

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



**APPLICATION OF ABC CLASSIFICATION, EOQ,
FUZZY AHP, TIME SERIES MODELS TO
IMPROVE ORDER FULFILLMENT IN A
TRADING COMPANY OF HOUSEHOLD
APPLIANCES**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Artículo Científico

Carlos Valdivia Seminario

Código 20181953

Fiorella Esther Marin Becerra

Código 20181112

Asesor

Juan Carlos Quiroz Flores

Lima – Perú

Junio de 2025

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título

Application of ABC Classification, EOQ, Fuzzy AHP, Time Series Models to improve order fulfillment in a trading company of household appliances

Autor(es)

20181953@aloe.ulima.edu.pe

20181112@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen: La mayoría de PYMES no sobreviven más de 5 años en el mercado peruano y uno de los principales motivos es la ineficiente administración logística y control de inventarios. Ello representa un grave problema dado que estos negocios cumplen un rol fundamental en el crecimiento de la economía y comercio del país. Por esta razón, la presente investigación se enfocó en el análisis de 4 herramientas de ingeniería aplicadas de forma integral para mejorar la eficiencia en el cumplimiento de pedidos en una empresa comercializadora de electrodomésticos. Este modelo emplea herramientas como: clasificación ABC, modelos de series de tiempo, AHP difuso y EOQ. Después de la validación del modelo, se observó que el ratio de pedidos perfectos incrementó de 80,40% a 95,61%, demostrando el impacto positivo que se generaría en la empresa.

Palabras Clave: Clasificación ABC, Modelos de series de tiempo, AHP difuso, EOQ, Cumplimiento de pedidos

Abstract: Most SMEs do not survive more than five years in the Peruvian market and one of the main reasons is the inefficient logistics administration and inventory control. This represents a serious problem because these businesses play a fundamental role in the growth of the country's economy and trade. Therefore, this research focuses on the analysis of 4 engineering tools applied integrally to improve order fulfillment of a trading company of household appliances. This model makes use of tools such as: ABC classification, time series models, fuzzy AHP and EOQ. After model validation, it was observed that order fill rate increased from 80,40% to 95,61%, demonstrating the positive impact that could be generated for the business.

Keywords: ABC Classification, Times series models, Fuzzy AHP, EOQ, Order fulfillment

Línea de investigación IDIC – ULIMA

Área y Sub-áreas de Investigación:

Supply chain management; operations research, inventory control methodologies, demand planning, provider selection

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS): ODS 9; Industria, innovación y desarrollo

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de electrodomésticos sigue creciendo año tras año, lo cual impacta positivamente a las empresas comercializadores locales de cada país. No obstante, estudios revelaron que las PYMES en este sector, aún presentan oportunidades de mejoras, sobre todo en relación a la cadena de valor y una gestión logística avanzada (Guzmán C., 2017).

Según la literatura, las PYMES no definen adecuadamente los parámetros del inventario, por lo que son ineficientes en el cumplimiento de pedidos y a su vez, reducen la satisfacción del cliente y perjudican la rentabilidad del negocio (Alva E., 2017). Por ejemplo, en una distribuidora colombiana se observó una drástica caída de las utilidades debido a una alta tasa de incumplimiento en las entregas de productos perfectos, equivalente a 113% (Paredes Rodríguez A. & Salazar Ramos A., 2017). Asimismo, en una empresa brasileña comercializadora de calzado no se había optimizado el flujo de los inventarios, lo cual generaba costos adicionales por el exceso y falta de mercancías (Conceição J. et al., 2021). Después de que implementaran la clasificación ABC y el EOQ recién se evidenciaron mejoras, logrando reducir los costos de almacenamiento en más de 48%. Por último, en otro estudio efectuado en Cuba, se comprobó que una empresa generó pérdidas por más de 20 000 USD debido a que en los últimos 6 meses el 63% de los pedidos no fueron entregados dentro del tiempo acordado (Sarduy A. et al., 2018). Tal como se aprecia, en distintos países de Latinoamérica la problemática se encuentra presente y Perú también es uno de ellos.

Bajo este contexto, se debe procurar que las PYMES sean capaces de satisfacer la demanda a partir de una mejor gestión logística. De lo contrario, se generarían impactos negativos como la reducción de ventas, menor nivel de servicio ofrecido y menor fidelización del cliente. Por ello, se desarrolló un modelo de mejora empleando 4 herramientas de ingeniería: clasificación ABC, modelos de series de tiempo, AHP difuso y EOQ. Cada una de estas son complementaria e indispensables para lograr el objetivo. Este modelo fue elegido a partir de casos de éxito hallados en la literatura, los cuales aportan a la solución de la problemática. Ahora, lo particular de este estudio es que se enfoca en el manejo de recursos limitados y poco espacio de almacenamiento, lo que dificulta la gestión de inventarios.

