

Quality in supply of oncological medicines, a dynamic analysis.

María Camila Otálora-Ott, BSc. en Ingeniería Industrial, y Juan Sebastian Tocasuche-Guío, BSc en Ingeniería Industrial, Juan Pablo Zamora-Aguas, M.Sc. en Ingeniería Industrial.
Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia,
motalora55@unisalle.edu.co, jtocasuche57@unisalle.edu.co, jpzamora@unisalle.edu.co

Abstract— *The quality criteria related to the supply operations of oncological medicines in a health service provider institution (IPS) in Colombia, were established. The Systems Dynamics methodology to analyze the current performance of drug flows, is used. The main drug for the IPS is selected, in order to analyze the operation of the variables that measure the system performance. Based on the simulation outcomes, the proposal for quality improvement and recommendations for the medicines procurement process, is presented. Resulting in the coverage of the demand, the increase in the performance of suppliers and the reduction of the total supply cost by 27%*

Keywords— *Supply, Quality, Healthcare, Logistics, Medicines, System Dynamics*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.357>
ISBN: 978-0-9993443-1-6
ISSN: 2414-6390

Calidad en el abastecimiento de medicamentos oncológicos, un análisis dinámico.

María Camila Otálora-Ott, BSc. en Ingeniería Industrial, y Juan Sebastian Tocasuche-Guío, BSc en Ingeniería Industrial, Juan Pablo Zamora-Aguas, M.Sc. en Ingeniería Industrial.
Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia,
motalora55@unisalle.edu.co, jtocasuche57@unisalle.edu.co, jpzamora@unisalle.edu.co

Abstract– *The quality criteria related to the supply operations of oncological medicines in a health service provider institution (IPS) in Colombia, were established. The Systems Dynamics methodology to analyze the current performance of drug flows, is used. The main drug for the IPS is selected, in order to analyze the operation of the variables that measure the system performance. Based on the simulation outcomes, the proposal for quality improvement and recommendations for the medicines procurement process, is presented. Resulting in the coverage of the demand, the increase in the performance of suppliers and the reduction of the total supply cost by 27%.*

Key Words – *Supply, Quality, Healthcare, Logistics, Medicines, System Dynamics.*

Resumen– *Se establecieron los criterios de calidad relacionados con las operaciones de suministro de medicamentos oncológicos en una institución proveedora de servicios de salud (IPS) en Colombia. Se utiliza la metodología de Dinámica de Sistemas para analizar el rendimiento actual de los flujos de medicamentos. Se selecciona el fármaco principal para la IPS con el fin de analizar el funcionamiento de las variables que miden el rendimiento del Sistema. Con base en los resultados de la simulación se presenta la propuesta de mejora de calidad y recomendaciones para el proceso de adquisición de medicamentos, lo que resulta en la cobertura de la demanda, el aumento en el desempeño de los proveedores y la reducción del costo total de suministro en un 27%.*

Palabras Clave– *Abastecimiento, Calidad, Salud, logística, Medicamentos, Dinámica de Sistemas.*

I. INTRODUCCIÓN

La investigación se realiza en el contexto de las operaciones de abastecimiento de medicamentos oncológicos de una institución prestadora de servicios de salud (IPS) en Colombia. El problema se aborda desde la óptica de la Gestión de la Calidad en la Cadena de Suministro GCCS, (SCQM – por sus siglas en inglés), entendida como las acciones para medir, analizar y mejorar continuamente los productos, servicios y procesos en la cadena de suministro CS, con el fin de crear valor y satisfacer a los clientes [1]. Se hace uso del análisis sistémico para comprender la estructura y el comportamiento de variables vinculadas a los niveles de inventario, y sus relaciones de causalidad con el desempeño del Sistema empresarial.

En Colombia el concepto de atención integral para pacientes con cáncer corresponde a la prestación de los

servicios de salud y la atención necesaria para su tratamiento, lo que incluye el suministro oportuno y adecuado de medicamentos [2]. Esta atención integral puede ser afectada por razones de desabastecimiento, especialmente por interrupciones o cortes en el aprovisionamiento de medicamentos, generando altos costos de operación y un riesgo importante en el nivel del servicio a los pacientes [3].

II. CALIDAD EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

El desempeño de la CS en términos de la calidad de sus productos y servicios depende de la eficacia de cada uno de los eslabones que interactúan en ella. El desarrollo de sistemas eficaces de GCCS, es resultado de la integración de esfuerzos que permite lograr altos niveles de rendimiento [4].

