

Modelo de Dinámica de Sistemas para un Sistema de Competencia Dupolística

Para citar este artículo /
To reference this article /
Para citar este artículo.
Lopez, S. Eduyn R., &
Méndez, G. Germán A
(2014). Un Modelo de
Dinámica de Sistemas para
un Sistema de Competencia
Dupolística. Ingenio Magno.
Vol 5, pp. 28-40

A SYSTEM DYNAMICS MODEL TO A DUOPOLY COMPETITION SYSTEM

Eduyn Ramiro López-Santana, M.Sc.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Bogotá, Colombia.
e_mail: erlopezs@udistrital.edu.co.

Germán Andrés Méndez-Giraldo, PhD.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
Bogotá, Colombia.
e_mail: gmendez@udistrital.edu.co.

Recepción: 2014 - 6 - 04 \ Aceptación: 2014 - 12 - 21

RESUMEN

En un mercado en el cual sólo dos productores participan generando bienes idénticos a costos idénticos, la competencia se da en términos de las variables estratégicas y su dinámica. En algunos casos las variables pueden ser las cantidades de producción (duopolio de Cournot) o los precios (caso de Bertrand), sin embargo existen otras variables que influyen en la decisión de compra de los consumidores como lo son el tiempo de entrega, el cumplimiento de la cantidad entregada, y la calidad, los cuales son conocidos como función o nivel de servicio. En este artículo se presenta un modelo de un juego entre dos empresas que pueden variar sus niveles de precios, cumplimiento en la cantidad entregada, tiempo de entrega y calidad, las cuales influyen en la demanda para ambos actores, y en los costos y utilidades. Se desarrolla un juego de simulación en el que los actores pueden fijar sus estrategias con el fin de determinar qué acciones tomar para maximizar su utilidad y su participación en el mercado. Este trabajo permite evidenciar el uso de herramientas de modelación aplicadas que permitirán por medio de juegos virtuales incrementar las competencias de los decisores en diferentes ámbitos.

Palabras Claves: duopolio, dinámica de sistemas, función de servicio, toma de decisiones.

ABSTRACT

In a market in which only two producers participate generating identical goods with identical costs, competition is given in terms of strategic variables and dynamics. In some cases the variables may be production quantities (Cournot duopoly) or prices (Bertrand's case). However, there are other variables that influence the buying decision of consumers such as delivery time, compliance with the quantity delivered and also the quality; these are known as function or level of service. Presented in this paper is a model of game-play between two companies which can vary their price levels, compliance with the quantity delivered, quality and delivery time; all of which influence demand for both parties, both in terms of costs as well as profits. A virtual game is developed in which players can set their strategies in order to determine what actions to take to maximize their profit and their market share. This work highlights the use of applied modelling tools that enable virtual games by increasing the powers of the decision-makers in different scenarios.

Keywords: decision making, duopoly, service function, system dynamics.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo muestra la aplicación de la dinámica de sistemas a un modelo de competencia de duopolio, en el cual se muestra la dinámica entre las decisiones estratégicas tomadas por cada uno de los competidores, y sus repercusiones en el tiempo. Este tipo de dinámicas se ha analizado por medio de la teoría de juegos, en la cual se plantean juegos de suma cero o no cooperativos en busca de un equilibrio en las decisiones tomadas. La simulación es un enfoque que se puede aplicar a esta situación dada la dinámica entre las variables y su repercusión en el tiempo; para esto la dinámica de sistemas se convierte en una alternativa aplicable para la modelación de esta situación, ya que posee características tales como ser un enfoque integral y dinámico, porque considera el sistema de manera holística, además se basa en el tiempo y los flujos de realimentación que se presentan a través de este.

Para la aproximación planteada en este artículo se tomaron algunas variables estratégicas como: niveles de precios, cumplimiento en la cantidad entregada, tiempo de entrega, y calidad, las cuales influyen en la demanda para ambos actores, y en los costos y utilidades. El modelo se basa en el desarrollo de un juego de simulación en el que los actores pueden aplicar diferentes decisiones y fijar sus estrategias en busca de un objetivo, que puede ser maximizar su utilidad y su participación en el mercado.

Por otro parte, este trabajo permite mostrar el uso de la simulación por medio de juegos virtuales, con el objetivo de crear espacios para la experimentación mediante un sistema que busca mejorar las competencias de los analistas en diferentes ámbitos, que no es otra cosa que generar competencias para la toma de decisiones.

