

Implementación de un modelo de gestión de inventarios y distribución de bodega
aplicando algoritmo genético para disminuir los tiempos de despacho en la empresa

DECORANDO TUS ESPACIOS

Laura Lucía García Salamanca

Universidad del Valle

Facultad de ingeniería

Carrera de ingeniería industrial

Zarzal

Implementación de un modelo de gestión de inventarios y distribución de bodega
aplicando algoritmo genético para disminuir los tiempos de despacho en la empresa

DECORANDO TUS ESPACIOS

Laura Lucía García Salamanca

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniera Industrial

Director:

Julián González Velazco

Ingeniero industrial

Universidad del Valle

Facultad de ingeniería

Carrera de ingeniería industrial

Zarzal

Agradecimientos

A Dios en primera medida por iluminarme en cada etapa del camino para realizar este proyecto.

A mi familia por su apoyo y por alentarme para no desfallecer.

Al ingeniero Julián González, por su asesoría, acompañamiento y apoyo en el transcurso del presente trabajo y de la carrera.

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Resumen

El presente trabajo busca proponer un sistema de gestión de inventarios y distribución de bodega para la empresa DECORANDO TUS ESPACIOS, con el fin de mejorar el flujo de inventarios y disminuir los tiempos de entrega, a su vez mejorar la manera en que se distribuyen los productos dentro de la bodega para hacer más fácil el cargue y descargue de mercancía evitando accidentes laborales, haciendo uso del algoritmo genético y demás herramientas de ingeniería industrial.

La empresa constantemente pierde clientes por demanda insatisfecha debido a que no se tiene un control sobre cuánto y cuando pedir mercancía para surtir el negocio, a esto hay que anexarle que cuando se surte la bodega queda llena de manera exagerada lo que dificulta el acceso a la misma y pone en riesgo la salud del personal encargado.

Índice

1. introducción
 - 1.1 contexto del problema
 - 1.2 objetivos
 - 1.3 metodología
 - 1.4 estado del arte
2. sistema de gestión de inventarios
 - 2.1 diagnóstico de la empresa caso de estudio
 - 2.1.1 descripción de los productos
 - 2.1.2 análisis de la demanda
3. determinación de modelo de pronóstico aplicable a la empresa
 - 3.1 pruebas de pronósticos por medio de diferentes métodos
4. Distribución de bodega
 - 4.1 distribución física propuesta para la bodega
 - 4.2 asignación de productos para estibas
5. Algoritmo genético para minimizar el recorrido necesario en cada pedido
 - 5.1 Establecimiento de parámetros
 - 5.2 Prueba de implantación de modelo
6. conclusiones

1. Introducción

1.1 Contexto del problema

La empresa decorando tus espacios lleva 6 años ofreciendo sus productos a la comunidad Zarzaleña, es una empresa dedicada a la venta de todo lo relacionado con acabados para construcción, durante este tiempo se ha mantenido como una de las favoritas; entre tantas cosas ofrece a sus clientes la facilidad de financiar los materiales con Brilla (por medio del recibo del servicio de gas domiciliario), sin embargo, la situación es desfavorable pues se encuentra constantemente en situaciones de pérdida de venta por demanda insatisfecha y desconocimiento de lo que hay en bodega al momento de atender a un cliente, todo esto debido a que la empresa no maneja un sistema de control y gestión de inventarios, la mercancía en stock se maneja basándose solamente en la memoria de los dueños del negocio y no existen parámetros que definan cuando, como y de qué tipo debe ser la mercancía que se debe pedir para abastecer la bodega y llenar las expectativas de los clientes.

La distribución de la bodega no es apropiada, los productos no se almacenan en estibas y no hay una equidistancia que se mantenga constante entre ellas para facilitar el trabajo del operario encargado del cargue y descargue de mercancía.

1.2 objetivos

1.2.1. Objetivo General

- ✓ Diseñar un modelo de gestión de inventarios y distribución de bodega aplicando algoritmo genético para disminuir los tiempos de despacho

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Analizar el sistema actual de inventarios y distribución de bodega para determinar las condiciones actuales de la empresa

2. Determinar un modelo de pronósticos que se ajuste a la demanda
3. Determinar un modelo de inventarios acorde a las necesidades de la empresa
4. Determinar una distribución de bodega que haga más factible el acceso a la misma y el despacho de mercancía
5. Diseñar un algoritmo genético que permita obtener la ruta más corta para disminuir tiempo de entrega
6. Diseñar una prueba de implantación del modelo

1.3 Metodología

Tabla 1

Tabla metodológica

TABLA METODOLÓGICA			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TECNICAS
Analizar el sistema actual de inventarios y distribución de bodega para determinar las condiciones actuales de la empresa	Entrevistar al operario encargado de la bodega sobre el control que se lleva de la misma respecto a las diferentes categorías de productos	entrevista con preguntas concretas sobre la administración y control de mercancía en stock	visita a la bodega en diferentes períodos de tiempo durante el proceso de desarrollo del presente trabajo para ver la variación en su volumen
	Hablar con los	entrevistar a los	entrevista y revisión de

	dueños que son los encargados de las compras sobre los momentos en los que se decide adquirir productos	dueños sobre los momentos de compra y los criterios de decisión para hacerlo	facturas
Determinar un modelo de pronósticos que se ajuste a la demanda	Analizar la demanda mediante revisión de facturas y datos históricos de ventas	recolección y digitación de facturas de ventas	y digitación de facturas de ventas
	revisión de los diferentes tipos de pronósticos aplicables al caso de estudio	analizar las características del caso de estudio y los diversos modelos aplicables	análisis de la demanda mediante gráficas y clasificación ABC

Determinar un modelo de inventarios acorde a las necesidades de la empresa	Análisis de la competencia	analizar el manejo y administración de la competencia respecto a inventarios	análisis mediante observación e investigación de factores externos
	hablar con los dueños sobre la viabilidad del sistema propuesto de inventarios	analizar los posibles escenarios de demanda teniendo en cuenta los pronósticos	aplicar el método planeado
Determinar una distribución de bodega que haga mas factible el acceso a la misma y el despacho de mercancía	tomar medidas de la bodega y de las estibas donde se almacena el producto	recurrir a la clasificación ABC para asignar porcentajes de participación en distribución de bodega	Clasificación ABC, análisis de espacios
	tomar en cuenta el modelo de gestión de inventarios anteriormente propuesto	tener en cuenta el pronóstico y posibles planes de compra a futuro	

Diseñar un algoritmo genético que permita obtener la ruta más corta para disminuir tiempo de entrega	establecer parámetros para la creación del algoritmo	modelamiento matemático	Modelos de optimización
		programación en python	
Diseñar una prueba de implantación del modelo	realizar pruebas del algoritmo y del sistema de inventarios con simulación	aplicación de conocimientos de diferentes software	simulación

1.4 Estado del arte

- Gutiérrez, Ó. P. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuadernos de Administración*, 22(38)

Un sistema de control de inventario eficiente no trata por igual a todos los renglones en existencia, sino que aplica métodos de control y análisis en correspondencia con la importancia económica relativa de cada producto. De ahí una cuestión: ¿cómo clasificar los productos en inventario con un impacto efectivo y eficiente en la administración empresarial? Se ha generalizado, en la práctica, diferenciar la gestión de inventario con dependencia de las características de los artículos que lo componen y, en la literatura revisada, recomendar el método de clasificación ABC, a partir de una variable o parámetro base cuantitativo.

Palabra clave: clasificación del inventario, método ABC, gestión de inventarios

- Toro Benítez, L. A., & Bastidas Guzmán, V. E. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Scientia et technica*, 16(49).

Durante los últimos años, en Colombia y el resto del mundo, se ha dado una transformación tecnológica en el sector de los electrodomésticos, mejorando su calidad, tamaño y funcionalidad, que ha generado cambio en los hábitos de consumo. Este cambio tiene consecuencias directas, en el proceso de comercialización; entendiéndose la comercialización como la acción de planear y organizar las actividades necesarias que permiten ofrecer en el lugar y momento indicado el producto que los clientes solicitan.

En este sentido, el proceso de toma de decisiones relacionadas con la gestión de inventarios es fundamental, debido a características que generan problemas con dos clases de complejidad. En primer lugar, se tiene la gran magnitud de artículos que comprenden las líneas comercializadas y la segunda clase, se debe a la naturaleza del sistema y a las variables externas que influyen en su comportamiento.

Así, es posible que las empresas mediante la implementación de diferentes herramientas matemáticas obtengan dinamismo y flexibilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno, adelantándose a las necesidades y expectativas de los clientes, logrando así un alto nivel de competitividad.

Palabras clave: gestión de inventario, herramientas matemáticas

- Marin, J. A. A., Garcia, J. A. G., & Gómez, O. D. C. (2013). Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. *Scientia et technica*, 18(4), 743-747.

En este artículo se expone un modelo de gestión de inventarios y abastecimiento que parte de pronósticos de ventas calculados por el método de Holt-Winters. Los productos se clasifican según sus volúmenes de ventas para establecer niveles de servicio diferenciales a aplicar en un sistema de inventarios por demanda probabilístico que incrementa el valor obtenido con el pronóstico de ventas en tantas desviaciones estándar como las que correspondan a la probabilidad relacionada con el nivel de servicio deseado para cada categoría. El modelo se ha implementado con éxito en organizaciones comerciales y de servicio, tanto en inventarios de alto número de ítems como en otros con menor variedad de productos. La aplicación ha redundado en menores costos de capital de trabajo invertido en inventarios y en mejoras sustanciales del nivel de servicio a los clientes reduciendo los indicadores de ventas pérdidas por agotamiento de existencias. A futuro se prevé la adaptación del modelo a inventarios de empresas industriales.

Palabras clave :Pronósticos, Inventarios, Compras, Nivel de Servicio, Holt-Winters

- Durán, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión gerencial*, (1), 55-78.