En las cadenas de abastecimiento se establecen mediciones típicas de desempeño en términos de costo y tiempo, sin embargo, existen otro tipo de métricas como el nivel de servicio, enfocadas no en la eficiencia operativa sino en la calidad de la atención de los clientes [5], es por esto, que se hace fundamental en este eslabón de la cadena brindar un servicio de atención a los pacientes.

La calidad debe evaluarse en términos de cumplir o superar las expectativas del cliente, dando cumplimiento a lo que éste requiere en el tiempo determinado, con las características solicitadas y en las cantidades requeridas, evaluando en este caso, el cumplimiento en cuanto a la solicitud de medicamento y la entrega del mismo [6].

En las operaciones de abastecimiento de medicamentos, se consideran procesos básicos para el aseguramiento de la calidad, la identificación y selección de proveedores calificados, la evaluación de sus ofertas, la inspección de los productos y la supervisión tanto del proveedor como del producto, lo que permite obtener medicamentos de buena calidad, en tiempo, cantidades y costos favorables [7].

III. DINÁMICA DE SISTEMAS.

La Dinámica de sistemas (DS) es una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas y su comportamiento a través del tiempo [8].

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.357>
ISBN: 978-0-9993443-1-6
ISSN: 2414-6390

La DS orienta el diseño de políticas para que la empresa se fortalezca frente al cambio y pueda crear y explotar oportunidades; evitar o defenderse de situaciones no adversas permite a las organizaciones definir bajo qué circunstancias establecer políticas para controlar su comportamiento [9].

La DS mediante técnicas de simulación continua permite observar los efectos que puede tener la adopción de una nueva política o de una nueva forma organizativa sobre el sistema real [10].

Dentro del contexto de la gestión de la cadena de suministro, se ha utilizado el modelado mediante DS para analizar comportamientos de flujos de información y de materiales principalmente, para toma de decisiones en diferentes ámbitos.

Un caso de toma de decisiones en abastecimiento aplicando DS, corresponde al modelo de simulación basado en la evaluación de proveedores desarrollado para facilitar el proceso de selección de proveedores en función de su productividad y sobre el posible efecto en los clientes finales [11].

Para la evaluación de alternativas de coordinación en la gestión del aprovisionamiento entre dos organizaciones, se aplicó un modelo de simulación mediante dinámica de sistemas, que permitió establecer el tamaño de lote adecuado en función de la referencia del producto, con restricciones de capacidad máxima de transporte, stock disponible máximo y previsión de la demanda [12].

En la cadena de suministro de medicamentos oncológicos en Colombia, se utilizó un modelo de simulación de DS, para establecer estrategias sobre riesgos de desabastecimiento [3].

Para el caso de la cadena suministro de medicamentos para la tuberculosis en África, se utilizó la dinámica de sistemas para analizar el comportamiento de desabastecimiento y establecer políticas de gestión logística [13].

La evaluación del desempeño de mecanismos de coordinación en el suministro de medicamentos oncológicos, fue desarrollada con un modelo de simulación con DS, que a partir de la comparación de escenarios, permitió establecer una propuesta para la minimización de costos del riesgo de desabastecimiento, generando condiciones de cobertura y eficiencia en la prestación de servicios de oncología. [14].

IV. METODOLOGÍA

La metodología se desarrolla por etapas. En la parte inicial se realiza la caracterización y diagnóstico de las operaciones de abastecimiento de medicamentos. Se definen las variables de interés y se desarrolla la metodología de DS para el modelado y la simulación del Sistema.

El proceso de análisis del sistema es realizado con base en [15]. En (Fig. 1) se presentan las etapas requeridas. Dentro de la realidad observada y la versión obtenida de esta realidad, se establecen las variables que afectan o están involucradas dentro de la calidad en el aprovisionamiento.

Para la versión obtenida de la realidad observada se utilizan los diagramas de causalidad (DC), lo que permite entender la estructura del sistema e identificar las interacciones entre variables. Los DC son una herramienta esencial en la DS para describir y comprender los sistemas [9]. En la elaboración del modelo se diseña el diagrama de flujos (DF), para posteriormente simular los comportamientos de las variables del sistema y analizar los resultados.

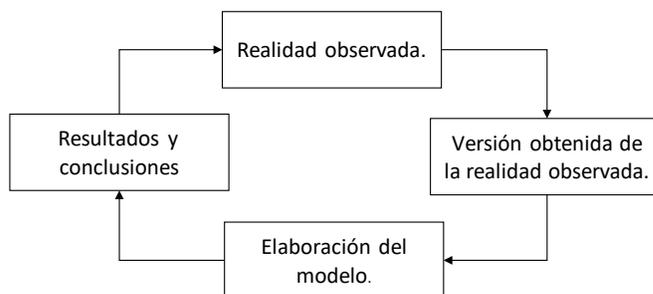


Fig. 1 Etapas requeridas para el análisis del Sistema [15].

