado formalmente a los objetivos pedagógicos o financieros del hospital simulado.	ISO 55001 establece que todos los activos deben contribuir de forma directa al logro de los objetivos organizacionales.
Evaluación de riesgos	No se realiza análisis de riesgos asociados al desabastecimiento, vencimiento o acumulación excesiva.	Se debe evaluar y mitigar riesgos que puedan afectar la disponibilidad, desempeño o valor de los activos a lo largo del tiempo.
Documentación y registro	Se utilizan formatos físicos no estandarizados, sin centralización ni respaldo digital.	Se requiere un sistema de documentación controlada, accesible y actualizada para sustentar cada etapa del proceso de gestión.

Nota: La tabla expone las brechas entre el sistema de inventarios del HSUSC y los requisitos de la Norma ISO 55001, comparando la situación actual con recomendaciones técnicas. El análisis prioriza acciones para alcanzar estándares internacionales, garantizando eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad mediante herramientas adaptadas al entorno académico-clínico, fortaleciendo así la gestión de activos del hospital simulado.

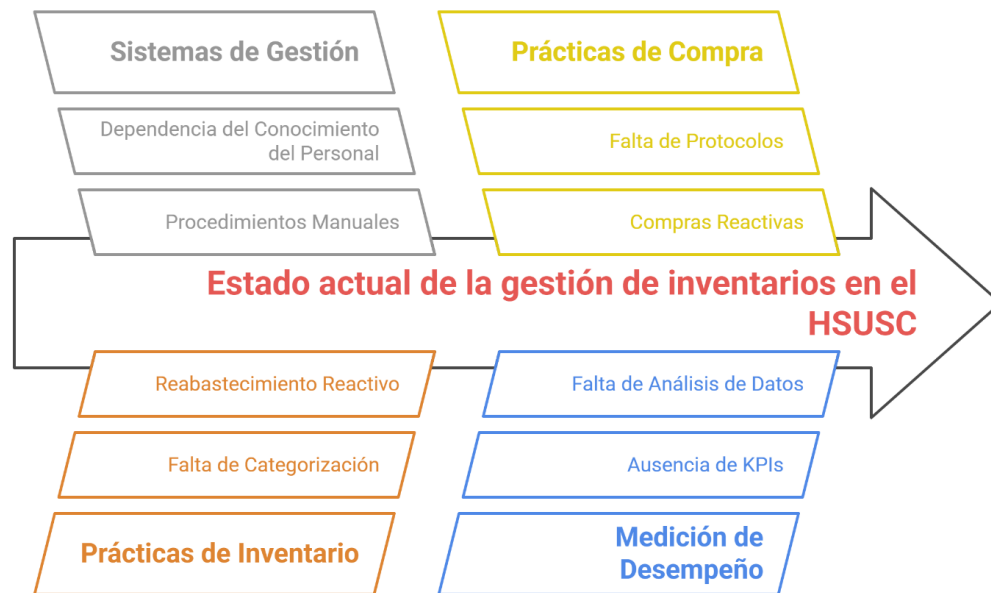
Conclusiones del diagnóstico

El diagnóstico del HSUSC evidencia fortalezas institucionales para implementar un modelo eficiente, destacando el compromiso del personal y la base para alinearse con la Norma ISO 55001. El prototipo propuesto mejora la trazabilidad, optimiza recursos y transforma procesos manuales en un sistema estratégico basado en datos.

El análisis identifica causas estructurales de las ineficiencias y plantea una solución técnica, predecible y sostenible. La Ilustración 15 muestra la transición al nuevo modelo, que incorpora mejora continua, automatización y categorización especializada conforme a estándares internacionales.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Mejora de la eficiencia logística



Nota: La ilustración muestra la evolución del sistema de gestión de inventarios del Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali, desde un modelo manual con limitaciones, hacia una solución computarizada con macros en Excel. La transición incorpora categorización, automatización, planificación y control, proyectándose hacia un sistema alineado con la Norma ISO 55001, enfocado en eficiencia, trazabilidad y mejora continua. (Elaboración propia)

Valor estratégico del modelo propuesto

El modelo propuesto mejora la logística hospitalaria, asegurando insumos y reduciendo errores. Fortalece la formación clínica y responde a necesidades operativas. Su implementación impulsa la gestión profesional. Posiciona al hospital como referente en innovación y eficiencia educativa en salud.

Objetivo 3: Implementación de la metodología internacional de inventarios, *MTS MTO MTF*, en el HSUSC, con base en la Norma 55001, con el fin de optimizar los obsoletos, los faltantes y los excesos, a partir del análisis futurístico de la data de consumos, adquisiciones, retiros, etcétera, con programa demostrativo, informático a generar.

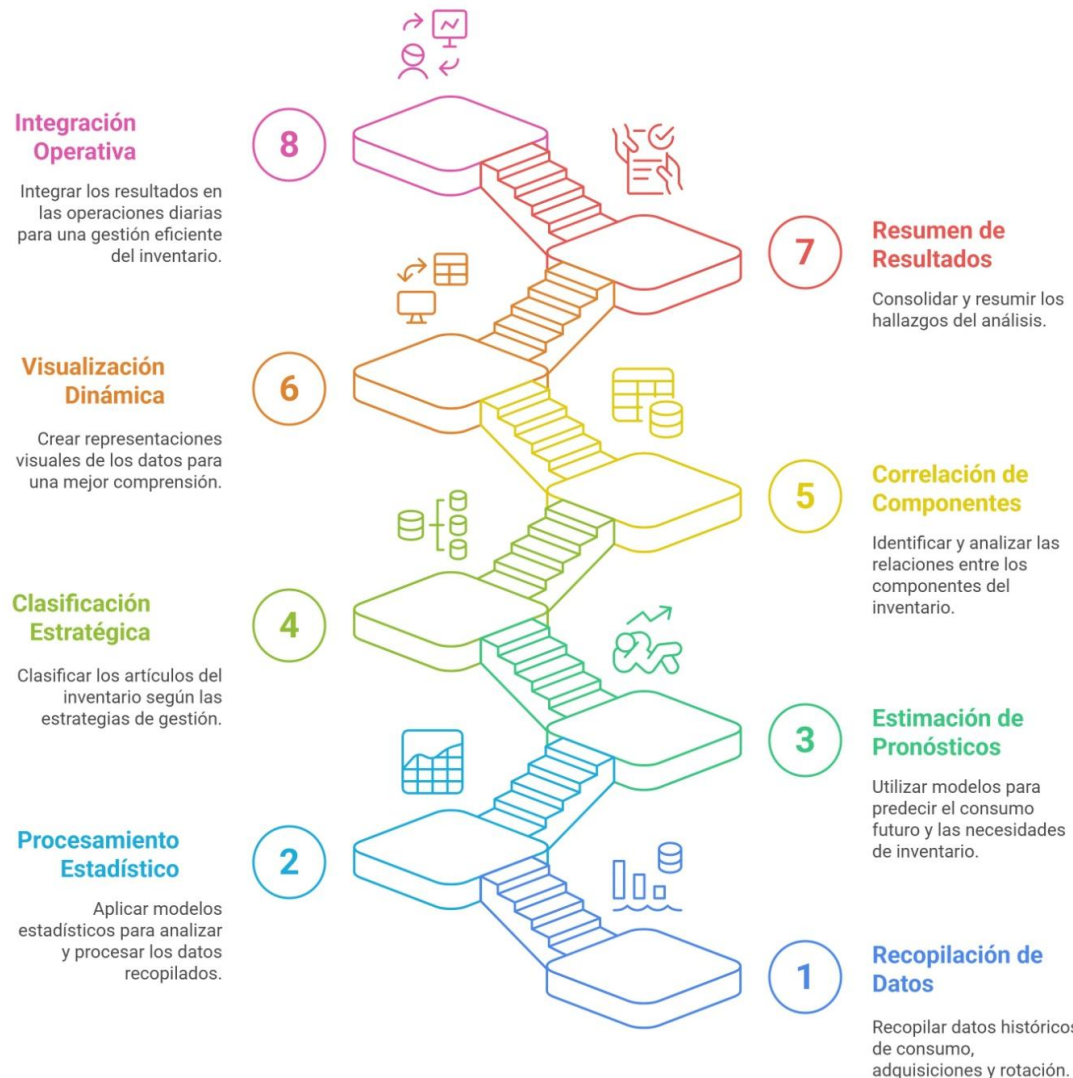
Estructura General del Sistema Predictivo de Inventarios

Integración de Datos y Modelos Matemáticos

El sistema integra datos mensuales de consumo, adquisiciones y rotación con modelos matemáticos que permiten caracterizar, clasificar y pronosticar el comportamiento de los insumos. Esta estructura modular apoya decisiones técnicas para reducir obsolescencia, optimizar compras y gestionar el inventario de forma dinámica. La Ilustración 16 presenta la secuencia metodológica del sistema predictivo propuesto.

Ilustración 16

Etapas de la gestión predictiva de inventarios



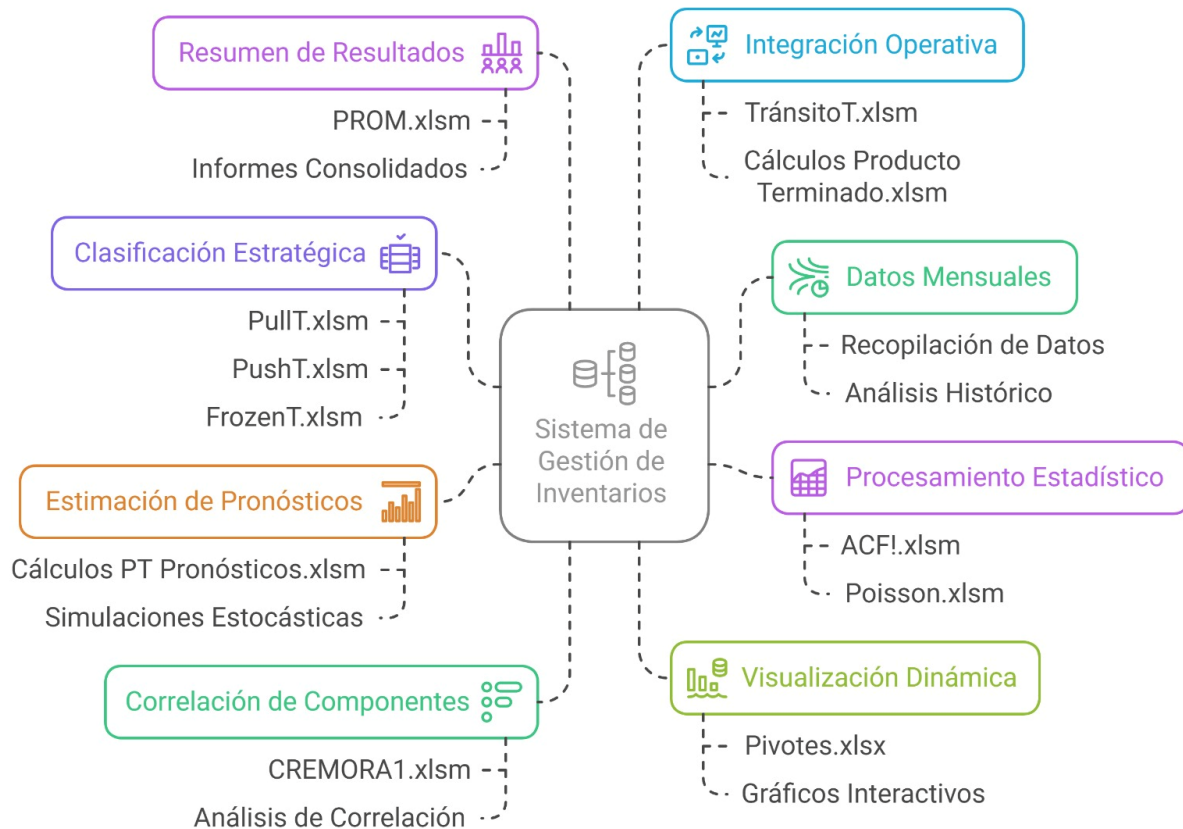
Nota: La ilustración presenta de forma secuencial las ocho etapas fundamentales para lograr una gestión predictiva de inventarios, comenzando desde la recopilación de datos hasta la integración operativa. Cada bloque define una fase crítica para garantizar decisiones informadas y oportunas en el entorno hospitalario.

