

# Modelo de gestión de inventarios en una línea de producción de alstroemerias del área de poscosecha de la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía. Ltda.

**Recibido:** 12 de marzo de 2012

**Aceptado:** 8 de noviembre de 2012

## Resumen

En la actualidad, la flexibilidad de las empresas en acondicionar sus políticas a la exigencias del mercado dejó de ser una novedad académica para convertirse en el diario vivir de las organizaciones, por tal motivo se diseñan herramientas con las cuales se pueda hacer frente a esta situación. Para C. I. Carrizosa Navas, empresa del sector floricultor, el cambio en la demanda en algunos meses hace difícil el manejo de políticas adecuadas. El sistema de inventario modelado representa las políticas de actuación para días en los cuales se trabaja un solo turno a fin de cubrir la demanda de tabacos de flores del día, ya que al ser validado será de utilidad para tomar decisiones cuando la demanda sea cambiante en las diferentes temporadas. En él se modelan los inventarios de trabajo en proceso (WIP), inventario de productos terminados (INV) e inventario de productos pendientes (PEND), y proporcionará en cada momento del periodo de planeación la información sobre el estado de estos. Este tipo de sistemas, aunque ha sido estudiado y altamente investigado no deja de desconcertar a quienes tienen la difícil tarea de cambiar las políticas para ajustarlas a la realidad.

**Palabras clave:** inventarios, dinámica de sistemas, modelación de sistemas, flores.

## **An Inventory management model at the postharvest area of an alstroemeria production line at C.I. Carrizosa Navas & Ltd. Co.**

## Abstract

Today the companies' flexibility in conditioning their policies to the needs of the market ceased being an academic novelty to become an everyday practice of organizations, for this reason several tools are designed with which the company is able to address this situation. For C. I. Carrizosa Navas, a floriculture sector company, the constant change in demand in some months of the year makes it difficult to manage

• • • • •

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial; maestría en Diseño y Gestión de Procesos; docente de tiempo completo, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. polo.andres@unigraria.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial; maestría en Ingeniería Industrial con énfasis en Producción, Logística e Investigación de Operaciones; docente de tiempo completo, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. clavijo.nicolas@unigraria.edu.co

<sup>3</sup> Ingeniero Industrial; docente, Joven Investigador, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. vega.juan@unigraria.edu.co

suitable policies. The inventory system modeling represents the performing policies for days in which you work one shift to meet the demand of tobacco flowers a day, as its validation will be useful to make decisions when demand is changing in so-called seasons. It models developments of Work in Process (WIP), finished goods inventory (INV) and inventory of products pending (PEND) and will provide in every moment of the planning period information on the status of these. Eventhough this type of systems have been studied and highly researched, they constantly perplex those who have the difficult task of changing the policies to fit reality .

**Key words:** Inventory, system dynamics, systems modeling, flowers.

## Introducción

Los sistemas sociales, y entre estos los de manufactura, corresponden a sistemas cuyo comportamiento es impredecible debido a que es difícil representarlos por expresiones matemáticas exactas. Surge de aquí la necesidad de recurrir a técnicas, métodos y herramientas que permitan al analista, al directivo o al gerente introducirse en el sistema y extraer de él la mayor cantidad posible de conocimiento y entendimiento, de tal forma que pueda definirse un proceso de toma de decisiones robusto que lleve a tener sistemas competitivos y sostenibles.

La dinámica de sistemas, el pensamiento sistémico, los sistemas complejos y la teoría del análisis cualitativo matemático son algunas de las formas disponibles y confiables con las cuales se puede conseguir un conocimiento bastante bueno de los sistemas, y que sirven de ayuda en la definición de los procesos de toma de decisiones (Andersen, 1988).

