

Evaluación mediante simulación dinámica del sistema de Inventarios en una empresa comercializadora de café

CALDERÓN-PALOMARES, Luis Antonio †*, GONZÁLEZ-SOBAL, Martín, SOLÍS-JIMENEZ, Miguel Ángel y DEL ANGEL-CORONEL, Oscar

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Calle 25 Ote., Reserva Territorial, 94106 Huatusco, Veracruz

Recibido 05 Julio 2017; Aceptado Septiembre 08, 2017

Resumen

El presente trabajo busca ofrecer a una empresa comercializadora de café de la zona centro del estado de Veracruz, la herramienta de la simulación dinámica para analizar de manera detallada los elementos e interacciones que existen en su sistema de inventarios, para así poder mejorarlo a través de posibles escenarios de operación y optimizar su proceso de toma de decisiones. Al analizar el actual sistema de la empresa para gestionar su inventario se observó que se deben considerar dos agentes importantes de decisión que son: la clasificación del inventario y la confiabilidad en los registros, es decir, es tan importante saber qué cantidad hay en existencia, así como el tener bien identificado cada uno de los productos que se manejan en la empresa. Es por eso que se hace la implementación de un modelo de dinámica de sistemas que considere estos aspectos y reconozca los posibles eventos de la organización. El modelo desarrollado para la empresa considera las operaciones de esta, en el último año.

Dinámica de Sistemas, Control de Inventarios, PYME, Comercialización de Café

Abstract

This paper seeks to offer a seller coffee company on the central zone of the Veracruz state, the tool of the dynamic simulation to analyze in detail the elements and interactions that exist in your inventory system, so as to be able to improve it through possible scenarios of operation and optimize its decision-making process. To analyze the current system of the enterprise to manage your inventory was observed to be considered two important agents of decision which are: the classification of the inventory and the reliability in the records, i.e. is so important to know how much there is in existence, as well as having well identified each one of the products that are handled in the company. For this reason, it is the implementation of a model of system dynamics to consider these aspects and to recognize the possible events of the Organization. The model developed for the company considers the operations of this, in the last year.

System Dynamics, Inventory Control, Coffee Trade, PYME

Citación: CALDERÓN-PALOMARES, Luis Antonio, GONZÁLEZ-SOBAL, Martín, SOLÍS-JIMENEZ, Miguel Ángel y DEL ANGEL-CORONEL, Oscar. Evaluación mediante simulación dinámica del sistema de Inventarios en una empresa comercializadora de café. Revista de Administración y Finanzas. 2017, 4-12: 77-86.

*Correspondencia del Autor: (correo electrónico: luis_antonio_palomares@itshuatusco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La estrategia dinámica de una pequeña empresa, significa, que estas empresas están revisando con más frecuencia sus decisiones que las empresas más grandes (Madani Alomar, 2014). Las limitaciones de las pequeñas empresas manufactureras hacen hincapié en la necesidad de una gestión de mejora del rendimiento, y el sistema de control, muestra de manera efectiva las operaciones clave del negocio que están escritas en forma de una estructura comprensible, completa y lo suficientemente flexible para adaptarse a las necesidades específicas de cada empresa individual y del Mercado cambiante (Singh, 2012).

El principal desafío consiste en ofrecer mejores servicios. Esto debe ser una prioridad para todas las PyMEs el crear un diseño de servicios ágiles y dinámicos (Nader Nada, 2015). En este trabajo se analiza el sistema de control de inventarios de una empresa comercializadora de café, mediante el desarrollo de un modelo dinámico, considerando la información confinable del almacén, y el nivel rotación de los inventarios.

Inicialmente llamado, la dinámica industrial, el campo desarrollado a partir de la obra de Jay W. Forrester (Angerhofer, 2000). La dinámica industrial describe la aplicación de conceptos de retroalimentación a los sistemas sociales con un enfoque al diseño de políticas corporativas (Forrester, 1968). Dinámica de sistemas es un método que nos ayuda a mejorar el aprendizaje en sistemas complejos, en donde el modelado de simulación por computadora nos ayuda a aprender acerca de la complejidad dinámica, entender las fuentes de resistencia a las políticas y a diseñar políticas más efectivas (Sterman, 2000).