La metodología implementada para el modelado con DS se basa en los aportes de Jay Forrester, donde se plantea la estructura del modelo a partir de la representación de las variables, flujos y acumulaciones a través de los DF [16].

Los pasos en la utilización de la DS (Fig. 2), incluye la conceptualización del modelo, determinación de la estructura, formulación del modelo, simulación y análisis.

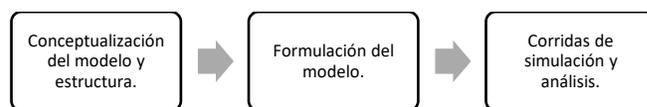


Fig. 2 Pasos utilizados para el uso de la DS. Adaptado de [14].

Se construyeron dos DC, el primero es resultado de la caracterización del sistema y representa las relaciones que tienen impacto en la calidad del servicio farmacéutico (Fig. 3). Se observa el problema de las fallas en las entregas de medicamentos en la IPS como consecuencia directa del desempeño del proveedor.

Esto se evidencia a partir de los tiempos de respuesta, la completitud de las órdenes entregadas y las devoluciones presentadas. Los agotados representan una variable crítica que tienen efecto directo por una parte sobre la calidad en el servicio

de dispensación o administración de medicamentos y por otra en el aumento de los costos de gestión por el desgaste administrativo que representa y los costos de oportunidad asociados.

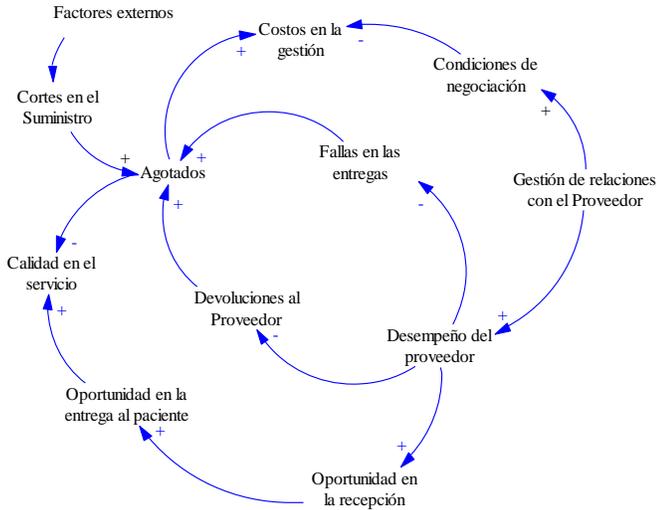


Fig. 3 Diagrama de Causalidad 1.

En el segundo DC (Fig. 4), se definió la estructura sistémica básica para posterior representación en el DF. Se desarrolla el DC a partir de la variable Inventario que tiene afectación por las cantidades recibidas y la entrega de medicamentos. En la práctica este inventario corresponde al almacenamiento global de medicamentos en la IPS. La variable cantidades recibidas depende del desempeño del proveedor el cual ya fue revisado en el primer DC. El requerimiento de producto es resultado del comportamiento de la demanda y del nivel de existencias, su definición es la base para la emisión de las órdenes de pedido al proveedor.

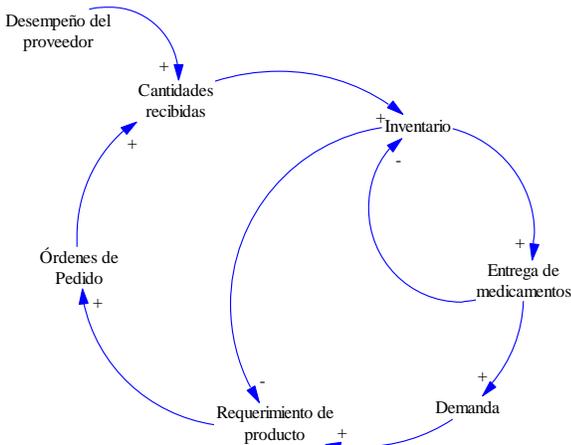


Fig. 4 Diagrama de Causalidad 2.

El DF (Fig. 5), se diseña con base en los flujos de entrada y salida de medicamentos en el sistema. El nivel de inventarios incrementa en la medida que ingresan productos enviados por el proveedor a la IPS y disminuye por la salida representada en la entrega de medicamentos.