Arquitectura Modular del Sistema

La arquitectura articula múltiples archivos interconectados mediante macros y funciones de Excel como se visualiza en la Ilustración 17, cada uno especializado en una etapa del análisis. Este diseño estructurado permite ejecutar desde análisis estadísticos autorregresivos hasta simulaciones estocásticas y visualizaciones dinámicas, alineando el modelo con los principios de la norma ISO 55001.

Ilustración 17

Arquitectura funcional del sistema de inventarios hospitalarios



Nota: La ilustración expone la estructura modular del sistema de gestión de inventarios propuesto en el HSUSC. Cada herramienta Excel representa una etapa del análisis (pronósticos, clasificación, resumen de resultados), integrando funcionalidades para automatizar la planificación y mejorar la trazabilidad.

Aplicación de Metodologías MTS, MTO y MTF

Fundamentos Técnicos y Estadísticos

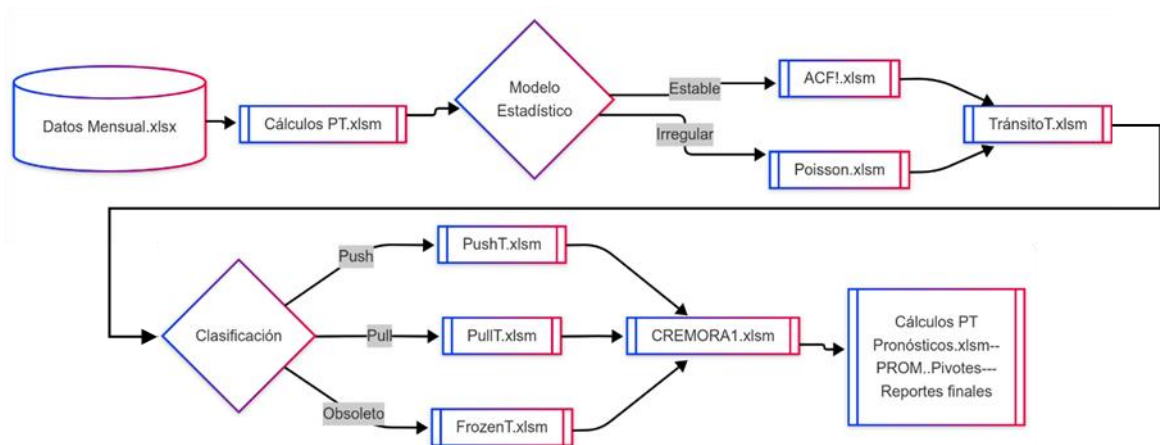
La metodología aplica principios de segmentación tipo *MTS*, *MTO* y *MTF* a partir del análisis estructurado de series temporales, correlaciones cruzadas y simulaciones probabilísticas. Estos enfoques se fundamentan en criterios técnicos como el modelo autorregresivo, la distribución *Poisson* y la clasificación ABC-Demanda.

Estrategias de Abastecimiento y Clasificación de Inventarios

El modelo clasifica insumos por tipo de gestión (Push, Pull, personalizados o congelados) y calcula cantidades óptimas. Detecta excesos o faltantes y genera un plan mensual ajustado. Anticipa riesgos logísticos y reduce ineficiencias financieras. La Ilustración 18 muestra el flujo de información que estructura el análisis técnico desde los datos hasta las salidas operativas.

Ilustración 18

Flujo lógico del sistema de gestión predictiva



Nota: Este diagrama muestra el recorrido lógico del sistema propuesto, desde el análisis de datos hasta la emisión de reportes. A través de módulos como ACF.xlsm, Poisson.xlsm y CREMORA1.xlsm, el modelo clasifica los insumos y aplica métodos estadísticos que orientan las decisiones de compra y reposición.

Lógica Operativa del Sistema

Los modelos proyectan escenarios de consumo futuro al utilizar funciones estadísticas avanzadas y métodos de pronóstico que incluyen suavizamiento, regresión y simulación estocástica. Estas proyecciones sirven como entrada para decisiones automatizadas de abastecimiento, compras y eliminación.

Proyección, Visualización y Toma de Decisiones

Escenarios de Consumo Futuro

El sistema genera un entorno de análisis demostrativo, programado en Excel con macros (VBA), que permiten visualizar el comportamiento proyectado, el riesgo de escasez o exceso y la viabilidad de aplicar reglas de negocio inteligentes.

Compatibilidad con la Norma ISO 55001

La herramienta soporta la toma de decisiones técnicas y estratégicas en la gestión de inventarios, alineada con los principios de gestión de activos establecidos por la norma ISO 55001. Además, habilita la transición hacia un modelo predictivo de abastecimiento hospitalario, reduciendo desperdicios, mejorando la disponibilidad y priorizando la confiabilidad operativa.

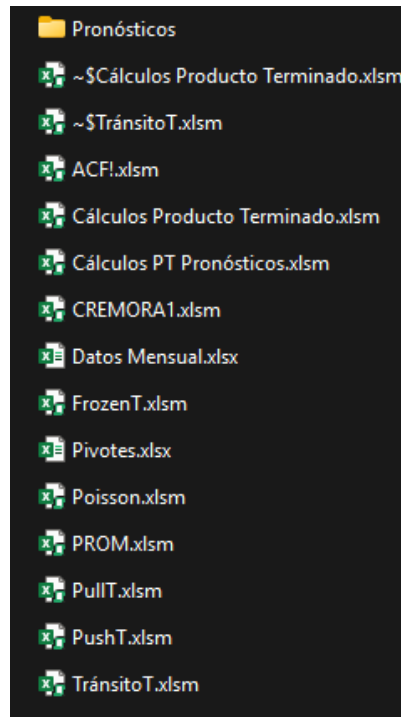
Segmentación Modular del Sistema

Estructura de Archivos Especializados

La arquitectura del sistema vincula funciones analíticas a una base de datos estructurada en archivos especializados. Esta segmentación modular permite análisis estadísticos, clasificación por demanda, simulación probabilística y decisiones automatizadas. Cada archivo alimenta un subsistema del modelo, asegurando trazabilidad y coherencia con la Norma ISO 55001.

Ilustración 19

Estructura de archivos del sistema de pronóstico y clasificación de inventarios



Nota: La ilustración muestra los archivos que conforman el sistema demostrativo de gestión de inventarios del Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali. Cada archivo cumple una función específica, desde la recopilación de datos históricos y el procesamiento estadístico, hasta la clasificación estratégica, visualización de resultados e integración operativa, asegurando un flujo coherente y estructurado dentro del modelo.

Archivos de Recopilación y Procesamiento de Datos

Los archivos del sistema demostrativo cumplen funciones analíticas específicas:

ACFI.xlsm almacena series históricas para clasificar insumos estables según la estrategia MTS;

Cálculos Producto Terminado.xlsm integra resultados de pronóstico, EOQ y reposición;

Cálculos PT Pronósticos.xlsm estima la demanda futura para clasificaciones Push, Pull y

Frozen; *CREMORA1.xlsm* aplica correlaciones entre productos y materias primas para

segmentación MTF; y *Datos Mensual.xlsx* registra consumo y adquisiciones, base para cálculos técnicos y financieros.

Archivos de Pronóstico y Clasificación

Los archivos de pronóstico y clasificación estructuran el sistema de gestión con base en comportamiento de demanda. *FrozenT.xlsm* identifica inventario sin rotación; *Poisson.xlsm* simula demanda irregular bajo MTO; *PROM.xlsm* resume resultados de modelos predictivos; *PullT.xlsm* y *PushT.xlsm* agrupan insumos según reposición reactiva o por pronóstico; *TránsitoT.xlsm* conecta las clasificaciones; y *Pivotes.xlsx* visualiza la evolución y asignación estratégica. El sistema determina cantidades óptimas, clasifica inventario y genera un plan de abastecimiento mensual, anticipando riesgos y reduciendo ineficiencias.

Ejecución Técnica del Modelo

Para la ejecución del programa se requiere una preparación estructurada para evitar conflictos de rutas y referencias. El usuario debe ubicar la carpeta de trabajo denominada “HSUSC” en el directorio raíz del disco local, preferiblemente en el disco C. Las carpetas obsoletas o duplicadas deben renombrarse, por ejemplo, añadiendo una “X” para desactivarlas sin eliminarlas. Esta acción garantiza que las macros y vínculos funcionen de forma estable y sin errores.

La plataforma exige que Excel tenga habilitadas las macros y el modo de cálculo automático. El usuario accede a Archivo > Opciones > Centro de confianza para permitir la ejecución de macros, y verifica en Archivo > Opciones > Fórmulas que el modo de cálculo esté en automático. Esta configuración asegura que todas las fórmulas integradas respondan correctamente durante el procesamiento del modelo.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Registro de Datos Mensuales

La base consolida los datos de entrada mensuales a través del archivo Datos Mensual.xlsx, el cual contiene valores actualizados de consumos, costos y ventas de los últimos 48 meses como se observa en la Ilustración 20. El usuario debe registrar el costo de almacenar (10% del valor del ítem), el costo de pedir (5%), el precio de venta con margen (aproximadamente 15%) y los volúmenes reales de ventas del mes anterior. Estos parámetros alimentan los algoritmos de clasificación y pronóstico con criterios técnico-financieros consistentes.

Ilustración 20

Archivo Datos mensuales.xlsm

The screenshot displays the 'Datos Mensual.xlsx' spreadsheet. The table lists products with columns for Ordinal, Código, Descripción, Tipo Unidad de Medida, Lead Time, Casos Especiales, Precio - Valor, Inventario al Cierre, and Valor de las Ventas Totales. The data is organized by month, with the current month being March 2025.

Ordinal	Código	Descripción	Tipo Unidad de Medida	Lead Time - Tiempo de Espera	Casos Especiales	Precio - Valor	Inventario al Cierre	Valor de las Ventas Totales
1	92	Protex X 500 G.	Unidad	1		\$ 19,723	0	
2	250	Tapón Hepatinizado Con Conectores De Seguridad Tipo Luer	Unidad	1		\$ 119,600	40	74,152,000
3	703	Jeringa 60 MI Punta De Cateter	Unidad	1		\$ 7,792	12	1,075,351
4	898	España	Unidad	1		\$ 1,840	0	
5	1869	Pleuréx Sistema Drenaje Torácico Adulto	Caja	1		\$ 9,680,332	7	232,227,968
6	1964	Agua Esteril Sm	Unidad	1		\$ 6,015	100	5,834,055
7	1970	Bolsa Recolectora	Unidad	1		\$ 18,400	20	4,158,400
8	2051	Tubo Con Tapa Lila Con Edta. K2 Tubo Gel Y Edta. K2 Tubo Ed	Unidad	1		\$ 40,250	0	
9	2121	Crema	Unidad	1		\$ 20,585	0	
10	2424	Limpador Electronico Crc	Unidad	1		\$ 41,285	0	
11	2681	Jabon En Polvo X 500 gm	Bolsa	1		\$ 11,500	0	
12	2689	Jabon Liquido	Unidad	1		\$ 23,000	0	
13	2691	Jabon Para Manos	Unidad	1		\$ 17,250	0	
14	2740	Iodine Solucion	Galon	1		\$ 115,000	1	4,600,000
15	2741	Iodine Espuma	Galon	1		\$ 115,000	0	5,750,000
16	2812	Extensiones De Anestesia	Unidad	1		\$ 57,500	0	
17	2880	Cateter Intra. HF 24	Unidad	1		\$ 17,250	0	
18	3082	Guantes Crudos Talla M	Caja	1		\$ 5,750	1700	

Nota: La ilustración muestra la estructura del archivo Datos Mensual.xlsx, utilizado para ingresar información consolidada sobre productos terminados, incluyendo código, unidad de medida, tiempo de espera, condiciones especiales, precio, inventario al cierre del mes, y valor acumulado de ventas anuales por SKU. Esta base sirve como insumo primario para alimentar los modelos de clasificación, pronóstico y cálculo de necesidades, asegurando trazabilidad y consistencia en la gestión del inventario hospitalario.