Las principales ventajas de la dinámica de sistemas incluyen un medio para entender el sistema mediante la identificación de las relaciones entre los factores, el uso de un modelo estructurado que permite a los tomadores de decisiones para simular el funcionamiento actual del sistema y explorar oportunidades de mejora, y la asistencia a los tomadores de decisiones en la predicción de métricas de rendimiento de sostenibilidad del Sistema (Hao Zhang, 2013).

Justificación

La empresa comercializadora de café ubicada en la zona centro del Estado de Veracruz, no cuenta con un adecuado control de inventarios lo que da lugar a gastos innecesarios, una mala planeación y proyección de sus ventas. Actualmente se presentan inconsistencias en lo que se refiere a entradas y salidas del producto, así como un control deficiente en los almacenes donde se acopian los sacos de café.

Problema

Al ser catalogada de acuerdo a su número de empleados así como a su extensión como una PYME (Pequeña y mediana empresa). La comercializadora de café no cuenta con una herramienta confinable para la planeación y control de sus inventarios principalmente de product terminado, por lo que actualmente el problema de la empresa consiste en una incorrecta determinación del nivel adecuado de inventario que necesita para una operación óptima que disminuya costos y mejore las ganancias.

Hipótesis

La simulación dinámica, proporciona una herramienta para un mejor análisis en las políticas de inventario de la empresa comercializadora de café, y ayuda en la toma de decisiones para el control óptimo y manejo de sus almacenes.

Objetivos

Objetivo General

Elaborar e implementar un modelo con el apoyo de la simulación dinámica, que permita apoyar en la toma de decisiones para el mejor control de los inventarios en el área de almacén de producto terminado, para el adecuado aprovechamiento de los recursos con que cuenta la empresa comercializadora de café de la zona centro del estado de Veracruz.

Objetivos específicos

- Elaborar un modelo de simulación dinámica que represente el comportamiento actual de la empresa comercializadora de café.
- Validar el modelo realizado y analizar los puntos críticos o áreas de oportunidad para establecer acciones de mejora.

Marco Teórico

La dinámica de sistemas es un método que se usa para enfrentar problemas sistémicos complejos con la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, basada en la teoría de realimentación y con la fuerte influencia de la teoría general de sistemas y el modelamiento matemático, a partir de ecuaciones diferenciales (Forrester, 2006).

Inicialmente se construye un modelo sistémico del problema, el cual se proyecta en tecnologías de simulación con las cuales se puede validar y verificar el acercamiento y la realidad del problema bajo estudio (Forrester, 1996). Los modelos de sistemas están caracterizados por considerar un objeto de estudio como un sistema dinámico. Estos poseen cierta estructura interna y también son afectados por condiciones externas que inciden en el modelo.

Dichos modelos sirven para ayudar a la toma de decisiones y al planteamiento de políticas de mejora en los sistemas. (Forrester, 1989).

Diagramas Causales

Los diagramas causales son una herramienta clave dentro del modelamiento de la dinámica de sistemas, herramienta que sirve para identificar los ciclos de retroalimentación y comportamiento interno de los sistemas. Ellos ilustran la estructura de retroalimentación del sistema y sirven para identificar los mapas mentales de las estructuras conformadas por varios elementos, así como para revelar patrones de comportamiento individual (Chae y Olson, 2007).

Los diagramas causales también son útiles en la elaboración y comprensión de los modelos, en la construcción de hipótesis dinámicas, y facilitan la obtención y transmisión de conocimiento. Su conceptualización parte de la simple definición de causalidad que representa el efecto (inmediato o retardado) que una variable puede tener sobre la otra (Sterman, 2000).