Desde que Jay Wright Forrester (1972) creó la técnica de simulación continua conocida como dinámica de sistemas, se han desarrollado varios modelos de sistemas industriales y de sistemas de gestión de la producción. Los sistemas más investigados y estudiados corresponden a variaciones del modelo clásico desarrollado por Forrester sobre producción-distribución-marketing; uno de ellos es el famoso Juego de la Cerveza (Haslett, 1998; Mosekilde y Larsen, 1988). Otros modelos se han limitado a estudiar los subsistemas de distribución, de marketing y de producción.

El presente artículo tiene como objeto el análisis posterior a un estudio de métodos y tiempos para la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía. Ltda. perteneciente al sector de la floricultura, situada en la zona rural del municipio de Facatativá, Cundinamarca, dedicada al cultivo, procesamiento y despacho de flores a compañías comercializadoras ubicadas en Norteamérica y Europa; se especializa en la producción de rosas, alstroemerias y gypsophilas. La empresa hace parte de GR CHIA S.A., grupo empresarial conformado por 37 empresas floricultoras (Espinosa, 2009).

La presente investigación busca determinar un estudio de gestión de inventarios (en proceso, producto terminado, pendientes) en el área de pos-cosecha para una línea de empaquetado de alstromerías durante un mes típico donde la demanda es constante —se excluyen los meses de febrero (San Valentín), mayo y diciembre—, para evaluar las políticas de la empresa y suministrar una herramienta alternativa a fin de monitorear los resultados de dichas políticas.

Para desarrollar el modelo primero es necesario realizar un diagnóstico de la empresa donde se identifican los principales problemas de administración de inventarios y se determina cuáles son las variables más significativas en el sistema para así, con base en el modelo propuesto, elaborar recomendaciones que puedan ser utilizadas para mejorar el desempeño de la gestión de inventarios (Mohapatra y Sharna, 1985). Para la empresa estudiada en el presente trabajo esta etapa fue cubierta en un proyecto de grado desarrollado anteriormente.

La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo consistió en los siguientes pasos:

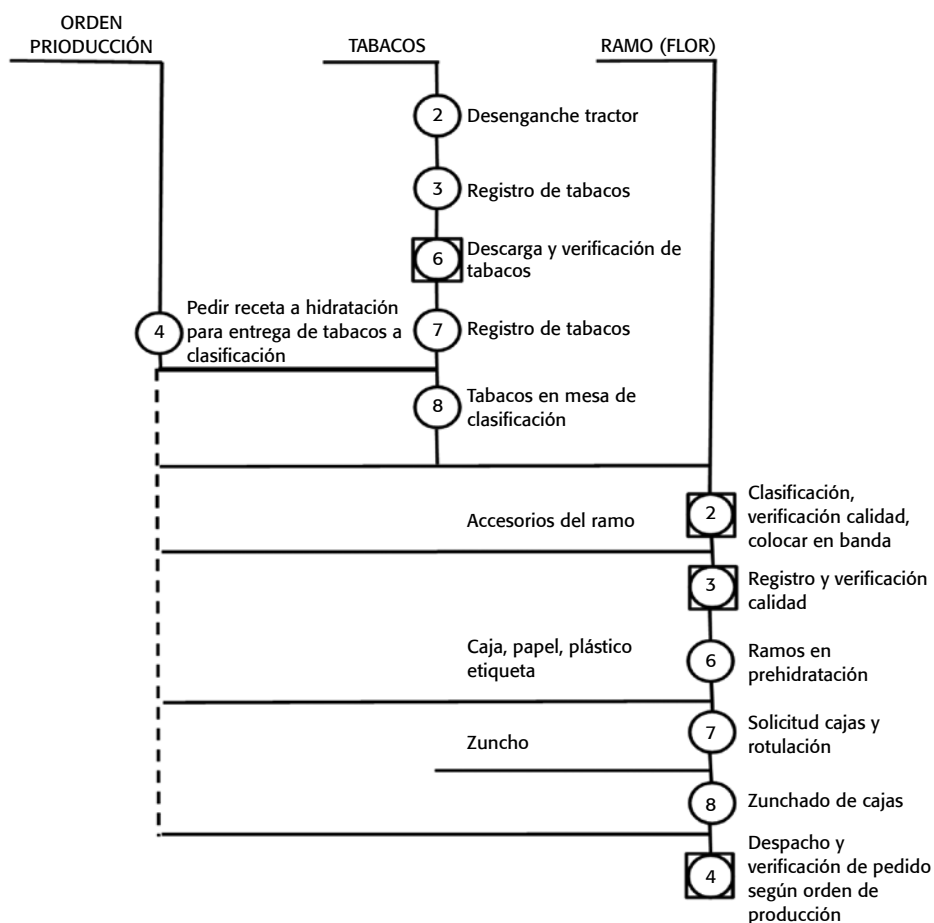
- Se hizo una revisión del trabajo de grado con el propósito de determinar el análisis de los datos de entrada que alimentara el modelo de simulación en dinámica de sistemas.
- Se identifican las variables más relevantes en el sistema de inventario.
- Se construyó un modelo de simulación continua basado en dinámica de sistemas.
- Se hizo la validación del modelo en cuanto a su estructura, es decir, qué tanto se acerca este a la realidad estudiada en el proyecto de grado. De esta validación se concluye que el modelo es capaz de mostrar el comportamiento del sistema de inventarios de manera aproximada.