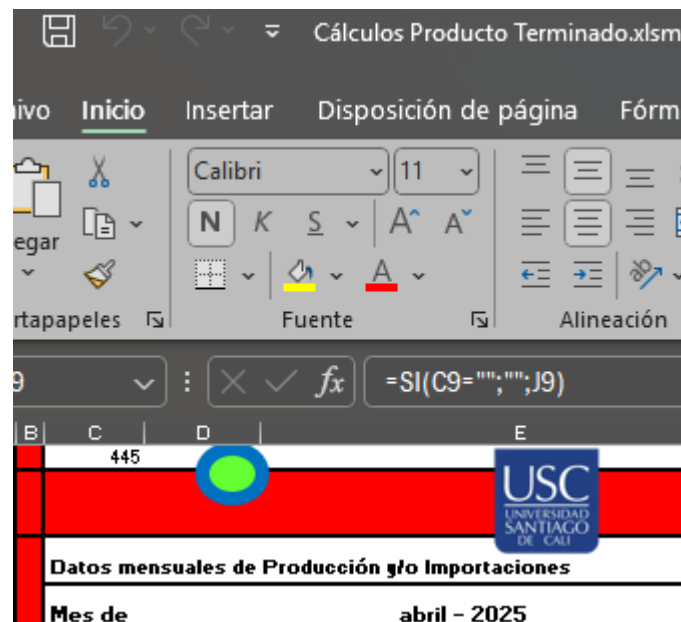
Proceso Operativo Automatizado

Activación de Macros y Procesamiento

El procedimiento comienza con la apertura del archivo Cálculos Producto Terminado.xlsm, desde el cual se ejecuta una macro vinculada a una ilustración de la hoja como se muestra en la Ilustración 21 la cual al ser ejecutada estructura la base de datos, donde se activa los modelos estadísticos y dirige la información hacia los módulos correspondientes. Esta rutina depura automáticamente las referencias sin movimiento en los últimos 48 meses y consolida el entorno de cálculo para permitir la proyección y clasificación de insumos según su comportamiento histórico.

Ilustración 21

Ilustración para ejecutar la Macro en el archivo Cálculos Producto Terminado



Nota: La ilustración muestra el encabezado de la hoja principal del archivo Cálculos Producto Terminado.xlsm, desde donde se activa la macro central del sistema. Esta macro procesa los datos de producción o importación correspondientes al mes operativo, calcula los volúmenes requeridos según la clasificación estratégica y consolida los resultados del modelo. El botón circular visible indica el punto de activación automática de funciones que integran pronósticos, asignación de estrategia y cálculo de cantidades a reponer.

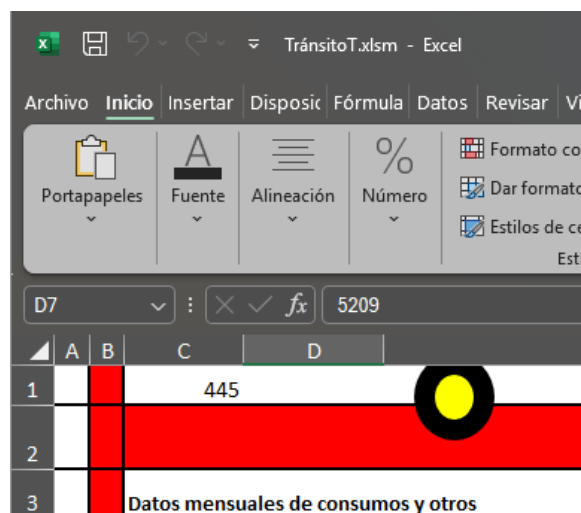
El modelo ejecuta dos técnicas principales: análisis de correlación autorregresiva (ACF) mediante el archivo ACF!.xslm y estimación probabilística de demanda mediante Poisson.xslm. El análisis ACF identifica patrones repetitivos o estacionarios, útiles para clasificar insumos bajo la lógica MTS. El modelo Poisson estima la demanda histórica en ítems de bajo consumo, alineándose con estrategias MTO para referencias impredecibles.

Transferencia y Redistribución de Datos

La macro automatiza la transferencia de resultados preliminares al archivo TránsitoT.xslm, donde se consolidan todas las referencias con movimiento real. Desde esta hoja, el usuario ejecuta la macro la cual está vinculada a una ilustración que se puede observar en la Ilustración 22 que al ejecutarse redistribuye los datos hacia tres archivos especializados: PushT.xslm, PullT.xslm y FrozenT.xslm. Cada archivo representa una estrategia de reabastecimiento diferenciada basada en el comportamiento de consumo.

Ilustración 22

Ilustración para ejecutar la Macro en el archivo Transito T



GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Nota. La ilustración representa el encabezado de la hoja principal del archivo TránsitoT.xlsm, el cual centraliza los datos procesados de consumo, pronóstico y clasificación estratégica. El botón circular visible permite la activación de la macro encargada de transferir automáticamente las referencias clasificadas hacia los archivos PullT.xlsm, PushT.xlsm y FrozenT.xlsm. Esta función asegura la integridad del flujo de datos entre módulos y garantiza la correcta ejecución del modelo de segmentación de inventario.

Resultados del Sistema y Validación

Generación del Plan de Abastecimiento

El archivo PushT.xlsm segmenta los insumos de alta rotación y demanda estable, aptos para planificación anticipada mediante el enfoque push. El archivo PullT.xlsm agrupa los insumos con demanda variable, ideales para un modelo de reabastecimiento reactivo pull. El archivo FrozenT.xlsm clasifica los insumos sin movimiento significativo, que representan inventario obsoleto o innecesario desde la perspectiva de gestión de activos.

El sistema recalcula automáticamente el plan de abastecimiento final una vez distribuidos los datos. El usuario debe reabrir el archivo Cálculos Producto Terminado.xlsm, actualizar todos los vínculos (Datos > Administrar vínculos > Actualizar todo) y observar cómo se generan los pedidos ajustados. Las salidas incluyen la cantidad óptima de pedido (EOQ), inventario final proyectado, exceso o escasez por categoría y el valor total del nuevo inventario.

Visualización Final y Validación Mensual

El programa concluye con la visualización del plan de compras para el mes operativo. Este plan detalla lo que debe pedirse, cuánto se necesita reabastecer, qué referencias presentan agotamiento y cuáles deben ser depuradas. Las salidas también reflejan los cambios en el valor total del inventario y su alineación con la capacidad instalada.

Optimización Continua

El proceso valida la ejecución mensual del modelo a partir de la actualización de datos y la activación de macros. Cada ejecución permite al hospital simulado optimizar su inventario, reducir pérdidas por obsolescencia y anticiparse a escenarios de escasez o sobreabastecimiento. La articulación entre macros, funciones estadísticas e inteligencia aplicada demuestra la madurez del sistema para operar bajo un enfoque normativo ISO 55001.

Objetivo 4: Identificación del plan de reabastecimiento, compras y generación periódica de los ítems requeridos a partir de los análisis realizados, en el HSUSC con base en el PEGA de gestión de activos.

La gestión eficiente de inventarios en el Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali es clave para garantizar la continuidad académica y clínica. En alineación con el PEGA, se implementa un sistema predictivo basado en hojas de cálculo interactivas, que genera planes de compra ajustados al entorno operativo. La Ilustración 23 muestra cómo el modelo clasifica cada insumo según su comportamiento histórico y proyectado, utilizando criterios técnicos objetivos.

Ilustración 23

Clasificación operativa de insumos según rotación, movilidad y comportamiento ACF

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

HOSPITAL SIMULADO UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI											
Datos mensuales de Producción y/o Importaciones						Clasificación Push Pull Frozen					
Mes de: abril - 2025						Movilidad 30 Puntos					
						Rotación 20 Puntos					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ORDINAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN TEXTUAL	TIPO UNIDAD DE MEDIDA	Rotación = Compras doce meses / Inventario / Precio	Valor Indicador: Rotación, si es mayor o igual a 24 puntúa con 20; si es mayor a 12 puntúa con 10	24 meses	12 meses	6 meses	3 meses	Puntaje Movilidad: 30 para 4, 20 para tres, 10 para dos y 5 para uno	ACF
12	2689	Jabon Liquido	Unidad	0.000001	0	0	0	0	0	0	Si
13	2691	Jabon Para Manos	Unidad	0.000001	0	0	0	0	0	0	No
14	2740	Isodine Solucion	Galon	40	20	0	1	1	1	20	Si
15	2741	Isodine Espuma	Galon	0.000001	0	1	1	1	1	30	Si
16	2812	Extensivos De Anestesia	Unidad	0.000001	0	0	0	0	0	0	Si
17	2880	Cateter Intav. N° 24	Unidad	0.000001	0	0	0	0	0	0	Si
18	3082	Guañtes Caudos Talla M	Caja	1.02302E-07	0	0	0	0	0	0	No
19	3083	Guañtes Esteriles 6.5	Unidad	11.34375	0	1	1	1	1	30	Si
20	3086	Guañtes Esteriles 7.5	Unidad	0.000001	0	1	1	1	1	30	Si
21	3126	Cateter Intav. No 22	Unidad	0.000001	0	0	0	0	0	0	No

Nota: La ilustración presenta los puntajes individuales asignados a cada insumo conforme a los criterios técnicos establecidos: rotación (hasta 20 puntos), movilidad (hasta 30 puntos) y cumplimiento de correlación ACF (20 puntos). Esta evaluación permite ubicar cada referencia dentro de una de las tres categorías estratégicas: PULL, PUSH o FROZEN.

La implementación de este enfoque técnico refuerza la alineación del modelo con los principios del PEGA y con las mejores prácticas internacionales en gestión de activos.

Análisis del Sistema de Clasificación Operativa PULL, PUSH y FROZEN

La clasificación de insumos hospitalarios se realiza mediante macros en Excel que procesan datos proyectados de consumo entre abril y septiembre de 2025. Estas macros ejecutan funciones estadísticas y segmentan los ítems según su rotación, generando automáticamente tres grupos estratégicos: Pull, Push y Frozen. El proceso mejora la objetividad, reduce errores humanos y refleja el rol funcional de cada producto en el sistema hospitalario.

Criterios de agrupación de insumos

La metodología de clasificación divide los insumos según la demanda total acumulada. Los valores de corte se definen empíricamente tras observar la dispersión de los datos. Cada

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

grupo resultante responde a una lógica específica de consumo, criticidad y frecuencia de uso.

El análisis permite tomar decisiones fundamentadas en datos históricos y proyecciones realistas.

Grupo Pull – Demanda Alta y Constante

El grupo Pull agrupa insumos con demanda semestral superior a 500 unidades, caracterizados por alta rotación, consumo constante y criticidad operativa. Su gestión requiere abastecimiento continuo, revisiones frecuentes y niveles de seguridad definidos. Estos insumos, como guantes, jeringas y gases, pertenecen a áreas críticas y demandan políticas sólidas de reaprovisionamiento para evitar sobrealmacenamiento y garantizar la continuidad del servicio clínico.

Ilustración 24
Insumos categorizados como Pull

Portapapeles

Fuente

Alineación

Formato

Número

Estilos

Celdas

Edición

Complementos

Adobe Acrobat

DD255

</

Nota: La ilustración presenta ejemplos de insumos de alta rotación, entre ellos guantes estériles, jeringas de 10 ml y gases estériles. Estos productos muestran consumo constante y concentrado en áreas asistenciales críticas. La macro detecta más de 500 unidades proyectadas en seis meses.

Insumos Clasificados como Pull

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

La categoría Pull incluye insumos de rotación media-alta con consumo mensual regular y solicitudes frecuentes, lo que permite establecer patrones estables. El sistema recomienda mantener niveles sincronizados con los ciclos del hospital para asegurar disponibilidad sin generar excesos. Entre los insumos Pull se encuentran soluciones antisépticas, sondas, microporos y jeringas, cuya reposición se automatiza al detectar niveles críticos.

El pedido final se ajusta según inventario proyectado y consumo histórico, optimizando el abastecimiento y facilitando la planificación financiera. La Ilustración 25 muestra su subcategorización (A, C, etc.), que prioriza materiales según su impacto y frecuencia de uso.

Ilustración 25

Insumos clasificados como Pull tipo A, B, C, D, o O

<

Nota: La ilustración muestra un extracto del archivo automatizado de cálculos de inventario del Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali, enfocado en insumos tipo Pull. Se destacan datos como identificación del insumo, unidad de medida, clasificación Pull, frecuencia estimada de demanda, subcategoría, pedido final ajustado e inventario proyectado. Esta visualización refleja cómo el comportamiento histórico guía decisiones automáticas de reposición, garantizando disponibilidad sin generar sobrestock.