Este artículo está constituido por 6 apartados incluyendo esta introducción. El apartado 2 muestra el marco referencial del problema, abarca las generalidades sobre los duopolios y sus tipos, el modelamiento sistémico, y los antecedentes de modelamiento de este problema. En el apartado 3 se presenta la metodología de modelación seguida

para la construcción de este modelo. El apartado 4 muestra la aplicación de la metodología iniciando con la descripción del sistema, el modelo causal y el modelo de simulación, respectivamente. En el apartado 5 se presenta las experimentaciones realizadas y el juego planteado en este modelo. Se finaliza con el apartado 7, que presenta las conclusiones y trabajos futuros del presente trabajo.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Generalidades sobre los Duopolios

El duopolio es definido como una industria en la cual sólo hay dos empresas productoras de un bien [1]. En el duopolio como tal sólo existen dos productores de un bien, un cambio en el precio o la producción de un oferente afectará la del otro, y las reacciones del segundo a su vez influirán en el primero. Por lo tanto, cada productor se da cuenta de que un cambio de su precio o nivel de producción dará lugar a una cadena de reacciones, lo cual lo obligará a hacer suposiciones acerca de cómo actuará el otro vendedor frente a un cambio de su política. Es esta la característica esencial de la teoría del duopolio, en la cual ninguno de los productores puede ignorar las reacciones del otro, ya que ambos quedan ligados en una situación de interdependencia [2].

Existen los siguientes tipos de modelo de duopolio:

- Modelo de duopolio de Cournot, se basa en que cada una de las empresas considera fijo el nivel de producción de su competidora, decidiendo entonces la cantidad que va a producir. En este modelo cada duopolista produce una cantidad que maximiza sus beneficios en función de lo que produce su competidora, por lo que ninguno de los duopolistas tiene incentivos para alterar su nivel de producción [3]–[5].
- Modelo de duopolio de Bertrand, este modelo plantea que las empresas no compiten en producción sino en precio, siendo esta la variable estratégica que se debe tener en

cuenta [4], [6]. La estrategia adecuada en este modelo es fijar el precio levemente por debajo del precio del otro duopolista. Sin embargo el otro duopolista tendrá la misma estrategia, obteniendo como resultado que ambos bajaran su precio hasta que sea igual al costo marginal [7], [8].

- Modelo de duopolio de Stackelberg, consiste en que una empresa dominante (o líder) decide primero la cantidad a producir, y una empresa subordinada (o seguidora) observa la cantidad producida por el líder y decide en segundo lugar. Para este modelo, el juego es de decisiones sucesivas en vez de simultáneas, como es el caso de los juegos de Cournot y Bertrand [4], [6], [9], [10]. En este modelo se pueden llegar a distintas soluciones:
 - Si la empresa líder quiere ser líder y la seguidora quiere ser seguidora, se llega al equilibrio según el modelo de Stackelberg.
 - Si las dos empresas quieren ser seguidoras, la solución es el modelo de Cournot.
 - Si las dos empresas quieren ser líderes, porque de esta forma obtienen mayores beneficios, ninguna estará sobre su función de reacción ni maximizando beneficios. Puede ocurrir que una empresa termine sometiendo a otra, o si ambas son muy poderosas podrían hacer un pacto y funcionar como un monopolio.

2.2 Modelamiento sistémico

El pensamiento sistémico tiene sus orígenes en Peter Senge [11], el cual la concibe como la quinta disciplina de las organizaciones inteligentes. El pensamiento sistémico abarca una amplia y heterogénea variedad de métodos, herramientas y principios, todos orientados a examinar la

interrelación de fuerzas que forman parte de un proceso común.

Para el modelamiento sistémico se emplea una técnica de simulación continua como la Dinámica de Sistemas, la cual es utilizada para representar los sistemas con flujos de retroalimentación [12], [13]. El gran potencial de la dinámica de sistemas se encuentra en que se trata de un modelamiento dinámico, es decir, que se centra en el tiempo, permitiendo observar qué consecuencias pueden producirse a corto, medio y largo plazo de las decisiones adoptadas. De esta manera, la dinámica de sistemas representa una técnica de modelación adecuada para incorporar los fenómenos asociados al tiempo, tales como las demoras, la amplificación, la distorsión, etc.

2.3 Antecedentes de modelación

La modelación de los duopolios se ha utilizado para analizar los oligopolios en microeconomía, buscando representar el funcionamiento de las empresas y la manera en que compiten entre sí. Puede servir para representar la competencia entre empresas privadas, entre grupos de empresas que compiten en un mercado, y también para representar la gestión pública frente a la privada.

