



Propuesta de mejora en el control de inventarios mediante la implementación de
códigos de barras en la empresa SPS Colombia

Oscar Andrés Cruz Arias
Cristhian Jossephy Garcia Molina

Director:
M.Sc. Juan Sebastián Martínez Grisales

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano
Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2025

1. RESUMEN DEL PROYECTO.....	8
2. TITULO DE LA PROPUESTA:	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	12
3.1. Formulación del Problema.....	12
3.2. Elementos de protección personas: EPP	13
3.3. Pregunta de Investigación	16
4. OBJETIVOS	16
4.1. Objetivo General.....	16
4.2. Objetivos Específicos.....	17
4.3. Justificación	18
5. ESTADO DEL ARTE.....	19
6. MARCO TEÓRICO.....	26
6.1. Gestion de inventarios.....	26
6.2. Control de inventarios.....	27
6.3. exactitud de inventarios	27
6.4. Trazabilidad	28

6.5.	Obsolescencia de Inventario	28
6.6.	Tecnologías aplicadas al control de inventarios	28
6.7.	Modelos de gestión y optimización de inventarios.....	29
6.8.	modelo de revisión continua (s, S).....	29
6.9.	Análisis ABC	30
6.10.	Principio de Pareto 80/20.....	30
7.	METODOLOGÍA.....	30
7.1.	Enfoque y diseño del estudio	31
7.2.	Población y muestra.....	31
7.3.	Variables de estudio.....	32
7.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
7.5.	Procedimiento y etapas del estudio.....	33
7.5.1.	Diagnóstico de inventario	33
7.5.2.	Análisis de causas	33
7.5.3.	Evaluación de alternativas tecnológicas	33
7.5.4.	Propuesta de mejora.....	34
7.6.	Análisis de datos	34
7.7.	Consideraciones éticas	35

8. RESULTADOS.....	35
8.1. Introducción al análisis	35
8.2. Diagnóstico inicial del inventario	36
8.3. Modelo de Identificación de artículos críticos mediante Pareto 80/20.....	37
8.4. Modelo 2: Clasificación ABC - Identificación de familias críticas.....	40
8.4.1. Modelo 3: Análisis de regresión - Relación entre volumen y discrepancia..	42
8.5. Modelo 4: Análisis de frecuencia - Patrón de sobrantes versus faltantes	43
8.6. Conclusiones del Objetivo Específico	45
8.7. Recomendación estratégica:.....	45
Para lograr una mejora podemos presentar 4 recomendación desde el punto de vista del objetivo 1	45
8.8. Identificación de causas – Diagrama de Ishikawa	46
8.9. Priorización de causas – Análisis AMFE.....	48
8.10. Validación de impacto – Simulación Montecarlo.....	50
8.11. Conclusión del objetivo 2	52
9 Alternativas tecnológicas analizadas	52
8.12. Superioridad de Códigos de Barras para SPS Colombia	58
8.13. Viabilidad de Código QR como Alternativa Complementaria	59

8.14.	Inviabilidad del RFID para el SPS en el Corto Plazo	59
9.	Conclusiones	71
10.	REFERENCIAS.....	73

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1	14
ILUSTRACIÓN 2 PARETO 80/20 9 ÍTEMS.....	39
ILUSTRACIÓN 3 CLASIFICACIÓN ABC- POR CATEGORÍA.....	41
ILUSTRACIÓN 4 DISTRIBUCIÓN POR TIPOS DE ERROR	44
ILUSTRACIÓN 5	48
ILUSTRACIÓN 6 SIMULACIÓN MONTECARLO — PROBABILIDAD DE MEJORA	51
ILUSTRACIÓN 8 COMPARACIÓN MANUAL VS AUTOMATIZACIÓN.....	63
ILUSTRACIÓN 9 BÚSQUEDA ACTUAL VS PROPUESTA.....	64
ILUSTRACIÓN 10 DESPACHO ACTUAL VS PROPUESTA	65
ILUSTRACIÓN 11 DIAGRAMA ACTUAL VS PROPUESTA PARA RECEPCIÓN DE MERCANCÍA	67

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 ESTADO DE PRECISIÓN DEL INVENTARIO ACTUAL	36
TABLA 2 ARTÍCULOS CRÍTICOS SEGÚN PARETO 80/20	37
TABLA 3 CLASIFICACIÓN ABC DE FAMILIAS DE PRODUCTOS	40
TABLA 4 PARÁMETROS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL	42
TABLA 5 DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE ERROR	43
TABLA 6 CAUSAS PRINCIPALES DE LAS DIFERENCIAS EN EL INVENTARIO.....	47
TABLA 7 RESULTADOS DEL AMFE APLICADO AL PROCESO DE INVENTARIO	49
TABLA 8 ESCENARIOS SIMULADOS DE MEJORA.....	50
TABLA 9 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS.....	52
TABLA 10 CRITERIOS DE EVALUACIÓN	53
TABLA 11 ASIGNACIÓN DE CALIFICACIONES	54
TABLA 12 APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP.....	55
TABLA 13 SIMULACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉCNICO Y ECONÓMICO.....	55
TABLA 14 ANÁLISIS DE DESEMPEÑO TÉCNICO Y OPERATIVO	56
TABLA 15 INDICADORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS	57
TABLA 16 PROYECCIÓN ANUAL DE MEJORA	58

TABLA 17 COMPONENTES PRINCIPALES	61
TABLA 18 RECEPCIÓN DE PRODUCTOS	62
TABLA 19 ALMACENAMIENTO	63
TABLA 20 DESPACHOS	65

1. RESUMEN DEL PROYECTO

La empresa SPS Colombia dedicada a servicios de certificación y análisis de laboratorio para los sectores industriales y de minería, presenta problemas en el control del inventario de 404 ítems ya que este opera un sistema actual que es manual el cual genera errores en un 36% de los ítems ya que se tienen incoherencias en el almacén de 9.528 productos sobrantes y 2,086 productos faltantes esto conlleva a realizar compras innecesarias y demoras en la operación ya que su inventario tiene un tiempo extenso de duración.

Este proyecto se fundamenta en concepto de la gestión de los inventarios, control de exactitud, trazabilidad y tecnologías de automatización. Realizando análisis ABC, principio e Pareto, (AMFE), simulaciones de Montecarlo esto se realiza para validar los productos críticos y lograr validar soluciones además la literatura revisada nos confirma que los códigos de barras logran ser herramientas efectivas que reducen los errores humanos logran mejorar la exactitud de los registros y la trazabilidad además de ser una herramienta económica y de fácil implementación.

Como objetivo principal se busca mejorar el control de los inventarios de la empresa realizando diagnóstico de discrepancias, identificación de causas, evaluación de tecnologías y generando propuesta de implementación, en los objetivos más específicos se realiza uso de herramientas propias de la ingeniería industrial para realizar los diagnóstico y los análisis como son (Ishikawa, AMFE, simulación Montecarlo por Python) logrando así la identificación de las discrepancias y dando modelo de mejora.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, no experimental y cuantitativo. Se fundamenta en el universo total de 404 productos sin muestreo para estudiar datos reales de inventarios del 2025, se emplearon técnicas como la regresión lineal, el análisis de Ishikawa, la simulación Montecarlo, AHP, Pareto y clasificación ABC. A fin de realizar simulaciones y procesamiento estadístico, se utilizaron Excel Risk y Python.

Las metas que se esperan son las siguientes: aumentar la exactitud de inventario, que actualmente es del 64%, al 89%; disminuir el tiempo de conteo de tres días a menos de uno; recortar los errores en un 70% y mejorar la trazabilidad integral de las transacciones. Se estima que la puesta en marcha de códigos de barras es la solución más viable, desde el punto de vista técnico y económico, porque permite a SPS Colombia mejorar sus procedimientos logísticos, reducir los costos operativos y cumplir con las normas de calidad exigidas para su labor analítica y certificadora en el laboratorio.

Palabras Claves: Control de inventarios, Códigos de barras, Automatización de procesos logísticos, Trazabilidad de inventarios, Exactitud y confiabilidad de registros, Tecnologías logísticas, Simulación y análisis ABC, Pymes Colombia

ABSTRACT

SPS Colombia, company dedicated to certification services and laboratory analysis for the industrial and mining sectors, has problems in controlling its inventory of 404 items, since it currently operates a manual system that produces errors in 36% of the items. This results in inconsistencies in the warehouse with 9,528 excess products and 2,086 missing products, which leads to unnecessary purchases and delays in operations, given the extensive processing time its inventory requires.

This project is based on concepts of inventory management, accuracy control, traceability, and automation technologies. ABC analysis, Pareto principle, FMEA, and Monte Carlo simulations are performed to validate critical products and find effective solutions. The reviewed literature confirms that barcodes are effective tools that reduce human errors, improve record accuracy and traceability, and are economical and easy to implement.

The main objective is to improve the company's inventory control by diagnosing discrepancies, identifying causes, evaluating technologies, and proposing an implementation. For the specific objectives, industrial engineering tools are used for diagnosis and analysis, such as Ishikawa diagrams, FMEA, and Monte Carlo simulation in Python, to identify discrepancies and provide a model for improvement.

The research approach is quantitative and non-experimental. It is based on the entire universe of 404 products without sampling, using real inventory data from 2025. Techniques such as linear regression, Ishikawa analysis, Monte Carlo simulation, AHP, Pareto analysis, and ABC

classification were applied. For simulations and statistical processing, Excel Risk and Python were used.

The expected goals are as follows: increase inventory accuracy from 64% to 89%; reduce counting time from three days to less than one; cut errors by 70%; and improve the overall transaction traceability. Implementing barcodes is considered the most viable solution technically and economically, as it allows SPS Colombia to improve its logistics procedures, reduce operational costs, and meet the quality standards required for its analytical and certification work.

Keywords: Inventory control, Barcodes, Logistic process automation, Inventory traceability, Record accuracy and reliability, Logistic technologies, Simulation and ABC analysis, Colombian SMEs

2. TITULO DE LA PROPUESTA:

Propuesta de mejora en el control de inventarios mediante la implementación de códigos de barras en la empresa SPS Colombia

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

3.1. Formulación del Problema

SPS filial de SPS Grupo multinacional dedicada a la prestación de servicios como la verificación y certificaciones, tiene como objetivo social la realización de ensayos y análisis de laboratorio, la elaboración de certificados de calidad y la prestación de servicios técnicos a diferentes sectores como el sector minero, en Colombia esta filial presta en servicio de muestreo análisis y emisión de resultados de calidad y cumplimiento normativo en sectores industriales y mineros.

El sector que gestiona el almacén en la empresa SPS Colombia representa un sector estratégico dentro de la operación, ya que es responsable de garantizar la disponibilidad, el control y la trazabilidad de los productos requeridos para la ejecución de los procesos del laboratorio, en este sector se controlan insumos como son los reactivos los equipos y elementos de protección personal (EPP), que resultan imprescindibles para realizar de forma segura, controlada y eficiente los servicios como análisis de muestras de laboratorio.

Para poder entender la función que realiza el área del almacén realizaremos una descripción breve explicando cómo se realiza la operación; esta empieza cuando el cliente realiza una solicitud

de una certificación o en su caso un análisis de laboratorio. Después se realizan las tomas de muestras estas se pueden realizar en el sitio del cliente o ya sea que el cliente las lleve a las instalaciones de la empresa.

Las muestras después ingresan al laboratorio, el cual se encarga de realizar el registro en el sistema para poder tener un mejor seguimiento. Después de este proceso, la muestra o solicitud entra en la etapa de análisis, el cual es realizado bajo reactivos o equipos especializados para realizar lo solicitado por el cliente. Finalmente, los resultados obtenidos se plasman en informes técnicos que respaldan la calidad del servicio y el cumplimiento ante los sectores atendidos.

En la filial de Colombia el almacén tiene a su cargo el procesamiento de 404 ítems estos están agrupados en diferentes categorías para facilitar su control, (productos químicos, controlados, maquinaria, salud ocupacional, papelería, accesorios IT, consumibles, insumos, materiales, gases industriales, herramientas)

3.2.Elementos de protección personas: EPP

Repuestos y herramientas: son las utilizadas para el mantenimiento de los equipos

papelería y ofimática: material para administrativos y operarios

El flujo básico del inventario sigue estas etapas:

Ilustración 1

diagrama de flujo



Nota: elaboración propia

Actualmente el inventario se realiza de forma manual y tiene una duración de tres días, según información del coordinador del almacén, Sin embargo, la literatura en gestión de almacenes Richards (2021) indica que un inventario se debe realizar en el menor tiempo posible dependiendo de la cantidad de productos a inventariar.

Teniendo en cuenta que los registros internos de SPS Colombia (2025) evidencian que el inventario presenta una diferencia entre las existencias físicas y los datos registrados en el

sistema este porcentaje refleja falencias en los procesos de conteo y el lograr tener una información actualizada, lo que compromete la precisión y la confiabilidad del inventario, para lograr tener una gestión de inventarios eficiente se requiere que el inventario físico coincida con que está registrado en el sistema de no ser así se producen riesgos económicos por compras innecesarias o faltantes de insumos lo que dificultaría lograr una planeación operativa.