Los inventarios son todos aquellos artículos o stocks usados en la producción (materia prima y productos en proceso), actividades de apoyo (suministro de mantenimiento y reparación) y servicio al cliente (productos terminados y repuestos). El inventario representa una de las inversiones más importantes de las empresas con relación al resto de sus activos, ya que son fundamentales para las ventas e indispensables para la optimización de las utilidades. En la práctica empresarial, muchos gerentes cometen el error de no reconocer la importancia de llevar a cabo una eficiente administración del mismo. Por ello, la importancia de emplear técnicas financieras para la gestión del inventario. En la presente investigación se utilizó una metodología de análisis documental, cuyo propósito es analizar las técnicas de administración de inventario

como elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. Se desarrollaron cuatro apartados: los fundamentos teóricos de la administración del inventario en las empresas; revisión de investigaciones en el ámbito de la administración de inventario; factores a considerar en la administración del inventario; y por último, las recomendaciones para la administración del inventario. Se concluyó, que a medida que se logre conocer y manejar un mayor número de técnicas en la administración del inventario, la probabilidad de éxitos, ganancias, operatividad, supervivencia, crecimiento y competitividad en las empresas se incrementará; por consiguiente, se optimizarán las utilidades.

Palabras claves: administración del inventario, herramienta financiera, optimización de las utilidades

- Lopez, C. A., Mendoza, J. A., & Cuartas, E. (2008). Algoritmo para la exploración de todos los valores posibles en el problema del agente viajero (TPS). *Scientia et technica*, 14(39).

El problema del agente viajero o TPS por sus siglas en inglés (Travelling Salesperson Problem) es uno de los problemas mas famosos y complejos de las ciencias computacionales y ha sido abordado por varias ramas de la ingeniería y por distintas razones, su principal aplicación es la de rutear desde distintas perspectivas, ya sea un proceso que lleva una secuencia específica o una distribución de carácter logístico en la que intervienen elementos del transporte, buscando la mejor ruta posible con criterios de economía en distancia o en costo. Proveer soluciones contribuye a mejorar tareas y procesos en distintos ámbitos, científicos e industriales, proponiendo alternativas para el mejor uso de los recursos. Disciplinas que abordan este tema son la investigación de operaciones y las ciencias informáticas como algoritmia y teoría de grafos.

Palabras clave: optimización , algoritmo, programación orientada a objetos, estructuras de datos

González Velarde, J. L., & Ríos Mercado, R. Z. (1999). Investigación de operaciones en acción: Aplicación del TSP en problemas de manufactura y logística. *Ingenierías*, 2(4), 18-23.

aplicaciones de IO se encuentran en prácticamente todos los niveles y en todo tipo de industrias. Es evidente que las corporaciones aspiran a tomar decisiones que les reditúen beneficios económicos, y normalmente, estas decisiones se encuentran restringidas de forma muy compleja. Estos atributos son únicos de modelos de IO. En las últimas décadas el impacto de IO en la industria ha sido impresionante, convirtiéndose en ganancias (o ahorros) con frecuencia multimillonaria en los diversos ramos industriales.

El presente es el primero de una serie de artículos que pretenden introducir al lector con problemas y metodologías de IO (clásicas y recientes) y cómo éstas se usan para resolver problemas reales que surgen en los diversos campos de la ciencia: ingeniería química, ingeniería civil, ingeniería eléctrica, administración, economía, ciencias computacionales, estadística y matemáticas aplicadas entre otras.

Palabras clave: Investigación de Operaciones, Optimización, Algoritmo, Heurística

- Medina, L. B. R., La Rotta, E. C. G., & Castro, J. A. O. (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. *Ingeniería*, 16(2), 35-55.

Este artículo presenta una revisión bibliográfica acerca de la historia, tipologías y métodos de solución del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP). Explica las diferentes variaciones que han surgido, y hace referencia a las categorías básicas de VRP, los métodos de solución propuestos, así como sus tendencias.

Palabras clave: ruteo de vehículos, evolución, métodos de solución

Valencia, P. E. (1997, August). Optimización mediante algoritmos genéticos. In *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* (Vol. 109, No. 2, pp. 83-92).

Este artículo introduce en forma tutorial los algoritmos evolutivos de búsqueda denominados algoritmos genéticos. Estos algoritmos se inspiran en la mecánica de la selección natural y la genética para evolucionar una población inicial de puntos sucesivamente hacia mejores regiones del espacio de búsqueda. La evolución de la población se realiza mediante la aplicación de operadores genéticos probabilísticos de selección, recombinación y mutación. Los algoritmos genéticos requieren conocer solamente el valor de la función objetivo en la población de puntos y no sus derivadas. Esto último permite abordar una gran variedad de problemas de optimización no tratables mediante métodos basados en gradientes

Palabras clave: algoritmo genético, optimización

2. Diagnóstico de la empresa

La empresa Decorando tus espacios ofrece todo lo relacionado en acabados y cerámicas para construcción, frecuentemente en la busca de mejores precios para ofrecer en el mercado se cambia de proveedores, sin embargo, algunos se mantienen constantes, independientemente del proveedor los tiempos de entrega no son superiores a (3) días, pero en la mayoría de casos se hacen efectivos en lapsos de 24 horas, las categorías generales asignadas más adelante hacen referencia a los productos obtenidos de los diferentes proveedores pues el portafolio de productos no varía.

No se cuenta con un sistema de facturación digital, las facturas se realizan en talonarios manuales especificando en cada una de ellas nombre del producto, formato y tipo (piso exterior, interior, pegante etc) los productos no están codificados lo que dificulta un poco el saber al instante la disponibilidad en bodega, así como llevar un control adecuado sobre los movimientos de ventas.

El no tener un sistema de facturación digital, así como de inventarios dificulta el acceso a la información sobre movimientos de ventas y sobre el volumen de mercancía, en consecuencia, los dueños optan por pedir grandes cantidades de diferentes productos y esperar que el inventario haya disminuido su volumen para realizar la siguiente compra, no se toma en consideración la capacidad de rotación de cada categoría de producto y el dinero que representa su estancia en la bodega.

La bodega no cuenta con estibas, los productos se arruman sin considerar una altura apropiada para su posterior descargue cuando se efectúa una compra, no hay un espacio establecido para cada categoría de producto ni una equidistancia entre arrumes que faciliten el desplazamiento en la misma.

2.1.1 descripción de los productos

Al tener un portafolio de productos tan amplio y no contar con referencias de alta frecuencia, se tomó la decisión de dividir los pisos por su uso y formato al igual que las paredes. Con los demás productos no fue necesario asignar categorías,

A continuación, se muestra un listado general de productos (Tabla No 2), el código de los productos no corresponde a decorando, es asignado para tener un orden en la presentación de los mismos.

Listado general de productos de la empresa DECORANDO TUS ESPACIOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	
PISO INTERIOR	piso interior 40X40	PI40X40	
	piso interior 45x45	PI45X45	
	piso interior 50x50	PI50X50	
	piso interior 54x54	PI54X54	
	piso interior 55x55	PI55X55	
	piso interior 56x56	PI56X56	
	piso interior 57x57	PI57X57	
	piso interior 57x57	PI60X60	
PISO INTERIOR PORCELANICO	piso interior porcelanico 60x60	PIP60X60	
	piso interior porcelanico 21x120	PIP21X120	
PARED	pared 20x20	PAR20X20	
	pared 25x40	PAR25X40	
	pared 30x60	PAR30X60	
	pared 32x56	PAR32X56	
PISO BAÑO	piso baño 30x60	PB30X60	
	piso baño 32x32	PB32X32	
	piso baño 32x56	PB32X56	
	piso baño 33x33	PB33X33	
	piso baño 33x57	PB33X57	
	piso baño 45x45	PB45X45	
FACHADA	fachada 10x40	FAC10X40	
	fachada 19x57	FAC19X57	
	fachada 25x40	FAC25X40	
	fachada 31x54	FAC31X54	
	fachada 35x50	FAC35X50	