## Análisis de datos

Para el desarrollo del modelo se realizó una revisión del estudio de métodos y tiempos con el fin de determinar los datos de entrada más relevantes para el modelo de gestión de inventarios.

## Determinación del tiempo de ciclo de producción alstroemerias

Parte determinar el ciclo de producción de un tabaco de alstroemerias se tuvieron en cuenta los resultados del estudio del trabajo. La figura 1 muestra el diagrama de operaciones para el proceso de elaboración de un tabaco típico.



**Figura 1.** Diagrama de operaciones para alstroemerias en C. I. Carrizosa Navas y Cía. Ltda.

Tabla 1. Estadística descriptiva de la prueba de Kruskal-Wallis

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
P1	82	114	96,906	5,601
P2	83	116	96,594	5,130
P3	82	110	96,161	5,578
P4	75	112	97,021	5,798
P5	81	111	96,815	5,199
P6	83	114	97,098	5,347
P7	80	110	96,839	5,702
P8	82	115	96,615	5,685
P9	83	111	97,248	5,499
P10	82	117	96,916	5,353
P11	83	112	96,605	5,400
P12	81	112	96,598	5,608
P13	76	112	96,587	5,559
P14	81	112	97,063	5,211
P15	83	113	96,559	5,767
P16	82	113	97,374	5,216
P17	83	110	96,629	5,169
P18	81	115	96,671	5,652
P19	82	111	96,570	5,359
P20	81	114	96,154	5,601
P21	81	112	97,045	5,731
P22	83	112	97,381	5,415
P23	82	112	96,587	5,194
P24	83	112	97,262	5,901
P25	80	116	97,192	5,757

Tabla 2. Resultado de la prueba de Kruskal-Wallis

K (Valor observado)	25,721
K (Valor crítico)	36,415
GDL	24
p-valor (bilateral)	0,367
alfa	0,05

Según el resultado del estudio, el tiempo de ciclo de la producción de un tabaco para alstroemerias es de 0,88 horas, en el cual se evidencian

los diferentes tiempos estándar para las distintas operaciones de producción.

Para el estudio de la demanda del puesto de trabajo de un tabaco de alstroemeria se procedió a tomar las muestras de demandas cubiertas en 286 días típicos para los 25 puestos que componen la línea de producción. Para su análisis se recurrió a la prueba de Kruskal-Wallis para determinar como hipótesis nula (H0) si las 25 muestras correspondían a la misma población. La tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de la prueba. En la tabla 2 se muestra el resultado de la prueba corroborando la hipótesis anteriormente propuesta donde el riesgo de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera es de 36,75%.