Teniendo en cuenta que los registros de SPS Colombia (2025) muestran que el inventario presenta una diferencia entre el inventario físico y los datos que se encuentran registrados, esto nos da a entender que el sistema actual presenta errores en los procesos de conteo esto genera que se comprometa la precisión y la confiabilidad de los inventarios, para lograr tener una gestión de inventarios mejor se necesita que el inventario que este en físico este también registrado en el sistema sin errores ya que estos errores pueden comprometer el sector de compras ya que al no tener información precisa se pueden generar compras de producto no necesario y generar rupturas de inventarios.

El problema es originado principalmente en el proceso antiguo que es manejado por la empresa SPS Colombia ya que este utiliza conteos de manera manual así produciendo errores que de duplicidad o no marcación, este modelo de conteo de inventario de la empresa no nos asegura una exactitud ni una rapidez en el conteo de cantidades grandes de Ítems generando también demoras y uso de personal en los conteos.

Estas ineficiencias repercuten en la planeación de compras, provocando demoras en el suministro de insumos a los laboratorios y aumentan el riesgo de sobrecostos por pedidos de emergencia o

por faltantes inesperados. Por esto se plantea la necesidad de implementar una propuesta de mejora en el proceso de control de inventario del área logística, que este orientada a reducir los tiempos de ejecución, disminuir errores de registro y fortalecer la trazabilidad de los materiales, mediante herramientas y prácticas logísticas viables y de fácil adopción, sin requerir sistemas de automatización complejos.

3.3.Pregunta de Investigación

¿Cómo el diagnóstico de inexactitudes de inventario, el análisis de causas raíz y la evaluación multicriterio de soluciones tecnológicas mejoran la exactitud, rotación y costo operativo del control de inventarios en SPS Colombia?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Mejorar el control del inventario en SPS Colombia mediante el diagnóstico de discrepancias, identificación de causas raíz, evaluación de soluciones tecnológicas con códigos de barras y propuesta de estandarización de procedimientos, validando la viabilidad operativa y económica.

4.2.Objetivos Específicos

1. Diagnosticar el estado actual del control de inventarios en SPS Colombia analizando los dos inventarios de 2025, cuantificando discrepancias entre saldos físicos y del sistema por familia de productos y tipo de operación.
2. Identificar y priorizar causas raíz de discrepancias mediante AMFE, Ishikawa y análisis de correlación. Validar el impacto de cada causa mediante simulación de escenarios operativos que reproduzcan el comportamiento actual bajo diferentes combinaciones de factores.
3. Evaluar 3 alternativas tecnológicas (códigos de barras, QR, RFID) mediante análisis multicriterio (AHP) con criterios ponderados. Simular desempeño bajo diferentes volúmenes de transacciones, proyectando indicadores técnicos y económicos.
4. Proponer una mejora integral del control de inventarios incorporando la solución tecnológica seleccionada, estandarización de procesos y trazabilidad. Simular la implementación trimestral para proyectar el comportamiento de indicadores clave y validar la viabilidad de metas.

4.3.Justificación

La gestión de los inventarios es muy importantes para las empresas ya que con este se puede lograr la eficiencia de operaciones y así lograr también la satisfacción de los clientes de las empresas, en Colombia gran parte de la economía está en las Pymes por lo cual se deben realizar estudios para poder lograr implementar tecnologías de identificación automatizada que les permita lograr mejorías en la trazabilidad evitar sobre costos en los stock y evitar el uso e de personal para poder realizar inventarios.

En el caso más específico para la empresa SPS Colombia se tiene una necesidad más que notoria ya que este en su actualidad tiene un inventario de 404 ítems y ya que esta realiza normalmente su conteo de manera manual tardando hasta tres días y en estos se presentan bastantes discrepancias de lo que se tiene en físico como en el sistema, estas discrepancias generan sobre costos ya que el sector de compras debe aprovisionar mercancía de urgencia como también la pérdida de stock de seguridad y así mismo demoras en los procesos de los laboratorios.

La implementación de un sistema de automatización (códigos de barras) se muestra como una de las mejores opciones para lograr mejoras en el sistema ya que este por su bajo costo y fácil implementación puede ayudar a la reducción de errores en el inventario y este sistema esta alineado a las tendencias globales ya que nos permite tener trazabilidad y transparencia en movimientos y cantidades de inventario.

Por lo cual esta investigación no solo está encaminada en resolver un problema puntual de la empresa en mención si no también en dejar evidencia de manera teórica de que modelos de automatización de inventarios pueden ser los mejores para empresas pequeñas y medianas

5. ESTADO DEL ARTE

La gestión de inventarios ha estado marcada de manera histórica buscando la eficiencia y la disponibilidad de información confiable a comienzos del siglo Ballou (2020) afirmaba que “los inventarios cumplen un papel estratégico en la cadena de suministro al equilibrar la incertidumbre entre la oferta y la demanda” (p. 67), lo que resalta la necesidad de contar con controles precisos de los recursos de una manera complementaria Christopher (2016) estaba seguro de que para lograr tener éxito en la cadena de suministros dependía de la implementación de tecnologías que promuevan el intercambio de información. Logrando anticipar lo que Después, se afianzaría como el rol estratégico de la automatización.

Con el transcurso del tiempo la literatura logro evolucionar hacia modelos modernos de inventarios Waters (2019) informo cómo se requería la integración de tecnologías digitales para proporcionar mayor precisión y capacidad de respuesta porque los métodos tradicionales, como la clasificación EOQ o ABC, eran inadecuados a la luz de la alta imprevisibilidad del entorno. Muy cercano a este pensamiento, Bowersox et al. (2023) realizo un reforzamiento sobre la importancia de la automatización de la captura de datos logrando demostrar que esta influye directamente en la visibilidad y en la reducción de costos operativos. en esta misma dirección, Silver et al. (2021) destacaron que los códigos de barras se han consolidado como una herramienta clave dentro de la cadena de suministro, al permitir mayor eficiencia en los procesos y disminuir errores humanos.

Silver et al. (2021) realiza las contribuciones dando un punto de inflexión en la teoría y la práctica, al afirmar que la eficiencia de los inventarios solo se puede lograr si se tienen datos confiables y actualizados, estos mismos defendieron el uso de los sistemas automatizados como los códigos de barras para lograr la disminución en errores humanos y que garanticen la trazabilidad, además Shah et al. (2021) demostraron que frente a tecnologías como el RFID los códigos de barras son más accesibles para pequeñas y medianas empresas al ser más económicos y con una mayor facilidad de implementación.

De una manera distinta Taleizadeh (2021) nos mostró en concepto de “inventarios imperfectos” llegando a argumentar que en la práctica los inventarios siempre tienen pérdidas, fallas o discrepancias, el autor mostro basándose en modelos matemáticos demostró que la implantación de mecanismos como los códigos de barras son un mecanismo eficaz para lograr mitigar dichos problemas, aunque logrando ser muy valiosa esta propuesta aunque muy valiosa presenta limitaciones pues esta carece de validación empírica, especialmente en empresas que maneja inventarios críticos.

Sin tener en cuenta la eficiencia algunos autores realizan un enfoque más hacia la sostenibilidad y gobernanza. Seuring (2011) indica que la sostenibilidad de la cadena de suministros requiere la trazabilidad y la cooperación entre los actores, no mucho después Sierra y Giménez (2013) realizaron un estudio empírico reforzando las anteriores afirmaciones logrando demostrar que la gobernanza favorece la transparencia y la trazabilidad en los procesos logísticos. El enfoque de Tachizawa (2015) se fortaleció al registrar cómo la adopción de tecnologías

logísticas ayudó a disminuir los impactos medioambientales, confirmando así que la automatización no es solamente una cuestión de eficiencia, sino también de sostenibilidad.

Desde un punto de vista más normativo Sarkis (2024) destaca el rol que ejercen los estándares internacionales GS1 como un instrumento que asegura el funcionamiento de los procesos logísticos en un mercado, aunque este análisis está más enfocado en las grandes industrias, los argumentos también son útiles para las PYMES que estén interesadas en la implementación de prácticas mundiales a través de tecnologías asequibles. En cuanto a Cheong y Ma Nang Laik (2024) aporta evidencia empírica en la que demuestran que la digitalización de inventarios reduce de manera significativa los tiempos de conteo y logra mejorar la confiabilidad de los registros, este estudio da un avance al mostrar datos de aplicaciones concretas, aunque sigue enfocado en las empresas industriales y no abarca las empresas de servicios.

La reciente discusión también ha examinado cómo afecta la digitalización a situaciones convulsas. Ivanov (2023) y Feng (2023) lograron coincidir en que la automatización y el uso de tecnologías digitales aumentan la capacidad de adaptación de las cadenas frente a situaciones inciertas y disrupciones. En una perspectiva prospectiva, Villar et al. (2023) introdujeron el concepto de Supply Chain 5.0, en el que tecnologías digitales como los códigos de barras se integran con un enfoque humano para fortalecer tanto la eficiencia como la adaptabilidad de la cadena de suministro.

Se observa también un vínculo entre la trazabilidad y la responsabilidad social. Basta et al. (2023) lograron demostrar que la transparencia que proporciona las herramientas como las de los códigos de barras fortalecen la rendición de cuentas y la legitimidad de las organizaciones de la

misma manera Silva et al. (2024) lograron resaltar que las cadenas modernas enfrentan un reto el cual es conciliar la sostenibilidad y la digitación por lo cual se hace indispensable la implementación de tecnologías accesibles y de fácil adopción.

La revisión, en su totalidad, muestra patrones evidentes. Se coincide en que los códigos de barras son una herramienta efectiva para asegurar trazabilidad, minimizar errores y acelerar procesos; además, son más factibles que alternativas como RFID, sobre todo en las pymes. diversos autores han mostrado que los códigos de barras ya no se limitan a un uso operativo, sino que también participan en debates sobre sostenibilidad (Seuring, 2011), resiliencia (Villar et al., 2023) y gobernanza (Sierra & Giménez, 2013) no obstante existen aún huecos en la investigación, como el escaso número de estudios realizados en entornos latinoamericanos y de servicios, la carencia de análisis sobre la aceptación del personal al adoptar tecnología y la falta de investigaciones que conecten directamente los códigos de barras con medidas sociales o medioambientales.

El uso de las tecnologías de automatización de inventarios en Colombia ha generado un interés cada vez más grande tanto como en un nivel académico como en un nivel de empresas ya que tener un control preciso del inventario hace empresas más competitivas en el mercado, (GS1 Colombia, 2022) nos indica que tecnologías como los códigos de barras no solo realiza mejoras en la exactitud de los inventarios o de la información, sino que también se logran tener registros de trazabilidad.

En este ámbito uno de los trabajos más citados es el de Martínez Vives (2021), quien realizo una documentación en una empresa industrial donde realizo la incorporación del sistema de código

de barras para el control de inventarios, Su estudio mostró que los tiempos de conteo físico se acortaron notablemente y que los errores de registro disminuyeron, lo cual propició una mayor fiabilidad de la información y el hecho de poder tomar decisiones sobre abastecimiento más acertadas. Además, este análisis subraya que, gracias a los ahorros operativos, la inversión necesaria para la tecnología se recuperó en menos de un año.

Por su parte, Ruiz Martínez (2022) analizó la automatización de procesos de inventario en Falabella Colombia Particularmente en la marca Fossil. En su tesis de maestría, se demostró que la digitalización posibilitó disminuir los plazos de entrega, mejorar el seguimiento de los productos y elevar la fiabilidad de los datos a través de toda la cadena de abastecimiento. Este ejemplo demuestra que las herramientas de identificación automática son efectivas no únicamente en compañías manufactureras, sino también en grandes cadenas minoristas que necesitan hacer frente a operaciones logísticas complejas y a elevados volúmenes de ventas.

En los ámbitos de alta exigencia el Código Único de Trazabilidad (CUT) para medicamentos fue implementado por el Ministerio de Salud y Protección Social en 2021 con el fin de aumentar la transparencia en la cadena de suministro farmacéutica y garantizar la seguridad del paciente en áreas donde la exigencia sanitaria es alta. Este programa ha evidenciado que la identificación, rastreo y control de cada lote de fármacos se logra mediante el empleo de códigos de barras. Esto disminuye las posibilidades de falsificación y asegura la autenticidad del producto. La experiencia en el sector de la salud demuestra que es posible ampliar la identificación automática a sectores en los que la trazabilidad y la confiabilidad son cruciales para proteger al consumidor.

A pesar de que las ventajas son claras, las pequeñas y medianas empresas de Colombia afrontan diversos obstáculos al implementar estas tecnologías. La percepción de un alto costo inicial, la resistencia a los cambios y la falta de capacitación son los mayores impedimentos, según coinciden Martínez Vives (2021) y Carreño Dueñas et al. (2020). Por esa razón, se aconseja llevar a cabo proyectos piloto que posibiliten a la empresa conocer la tecnología y evidenciar beneficios concretos antes de expandirse. Esta táctica reduce los riesgos y hace más fácil que el personal lo acepte.