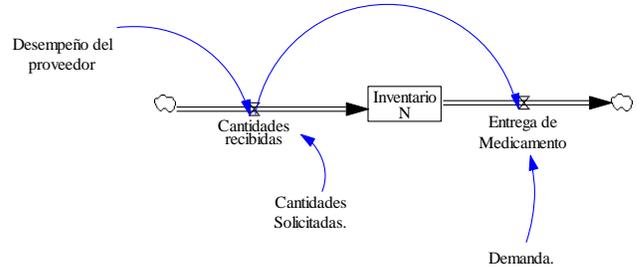


Fig. 5 Diagrama de Forrester. Parte A.

Por lo tanto, el inventario corresponde al stock o cantidad de medicamentos existentes en un periodo de tiempo.

Las variables establecidas en el DF, representan la principal interacción de los flujos que permiten evaluar el desempeño del aprovisionamiento de medicamentos oncológicos en la IPS.

Las cantidades recibidas están dadas por el flujo de entrada de las variables cantidades solicitadas y desempeño del proveedor; esto teniendo en cuenta que las cantidades solicitadas representan el comportamiento histórico de los medicamentos que son solicitados desde IPS al proveedor, y el desempeño del proveedor es el comportamiento de la cantidad de medicamentos que no fueron suministrados por parte del proveedor en comparación con las cantidades solicitadas por parte de la IPS.

La entrega de medicamento por parte de la IPS al paciente, está dada por el flujo de entrada de la demanda, la cual representa el comportamiento de los datos históricos de los medicamentos que son vendidos desde la IPS a sus pacientes.

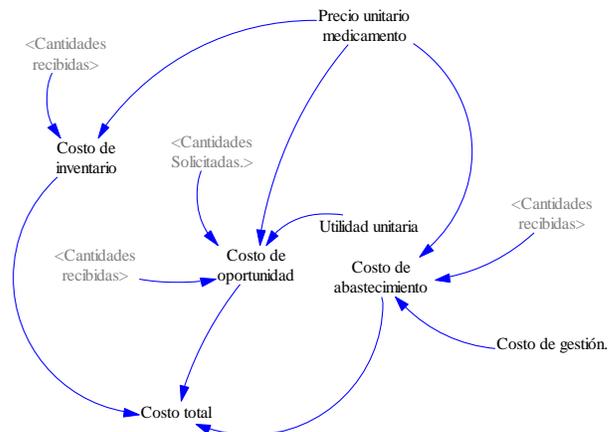


Fig. 6 Diagrama de Forrester. Parte B.

La relación de variables auxiliares con los flujos del modelo (Fig. 6), se presentan en el DF parte B, en donde se establece el impacto del sistema en los costos asociados.

El costo total, está dado por la acumulación de los costos de oportunidad, de abastecimiento y de inventario.

El costo de oportunidad corresponde a la utilidad que deja de recibir la IPS al no vender los medicamentos que se requieren para suplir los requerimientos de demanda, en consecuencia, este costo será alto si el desempeño del proveedor es bajo.

El costo de abastecimiento es la estimación del gasto real del proceso de compra en la IPS, que tiene en cuenta las cantidades y precios de los medicamentos recibidos más el costo de gestión de los mismos, este último, hace referencia al costo de los recursos requeridos para el proceso de aprovisionamiento (personas y tiempo invertido en actividades de aprovisionamiento).

El costo de inventario se estableció como los costos relacionados con el almacenamiento y mantenimiento del inventario durante un periodo de tiempo.

V. RESULTADOS MODELO DE SIMULACIÓN MODELO ACTUAL

Luego de obtener los diagramas que permiten identificar la relación entre variables, costos incurridos y establecer ecuaciones de cada una, se corre el modelo por 18 meses para generar el comportamiento encontrado del medicamento con base en los datos históricos (Fig. 7) con el comportamiento del modelo actual.

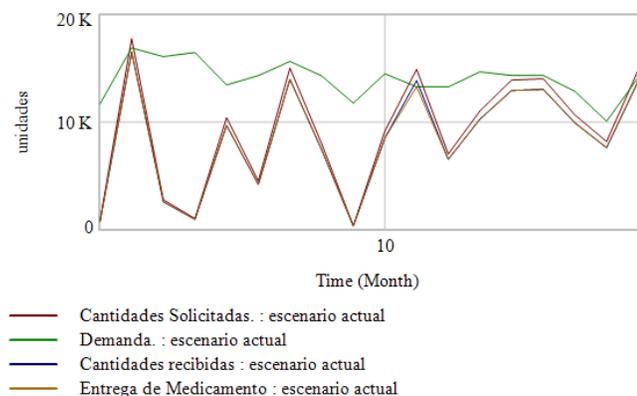


Fig. 7. Flujo de medicamentos en la IPS

El comportamiento actual en cuanto a las unidades de medicamentos solicitadas por la IPS, recibidas por parte del proveedor y entregadas desde la IPS a sus clientes (ver Tabla 1). Se evidencia que la demanda no se está supliendo en su totalidad y que las cantidades recibidas son menores a las unidades de medicamentos solicitadas al proveedor.