Un vez demostrada la homogeneidad de la demanda para cada puesto de trabajo (con lo cual el modelo planteado mostrará el sistema de un solo puesto) se procedió a determinar el comportamiento de la misma en una función de densidad de probabilidad (fdp).

Para este análisis, como primera instancia, se elaboró un histograma (figura 2) a fin de determinar el tipo de fdp a la que se ajustaba la curva. El resultado de la interpretación del histograma es determinar como hipótesis nula (H0) una función de densidad Normal con media muestral en 97 tabacos por día y una desviación estándar de 5,503.

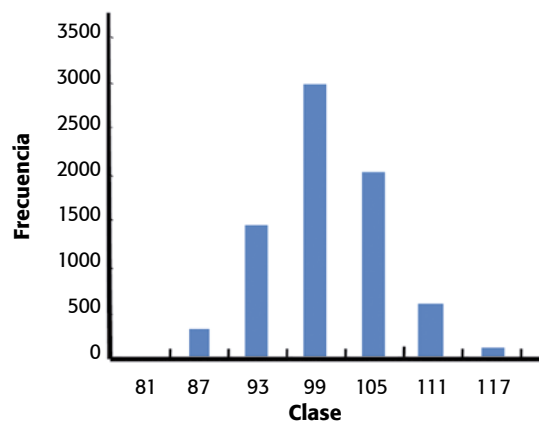


Figura 2. Histograma de demandas para alstroemerias por puesto de trabajo

Para comprobar la hipótesis nula se implementó la prueba de bondad y ajuste chi cuadrado con 8-1 grados de libertad y un  $\alpha = 0,05$ . La tabla 3 resume el análisis de la demanda por esta prueba.

Tabla 3. Resultado de la prueba chi cuadrado

Clase	Frecuencia	% acumulado	p(x)	F.E.	Error
81	10	0,06	0,002	15,0	1,663
87	219	3,12	0,036	257,6	5,785
93	1415	22,91	0,209	1496,6	4,453
99	2956	64,25	0,411	2937,4	0,117
105	2000	92,22	0,275	1963,9	0,665
111	509	99,34	0,062	445,0	9,210
117	40	99,99	0,005	33,6	1,205
120	1	100,00%	0,000	0,7	0,097
$\Sigma$	7150			7149,9	23,195

Como el error acumulado es menor al determinado por la prueba para 7 grados de libertad y nivel de confianza del 95% (24,321) se acepta la hipótesis de una fdp N (97, 5,503).

Las políticas de inventario del modelo se determinaron por el estudio realizado al sistema VI. Estas políticas son:

- Retraso en pedidos de entrega: tiempo en que la empresa puede aplazar la entrega de pedidos por falta de capacidad para cubrir la demanda. Para C. I. Carrizosa Navas este plazo es de un día posterior a la fecha de entrega. Para efectos de la modelación se tomará el valor de 2 días (si se coloca 1 el plazo será igual al momento de entrega y no reflejará la política verdaderamente).
- Tiempo de alistamiento de la demanda: según el estudio desarrollado para la previsión de la demanda se utilizó un índice de suavización ( $\alpha$ ) igual a 0,5.

- Índice de cumplimiento del plan: la empresa estima que se debe cumplir el 100% del plan de producción en cada puesto de trabajo.