Los artículos científicos examinados no disponen de una gran cantidad de información relevante a la problemática del cumplimiento de pedidos, más aún si se delimita el estudio a pequeñas empresas comercializadoras. A partir de ello, surge la necesidad de realizar la presente investigación.

OBJETIVOS

El presente proyecto tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia en el cumplimiento de pedidos de una empresa comercializadora, lo que permitirá aumentar la utilidad neta del negocio.

Tras la identificación de las causas raíz de la empresa analizada, se plantearon objetivos de mejora los cuales son: eliminar la ruptura de stock, determinar la cantidad necesaria de stock a tener, optimizar la planeación de la demanda y disminuir el porcentaje de los pedidos devueltos. Para lograr todo ello, se aplicarán diversas herramientas de ingeniería como la clasificación ABC, el modelo EOQ, el modelo de series de tiempo y finalmente, el modelo AHP difuso. Cada una de ellas buscará atacar a una causa raíz y de esta manera se podrá cumplir con el objetivo planteado inicialmente.

Ahora bien, para medir cuantitativamente la mejora en la eficiencia del cumplimiento de pedidos, realizando el contraste del antes y después de la implementación de las herramientas; se decidió trabajar en base a 3 indicadores: % pedidos perfectos, % pedidos pendientes y % de devueltos. En cada uno de estos indicadores, existe una brecha técnica respecto al valor estándar de la industria. El objetivo es que podamos reducir esta brecha y alcanzar el estándar del sector.

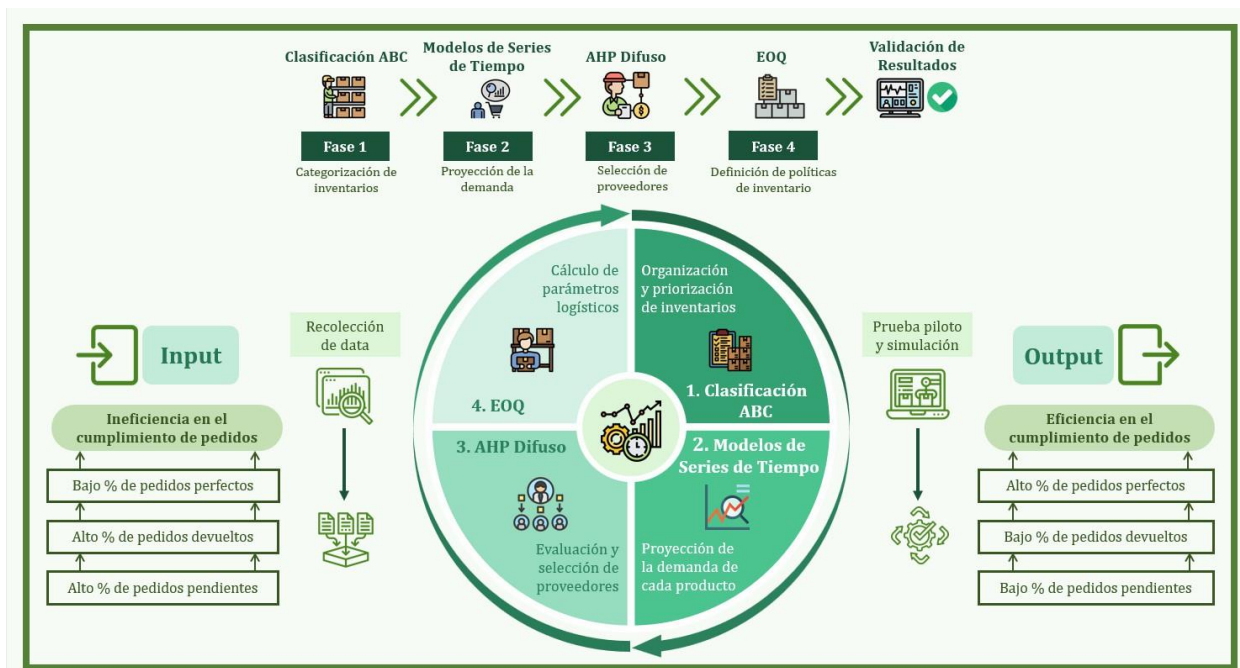
JUSTIFICACIÓN

La innovación de la propuesta consiste en la integración de distintas herramientas, que se complementan entre sí para lograr obtener los resultados buscados en torno a la problemática identificada. En la actualidad, existe un gran número de compañías que no gestionan adecuadamente sus inventarios, sobre todo las PYMES, dado el desconocimiento respecto al impacto que genera una óptima administración logística. Por ello, el aporte de este estudio se orientó al desarrollo metodológico de 4 herramientas: la clasificación ABC, los modelos de series de tiempo, el AHP difuso y el principio EOQ.

