

# Un modelo probabilístico de inventarios por demanda independiente mediante el uso de GRASP

## A probabilistic model of inventories by independent demand by using GRASP

Jaime Carrasco-Machado<sup>1</sup>, Anthony Macias Ramos<sup>2</sup>, y Ronald Morales-Muñoz<sup>3</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este estudio es minimizar el gasto de pedido innecesario que realiza la pañalera "La mejor pañalera", debido a la poca demanda que tienen ciertos productos. Esta problemática surge debido a que los dueños tienen una incorrecta percepción sobre la demanda de los productos, realizando pedidos de forma empírica provocando que exista excedentes de estos en el establecimiento y por consiguiente se producen pérdidas monetarias. Para llevar a cabo el objetivo de este estudio, se implementará una metodología que implica la aplicación del algoritmo Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) y Simulación de Montecarlo, la cual permitirá estimar cómo se comportará la demanda de los productos en el año 2020 tomando los datos históricos del negocio del año 2017, 2018, 2019, generando el segundo semestre del año 2019 con la simulación de Montecarlo. Obteniendo como resultado que la simulación y los métodos metaheurísticos dan valores cercanos a la realidad, resultado se obtuvo un 19.33% de reducción en gastos para 1 producto.

**Palabras clave:** Algoritmo GRASP, Simulación Montecarlo, Gestión de inventario, Demanda, Metaheurístico.

### ABSTRACT

The objective of this study is to minimize the unnecessary order expense made by the diaper "The best diaper bag", due to the low demand that certain products have. This problem arises because the owners have an incorrect perception of the demand for the products, placing orders empirically causing surpluses of these in the establishment and therefore there are monetary losses. To carry out the objective of this study, a methodology will be implemented that involves the application of the algorithm Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) and Monte Carlo simulation, which will allow to estimate how the demand of the products will behave in the year 2020 taking the historical data of the business of the year 2017, 2018, 2019, generating the second half of the year 2019 with the Monte Carlo simulation. Obtaining as a result that simulation and metaheuristic methods give values close to reality, the result was a 19.33% reduction in expenses for 1 product.

**Keywords:** GRASP algorithm, Monte Carlo simulation, Inventory management, Demand, Metaheuristic.

**Fecha de recepción:** Septiembre 5, 2019.

**Fecha de aceptación:** Enero 14, 2020.

### Introducción

La planeación, evaluación y control de los inventarios son actividades de gran importancia con el cual se cumplen los objetivos de una empresa, tanto en empresas pequeñas como industrias. Por lo tanto, estas actividades deben estar sujetas por adecuados modelos de simulación que permitan la obtención de los mejores resultados. El futuro de una organización puede estar ligado a algunos problemas que se derivan de un manejo inadecuado de sus inventarios. Dichos problemas podrían perjudicar la rentabilidad, y otros aspectos, por toma de malas decisiones como el sobre ordenamiento o la disminución del producto, quedando las empresas poco preparadas ante estas

situaciones, tales como alteraciones en la demanda y los precios. En (Valencia Cárdenas, González L., & Cardona R., 2014) que propone la planeación de inventarios que se ha convertido en una necesidad para que la industria tenga la capacidad de programar adecuadamente la logística de su producción y ventas. En este trabajo se presenta una técnica de optimización de inventarios multi-período vía simulación, a partir del diseño de una variación a la metaheurística búsqueda tabú. El modelo lineal optimizado ajusta valores predichos en un horizonte de tiempo y se une al modelo de inventarios optimizado para obtener finalmente las cantidades óptimas de ventas, pedidos y almacenamiento, que una empresa manufacturera debe programar en un horizonte de dos meses de producción, con los mínimos costos totales de inventarios; aplicándolos a

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E.mail: [Jaime.carrascom@ug.edu.ec](mailto:Jaime.carrascom@ug.edu.ec),

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E. mail: [antony.maciasr@ug.edu.ec](mailto:antony.maciasr@ug.edu.ec)

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E. mail: [ronald.moralesm@ug.edu.ec](mailto:ronald.moralesm@ug.edu.ec)

**Como citar:** Carrasco-Machado, J., Macías Ramos, A., & Morales-Muñoz, R. (2020). Un modelo probabilístico de inventarios por demanda independiente mediante el uso de GRASP. *Ecuadorian Science Journal*. 4(1), 26-31. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.4.1.42>

los datos de un producto terminado de dicha empresa, sin embargo en este proyecto se optimiza al obtener resultados más precisos y efectivos con el uso de el algoritmo GRASP y la distribución de probabilidad normal obtenida por Stat-Fit.