Los diagramas causales están conformados por variables que son unidas a través de flechas que determinan la relación causal entre ellas. La variable base (o la que causa el efecto) está posicionada en la base de la flecha y es la que produce el efecto sobre la variable que se encuentra en la punta de la flecha (variable destino). La categorización del efecto o la relación causal se define por un símbolo de polaridad (+ o -) que depende si el efecto que causa la variable base sobre la variable destino es directamente proporcional (+), o por el contrario si el efecto es inversamente proporcional (-). Identificadas las variables, relaciones causales y polaridades de todo el esquema se procede a definir los identificadores de ciclos o de realimentación.

Estos se determinan a partir de una flecha curva en dirección de la evolución del ciclo, y pueden ser positivos o de refuerzo (R). Se tiene un ciclo de refuerzo si, al partir positivamente de una variable base y siguiendo el efecto sobre todas las variables que involucran en el ciclo, se regresa a ella de forma positiva, o lo que es lo mismo, cuando el producto de todas las polaridades inmersas en el ciclo da como resultado un valor positivo (Sterman, 2000).

De la misma manera pueden identificarse ciclos negativos o de balance (B) para los cuales al partir positivamente de una variable base se regresa ella después de recorrer todo el ciclo, de forma negativa, o, por consiguiente, cuando el producto de todas las polaridades del ciclo da como resultado un símbolo negativo (-). Otro aspecto importante que puede ser identificado con este tipo de estructura son los retardos implícitos dentro del sistema que afectan en gran medida los fenómenos reales. Como la caracterización de las variables se hace una a una, es fácil ver cuando el efecto no es inmediato y esto ayuda notablemente en la formulación final del modelo (Chandler y Boutilier, 1992).

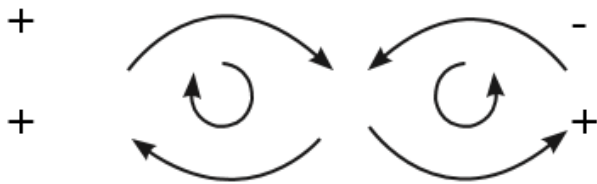


Figura 1 Ejemplo de Diagrama Causal (Nacimientos R población B Muertes)

Fuente: (Sterman, 2000)

La Figura 1 (Sterman, 2000) ilustra un ejemplo de diagrama causal para modelar el efecto de la variable nacimientos y muertes sobre la población. En el ejemplo se identifican dos ciclos retroalimentación, uno positivo y otro negativo que afectan la población de una localidad.

Por ejemplo, en un sistema financiero para el flujo de caja se debe entender cómo los retardos en pagos afectan las inversiones posteriores y cómo las variables financieras pueden ir conectadas unas con otras. La conformación de estructuras de este tipo ha definido conocidos arquetipos en la literatura. Estos son aquellas estructuras e hipótesis aceptadas que revelan comportamientos comúnmente encontrados en la realidad. Sterman, J. (2000).

Diagramas de flujos y niveles

Los diagramas de flujos y niveles son representaciones gráficas usadas para desarrollar un análisis cuantitativo detallado de la estructura y comportamiento sistémico, representadas cualitativamente a partir de los diagramas causales. En dinámica de sistemas los diagramas causales son transformados en diagramas de flujos y niveles para estudiar y analizar el sistema de una manera cuantitativa. Dichos diagramas son altamente usados en ciencias económicas y negocios, y campos relacionados, debido a que sus variables pueden ser fácilmente distinguidas entre flujos y niveles.

Estos difieren principalmente de las unidades de medida y de su comportamiento en el sistema. Olson D. (2007). Las variables de tipo niveles (simbolizados con cuadros) son variables de estado, o lo que es lo mismo, medidas en un tiempo específico. Estas representan la cantidad existente de una variable de interés en un momento dado en el tiempo que pudo haberse acumulado en el pasado. Adicionalmente, los niveles son entidades que se acumulan en el tiempo por flujos de entrada o se disminuyen por flujos de salida. Los niveles solo pueden ser afectados por esos flujos y matemáticamente un nivel puede ser visto como una integración de los flujos en el tiempo donde los flujos de entrada y de salida tendrían un efecto positivo y negativo respectivamente sobre el nivel. (Swatman, 1997).