El manejo del cambio se presenta como un elemento esencial. Según lo que señala Ruiz Martínez (2022), la automatización únicamente es exitosa si se implementa un plan de capacitación y una comunicación interna eficaz que incluya a todos los niveles organizacionales. Así, la adopción de tecnología se transforma en un proceso en el que todos participan y que produce compromiso y disminuye la resistencia del personal.

La aplicación de códigos de barras en las pymes colombianas tiene un impacto económico que se evidencia en la disminución de pérdidas por equivocaciones en el inventario, el incremento del giro de productos y los ahorros en los costos operativos. Martínez Vives (2021) cuantifica estos beneficios al demostrar que, debido a la reducción de los períodos de conteo y al aumento en la precisión de la información para decidir qué comprar, la inversión inicial se recuperó rápidamente. Además, la digitalización permite acceder a mercados más grandes, ya que tener estándares de trazabilidad internacional es una condición que las cadenas de distribución de mayor tamaño valoran cada vez más.

Asimismo, el empleo de estas tecnologías ayuda a preservar el medioambiente al disminuir el consumo de papel y mejorar la logística inversa, en conformidad con las conclusiones de Seuring (2011) acerca del vínculo entre trazabilidad y responsabilidad medioambiental. A pesar de que Seuring es un escritor de alcance internacional, sus ideas resuenan en las investigaciones realizadas en Colombia, que demuestran que se disminuye el desperdicio y se mejora la eficiencia energética al mejorarse el control de inventarios.

La automatización de los inventarios en Colombia ha demostrado que es una herramienta completa para las pequeñas y medias empresas (pymes) esto según la literatura colombiana, Carreño Dueñas et al. (2020), Martínez Vives (2021) y Ruiz Martínez (2022) en sus trabajos demuestran que el sistema de automatización basado en códigos de barras logró la mejora en sus sectores de investigación logrando bajar los tiempos de conteo y los errores en la presión de los inventarios.

En resumen, para Colombia se logró demostrar que la implementación de los sistemas de automatización basados en códigos de barras no solo es posible, sino que también son necesarios y logran un beneficio en su implementación.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Gestion de inventarios

Esta se encarga básicamente de organizar y controlar todo lo que se guarda en una empresa para poder realizar sus operaciones como lo son los insumos los repuestos o productos terminados por eso la gestión de inventarios tiene un propósito sencillo pero muy clave el cual es tener lo que se necesita cuando se necesita, sin tener más o menos de lo que se requiere. Según Ballou (2020) esta trata de llegar a un equilibrio en el nivel de servicio al cliente y el costo económico necesario para este nivel.

Una explicación más simple seria que una buena gestión de inventarios nos ayuda a poder saber que tenemos en el almacén, donde esta y cuando se debe pedir. Bowersox, Closs y Cooper (2019) señalan que una empresa que controla bien su inventario logra la reducción de los costos y también se evitan perdidas por productos vencidos o con mal almacenamiento así logrando tener más confianza en los datos y lograr tomar mejores decisiones.

Las empresas de servicios técnicos o con laboratorios que manejan productos químicos o su maquinaria es especializada tienen mayor nivel en la gestión de inventarios ya que estas manejan productos que caducan o tienen tiempos de obsolescencia y también tienen productos controlados los cuales tienen condiciones especiales por lo tanto estas deben llevar una gestión de inventarios eficiente para así mejorar la eficiencia de los trabajos diarios.

En resumen, la gestión de los inventarios no es solamente guardar productos si no lograr garantizar la disponibilidad de estos en perfectas condiciones y en su totalidad para así lograr que las operaciones fluyan sin tener contratiempos.

6.2.Control de inventarios

Este es el proceso donde se revisa lo que las empresas tienen registrado en su sistema y que este sea lo mismo que se tiene en el almacén por lo cual sería una explicación más simple es que esta trata de que se mantenga la información bastante clara confiable y actualizada y así lograr evitar confusiones y pérdidas, Richards (2021) nos explica que tener un buen control de inventarios logra que se eviten los errores más comunes como las diferencias entre lo físico y el sistema.

Empresas que en sus almacenes manejan reactivos o insumos de laboratorio se deben llegar controles en los cuales se incluyen registros de lotes y fechas de vencimiento esto ya que para poder cumplir con las normas ISO 9001 o ISO 170 se necesita esta información. Ballou (2020) nos indica que el uso de tecnologías como los códigos de barras o los lectores automáticos logran reducir los errores humanos y así lograr una mejor precisión en la información.

6.3.exactitud de inventarios

esta parte se encarga de demostrar que tan parecidos son los datos de que tienen en el sistema con el dato que se tiene en el almacén ya que si los datos no tienen coincidencia entre si esto pudiera generar errores, retrasos o generar compras innecesarias Richards (2021) nos indica que al tener una buena exactitud de los datos se podría confiar en ellos y así tomar mejores decisiones en la operación.

Según Ballou (2020) las empresas que tienen sus inventarios exactos logran evitar desperdicios y logran atender los procesos sin ninguna interrupción en el caso de los laboratorios o empresas de certificaciones el control es demasiado importante ya que se tienen productos con fechas de vencimiento o con alguna regulación por lo cual al utilizar herramientas tecnológicas

como lo son los códigos de barras ayudan a una mejora en la precisión y así evitar errores humanos.

Por lo tanto, el tener una exactitud del inventario demuestra que tan bien se realiza el control ya que cuanto más exactos sean los datos mejor se realizara la gestión.

6.4.Trazabilidad

Esta es la encargada de poder seguir el rastro a los productos desde que llegan a las instalaciones hasta que son utilizados de una manera simple la trazabilidad es la que nos muestra donde viene, donde esta y que se ha hecho. Richards (2021) menciona que al tener esta información organizada se puede comprobar fácilmente cualquier movimiento de inventario.

Para las empresas que manejan insumos químicos o materiales de laboratorio este seguimiento es demasiado importante ya que estos productos tienen fechas de vencimientos y algunos por ser controlados deben tener los registros de sus movimientos totalmente actualizados y fiables.

6.5.Obsolescencia de Inventario

Los inventarios llegan a tener obsolescencia cuando estos pierden su valor o llegan a dejar de ser útiles sea porque se vencen o por que salen nuevas versiones Ballou (2020) explica que esta obsolescencia genera pérdidas tanto económicas como en espacio.

En las empresas de certificación o laboratorios esto es común ya que los insumos tienen fechas de vencimiento y algunos materiales como tecnología pueden presentar actualizaciones lo cual podría convertir a los materiales tecnológicos que se tienen obsoletos.

6.6.Tecnologías aplicadas al control de inventarios

En la actualidad la tecnología es clave para poder tener un manejo eficaz de los inventarios ya que si los registros de inventarios se realizan de manera manual esto puede ocasionar errores o demoras que llegan a afectar las operaciones Richards (2021) señala que el manejo de herramientas de captura automática como los códigos de barras pueden asegurar una mejor precisión en la información.

Entre las tecnologías más comunes y usadas están los códigos de barras, los códigos QR y las etiquetas RFID ya que estas permiten registrar los movimientos de los inventarios ya que permiten el registro de los inventarios sin depender de apuntes manuales, según Fernández-Caramés y Fraga-Lamas (2023), estos sistemas logran reducir los tiempos en el conteo y mejorar la trazabilidad logrando también facilitar el control del inventario.

Los códigos de barras con el estándar GS1-128 es el más usado ya que tiene un costo bajo por lo cual es más fácil de implementar esta tecnología además de ser más económica tiene la característica de poder ingresar en su codificación los lotes de vencimiento o la cantidad así logrando tener una exactitud de lo que se tiene en el almacén.

6.7. Modelos de gestión y optimización de inventarios

Estos modelos están diseñados para lograr una mejor planeación de compras y lograr tener así más claro lo que entra y lo que sale del almacén ya que la idea de estos modelos es que el almacén no se quede sin inventario ni tampoco que tenga inventario demás, Ballou (2020) afirma que los modelos de gestión ayudan a tomar decisiones más acertadas ya que se basa en datos y no en conocimiento empírico.

6.8. modelo de revisión continua (s, S)

es un modelo útil cuando el consumo del inventario no es lineal si no más aleatorio como lo es en empresas técnicas y de análisis de laboratorio este modelo funciona con dos puntos

- **s:** el inventario baja hasta el nivel de solicitar una nueva compra
- **S:** el inventario está en su nivel deseado

Kumar y Kumar (2023) afirman que este modelo es ajustado a empresas donde las solicitudes son cambiantes ya que este permite solicitar lo que se necesita cuando se necesita sin tener rupturas e inventarios ni sobre stock de estos.

6.9. Análisis ABC

Es la forma de clasificar los productos de los inventarios según la importancia, así como los artículos de clase A) son los más importantes, B) son los de importancia media y C) son los que generan menor impacto. Según Tiwari, Dey y Gunasekaran (2022), al lograr aplicar este método con datos actualizados y confiables como los que generan el sistema de códigos de barras se llega a tener un mayor control al lograr concentrar los esfuerzos donde realmente son necesarios y no perder el tiempo.

6.10. Principio de Pareto 80/20

También conocido como la regla de 80/20 nos demuestra que en muchos casos los resultados provienen de una pequeña porción de las causas esto en si es que el error mas grande proviene de las pequeñas partes del sistema por lo cual este enfoque ayuda a identificar cuáles son los artículos que causan el mayor impacto de problemas o perdidas y así poder concentrasen en dar solución a estos sectores.

7. METODOLOGÍA

7.1.Enfoque y diseño del estudio

El estudio tiene enfoque cuantitativo ya que está sustentada en datos reales del inventario de SPS Colombia y con cifras que nos permiten lograr identificar problemas, medir la magnitud y lograr evaluar las opciones de mejoras.

Esta investigación se maneja de tipo no experimental y descriptiva ya que no e intervienen procesos de la empresa si no que se realiza en análisis de la información ya existente en la operación y también es transversal ya que se toman los datos que corresponden al año 2025.

Se incluye revisión de literatura, pero el estudio no es netamente documental ya que se combinan la teoría con el análisis de datos internos y así se puede entender el funcionamiento del inventario actual y con esta información se puede dar una propuesta de mejora utilizando métodos de automatización.

7.2.Población y muestra

La población es de 404 ítems del inventario de la empresa SPS Colombia los cuales se agrupan en diferentes categorías los cuales engloban todos los ítems.

No se realiza muestreo ya que se tiene la información total del inventario y por esta razón se realiza el análisis con la información real de la población lo cual permite lograr un resultados más preciso y ajustado a la empresa.

7.3.Variables de estudio

Las variables de estudio se basan en los datos manejados por la empresa en su proceso de control de inventarios. Estas variables son

- Exactitud de inventario
- Sobrantes faltantes
- Tiempos de conteo
- Errores por categoría
- Rotación de inventario
- Mejora estimada

Esto permite que se pueda entender cómo se comporta el inventario y así lograr identificar puntos críticos y así poder evaluar un posible impacto de un sistema de automatización.

7.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información utilizada en el análisis se obtuvo de diferentes fuentes para así garantizar la robustez de los datos.

- Registro de inventario físico
- Base de datos interna
- Revisión de literatura

Para el procesamiento y el análisis de los datos recolectados se realiza bajo diferentes herramientas y técnicas.

- Análisis de Pareto 80/20.
- Clasificación ABC.

- Regresión lineal
- Análisis de frecuencia
- Diagrama de causas (Ishikawa)
- Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)
- Simulación de Montecarlo
- Proceso de jerarquía analítica (AHP)

Este análisis se realiza utilizando herramientas como Microsoft Excel para la revisión estadística grafica se utiliza también Google colab el cual nos permite realizar simulación de Montecarlo como también machine learnig logrando así que los resultados se puedan reproducir.

7.5.Procedimiento y etapas del estudio

7.5.1. Diagnóstico de inventario

Se realiza revisión del inventario como en físico como en sistema para lograr encontrar el porcentaje de error su volumen y categorías más afectadas por los errores.

7.5.2. Análisis de causas

Se realiza el uso de herramientas como lo son el diagrama de Ishikawa y AMFE y así poder identificar que ocasionan los errores.

7.5.3. Evaluación de alternativas tecnológicas

Se realiza el análisis de tres opciones de automatización (Códigos de barras, RFID, QR) donde análisis factores como los costos de implementación la viabilidad de esta misma utilizando el método AHP se logra realizar la selección de la tecnología de automatización más conveniente.

7.5.4. Propuesta de mejora

Esta consiste en transformar el sistema del inventario tradicional de la empresa mediante un sistema de automatización en cada producto o ítem para mantener el control exacto de estos generando un rediseño de procesos, generación de documentos nuevos para el control y auditorias.

7.6. Análisis de datos

El análisis se realizó mediante cálculos de porcentajes, promedios, gráficos comparativos y modelos probabilísticos. Esto permitió comparar la situación actual con escenarios proyectados después de implementar un sistema de automatización.

Los resultados muestran que los códigos de barras pueden aumentar la exactitud del inventario y reducir significativamente los errores y tiempos de conteo.