Grupo Push – Demanda Moderada y Planificada

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

El grupo Push incluye insumos con demanda acumulada entre 101 y 500 unidades, caracterizados por un consumo intermitente pero programable. Su gestión requiere planificación en ciclos amplios, sin necesidad de reposición constante. Estos insumos, como tubos endotraqueales, sondas, suturas y soluciones intravenosas, suelen usarse en procedimientos no urgentes, manteniendo una curva de consumo estable con variaciones menores, lo que exige ajustar las compras según estacionalidad y rotación.

Ilustración 26

Insumos categorizados como Push

ORDINAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN TEXTUAL	TIPO UNIDAD DE MEDIDA	Push	Pull	Frozen
128	1918	Seters Poliglicolinas 300 Ml	Unidad	Push		
144	1916	Asplocath No. 24	Unidad	Push		
171	13285	Cateter Vasocon Central Doble Lumen 8 Ft. X 20cm	Unidad	Push		
172	13287	Cateter Vasocon Central Triple Lumen 8 Ft. X 20cm	Unidad	Push		
173	13228	Jeringa Extensil 1ml	Unidad	Push		
183	13288	Asplocath Calibre 8 1/2g	Unidad	Push		
187	13313	Asplocath Calibre 14g	Unidad	Push		
188	13314	Asplocath Calibre 8 1/2g	Unidad	Push		
189	13315	Asplocath Calibre 8 1/2g	Unidad	Push		
191	13319	Kit Para Mediciones Preoperatorio	Unidad	Push		
193	13481	Asplocath Calibre 8 23g	Unidad	Push		
196	13571	Estilete De Intubacion Calibre 8ft	Unidad	Push		
200	13910	Clamp Universal	Unidad	Push		
201	14424	Seters Poliglicolinas 300 Calibre 200 Asploc	Unidad	Push		
202	14425	Seters Poliglicolinas 300 Calibre 370	Unidad	Push		
203	14426	Seters Poliglicolinas 25 Calibre 470	Unidad	Push		
214	14427	Seters Seda Recortada Calibre 1	Unidad	Push		

Nota: La ilustración muestra insumos de consumo intermedio como tubos endotraqueales, soluciones intravenosas y ciertos tipos de suturas. Estos productos se utilizan regularmente, aunque con menor frecuencia que los del grupo Pull. La macro determina una demanda acumulada entre 101 y 500 unidades.

Insumos clasificados como Push

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

El sistema clasifica como Push a los insumos con demanda constante y significativa, justificando un abastecimiento anticipado para garantizar su disponibilidad continua en el HSUSC. Esta categoría, la más numerosa, incluye 100 referencias. La clasificación se obtiene mediante macros especializadas que analizan consumo mensual, varianza y proyección, diferenciando los tipos A, B, C o D según patrones específicos, como se muestra en la Ilustración 27.

Ilustración 27

Insumos clasificados como Push subtipo A, B, C, o D

HOSPITAL SIMULADO UNIV										PULL			PUSH							
Datos mensuales de Producción y/o Importaciones										CLASIFICACIÓN FINAL			Tipo	Pedido final ajustado	Inventario Unidades que se tendrá al final del periodo	Veces que se tendrá a promedio o fin de mes	Mensaje alerta	Tipo	Pedido final ajustado	Inventario Unidades que se tendrá al final del periodo
Mes de mayo - 2025				Producto Tar	100	74	19													
1	2	3	4	75	20	0														
ORDINAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN TEXTUAL	TIPO UNIDAD DE MEDIDA	Push	Pull	Frozen														
19	3083	Guantes Esteriles 6.5	Unidad	Push																
20	3086	Guantes Esteriles 7.5	Unidad	Push																
38	4102	Papel Para Electrocardiografo	Unidad	Push																
60	5208	Angioplasty No. 24	Unidad	Push																
61	5209	Angioplasty No. 22	Unidad	Push																
80	6633	Algodon Torcedor 100gr Tipo Mariposa	Unidad	Push																
103	9275	Jeringa 1 ML	Unidad	Push																
110	3304	Angioplasty 8 18	Unidad	Push																
122	11019	Proctex No. 1	Unidad	Push																
128	15138	Seters Poliglobinas 300 ML	Unidad	Push																
144	11346	Angioplasty No. 24	Unidad	Push																
171	13225	Cateter Vaso Central Doble Lumen 0 Fr X 20cm	Unidad	Push																
172	13221	Cateter Vaso Central Triple Lumen 0 Fr X 20cm	Unidad	Push																
173	13228	Jeringa Entero 5ml	Unidad	Push																
183	13308	Angioplasty Catilero 8 16g	Unidad	Push																
187	13213	Angioplasty Catilero 14g	Unidad	Push																
191	41014	Angioplasty Catilero 8 17g	Unidad	Push																
Cálculos																				
Se encontraron 60 de 2500 registros										Accesibilidad es necesario investigar										

Nota: Nota. La ilustración presenta un extracto de insumos clasificados como Push mediante macros especializadas en Excel. Cada fila representa un insumo con demanda constante y significativa, recomendado para reabastecimiento anticipado. Se destacan variables como consumo mensual, clasificación por tipo (A, B, C o D) y pedido final ajustado, facilitando una gestión dinámica y eficiente del inventario hospitalario.

El campo “Pedido final ajustado” indica la cantidad sugerida para reabastecimiento tras comparar consumo histórico, inventario actual y proyección de cierre. Por ejemplo, los Guantes Estériles 7.5 (código 3086) registran un pedido de 216 unidades, calculado automáticamente con base en su demanda constante y clasificación tipo C. La variable “Tipo” (A, B, C o D) dentro de los Push permite priorizar insumos según su estabilidad y criticidad. Esta estrategia fortalece la planificación proactiva, asegura disponibilidad, reduce riesgos de ruptura y mejora la eficiencia operativa del hospital simulado.

Grupo Frozen – Baja Rotación o Demanda Irregular

El grupo Frozen agrupa insumos cuya demanda acumulada no supera las 100 unidades en seis meses. Estos elementos presentan rotación mínima, uso esporádico o aplicación restringida a casos excepcionales. El análisis muestra una elevada concentración de ítems en esta categoría, lo que implica riesgos de obsolescencia, expiración o inmovilización financiera.

La inclusión de insumos en el grupo Frozen exige una evaluación técnica justificada. Algunos productos cumplen requisitos normativos o corresponden a protocolos muy específicos. La revisión sugiere revisar periódicamente su utilidad clínica y estudiar su redistribución o baja. La macro permite detectar insumos sin demanda proyectada, cuya permanencia en inventario debe justificarse con evidencia institucional.

Ilustración 28

Insumos categorizados como Frozen

1	445	HOSPITAL SIMULADO UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI		60	104	281	445									
2																
3		Datos mensuales de Producción y/o Importaciones				CLASIFICACION FINAL										
4		Mes de mayo - 2025			Producto Ter	100	74	19								
5		1	2	3	4	75	20	0								
6		ORDINAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN TEXTUAL	TIPO UNIDAD DE MEDIDA	Push	Pull	Frozen								
7		130	1528	Seters Cataget Cromado M2	Unidad			Frozen	11,429	11,170	11,179	9,592	8,825	6,428		
8		131	1521	Seters Cataget Simple M2	Unidad			Frozen	178	177	177	176	172	171		
9		132	1522	Lubricante	Unidad			Frozen	PRONÓSTICOS							
10		133	1523	Casela Geddell No.0	Unidad			Frozen	mayo - 25	junio - 25	julio - 25	agosto - 25	#####	octubre - 25		
11		134	1524	Casela Geddell N.00	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
12		135	1525	Casela Geddell N.1.0	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
13		136	1526	Luzes Silicadas	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
14		137	1527	Gasket Cradon Talla 1	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
15		138	15903	Plato Para Calister	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
16		139	15304	Calister Capacidad 1000 MI	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
17		140	15305	Calister Capacidad 1500 MI	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
18		141	15306	Cepillo Limpieza Instrumental	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
19		142	15907	Tela Para Biombo Por Cerrojo	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
20		143	15945	Agua Esteril Inyectable 2.5 ML	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
21		145	15347	Bolsa Resorcione Para Ambe Adulto	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
22		146	15948	Bolsa Resorcione Para Ambe Pediatrica	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		
23		147	15949	Fanino Macro Gator	Unidad			Frozen	0	0	0	0	0	0		

Nota: La ilustración incluye ejemplos de insumos con demanda mínima o nula, como mascarillas faciales específicas, pinzas quirúrgicas de uso poco frecuente y dispositivos de monitoreo obsoletos. La macro agrupa estos elementos con una demanda acumulada igual o inferior a 100 unidades.

Insumos Clasificados como Frozen

El Excel presenta un total de 281 insumos que pertenecen exclusivamente a la categoría *Frozen*, los cuales se clasifican internamente según su tipo: A, B, C, D o 0 como se evidencia en Ilustración 29. Esta segmentación surge como resultado de ejecutar las macros automatizadas diseñadas en Excel, las cuales aplican filtros lógicos y ecuaciones matemáticas basadas en el comportamiento histórico de la demanda, el promedio de consumo mensual y el inventario residual esperado al final del período.

Ilustración 29**Clasificación de insumos tipo Frozen por subtipos A, B, C y D**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X												
1		445				60	104	281																											
				USC UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CHILE										HOSPITAL SIMULADO UNIV										FROZEN											
				Datos mensuales de Producción y/o Importaciones										CLASIFICACIÓN FINAL																					
				Mes de mayo - 2025										Producto Ter																					
				1 2 3										4										100 74 19											
				1 2 3										4										75 20 0											
				ORDINAL CÓDIGO DESCRIPCIÓN TEXTUAL										TIPO UNIDAD DE MEDIDA										Push Pull Frozen											
				16 2912 Extensiones De Anestesia										Unidad										Frozen											
				17 2990 Cateter Intrav. NF 24										Unidad										Frozen											
				18 3982 Gastes Creados Talla M										Caja										Frozen											
				21 3126 Cateter Intrav. No 22										Unidad										Frozen											
				22 3155 Bajalengas										Caja										Frozen											
				23 3239 Xifocinas Jules										Unidad										Frozen											
				24 3297 Sonda Vesical Foley #12										Unidad										Frozen											
				25 3238 Sonda Vesical Foley #14										Unidad										Frozen											
				26 4052 Juego De Llave Allen Medida Milimetrica - Stanley										Juego										Frozen											
				27 4053 Juego De Llave Allen Medida Pulgadas - Stanley										Juego										Frozen											
				29 4362 Agua Destilada Viales X 5ml										Unidad										Frozen											
				31 4407 Humidificadores Simples										Unidad										Frozen											
				32 4534 Sabanas										Unidad										Frozen											
				33 4537 Fundas										Unidad										Frozen											
				34 4514 Indicador Biologico										Caja										Frozen											
				35 4581 Taber Endotracheal Sin Balon 3.0										Unidad										Frozen											
				36 4680 Taber Endotracheal Sin Balon 4.0										Unidad										Frozen											

Nota: La ilustración presenta una captura del archivo maestro de análisis de inventarios en el Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali, específicamente en la hoja de cálculo correspondiente al mes de mayo de 2025. En la sección resaltada se observa la columna "Tipo" que indica la subclasificación de cada insumo Frozen (A, B, C o D), determinada automáticamente por las macros del archivo. Esta diferenciación permite identificar variaciones en la criticidad, frecuencia de uso o condiciones especiales de almacenamiento, con el fin de ajustar la planificación de pedidos y minimizar desperdicios

La distribución de los insumos muestra que 24 son tipo Frozen A, 50 tipo B, 71 tipo C, 99 tipo D y 37 tienen clasificación "Frozen 0". El tipo A incluye insumos críticos de uso esporádico que requieren al menos una unidad en stock. El tipo B corresponde a productos no esenciales con posible uso eventual, recomendando mantener mínimos. El tipo C refleja

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

rotación casi nula y bajo impacto, sugiriendo revisión para baja. El tipo D agrupa insumos sin consumo reciente, indicando obsolescencia activa. El valor “Frozen 0” representa casos sin condición clara, registros incompletos o en revisión.

Análisis de la clasificación por variabilidad y criticidad

La tabla de clasificación automática evalúa 445 referencias según su variabilidad y criticidad. La variabilidad se calcula como el cociente entre desviación estándar y consumo promedio en 18 meses, con hasta 20 puntos; baja variación favorece la categoría Push, mientras que una relación igual a 1 recibe puntaje nulo y tiende a clasificarse como Frozen. La criticidad suma hasta 10 puntos, y la puntuación total resultante orienta la clasificación operativa, como se muestra en la Ilustración 30.