En (Morocho, 2015) propone el desarrollo del este proyecto con la finalidad de dar a conocer los diferentes controles internos para los inventarios de la empresa ORODIESEL C. LTDA a causa de que no posee controles adecuados que les permita obtener datos reales y oportunos sobre los movimientos de bodega lo cual afecta a la rentabilidad de la empresa. Para dar solución a este problema se analizan temas referentes a los inventarios: gestión y valoración de los inventarios normas (NIC 2) y enfoques de los inventarios etc. Sin embargo como lo plantea el autor en este proyecto no usa ningún método el cual e ayude a obtener una solución óptima solo se basa en históricos, en nuestra solución planteamos el uso de Macros en Excel con el lenguaje de programación de Visual Basic (VB) que nos ayudó a simular mediante históricos proporcionados por la empresa, estas herramientas son de uso sencillo y con un 90% de efectividad nos proporcionará resultados puntuales.

En el artículo de Toro en (Claro, 2014) se visualizó que las decisiones tomadas de inventario eran inadecuadas provocando baja rotación y aumento de costo por producto no vendido, por lo que se desarrolló una simulación de políticas de inventarios mediante el método de Montecarlo tomando como variables relevantes: producto, cliente y costo de abastecimiento; presentando como resultado, ahorros del 20% al 75% frente a las estrategias anteriores. Sin embargo, pese a que utiliza el software "Crystalball", que permite la implementación y optimización de métodos probabilístico, este software tiende a ser complejo para el usuario en común, en contraste a VBA (Visual Basic For Application) de Excel cuyo uso es más asequible además combinado con el uso de un algoritmo heurístico GRASP que permite obtener datos precisos con respecto a la simulación de datos del inventario.

## Materiales y Métodos

La metodología empleada para el desarrollo de este proyecto es la de machine learning con el algoritmo metaheurístico GRASP implementado desde el lenguaje de programación Visual Basic para Excel, adicionalmente se aplicó programación lineal implementados desde la herramienta solver en Excel. El algoritmo Grasp es un algoritmo multi-arranque, en el cual cada iteración consiste en la construcción de una solución aleatorizada seguida de una búsqueda local (Resende & González, 2003). El lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA), en el contexto de Excel, constituye una herramienta de programación que nos permite usar código Visual Basic adaptado para interactuar con las múltiples facetas de Excel y personalizar las aplicaciones que hagamos en esta hoja electrónica (Mora & Espinoza B., 2005). Para la construcción del algoritmo Grasp se utiliza una distribución de probabilidades normal para generar la demanda diaria de un producto.

También se recurrió a la técnica de análisis documental con el objetivo de recopilar fundamentos teóricos y se utilizó la investigación de campo para la recopilación de datos reales sobre las ventas y compras de pañales de un local de la ciudad de Guayaquil.

## Inventario

El inventario sirve como herramienta de control, pero no sólo ayuda para saber lo que tenemos, lo que nos hace falta esta herramienta nos permite crear historias en registro de entradas y salidas de elementos lo que nos ayudara a ver el comportamiento del consumidor generando certeza dentro de un mercado competitivo donde se visualizara la permanencia o la desaparición de la empresa frente a la competencia (Lizarazo Sayas, Pérez Quintero, & Villabona Gómez, 2017).

## Modelo matemático del inventario EQQ

Se presentan las fórmulas utilizadas por este modelo, determinar la cantidad de pedido óptima (1) y el número de periodos (2), se detalla en las ecuaciones indicadas, así también se indican los parámetros para cada una a continuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * C_c}{C_0}} \quad (1)$$

$$N = \frac{D * C_c}{2 * C_0} = \frac{D}{Q} \quad (2)$$

**Dónde:**

**D:** Demanda.

**C<sub>0</sub>:** Costo de pedido.

**C<sub>c</sub>:** Coso de mantenimiento.

**N:** Número de pedidos.

**Q:** Cantidad de pedido óptimo.

## Modelo Grafico del inventario EOQ

La teoría de la Cantidad Económica de Pedido (EOQ) determina la cantidad optima de artículos que se debe adquirir con el objetivo de minimizar los costes por tenencia de inventario y por efectuar pedidos (Causado Rodríguez, 2015). Su comportamiento es demostrado de forma gráfica como se muestra en la fig.1.

