

ESCUELA DE POSGRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y
CADENA DE ABASTECIMIENTO

DISEÑO DE UN ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE MACHINE
LEARNING PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DEL
ÁREA DE ALMACENES COMERCIALES EN UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA DE TRUJILLO, AÑO 2023

Tesis para optar el grado de **MAESTRO** en:

DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y CADENA DE ABASTECIMIENTO

Autor

Cristian Omar Casana Guevara

Asesora

Doctora María del Carmen Llontop Castillo

<https://orcid.org/0000-0003-4110-3025>

Perú

2024

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tecnologías Emergentes

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Data mining. Machine/deep learning. Internet of things (IoT).
Augmented reality (AR). Smart warehousing

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Dr. ALBERTO CARLOS MENDOZA DE LOS SANTOS	17434055
Presidente	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Mg. JORGE GUILLERMO CALIZAYA PORTAL	44158053
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	Mg. ANA TERESA LA ROSA GONZALEZ OTOYA	17895857
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Informe similitud



Página 2 of 96 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega tm:oid::1:3144962576

13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 of 96 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega tm:oid::1:3144962576

Resumen

La tesis de investigación tiene como objetivo general el desarrollo de un algoritmo de optimización para la gestión de inventarios en una empresa distribuidora de materiales de construcción en la ciudad de Trujillo, con la finalidad de obtener los niveles óptimos de stock para la gestión de inventarios, lo que llevará a una mejor toma de decisiones referentes a la gestión del área de almacén.

La metodología que se ha utilizado tiene un enfoque cualitativo, siendo una investigación de tipo aplicada y de diseño fenomenológico, utilizando un método inductivo para el análisis de los resultados, donde se utilizaron diferentes técnicas de investigación como la entrevista a profundidad realizada a la jefatura del área, asimismo se realizó un focus group a los diferentes responsables de los diferentes centros de almacenamiento que se encuentran ubicados en diferentes zonas, finalmente se realizó un análisis documental a la fuente de datos que se cuenta para poder realizar el análisis propuesto.

Los resultados del trabajo de investigación indican la formulación y desarrollo de diferentes modelos de optimización de inventarios, siendo el modelo Random Forest el que ha logrado predecir con un valor de R^2 de 82% de efectividad la demanda futura y con un error absoluto medio de 0.45, lo que permite a los responsables de área realizar la mejor toma de decisiones. En el trabajo realizado, se ha logrado a la conclusión que la utilización de herramientas modernas de Inteligencia Artificial como el Machine Learning ayudan significativamente a una mejor toma de decisiones por parte de la empresa, ya que, al ser un proceso automatizado, el índice de error es bajo en comparación con decisiones empíricas, a la vez sugiere una evaluación y actualización periódica, la cual conllevará a que la predicción sea óptima obteniendo mejores resultados.

Palabras clave: Gestión de inventarios, optimización de inventarios, Machine Learning, algoritmos de optimización, predicción.

Abstract

The general objective of the research thesis is the development of an optimization algorithm for inventory management in a construction materials distribution company in the city of Trujillo, in order to obtain the optimal stock levels for inventory management, which will lead to better decision making regarding the management of the warehouse area.

The methodology used has a qualitative approach, being a research of applied type and phenomenological design, using an inductive method for the analysis of the results, where different research techniques were used as the in-depth interview conducted to the head of the area, also a focus group was conducted to the different managers of the different storage centers that are located in different areas, finally a documentary analysis was conducted to the data source that is available to perform the proposed analysis.

The results of the research work indicate the formulation and development of different inventory optimization models, with the Random Forest model being the one that has managed to predict future demand with an R^2 value of 82% effectiveness and with a mean absolute error of 0.45, which allows area managers to make the best decision-making. In the work carried out, it has been concluded that the use of modern Artificial Intelligence tools such as Machine Learning significantly helps the company to make better decisions, since, being an automated process, the error rate is low compared to empirical decisions, at the same time it suggests a periodic evaluation and update, which will lead to the prediction being optimal, obtaining better results..

Keywords: Inventory management, inventory optimization, Machine Learning, optimization algorithms, prediction.