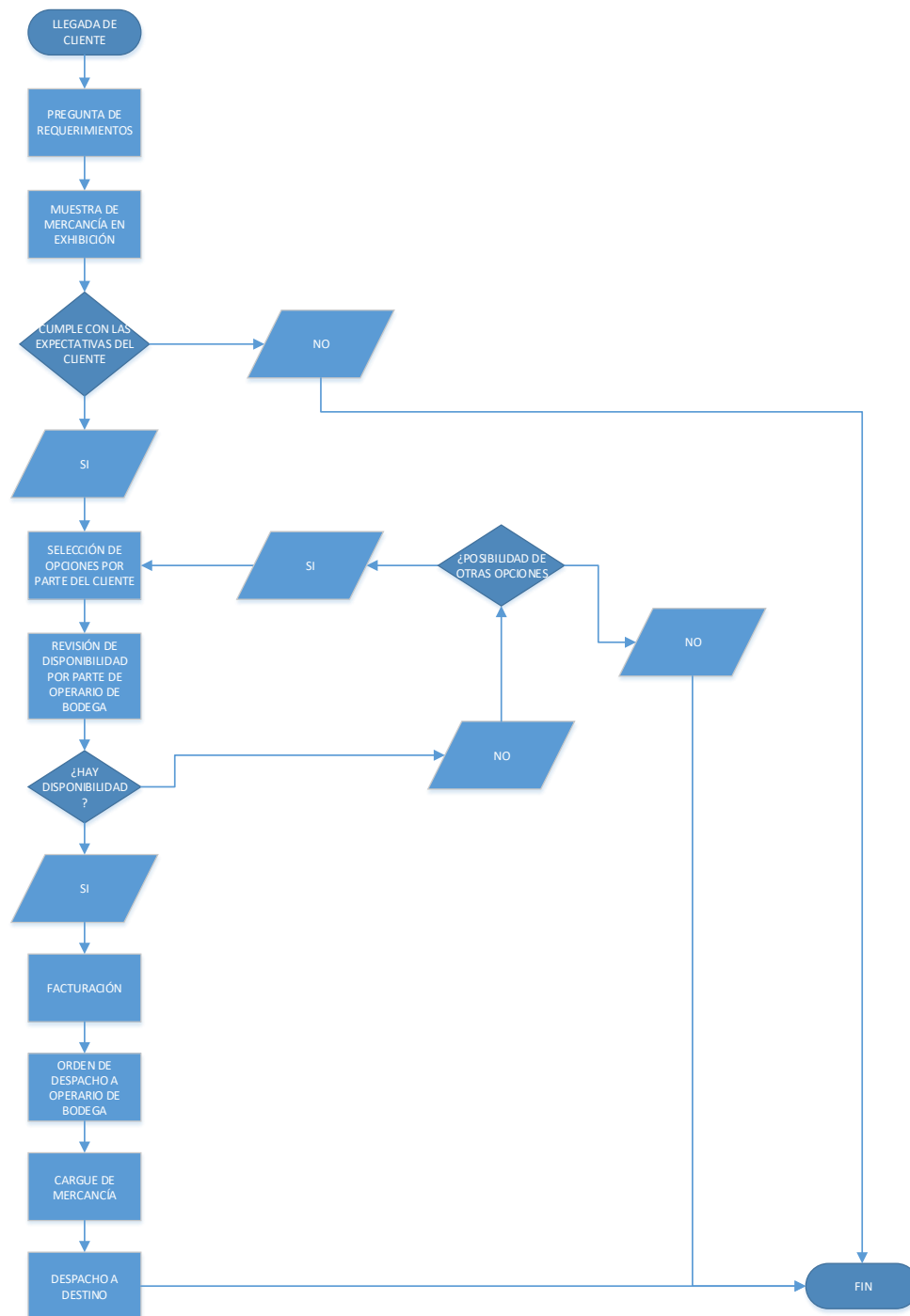
PISO EXTERIOR	piso exterior 40x40	PEX40X40	
	piso exterior 45x45	PEX45X45	
	piso exterior 50x50	PEX50X50	
	piso exterior 54x54	PEX54X54	
OTROS PRODUCTOS	PEGANTE	PEG30K	
	ACCESORIOS	ACCES	
	MOLDURAS	MOLD	
	PERFILES	PERF	
	FRAGUA	FRAG	
	SANITARIO	SANIT	
	ACOPLES	ACOP	
	GRIFERIA	GRIFE	
	LAVAPLATOS	LAVAP	
	DILATACIONES	DILATAC	
	DESAGUES	DESAG	

2.1.2 análisis de la demanda

En primera instancia es necesario comprender como funciona el proceso desde que el cliente llega hasta que se despacha el pedido, este proceso en el caso de decorando es clave pues se caracteriza por dar una excelente atención al público y por cumplir con tiempos de entrega muy cortos a diferencia de la competencia, los pedidos se realizan inmediatamente se efectúa la compra, para comprender esto se diseñó un diagrama de flujo de procesos que es mostrado a continuación

Diagrama 1

Diagrama actual de procesos de la empresa DECORANDO TUS ESPACIOS



Para comprender la demanda por parte del mercado y el movimiento de la mercancía en bodega se utilizaron datos de todo el año 2018 respecto a las ventas, fue necesario digitar los talonarios

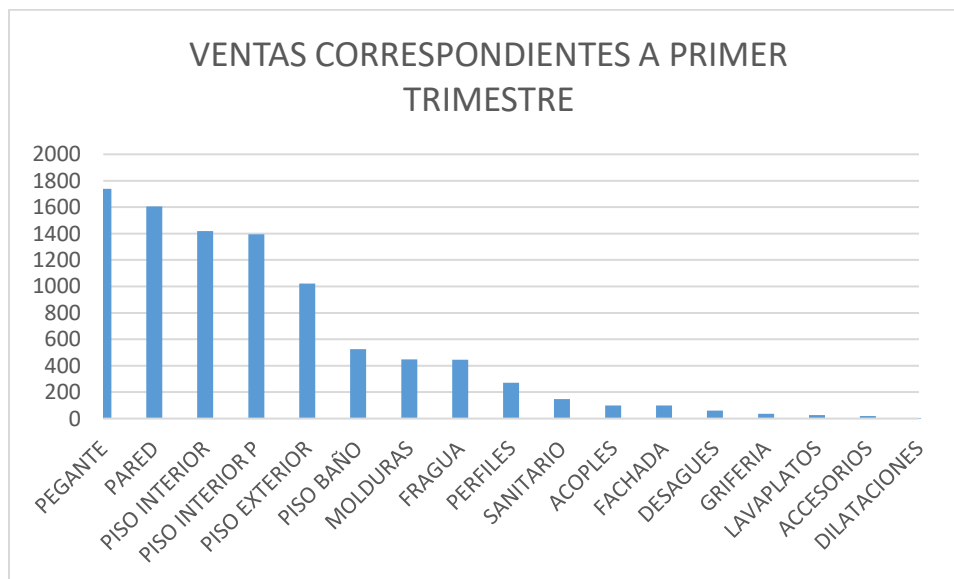
El año fue dividido en trimestres de la siguiente manera:

- Trimestre uno: Enero, Febrero, Marzo
- Trimestre dos: Abril, Mayo, Junio
- Trimestre tres: Julio, Agosto, Septiembre
- Trimestre cuatro: Octubre, Noviembre, Diciembre

Las gráficas correspondientes a las ventas de cada uno son las siguientes

Grafica 1

Grafica de ventas primer trimestre

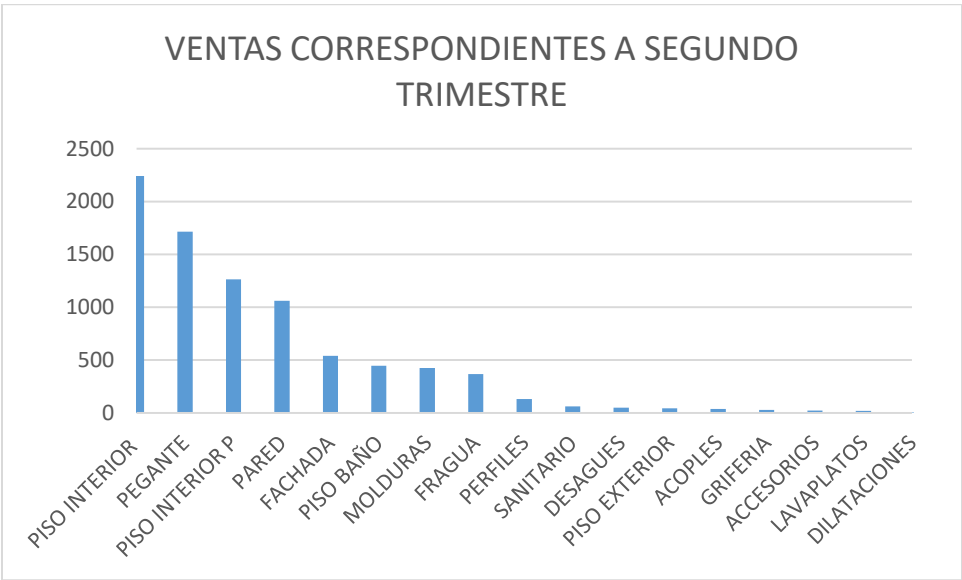


Grafica correspondiente a las ventas del primer trimestre, el pegante se lleva el mayor volumen de ventas

En el primer trimestre los acabados correspondientes a enchapes de pared se llevan la delantera en las ventas, cabe aclarar que es lógico que el volumen de ventas de pegante se mantenga alto en cada mes pues este producto suele llevarse en compañía de la cerámica y los enchapes, su equivalencia es: 5 kg/m2 (los bultos vienen por 25k).

Grafica 2

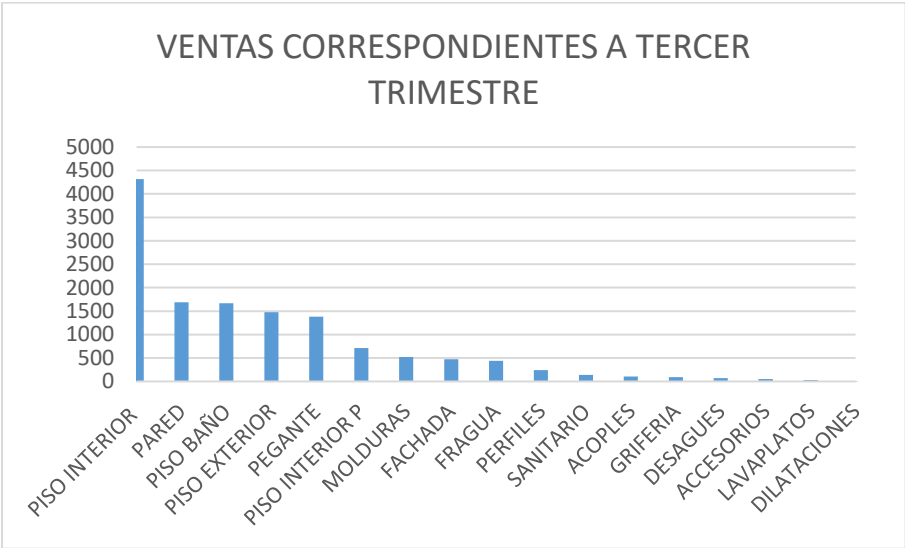
Grafica de ventas segundo trimestre



Grafica correspondiente a las ventas del segundo trimestre, el piso interior se lleva el mayor volumen de ventas seguido del pegante y del piso interior porcelanico