### Elementos de una gestión de inventarios como componentes del sistema

El problema de gestionar eficientemente el sistema de inventarios cobra importancia desde hace ya varias décadas, la implementación de muchos métodos y técnicas ha logrado desarrollos importantes a nivel de tecnologías para abordar este tema, pero aún no se recogen los resultados esperados por los expertos. Algunas de las técnicas que se han utilizado en las empresas son: planeación de requerimientos de material (MRP) y MRPII, que abarca la gestión de varias áreas de la empresa como finanzas, planeación de capacidad, entre otras (Clavijo *et al.*, 1991). La mala administración de los inventarios se debe principalmente al enfoque de gestión que se le da al sistema; decisiones que impactan sobre la cadena de suministros en su conjunto son tomadas por cada parte desde un enfoque independiente con objetivos e información restringida a lo local, como si el resto de los eslabones no existiera, esto además genera conflictos y crea división en las áreas de la empresa (Tome y Miguillon, 2000). También han evolucionado herramientas computacionales como la utilización de heurísticos, implementación de software especializado en inventarios, y la utilización de técnicas de simulación discreta y continua (Tome y Miguillon, 2000).

Se considera apropiado el modelo desarrollado en dinámica de sistemas, dadas las características del proceso de administración de inventarios de la empresa, en donde existen múltiples variables que se relacionan entres sí, y para una gestión eficiente del sistema es necesaria la integración de estas por medio de una realimentación de información (Aracil y Gordillo, 1997).

A continuación se describen algunos conceptos relacionados con el sistema de gestión de la producción y de los inventarios que fueron utilizados para analizar el sistema de inventarios.

## Descripción de la cadena de inventarios

El proceso de administrar los inventarios está integrado a varias áreas de la empresa, por lo general este comienza en el área comercial, la cual se encarga de realizar los pronósticos de demanda del producto, importantes al momento de tomar decisiones acerca de cuánto se debe empaquetar para cumplir con los requerimientos del mercado; estos pueden estructurarse de varias maneras según las características de demanda del producto (tabacos de alstromerías).

Luego de tener el presupuesto de ventas el proceso de inventarios se traslada al área de cosecha; en esta se elabora la lista de elementos necesarios para cumplir con los productos requeridos, aquí es muy importante la planeación de la producción debido a que esta define en qué momento y en qué cantidad se deben empaquetar los tabacos de la flor seleccionada.

El paso final de esta secuencia es producir los artículos donde se obtiene un inventario de producto en proceso y luego un inventario de producto terminado que se almacena para hacer las entregas a los clientes; el consumidor final, parte fundamental de la cadena, se sentirá satisfecho o no según las especificaciones exigidas a la empresa y las entregas oportunas realizadas por este. El anterior proceso se resume en la figura 3, la cual muestra el ciclo genérico de la cadena de inventarios, empezando por la demanda de producto hasta su entrega al consumidor final.



Figura 3. Ciclo genérico de la cadena de inventarios

## Diagrama causal del sistema de inventarios

A continuación se definen las variables del diagrama de causa-efecto (figura 4), y se analizan cada uno de los bucles de realimentación.

### 1. Definición de las variables y de los parámetros utilizados en el diagrama causa-efecto

- Variables de nivel:
  - INV: nivel de inventario de producto terminado.
  - WIP: nivel de inventario de trabajo en proceso.
  - PEND: nivel de tabacos pendientes por entregar.
- Variables de flujo:
  - FP: flujo de producción.
  - FPT: flujo de producto terminado.
  - PS: flujo de pedidos de suministro.
  - PE: flujo de pedidos entregados.
  - PR: flujo de pedidos recibidos.
- Variables auxiliares:
  - DEM: demanda de productos terminados, por parte de los clientes externos.
  - DIF: discrepancia entre el inventario deseado de producto y el sistema de seguridad del inventario.
  - PP: plan de producción de tabacos diarios por puesto de trabajo.
  - P: previsión de la demanda.
  - SS: sistema de seguridad del sistema. Cumplimiento del plan de producción de tabacos diarios.
  - NB: necesidades brutas de producción.
  - NN: necesidades netas de producción.
  - PSD: pedidos deseados por producir.
  - MCS: máxima capacidad de suministro del sistema.

### Parámetros:

- PNE: retrasos en pedidos de entrega.
- TAD: tiempo de alistamiento de la demanda.