La implementación de estas herramientas permitirá a la empresa responder al entorno dinámico y competitivo, de modo que pueda satisfacerse la demanda de los clientes, ofreciendo un buen nivel de servicio y manteniendo una tasa mínima de incumplimiento de pedidos. A diferencia de otros estudios que aplican las herramientas principalmente en sectores manufactureros, este artículo estudia a una empresa del sector comercial. Ello cambia el enfoque, ya que las variables y procesos a tomar en cuenta son diferentes.

DISEÑO METODOLÓGICO

El estudio realizado es de enfoque aplicativo, dado que primero se realizó un análisis, luego se diseñó una propuesta de mejora y finalmente ésta se ejecutó en la empresa estudiada. El proceso para el desarrollo de la investigación se divide en varios componentes. Primero, se efectuó la recolección de la información de la empresa para desarrollar el diagnóstico inicial. Luego, se ejecutaron las 4 fases del modelo, las cuales estuvieron compuestas por las 4 herramientas de ingeniería descritas en el capítulo anterior. Por último, se realizó la validación de los resultados obtenidos de la propuesta para cuantificar el impacto. A continuación, se presenta un diagrama que resume las distintas etapas de la investigación.



En esta parte es importante resaltar que el diagnóstico efectuado en el estudio coincide con la situación actual que afrontan las PYMES; las cuáles presentan diversas oportunidades de mejora en relación a la gestión logística de sus negocios. La falta de conocimiento respecto al impacto de los inventarios sobre la rentabilidad de la empresa es un hecho en el que la mayoría de los autores están de acuerdo, lo cual representa una motivación para el desarrollo del estudio.

El modelo se diferencia de otros por la integración de distintas herramientas que al emplearse en conjunto generan mejores resultados. Ello con el objetivo de que la empresa sea más eficiente en el cumplimiento de sus pedidos, aspecto que implica una mejor gestión de sus inventarios para atender las exigencias del mercado. Además, la mayoría de estudios que existen en relación a la temática planteada suelen enfocarse en industrias manufactureras, mientras que la presente investigación aborda la problemática de una empresa comercial, lo cual otorga un mayor atractivo al estudio; pero a su vez, también limita la información disponible a tomar de referencia.

A continuación, se describen todos los componentes de la propuesta.

Recolección y diagnóstico de la información

El propósito de esta sección es la búsqueda, recopilación y diagnóstico de la información de la empresa. Para ello, se llevaron a cabo entrevistas y se desarrollaron formularios al gerente general y comercial. También se analizaron registros digitales, incluyendo información financiera y operativa. A partir de ello, se identificaron los principales problemas relacionados a la ineficiente gestión logística y sus causas raíz, para lo cual también se emplearon recursos de ingeniería como: gráficos lineales, diagrama de carriles, flujogramas, diagrama de Ishikawa, principio de Pareto, técnica del interrogatorio y árbol de problemas.

Fase 1: Categorización de los inventarios

Para realizar una correcta clasificación de los inventarios, se aplica el modelo ABC en 2 etapas secuenciales. La primera se enfoca en determinar cuál es el modelo de negocio, la estrategia y sus objetivos. En la segunda etapa, se recopila la información de todos los productos, las ventas mensuales, y se analiza el costo, el volumen de ventas y ganancias. Con estos datos se calcula el % de participación y el % acumulado de dicha participación, para categorizar a los productos según la herramienta. Así, siguiendo el principio de Pareto, los artículos se clasifican en la categoría A (80% de la participación en ventas), B (15%) y C (5%).

Fase 2: Proyección de la demanda

Para continuar con esta segunda fase, se analiza la data histórica de los últimos 3 años para los productos clasificados en la clase A (artículos con mayor impacto en costos y utilidades). Ahora, con la categoría de productos definida, se analiza el comportamiento de sus demandas históricas en comparación con diferentes modelos de series de tiempo. Esto, con el objetivo de identificar cuáles son las técnicas que poseen el menor error estadístico, analizado mediante el error cuadrático medio (ECM), desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual absoluto medio (MAPE). Tras identificar las técnicas de pronóstico pertinentes, se efectúa la proyección de la demanda para los productos de la clase A para los siguientes meses.