Tabla de contenidos

Línea y Sub Línea de Investigación.....	ii
Jurado Evaluador	iii
Informe Similitud	iv
Resumen.....	vii
Abstract	viii
Dedicatoria y agradecimiento	ix
Tabla de contenidos	x
Índice de tablas y figuras.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. Realidad problemática	1
I.2. Pregunta de investigación.....	9
I.2.1. Pregunta general	9
I.2.2. Preguntas específicas	9
I.3. Objetivos de la investigación	10
I.3.1. Objetivo general	10
I.3.2. Objetivos específicos	10
I.4. Justificación de la investigación	11
I.5. Alcance de la investigación	12
II. MARCO TEÓRICO.....	13
II.1. Antecedentes	13
II.1.1. Antecedentes internacionales	13
II.1.2. Antecedentes nacionales	15
II.2. Bases teóricas	17
II.2.1. Gestión de Inventarios	17
II.2.1.1 Planificación de inventarios.....	19
II.2.1.2 Pronósticos de Inventarios	19
II.2.1.3 Stock de seguridad	21
II.2.1.4 Modelos de Gestión de Inventarios	22
II.2.2. Machine Learning	26
II.2.2.1 Algoritmos de Aprendizaje	27

II.2.2.2	Metodología CRISP – DM – Machine Learning.....	29
II.2.2.3	Modelos predictivos	37
II.3.	Marco conceptual (terminología)	40
III.	DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS	42
III.1.	Tipo de investigación	42
III.2.	Diseño de investigación	42
III.3.	Método de investigación	42
III.4.	Población	43
III.5.	Muestra.....	43
III.6.	Técnicas de recolección de datos	44
III.6.1.	Técnica	44
III.6.2.	Instrumento	45
III.7.	Presentación de resultados	46
IV.	RESULTADOS	48
V.	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	80
V.1.	Conclusiones	80
V.2.	Recomendaciones.....	82
	Lista de referencias	84
	Apéndice.....	89

Índice de tablas y figuras

Tabla 1.- Descripción Campos TX// ZREP	54
Tabla 2.- Valores nulos de Dataset.....	57
Tabla 3.- Comparación de métricas.....	78
Figura 1.- Stock de Seguridad.....	22
Figura 2.- Metodología General para ciencia de Datos.....	26
Figura 3.- Aprendizaje Supervisado.....	27
Figura 4.- Aprendizaje no Supervisado.....	28
Figura 5.- Fase de comprensión del negocio.....	30
Figura 6.- Fase de comprensión de datos	32
Figura 7.- Fase de Preparación de datos	34
Figura 8.- Fase de Modelado.....	35
Figura 9.- Fase de Evaluación	36
Figura 10.- Arbol de decisión.....	38
Figura 11.- Data Profiling Report.....	56
Figura 12.- Eliminación y creación de columnas dataset	58
Figura 13.- Columnas dataset seleccionadas	58
Figura 14.- Importación valores nulos.....	59
Figura 15.- Cantidad de valores nulos	59
Figura 16.- Porcentaje de valores nulos en dataset	60
Figura 17.- Imputación de valores nulos con la Moda	61
Figura 18.- Eliminación de valores Nulos	61
Figura 19.- Estadísticos básicos de Dataset.....	62
Figura 20.- Ilustración determinación de outliers	63
Figura 21.- Precio por producto	64
Figura 22.- Reemplazo de valor de outlier	64
Figura 23.- Clusterización por Producto.....	65
Figura 24.- Clusterización de Producto	66
Figura 25.- Clusterización por tipo cliente	67
Figura 26.- Serie de tiempo Registro de Ventas.....	68
Figura 27.- Ventas por año	69
Figura 28.- Correlación de Variables	70
Figura 29.- Acceso y carga de datos	72
Figura 30.- Normalización de Datos	72
Figura 31.- Importación de librerías.....	73
Figura 32.- División de data en prueba y entrenamiento	73
Figura 33.- Entrenamiento modelo	74
Figura 34.- Métricas y coeficientes de modelo	74
Figura 35.- Importación de parámetros para XGBOOST	75

Figura 360- Entrenamiento modelo XGBOOST	75
Figura 37.- Entrenamiento del modelo	76
Figura 38.-Coeficientes Evaluación XGBOOST.....	76
Figura 39.- Importación de parámetros RANDOM FOREST	77
Figura 40.- Entrenamiento Modelo Random Forest	77
Figura 41.- Coeficientes de evaluación de modelo Random Forest.....	78