- ICP: índice de cumplimiento del plan de producción.
- TC: tiempo de ciclo de producción de tabacos para alstroemerias.

La figura 4 muestra el diagrama de causalidad para la gestión de inventarios de la empresa.

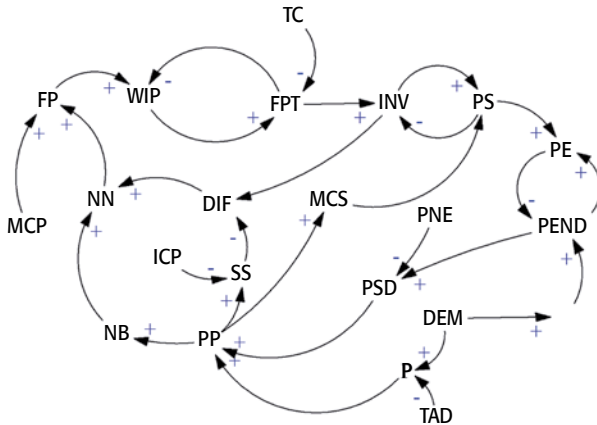


Figura 4. Diagrama causal de inventarios

## 2. Análisis de bucles de realimentación

Se observa cómo el aumento de la demanda (DEM) genera un aumento en la previsión (variable: P) el cual lleva a aumentar la variable correspondiente PP; esta, al aumentar, incrementa las necesidades de producción PP al sistema de seguridad (SS), la cual a su vez disminuye la diferencia de inventario (DIF) (calculada como la diferencia entre el nivel del inventario INV y sistema de seguridad SS): una mayor diferencia hace que sea mayor la necesidad neta (NN) de producción, esta variable debe aumentar el flujo de producción (FP). Iniciando desde la variable Demanda (DEM) se puede observar que el aumento en la demanda genera aumento en la previsión, y que esta a su vez genera aumento en el flujo de producción (FP).

Un bucle de realimentación negativo relaciona las variables Nivel del producto en proceso (WIP) y Flujo de producto terminado (FPT); el control del bucle se presenta al disminuir el WIP como consecuencia de un aumento en el FPT.

Otro bucle de realimentación negativo son las variables Inventario de producto terminado (INV), y Flujo de suministros (PSF). El control del bucle se presenta al disminuir el inventario como consecuencia de la entrega de producto terminado.

## Flujo de producción (FP), Trabajo en proceso (WIP)

El tercer bucle relaciona las variables Flujo de producción (FP), Trabajo en Proceso (WIP), Flujo de producto terminado (FPT), nivel de inventario de productos terminados (INV), la diferencia (DIF) y las necesidades netas (NN). El control del bucle se presenta al disminuir la DIF como consecuencia de un aumento en el nivel del INV. De esta manera el sistema está controlado por la diferencia entre los niveles de inventario (INV) y el sistema de seguridad (SS).

El bucle de realimentación de los pedidos pendientes (PEND) y los productos entregados (PE) se compensa al incrementar la entrega de pedidos lo cual disminuye el nivel de entregas pendientes (PEND).

## Modelo dinámico de la gestión de inventarios

Tomando como punto de partida el análisis causal realizado —las mediciones obtenidas estadísticamente para los parámetros del sistema— se desarrolló un modelo dinámico basado en niveles que permitieran explicar el comportamiento de los inventarios de tabacos en la línea de producción de alstroemerias el cual se muestra en la figura 5.

El modelo está compuesto de tres subsistemas: el de inventarios o trabajo en proceso, el de inventarios de productos terminados (los cuales se almacenan en cuartos fríos para ser despachados posteriormente), y el subsistema de pedidos pendientes que según la política de la empresa pueden ser atendidos en plazo de dos días (incluyendo el mismo de previsión de la demanda).