Tabla 1
Matriz de coherencia metodológica

Objetivo específico	Métodos / Herramientas utilizadas	Evidencia generada en el trabajo	Sección del documento
Analizar el estado actual del inventario de SPS Colombia, cuantificando discrepancias entre el registro del sistema y las existencias físicas.	Análisis descriptivo, Pareto 80/20, Clasificación ABC	Gráficos de discrepancias, Tabla de errores por producto, Pareto de ítems críticos	8.2 – 8.7
Determinar las causas raíz de las discrepancias mediante Ishikawa, AMFE y correlaciones.	Diagrama de Ishikawa, AMFE, correlación estadística	AMFE completo, matriz de criticidad, identificación de causas raíz	8.8 – 8.10

Evaluar alternativas tecnológicas (códigos de barras, QR y RFID) mediante análisis multicriterio AHP.	AHP, análisis técnico-operativo, análisis comparativo	Tabla de evaluación, pesos AHP, comparación de cada tecnología	8.11 – 8.12
Proponer una mejora integral del control de inventarios incorporando la tecnología seleccionada, estandarización de procesos y trazabilidad.	Rediseño de procesos, diagramas de flujo (AS-IS / TO-BE), documentación de procedimientos	Diagramas de flujo nuevos, descripción del proceso propuesto, procedimientos estandarizados	Propuesta de mejora + Diagramas 10 y 11
Validar el impacto de la propuesta mediante simulaciones trimestrales para proyectar indicadores clave.	Montecarlo, simulación de procesos con Python/SimPy, modelamiento de escenarios	Simulación de recepción, almacenamiento y despacho; proyección de exactitud; tiempos y errores corregidos	Tablas 17, 18, 19 y 20, Proyección anual

Nota: elaboración propia

7.7.Consideraciones éticas

El estudio no utiliza datos personales ni información sensible. Toda la información interna de la empresa fue tratada de forma responsable y únicamente con fines académicos. Las fuentes consultadas se citaron en formato APA 7 para respetar los derechos de autor.

8. RESULTADOS

8.1.Introducción al análisis

Con el objeto de lograr entender la situación actual del control del inventario en la empresa SPS Colombia realizamos un análisis comparativo de la información que esta registrada en el sistema y la que resulta después del conteo manual en el almacén de la empresa, se realizó la revisión de 404 ítems de los cuales están distribuidos en 17 categorías este análisis e genera para

dar respuesta a las preguntas que nos deja el objetivo específico cuáles son los artículos con mayor problema?, ¿en qué categorías se concentran las discrepancias?, y ¿cuál es el patrón de errores que existe?

Para esto se realizan 4 pruebas para lograr dar respuesta estas pruebas son: principio de Pareto 80/20, clasificación ABC, análisis de regresión lineal y análisis de frecuencia cada uno de estos análisis logra dar una vista diferente del problema y llevan a entender en dónde está el problema y así saber dónde se mejorará.

8.2. Diagnóstico inicial del inventario

para este análisis se tomó el inventario que la empresa tiene registrado y se comparó con el que está en físico en el almacén después de este análisis se logra detectar que se tienen tres casos los cuales son los productos que están bien registrados y en físico coinciden, los que están registrados en el sistema, pero en físico sobran cantidades y los que están registrados en el sistema y faltan cantidades.

Tabla 2
Estado de precisión del inventario actual

Tipo de situación	Cantidad de artículos	Porcentaje	Interpretación
Artículos exactos	258	64.0%	Coinciden perfectamente
Artículos con sobrante	80	19.9%	Hay más de los registrado
Artículos faltantes	65	16.1%	Hay menos de lo registrado
TOTAL, CON ERROR	145	36.0%	No es aceptable para un laboratorio

Nota: Elaboración propia

De los 404 ítems que se analizaron 258 (el 64%) tiene una coincidencia perfecta entre lo que se tiene físico y lo que está registrado en sistema, por el contrario 145 ítems (el 36%) tienen errores esto nos da a entender que en una aproximación 1 de cada 3 ítems presentan errores.

Se realiza el análisis el volumen de las unidades se logra verificar que se tiene una diferencia de faltantes de 2.086 unidades y 9.528 unidades sobrantes, en relación con esto se entiende que se tiene 4.6 a 1 esto nos indica que se tienen más inventario del que esta reportado por lo cual se puede entender que se están recibiendo los ítems y no se está registrando en el sistema.

8.3.Modelo de Identificación de artículos críticos mediante Pareto 80/20

Para poder aplicar este modelo se realiza el orden de 145 ítems con errores de menor a mayor y se realiza la sumatoria hasta alcanzar 80% del volumen total de los errores los ítems que están en este porcentaje se llegan a consideran como artículos críticos.

Tabla 3
Artículos críticos según Pareto 80/20

#	Articulo	Error en unidad	% Acumulado	Tipo
1	Hoja de impresión resultados	2.415	20.8%	Sobrante
2	Bolsa plástica 7"x10	1.801	36.3%	Sobrante
3	Crisol refractario de 50gr	1.343	47.9%	Faltante
4	Bolsa de pulverizado 13x20	1.223	58.4%	Sobrante
5	Costos de importación	739	64.8%	Sobrante

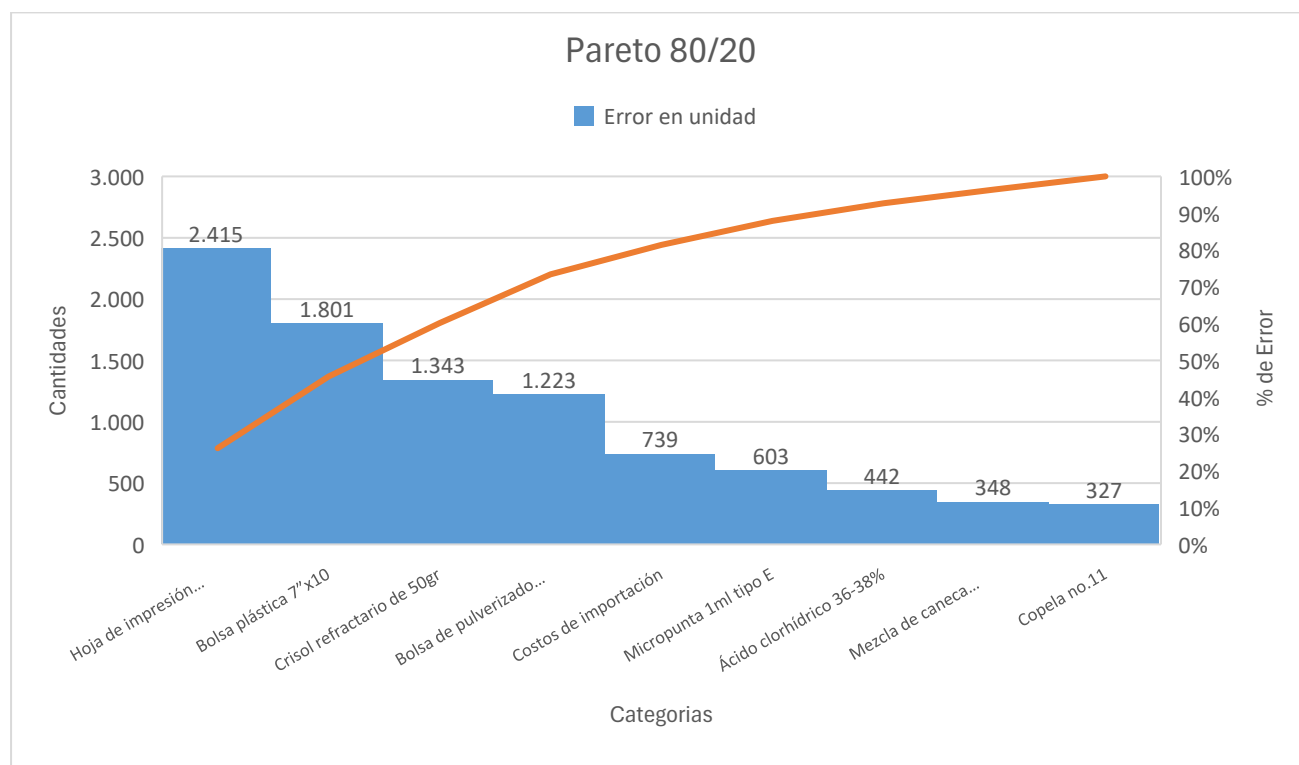
6	Micropunta 1ml tipo E	603	69.9%	Sobrante
7	Ácido clorhídrico 36-38%	442	73.7%	Sobrante
8	Mezcla de caneca fundente	348	76.7%	Sobrante
9	Copela no.11	327	79.6%	Sobrante

Nota: elaboración propia

La tabla muestra los productos que tiene más errores demostrando que solo 9 ítems son los causantes del 80% de los errores totales.

Ilustración 2

Pareto 80/20 9 ítems



Nota: Elaboración propia

Este análisis muestra que los 9 primeros artículos acumulan el 79.6% total del error del inventario y en si estos 9 artículos solo ocupan el 6.2% del total de los ítems en inventario por lo cual si la empresa se enfoca en dar solución a estos 9 artículos ya se estaría dando solución a el 80% del problema prácticamente.

Algo importante que nos entrega este análisis es que 8 de los 9 artículos más críticos producen un sobrante en vez de un faltante lo cual nos indica que el error no es que falten productos el error es que se tienen los productos y el sistema no los conoce.

8.4.Modelo 2: Clasificación ABC - Identificación de familias críticas

Además de tener ítems o productos individuales debemos poderlos agrupar en categorías o familias de productos en la empresa SPS Colombia se tiene 17 categorías y el método ABC nos puede permitir clasificarlas en solo tres (ABC)

- Clase A: son las que nos producen el 80% de error por lo cual requieren control estricto
- Clase B: las que producen el 15% de error por lo cual estas requieren control moderado
- Clase C: las que producen el 5 % de error por lo cual estas requieren control básico

Tabla 4
Clasificación ABC de familias de productos

Clase	Categoría	Artículos	Error	% de error	Acción requerida
A	INSUMOS	39	5,402	46.5%	Control estricto inmediato
A	ÚTILES, PAPELERÍA Y FOTOCOPIAS	88	2,54	21.9%	Control estricto inmediato
B	ENVASES Y EMPAQUES	9	2,312	19.9%	Control moderado

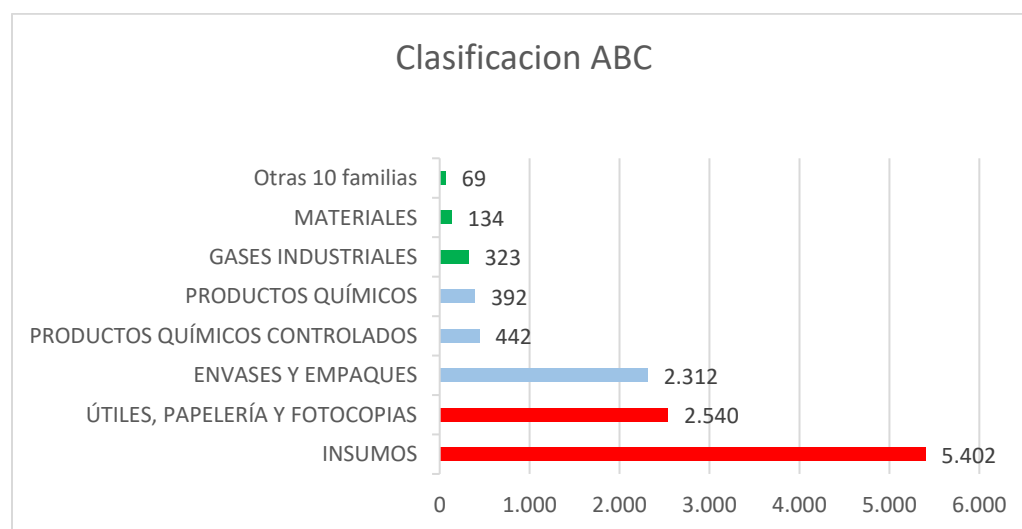
B	PRODUCTOS				
	QUÍMICOS	3	442	3.8%	Control moderado
	CONTROLADOS				
C	PRODUCTOS				
	QUÍMICOS	52	392	3.4%	Control básico
C	GASES INDUSTRIALES	3	323	2.8%	Control básico
C	MATERIALES	44	134	1.2%	Control básico
C	Otras 10 familias	165	69	0.6%	Monitoreo

Nota: Elaboración propia

la tabla muestra cómo se agrupan los errores y así podemos entender cuáles son las categorías que agrupan más y es donde más se debería revisar.

Ilustración 3

Clasificación ABC- Por categoría



Nota: Elaboración propia

De acuerdo con este análisis la categoría más crítica es la de INSUMOS ya que esta agrupa el 46.5% del total del error seguida de UTILES PAPELERIA Y FOTOCOPIAS con el 21% por lo cual estas dos categorías ocupas el total de 68.4%. este análisis da una información importante ya de muestra que si se logra eliminar el error en estas dos categorías ya estaríamos dando una solución a el 70% aproximadamente y las demás categorías que a pesar de que generan impacto en el erro este no es tan grande como estas dos juntas

8.4.1. Modelo 3: Análisis de regresión - Relación entre volumen y discrepancia

Se utilizo un análisis de regresión lineal para lograr encontrar si existe un patrón entre variables como lo serian el volumen y el tamaño del error.