Una variable de flujo es medida por unidad de tiempo y se puede considerar como tasas dentro del esquema de simulación. Cambian el nivel sobre el tiempo, pueden ser clasificadas como flujos de entrada y de salida, las cuales suman el nivel o restan el nivel respectivamente. Los flujos son medidos sobre cierto intervalo de tiempo como número de nacimientos por día, o número de estudiantes por año. Por ejemplo, en contabilidad un nivel puede simbolizar el valor de un activo en un periodo dado, mientras que un flujo indicaría las posibles transacciones como ventas, adquisiciones, ingresos o gastos que se efectúan periodo a periodo en el sistema. Forrester, J.W. (1996).

Estudio del control de inventarios a partir de dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas es una metodología apropiada para estudiar el control de inventarios en una cadena de suministros, debido a que es capaz de capturar los ciclos de realimentación inmersos en la cadena y de modelar las no linealidades del sistema. (Baganha, 1998). Asimismo, la metodología permite definir, integrar y formular cuantitativamente, las múltiples actividades asociadas en el problema de inventarios como la relación entre la producción y las ventas. Y los diagramas causales permiten esclarecer las dinámicas internas del sistema y las simulaciones computarizadas y plantear escenarios posibles para identificar comportamientos emergentes del sistema. (Feng Yang, 2009).

Metodología de Investigación

Como primer paso se hace un análisis de las operaciones de la empresa mediante un diagrama de flujo de proceso, después mediante un diagrama causa y efecto se pretende en conjunto con la empresa determinar el tipo de variables que interactúan en la organización en la actualidad.

Posteriormente se clasifican las variables que se usaran para la elaboración del modelo de simulación, estableciendo las hipótesis causales que rigen el sistema. Al final se desarrolla el modelo de simulación en el software ITHINK para realizar su validación y en caso de ser validado, realizar la experimentación correspondiente.

Tipo de Investigación

El tipo de Investigación realizado en el presente trabajo es longitudinal, explicativa, y experimental con datos cuantitativos. Las Fuentes utilizadas para el proyecto se fundamentaron en:

- Registros históricos de la empresa.
- Entrevistas con operadores y gerentes de la organización.
- Literatura y trabajos de simulación anteriormente realizados en dinámica de sistemas.

Resultados

Se elaboró el diagrama de flujo de procesos de la organización (Figura 2).

RESUMEN DE ACTIVIDADES		Actual	No.	1	
#	Tipo				
5	Operaciones	15030			El Diagrama Empezar: Materia Prima
7	Transporte	215			El Diagrama Termina: Almacen
1	Controles	30			Elaborado por: Elia Marini D.
1	Esperas	60			Fecha: 07 de Diciembre del 2016
1	Almacenamiento	360			
	TOTAL	15725			

Descripción de Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (min)	Unidades de medida
1 Se pesa el café cereza en las basculas	0	0	0	0	0	20	200 Ton
2 El café cereza se vacia al sifón	0	0	0	0	0	10	200 Ton
3 El café sube al elevador	0	0	0	0	0	30	6 ton/hr
4 Pasa a la despredadora	0	0	0	0	0	30	15 ton
5 El café pasa a la primera tolva de lavado	0	0	0	0	0	30	15 ton
6 Se despulpa el café	0	0	0	0	0	60	3 ton/hr
7 Pasa a la segunda tolva de lavado	0	0	0	0	0	60	8 ton/hr
8 Se desmugila el café	0	0	0	0	0	30	8 ton/hr
9 Se escurre en el gusano de escurrido	0	0	0	0	0	60	18 ton/hr
10 La almendra es distribuida a las tolvas de secado	0	0	0	0	0	30	15 ton
11 Se distribuye a las secadoras	0	0	0	0	0	25	15 ton
12 Las secadoras procesan el café	0	0	0	0	0	14440	24 hrs
13 Se inspecciona el tostado optimo del café oro	0	0	0	0	0	30	11% humedad
14 El café oro es distribuido a la tolva de almacen	0	0	0	0	0	30	14 ton
15 El café oro es empaquetado en sacos	0	0	0	0	0	480	80(50 kg c/u) sacos
16 Los sacos pasan a almacen para su distribución	0	0	0	0	0	360	35,000 sacos
TOTAL						15725	

Figura 2 Diagrama de Flujo Empresa de Café
Fuente: Elaboración propia



Figra 3 Diagrama Causa-Efecto

Fuente: Elaboración propia

Variables

A continuación, se muestran las variables que se consideran relevantes para el modelo de simulación de inventarios de la empresa.