Ilustración 30

Clasificación automática tentativa por SKU⁵ según variabilidad y criticidad

A

B

C

D

E

F

CP

CQ

CR

CS

CT

CU

CV

CW

CX

CY

CZ

1445



UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI

HOSPITAL SIMULADO UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI

Datos mensuales de Producción y/o Importaciones

Mes de

abril - 2025

Producto Term

Variabilidad 20 puntos

CRITICIDAD
10 puntos

TOTAL
PUNTOS
DE SKU

Clasificación
automática
tentativa del
programa

1

2

3

4

5

6

ORDINAL

CÓDIGO

DESCRIPCIÓN TEXTUAL

TIPO UNIDAD
DE MEDIDA

Desviación
estándar de
los últimos
18 meses

Promedio de
los últimos
18 meses

Variabilidad
o Nivel

Puntos por -
Variabilidad
= Desviación
/Promedio

12

2689

Jabon Liquido

Unidad

0.00

1000000.00

1.00

0

0

0

Frozen

13

2691

Jabon Para Manos

Unidad

0.00

1000000.00

1.00

0

0

0

Frozen

14

2740

Isodine Solucion

Galon

2.07

2.22

0.93

0

60

60

Pull

15

2741

Isodine Espuma

Galon

1.81

3.33

0.54

0

50

50

Pull

16

2812

Extensiones De Anestesia

Unidad

0.00

1000000.00

1.00

0

10

10

Frozen

17

2880

Cateter Intra. N° 24

Unidad

0.00

1000000.00

1.00

0

10

10

Frozen

18

3082

Guantes Crudos Talla M

Caja

0.00

1000000.00

1.00

0

10

10

Frozen

19

3083

Guantes Esteriles 6.5

Unidad

177.89

1596.39

0.11

20

80

80

Push

20

3086

Guantes Esteriles 7.5

Unidad

103.69

1538.89

0.07

20

80

80

Push

21

3126

Cateter Intra. No 22

Unidad

0.00

1000000.00

1.00

0

10

10

Frozen

Cálculos



Listo

 Accesibilidad: es necesario investigar

879

Nota. La ilustración muestra un fragmento del archivo Cálculos Producto Terminado, donde se aplica la metodología de clasificación automática de insumos. Se incluyen columnas con la desviación estándar, promedio de

⁵ SKU: Stock Keeping Unit, Unidad de Mantenimiento de Inventario o Unidad de Almacenamiento. Es un código único que se asigna a cada producto individual (o variante de producto) en un inventario para poder identificarlo, rastrearlo y gestionarlo fácilmente.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

consumo, nivel de variabilidad, puntos asignados, criticidad, puntaje total y categoría final (Push, Pull o Frozen), permitiendo visualizar cómo el modelo evalúa el comportamiento histórico de cada referencia.

La alta proporción de insumos clasificados como Frozen refleja patrones de consumo inestables o estáticos, propios del entorno hospitalario, aunque conlleva riesgos logísticos y financieros que requieren control y reevaluación. En contraste, los insumos Push presentan baja variabilidad y alta puntuación, lo que permite aplicar políticas de reabastecimiento eficientes con menor riesgo de exceso.

Los insumos Pull, con demanda constante pero mayor variabilidad, exigen planificación cuidadosa basada en pronósticos y compras mensuales. Esta clasificación diferenciada permite ajustar el abastecimiento según el comportamiento operativo de cada referencia.

Plan General de Compras

El plan general de compras es un instrumento estratégico que centraliza los resultados generados por macros en Excel, permitiendo calcular indicadores clave como demanda proyectada, inventario de seguridad, inventario final estimado y pedido final ajustado. Esta matriz organiza la información según la clasificación de insumos Pull, Push y Frozen, como se muestra en la Ilustración 31.

Ilustración 31

Plan general de compras

2	B	E	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FO	FR	FS
1									10,507		445		10,507
2										\$ 1,014,422,752		\$ 2,168,643,267	
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													

Nota: La ilustración muestra una vista consolidada del modelo automatizado en Excel, donde se integran datos como demanda promedio, políticas de reposición, tipo de insumo e inventarios (actual, inicial y nuevo). Esta herramienta permite calcular el pedido final ajustado y su valor económico, guiando las decisiones de abastecimiento según la clasificación operativa Push, Pull y Frozen.

El campo “pedido final ajustado” representa el resultado de un modelo de planificación que integra la política de reposición, el inventario actual y la demanda futura estimada. Funciona como mecanismo de corrección dinámica, indicando si se requiere o no una orden de compra. En insumos Pull, la alta frecuencia de consumo genera pedidos más regulares, mientras que en Push, los pedidos responden a eventos programados.

Los insumos Frozen se ajustan según su clasificación ABCD, permitiendo discriminar su comportamiento logístico. El análisis del plan evidencia una integración eficaz entre planificación táctica y confiabilidad operativa, alineándose con la Norma ISO 55001 y fortaleciendo la gestión del ciclo de vida de los activos del hospital simulado.

Objetivo 5: Formulación de parámetros e indicadores de evaluación y monitoreo, del sistema informático propuesto de gestión de inventarios del HSUSC, en su fase de PEGA, una vez sea implementado parcial o totalmente

Los indicadores de desempeño son herramientas esenciales en la gestión de inventarios, ya que transforman los datos operativos en información cuantificable que respalda el análisis técnico y la toma de decisiones. En el HSUSC, estos indicadores permiten evaluar el rendimiento del software predictivo diseñado para automatizar el plan de compras y optimizar el inventario.

Además, ayudan a verificar el cumplimiento de objetivos, detectar desviaciones en el abastecimiento y estimar su impacto sobre los recursos. Su incorporación refuerza el control técnico, mejora la trazabilidad y alinea el sistema con la Norma ISO 55001, favoreciendo la sostenibilidad institucional a través de un ciclo de mejora continua basado en evidencia. A continuación, se presentan los indicadores propuestos junto con sus respectivas fórmulas.

Indicadores propuestos para evaluar el desempeño del plan

Cumplimiento del Plan de Abastecimiento

Este indicador permite verificar la alineación entre la planificación proyectada y la ejecución real de los pedidos. Su cálculo se basa en la proporción de pedidos realizados conforme al plan frente al total previsto. Su cálculo se basa en la comparación entre los pedidos efectivamente realizados y las recomendaciones automáticas generadas por el archivo Cálculos Producto Terminado.xlsm.

Ecuación 10. Cumplimiento del plan de compras

$$\text{Cumplimiento (\%)} = \frac{\text{Pedidos realizados segun plan}}{\text{Total de pedidos planificados}} \times 100$$

La integración de este indicador facilita el control del grado de seguimiento que tiene la ejecución real frente a la planificación mensual propuesta por el modelo.

Inventario proyectado vs. consumo histórico

Este indicador permite verificar si las cantidades proyectadas como inventario final cubren adecuadamente la demanda histórica reciente. El sistema proporciona ambos datos: el inventario proyectado al cierre del periodo en el archivo pullT.xlsm y el consumo real registrado en el mes anterior en Datos mensual.xlsx.

Ecuación 11. Inventario proyectado vs. consumo histórico

$$\text{Cobertura proyectada (\%)} = \frac{\text{Inventario proyectado al cierre}}{\text{Consumo real del mes anterior}} \times 100$$

El valor resultante permite anticipar desajustes entre la planificación del stock y los patrones reales de consumo.

Clasificación operativa por rotación

Este indicador refleja la proporción de ítems que el sistema clasifica automáticamente en las categorías operativas: Pull, Push o Frozen, de acuerdo con su comportamiento de rotación, criticidad y movilidad.

Ecuación 12. Clasificación operativa por rotación (Pull, Push, Frozen)

$$\text{Porporcion por categoria (\%)} = \frac{\text{Numero de item en categoria}}{\text{Numero total de items evaluados}} \times 100$$

Nota: Mide la proporción de ítems que se clasifican automáticamente en cada categoría, con base en el comportamiento de consumo.

Los archivos PullT.xlsm, PushT.xlsm y FrozenT.xlsm contienen la información necesaria para calcular esta métrica, que permite analizar la distribución estratégica del inventario.

Variación mensual del valor total del inventario

Este indicador cuantifica el cambio en el valor económico del inventario entre dos periodos consecutivos, permitiendo identificar tendencias de acumulación o reducción de stock. La información proviene de los registros de valor total del inventario disponibles en Cálculos Producto Terminado.xlsm y Datos Mensual.xlsx.

Ecuación 13. Variación mensual del valor total del inventario

$$\text{Valoracion del inventario} = \text{Valor actual} - \text{Valos mes anterior}$$

Nota: Evalúa el cambio en el valor total del inventario entre dos meses consecutivos.

El resultado puede interpretarse como un indicio de eficiencia en la reposición y planificación de compras.

Cantidad recomendada vs. demanda estimada

Este indicador analiza la coherencia entre la cantidad sugerida por el sistema para ser pedida (CPRI) y la demanda proyectada (PDPP) para el mismo periodo. Ambos datos se encuentran en la hoja principal del archivo Cálculos Producto Terminado.xlsm.

Ecuación 14. Cantidad recomendada vs. demanda estimada

$$\text{Relacion cantidad – demanda (\%)} = \frac{\text{Cantidad recomendada}}{\text{demanda estimada}} \times 100$$

Nota: Compara la cantidad de pedido final calculada por el sistema con la demanda proyectada en el mismo mes.

Este análisis permite identificar posibles desbalances en la fórmula de asignación múltiple y ajustar los parámetros en función del comportamiento observado.

Mejora continua

Para facilitar su implementación, cada indicador requiere que el sistema automatizado registre y procese los datos clave a través de los archivos de Excel diseñados (PullT.xlsm, PushT.xlsm, FrozenT.xlsm, Cálculos Producto Terminado.xlsm). La información histórica consolidada en "Datos Mensual.xlsx" debería servir como base para el análisis de tendencias, patrones de consumo y planificación anticipada.

Además, el presentar los resultados mediante un Cuadro de Mando Integral alineado con la Norma ISO 55001 usando de ejemplo la Ilustración 32, acompañado de visualizaciones gráficas facilita la interpretación por parte del equipo directivo.

Ilustración 32

Cuadro de Mando Integral - ISO 55001

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Eje de Gestión	Indicador Técnico	Objetivo ISO 55001 relacionado	Fuente de datos	Frecuencia	Responsable
Desempeño operativo	Cumplimiento del plan de compras	Asegurar la planificación eficaz del abastecimiento	Cálculos Producto Terminado.xlsm	Mensual	Coordinador logístico
Desempeño operativo	Cobertura proyectada vs. consumo histórico	Garantizar la disponibilidad de insumos críticos	PullT.xlsm, Datos Mensual.xlsx	Mensual	Supervisor académico
Gestión financiera	Variación del valor total del inventario	Optimizar el uso del capital de trabajo	Cálculos Producto Terminado.xlsm	Mensual	Administrador financiero
Gestión financiera	Relación cantidad recomendada / demanda estimada	Evitar sobre costos por sobrestock o desabastecimiento	Cálculos Producto Terminado.xlsm	Mensual	Analista de compras
Sostenibilidad de activos	Proporción de ítems en categoría Pull / Push / Frozen	Clasificar técnicamente los activos según su comportamiento de uso	PullT.xlsm, PushT.xlsm, FrozenT.xlsm	Trimestral	Ingeniero biomédico
Mejora continua	Consolidación de indicadores para revisión PDCA	Implementar acciones correctivas y ajuste de parámetros	Consolidados del sistema Excel	Trimestral	Comité técnico de gestión

El seguimiento continuo a través del ciclo de mejora PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) permite ajustar progresivamente la estrategia de abastecimiento y consolidar una cultura institucional basada en la gestión técnica del inventario.

Objetivo 6: Conclusiones

Conclusión del Objetivo 1: Fundamento técnico del sistema

La estructuración del sistema de inventarios del HSUSC demuestra que es posible adaptar herramientas técnicas como el ROP, el EOQ y la clasificación ABC/VEN a un entorno académico-clínico.

El modelo incorpora metodologías como Pull, Push, MTS, MTO y MTF, permitiendo que las decisiones de compra se fundamenten en datos históricos y criterios operativos. Esta adaptación favorece la trazabilidad, el uso racional del inventario y la sostenibilidad operativa, todo ello bajo principios definidos por la norma ISO 55001.