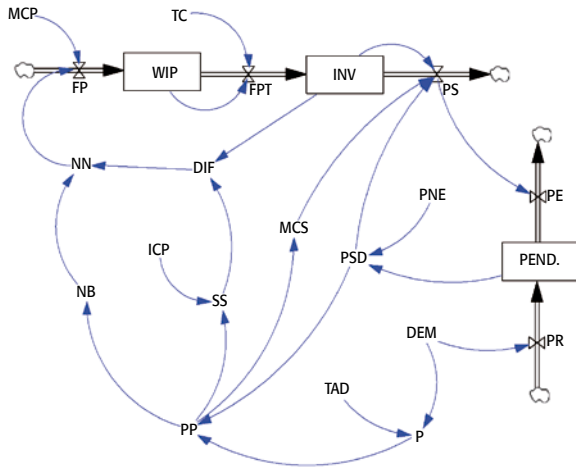


Figura 5. Diagrama de Forrester para el sistema de inventarios

## Resultados y conclusiones

El modelo dinámico permitió explicar de forma conjunta el comportamiento de los diferentes niveles de inventario presentados en una línea de producción de tabacos para la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía., mostrando de forma integral el uso de las políticas de producción e inventarios presentes en la poscosecha y que se comportan de acuerdo a lo observado en el estudio de métodos y tiempos desarrollados con el fin de determinar dichas políticas.

En las figuras 6, 7 y 8 se puede observar cómo el nivel de inventarios (en proceso, terminados y pendientes) se mantiene estable a través del periodo de planeación (30 días).

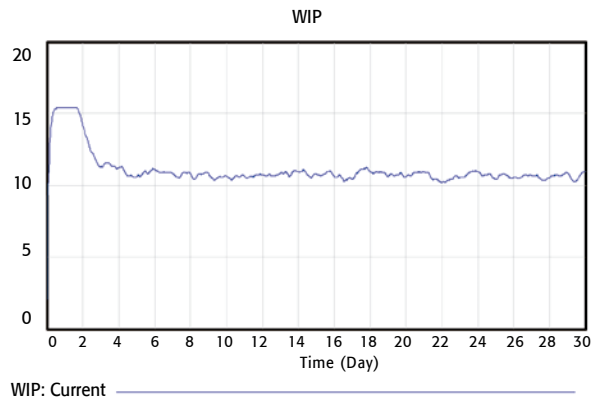


Figura 6. Comportamiento del WIP

En estas figuras es posible observar cómo los parámetros de estado inicial impuestos por el autor (cero) influyen durante los primeros cuatro a seis días de corrida de simulación, mientras el sistema queda en estado estable.

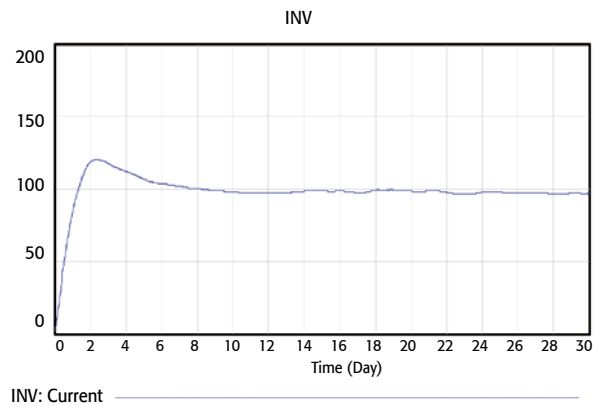


Figura 7. Comportamiento de inventarios de producto terminado

En la figura 7 se observa cómo las políticas de producción e inventarios conservan constante el nivel de tabacos listos para entregar (la mayoría de despachos se realizan hacia el exterior) en 100 unidades por puesto de trabajo. El nivel de productos pendientes se mantiene luego del periodo de “calentamiento” del sistema en niveles entre 1 y 0, considerado un excelente nivel de productos pendientes (en algunos días esos niveles pueden ser negativos lo cual se considera como cero).