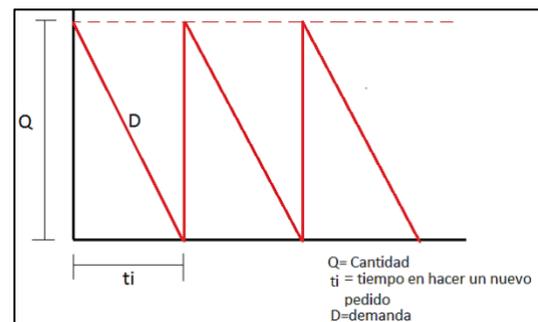


Figura 1. Representación del modelo EOQ.

## Herramientas Software

### Excel

Excel se distingue de todos los programas ofimáticos porque nos permite trabajar con datos numéricos. Con los números que almacenamos en Excel podremos realizar cálculos aritméticos

básicos y también podremos aplicar funciones matemáticas de mayor complejidad, o utilizar funciones estadísticas (Mayes, T. R., & Shank, 2009), donde se organizó la información obtenida y se realizó la programación para el desarrollo del trabajo.

### Solver

Solver es una herramienta de análisis que tienes en el programa Excel, aplicado sobre todo en el mundo empresarial, permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que han de cumplirse (Cevallos-Torres & Botto-Tobar, 2019a), con esta herramienta podemos obtener la optimización de la función objetivo.

### Stat-Fit

Stat-Fit toma los datos brutos desde hojas de cálculo, archivos de texto, o por ingreso manual y convertirte los datos en la mejor distribución de probabilidad para ser utilizada en el software ProModel, de esta forma se representa las aleatoriedades (variabilidades) dentro de los modelos de simulación (Mayes, T. R., & Shank, 2009). El software Stat-Fit maneja distribuciones continuas y discretas. Para los ajustes Stat-Fit compara los datos fuentes con más de 20 distribuciones de probabilidad estadísticas, proporcionando medidas de aceptabilidad (valores p). Las distribuciones de probabilidad ajustadas se exportan directamente al software ProModel sin necesidad de realizar ninguna transformación.

### Distribución de Probabilidad Normal

Esta distribución es la que nos dará la probabilidad de que varios valores ocurran al mismo tiempo dentro de ciertos rangos o intervalos.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (3)$$

Fórmula para calcular variables aleatorias de distribución normal:

$$x = \mu + \sigma \left[ \frac{\sum_{i=1}^n R_i - \frac{n}{2}}{\sqrt{\frac{n}{12}}} \right] \quad (4)$$

Esta distribución es la que nos dará la probabilidad de que varios valores ocurran al mismo tiempo dentro de ciertos rangos o intervalos.

Fórmula para calcular variables aleatorias de distribución normal:

Donde:

$\mu$ = Valor de la media

$\sigma$ = Valor de la varianza

$R_i$ = Valor aleatorio

$n$ = número total de valores aleatorios

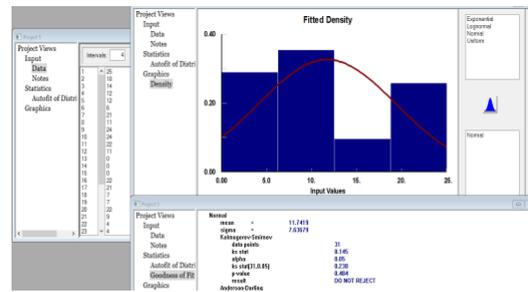


Figura 2. Stat-Fit Muestra que se debe usar la distribución de probabilidad normal.

### Simulación Montecarlo

La simulación de Montecarlo o método de Montecarlo le debe el nombre al famoso casino del principado de Mónaco. La ruleta es el juego de casino más famoso y también el ejemplo más sencillo de mecanismo que permite generar números aleatorios (Cevallos-Torres & Botto-Tobar, 2019b).

#### Algoritmo de Simulación de Montecarlo

```

Initialize mean = 0, deviation = 0;
Read media;
Read deviation;
For i = 1 to 550 with increment of 1
  Prodem = Prodem + <element>;
End for;
Prodem = Prodem / 30;
If initial_inventory <40 then
  Initial_Inventory = initial_Inventory + 100;
End yes
Fin
    
```

### Algoritmo Grasp

Un Grasp es un método multi-arranque, en el cual cada iteración Grasp consiste en la construcción de una solución miope aleatorizada seguida de una búsqueda local usando la solución construida como el punto inicial de la búsqueda local. Este procedimiento se repite varias veces y la mejor solución encontrada sobre todas las iteraciones Grasp se devuelve como la solución aproximada (Resende & González, 2003). Proponiendo un numero de iteraciones cada vez más elevado la solución aproximada que nos devuelve el algoritmo Grasp nos resultara las más óptima para el trabajo a realizarse el algoritmo a utilizarse consta de 3 Funciones.