Los primeros modelos de duopolios fueron los desarrollados por Cournot en 1838, seguido de Bertrand en 1883, y este a su vez seguido de Stackelberg en 1934, [4], [10], [2]. Estos modelos son representados utilizando la Teoría de Juegos y pueden tener diferentes clasificaciones, tales como ser juegos finitos o infinitos, juegos de información perfecta e imperfecta, juegos estáticos y dinámicos, y de suma cero.

García [14] desarrolló un modelo de simulación aplicando dinámica de sistemas al mercado mayorista de generación eléctrica en España, con el objetivo de determinar qué estrategias siguen los generadores en el mismo, los resultados muestran la fijación de unos precios superiores a los costes marginales como consecuencia del ejercicio de poder de mercado por parte de las principales compañías.

Otro trabajo que muestra la aplicación de la Simulación y Teoría de Juegos es el desarrollado por Rojas [15] llamado Bolsa de energía en el SING – Simulación vía teoría de juegos, en el cual se aplica los principios del oligopolio de Cournot y además se desarrollan unas estrategias para los participantes en el juego. De esta manera se observa que la simulación se ha convertido en un enfoque bastante aceptado en el ámbito de la investigación y aplicación al modelamiento de este tipo de situaciones, en donde su carácter dinámico e integral permite representar de manera holística este tipo de competencias.

3. METODOLOGÍA DE MODELACIÓN

Un modelo es un sustituto de un objeto o de un sistema, y se puede definir como la representación simplificada o la abstracción en algún grado o medida de un objeto o sistema real [12], permitiendo describir el comportamiento de sistemas, postular hipótesis o teorías que expliquen el comportamiento observado, usar teorías para predecir un comportamiento futuro; constituyen una ayuda para el pensamiento, el aprendizaje, la comunicación, el entrenamiento, entre otras. La metodología empleada se basa en el desarrollo de modelos con dinámica de sistemas, y presenta tres fases, conceptualización, modelación, y evaluación. La metodología seguida para el desarrollo de este trabajo se muestra en la figura 1.

4. MODELO DINÁMICO PARA EL DUOPOLIO

4.1 Descripción del sistema

El sistema consiste en un duopolio dinámico en el cual las decisiones no se toman en forma simultánea sino secuencial, (basado en el duopolio de Stackelberg). Este consiste en dos empresas, las cuales deciden competir por una cantidad de mercado dado por la función de demanda de los consumidores. En este tipo de competencia las dos empresas son líderes del mercado y comparten un mismo producto; una de ellas (se denomina "líder") quien tomará una decisión anticipada respecto a unas variables estratégicas, y la otra empresa que decide después, es la que juega en segundo término y se conoce como "seguidora" de acuerdo a la decisión del líder. Un ejemplo de este tipo de competencia se evidenció en el mercado de automóviles donde General Motors vendría a ser la empresa líder, y Ford y Chrysler las seguidoras. Este es un modelo de fácil y generalizada aplicación para muchas empresas, sin embargo existen dos modelos en los cuales la decisión es tomada de manera simultánea como es el caso de los duopolios de Bertrand y Cournot [17].

Para este caso se define un sistema de duopolio donde existen dos actores (empresas) que producen un bien de consumo, y se puede representar como un juego entre dos competidores considerando que:

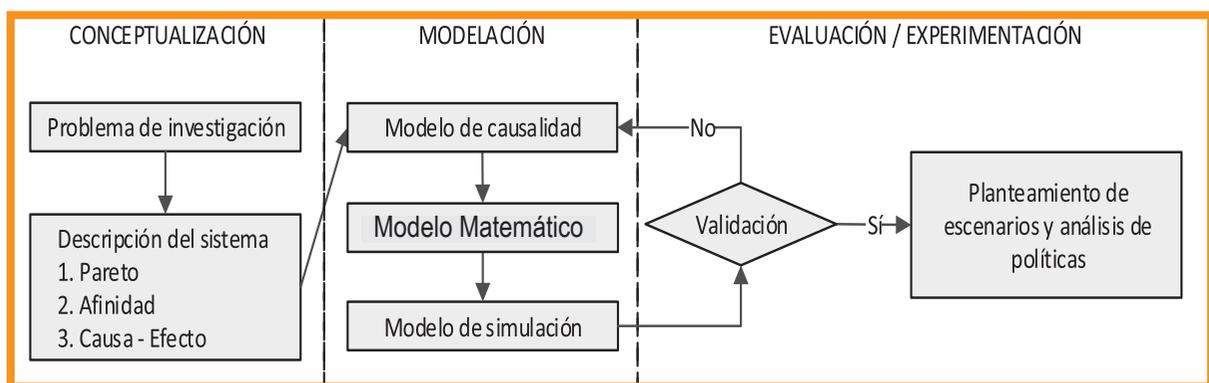


FIGURA 1. Metodología empleada (Fuente: Adaptado de Méndez (2012))