Grafica 3

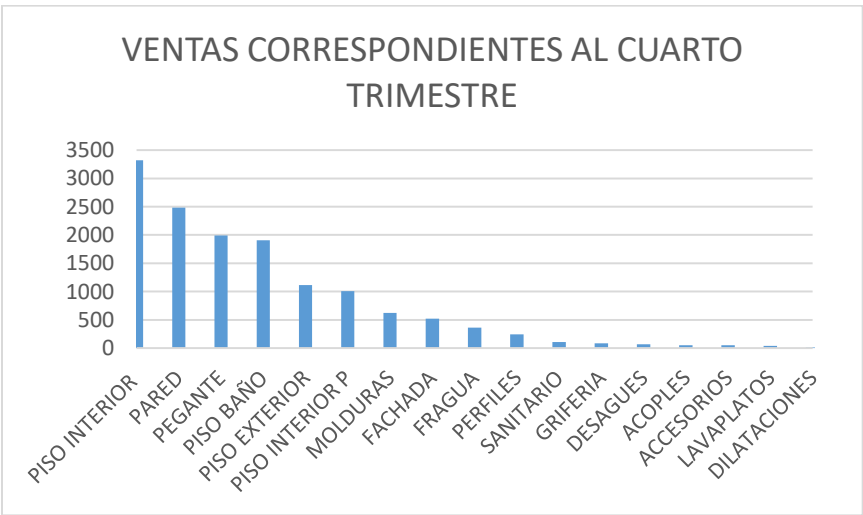
Grafica de ventas tercer trimestre



Grafica correspondiente a las ventas del tercer trimestre, el piso interior se lleva el mayor volumen de ventas seguido de los enchapes de pared y del piso de baño

Grafica 3

Grafica de ventas cuarto trimestre

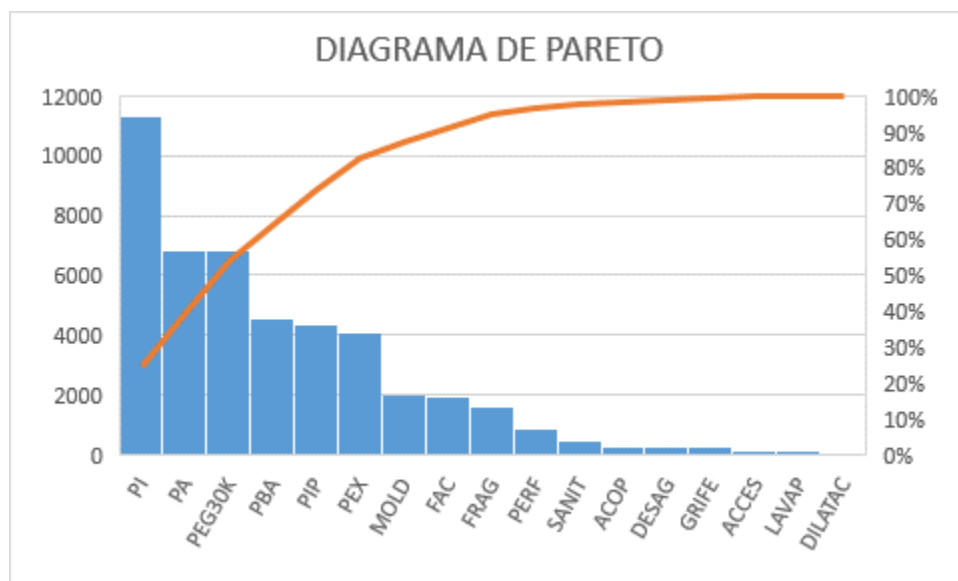


Grafica correspondiente a las ventas del tercer trimestre, el piso interior se lleva el mayor volumen de ventas seguido de los enchapes de pared y del piso de baño

En general para todo el año el piso interior en sus diferentes presentaciones fue el producto que más ventas generó para la empresa, definir su participación en la bodega más adelante además como su pronóstico de ventas en vital no solo por la cantidad de espacio que ocupa sino por su representación en los estados financieros de la empresa

Diagrama 2

Diagrama de Pareto-ventas de DECORANDO TUS ESPACIOS año 2018



Clasificación ABC

Hacer la clasificación ABC implica determinar el porcentaje de importancia que tiene cada uno de los productos y de la misma forma asignarles una letra siendo estas:

A: 0%-85%

B: 85%-95%

C: 95%-100%

Para este trabajo la clasificación ABC es de suma importancia pues nos ayudará a indagar en los productos que más relevancia tienen en la parte financiera de la empresa, se tomaron costos promedio para cada categoría

Tabla 3

Clasificación ABC de productos

DESCRIPCIÓN	DEMANDA	COSTO	VALOR VENDIDO	PARTICIPACIÓN	P. ACUMULADA	TIPO
PI	11297,44	\$ 15.900	\$ 179.629.296	19,881%	19,88%	A
PAR	6833,61	\$ 17.400	\$ 118.904.814	13,160%	33,04%	A
PIP	4380,96	\$ 24.900	\$ 109.085.904	12,074%	45,12%	A
PEG	6822	\$ 14.000	\$ 95.508.000	10,571%	55,69%	A
PB	4550,25	\$ 16.900	\$ 76.899.225	8,511%	64,20%	A
PEX	4087,63	\$ 17.650	\$ 72.146.670	7,985%	72,18%	A
PERF	886	\$ 80.000	\$ 70.880.000	7,845%	80,03%	A

FAC	1938,239	\$ 27.500	\$ 53.301.573	5,899%	85,93%	B
SANIT	456	\$ 110.00 0	\$ 50.160.000	5,552%	91,48%	B
MOLD	2021	\$ 12.000	\$ 24.252.000	2,684%	94,16%	B
LAVAP	118	\$ 130.00 0	\$ 15.340.000	1,698%	95,86%	C
GRIFE	242	\$ 45.000	\$ 10.890.000	1,205%	97,07%	C
FRAG	1611	\$ 6.000	\$ 9.666.000	1,070%	98,14%	C
ACCES	143	\$ 65.000	\$ 9.295.000	1,029%	99,17%	C
DESAG	244	\$ 28.000	\$ 6.832.000	0,756%	99,92%	C
ACOP	295	\$ 2.000	\$ 590.000	0,065%	99,99%	C
DILATAC	24	\$ 5.000	\$ 120.000	0,013%	100,00%	C

la empresa cuenta con una alta rotación de inventario en algunos de sus productos, principalmente en la categoría A (piso interior, pared, piso exterior, pegante y perfiles) sin embargo, al no tener un sistema de facturación digital la empresa no sabe en tiempo real que hay en stock y por ende al realizar las compras se hacen de manera masiva incluyendo en esta a los productos cuya rotación no tiene una frecuencia tan elevada como los que se encuentran en la categoría B o C, no hay conocimiento de que la estancia de esos productos en bodega puede significar dinero retenido por

mucho tiempo, y que la mercancía puede deteriorarse y puede perder su valor si no se vende rápido.

Imagen 1

Plano de distribución actual de bodega piso 1



Imagen 2

Plano de distribución actual de bodega piso 2



En el plano se puede ver la distribución de la bodega, el espacio disponible total de almacenaje, así como la distribución de mercancía cuando se compra de forma masiva, los arrumes no cuentan con un límite en su altura teniendo en cuenta la seguridad de las personas que ingresan a la bodega ni equidistancia entre arrume y arrume lo que hace el transporte de mercancía una tarea tediosa y peligrosa

3. Determinación de un modelo de pronóstico aplicable a la empresa caso de estudio

3.1 pruebas de pronósticos por medio de diferentes métodos

Gracias a la clasificación ABC podemos centrar nuestro estudio a los productos que tienen categoría A pues son los que más impacto tienen en la economía de la empresa, siendo estos: **piso interior, pared, piso interior porcelanico, pegante, piso baño, piso exterior y perfiles.**

Se probaron diferentes tipos de métodos de pronósticos: regresión lineal, promedio móvil, suavización exponencial y método de winters, en cada uno se calcularon los siguientes indicadores

- ME: hace referencia al promedio del error
- MAPE: un indicador de desempeño del pronóstico que mide el tamaño del error

En cada caso se tuvo como objetivo seleccionar el método que diera el menor MAPE, para cada producto este método fue el método de winters, gráficamente se observa que es el método que más aproximación tuvo a la demanda real y que mejor se ajusta a la misma

Tabla 4

Comparación de pronósticos para piso interior

PRODUCTO	METÓDO	ME	MAPE	
PISO INTERIOR	MÉTODO DE WINTERS	- 50,2301304	0,0798853	
	PROMEDIO MOVIL	58,877778	0,65214563	
	SUAVIZACION EXPONENCIAL	57,2957499	0,99207457	
	REGRESIÓN LINEAL	0,000833	486,66	

Grafica 4

Grafico comparativo de pronósticos para piso interior

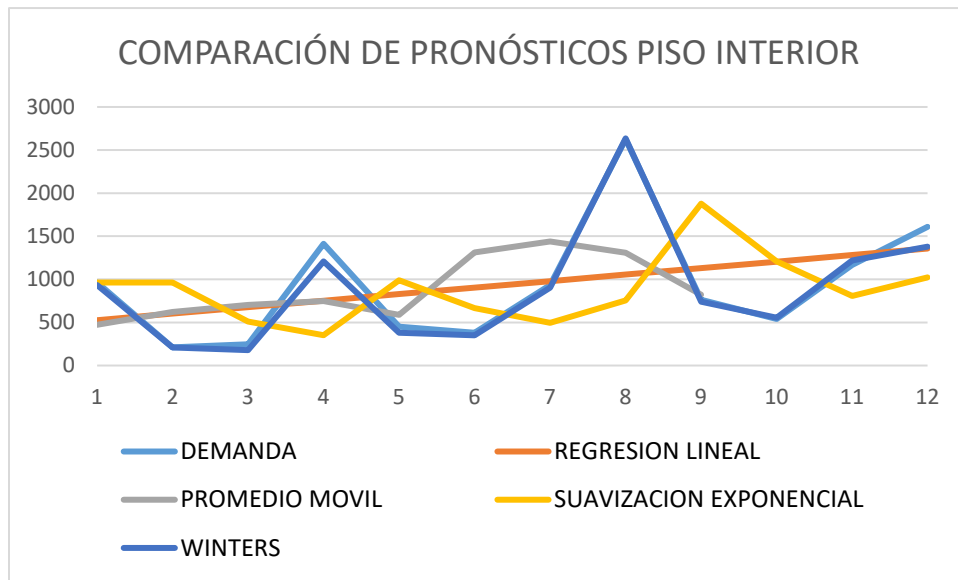


Tabla 5

Tabla comparativa de pronósticos para pared

PRODUCTO	METÓDO	ME	MAPE
PARED	MÉTODO DE WINTERS	82,1794177	0,15613386
	SUAVIZACION EXPONENCIAL	58,475	0,27363661
	REGRESIÓN LINEAL	0,0045	0,3640045
	PROMEDIO MOVIL	86,8025	0,36501762