Fase 3: Selección de proveedores

El proceso de selección comienza con la conformación del grupo responsable de tomar la decisión. En base a lo definido por dicho grupo, se elabora la estructura jerárquica de los criterios de evaluación que serán empleados en la metodología del AHP difuso. Igualmente, se identifican a los potenciales proveedores. Luego, se diseña la escala de calificación, se construyen las matrices comparativas entre los criterios elegidos y se elaboran las matrices comparativas entre los proveedores para cada criterio. Finalmente, con los vectores de prioridad de cada matriz se halla la ponderación relativa final de cada proveedor, y así se determina el ranking entre las alternativas. De este modo, se selecciona al proveedor más adecuado.

Fase 4: Definición de políticas de inventario

Por último, para la aplicación del principio EOQ, primero se evalúa el comportamiento de la demanda de cada artículo de la clase A. Si la demanda es constante o estacional, se emplea el modelo de revisión periódica bajo el principio del EOQ; pero, si la demanda es incierta o aleatoria, se procede a utilizar el modelo de revisión continua. Seguidamente, se procede con la ejecución de la herramienta tomando de base a las variables definidas en las fases anteriores, junto con el cálculo del lead time del proveedor seleccionado en el AHP Difuso y su desviación estándar. Con ello, aplicando las fórmulas del principio, se determina el stock de seguridad (SS), el lote económico a pedir (EOQ) y el punto de reorden (PR) para cada producto. De este modo, se determinan las nuevas políticas que optimizarán el flujo de los inventarios.

Validación de resultados

Una vez empleadas las fases, se procede a la validación de los resultados del modelo propuesto. Para la clasificación ABC se efectuó una prueba piloto de 30 días. Seguidamente, en lo que respecta a los modelos de series de tiempo, se realizó un análisis comparativo de los errores estadísticos de las estimaciones de la empresa y los pronósticos del modelo vs la demanda histórica real. De esta manera, se pudo determinar la mayor precisión de la herramienta. Luego, se ejecutó la metodología del AHP difuso junto con miembros de la gerencia de la empresa. Y, por último, se simuló los resultados que se obtendrían en el flujo de inventarios y costos logísticos a partir de las fórmulas del principio EOQ, empleando los parámetros del nuevo proveedor elegido en el AHP Difuso y las otras variables definidas en la fase 1 y 2.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a la empresa que nos otorgó todas las facilidades para la ejecución óptima de este estudio. Asimismo, a nuestro asesor que siempre estuvo presente en cada etapa del desarrollo de la investigación para que se concrete de la mejor manera.

REFERENCIAS

- Al Imran A. & Amin M. (2020). Predicting the Return of Orders in the E-Tail Industry Accompanying with Model Interpretation. *Science Direct*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920320135>
- Alva E. (2017). La desaparición de las microempresas en el Perú. Una aproximación a los factores que predisponen a su mortalidad. Caso del Cercado de Lima. *Scielo*.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842017000200005#:~:text=Los%20principales%20factores%20de%20mortalidad,control%20de%20efectivo%20y%20la
- Arroyo López, M. del P. E., & Ramos Rangel, J. A. (2017). A methodological proposal to define supplier development programs. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 19(1), 25–36.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n1.003>
- Carreño Dueñas, D. A., Amaya González, L. F., Ruiz Orjuela, E. T., & Javier Tiboche, F. (2019). Diseño de un sistema para la gestión de inventarios de las pymes en el sector alimentario. *Industrial Data*, 22(1), 113–132. <https://doi.org/10.15381/idata.v22i1.16530>
- Conceição, J., de Souza, J., Gimenez-Rossini, E., Risso, A., & Beluco, A. (2021). Implementation of inventory management in a footwear industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 360-375.
- Enríquez Zárate, L. G., & Rodríguez Lozada, M. Á. (2021). Uso de técnicas de pronósticos para la planeación del inventario de una PYME comercializadora en Tlaxcala, México. *RECAI Revista de Estudios En Contaduría, Administración e Informática*, 10, 22.
<https://doi.org/10.36677/recai.v10i27.15262>
- Garrido Bayas, I. Y., & Cejas Martínez, M. (2017). Inventory Management As a Strategic Factor in Business Administration. *Scientific E-Journal of Management Science*, 63(2), 106–110.
<http://www.revistanegotium.org.ve/pdf/37/art6.pdf%0A>
- Geelen M. (2019). A single-item, two-echelon inventory model with order fill rate constraints, batching and compound Poisson demand. *Eindhoven University of Technology*.
https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/132267737/Master_Thesis_Martijn_Geelen.pdf
- González, A. (2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(1), 133–142. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000100133>
- Guzmán C. (2017). Problemas que impiden que las pymes tengan éxito. *Revista PQS*.
<https://pqs.pe/emprendimiento/problemas-que-impiden-que-las-pymes-logren-el-exito/>
- Hamiche, K., Abouaïssa, H., Goncalves, G., & Hsu, T. (2018). A Robust and Easy Approach for Demand Forecasting in Supply Chains. *International Federation of Automatic Control*, 51(11), 1732–1737.
<https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2018.08.206>
- Kazimieras Zavadskas, E., Turskis, Z., Stević Z., Mardani, A. (2020). Modeling procedure for the selection of steel pipes supplier by applying fuzzy AHP method. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 39–53. <https://doi.org/10.31181/ORESTA2003034Z>
- Morales, M., Federico, M. (2021). El mercado de electrodomésticos en Alemania 2021. Oficina Económica y Comercial de España en Düsseldorf. <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/estudio-mercado-electrodomestico-alemania-2021-doc2021879960.html?idPais=DE>