VI. ESCENARIO TEÓRICO CON ESTRATEGIAS DE ABASTECIMIENTO.

En este escenario propuesto, se manejan las variables enfocadas a crear políticas de compras y reglas de negociación con los proveedores para lograr una disminución significativa en las variables más críticas del escenario actual, tales como los costos de abastecimiento, cantidades solicitadas y el desempeño del proveedor.

De esta forma, la propuesta de estrategias para la calidad en el aprovisionamiento, parte de los resultados obtenidos en el modelo de simulación actual y de la caracterización de la IPS realizada hasta el momento, encontrando que, además, uno de los problemas es que se realizan pedidos día a día, sin tener un pronóstico de demanda, ni verificar la cantidad de medicamentos con los que cuenta la IPS en su inventario por un periodo de tiempo. Esta situación conlleva a no suplir completamente con los requerimientos de los clientes (Como se evidencia en el comportamiento y resultados obtenidos del modelo actual).

TABLA I
COMPORTAMIENTO DE FLUJOS DE ABASTECIMIENTO Y DEMANDA

Time (Month)	"Cantidades Solicitadas."	Cantidades recibidas	"Demanda."	Entrega de Medicamento
1	777	722	11.715	722
2	17.813	16.566	16.945	16.566
3	2.769	2.575	16.125	2.575
4	1.008	937	16.508	937
5	10.436	9.705	13.482	9.705
6	4.511	4.195	14.355	4.195
7	15.063	14.008	15.676	14.008
8	8.004	7.443	14.333	7.443
9	344	319	11.787	319
10	9.183	8.540	14.533	8.540
11	14.950	13.903	13.306	13.306
12	7.035	6.542	13.299	6.542
13	11.059	10.284	14.709	10.284
14	13.941	12.965	14.366	12.965
15	14.059	13.074	14.366	13.074
16	10.688	9.939	12.891	9.939
17	8.201	7.626	10.100	7.626
18	14.873	13.831	14.166	13.831
Total	164.714	153.174	252.662	152.577

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone un proceso adecuado en cuanto a las compras que realizan a sus proveedores, con el fin de optimizar las actividades allí presentes, garantizar disponibilidad de los medicamentos y lograr ahorros en los costos de gestión del aprovisionamiento del medicamento, tales como:

A. Establecimiento de políticas de compras y recepción de medicamentos, realizando un pedido al mes con la cantidad de medicamentos requeridos.

B. Disminución de costos de gestión por medio de eliminación de un cargo innecesario de aprovisionamiento.

C. Generar solicitud de medicamento con respecto a las unidades existentes en el inventario y la demanda del medicamento.

Para el desarrollo de estas estrategias, se considera que éstas deben ser implementadas en una etapa posterior, sin embargo, para poder analizar los posibles resultados, se realiza la simulación con las estrategias establecidas, con el fin de observar posibles impactos en el aprovisionamiento del medicamento y sus respectivos costos.

VII. FORMULACIÓN DEL ESCENARIO PROPUESTO.

Luego de obtener los resultados del modelo actual y con esto, el planteamiento de las estrategias de mejora se procede a realizar las respectivas modificaciones tanto de la estructura del modelo, como del comportamiento de algunas variables que se consideraron necesarias como parte del escenario propuesto y con base en el establecimiento de las estrategias del proceso de aprovisionamiento.

A. DF y variables del escenario propuesto.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y a partir del establecimiento de las estrategias de mejora, se genera una nueva estructura del modelo actual, la cual se modifica con el propósito de que las cantidades de medicamentos solicitadas por parte de la IPS sean generadas por la necesidad y requerimiento de los pacientes (Demanda).

Esto busca evitar situaciones que se evidenciaron en la simulación del modelo actual, en donde se presentaban meses con cantidades de medicamentos no requeridas, y en otras situaciones, la demanda no se suplía en su totalidad.

Por otro lado, el siguiente cambio que se realizó, fue la interacción entre la variable “InventarioN” y las “Cantidades solicitadas”, esto debido a las fallas de planificación que se evidenciaron en los procesos de compra. Se consideró necesario tener en cuenta para este modelo propuesto, la cantidad de medicamentos con los que cuenta la IPS en el inventario en un determinado periodo de tiempo, para saber cuántos medicamentos se deben solicitar al proveedor teniendo en cuenta el requerimiento del cliente y el inventario con el que se cuenta (Fig. 8), esto debido a que la IPS no contaba con información consolidada del inventario.