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con en el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N°048-2020-CONCYTEC-P que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto (ALICIA) administrado por el pliego Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC y la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

Lista de referencias

- Rojas Pecho, Percy Ysaías, & Acevedo Mortola, Miguel Alberto (2023). Propuesta de un modelo de Machine Learning para estimar costos en proyectos de software, 2023. <http://hdl.handle.net/10757/672209>
- Bautista C. N. P. Proceso de la investigación cualitativa: epistemología, metodología y aplicaciones. Bogotá: Editorial El Manual Moderno Colombia, 2014. p.
<https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/71140?page=210>
- Bravo Pinto, César Augusto (2022). Gestión de inventarios en una empresa de telecomunicaciones Perú, 2021 <https://hdl.handle.net/20.500.12692/82798>
- Breiman, L. (2001) Random Forests. Machine Learning.
<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Brownlee, Jason. (2022). Data Preparation for Machine Learning
[https://github.com/aaastark/Data-Scientist-Books/blob/main/Data%20Preparation%20for%20Machine%20Learning%20ata%20Cleaning%2C%20Feature%20Selection%2C%20and%20Data%20Transforms%20in%20Python%20by%20Jason%20Brownlee%20\(z-lib.org\).pdf](https://github.com/aaastark/Data-Scientist-Books/blob/main/Data%20Preparation%20for%20Machine%20Learning%20ata%20Cleaning%2C%20Feature%20Selection%2C%20and%20Data%20Transforms%20in%20Python%20by%20Jason%20Brownlee%20(z-lib.org).pdf)
- Chase, Richard B. (2018) Administración de operaciones: producción y cadena de suministros (15a. ed.), McGraw-Hill Interamericana. ProQuest Ebook Central,
<https://ebookcentral.bibliotecaupn.elogim.com/lib/upnpe/detail.action?docID=5611013>.
- Chicoma, J. C. (2020). La gestión de inventarios y la rentabilidad de la empresa Virgen de las Mercedes, región La Libertad 2020.
<https://hdl.handle.net/11537/28806>
- Concytec (2021). *Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica*. Perú.
https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf
- Correa Loaiza, A. (2020). Análisis de modelo de pronóstico para la predicción de la demanda de productos en la empresa Dyna y Cía.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/35745/3/CorreaAlejandro_2023_ModelosPrediccionDemanda.pdf

- Cruz, A.(2017). Gestión de inventarios. UF0476, IC Editorial, 2017. Recuperado de:
<https://es.everand.com/read/494616941/Gestion-de-inventarios-COML0210>
- Cuatrecasas, Arbós, Lluís. Gestión de la producción: modelos de Lean Management, Ediciones Díaz de Santos, 2021. ProQuest Ebook Central,
<https://ebookcentral.bibliotecaupn.elogim.com/lib/upnpe/detail.action?docID=3229653>.
- D’Aquino, M. y Barrón de Olivares, V. (2020). *Proyectos y metodologías de la investigación*. Editorial Maipue.
<https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/160000?page=50>
- Flamarique, S.(2019). Manual de gestión de almacenes, Marge Books,
https://books.google.com.pe/books?id=P7SPDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Friedman, J. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine
<https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>
- Guerrero, H. Inventarios, manejo y control (2da. Ed.). Bogotá: ECOE Ediciones, 2017.
<https://www.ecoediciones.mx/wp-content/uploads/2017/08/Inventarios.-Manejo-y-control-2da-Edici%C3%B3n.pdf>
- Guzman Velez, Dayana (2022). Machine Learning para predecir la adquisición de plataformas educativas de la empresa Difucien Ecuador, 2022.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102577/Guzman_VDM-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Hernández-Sampieri, Roberto, and Torres, Christian Paulina Mendoza. (2018) *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, McGraw-Hill Interamericana
<https://ebookcentral.bibliotecaupn.elogim.com/lib/upnpe/detail.action?docID=5485814>
- Hernández, Héctor Andres; Cruz-Gil, Yeimi Lorena; Puentes-Saavedra, María Daniela; Mendoza-Patiño, Diego Ernesto. (2021). Diseño de un sistema de gestión de inventarios para el almacén técnicataller S.A.S de la ciudad Neiva-Huila, Colombia. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío, 33(2), 143-152.
<https://doi.org/10.33975/riuq.vol33n2.562>
- He, Wei. (2013). An Inventory Controlled Supply Chain Model Based on Improved BP Neural Network. Hindawi Publishing Corporation, Discrete Dynamics in