La siguiente tabla resume los aspectos implementados durante el desarrollo del Objetivo 1, destacando su enfoque técnico, funcionalidad operativa y valor generado en el contexto de la gestión de inventarios hospitalarios conforme a la norma ISO 55001.

Tabla 5. Aspectos implementados en el desarrollo del Objetivo 1

Aspecto implementado	Descripción técnica del Aspecto implementado	Valor generado
Integración de un marco técnico completo	Establece un sistema basado en metodologías Push, Pull, MTS, MTO y MTF, junto a herramientas como ROP, EOQ y clasificación ABC/VEN.	Aplica un modelo medible y técnico al contexto hospitalario.
Alineación con la norma ISO 55001 y Resolución 1403	Traduce requisitos normativos en criterios operativos como trazabilidad, gestión de riesgos y mejora continua.	Asegura cumplimiento auditable y estandarizado.

Cálculo del ROP	Aplica fórmulas ajustadas a la variabilidad de demanda y lead time, diferenciando ítems por criticidad.	Mejora la precisión en la reposición y reduce quiebres o excesos.
Aplicación del modelo EOQ ajustado	Integra criticidad, rotación y costos con la clasificación ABC para determinar cantidades óptimas.	Equilibra disponibilidad operativa con eficiencia financiera.
Método de Asignación Múltiple	Calcula pedidos considerando inventario real, demanda proyectada y errores históricos.	Supera modelos clásicos y ajusta decisiones al contexto real.
Establecimiento de inventario máximo y stock de seguridad	Define niveles con base en desviación y comportamiento histórico de la demanda.	Controla sobrestock, reduce obsolescencia y optimiza el espacio.
Análisis entre capital de trabajo y nivel de servicio	Relaciona inversión con cobertura de inventario y establece umbrales óptimos.	Apoya decisiones estratégicas y evita sobreinversión.
Diseño de una metodología replicable	Plantea un proceso paso a paso: diagnóstico, clasificación, estrategia, cálculo, ejecución y evaluación.	Facilita la replicabilidad y mejora continua del modelo.

La tabla presenta los aspectos implementados durante el desarrollo del Objetivo 1, organizados por su denominación técnica, su descripción funcional y el valor operativo que aportan al modelo. Cada aspecto responde a la adaptación de herramientas de gestión alineadas con la Norma ISO 55001 y ajustadas al entorno logístico del Hospital Simulado de la Universidad Santiago de Cali. (Fuente propia)

Conclusión del Objetivo 2: Diagnóstico del sistema actual

El desarrollo del Objetivo 2 permite identificar doce brechas estructurales en la gestión de inventarios del HSUSC frente a los lineamientos de la norma ISO 55001. Entre estas brechas se encuentran la ausencia de clasificación técnica, la falta de codificación unívoca, la dependencia de registros físicos, la inexistencia de parámetros cuantitativos y la carencia de un sistema informatizado con KPIs operativos. Estas debilidades comprometen la trazabilidad, la eficiencia operativa y la vinculación del inventario con los objetivos pedagógicos e institucionales.

La caracterización funcional del hospital evidencia un modelo logístico manual, fragmentado y dependiente del conocimiento empírico. Este diagnóstico justifica la necesidad

de transformar el sistema actual mediante herramientas técnicas automatizadas que garanticen continuidad, control y alineación estratégica.

Como respuesta, se propone una solución basada en macros de Excel que automatiza el cálculo del ROP, EOQ y la clasificación ABC. El sistema incorpora un módulo de análisis histórico que permite anticipar la demanda, segmentar los insumos en categorías Pull, Push y Frozen, y evitar sobre costos por compras reactivas. Además, la propuesta define parámetros técnicos como niveles mínimos y máximos, frecuencias de revisión y codificación estructurada, convirtiendo el modelo empírico en una herramienta estratégica sustentada en evidencia cuantitativa.

Conclusión del Objetivo 3: Implementación del modelo predictivo

La implementación del sistema automatizado permite integrar pronóstico, clasificación y cálculo de abastecimiento en una arquitectura modular construida en Excel. Este modelo consolida múltiples funciones analíticas y operativas que operan de forma continua y coherente.

La combinación de archivos como ACF!.xlsm, Poisson.xlsm y TránsitoT.xlsm asegura la conectividad de los módulos, proyecta necesidades con precisión y mantiene la trazabilidad de cada insumo. Esta estructura demuestra que con herramientas accesibles y principios técnicos sólidos es posible desarrollar un sistema replicable y confiable.

Tabla 6. Aspectos implementados en el desarrollo del Objetivo

Aspecto implementado	Descripción técnica	Valor generado
----------------------	---------------------	----------------

Diagnóstico de debilidades	Identifica ausencia de codificación, trazabilidad y parámetros técnicos en el sistema actual.	Evidencia brechas críticas frente a ISO 55001 y orienta la propuesta.
Sustitución del modelo empírico	Reemplaza controles manuales por procesos automatizados basados en datos reales.	Mejora el control, la precisión y reduce la dependencia del juicio individual.
Codificación técnica de inventario	Introduce nomenclaturas estructuradas por categoría, criticidad y comportamiento de consumo.	Facilita la trazabilidad y estandariza el sistema de registro.
Clasificación operativa ABC/VEN	Segmenta insumos por rotación, criticidad y nivel de consumo con criterios técnicos.	Prioriza decisiones de compra y mejora la eficiencia del abastecimiento.
Automatización del análisis	Aplica macros que calculan EOQ, ROP y asignación proyectada.	Optimiza el tiempo operativo y reduce el margen de error humano.
Estandarización de procesos	Establece parámetros cuantitativos para decisiones de reposición y control.	Mejora la transparencia y fortalece la gestión del ciclo de vida del inventario.
Alineación con la ISO 55001	Integra requisitos de planificación, documentación y gestión del riesgo.	Valida la propuesta técnica conforme a estándares internacionales.

Nota. La tabla resume los aspectos implementados durante el desarrollo del Objetivo 3, enfocados en sustituir el modelo empírico por un sistema técnico automatizado. Cada componente responde a las brechas identificadas y fortalece la trazabilidad, la planificación y la conformidad con la norma ISO 55001. (Fuente propia)

Conclusión del Objetivo 4: Clasificación y plan de compras

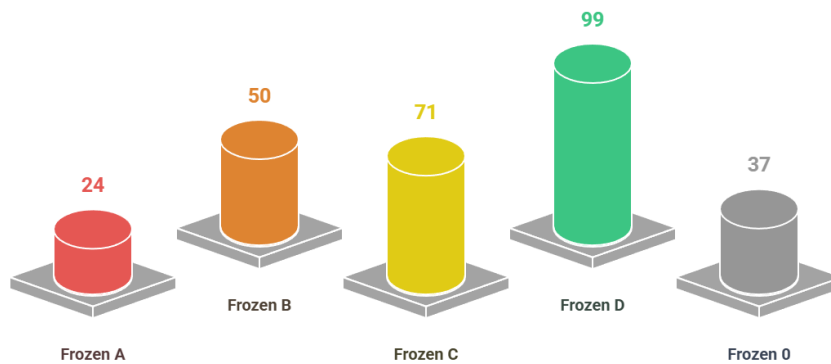
La clasificación técnica del inventario permite dividir 445 referencias en categorías Pull, Push y Frozen. Este resultado refleja un patrón de uso diferenciado y permite aplicar políticas específicas de reposición.

El grupo Frozen representa el 63% del total de referencias y requiere revisión, mientras que Push y Pull integran insumos de consumo programable y frecuente, respectivamente. El sistema estima un “pedido final ajustado” que se adapta a la criticidad, la proyección de

consumo y el inventario disponible. Esta variable mejora la eficiencia del abastecimiento mensual y optimiza el capital inmovilizado.

Ilustración 33

Distribución insumos Frozen

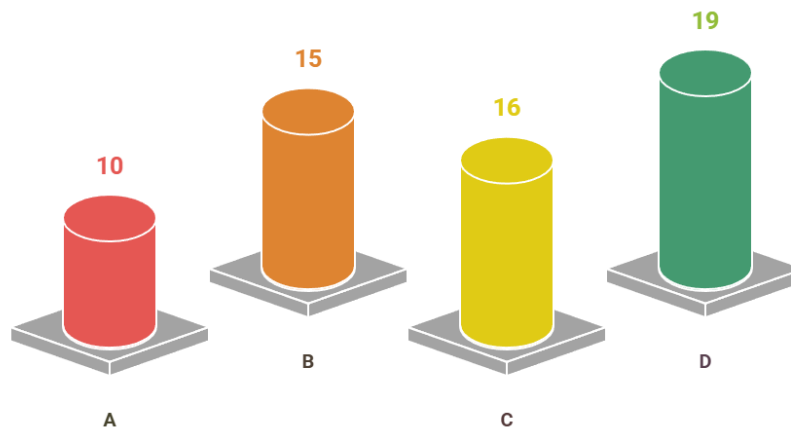


Nota: Se registran 281 insumos clasificados como Frozen, distribuidos en cinco subtipos: A, B, C, D y 0. Los tipos A y B incluyen productos críticos o eventuales, que requieren unidades mínimas disponibles. Los tipos C y D agrupan insumos con rotación nula o consumo inexistente, lo que sugiere obsolescencia o necesidad de baja. El tipo "Frozen 0" corresponde a registros en revisión o sin clasificación definida.

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

Ilustración 34

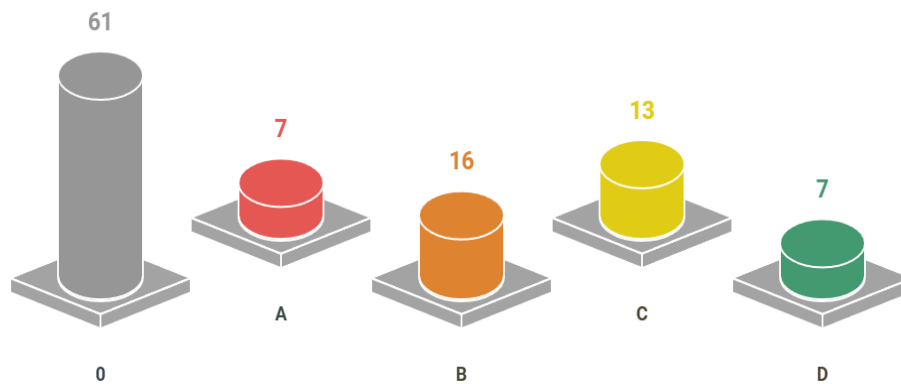
Distribución insumos PUSH



Nota: El análisis de los 60 insumos tipo Push evidencia una clasificación técnica por niveles de criticidad: 10 de alta (Tipo A), 15 de prioridad media (Tipo B) y 16 de baja rotación (Tipo C). Esta segmentación permite asignar recursos según impacto operativo y frecuencia de uso. Los insumos Tipo A requieren stock de seguridad activo, mientras los Tipo C deben ser revisados periódicamente para reducir sobrecostos. La metodología aplicada garantiza disponibilidad y eficiencia al alinear la gestión con las necesidades reales del HSUSC.

Ilustración 35

Distribución insumos PULL



Nota: Los 104 insumos clasificados como Pull presentan una segmentación que revela oportunidades de mejora en la gestión operativa. De ellos, 61 no tienen clasificación definida, lo que indica la necesidad urgente de estandarización y depuración de registros. Los 7 insumos tipo A son esenciales para prácticas frecuentes y requieren mantener stock prioritario. Los 36 restantes, ubicados en las categorías B, C y D, deben ser revisados periódicamente para ajustar sus cantidades a la demanda real. Esta estructura permite optimizar recursos formativos, asegurando disponibilidad sin generar exceso de inventario.

Conclusión del Objetivo 5: Evaluación mediante indicadores técnicos

El sistema de inventarios del HSUSC incorpora indicadores que permiten evaluar su funcionamiento de forma técnica, medible y alineada con los principios del PEGA y la Norma ISO 55001. Estos parámetros validan la planificación, controlan el abastecimiento y respaldan la toma de decisiones estratégicas a partir del comportamiento real del sistema.

El modelo establece cinco indicadores clave que se integran en los archivos operativos del sistema predictivo. Cada métrica se formula mediante ecuaciones cuantitativas en Excel, apoyadas en los datos procesados por los archivos Cálculos Producto Terminado.xlsm, PullT.xlsm, PushT.xlsm, FrozenT.xlsm y Datos Mensual.xlsx. Esta estructura permite monitorear el desempeño una vez el sistema se encuentre operando.