- MP = Materia Prima
- P = Produccion
- A = Almacen
- I = Inventario
- M = Maquinaria
- SM = Sobrecarga de Maquinaria
- T = Tiempo de Proceso
- C = Cliente
- DP = Demanda Prevista
- PD= Producción Deseada
- Pe = Pedidos
- Pc = Pedidos Completados
- Rp = Retrazos en Pedidos
- Mto = Mantenimiento en La Maquinaria
- AS = Periodo Abril-Septiembre
- OM = Perido Octubre-Marzo
- MO = Mano De Obra
- PT = Personal Temporal
- TP = Transporte
- GI = Gastos De Insumos
- PR = Proveedores

Ecuaciones

Las ecuaciones que se consideran en el modelo de ITHINK son las siguientes:

MP = Materia prima requerida para alcanzar los estándares de produccion deseada

$$P = (MP / DP) + I \tag{1}$$

$$A = P - C \tag{2}$$

$$I = A + P \tag{3}$$

M = maquinaria utilizada durante el proceso

SM = Sobrecarga en la maquinaria

$$T = M + (T*SM) \tag{4}$$

$$C = CLIENTE$$

$$DP = PE + I \tag{5}$$

PE =Cantidad de pedidos realizado por los clientes

PC = Numero de pedidos que han alcanzao la cantidad optima y por lo tanto se han completado.

$$RP = (T*SM) + T \tag{6}$$

MTO = se debe realizar considerando que (t*sm) < 24 hrs

AS = Es la produccion generada en los meses de abril a septiembre.

OM = Es la produccion generada en los meses de octubre a marzo.

MO = Es la razon de la produccion generada entre el numero de trabajadores disponibles.

PT =Es el numero de trabajadores contratados durante meses de cosecha (mayor produccion).

TP = Es el numero de camiones disponibles para entrega de pedidos

GI = Son los gastos de insumos generados durante la entrega de pedidos.

PR = Son el numero de proveedores con los que cuenta la empresa

Hipótesis Causales

Se muestran las hipotesis causales que se plantean para la toma de decisiones en el inventario dentro de la empresa:

- Entre más material prima MP, mayor producción P.
- Entre menor material prima MP, menor inventario I y menor producción P.
- Entre mayor producción P, mayor almacén.
- Entre más producción P, mayor inventario I.
- Entre más material prima MP, habrá sobrecarga de maquinaria M.
- Si hay sobrecarga en maquinaria M, mayor tiempo de proceso t.
- Si hay sobrecarga en la maquinaria M, se solicitara mantenimiento en las maquinas MTO.
- Entre mayor tiempo de proceso t, habrá retraso en entrega a cliente C.
- Entre mayor inventario I, se realiza entrega a tiempo al cliente C.
- Entre menor inventario I, el producto pasa a almacén A.
- Entre menor material prima MP, menor producto en almacén A.
- Si la demanda prevista DP, es igual al inventario I, se realiza toma de decisiones.
- A partir de la demanda prevista DP, se calcula la producción deseada PD.
- Entre mayor cantidad de pedidos PE, menor será el nivel de almacén A.
- Cuando los pedidos sean completados PC, se realiza entrega a cliente C.
- Si el inventario I, es menor a la demanda prevista DP, habrá retraso de pedidos al cliente RP.
- Si hay retraso de pedidos al cliente RP, hay pérdida de clientes C.
- En el periodo abril-septiembre AS, habrá menor producción P.
- Entre mayor producción P, mayor mano de obra MO.
- Entre menor producción P, menor mano de obra MO.
- Entre mayor mano de obra MO, se contratara personal temporal PT.
- Entre mayor número de pedidos PE, hay falta de transporte TP.
- Si hay aumento en el transporte de pedido TP, aumentan los gastos de insumos GI.
- Entre mayor gasto de insumos GI, disminuirán las ganancias de producción.
- Entre mayor proveedor PR, mayor será la producción P.