- Nature and Society, 2013, Article ID 537675.
<http://downloads.hindawi.com/journals/ddns/2013/537675.pdf>
- IBM (2021). Guía de CRISP-DM de IBM SPSS Modeler. Estados Unidos: IBM Corporation
https://www.ibm.com/docs/es/SS3RA7_18.4.0/pdf/ModelerCRISPDM.pdf
- León-Orozco, J. E. (2020). Análisis y optimización del abastecimiento, demanda y su impacto en los inventarios de la industria de resinas plásticas.
<https://rei.iteso.mx/handle/11117/6312>
- Lopez Arias, Vogder Walter (2019). Aplicación de la gestión de inventarios para incrementar la productividad en la empresa Camel Import S.A.C. Ate, 2019.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/54323>
- McCarthy, Richard; Ceccuci, Wendy; McCarthy, Mary. (2019) Applying Predictive Analytics Finding Value in Data.
https://books.google.com.pe/books?id=JNaMDwAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Mackay Véliz , R. A., & Escalante Ramírez , T. A. (2021). Optimización de los niveles de inventario para mejorar los procesos productivos de una organización. E-IDEA Journal of Business Sciences. <https://doi.org/10.53734/eidea.vol3.id86>
- Mas Jaumot, Jordi de (2021), Gestión del inventario en una empresa del sector farmacéutico mediante algoritmos de Machine Learning.
<http://hdl.handle.net/10609/129826>
- Martínez Mediano, C. (2014). Técnicas e instrumentos de recogida y análisis de datos. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado de:
<https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/48726?page=259>
- Mejía Mejía, E. y Novoa Ramírez, E. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (4a. ed.). Ediciones de la U.
<https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/70230?page=221>
- Morales, Padilla y Alemán (2023). Procedimiento de Gestión de Inventarios en el Centro de Inmunología Molecular aplicando el modelo de referencia de los Inventarios.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ingind/n45/1025-9929-ingind-45-17.pdf>
- Muller, Andreas; Guido, Sarah (2017). Introduction to Machine Learning with Python.
<https://www.nrigroupindia.com/e->

book/Introduction%20to%20Machine%20Learning%20with%20Python%20(%20PDFDrive.com%20)-min.pdf

Quezada, G. (2023). Implementación de un sistema de gestión de inventarios Lean y su influencia en el desempeño organizacional en una droguería, 2021-2022 <https://hdl.handle.net/11537/34021>

Navarro Arellano, Lourdes Mery (2022). Gestión de inventarios para una empresa constructora de edificaciones en Huarochirí. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87425>

Scribano, A. O. (2007). El proceso de investigación social cualitativo. Prometeo Libros. Recuperado de: <https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/190022?page=122>

Taeho, Joe (2021), Machine Learning Foundations: Supervised, Unsupervised, and Advanced Learning. https://books.google.com.pe/books?id=0egdEAAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Tapia Sucapuca, Jhampier (2021). Modelo predictivo de clasificación basado en aprendizaje automatizado para la detección temprana de posibles estudiantes universitarios desertantes. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13409>

Toro, F. (2016). Costos ABC y presupuestos: herramientas para la productividad (2a. ed.), <https://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=26063>

Serrano, M. (2019). Optimización de la cadena logística (1st ed.). Editorial Elearning. https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1526029448_MF1005_3_demo.pdf

Valencia-Cárdenas, Marisol, Díaz-Serna, Francisco Javier, & Correa-Morales, Juan Carlos. (2015). Planeación de inventarios con demanda dinámica. Una revisión del estado del arte. DYNA, 82(190), 182-191. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.42828>

Valenzuela, J. (2018). Análisis de comportamiento de consumos de clientes https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/390977/1/TFM_USC_final.pdf

Vidal Olarte, Karen Brigitte, & Izquierdo Gaitán, Andrés Mauricio (2021), Eficiencia Operacional en la Planificación de Procesos en la Empresa ETP Logística y

Transportes S.A.S.
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/fbfc5e07-3d64-454d-a30e-61fbec9d9871/content>

Vidal, Carlos (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. [S.l.]: Universidad del Valle, 2010.
<https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=5341bb3f-6d6e-33c7-8092-490d14549068>.