Grafica 5

Grafico comparativa de pronósticos para pared

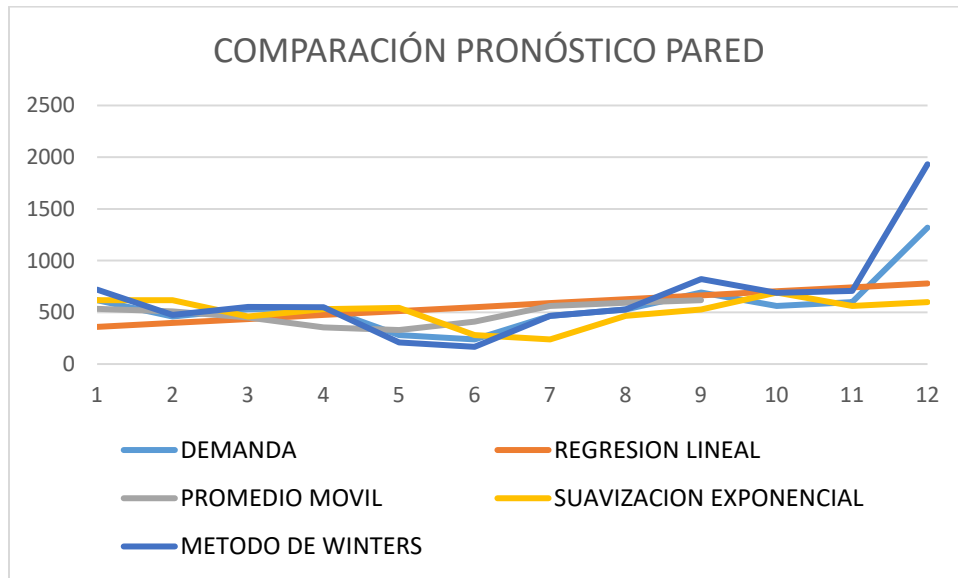


Tabla 6

Tabla comparativa de pronósticos para pegante

PRODUCTO	METÓDO	ME	MAPE
PEGANTE	MÉTODO DE WINTERS	16,1403834	0,05739069
	PROMEDIO MOVIL	86,6666667	0,29327963
	REGRESIÓN LINEAL	-0,0013333	0,31714712
	SUAVIZACION	6,8333333	0,44067556

	EXPONENCIAL		
--	-------------	--	--

Grafica 6

Grafica comparativa de pronósticos para pegante

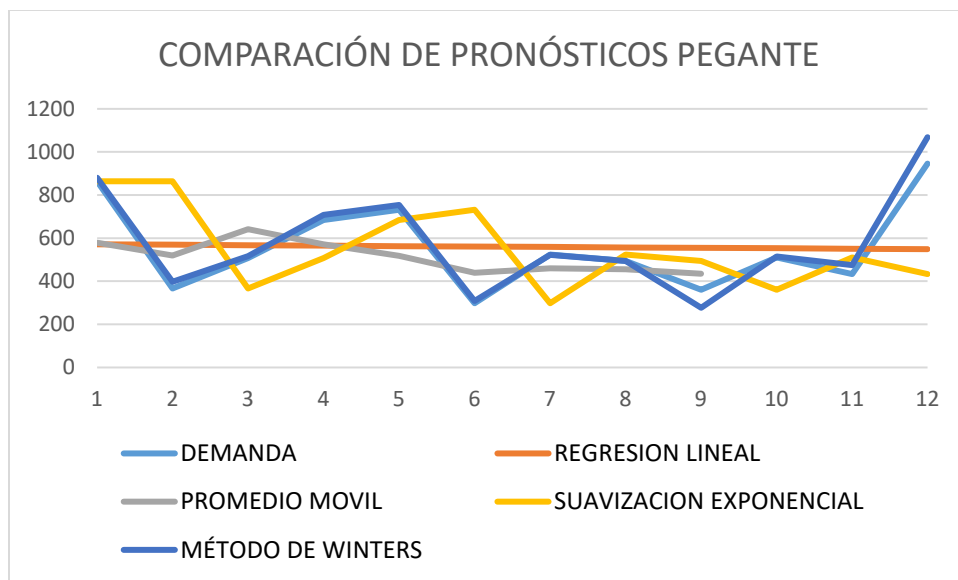


Tabla 7

Tabla comparativa de pronósticos piso baño

PRODUCTO	METÓDO	ME	MAPE	
PISO BAÑO	MÉTODO DE WINTERS	80,468479	0,1590188	
	REGRESIÓN LINEAL	0,003	1,06693661	
	PROMEDIO MOVIL	30,0836111	1,07878338	
	SUAVIZACION EXPONENCIAL	4,4666667	1,30444618	

Grafica 7

Grafica comparativa de pronósticos para piso de baño

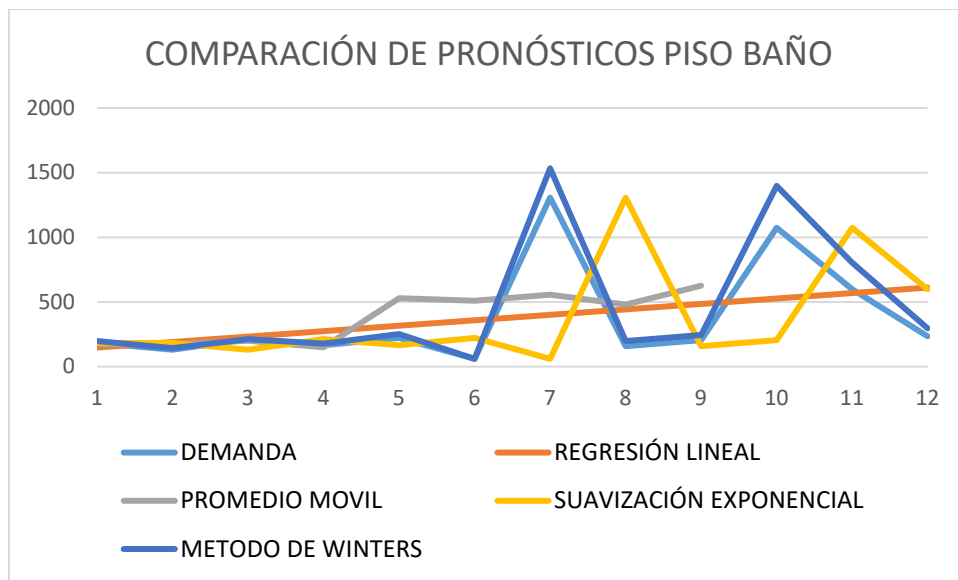


Tabla 8

Tabla comparativa de pronósticos piso exterior

PRODUCTO	METÓDO	ME	MAPE
PISO EXTERIOR	MÉTODO DE WINTERS	-	0,06096058
	SUAVIZACION EXPONENCIAL	0,20573646	0,72810726
	REGRESIÓN LINEAL	0,004	0,8222245
	PROMEDIO MOVIL	55,1255556	1,03308962