Diagrama Causal

Se elaboró el diagrama causal con la información anteriormente obtenida y con el visto bueno del personal operativo y gerencial de la organización (Figura 4).

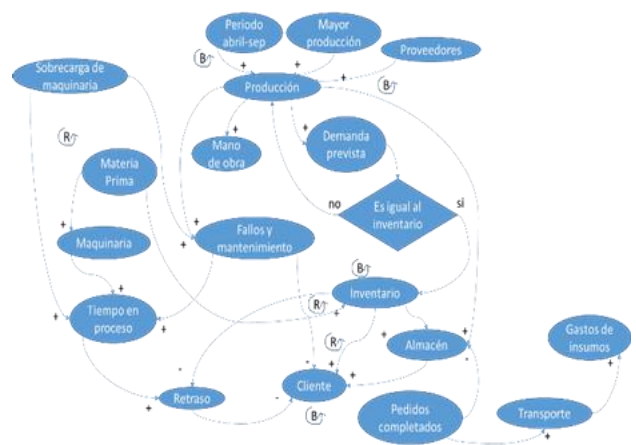


Figura 4 Diagrama Causal.
Fuente: Elaboración propia

Modelo en ITHINK

Con toda la información reunida se realiza el modelo de simulación utilizando el software de simulación dinámica conocido como ITHINK, versión 8. A continuación se muestra el correspondiente diagrama de Forrester (Figura 5).

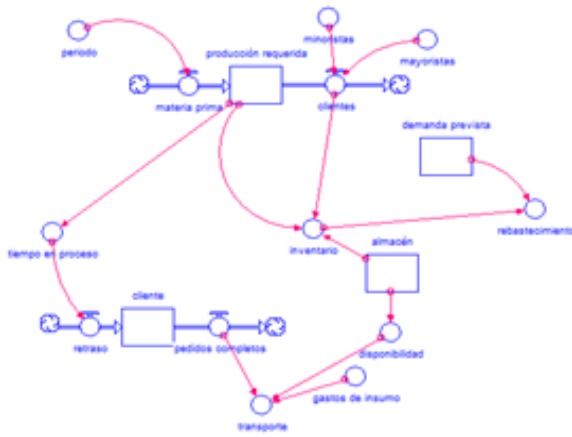


Figura 5 Diagrama de Forrester
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el modelo del sistema actual se procede a reliazar la evaluación del mismo para su validación, encontrando los siguientes resultados. La validación se realiza después de 30 corridas en el software encontrando que los resultados arrojados corresponden al patrón de comportamiento de datos históricos de la empresa (Figuras 6 y 7).