El indicador de cumplimiento compara las cantidades sugeridas por el sistema con las órdenes de compra efectivamente ejecutadas. Este cálculo expresa el nivel de adherencia a la planificación y facilita detectar desviaciones operativas. Por su parte, la proyección de inventario contrasta el stock estimado al cierre del mes con el consumo real anterior, anticipando riesgos de desabastecimiento y habilitando decisiones correctivas.

El análisis de clasificación operativa muestra la distribución técnica de los insumos según su rotación y criticidad. El sistema categoriza automáticamente 445 ítems en Pull, Push o Frozen, generando una base cuantitativa que puede ser evaluada periódicamente por la institución. Asimismo, el valor económico del inventario se monitorea mensualmente, lo que permite calcular reducciones en el stock y valorar su impacto financiero, como se observa en los registros comparativos por mes.

Finalmente, la integración de estos indicadores en un Cuadro de Mando Integral refuerza la mejora continua. La estructura de análisis se articula con el ciclo PDCA y facilita una visualización estratégica del desempeño del sistema, fortaleciendo el control técnico y la sostenibilidad operativa bajo criterios ISO 55001.

Conclusión final del sistema

La implementación del sistema predictivo de gestión de inventarios en el Hospital de Simulación Clínica de la Universidad Santiago de Cali constituye una solución técnica, estratégica y replicable que transforma el modelo operativo tradicional. A partir de un diagnóstico detallado, se identifican debilidades estructurales como la falta de trazabilidad, la inexistencia de codificación técnica y la ausencia de criterios objetivos para la reposición de insumos.

El modelo responde a estas brechas mediante la integración de metodologías como ROP, EOQ, clasificación ABC, MTS, MTO y MTF, adaptadas al contexto hospitalario. La arquitectura modular del sistema permite clasificar una muestra de 445 referencias, de las cuales el 63.1 % corresponde a ítems tipo Frozen, 100 a la categoría Push y el resto a Pull. Esta clasificación genera un plan mensual de compras ajustado a la demanda real, eliminando subjetividad, reduciendo obsolescencia y optimizando el capital de trabajo.

El sistema automatiza procesos clave, disminuye errores humanos y fortalece la trazabilidad operativa. Entre sus beneficios se encuentra la liberación de capital inmovilizado, la mejora en la planificación táctica y financiera, y la alineación normativa con los principios del PEGA y los requisitos de la norma ISO 55001. Estos resultados refuerzan la sostenibilidad logística y garantizan la disponibilidad de insumos esenciales.

Asimismo, se formula un conjunto de indicadores técnicos diseñados para ser aplicados en futuras fases de seguimiento. Estos parámetros permiten medir el cumplimiento del plan de compras, la rotación de inventario, el comportamiento del capital inmovilizado y la coherencia entre la demanda estimada y las cantidades solicitadas. Este esquema de control respalda un modelo de mejora continua articulado con el ciclo PDCA.

En conjunto, el sistema propuesto representa una herramienta realista y basada en datos, capaz de adaptarse a otros hospitales universitarios. Su implementación fortalece la gestión de activos, posiciona al hospital como referente en eficiencia logística educativa y consolida un modelo institucional alineado con los objetivos pedagógicos del HSUSC.

Resultados

El Plan Estratégico Cognitivo implementado en el HSUSC permite transformar un sistema logístico empírico y manual en un modelo predictivo, automatizado y técnicamente alineado con los principios del PEGA y la norma ISO 55001.

La aplicación de metodologías Push, Pull y Frozen, junto con modelos como MTS, MTO y MTF, garantiza decisiones fundamentadas en datos reales, reduciendo significativamente los excesos, faltantes y obsolescencias.

Este enfoque fortalece la trazabilidad, la planificación y la sostenibilidad operativa, facilitando una mejora continua que posiciona al hospital como referente académico en gestión de activos clínicos.

Demostración del logro de los objetivos

La implementación del Plan Estratégico Cognitivo en el HSUSC demuestra el cumplimiento integral de los objetivos propuestos. El desarrollo conceptual y técnico de la gestión de inventarios se consolidó mediante modelos como ROP, EOQ y los sistemas Push y Pull, alineándose con la Norma ISO 55001 y el PEGA. Esta base permitió transformar un sistema logístico manual y empírico en un modelo estructurado, automatizado y normativamente sólido.

El diagnóstico inicial reveló deficiencias críticas como la falta de trazabilidad, control técnico y digitalización, que fueron abordadas mediante la creación de un sistema predictivo con macros en Excel. Esta herramienta permitió clasificar insumos según su comportamiento operativo, proyectar escenarios de consumo y generar planes de compra ajustados, reduciendo significativamente excesos, faltantes y obsolescencias.

La implementación de indicadores de monitoreo permite verificar el cumplimiento del plan, comparar inventario proyectado con consumo histórico y medir la eficiencia del sistema, promoviendo la mejora continua. En conjunto, los objetivos del plan no solo se cumplieron, sino que se tradujeron en soluciones operativas que fortalecen la sostenibilidad técnica y académica del hospital simulado.

Logros de cada uno de los objetivos

Uno

Se logra una base sólida de gestión al integrar teorías operativas, metodologías de planificación y normativas internacionales, articuladas en una propuesta técnica y sustentada.

Dos

Se diagnostica el estado actual de los inventarios, se detectan falencias críticas (falta de trazabilidad, control técnico y digitalización) y se proponen mejoras viables y de bajo costo con respaldo normativo.

Tres

Se estructura un sistema predictivo modular que emplea macros y funciones estadísticas avanzadas, permitiendo segmentar los insumos, anticipar la demanda y mejorar las decisiones de compra.

Cuatro

Se implementa una clasificación operativa real basada en macros que asignan de forma automática los insumos a las categorías Pull, Push y Frozen, permitiendo generar un plan general de compras validado por comportamiento histórico.

Cinco

Se formulan indicadores técnicos específicos y vinculados a los datos del sistema, permitiendo evaluar el desempeño del modelo, su alineación con la norma ISO 55001 y el impacto de las decisiones en el valor económico del inventario.

Conclusiones de objetivos

Conclusión Objetivo 1: El sistema propuesto logra traducir conceptos técnicos complejos en una estructura funcional de gestión hospitalaria, sustentada en la norma ISO 55001 y en modelos reconocidos internacionalmente.

Conclusión Objetivo 2: El análisis diagnóstico evidencia la urgencia de transformación logística y valida la viabilidad del prototipo propuesto como solución estratégica.

Conclusión Objetivo 3: La herramienta predictiva desarrollada demuestra un alto nivel de aplicabilidad, permitiendo proyecciones confiables, segmentación precisa y una toma de decisiones operativa automatizada.

Conclusión Objetivo 4: La clasificación estratégica de insumos establece una base objetiva para la planificación mensual de compras, adaptada a la realidad del consumo hospitalario y reduciendo desperdicios.

Conclusión Objetivo 5: La integración de indicadores clave fortalece la trazabilidad, permite monitorear el impacto del sistema y favorece la toma de decisiones correctivas bajo un enfoque de mejora continua.

Referencias

- Acquah, K. S. (24 de Febrero de 2024). The role of effective inventory management practices on organizational performance: a case of Tarkwa municipal hospital, western region, Ghana. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 1628-1638.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0612>
- Almahdy, I., Kholil, M., Haekal, J., y Widodo, T. (Septiembre de 2021). Control Analysis of Medicine Inventories Using ABC, VEN, and EOQ Approach in Pharmaceutical Companies. *International Journal of Scientific Advances*, 2(2), 708-712.
<https://doi.org/DOI: 10.51542/ijscia.v2i5.6>
- Anjan, B., y Bhuvana, D. (9 de Marzo de 2024). Revolutionizing Healthcare Supply Chains: Implementing Integrated. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(3), 1895-1899. <https://doi.org/https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0324.0721>
- Ankita, S., Sanjeev, R.-K., y Kabita, B. (31 de marzo de 2022). Inventory control: Its principles and application. *Indian Journal of Community Health*, 34(1), 14-19.
<https://doi.org/https://doi.org/10.47203/IJCH.2022.v34i01.004>
- Ardila, M. I.-M., Orozco, W.-M., Galeano, J.-E., y Medina, A. M.-E. (29 de Junio de 2018). Desarrollo de software para la gestión del mantenimiento en los laboratorios de la I.U. Pascual Bravo. *Revista CINTEX*, 23(1), 43-50.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33131/24222208.307>
- Ballou, R. H. (2003). *Business Logistics - Ssupply Chain Management* (Quinta ed.). New Jersey, Estados Unidos de América: Prentice Halll.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro* (Quinta ed.). (E. Q. Duarte, Ed.) México, México: Pearson Educación. Retrieved 6 de Marzo de 2025, from <https://www.academia.edu/>

Ballou, R. H. (2004). *Logística - Administración de la cadena de Suministro* (Quinta ed.). (C. M. Díaz, Trad.) Ciudad de México, Distrito Federal - Estado de México, República de México: Pearson Educación.

Beniacoub, F., Ntwari, F., Niyonkuru, J.-P., Nyssen, M., y Van Bastelaere, S. (27 de Febrero de 2021). Evaluating a computerized maintenance management system in a low resource setting. (K.-P. L. Magdalena Stoeva, Ed.) *Health and Technology*, 11, 655-661.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12553-021-00524-y>

Benjamin, N. V., y Schmidt, C. P. (21 de Agosto de 2021). Point-of-use hospital inventory management with inaccurate usage capture. *Health Care Management Science*, 25(1), 126-145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10729-021-09573-1>

Bhargav, K., Rajesh, K., Jibu, T., Karan, G., y Abhishek, P. (29 de Octubre de 2020). An analysis of the Inventory Level of Consumables in the Wards of a Tertiary Care Teaching Hospital in South India. (I. J. Toxicology, Ed.) *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 14(4), 286-291.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37506/ijfmt.v14i4.11486>

Bialas, C., Revanoglou, A., y Manthou, V. (22 de Noviembre de 2019). Improving hospital pharmacy inventory management using data segmentation. *American journal of health-system pharmacy: AJHP: official journal of the American Society of Health-System Pharmacists*, 77(5), 371-377. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1093/ajhp/zxz264>

Bueno, S. K.-T. (2017). *Propuesta de mejora en la gestion de inventarios del activo fijo para el incremento de recursos estrategicos del hospital III*. Tesis, Universidad Nacional de San Angustin, Facultad de ingenieria de produccion y servicios, Arequipa – Perú. Retrieved 25 de 02 de 2025, from
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bb10332d-d33c-4cc9-8afb-275fc1257898/content>

- Calle, A., Aviles, E., y Baque, E. (10 de Marzo de 2024). El papel de la analítica predictiva en la anticipación de cambios en el entorno empresarial. *Ciencia y Desarrollo*, 27(2), 43-54.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v27i2>
- Campos, X. O.-E., y Campos, J. E.-R. (12 de Diciembre de 2024). Optimización de la gestión de inventarios y procedimientos en el departamento de compras y almacenes: Un estudio de caso en empresa papelera del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 923-935. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.14862
- Cárcel, J. -C., Albiol-Ibañez, J. R., Salas-Vidente, F., Pascual -Guillamón, M., & Martínez - Corral, A. (14 de Marzo de 2022). Efecto de la mala gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento, análisis de casos. (3ciencias, Ed.) *3C Teccnología Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 11(1), 89-107.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17993/3ctecno/2022.v11n1e41.89-107>
- Chandra, C., y Kumar, S. (1 de Abril de 2000). Supply chain management in theory and practice: A passing fad or a fundamental change? *Industrial Management & Data Systems*, 100(3), 100-114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/02635570010286168>
- Charnetski, M., Jarvill, M., y INACSL Standards Committee. (Septiembre de 2021). Healthcare Simulation Standards of Best Practice Operations. *Clinical Simulation in nursing*, 58, 33-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecns.2021.08.012>
- Chopra, S. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7 ed.). Estados Unidos: Pearson Education. Retrieved 17 de 03 de 2025, from https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292257914_A37747604/preview-9781292257914_A37747604.pdf
- Cornejo, D. -G. (2016). *Análisis de la falta de control en el sistema de inventarios y logística de la empresa Fármaco Veterinaria S.A. Favesa de la ciudad de Guayaquil en el periodo 2010-2014*. Tesis, Universidad Politecnica Salesiana, Carrera de administracion de

empresas, Guayaquil - Ecuador. Retrieved 25 de 02 de 2025, from

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12631>

Da Silva, R. (27 de febrero de 2016). *4 Pasos para empezar a Planificar la Demanda en una PYME*. Retrieved 27 de Febrero de 2025, from planificacion de la demanda:

<https://www.planificaciondelademanda.com/4-pasos-empezar-planificar-la-demanda-una-pyme/>

Dellaert, N., y Poel, E. V. (1 de Enero de 1996). Global inventory control in an academic hospital. (R. W. Grubbstrom, H. H. Hinterhuber, y J. Lundquist, Edits.) *International Journal of Production Economics*, 46, 277-284.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0925-5273%2895%2900110-7>

Durán, Y. (Enero-Junio de 2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimizaciónde las utilidades en las empresas. *Visión Gerencia*(1), 55-78. Retrieved 10 de 03 de 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545892008.pdf>

Escobar, P., Giraldo, J. A., y Cárdenas, D. M. (11 de Abril de 2012). Programación de Sistemas de Producción Híbridos, Para inventario/Bajo pedido, mediante un Proceso Analítico Jerárquico de Ordenación Grupal (GAHPO). *Información tecnológica*, 23(5), 33-46.