Tabla 5
parámetros del modelo de regresión lineal

Parámetro	Valor	Interpretación
Ecuación del modelo	Discrepancia (%) = $-0.29 + 0.41x\log_{10}(cantidad)$	Por cada aumento de 10 veces el error tiene un aumento del 0.41%
R^2 (bondad de ajuste)	0.008	El modelo solo explica el 0.8% de la variabilidad
P-valor (significancia)	0.072	La relación no es estadísticamente significativa ($p > 0.05$)

Conclusión

Relación débil

No se tiene relación

Nota: Elaboración propia

Este análisis nos revela que existe una tendencia muy baja en los ítems con mayor cantidad tienden a tener mayor error, pero esta relación es tan baja ($R^2 = 0.008$) que al final al cabo no da una explicación contundente ya que nos demuestra que no se tiene relación entre más cantidad más error por lo tanto este análisis nos dirige a que la causa de los errores no son las cantidades de los ítems si no la falta del registro en el sistema de estos.

8.5. Modelo 4: Análisis de frecuencia - Patrón de sobrantes versus faltantes

Este modelo se basa en tres puntos los cuales serían inventario correcto, sobrante y faltantes.

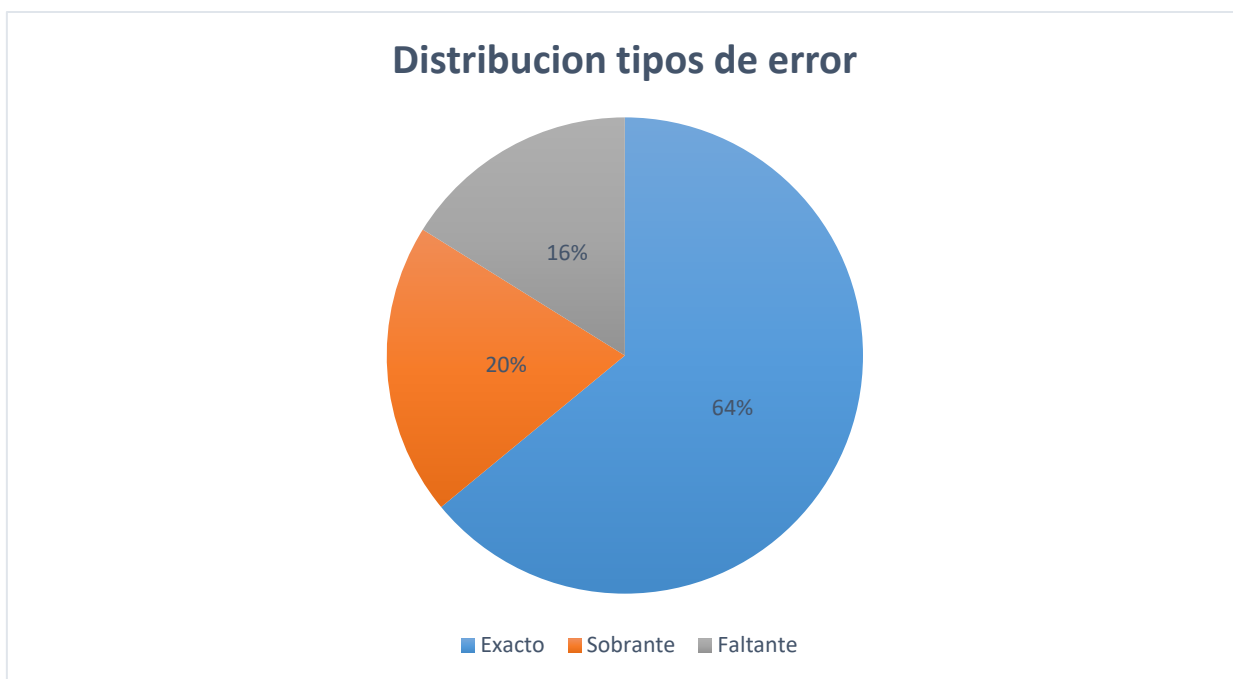
Tabla 6
Distribución de tipos de error

Tipo de error	Cantidad de ítems	%	Volumen	Patrón
Exactos	258	64%	0	Normal
Sobrantes	80	19.9%	9.528	Exceso en almacén
Faltantes	65	16.1%	2.086	Escasez registrada
Relación	-	-	4.6:1	Un desequilibrio grande

Nota: Elaboración propia

Ilustración 4

Distribución por tipos de error



Nota: Elaboración propia

Podemos analizar que es que se tiene una proporción de 9.528 ítems sobrantes, pero tan solo 2.086 faltantes esto nos indica una relación de 4.6 a 1 que en otras palabras muestra que tenemos 5 veces más ítems sobrando que los que están faltando y esto a su vez nos indica que el problema no es desabastecimiento o perdidas ya que de ser así tendríamos más faltantes, el problema en si es que se tienen más ítems en el almacén que el que se encuentra en sistema, por lo tanto nos indica que el área de recepción probablemente tiene el error fundamental.

Posibles causas

- Las compras llegan y no se registran en el sistema
- Se tienen errores al recibí se realiza una cuenta y se registra otra diferente

- Falta de una comunicación asertiva entre almacén y sistema

Lo más importante es que se logra identificar que el problema es de información y no de pérdidas físicas.

8.6.Conclusiones del Objetivo Específico

Sobre la situación actual podemos evidenciar que el 36% de los ítems (145 de 404) tienen errores de los registrados y lo que se tiene en físico y esto equivale a 2.086 ítems faltantes y 9.528 sobrantes, esto muestra una tendencia a sobre stock, en total el error es de 64% lo que es inaceptable para una empresa que debe cubrir certificaciones y logran cumplir eficazmente sus procesos.

Sobre el problema podemos evidenciar que este se concentra especialmente en 9 ítems y estos solo son el 6.2% del total del inventario, pero causan un error global del 80% y las dos categorías que concentran el error son insumos y útiles ya que concentran el 68% del problema.

El problema o error no existe por la naturaleza de los ítems ya que en el análisis de regresión este muestra una cantidad de error muy bajo, tampoco se genera por un desabastecimiento ya que se tiene stock con sobrantes y esto nos lleva a la conclusión que el error está en el procedimiento de recepción y en la falta de actualización en tiempo real ya que no se comunica o se ingresa lo recibido en el momento.

8.7.Recomendación estratégica:

Para lograr una mejora podemos presentar 4 recomendaciones desde el punto de vista del objetivo 1

1. Revisar y hacer correcciones a los 9 ítems críticos este es para corto plazo
2. Lograr realizar una mejora en el área de recepción esta para un corto y mediano plazo

3. Realizar un mejor control en la categoría de útiles esta seria para un medio plazo
4. Realizar la implementación de sistema automáticos como los códigos de barras ya ya que están dan trazabilidad, esta seria para largo plazo

En el análisis que se realizó en el objetivo específico 1 se definió que el 36% de los ítems (145 de 404) tiene un error de lo que se tiene en sistema y lo que está en físico, estas diferencias son de 9.528 ítems o unidades esto nos indica que el problema no es las perdidas si no la falta de información en el sistema.

Teniendo en cuenta esto este objetivo está diseñado para poder buscar y entender las causas reales de esos errores, ordenarlos según la importancia y basándonos en una simulación lograr demostrar cuanto se podrían mejorar los inventarios si se realizan los cambios.

8.8. Identificación de causas – Diagrama de Ishikawa

Se realiza el análisis Ishikawa el cual nos permite organizar las posibles causas y en este caso las posibles causas se agrupan en 6 categorías.

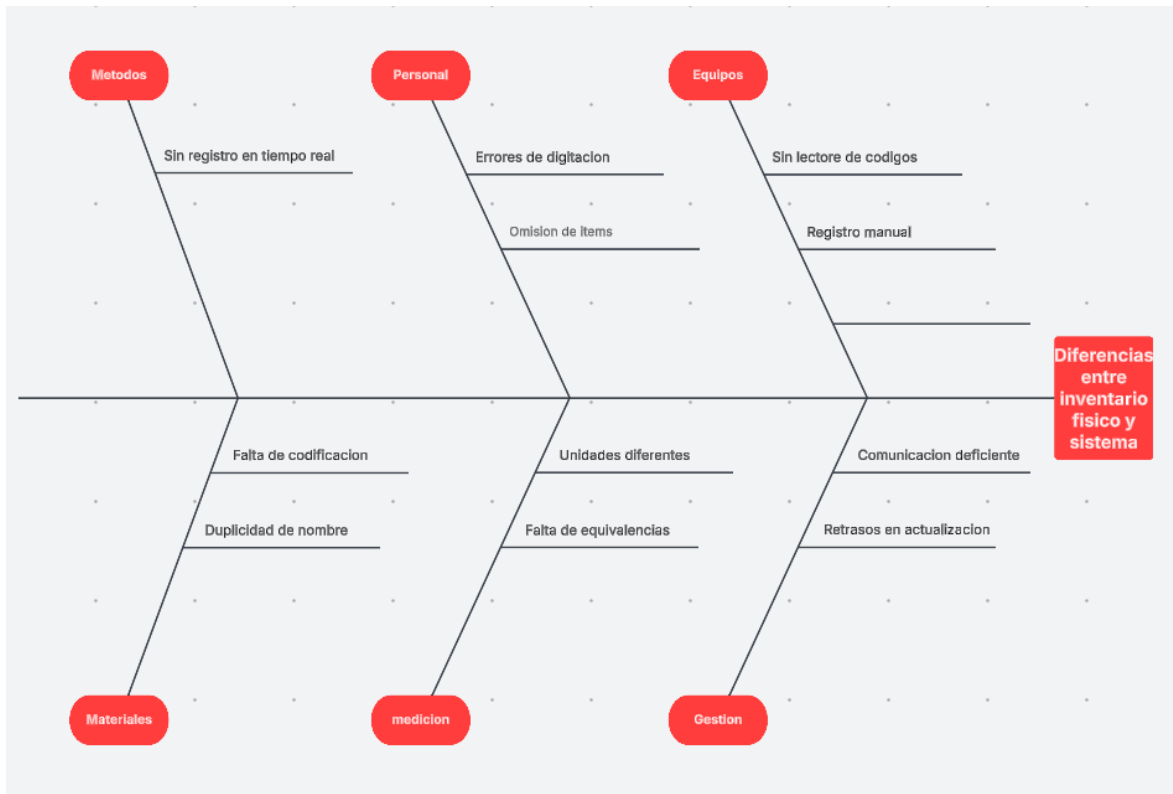
Tabla 7
Causas principales de las diferencias en el inventario

Categoría	Causa definida	Situación observada
Métodos	No se registran las entradas	9.528 sobrantes indican que el sistema no se actualiza constantemente
Personal	Error en el registro manual	El registro manual no tiene verificación
Equipos	Falta de herramientas tecnológicas	Procesos manuales
Materiales	Falta codificación	Ítems duplicados por nombres similares
Medición	Error entre sistema y físico	Ítems registrados de una manera y entregados de otra
Gestion	Retraso en la comunicación	Demoras en la información generar errores

Nota: Elaboración propia

Ilustración 5

Diagrama de Ishikawa – Causas de las diferencias



Nota: Elaboración propia con ayuda de la página Lucidchart

Las principales causas de los errores están muy ligados a errores manuales ya que no se tienen apoyo tecnológico donde se logre llevar una trazabilidad de la información o tener esta información actualizada en tiempo real.

8.9. Priorización de causas – Análisis AMFE

Para lograr entender cuáles son las causas más graves se aplica el método AMFE

- **Severidad (S):** qué tan grave es el impacto
- **Ocurrencia (O):** qué tan seguido pasa

- **Detección (D):** qué tan fácil es darse cuenta del error

Tabla 8

Resultados del AMFE aplicado al proceso de inventario

Causa Raíz	S	O	D	NPR	Nivel de riesgo	Comentario
No se registra en tiempo real	9	9	8	648	Critico	Da respuesta a los sobrantes
Errores al digitar en Excel	8	8	7	448	Alto	Está relacionado con el 36% de los errores
Ítems sin código nombres duplicados	8	7	6	336	Alto	Dificulta el control de las categorías
Diferencias de unidad medica	7	6	6	252	Medio	Genera pequeños errores en conteos
Retrasos en comunicación	7	5	5	175	Medio	Genera problemas en las actualizaciones del sistema

Nota: Elaboración propia

Este análisis nos da a entender que la causa más grave es la falta de registro manual ya que tiene un puntaje NPR de 648 y lo sigue el error en la digitación con 448 NPR ambas estas relacionadas con la falta de sistemas de automatización.

8.10. Validación de impacto – Simulación Montecarlo

Para realizar la comprobación del impacto de las causas y poder realizar la medición de la mejora del proceso con los cambios se realiza una simulación de Montecarlo con Python el cual nos permite estimar la probabilidad de las mejoras basada en diferentes escenarios.