Mes	producción	clientes	retraso	inventario	mayoristas	minoristas	tiempo en pro
1	23,843.79	190,526.19	0.06	-60,644.13	179,962.73	24,725.19	5.47
2	25,754.01	219,918.09	0.13	-48,981.57	155,441.10	21,174.43	5.89
3	34,777.30	219,774.81	0.15	-45,216.52	151,670.34	26,323.40	6.05
4	35,511.75	221,975.63	0.21	-111,197.61	220,705.11	25,948.26	6.22
5	29,984.91	230,351.00	0.16	-125,535.95	244,449.54	11,071.33	6.94
6	15,721.52	236,496.58	0.09	-86,407.55	182,283.31	31,845.70	3.64
7	45,718.74	202,130.05	0.13	-66,235.03	179,784.67	32,197.09	10.58
8	65,375.83	199,127.63	0.24	-66,113.54	222,269.05	8,120.32	15.13
9	67,334.22	222,973.06	0.29	-65,114.59	233,039.30	19,409.40	15.59
10	62,863.84	231,327.62	0.29	-60,617.05	191,017.85	32,253.04	14.51
11	46,690.57	231,028.03	0.25	-65,750.71	179,540.62	32,890.66	10.81
12	50,862.40	223,773.22	0.25	-102,765.99	237,947.26	15,701.13	11.76
13	55,160.96	216,791.85	0.21	-62,447.43	186,019.79	31,568.58	12.77
14	34,750.75	237,825.23	0.26	-68,826.12	193,357.56	10,219.31	8.04
15	24,444.30	233,291.30	0.14	-106,441.74	210,917.73	19,950.30	5.66
16	26,856.68	223,155.00	0.09	-63,409.72	188,298.79	31,979.81	6.22
17	32,874.62	225,825.55	0.13	-63,636.84	175,228.43	11,283.23	7.81
18	48,809.67	208,819.69	0.19	-79,951.03	220,863.47	7,897.23	11.30
19	50,792.99	223,735.84	0.23	-109,464.40	245,567.03	15,179.43	11.76
20	41,632.29	234,780.22	0.18	-69,557.89	180,605.18	30,585.01	8.64
21	56,220.27	217,599.38	0.21	-102,741.72	232,328.86	28,635.14	13.91
22	36,840.88	244,323.66	0.21	-66,568.60	187,360.18	15,459.26	8.53
23	30,585.41	235,318.54	0.20	-68,494.58	172,048.48	27,031.50	7.08

Figura 6 Resultados del programa.
Fuente: Elaboración propia en software ITHINK

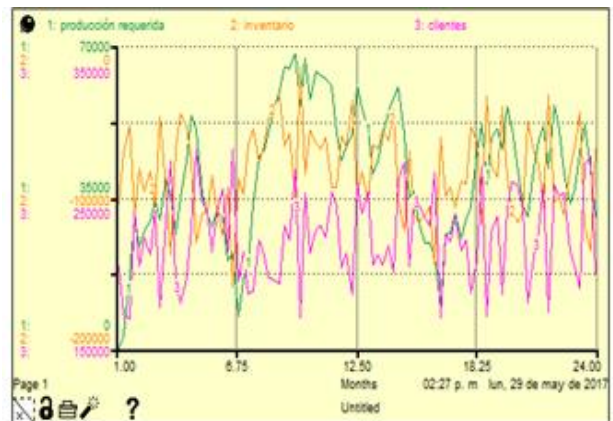


Figura 7 Resultados del programa.
Fuente: Elaboración propia en software ITHINK

Una vez analizados los datos obtenidos después de realizar las corridas de simulación y observar el comportamiento de los factores, se llegó a la conclusión de que efectivamente los resultados muestran similitud con los datos que actualmente se tienen en la empresa, de acuerdo a la bitácora de producción de Noviembre 2015- Octubre 2016 y representa de una forma clara la situación de la misma (Figuras 8 y 9).

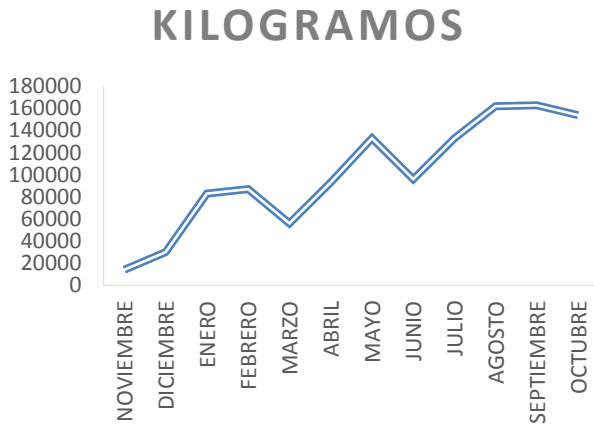


Figura 8 Resultados de Producción Reales.
Fuente: Bitácora de Producción Nov 2015-Oct 2016



Figura 9 Resultados de Software
Fuente: ITHINK 8

De esta forma se puede observar en las bitácoras que lleva la empresa, que los niveles de producción deseada y los calculados por el programa en lo que respecta a las variables, tales como la cantidad de café que piden los clientes mayorista y minoristas, así como el nivel de inventario y almacén, prácticamente se comportan de la misma forma y la relación de estas tres variables en los meses siguientes, se aproximan.