- La demanda está en función de cuatro variables estratégicas: precio, tiempo de entrega, cumplimiento de la cantidad entregada, y calidad del producto, esta última caracterizada por tres variables principales: la duración, la resistencia y el tiempo de respuesta. Estas son las variables que las dos empresas podrán cambiar de manera independiente y de acuerdo a la dinámica establecida.
- Se considera que cada una de estas cuatro variables son igualmente representativas para el usuario (función de servicio), y por tanto su impacto en la demanda de cada actor será una ponderación de cada una.
- Se supone que las empresas son idénticas en la actualidad, es decir tienen el mismo mercado (50% cada una), el mismo precio, el mismo nivel de calidad, el mismo tiempo de entrega, y el mismo cumplimiento en la cantidad entregada y solicitada. Por tanto se determinarán los cambios originados de las decisiones tomadas como porcentajes de variación de sus valores.
- El juego es de dos etapas y se considera al actor 1 como "líder", es decir, él actúa en la primera etapa, y espera o puede mantener su cambio para la segunda; mientras que el actor 2 es el "seguidor", el cual actúa en la segunda etapa como respuesta al primer actor. También se plantea la opción de que el actor 2 puede actuar de manera independiente en la primera etapa, lo cual mostraría decisiones simultáneas en el modelo.
- Para el modelo de simulación el actor 1 será el usuario y el actor 2 la máquina.

4.2 Modelo causal

El diagrama de causalidad que representa el comportamiento y las acciones de los actores del juego se presenta en la figura 2, en este se observa cómo la demanda (llamada QDEMANDADA) para cada uno de los jugadores es afectada de manera negativa por el precio y el tiempo de entrega, es decir, a un aumento del precio del bien la demanda disminuirá, y a una disminución del precio la demanda aumentará, esperando que el otro actor mantenga su precio constante, el mismo comportamiento se presenta con el tiempo de entrega. Cuando el otro actor 2 (o 1) varía su precio o su tiempo de entrega, su efecto es positivo sobre la demanda del actor 1 (o 2), de tal manera que cuando se realizan cambios idénticos simultáneos la demanda no variará.