Tabla 9

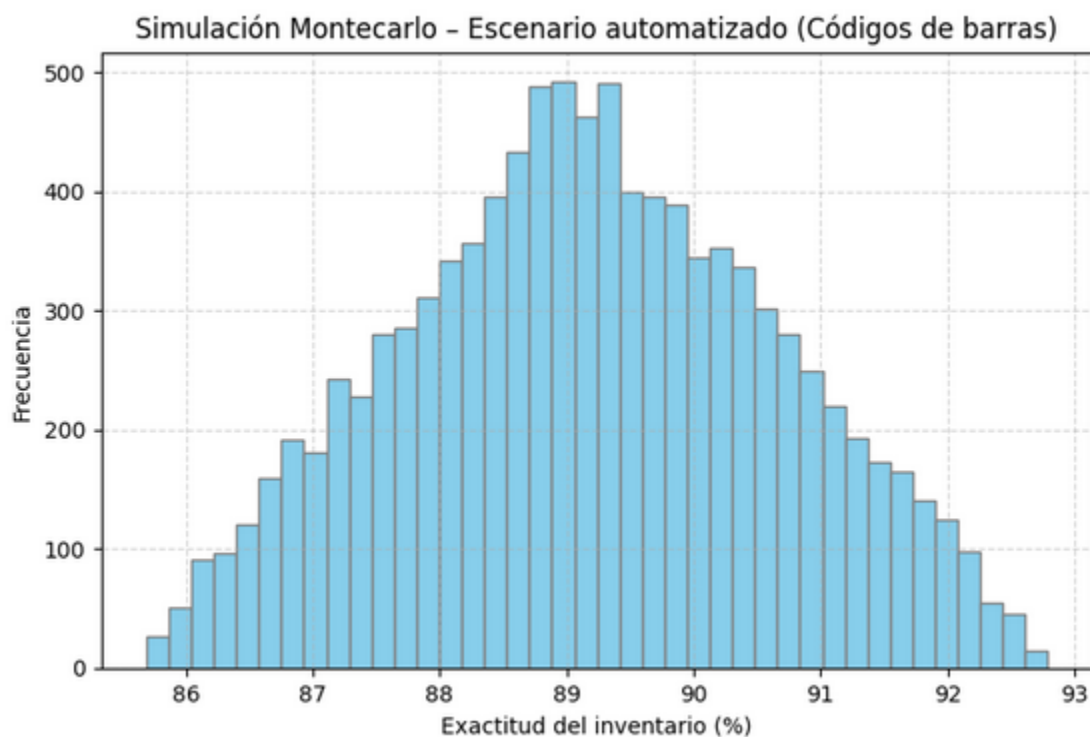
Escenarios simulados de mejora

Escenario	Descripción	Reducción error	Error total	Exactitud proyectada
Escenario actual	Proceso manual sin cambios	0%	36%	64%
Mejoras parciales	Mejor organización	50%	18%	82%
Automatizado	Uso de códigos de barras	70%	10.8%	89.2%

Nota: Elaboración propia

Ilustración 6

Simulación Montecarlo – Probabilidad de mejora



Nota: Elaborado por simulación Montecarlo en python

Esta simulación nos demuestra que la implementación de los códigos de barras puede generar una fidelidad del inventario del 64% subirlo a 89% logrando reducir el error, también se lograría la reducción de tres días a menos de un día por conteo de inventario y tenemos una probabilidad del 78% de lograr una fiabilidad del inventario del 90%.

8.11. Conclusión del objetivo 2

1. Las diferencias del inventario son por falta de registros en tiempo real y errores manuales
2. AMFE nos confirma que estas causas son críticas por lo cual se debe utilizar un sistema automático para evitar estos errores
3. El simulador nos demuestra que podemos llegar a un 89% de fiabilidad de inventario
4. La automatización además de ser necesaria también es viable

bajo diferentes volúmenes de transacciones, proyectando indicadores técnicos y económicos

Desde el análisis de los inventarios y de los objetivos podemos definir que la empresa SPS Colombia necesita la implementación de tecnologías de automatización para poder evitar los errores humanos y mejorar el control del inventario por esta razón se realiza un análisis (AHP) y simulación (Montecarlo).

8.12. Alternativas tecnológicas analizadas

Tabla 10
análisis de tecnologías

Alternativa	Descripción	Ejemplo de aplicación	Fuente
Códigos de barra	Uso de etiquetas impresas se leen con escáner portátil	Lectura de productos en la recepción y despacho	Kubáňová et al. (2022)
Código QR	Guardan más información y puedes ser leído con móviles	Registros de ingreso o salidas directamente desde el celular	Mahmud et al. (2023)

RFID	Usa etiquetas que se leen por radiofrecuencia no necesitan contacto	Se realiza la lectura al pasar por un sector o una zona de control	Bertolini et al. (2015)
------	---	--	-------------------------

Nota: Elaboración propia

Tabla 11
Criterios de evaluación

Criterio	Descripción	Peso (%)
Exactitud	Capacidad para reducir errores	35
Costo de implementación	Inversión inicial y su mantenimiento	25
Facilidad de uso	Nivel de adaptación del personal	15
Escalabilidad	Capacidad de crecer	15
Mantenimiento	Requerimientos técnicos	10

Nota: Elaboración propia

Los criterios se definen según la importancia para la operación de la empresa SPS Colombia

Tabla 12
Asignación de calificaciones

Criterio	Código de barras	Código QR	RFID	Fuente
Exactitud	70%	65%	85%	Kubáňová et al. (2022); Bertolini et al. (2015)
Costo de implementación	9	8	3	GS1 (2023)
Fácil uso	8	9	5	ahmud et al. (2023)
Escalabilidad	8	7	9	GS1 (2023)
Mantenimiento	8	7	6	Bertolini et al. (2015)

Nota: Elaboración propia

La tabla compara tres tecnologías para controlar productos: código de barras, código QR y RFID.

RFID es la más precisa y permite crecer fácilmente, pero cuesta más y es más difícil de usar y mantener el código de barras y el QR son más baratos y fáciles de usar, pero no son tan precisos como RFID, la mejor opción depende de lo que la empresa necesite: precisión, facilidad o bajo costo.

la exactitud es tomada basada en la literatura investigada de cada una Código de Barras 70%: Kubáňová et al. (2022) reportan 70-75% exactitud en operaciones reales de logística, Código QR 65%: Mahmud et al. (2023) documentan desempeño inferior a COD128 debido a

dependencia de iluminación, calidad de cámara y conectividad Wi-Fi requerida, RFID

85%: Bertolini et al. (2015) reportan rango 80-99% (se utiliza 85% como valor conservador).

Tabla 13

Aplicación del método AHP

Alternativa	Puntuación total	Posición
Códigos de barra	0.905	1
Código QR	0.844	2
RFID	0.742	3

Nota: Elaboración propia

Estas clasificaciones se realizaron realizando multiplicación por los pesos establecidos anteriormente y se realiza normalización para así poder tener el puntaje total, este resultado nos muestra que la mejor alternativa es el código de barras.

Tabla 14

Simulación del desempeño técnico y económico

Escenario	Transacciones mes	Descripciones
Bajo	1.000	Flujo mínimo
Medio	3.000	Nivel promedio actual
Alto	5.000	Periodo de alta rotación

Nota: Elaboración propia

Para poder hallar el comportamiento real de cada una de las tecnologías realizando una simulación Montecarlo.

Tabla 15

Análisis de desempeño técnico y operativo

Escenario	Tecnología	Exactitud	Errores totales	Errores corregidos	Errores residuales
1.000	Código de barras	89%	360(100%)	252(70%)	108
1.000	Código QR	87%	360(100%)	234(65%)	126
1.000	RFID	94%	360(100%)	306(85%)	54
3.000	Código de barras	89.2%	1.080 (100%)	324(11%)	756
3.000	Código QR	87.4%	1.080 (100%)	378(13%)	702
3.000	RFID	94.6%	1.080 (100%)	162(5%)	152
5.000	Código de barras	89.1%	1.800(100%)	1.270(70%)	540
5.000	Código QR	87.2%	1.800(100%)	1.170(65%)	630
5.000	RFID	94.3%	1.800(100%)	1.530(85)	270

Nota: elaboración propia con código de Python. Análisis de desempeño técnico y operativo.py

Se realiza simulación Montecarlo con 10.000 repeticiones utilizando los datos de la empresa y tomando en cuenta el porcentaje demostrado según la literatura de cada una de las tecnologías.

Tabla 16
Indicadores técnicos y operativos

Métrica	Código de Barras	Código QR	RFID
Exactitud de Captura (escenario medio)	89.2%	87.4%	94.6%
Mejora Absoluta vs Línea Base (64%)	+25.2 pp	+23.4 pp	+30.6 pp
Factor de Mejora	1.39x	1.36x	1.48x
Proporción Errores Reducidos	70 de 100	65 de 100	85 de 100
Errores Corregibles/Mes (3K trans)	756 de 1.080	702 de 1.080	918 de 1.080
Velocidad Procesamiento Promedio	75 trans/min	30 trans/min	800 trans/min
Tiempo Conteo Inventario Proyectado	6-8 horas	12-16 horas	4-5 horas
Escalabilidad Operativa	Alta (8/10)	Media (7/10)	Muy Alta (9/10)
Confiabilidad del Sistema	98.5%		92% 99.2%
Disponibilidad Proveedores en Colombia	Múltiples	Limitada	Especializada

Lead Time Implementación	4-6 semanas	8-10 semanas	12-16emanas
-----------------------------	-------------	--------------	-------------

Nota: Elaboración propia. Indicadores consolidados de tres tecnologías evaluadas mediante AHP y simulación técnica

8.13. proyección a 12 Meses (Volumen Medio de 3.000 Transacciones)

Tabla 17
Proyección Anual de Mejora

Indicador	Código de Barras	Código QR	RFID
Error: Actual			
Esperado	36% → 10.8%	36% → 12.6%	36% → 5.4%
Errores Corregibles			
Anuales	9.072	8.424	11.016
Errores Residuales			
Anuales	3.888	4.536	1.944
Factor de Mejora en			
Velocidad	20x	10x	25x

Nota: Elaboración propia. Proyección extrapolada de escenario medio (3.000 transacciones/mes) a 12 meses (36.000 transacciones anuales). Cada fila representa el impacto anualizado de implementar cada tecnología.

8.14. Superioridad de Códigos de Barras para SPS Colombia

El análisis mediante el método AHP nos indica que la tecnología que es mas adecuada es COD123 frente a QR y RFID ya que da mejores resultados en las condiciones actuales de la empresa adoptar esta tecnología lograría una mejora en la precisión de los inventarios y reducir los errores operativos.

8.15. Viabilidad de Código QR como Alternativa Complementaria

Aunque el código QR representa 87.4% en exactitud este es inferior al uso de COD128, pero sin embargo muestra una exactitud nada despreciable por lo cual se puede tener como una segunda alternativa para implementación teniendo en cuenta que sus costos no son altos y su utilización podría ser utilizada para almacenar fechas de vencimientos necesarias para algunos ítems.

8.16. Inviabilidad del RFID para el SPS en el Corto Plazo

Aunque esta tecnología representa una exactitud del 94.6% siendo la mas exacta de las 3 analizadas esta es inviable para el entorno de la empresa SPS Colombia ya que esta tecnología tiene costos más elevados tanto como económicos como operativos ya que su implementación con lleva a periodos largos de adaptación de las personas encargadas de su uso.

Conclusión

Después del análisis de las tres tecnologías se puede afirmar que el COD128 es la opción mas viable para la empresa SPS Colombia ya que esta esta compuesta por costos más bajos, una fácil integración y capacitación al personal y así mismo lograr una exactitud importante en el inventario.

La tecnología de QR demuestra un potencial para un futuro ayudando a tener más control del inventario logrando tener las fechas de vencimientos de ítems.

A partir de los análisis realizados del inventario de las causas y las tecnologías de automatización adecuadas para minimizar los errores en el manejo del inventario de la empresa SPS Colombia se indica que la opción aceptada en el código de barras por lo cual es el momento de realizar las simulaciones y lograr una estandarización de los procesos

8.17. Propuesta de mejora basada en simulaciones

La propuesta se plantea la estructura en base a los resultados del análisis de multicriterio y simulación en Python realizando un rediseño de los procesos más críticos del control del inventario, en este análisis se incluyen cuatro puntos los cuales son tecnología, procedimientos, estandarización y trazabilidad.

Tabla 18
Componentes principales

Pilar	Descripción	Herramienta utilizada	Indicador esperado
Tecnología	Incorporación de escaneo COD128	Python	Reducción errores
Procesos	Rediseño	Diagrama de flujo Simpy	Mayor exactitud
Estandarización	Procedimientos auditable	Modelo documental	Cumplimiento normativo
Trazabilidad	Registro de movimientos en sistema simulado	Arrays y BD simulado en Python	100% rastreable

Nota: elaboración propia

Se realiza simulación se los procesos de la empresa como los son recepción de productos, almacenamiento, despacho de productos.

8.18. Recepción de productos

Se realiza la simulación de los procesos de la recepción de los productos realizando comparación del proceso de manera manual y de forma de escaneo automático en esta simulación realizamos la medición de tiempo por producto y la cantidad de errores de los dos escenarios.