Cabe señalar que la empresa lleva cálculos empíricos y aproximaciones en lo que respecta a sus pronósticos de ventas y el uso de esta herramienta sin duda traerá grandes cambios que le permitirán contar con una aproximación del nivel de producción y que nivel de inventario deben manejar para que su producto no permanezca en almacén durante tanto tiempo ya que el producto en almacén es dinero estancado y no permite un flujo de efectivo a la misma.

Conclusiones

Esta herramienta de simulación contribuye a la empresa y le es de gran ayuda dado que no solo le permitirá darse cuenta más a detalle del problema que sus políticas de inventario pueden generar, además le permitirá ver el comportamiento de los tres factores importantes para la empresa. El software Ithink permite realizar un análisis que mejora considerablemente la toma de decisión en los niveles de producción, inventario y almacén en la empresa, y por consecuencia se podrían esperar mejores resultados reflejados sin duda en el aspecto económico.

Referencias

Baganha, M.P., Cohen M. (1998). the Stabilizing Effect of Inventory in Supply Chains. *Operations Research*, vol. 46, núm. 3, pp. S72-S73.

B. Angerhofer, «System dynamics modeling in supply chain management: research review,» *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp. 342-351, 2000.

Chandler, M., Boutilier, R. (1992). the development of dynamic system reasoning. *Contributions to Human Development* 21. pp. 121-137.

Feng, Y. (2009). Study on Model of Supply Chain Inventory Management Based on System Dynamics. International Conference on Information Technology and Computer Science.

Forrester, J.W. (2006). System Dynamics: the Foundation under Systems thinking. Disponible en: <http://sysdyn.clexchange.org/sdep/papers/D-4828.html>.

Forrester, J.W. (1996). the Beginning of System Dynamics. Banquet Talk at the International Meeting of the System Dynamics Society, Stuttg [5] Jay W. Forrester. System Dynamics and K-12 teachers, A lecture at the University of Virginia School of Education, May 30.

Forrester, J.W. (1989). Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century. Keynote Address for System Thinking and Dynamic Modeling Conference for K-12 Education, Concord Academy, Concord, MA, USA, June 27-29, 1994 art, Germany, July 13.

Harris, J.K., Swatman, P.M.C. (1997). Efficient Consumer Response (ECR): a Survey of the Australian Grocery Industry. ACIS'97 — 8th Australasian Conference on Information Systems, Adelaida; pp. 137

J. W. Forrester, «Industrial Dynamics - After the first decade,» *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, vol. 14, n° 7, pp. 398-415, 1968.

J. Sterman, BUSINESS DYNAMICS, Massachusetts:McGraw-Hill, 2000, p. 8–25.

J. C.-A. Hao Zhang, «A conceptual model for assisting sustainable manufacturing through system dynamics.,» *Journal of Manufacturing Systems*, 2013.

R. K. • R. K. Singh, «Study on Coordination Issues for Flexibility in Supply Chain of SMEs: A Case Study,» *Global Journal of Flexible Systems Management*, pp. 81-92, 2012.

Sterman, J. (2000). Business Dynamics: Systems thinking and Modeling for a ComplexWorld. McGraw-Hill.

Vo, H., V., Chae B., Olson D. (2007). Developing Unbounded Systems thinking: Using Causal Mapping with Multiple Stakeholders within a Vietnamese Company. *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 58, No. 5. pp. 655-668.

Z. J. P. Madani Alomar*, «Linking supply chain strategy and processes to performance improvement,» *Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, pp. 628-634, 2014.

Z. A. Nader Nada, «SERVICE VALUE CREATION CAPABILITY MODEL TO ASSESS THE SERVICE INNOVATION CAPABILITY IN SMEs,» *7th Industrial Product-Service Systems Conference - PSS, industry transformation for sustainability and business*, pp. 390- 395, 2015.