Grafica 8

Grafica comparativa de pronósticos piso exterior

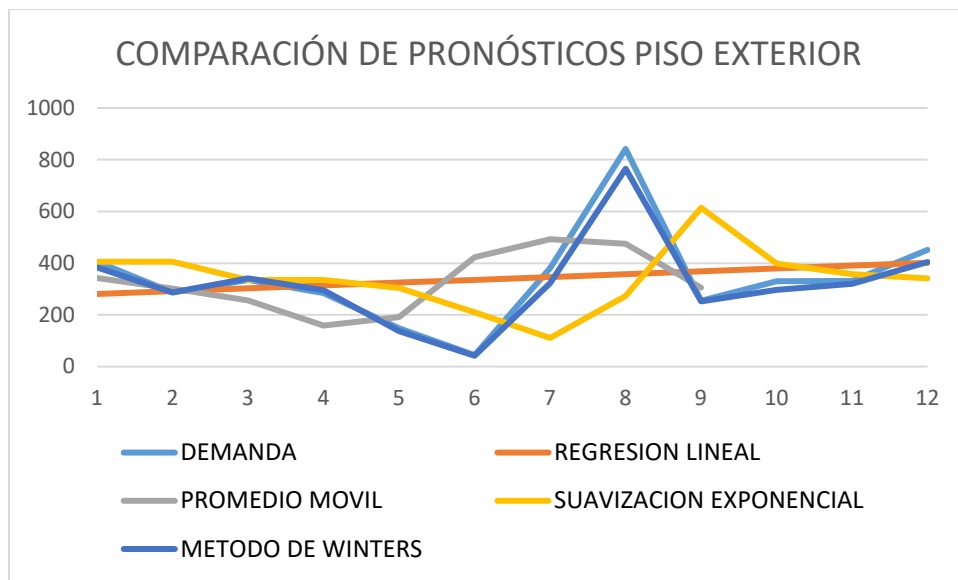


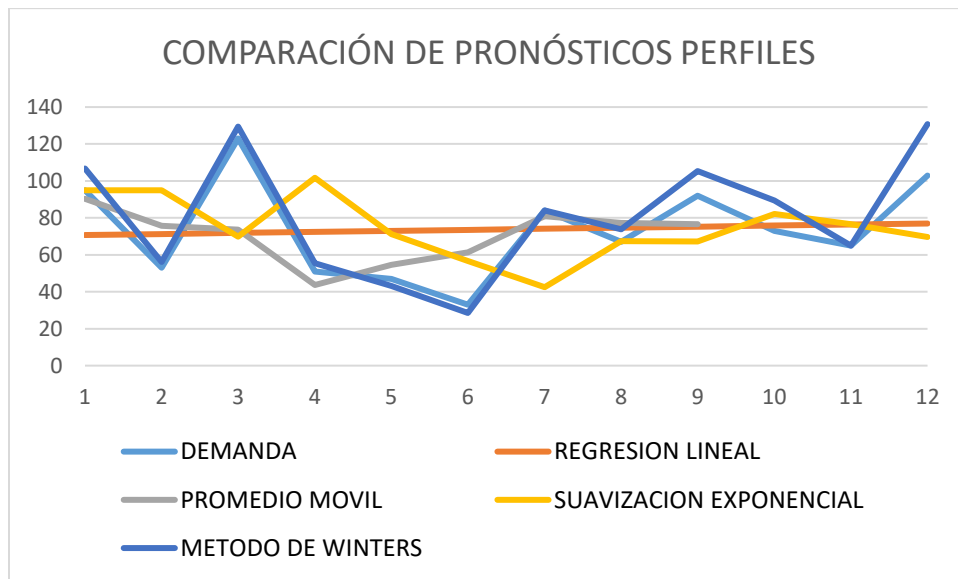
Tabla 9

Tabla comparativa de pronósticos perfiles

PRODUCTO	METÓDO	ME	MAPE	
PERFILES	MÉTODO DE WINTERS	6,79981515	0,10674557	
	REGRESIÓN LINEAL	0,00026667	0,34158789	
	SUAVIZACION EXPONENCIAL	0,74166125	0,40431696	
	PROMEDIO MOVIL	15,83333333	0,46289576	

Grafica 9

Grafica comparativa de pronósticos perfiles



Siendo el método de Winter el que mejor se ajusta a la naturaleza de la demanda se elegirá sobre los demás para realizar pronósticos en los periodos, la realización del pronóstico asegurará un mejor manejo en las compras, no obstante es importante tener un inventario de seguridad.

Se abordarán estrategias que permitan optimizar la cantidad de mercancía a pedir así como la revisión de existencia, en cada caso se recomienda a la empresa implementar un sistema de facturación y control de inventarios digital, pues con este el conocimiento de existencia en bodega será más fácil, así como el conocimiento del flujo de ventas

Tabla 10

Estrategia sugerida para pedir cantidad optima de mercancía

ESTRATEGIA PARA PEDIR CANTIDAD OPTIMA DE MERCANCIA SEGÚN CLASIFICACIÓN ABC		
CATEGORIA	ACCIONES	INDICADOR
CATEGORIA A	DESIGNAR UNA PERSONA QUE CADA 3 DÍAS REVISE LA CANTIDAD DE CAJAS EN ESTIBAS DE LOS PRODUCTOS	ROTACIÓN DE INVENTARIO
CATEGORIA B	EL MANEJO DE ESTOS PRODUCTOS NO REQUIERE DE UN CONTROL TAN PERIODICO DADO QUE SU ROTACIÓN ES MAS	ROTACIÓN DE INVENTARIO
CATEGORÍA C	SE RECOMIENDA HACER REVISIÓN DE DISPONIBILIDAD CADA 20 DÍAS Y PEDIR POCAS UNIDADES POR REFERENCIA	ROTACIÓN DE INVENTARIO

Para hacer efectiva esta estrategia se recomienda principalmente la realización de pronósticos mediante el método recomendado, esto asegura un conocimiento del movimiento de la demanda en periodos futuros, así como una revisión visual constante del volumen de productos en bodega.

4. Distribución de bodega

4.1 distribución física propuesta para la bodega

Para la distribución de bodega se recomienda utilizar estibas de 1.00mX1.20m pues estas se ajustan a las dimensiones de empaque de cada producto.

para la empresa caso de estudio se determinó que deben existir equidistancias entre estiba y estiba de 1.20m siendo esta la distancia adecuada para que el operario pueda moverse libremente en la bodega y hacer sus labores de descargue.

La altura de la mercancía arrumada en las estibas no puede exceder los 2.00 m, para definir esta dimensión se consideró que la altura promedio de los hombres en Colombia es de 1.68 m.

La distribución propuesta para la bodega facilitara el orden y evitará accidentes laborales al tener un límite de altura que hará factible el acceso a la mercancía que se encuentra incluso en la parte más alta de las estibas

Imagen 3

Distribución propuesta para la bodega de la empresa caso de estudio piso 1

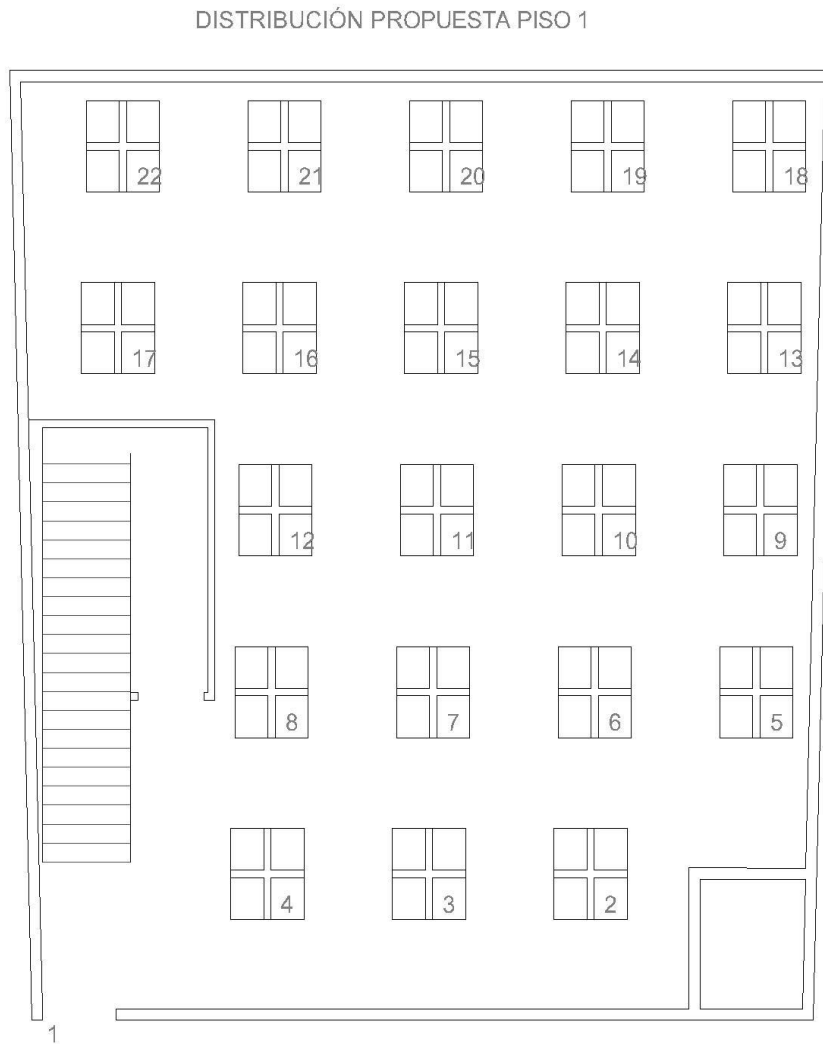
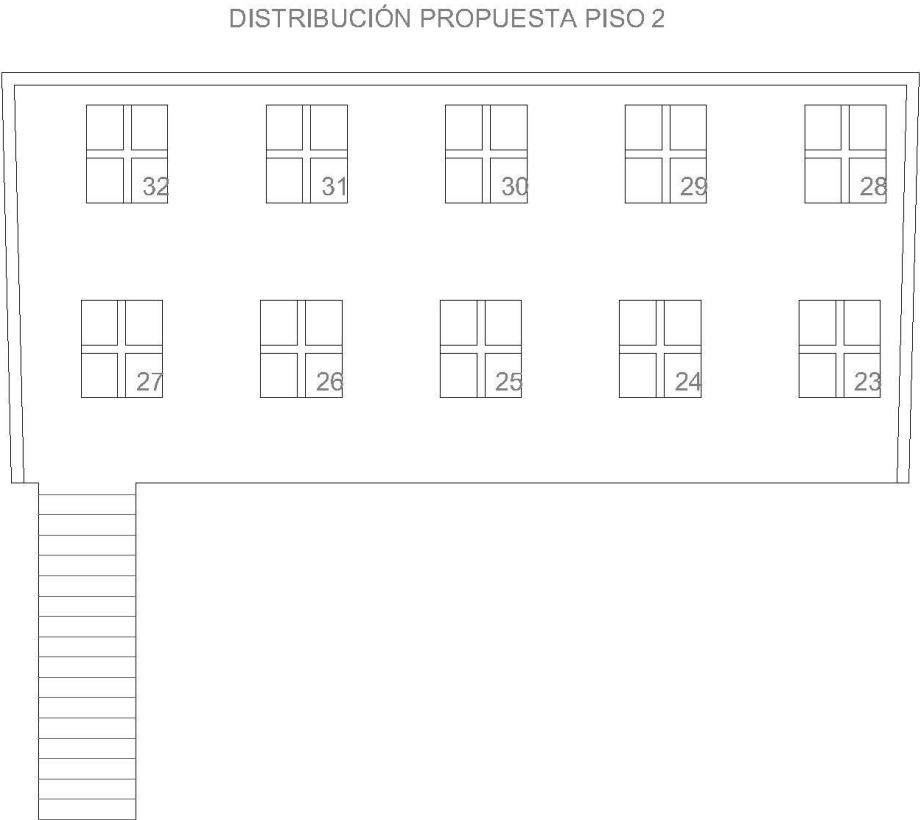


Imagen 4

Distribución propuesta para la bodega de la empresa caso de estudio piso 2



4.2 asignación de productos para estibas

Para determinar qué tipo de producto debe ir en cada estiba se recurrió a la clasificación ABC (tabla 3), se determinó el porcentaje de participación de cada producto teniendo en cuenta el total de categorías.