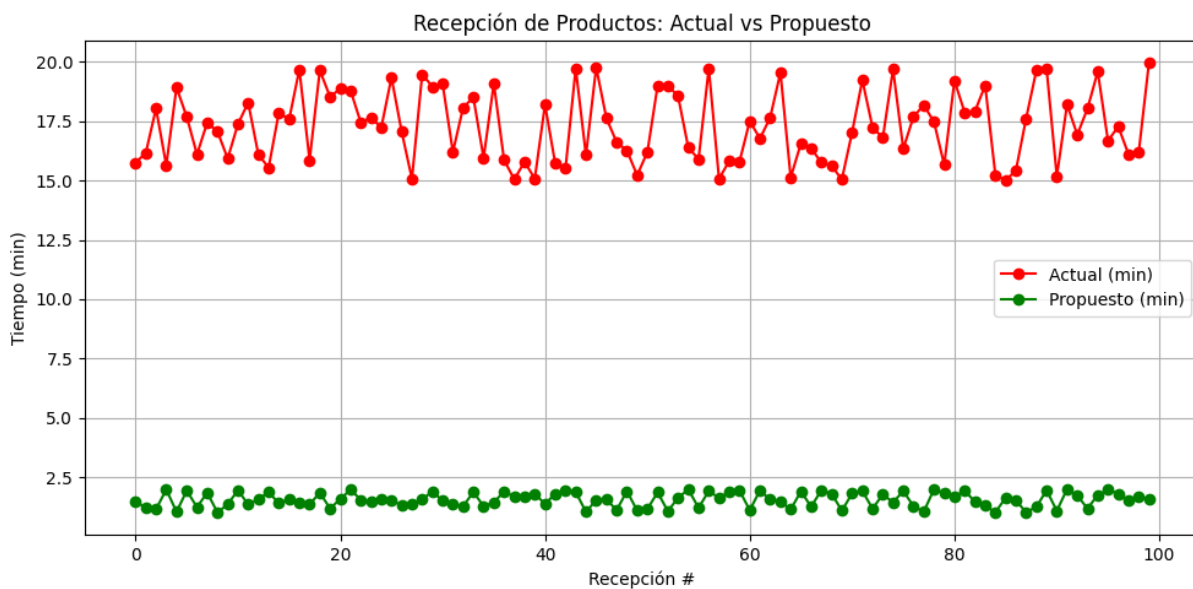
Tabla 19
Recepción de productos

Escenario	Tiempo promedio (min)	Errores/ 100 productos
Actual (manual)	17.4	36
Propuesta (COD128)	1.6	10

Nota: elaboración propia basada en código Python, recepcion_simulacion.py

Ilustración 7

comparación manual vs automatización



Nota: elaboración propia basada en código Python, `recepcion_simulacion.py`

Tanto la tabla como la ilustración demuestran que los tiempos de recepción de los productos se minimiza al momento de utilizar el sistema de automatización COD128.

Almacenamiento de productos

Se realiza simulación del almacenamiento de productos y el conteo mensual del inventario tanto de manera manual como con la propuesta de automatización.

Tabla 20
almacenamiento

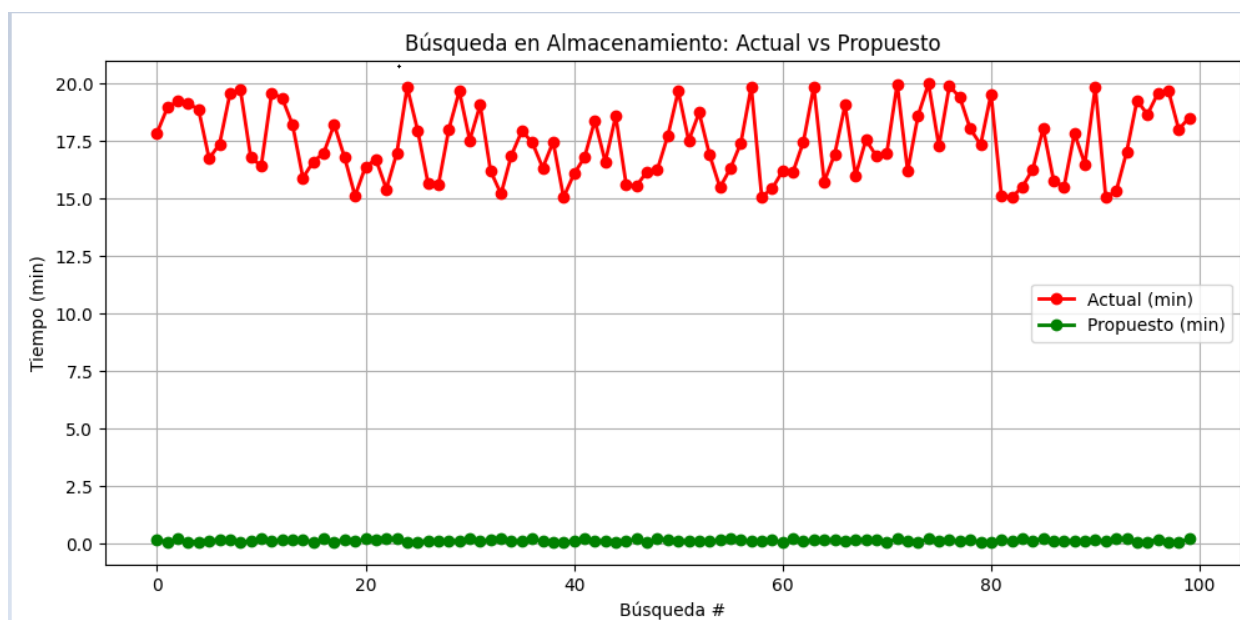
Escenario	Búsqueda promedio (min)	Búsqueda promedio (seg)	Conteo mensual (H)
-----------	----------------------------	----------------------------	-----------------------

Actual	17.2	1032	72
Propuesto	0.15	9	6-8

Nota: elaboración propia basada en código Python, `almacenamiento_simulacion.py`

Ilustración 8

búsqueda actual vs propuesta



Nota: elaboración propia basada en código Python, `almacenamiento_simulacion.py`.

Tanto la tabla como la ilustración demuestran que la automatización de la búsqueda y el conteo del inventario tienen una mejoría ya que como se muestra manualmente se puede tardar 72 horas y automatizado baja a 6 o 8 horas logrando un ahorro en tiempos.

8.19. Despacho de productos

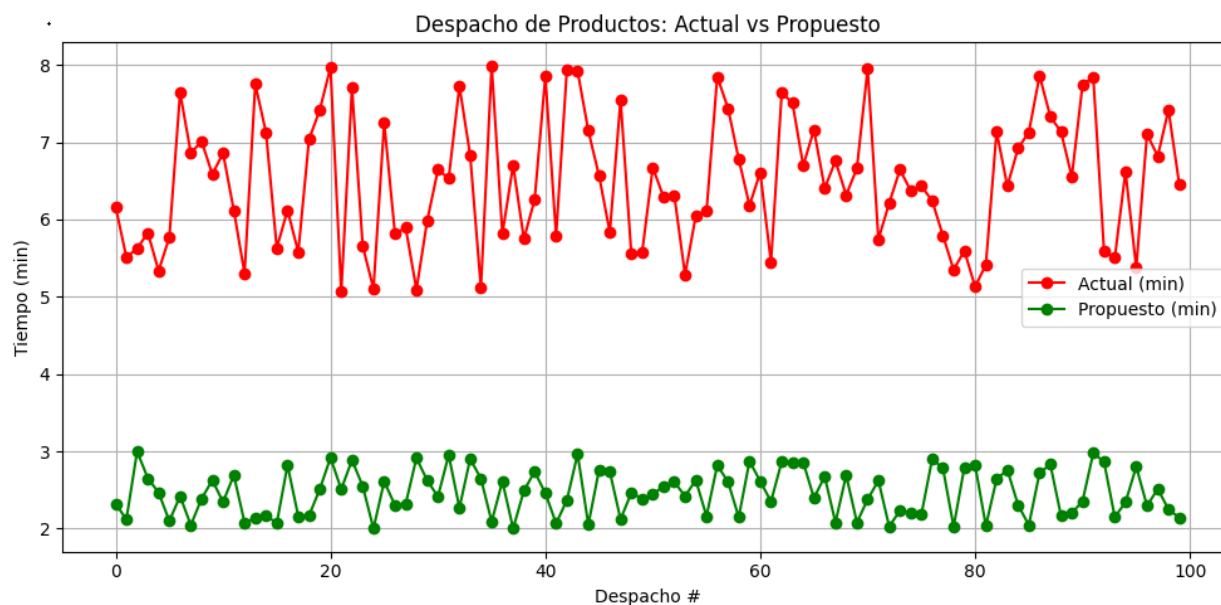
Esta simulación se realiza con la tasa de errores y el tiempo por solicitud de cada una de las alternativas.

Tabla 21
Despachos

Escenario	Tiempo promedio despacho (min)	Despacho sin registro / 100
Actual	6.4	17
Propuesta	2.5	1

Nota: Nota: elaboración propia basada en código Python, despacho_simulacion.py

Ilustración 9
despacho actual vs propuesta



Nota: Nota: elaboración propia basada en código Python, despacho_simulacion.py

Esta simulación demuestra que para el sector de despachos la automatización genera una disminución de tiempo logrando ser más eficiente.

Los valores que se utilizaron para la simulación se basan en la literatura académica y técnica de gestión de inventarios industrial como (Ballou, 2020; Kelton & Law, 2015; Bowersox et al., 2019) los cuales establecen que los sistemas manuales tienen un promedio de duración de 15 y 20 minutos y una frecuencia de error de 30% a 40%.

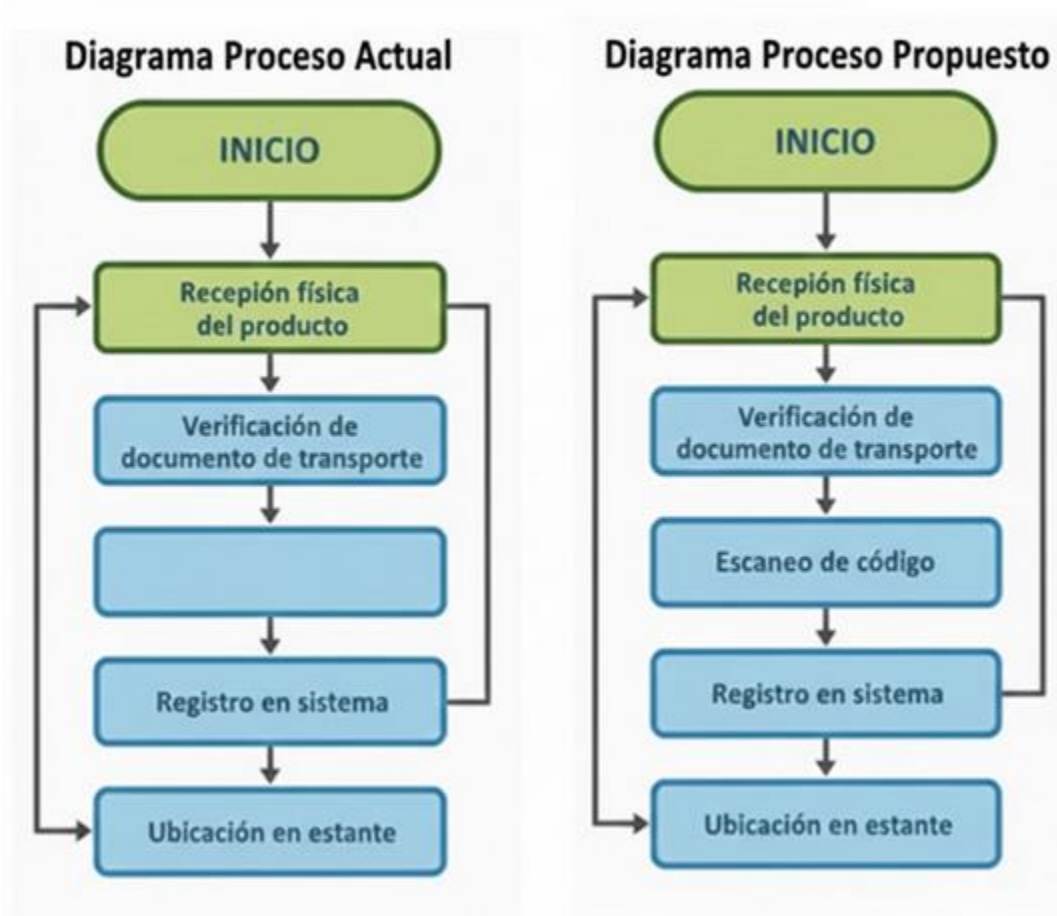
8.20. Rediseño

Para lograr una mejora del control de los inventarios se debe realizar un rediseño de los procesos principales del área basado en las buenas prácticas de la ingeniería industrial y normativas internacionales.

Diagrama de flujo proceso de recepcion

Se representa en un diagrama de flujo el procedimiento estandar para la recepcion de productos en SPS Colombia y se muestra la mejora que se debe realizar en el proceso de recepcion.