- Olivares Collado, A. E. & Soria Barreto, K. (2019). Propuesta de política óptima de compras para medicamentos en droguería del departamento de salud de Vicuña. *Revista de Análisis Económico*, 34(2), 1–19. <https://doi.org/10.4067/S0718-88702019000200001>
- Ouyang, L. (2017). Impact of backorder discounts on periodic review inventory model. *Research Gate*. https://www.researchgate.net/publication/265988167_Impact_of_backorder_discounts_on_periodic_review_inventory_model
- Paredes Rodríguez, A. M., & Salazar Ramos, A. F. (2017). Evaluación sistémica de una política de flexibilidad de volumen en una cadena de suministro distribuidora de papaya. *Revista EIA*, 27, 43-62.
- Pulla Morocho, C. A. (2020). Gestión de inventarios a través de la clasificación ABC a empresas dedicadas a la venta de materiales de construcción. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*.
- Rezaei M., Shirazi M. & Karimi B. (2017). IoT-based framework for performance measurement: A real-time supply chain decision alignment. *Emerald Insight*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IMDS-08-2016-0331/full/html>
- Sarduy, A. M., Curbelo, G. M., Varela, D. C., Yanes, A. G., & López, E. V. (2018). Procedimiento de mejora del proceso de gestión del pedido. *Ciencia Digital*, 2(3), 130–147. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i3.142>
- Sector electrodomésticos movería ventas por más de S/ 8,500 millones al cierre del 2022. *Economía*. (2022, 18 de marzo). *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/sector-electrodomesticos-moveria-ventas-por-mas-de-s-8500-millones-al-cierre-del-2022-noticia/?ref=gesr>
- Taracena R. (2021, 1 de agosto). Nuevas oportunidades en Electrodomésticos. *Products Finishing*. <https://www.pf-mex.com/articulos/nuevas-oportunidades-en-electrodomesticos>
- Veloz, C., & Parada, O. (2017). Métodos para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(22), 29–38.
- Zambrano Silva, D. H., Ulloa Manzur, J. F., Morejón Coba, I. E., & Pinos Guerra, M. E. (2018). Modelo de inventario para el control económico de pedidos en Microempresa de Calzado. *Recimundo*, 2(2), 566–584. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.566-584](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.566-584)

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Application of ABC Classification, EOQ, Fuzzy AHP, Time Series Models to improve order fulfillment in a trading company of household appliances
- **Autores:** Carlos Valdivia Seminario, Fiorella Esther Marín Becerra
- **Co autor(es):** Alberto Enrique Flores Pérez

Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** Proceedings of the 2023 10th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA-EU 2023
- **Volumen:** 1
- **Número:** 10
- **Año:** 2023
- **Pp:** Pág. 253-259
- **DOI:** <https://doi.org/10.1145/3587889.3588208>

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management
- **Organizador:** IEIM (Industrial Engineering and Industrial Management)
- **Sede:** Rome, Italy
- **Año:** 2023
- **ISBN:** 978-1-4503-9852-7

7% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.




Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 15 words)

Exclusions

- ▶ 12 Excluded Matches

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 7%  Publications
- 6%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.