Porcentaje de participación:

Categoría A: 41.18%

Categoría B: 17.64%

Categoría C: 41.18%

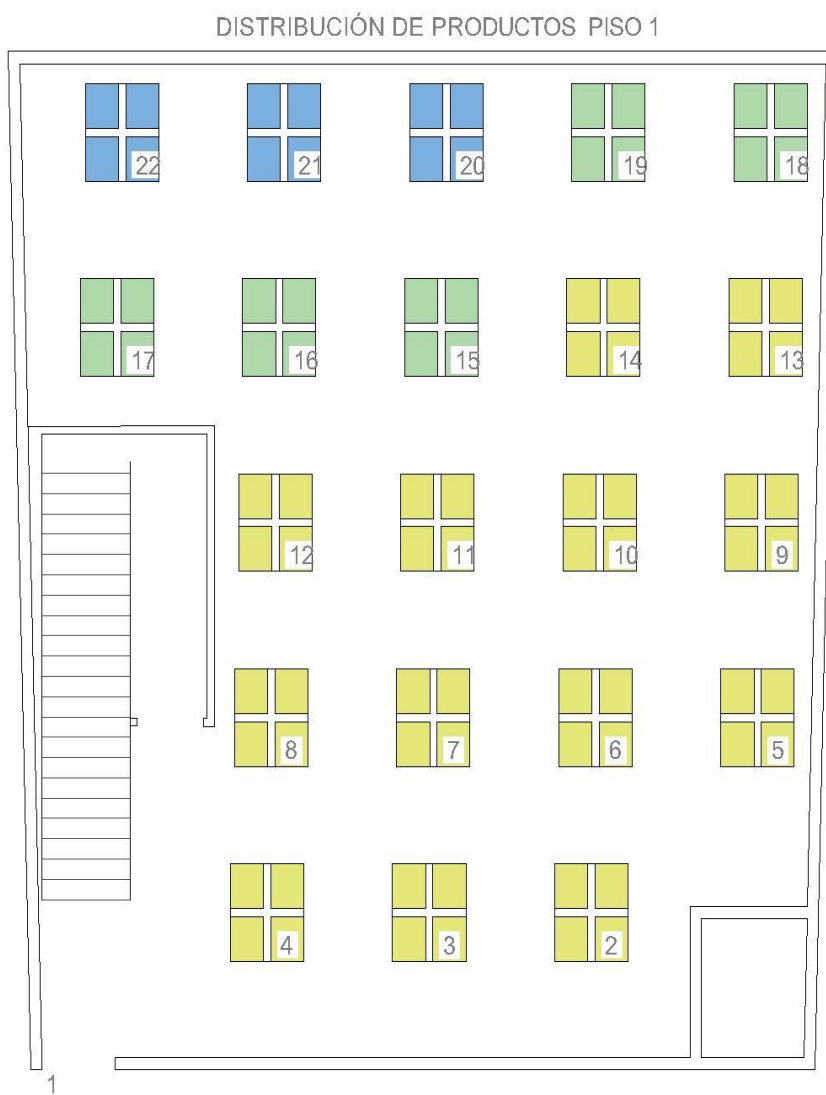
Total: **100%**

Para la asignación del número de estibas, así como de los productos de cada categoría se tomó en cuenta el porcentaje de participación de los productos en la clasificación ABC y así mismo acorde al porcentaje se asignaron las estibas.

Para la categoría A se tomaron en cuenta las estibas que estaban más cerca al área de entrada de la bodega (área que cuenta como entrada y salida), a la categoría B y C se le asignaron estibas acorde a su rotación y punto de acceso

Imagen 5

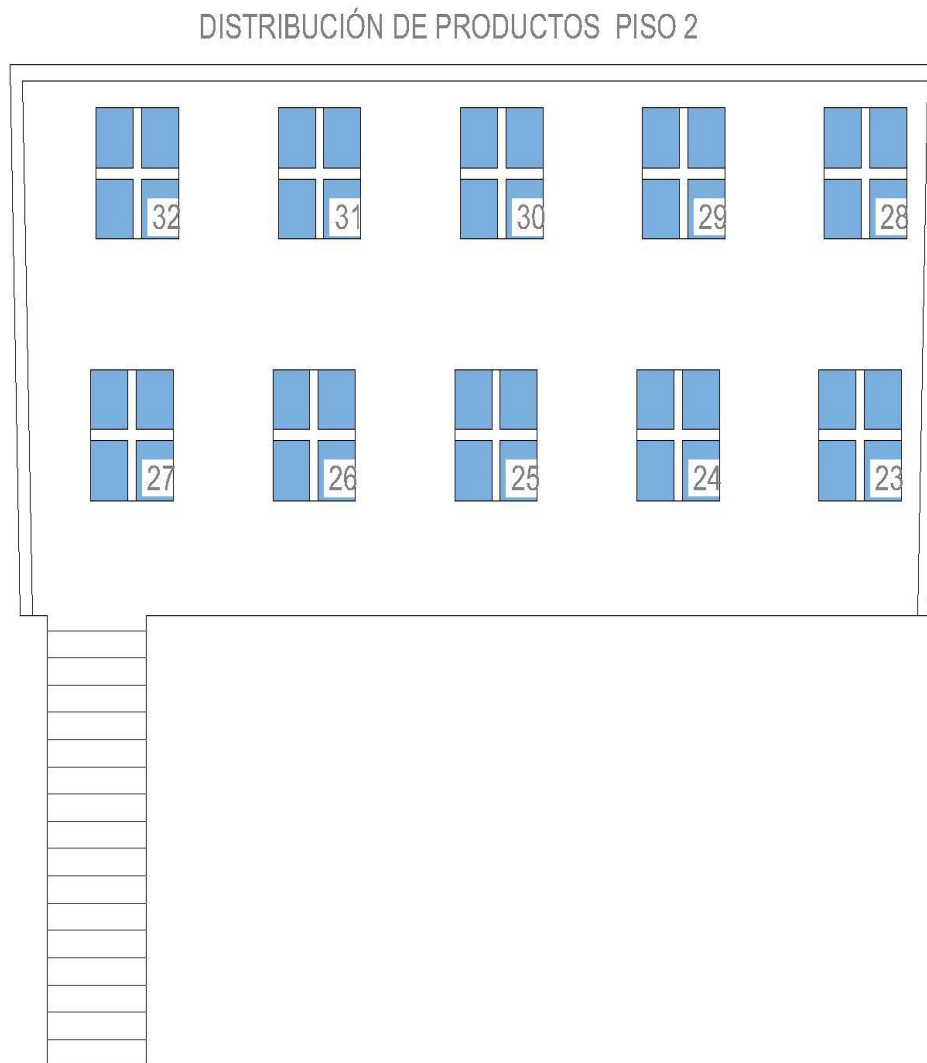
Asignación de productos propuestas teniendo en cuenta clasificación ABC, piso 1



CATEGORÍA	NUMERO DE ESTIBAS	COLOR
A	13	Yellow
B	5	Green
C	13	Blue
AREA TOTAL	31	

Imagen 6

Asignación de productos propuestas teniendo en cuenta clasificación ABC, piso 2



5. Algoritmo genético para minimizar el recorrido necesario en cada pedido

5.1 establecimiento de parámetros

Para el diseño del algoritmo genético recurrimos a un modelo ya conocido del área de investigación de operaciones que es el problema del agente viajero, para efectos del mismo recurrimos a la imagen 3 e imagen 4 donde las estibas harán las veces de nodos, siendo el nodo 1 el punto de salida y de llegada pues el operario parte de ahí a hacer su recorrido y debe regresar al mismo punto para salir de la bodega y proceder con el descargue.

La matriz de distancias entre cada uno de los nodos se presenta a continuación.