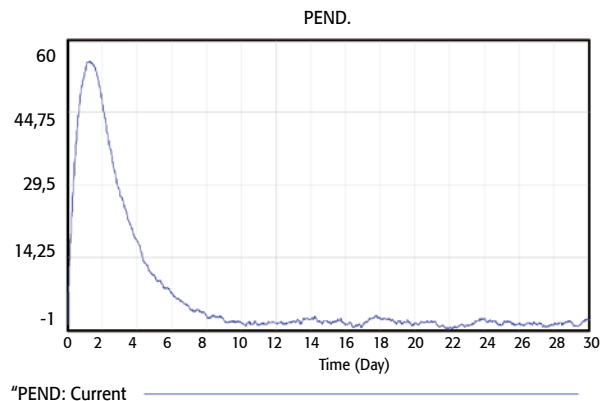


Figura 8. Comportamiento del nivel de pedidos pendientes



Cabe notar que aunque los pendientes llegan a un nivel considerable (55 unidades entre los días 1 y 2) estos resultados no son tenidos en cuenta debido a la inestabilidad del sistema.

Así, el enfoque dado a este trabajo y los resultados obtenidos abren un campo amplio de aplicación e investigación a la dinámica de sistemas en distintos tipos de empresas para modelar de la misma manera diferentes políticas de inventarios y producción (sistemas Push y Pull, MRP, entre otros) en empresas reales y que den respuesta a interrogantes sobre las consecuencias de cambios de las políticas dictadas por los gerentes de las empresas.

## Recomendaciones

Para las empresas, y en especial la estudiada, es de vital importancia este tipo de estudios con los cuales puedan tomar decisiones respecto a la flexibilidad de la producción con la demanda variable en algunas épocas del año (temporadas). Para mejorar el desempeño de esta herramienta en esas situaciones se recomienda continuar la investigación de la siguiente manera:

- Realizar un estudio teniendo en cuenta por separado cada una de las operaciones y vinculando los otros productos desarrollados por la empresa (rosas y gypsophilas).
- Realizar un estudio teniendo en cuenta las temporadas del año (diciembre, febrero, mayo).
- Integrar al modelo otro tipo de variables como costos, mano de obra, reprocesos en producción.

## Referencias bibliográficas

- Andersen, D. F. (1988). Foreword: Chaos in System Dynamics Models. *System Dynamics Review*, 4 (1-2), 3-13.
- Aracil, J. y Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Universidad.
- Clavijo, R., Ruiz, R., Martínez, L. E. y Crespo, A. (1991). El Mrp y el Kanban: un estudio comparativo. *Alta Dirección*, 155, 83-90.
- Espinosa, C. (2009). Estudio de métodos y tiempos para determinar el número óptimo de personal operativo en cada uno de los procesos del área de poscosecha de la empresa C. I. Carrizosa Navas y Cía Ltda. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Fórrester, J. W. (1972). *Dinámica industrial*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Haslett, T. (1998). *Local Rules: The Theory, the Application and the Chances of Success*. Proceedings of the Sixteenth International Conference of the System Dynamics Society. Québec'98. July 20-23. Québec: The System Dynamics Society.
- Mohapatra, K. J. and Sharna, S. K. (1985). Synthetic Design of Policy Decisions in System Dynamics Models: A Model Control Theoretical Approach. *System Dynamics Review*, 1 (1), 1-138.
- Mosekilde, E. y Larsen, E. (1988). Deterministic chaos in the beer production-distribution model. *System Dynamics Review*, 4 (1-2), 137-147.
- Tome y Miguillon (2000). *Gestión eficiente de inventarios*. Empresa de Consultoría en Logística Integral.
- Zhao, Ch. y Xu, Ch. (1986). Feedback and Delay in Planned Economy System. *The international conference of the system dynamics society. System Dynamics: on the move*, 1 (22-24), 655-659.