Ilustración 10
diagrama actual vs propuesta para recepción de mercancía



Nota: Diagrama de flujo del proceso de recepción de productos. Elaboración propia en Draw.io siguiendo normas GS1 y recomendaciones de Ballou (2020)

Ilustración 11

Diagrama de control de inventarios

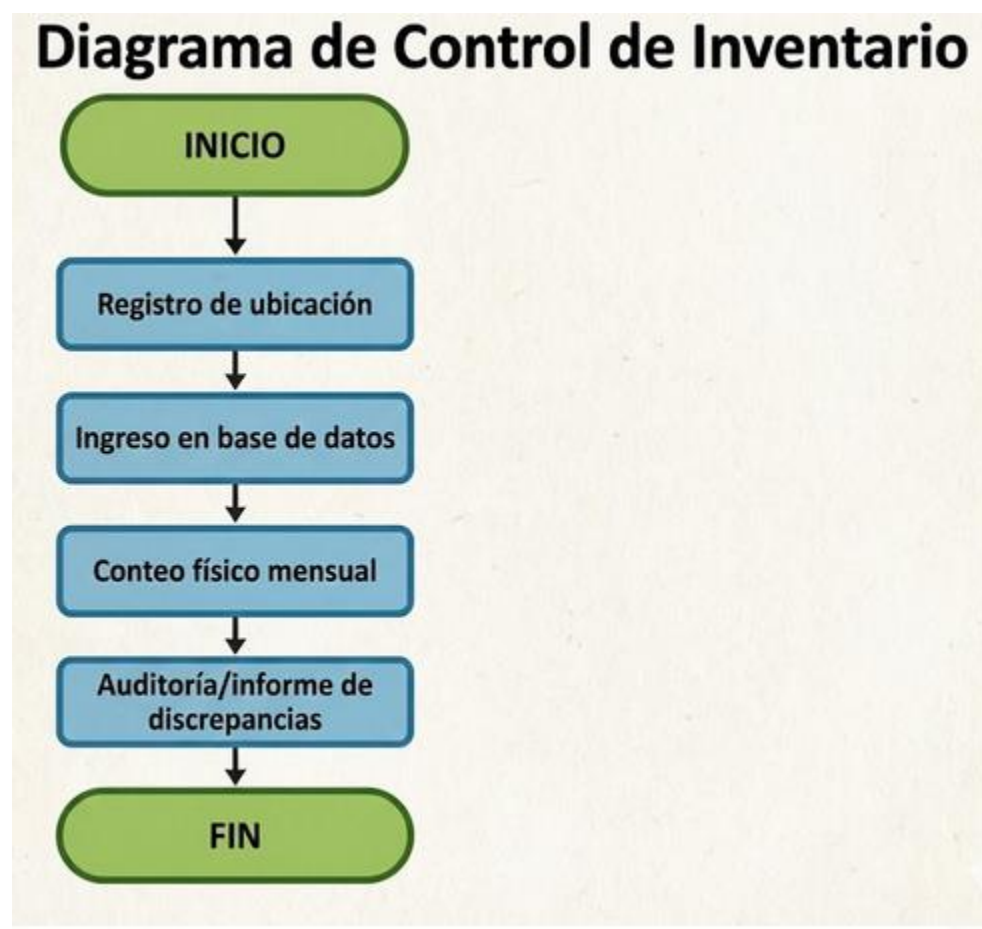


Diagrama de Despacho de Productos



A demás de la creación de los flujos de recepción de productos, control de inventarios y el diagrama de despachos de productos se realiza ajuste sobre los procedimientos que se deben realizar para en compañía de la implementación de los códigos de barras los cuales son:

- Recepción de productos: PR-REC-001 en este se dan las pautas de como se debe recibir cada producto y realizar el registro automático para que no se pierda la información (ver anexo 1).
- Conteo de inventarios: PR-CNT-001 en este se presenta el formato y el procedimiento que debe ser realizado cada vez que se realicen los conteos en este se colocan los detalles para asegurar la fiabilidad de los conteos y su posterior auditoria (ver anexo 2).
- Despacho de productos: PR-DES-001 se presenta la explicación de como ver lo que se esta enviando y este bien registrado, siguiendo el sistema de estandarización y control (ver anexo 3).

Estos procedimientos explican de una manera claro cada proceso que se debe seguir así logrando que todos trabajen de a misma manera y facilitando próximas auditorias. Así esta solución además de ser viable como sistema de automatización también nos deja información en papel de que está cumpliendo la implementación logrando demostrar que el cambio para la empresa es viable.

9. Conclusiones

El diagnóstico indica que el inconveniente más significativo del inventario en SPS Colombia no radica en los artículos mismos o en un abastecimiento insuficiente, sino en cómo se registran y actualizan los datos. Aproximadamente el 36% de los ítems tienen discrepancias entre lo que aparece registrado y lo que hay físicamente, lo cual muestra fallas tanto en la recepción como en la actualización de datos en tiempo real.

El AMFE y el diagrama de Ishikawa, utilizados para analizar las causas, confirmaron que la mayoría de las discrepancias se producen en tareas manuales y poco estandarizadas, como no registrar las entradas a tiempo, equivocarse al introducir datos en Excel, gestionar ítems con nombres duplicados o sin una codificación precisa y retrasarse en la comunicación entre departamentos. Esto evidencia que el sistema de control vigente no asegura ni la trazabilidad ni la precisión del inventario.

A partir de estos hallazgos, se determina que la aplicación de un sistema de códigos de barras es una opción apropiada para SPS Colombia, ya que aborda directamente las causas más críticas detectadas, posibilita el registro en tiempo real, otorga un identificador único a cada elemento y disminuye la necesidad de digitaciones manuales. Por lo tanto, es más factible técnica y económicamente que otras alternativas como RFID en la situación presente de la compañía.

Asimismo, se indica que la mejora sugerida no solo depende de la tecnología, sino también de supervisar los procedimientos al implementar, dándole prioridad a corregir los elementos más críticos, fortalecer el área de recepción, tener un mejor control sobre categorías delicadas como

las de útiles y registrar claramente los nuevos procedimientos para que cada movimiento sea documentado y se pueda auditar si es necesario.

Desde el punto de vista de la ingeniería industrial, el trabajo revela que se puede comprender mejor la causa de los errores de inventario, priorizar las acciones para mejorar y justificar con datos la elección de la alternativa tecnológica al utilizar herramientas combinadas como análisis ABC, Pareto, regresión, diagrama de Ishikawa, AMFE y simulación. Esto proporciona una solución estructurada que disminuye los riesgos, mejora la confiabilidad del inventario y respalda el proceso decisional en SPS Colombia.

En última instancia, se considera que la propuesta de optimizar el control de inventarios a través de códigos de barras pone a SPS Colombia en una situación más favorable para continuar progresando hacia procesos más ordenados y automatizados. Además, puede ser un referente para otras pequeñas compañías con circunstancias parecidas que aspiran a incrementar la precisión de sus inventarios y reducir el efecto de los fallos manuales sin necesitar inversiones desmedidas ni sistemas excesivamente complejos.

10. REFERENCIAS

Abideen, S., Shafiq, M., & Hussain, A. (2024). Inventory automation and digital transformation in SMEs: A review of emerging practices. *International Journal of Operations & Production Management*, 44(3), 214–235. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-2023-0190>

Ballou, R. H. (2020). *Business logistics and supply chain management* (6.^a ed.). Pearson.

Ballou, R. H. (2020). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (6.^a ed.). Pearson Educación.

Basta, M., Orjuela, S., & Rossi, M. (2023). Social responsibility and traceability in modern supply chains. *Journal of Industrial Ecology*, 27(2), 357–371.

<https://doi.org/10.1177/18479790231202420>

Bernal Torres, C. A. (2016). *Metodología de la investigación administrativa* (4.^a ed.). Pearson Educación.

Bertolini, M., Bottani, E., & Rizzi, A. (2015). Improving logistics effectiveness and efficiency through bar code and RFID technologies. *Supply Chain Management*, 15(3), 251–267.

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2019). *Supply chain logistics management* (5.^a ed.). McGraw-Hill.

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2023). *Supply chain logistics management* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Carreño Dueñas, D. A., Cortés, M. E., & Rojas, J. A. (2020). Diseño de un sistema para la gestión de inventarios de las pymes en el sector alimentario. *Industrial Data*, 23(1), 113–132.

<https://doi.org/10.15381/indata.v23i1.16530>

Cheong, M. L. F., & Ma Nang Laik, T. (2024). Inventory management. En M. L. F. Cheong (Ed.), *Data and decision analytics for business operations* (pp. 47–72). Springer.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-72255-4_3

Christopher, M. (2023). *Logistics and supply chain management* (6.^a ed.). Pearson Education.

Espejo Repiso, C. (2018). *Estudio de las aplicaciones de la tecnología RFID y su grado de implantación* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla]. Repositorio Universidad de Sevilla.

- Feng, Y. (2023). Supply chains in turbulent environments. *Australian Journal of Management*, 48(1), 123–140. <https://doi.org/10.1177/03128962231165655>
- Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2023). Smart logistics and warehouse automation systems: A comprehensive review. *Sensors*, 23(14), 6542. <https://doi.org/10.3390/s23146542>
- Giménez, C., & Sierra, V. (2023). Digital traceability and safety in industrial logistics systems. *Supply Chain Management Review*, 28(4), 211–227.
- GS1 Colombia. (2023). *Guía de estándares para identificación y trazabilidad*. <https://www.gs1co.org>
- GS1 Colombia. (2024a). *Códigos GS1 Colombia: Optimiza tu logística ya*. <https://gs1co.org/blog/codigos-gs1-colombia-optimiza-tu-logistica-ya>
- GS1 Colombia. (2024b). *Estándares de identificación automática para PYMEs*. <https://gs1co.org>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). *Operations management* (14.^a ed.). Pearson Education.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2023). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- International Organization for Standardization. (2015). *Sistemas de gestión de calidad - Requisitos* (ISO 9001:2015).

Ivanov, D. (2023). Ripple effect in supply chains: A comprehensive review. *International Journal of Production Research*, 61(17), 5873–5890.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2253328>

Kelton, W. D., & Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis* (5.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Kubáňová, J., Michnáčová, H., & Bindzár, P. (2022). Effectiveness of barcode-based inventory management in logistics. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 18(2), 145–156.

Kumar, N., & Kumar, R. (2023). Digital inventory management systems and efficiency improvement in SMEs. *Journal of Business Logistics*, 44(2), 145–162.

<https://doi.org/10.1111/jbl.12390>

Mahmud, N., Chen, K., & Liu, X. (2023). QR code adoption in supply chain management: Benefits and challenges. *International Journal of Logistics Research*, 29(1), 78–95.

Martínez Vives, C. F. (2021). *Mejoramiento de inventarios y materias primas en bodega y almacén con la implementación del sistema de código de barras* [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio Institucional RED. <https://red.uao.edu.co/items/eb003748-c752-4042-87ee-8fedcea7a04d>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). *Manual para la implementación del Código Único de Trazabilidad (CUT)*. <https://www.minsalud.gov.co>

Paredes, L., Quispe, C., et al. (2023). *Estudio de la gestión de inventario para el incremento de productividad*. Editorial EIDEC.

Richards, G. (2021). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (3.^a ed.). Kogan Page.

Ruiz Martínez, W. A. (2022). *Implementación de un sistema de asignación automática de inventarios para mejorar los procesos logísticos: Caso Fossil en Falabella Colombia* [Tesis de maestría, Universidad de La Sabana]. Intellectum.

<https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/51025>

Sarkis, J., & Zhu, Q. (2022). Sustainability and digital transformation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 380, Artículo 135106.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135106>

Seuring, S., & Müller, M. (2023). Sustainable supply chain management: A review of theories and practices. *Business Strategy and the Environment*, 32(1), 55–72.

<https://doi.org/10.1002/bse.3164>

Shah, N., Singh, R., & Jain, P. (2021). RFID vs Barcode systems in inventory management: A comparative study. *Journal of Supply Chain Management Review*, 18(4), 233–248.

Silva, R. A., Oliveira, L. M., & Costa, J. P. (2024). Digital logistics and environmental sustainability: Evidence from Latin America. *Journal of Cleaner Logistics*, 5(2), 44–61.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2023). *Operations management* (10.^a ed.). Pearson Education.

Tiwari, P., Dey, P. K., & Gunasekaran, A. (2022). Inventory optimization in digital supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 168, Artículo 108048.

<https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108048>

Universidad ICESI. (2010). Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras. *Estudios Gerenciales*.

Villar, L., García, J., & Ivanov, D. (2024). Supply Chain 5.0: Human–machine integration in logistics systems. *International Journal of Production Economics*, 265, Artículo 109223. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109223>

Waters, D. (2023). *Inventory control and management* (4.^a ed.). Wiley.

Zapata Ramírez, G. C., & González Sánchez, Y. P. (2010). *Análisis de costos de la no calidad en el laboratorio clínico* [Trabajo de grado, Universidad CES]. Repositorio Universidad CES.