Se encuentran las mismas variables establecidas en el modelo actual y las modificaciones realizadas fueron generadas en cuanto a la interacción de las variables que son consideradas necesarias para el mejor funcionamiento de los procesos de aprovisionamiento de medicamentos, y como parte de la propuesta. Teniendo en cuenta lo anterior, se establecen las modificaciones en cuanto al comportamiento y ecuaciones para generar el escenario propuesto.

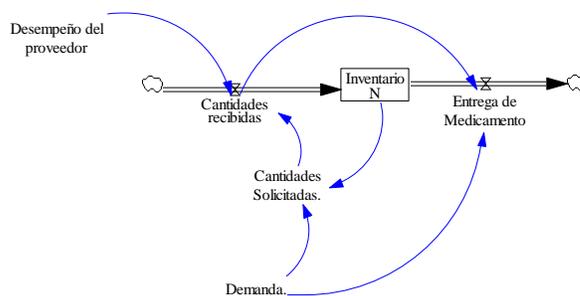


Fig. 8 Diagrama de Forrester, modelo propuesto.

- Desempeño del proveedor: esta variable en el escenario planteado, representa el comportamiento de cantidades de medicamentos que fueron suministrados por parte de los proveedores en comparación con las cantidades solicitadas desde la IPS, en donde, teniendo en cuenta el desempeño hallado en el indicador de cumplimiento de entrega y el comportamiento de los proveedores, se considera un mejor servicio en las entregas del medicamento por parte del proveedor a la IPS.

- Cantidades solicitadas: son las unidades de medicamentos solicitados por parte de la IPS a los proveedores; esta variable está dada por la cantidad de medicamentos requeridos en la demanda y el inventario encontrado en determinado periodo de tiempo; en el modelo de simulación se utilizó la función IF THEN ELSE en (1), ya que la propuesta del modelo es realizar la solicitud de cantidad de medicamentos dependiendo del inventario en un respectivo periodo de tiempo, y la demanda requerida por los clientes.

$$\text{IF THEN ELSE}(\text{"Demanda"} > \text{InventarioN}, \text{"Demanda"}, \text{InventarioN}, 0) \quad (1).$$

- Costo de gestión: Corresponde a los costos de los recursos requeridos para el proceso de aprovisionamiento en el modelo propuesto; en este caso, el costo se redujo debido a que se eliminó un recurso innecesario para el proceso de aprovisionamiento y se consideró el costo incurrido con la nueva política de compras realizando sólo un pedido al mes.

VIII. COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO ACTUAL Y ESCENARIO PROPUESTO.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el modelo propuesto y las modificaciones realizadas en el modelo con respecto a las estrategias de mejora en los procesos de aprovisionamiento de medicamentos, se procede a realizar la comparación del modelo actual y el escenario propuesto, esto con el fin de identificar las mejoras en el proceso al generar los cambios realizados, obteniendo como resultado de los 18 meses analizados (Fig. 9), (Fig. 10), (Fig. 11), (Fig. 12).

En el modelo actual (ver tabla 2), la cantidad de medicamentos que el proveedor deja de entregar a la IPS es de 11.540 (Medicamentos/18 meses), en cambio, en el escenario propuesto, el proveedor deja de entregar 5.081 (Medicamentos/18 meses).

VS entrega de medicamento), pero se muestra una mejora en el escenario propuesto en cuanto a este indicador, obteniendo que, en el actual, se dejan de entregar 100.085 (Medicamentos/18 meses), y en el escenario propuesto, deja de entregar 5.081 (Medicamentos/18 meses).

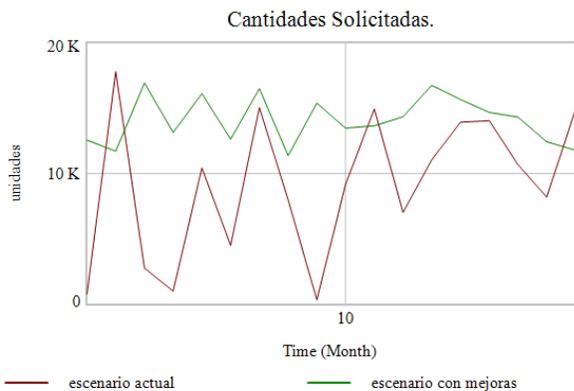


Fig. 9. Comparación modelo actual frente al modelo propuesto, cantidades solicitadas.