#### Algoritmo1 semilla(media, desviacion)

```

solución ← (1 to 100)
ale ← Rnd
For x=1 to 100
  solución(x) ← med+des((ale-(1/2))/Sqr(1/12))
next
    
```

La función Greedy(semilla), recibe como dato semilla, que es el conjunto de soluciones en este caso conjunto de demandas generadas en semilla (media, desviacion). Esta función realiza un recorrido y selección de forma aleatoria del conjunto de soluciones para generar una solución posible o también llamada Lista restringida de candidatos.

#### Algoritmo2 Greedy(semilla)

```

solución ← (1 to 30)
For x=1 to 100
  ale ← (Rnd()*100)-1
  solución(x) ← ale
next
    
```

La función Grasp(media, desviación, iteraciones), recibe como datos media, desviación e iteraciones, que es el número de veces que se va a repetir el proceso. En esta función se llama a semilla (media, desviación) y a la función Greedy(semilla).

```

Algoritmo3 Grasp(media, desviación, iteraciones)
solución ← (1 to 30)
mejor ← 0
nuevo ← 0
semilla ← semilla(media, desviación)
For x=1 to iteraciones
  Solución = Greedy(semilla)
  ale ← (Rnd()*100)-1
  solución(x) ← ale
next

```

15	200	0	200
16	200	22	178
17	178	21	157
18	157	7	150
19	150	7	143
20	143	22	121
21	121	9	112
22	112	4	108
23	108	4	104
24	104	10	94
25	94	8	86
26	86	6	80
27	80	5	75
28	75	14	61
29	61	3	58
30	58	12	46
31	46	10	36

## Resultados y Discusión

El proceso de recolección de datos se centró en identificar el stock mensual de la pañalera “La mejor pañalera”. Así mismo se procedió a obtener los datos de las ventas de cada una de estas marcas durante los años 2017, 2018 y 2019 con lo cual obtuvimos los datos que funcionarán como base durante el transcurso del estudio.

Con los datos obtenidos se puede obtener la media y la varianza de cada producto con la utilización de software stat-fit. La herramienta Stat:Fit™ software para ajustar datos a distribuciones de probabilidad (Ortega, A. E. R., Pomar, L. A., & Peña, 2007).

### Recopilación de datos

En este trabajo se toma como referencia tres productos del inventario para su análisis y posterior optimización. Los datos para el análisis son los precios unitarios de compra, precios unitarios de venta y la ganancia generada por cada producto.

**Tabla 1.** Productos Pañalín.

Producto	Precio Compra	Precio venta	Ganancia
Pañalín	\$ 0,11	\$ 0,20	\$ 0,09
Pequeñín	\$ 0,15	\$ 0,25	\$ 0,10
Huggies	\$ 0,15	\$ 0,20	\$ 0,05

Toma de datos realizada en la pañalera “La mejor pañalera” en la ciudad de Guayaquil-Ecuador. Se recolectaron e ingresaron datos de ventas diarios de los años 2017, 2018 y 2019. Para cada día se registra también además de la demanda el inventario inicial y final.

**Tabla 2.** Registro mes enero año 2017 de producto Pañalín.

Mes	Día	I. inicial	Demanda	I. Final
Enero	1	200	25	175
	2	175	18	157
	3	157	14	143
	4	143	12	131
	5	131	12	119
	6	119	6	113
	7	113	21	92
	8	92	11	81
	9	81	24	57
	10	57	24	33
	11	33	22	11
	12	11	11	0
	13	0	0	0
	14	0	0	0

De igual forma se procedió a registrar los demás 11 meses y este proceso se repitió en cada uno de los años 2017, 2018 y 2019 y cada uno de los dos productos restantes como son Pequeñín y Huggies. Con estos datos y con la ayuda del software Stat-fit permitió obtener la media y la desviación estándar para la distribución normal.