<https://doi.org/doi:10.4067/S0718-07642012000500005>

Evangelista, J., Aurelio, R., Bullalayao, C., y Parilla, S. E. (30 de Mayo de 2022). Inventory Management Practices and Service Delivery of Healthcare Facilities in Ilocos Norte Philippines. *Logistic and Operation Management Research*, 1(1), 16-33.

<https://doi.org/https://doi.org/10.31098/lomr.v1i1.919>

Fernández, I., Chanfreut, P., Jurado, I., y Maestre, M. J. (11 de Noviembre de 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/https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.3039692>

- Ferrer, C. -O., Arregui - Cortés , A., Arriaza - Cruz , S. E., Cortés - Moros, I., Leiva - Comerás, N., y García López, M. (4 de Abril de 2024). Innovación en la gestión hospitalaria: implementación de modelos de gestión eficientes y sostenibles. *Revista Ocronos*, 7(4). Retrieved 03 de 03 de 2025, from Revista médica:
<https://revistamedica.com/innovacion-gestion-hospitalaria-modelos-gestion-eficientes/>
- Fildes, R., y Goodwin, P. (Enero de 2007). Good and bad judgment in forecasting: Lessons from four companies. *The International Journal Of Applied Forecasting*, 8(8), 5-10. Retrieved 12 de 03 de 2025, from https://forecasters.org/wp-content/uploads/Good-and-Bad-Judgment-in-Forecasting_Issue8.pdf
- Garcerá, J. E.-O., Muñoz, L. A.-R., y Varela, M. A. (2023). *Informe de sostenibilidad 2018-2019*. Universidad Santiago de Cali. Cali: Editorial Universidad Santiago de Cali. Retrieved 26 de 02 de 2025, from <https://www.usc.edu.co/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Sostenibilidad-2018-2019.pdf>
- Ghapar, F., Osman, M. F., Sundram, V. P.-K., Lian, M. L., y Wahab, S. N. (6 de Mayo de 2024). Top Challenges In Warehouse Management: A Supply Chain Perspective. (E. Europea, Ed.) *Revista Europea de Ciencias Sociales y del Comportamiento*, 133(1), 929-937. <https://doi.org/DOI: 10.15405/epsbs.2024.05.76>
- González, A. (Marzo de 2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(1), 133-142. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000100133>
- Gupta, D., y Denton, B. (17 de Julio de 2008). Appointment scheduling in health care: Challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 40(9), 800-819. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/07408170802165880>
- Herrera, M. -G., y Duany, Y. -A. (11 de Enero de 2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. *Revista Ingenieria Industrial*, 37(1), 2-13. Retrieved 25 de 02 de 2025, from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360443665001>

- Hyndman, R. J., y Athanasopoulos, G. (2014). *Forecasting: Principles and Practice* (Primera ed.). Otext. Retrieved 12 de Marzo de 2025, from <https://archive.org/details/forecastingprinc0000hynd/page/n3/mode/2up>
- Karmakar, B. P., Nimsatkar, S. s., Sadamwar, A., Pimpalshende, A. R., y Matte, C. S. (4 de Mayo de 2024). Inventory Management System. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 4(2), 632-636. <https://doi.org/https://doi.org/10.48175/ijarsct-18364>
- Kelle, P., Woosley, J., y Schneider, H. (Septiembre de 2012). Pharmaceutical supply chain specifics and inventory solutions for a hospital case. *Operations Research for Health Care*, 1(2-3), 54-63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.orhc.2012.07.001>
- Legese, N., Teshome, D., y Gedif, T. (11 de Abril de 2022). Inventory Management of Health Commodities in a Tertiary Teaching Hospital in Ethiopia. *Frontiers in Pharmacology*, 13(2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphar.2022.763909>
- Makridakis, S., Hyndman, R. J., y Wheelwright, S. C. (1998). *Forecasting : methods and applications* (Tercera ed.). New york, Estados unidos: John Wiley & Sons. https://doi.org/https://archive.org/details/forecastingmetho0000makr_t1o8/page/n5/mode/2up
- Maulana, Y. I., Afni, N., Salim, A., Haidir, A., Yanto, A. B., y Komarudin, R. (2023). LOGISTIC WAREHOUSE INVENTORY SYSTEM (CASE STUDY: RSUD PASAR MINGGU). *(JISICOM) Journal of Information System, Informatics and Computing*, 7(1), 117-126. <https://doi.org/10.52362/jisicom.v7i1.1103>
- Monserate, J. A.-S., Torres, N. M.-A., y Maldonado, H. O.-P. (18 de Octubre de 2024). Incidencia del control de inventario en la rentabilidad, caso Clínica Araujo en Santo Domingo 2022-2023. *South Florida Journal of Development*, 5(11), 01-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.46932/sfjdv5n11-011>

- Montesdeoca, V. P.-P., y Mendoza, V. M.-F. (26 de Agosto de 2022). Impacto del control interno de inventarios en la toma de decisiones del Hospital General Manta – IESS. 593 *Digital Publisher CEIT*, 7(4), 606-613.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-1.1216>
- Moon, M. A., Mentzer, J. T., y Jr., D. E. (Enero de 2000). Customer Demand Planning at Lucent Technologies: A Case Study in Continuous Improvement through Sales Forecast Auditing. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 19-26.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00108-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00108-X)
- Mora, A. (3 de Abril de 2014). Secretos para elevar la Disponibilidad- Mantenibilidad y Confiabilidad de los Equipos con Inventarios. *¿existe una forma efectiva de reducir tiempos y costos en las tareas de mantenimiento, mediante inventarios cero- MTS MTO MTF de respuestos?, parece que sí.* (A. Mora, Ed.) Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Retrieved 9 de 04 de 2024.
- Mora, A. (2014). *Stock Cero ¿Cuándo y Cuánto pedir?* (Primera ed.). (C. SAS, Ed.) Bogotá, Colombia: CIMPRO SAS. Retrieved 23 de Febrero de 2025.
- Mora, A. (2020). *Inventarios empresariales e industriales Repuestos; Materias primas productos de Mantenimiento Operación Mercadeo* (1 ed.). (C. SAS, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia: CIMPRO SAS. Retrieved 15 de Marzo de 2025.
- Mora, S. M.-M., Garcia, S. K.-S., y Cevallos, M. E.-V. (15 de Agosto de 2024). Indicadores logísticos y su impacto en la gestión de almacenamiento de la empresa Frapalauto Cia.ltda., Santo Domingo, 2024. *Revista Social Fronteriza*, 4(4).
[https://doi.org/https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)371](https://doi.org/https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)371)
- Nahmias, S., y Lennon, T. (2015). *Production and Operations Analysis: Seventh Edition* (Seventh Edition ed.). Long Grove, Illinois, Estados Unidos: Waveland Press. Retrieved 18 de 03 de 2025, from <https://pdfcoffee.com/qdownload/production-and-operations-analysis-7th-ed-steven-namias-pdf-free.html>

GESTION DE INVENTARIOS EN ACTIVOS HSUSC

- OMS, O. M. (1 de Enero de 2012). Sistema computarizado de gestion del mantenimiento. *Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos*. Ginebra, Suiza: Ediciones de la OMS. Retrieved 23 de Febrero de 2025, from <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241501415>
- Parilla, E. S., Evangelista, J., Aurelio, R., Bullalayao, y Charliemaine. (2022). Inventory Management Practices and Service Delivery of Healthcare Facilities in Ilocos Norte Philippines. *Logistic and Operation Management Research (LOMR)*, 1(1), 16-33. Retrieved 10 de 03 de 2025, from <https://journals.researchsynergypress.com/index.php/lomr>
- Paz, H. -O., y Arciniegas, L. M.-P. (Julio-Diciembre de 2024). Propuesta para la gestión eficiente de inventarios para el abastecimiento de medicamentos aplicando herramientas tecnológicas y Lean Healthcare en una clínica de alta complejidad en la ciudad de Popayán. *Publicaciones e Investigación*, 18(2), 1-13. Retrieved 12 de 03 de 2025.
- Pulla, C. (15 de Septiembre de 2020). Gestión de inventarios a través de la clasificación ABC a empresas dedicadas a la venta de materiales de construcción. (futurepublishersgroup.com, Ed.) *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 18(7), 1-8. Retrieved 11 de Marzo de 2025, from <https://www.eumed.net/rev/oel/2020/07/inventarios-abc.html>
- Ricón, D. L.-B. (3 de marzo de 2016). *Conceptualización de la trazabilidad en la cadena de abastecimiento*. Tesis, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota - Colombia. Retrieved 20 de 02 de 2025, from <https://repository.udistrital.edu.co/items/624f2e31-e13a-4eec-9722-2a6bb4d519e2>
- Rosales, C. R., Magazine, M. J., y Rao, U. S. (21 de Febrero de 2019). Dual Sourcing and Joint Replenishment. *IEEE Transactions on Engineering Management* , 67(3), 918-931. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2895242>

- Shah, N. (15 de Junio de 2004). Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimisation. *Computers & Chemical Engineering*, 28(6-7), 929-941.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2003.09.022>
- Stahl, R. A., y Wallace, T. F. (2008). *Sales and Operations Planning The How-To Handbook* (Tercera ed.). Estados Unidos: Steelwedge Software. Retrieved 15 de Marzo de 2025, from
https://books.google.com.co/books/about/Sales_and_Operations_Planning_The_How_To.html?id=spwbvgAACAAJ&redir_esc=y
- Stubbs, E. A. (2004). Indicadores de desempeño: naturaleza, utilidad y construcción. *Ciência da Informação*, 33(1), 149-154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-19652004000100018>
- Syahidah, P. N., Sariatmi, A., y Arso, S. P. (22 de Noviembre de 2024). Challenges and Implementation of Drug Inventory Control in Hospitals: Literature Review. *Eduvest – Journal of Universal Studies*, 4(11), 1-9.
<https://doi.org/https://doi.org/10.59188/eduvest.v4i11.44768>
- Valdez, R., Valencia Lucero, P. G., Robles Arias, I. M., y Ríos Calderón, G. G. (abril-junio de 2024). Análisis de riesgos en el almacén de materiales, y la utilización de tecnologías para la adecuada gestión de inventarios área de: Medición, Conexiones y Servicios de la Comisión Federal de Electricidad. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 24(42).
<https://doi.org/https://doi.org/10.47189/rcct.v24i42.705>
- Vargas, J. S. (28 de Noviembre de 2022). Análisis de la Gestión de Abastecimiento en la Logística Hospitalaria. *Revista científica Anfíbios*, 5(2), 110-125.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37979/afb.2022v5n2.117>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación*, 33(1), 155-165. Retrieved 12 de Marzo de 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Vries, J. d. (1 de Febrero de 2010). The shaping of inventory systems in health services: A stakeholder analysis. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 60-69.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.029>

Vries, J. d., y Huijsman, R. (3 de Mayo de 2011). Supply Chain Management in Health Services: An Overview. (P. B. Wagner, Ed.) *Supply Chain Management*, 16(3), 159-165.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/13598541111127146>