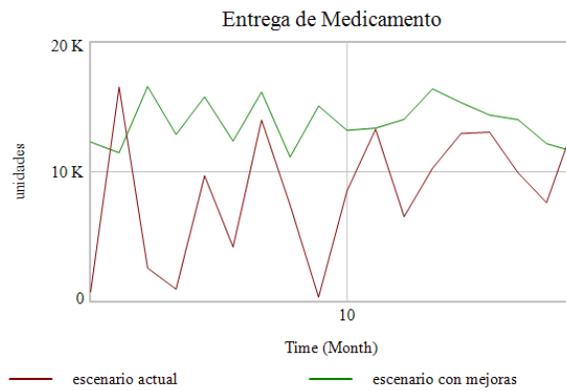


Fig. 12. Comparación modelo actual frente al modelo propuesto, Entrega del medicamento.

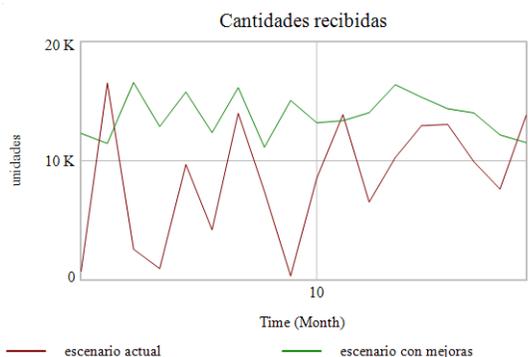


Fig. 10. Comparación modelo actual frente al modelo propuesto, cantidades recibidas.

TABLA II
COMPORTAMIENTOS MODELO ACTUAL, MODELO PROPUESTO.

	Cantidades Solicitadas	Cantidades recibidas	Demanda.	Entrega de Medicamento
Modelo Actual	164.714	153.174	252.662	152.577
Escenario Propuesto	253.608	248.527	253.608	248.527

En cuanto al análisis de costos, se obtiene una reducción en el escenario propuesto del costo total del 27%, con respecto al modelo actual, el cual es considerado como un porcentaje significativo para la IPS y que rectifica la reducción de los costos del modelo actual con el escenario propuesto.

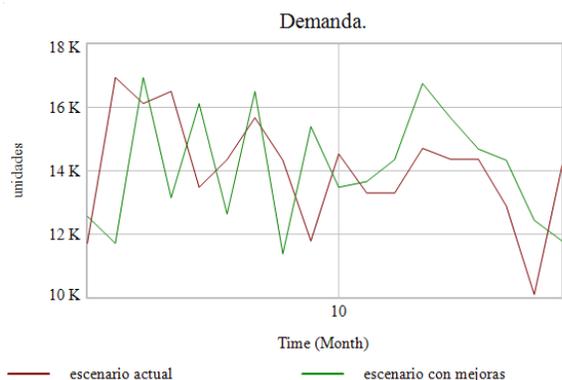


Fig. 11. Comparación modelo actual frente al modelo propuesto, Demanda.

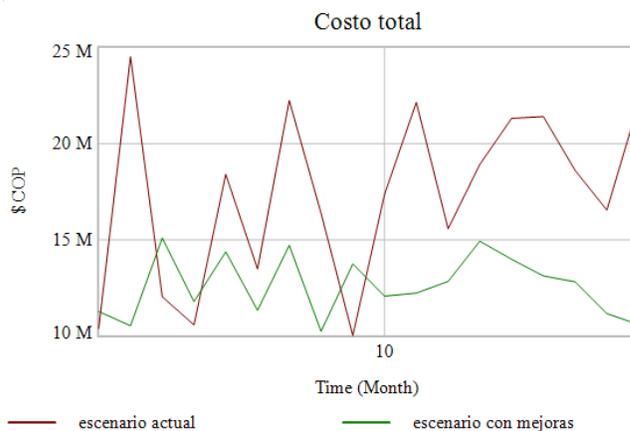


Fig. 13. Comparación modelo actual frente al modelo propuesto, Costo total.

Tanto en el modelo actual como en el propuesto, la IPS no sufre en su totalidad la demanda de los pacientes (Ver demanda

CONCLUSIONES

El aporte que realiza la DS para entender los efectos de los elementos que afectan la calidad en el aprovisionamiento, es primordial, teniendo en cuenta que el comportamiento de las variables establecidas, pueden afectar la calidad en el sistema y a su vez, su comportamiento, son la base para el establecimiento de las estrategias de mejora de la calidad en el aprovisionamiento.

Se encuentra que el único costo que aumenta es el de inventario, esto debido a que la demanda aumenta para el modelo propuesto y así mismo, al mejorar el desempeño del proveedor, las cantidades entregadas por parte de éste a la IPS aumentan, generando mayor cantidad de medicamentos en el inventario y así mismo, el costo de éste; sin embargo, el costo total sigue siendo significativamente menor para el propuesto que para el actual.