**Tabla 3.** Resumen año 2017 de producto Pañalín.

Mes	Inventario	Demanda	Sobrante	Ganancia
Enero	400	364	36	\$ 32,76
Febrero	436	345	91	\$ 31,05
Marzo	491	455	36	\$ 40,95
Abril	436	436	0	\$ 39,24
Mayo	400	400	0	\$ 36,00
Junio	400	346	54	\$ 31,14
Julio	454	454	0	\$ 40,86
Agosto	400	353	47	\$ 31,77
Septiembre	447	365	82	\$ 32,85
Octubre	482	443	39	\$ 39,87
Noviembre	439	418	21	\$ 37,62
Diciembre	421	364	57	\$ 32,76
Total, demanda anual:		4743	T. Ganancia	\$ 426,87

**Tabla 4.** Resumen año 2017, 2018 y 2019 de producto Pañalín.

Año	2017		2018		2019	
	Invent.	Ganan.	Invent.	Ganan.	Invent.	Ganan.
Enero	400	32,76	457	39,42	448	40,32
Febrero	436	31,05	419	37,71	400	30,69
Marzo	491	40,95	400	34,11	459	37,35
Abril	436	39,24	421	34,47	444	36,36
Mayo	400	36	438	39,42	440	35,01
Junio	400	31,14	400	36	451	40,59
Julio	454	40,86	400	36	400	36
Agosto	400	31,77	400	34,11	400	34,56
Septiem.	447	32,85	421	37,89	416	37,44
Octubre	482	39,87	400	36	400	29,79
Noviem.	439	37,62	400	30,42	469	35,91
Diciem.	421	32,76	462	37,26	470	40,32

En la Tabla 4 encontramos la distribución del stock del producto Pañalín de la pañalera en los años 2017, 2018 y 2019 en los que se ha enfocado este trabajo. Al analizar los datos se concluye que existe un porcentaje del inventario que no circula en cada mes esto genera un excedente.

**Tabla 5.** Resumen año 2017, 2018 y 2019 de los tres productos analizados.

Producto	Pañalín		Pequeñín		Huggies	
	Inventario	Ganancia	Inventario	Ganancia	Inventario	Ganancia
2017	4800	\$426,87	4800	\$480,00	4800	\$236,85
2018	4800	\$432,81	4800	\$478,60	4800	\$236,50
2019	4800	\$434,34	4800	\$478,70	4800	\$233,80

Se decidió reducir las tablas de ingreso para su observación, el resumen mensual muestra además de la demanda la ganancia generada y el stock que no salió de la pañalera. La reducción a los 12 meses servirá como histórico para poder aplicar la distribución de probabilidad con teoría de inventarios con un total de costo de 528 dólares.

En la Tabla 5 encontramos del abastecimiento anual con la ganancia generada en ese periodo de los tres productos en los que se enfoca este trabajo, de la cual se puede inferir que el producto Huggies es el producto con menor rotación de stock y con ello de menor ganancia.

### Simulación por algoritmo Grasp

Para realizar la simulación se tomó como conjunto de candidatos a una lista de 100 valores generados por el método de Montecarlo de demanda y cada lista restringida de candidatos toma solo 30 de estos valores. Esta lista es comparada con la anterior para obtener el valor óptimo.

**Tabla 6.** Resumen año 2020 de los tres productos utilizados para este trabajo.

Producto	Pañalín		Pequeñín		Huggies	
	Demanda	Ganancia	Demanda	Ganancia	Demanda	Ganancia
Enero	403	\$36,31	347	\$34,69	465	\$23,23
Febrero	359	\$32,31	380	\$37,99	363	\$18,13
Marzo	441	\$39,72	334	\$33,38	346	\$17,32
Abril	311	\$28,03	378	\$37,84	337	\$16,84
Mayo	413	\$37,16	323	\$32,35	431	\$21,56
Junio	309	\$27,77	412	\$41,17	324	\$16,20
Julio	355	\$31,95	351	\$35,07	423	\$21,15
Agosto	378	\$34,06	330	\$33,01	336	\$16,79
Septiembre	366	\$32,97	372	\$37,18	378	\$18,88
Octubre	351	\$31,55	388	\$38,79	318	\$15,92
Noviembre	344	\$30,98	303	\$30,26	351	\$17,55
Diciembre	419	\$37,70	398	\$39,81	336	\$16,80

### Modelo de optimization mediante Solver

Se utiliza la herramienta solver de Excel para encontrar los valores de la función objetivo ingresando como restricciones los

promedios de demanda del año 2019 de los productos Pañalín, Pequeñín y Huggies.

### Beneficio simulado

Después de realizar el trabajo se obtiene un beneficio total de \$1052,44 sumados los tres productos simulados al año 2020 frente a un beneficio total de \$953,80 lo que da un 9% de beneficios en dólares para la pañalera.