Imagen 6

Matriz de distancia entre los nodos del modelo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1	0	7.2	4.9	3.1	13	11	8.8	6.6	16	14	12	11	18	16	14	13	15	24	18	21	23	24	19	16.8	15	12	10	21	19	17	14.8	13	
2	7.2	0	3.9	6.1	3.5	1.2	2.1	4.3	6.6	5.9	8.5	10	8.4	8.3	10	13	15	11	11	13	15	7.2	25	22.6	20	18	16	27	25	22.8	20.6	18	
3	4.9	3.9	0	2.2	4.7	2.5	2.1	3.4	7.1	7.3	9.5	12	9.6	9.6	12	14	16	13	12	14	16	20	23	20.5	18	16	14	25	23	20.8	18.6	13	
4	3.1	6.1	2.2	0	7.4	5.2	3	1.2	9.3	8.1	5.9	4.6	12	9.6	7.4	6.4	9.1	15	13	11	9.3	11	21	18.3	16	14	12	23	21	18.6	16.4	14	
5	13	3.5	4.7	7.4	0	3.6	4.8	7	1.2	2.4	4.6	6.8	4.5	4.7	6.9	8.4	12	8	7	9.2	11	14	30	27.5	25	23	21	32	30	27.8	25.6	23	
6	11	1.2	2.5	5.2	3.6	0	2.6	4.8	2.5	1.2	3.4	5.6	4.9	4.8	7	9.2	11	8.4	7.1	9.3	12	14	28	25.4	23	21	19	30	28	25.6	23.4	21	
7	8.8	2.1	2.1	3	4.8	2.6	0	3.6	4.7	3.4	1.2	3.4	7.1	4.9	5	7.2	9.4	11	8.4	7.3	9.5	9	27	25	23	20	18	30	27	25.3	23.1	21	
8	6.6	4.3	3.4	1.2	7	4.8	3.6	0	6.9	5.7	3.5	8.7	7.5	6.5	5.3	4.4	6	13	11	8.4	7.4	9.6	24	21.9	20	17	15	27	24	22.2	20	18	
9	16	6.6	7.1	9.3	1.2	2.5	4.7	6.9	0	2.2	4.4	6.6	1.2	2.4	4.6	6.8	9	5.8	4.7	6.9	8.8	11	32	30	28	25	23	35	32	30.3	28	26	
10	14	5.9	7.3	8.1	2.4	1.2	3.4	5.7	2.2	0	2.9	5.1	2.5	2.2	3.4	5.6	7.8	5.9	4.7	7	9.2	11	32	29.9	28	25	23	35	32	30.1	27.9	24	
11	12	8.5	9.5	5.9	4.6	3.4	1.2	3.5	4.4	2.9	0	2.2	4.7	2.5	3.4	3.4	8.1	5.9	5.1	7.3	9.5	34	32.1	30	27	25	37	35	32.3	30.1	32		
12	11	10	12	4.6	6.8	5.6	3.4	8.7	6.6	5.1	2.2	0	6.8	4.6	2.4	1.2	3.4	10	8.1	5.9	5.1	7.3	27	24.4	22	20	18	29	27	23.7	22.5	20	
13	18	8.4	9.6	12	4.5	4.9	7.1	7.5	1.2	2.5	4.7	6.8	0	3.6	5.8	7	9.3	2.3	4.6	6.8	9	35	32.5	30	28	26	37	35	32.7	30.5	28		
14	16	8.3	9.6	9.6	4.7	4.8	4.9	6.5	2.4	2.2	2.5	4.6	3.6	0	3.6	5.8	8	3.5	1.2	3.3	5.6	7.8	34	32.2	30	28	26	37	35	32.5	30.3	28	
15	14	10	12	7.4	6.9	7	5	5.3	4.6	3.4	3.4	2.4	5.8	3.6	0	3.6	5.8	5.7	3.4	1.2	3.3	5.6	32	30	28	25	23	35	32	30.3	28.1	26	
16	13	13	14	6.4	8.4	9.2	7.2	4.4	6.8	5.6	3.4	1.2	7	5.8	3.6	0	3.6	7.9	5.6	3.4	1.2	3.3	29	26.4	24	22	20	31	29	26.7	24.5	22	
17	15	15	16	9.1	12	11	9.4	6	9	7.8	3.4	3.4	9.3	8	5.8	3.6	0	10	7.8	5.6	3.4	1.2	33	30.5	28	26	24	35	33	30.7	28.5	26	
18	24	11	13	15	8	8.4	11	13	5.8	5.9	8.1	10	2.3	3.5	5.7	7.9	10	0	3.3	5.5	7.7	9.9	38	35.9	34	31	29	41	38	36.1	33.9	32	
19	18	11	12	13	7	7.1	8.4	11	4.7	4.7	5.9	8.1	2.3	1.2	3.4	5.6	7.8	3.3	0	3.2	5.4	7.6	36	33.7	31	29	27	38	36	33.9	31.7	29	
20	21	13	14	11	9.2	9.3	7.3	8.4	6.9	7	5.1	5.9	4.6	3.3	1.2	3.4	5.6	5.5	3.2	0	3.2	5.4	34	31.5	29	27	25	36	34	32.1	29.6	27	
21	23	15	16	9.3	11	12	9.5	7.4	8.8	9.2	7.3	5.1	6.8	5.6	3.3	1.2	3.4	7.7	5.4	3.2	0	5.4	36	33.7	31	29	27	38	36	34.2	31.7	29	
22	24	7.2	20	11	14	14	9	9.6	11	11	9.5	7.3	9	7.8	5.6	3.3	1.2	9.9	7.6	5.4	5.4	0	38	35.8	34	31	29	41	38	36.1	33.8	32	
23	19	25	23	21	30	28	28	27	24	32	32	34	27	35	34	32	29	33	38	36	34	36	38	0	3.25	5.5	7.7	9.9	1.2	2.3	4.55	6.76	9
24	17	23	21	18	28	25	25	22	30	30	32	24	32	32	30	26	30	36	34	32	34	36	3.3	0	3.3	5.5	7.7	2.4	1.2	3.34	5.55	7.8	
25	15	20	18	16	25	23	23	20	28	28	30	22	30	30	28	24	28	34	31	29	31	34	5.5	3.25	0	3.3	5.5	4.6	3.5	1.2	3.34	5.6	
26	12	18	16	14	23	21	20	17	25	25	27	20	28	28	25	22	26	31	29	27	29	31	7.7	5.46	3.3	0	3.3	6.8	5.6	3.37	1.2	3.4	
27	10	16	14	12	21	19	18	15	23	23	25	18	26	26	23	20	24	29	27	25	27	29	9.9	7.67	5.5	3.3	0	9	7.8	3.42	3.42	1.2	
28	21	27	25	23	32	30	30	27	35	35	37	29	37	37	35	31	35	41	38	36	38	41	1.2	2.41	4.6	6.8	9	0	2.4	4.63	6.84	9.1	
29	19	25	23	21	30	28	27	24	32	32	35	27	35	35	32	29	33	38	36	34	36	38	2.3	1.2	3.5	5.6	7.8	2.4	0	3.49	5.7	7.9	
30	17	23	21	19	28	26	25	22	30	30	32	24	33	32	30	27	31	36	34	32	34	36	4.6	3.34	1.2	3.4	3.4	4.6	3.5	0	3.49	5.7	
31	15	21	19	16	26	23	23	20	28	28	30	22	31	30	28	24	29	34	32	30	32	34	6.8	5.55	3.3	1.2	3.4	6.8	5.7	3.49	0	3.5	
32	13	18	13	14	23	21	21	18	26	24	32	20	28	28	26	22	26	32	29	27	29	32	9	7.76	5.6	3.4	1.2	9.1	7.9	5.7	3.49	0	

La función objetivo del algoritmo y del modelo en general es dar la ruta más corta dado un número de nodos que se deben recorrer, esta función está dada por la siguiente ecuación

Ecuación 1 función objetivo del modelo

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

N= Numero de nodos

C_{ij}=distancia entre cada par de nodos

X_{ij}=variable binaria que indica la utilización del arco i j en la solución

A su vez se deben anexar restricciones que permitan optimizar la solución, el modelo se encuentra entonces Sujeto a las siguientes restricciones:

Ecuación 2

Condición de pasar una vez por cada estiba

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n X_{ij} = 1 \forall j = 1 \dots n$$

Ecuación 3

Condición de salir una vez de cada nodo

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n X_{ij} = 1 \forall i = 1 \dots n$$

Se debe tener en cuenta que producto va en cada nodo apoyándose en la imagen 5 y la imagen 6 donde se da una propuesta para la asignación de los mismos a cada estiba

gracias a los resultados obtenidos en la clasificación ABC. es criterio libre de los dueños que tipo de productos de la categoría A B o C va en cada estiba de la propuesta, no obstante, es necesario tener conocimiento de ellos para que el algoritmo funcione de manera óptima.

Siendo el modelo de partida un grafo de 32 nodos, el modelo empieza a correr desde el momento en que se hace el pedido y el operario de la bodega recibe la información sobre en qué estibas está el material que debe descargar.

El algoritmo crea una matriz de distancias con las estibas que formarán parte del recorrido, la matriz tendrá un tamaño $n \times n$ donde n será el número de estibas a utilizar descartando las demás gracias a la variable binaria de la ecuación 1

Acto seguido después de la creación de la matriz el algoritmo crea un cromosoma cuyos genes serán las estibas donde se encuentran los productos a despachar.

Luego se procede a hallar las posibles secuencias de los genes arrojando como resultados las distancias en cada una de las iteraciones, el número de iteraciones se da gracias a una variable que asignamos de acuerdo al tamaño del cromosoma y al tiempo disponible para obtener el resultado

La solución final del algoritmo nos dará el cromosoma con los genes en la secuencia que se debe seguir para que la distancia recorrida sea menor

5.2 Prueba de implantación de modelo

Para explicar el modelo se presentan algunas características del diseño del mismo:

Sistema operativo: Linux mint

Software para programación: Python 3.7.0

Para el ejemplo se muestra a continuación una ventana de Python donde comienza desarrollo del algoritmo, de entrada, se piden los datos sobre las estibas que se

El cromosoma está compuesto por las estibas que se deben recorrer, el algoritmo mediante el método de la fuerza bruta comienza a hallar las posibles combinaciones de secuencias de las estibas y a arrojar variables de salida que representan las distancias recorridas en cada iteración.

Al final el algoritmo arroja la ruta ideal en el orden correspondiente dando como resultado la menor distancia

6. Conclusiones

- La empresa Decorando tus espacios no contaba con un sistema de gestión de inventarios que respondiera a las necesidades de la misma
- Después de probar diferentes tipos de pronósticos en cada una de las categorías de productos que tienen la rotación de inventario más alta se determinó que gracias a la naturaleza de las gráficas de demanda el método más adecuado es el método de winters
- Se determinó que para que la distribución de bodega fuera eficiente se deben colocar 31 estibas a una equidistancia de 1.2m cada una asegurando así la correcta circulación en la misma para efectos de descargue
- La aplicación de un algoritmo genético que permitiera hallar la ruta más corta para despachos de mercancía más eficientes utilizando como base el problema del agente viajero es totalmente factible dentro de la empresa