Se encuentra una evidente reducción en cuanto al costo de abastecimiento, esto debido a la eliminación del recurso considerado como innecesario en las actividades de aprovisionamiento, lo que conlleva a rectificar que ésta propuesta genera reducción de costos para la IPS y además mayor cumplimiento con la demanda de los medicamentos que los clientes requieren.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el modelo propuesto y las modificaciones realizadas en el modelo con respecto a las estrategias de mejora en los procesos de aprovisionamiento de medicamentos, se procede a realizar la comparación del modelo actual y el escenario propuesto, esto con el fin de identificar las mejoras en el proceso al generar los cambios realizados, obteniendo como resultado de 18 meses analizados.

AGRADECIMIENTO

Este Proyecto ha sido financiado por la Universidad de la Salle Colombia, en el marco del Proyecto de Investigación: Formulación de estrategias para la mejora de la calidad en las operaciones de abastecimiento, almacenamiento y distribución de medicamentos en IPS de la ciudad de Bogotá y Pereira. Desarrollado por el Grupo de Investigación en Ingeniería Industrial GIII.

REFERENCIAS

- [1] C. J. Robinson y M. K. Malhotra, "Defining the concept of supply chain quality management and its relevance to academic and industrial practice", *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 96, núm. 3, pp. 315–337, 2005.
- [2] V. Londoño, Beatriz; Ramirez, Carlos; Urquijo, Lenis, Ospino, Martha; Londoño, Carolina; Ortiz, Luis; Murillo, Raúl; Piñeros, Marion; Acosta, Jesus; Castellanos, "Plan nacional para el control del cáncer en Colombia 2012-2020", *Minist. Salud Y Protección Soc.*, p. 21, 2012.
- [3] J. P. Zamora Aguas, W. A. Adarme, y M. D. Arango Serna, "Supply risk analysis: applying system dynamics to the Colombian healthcare sector", *Ing. e Investig.*, vol. 33, núm. 3, pp. 76–81, 2013.
- [4] B. Huo, Y. Ye, X. Zhao, y K. Zhu, "Supply chain quality integration: A taxonomy perspective", *Int. J. Prod. Econ.*, pp. 1–11, 2015.
- [5] O. C. Soto Cardona, "Propuesta metodológica para la gestión del riesgo en las redes abastecimiento . Caso de estudio abasto de medicamentos oncológicos de una IPS (Institución prestadora de Salud) de Bogotá", p. 123, 2014.
- [6] G. Park, Y. Kim, K. Park, y A. Agarwal, "Technological Forecasting & Social Change Patient-centric quality assessment framework for healthcare services", *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, vol. 113, pp. 468–474, 2016.
- [7] C. K. Lee David, Joshi Mohan, Layloff Thomas, Moore Thomas, Shelvete Shuleta, Seiter Andreas, Hopkins James, "Ensuring the Quality of Medicines in Resource-Limited Countries. An Operational Guide", pp. 21–105, 2007.
- [8] J. W. Forrester, "System Dynamics and the Lessons of 35 Years". 1991.
- [9] R. G. Coyle, *System Dynamics Modelling. A practical approach*. Springer Science+Business media, 1996.
- [10] B. Múgica y B. González, "La Dinámica de Sistemas como Metodología para la elaboración de Modelos de Simulación", Oviedo, 1998.
- [11] M. Díaz-madroño, J. Mula, y F. Campuzano, "Evaluación de proveedores en una cadena de suministro mediante dinámica de sistemas", en *4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIV Congreso de Ingeniería de Organización.*, 2010, núm. 1, pp. 1187–1196.
- [12] G. Rius-sorolla, J. Maheut, y J. P. Garcia-sabater, "Evaluation of two strategies coordinated through supply system dynamics: a case study in the field of construction materials", *Dir. y Organ.*, vol. 55, pp. 44–51, 2015.
- [13] L. Bam, Z. McLaren, E. Coetzee, y K. von Leipzig, "Reducing stock-outs of essential tuberculosis medicines: a system dynamics modelling approach to supply chain management.", *Health Policy Plan.*, vol. 32, núm. 8, pp. 1127–1134, 2017.
- [14] J. P. Zamora, E. Vanegas, y W. Adarme, "Drug supply network coordination: a case applied to the colombian Health Sector", *Rev. EIA*, vol. 13, núm. 25, pp. 171–183, 2017.
- [15] B. Hannon y R. Matthias, *Dynamic Modeling*. New York: Springer-Verlag New York, 2001.
- [16] J. W. Forrester, "Industrial Dynamics: A major breakthrough for decision makers.", *Harvard Business Review*, vol. 36, núm. 4, pp. 37–66, 1958.