### Función objetivo

$$Zmin = x1 * 0,09 + x2 * 0,1 + x3 * 0,05$$

Donde:

X1=Cantidad a pedir producto Pañalín.

X2= Cantidad a pedir producto Pequeñín.

X3= Cantidad a pedir producto Huggies.

Restricciones:

$$\begin{aligned} X_1 &\geq 0 \\ X_2 &\geq 0 \\ X_3 &\geq 0 \\ X_1 &\leq 400 \\ X_1 + X_3 &\geq 750 \\ X_2 + X_3 &\leq 700 \end{aligned}$$

Con el estudio de los años 2017, 2018 y 2019 se llegó a la conclusión de que el producto con más demanda fue Pañalín dejando un sobrante de 22 unidades, por lo que se decidió mantener el stock de compra normal como máximo, con los productos 2 y 3 la demanda no llega a satisfacer el stock comprado, debido a esto se decidió reducir el stock dejando como máximo 700 unidades que representan la suma del máximo vendido en un mes. La diferencia del producto 1 y el producto 2 no es tan solo de 5 unidades por lo que se decidió que entre los dos se reduzca las unidades en 50.

### Conclusiones

Este estudio en la pañalera “La mejor pañalera” de Guayaquil demuestra que el producto Pañalín se ve afectado, logando el objetivo del trabajo al disminuir los costos teniendo en sus regulares años 2017, 2018 y 2019 de 580 dólares por motivo de abastecimiento llegando a 467,85 dólares. Esto genero un ahorro del 19.33%. Esto debido a que la pañalera decidió no hacer pedidos mayores a 400 unidades de un producto al mes.

Se determinó que usando herramientas como SOLVER estas generan funciones objetivo que permiten minimizar o maximizar costos, en esta investigación esta herramienta generó la función objetivo que permite minimizar los gastos de pedidos que se generaban en la pañalera “La mejor pañalera” dando así un ahorro del 19.33%, demostrando así que con esta herramienta se minimizó los gastos de pedidos ya que no que se realizaban pedidos de forma empírica, sino que con una correcta gestión de inventario.

La implementación del algoritmo Grasp permitió obtener la predicción del año 2020 de ventas en la pañalera “La mejor pañalera”; Con el análisis de estos datos se puede tomar decisiones en cuanto al monto de inversión por producto y el beneficio que puede aportar.

## Referencias Bibliográficas

- Causado Rodríguez, E. (2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 163–178. <https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a10>
- Cevallos-Torres, L., & Botto-Tobar, M. (2019a). Case study: Probabilistic estimates in the application of inventory models for perishable products in SMEs. In *Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation* (pp. 123–132). Springer.
- Cevallos-Torres, L., & Botto-Tobar, M. (2019b). *Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation* (Vol. 824). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13393-1>
- Claro, M. (2014). *Simulart*.
- Lizarazo Sayas, J. E., Pérez Quintero, E. J., & Villabona Gómez. (2017). *APLICACIÓN DE TEORÍAS DE INVENTARIOS: MODELO DE SUMINISTRO DE MEDICAMENTOS PARA "LA CAJA DE PREVISIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE*. Universidad de Cartagena.
- Mayes, T. R., & Shank, T. M. (2009). Análisis financiero con microsoft Excel.
- Mora, W., & Espinoza B., J. L. (2005). *Programación Visual Basic (VBA) para Excel y Análisis Numérico*. Retrieved from <https://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/cursos-linea/NUMERICO/excel/VBAExcel-MNumericos.pdf>
- Morocho, R. (2015). La gestión del control de los inventarios y su incidencia en la rentabilidad de la empresa. *TESIS DE UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS EMPRESARIALES CPA*.
- Ortega, A. E. R., Pomar, L. A., & Peña, J. P. (2007). Diseño metodológico para la ubicación de ambulancias del sector de atención prehospitalaria en bogotá d.c.1 | *Revista Ingeniería Industrial*.
- Resende, M. G. C., & González, J. L. (2003). GRASP: greedy randomized adaptive search procedures. In *Search methodologies*. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*.
- Valencia Cárdenas, M., González L., D., & Cardona R., J. E. (2014). Metodología de un modelo de optimización para el pronóstico y manejo de inventarios usando el metaheurístico Tabú. *Revista Ingeniería*. <https://doi.org/10.15517/ring.v24i1.13771>