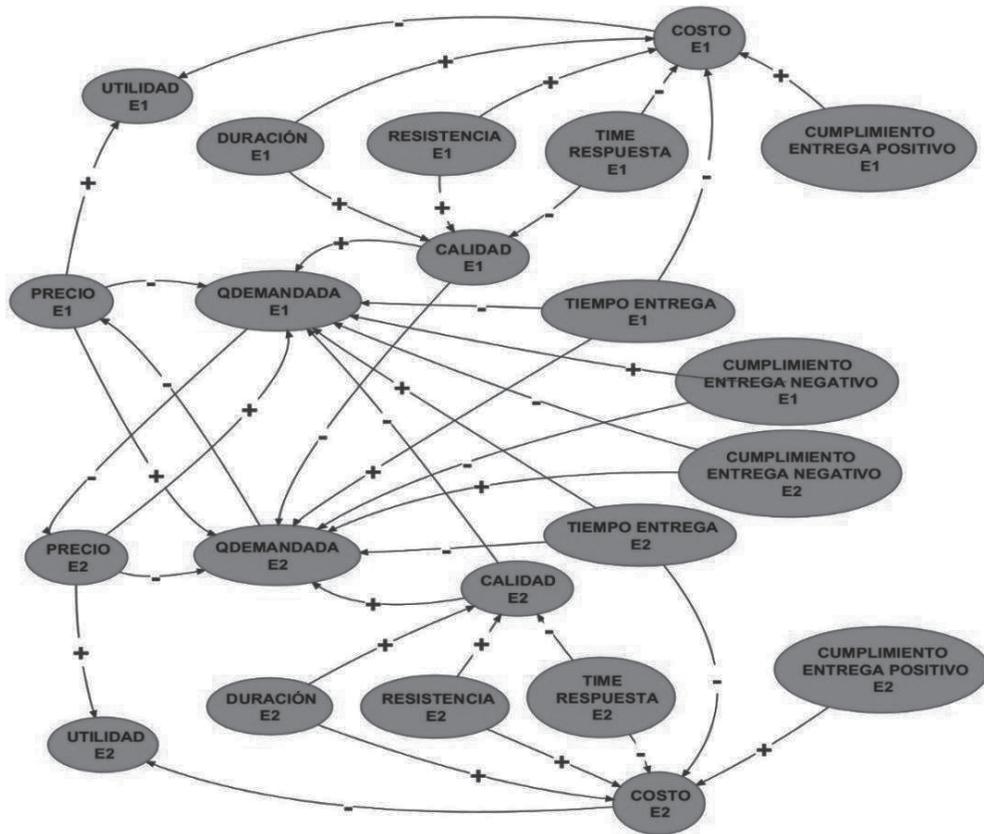


FIGURA 2. Modelo Causal Duopolio (Actor 1= E1; Actor 2= E2). (Fuente: Elaboración propia)

La demanda se ve afectada de manera positiva por las variables calidad, y cumplimiento en la cantidad entregada. Un aumento en la calidad ocasionará que la demanda del bien suba, y si la percepción de calidad disminuye la demanda del bien baja. En el caso del cumplimiento de la cantidad entregada, si esta sube no se tendrá efecto sobre la demanda, pero si esta baja la demanda también bajará. Al igual que en las variables anteriores se espera que el otro actor mantenga sus variables constantes, y a cambios idénticos de ambos actores las demandas se mantendrán iguales.

La calidad del bien producido por cada una de las empresas se ve afectado positivamente por la duración y la resistencia, cuando estas aumentan se aumenta la percepción de la calidad, y al disminuir alguna se reduce la calidad. El tiempo de respuesta influye de manera negativa sobre la calidad, al aumentar este se disminuye la percepción de la calidad, y al disminuirse se aumenta la calidad.

Por otro lado los costos se aumentan cuando se aumenta la duración, la resistencia y la cantidad entregada, y al disminuir el tiempo de entrega y el tiempo de respuesta. La utilidad aumenta al aumentar el precio, y se disminuye al disminuir el precio o al aumentar los costos. Para este sistema de duopolio se evidencia la existencia de unos ciclos compensadores entre el precio de uno de los actores y la demanda del otro actor, estos ciclos son los que crean la dinámica entre las decisiones tomadas por cada uno de los actores en el tiempo.

4.3 Modelo de simulación

En las tablas 1 y 2 se muestran unos datos para una empresa y sus variables estratégicas de acuerdo a las relaciones establecidas en el modelo causal. Para este modelo se supone que se produce un cambio a la vez para causar el aumento del costo, si se tiene un Costo C y un Precio de Venta P, la utilidad marginal se representa por $U=P-C$.

TABLA 1. Datos de variación de la demanda y variables estratégicas.

% Crecimiento de la Demanda	% Crecimiento Precio	% Aumento Tiempo entrega	% Cumplimiento Cantidad entrega	% Aumento percepción calidad		
				Duración	Resistencia	T. Respuesta
25	-12,75	-20	-	15	12	-12
20	-10	-15	-	12	10	-8
15	-7,5	-12	-	10	8	-6
10	-5	-8	-	8	6	-4
5	-2,5	-4	-	4	4	-2
0	0	0	0	0	0	0
-5	2,5	10	-5	-5	-2	2
-10	5	20	-8	-10	-5	5
-15	7,5	25	-10	-15	-8	10
-20	10	30	-12	-20	-10	12
-25	12,5	40	-15	-25	-12	18

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 2. Datos de variación de la calidad.

% Aumento del costo	% Disminución Tiempo entrega	% Aumento Cantidad entrega	% Aumento Duración	% Aumento Resistencia	% Disminución T. Respuesta
10	1	1	1	1	-1
15	5	2	5	3	-3
20	10	5	10	5	-5
25	15	7	12	8	-8
35	20	10	15	10	-10

Fuente: Elaboración propia.

Se supone una utilidad marginal actual del 35% para cada uno de los actores. Para determinar las relaciones entre las variables mencionadas y la demanda y el costo se suponen relaciones lineales, y por tanto su valor se determinó por medio del método de regresión lineal simple. Para la demanda como variable dependiente de cada una de las cuatro variables por separado (variables independientes) se obtuvieron los resultados de la tabla 3. Para el costo se realizó el mismo procedimiento utilizando regresión lineal simple con las variables tiempo de entrega, cumplimiento

de la cantidad entregada, y calidad del producto, esta última subdividida en duración, resistencia y tiempo de respuesta, los resultados se presentan en la tabla 4.

TABLA 3. Coeficientes impacto en la demanda.

Aumento Demanda	
Variable	Factor
% Crecimiento Precio	-1,99081164
% Aumento Tiempo entrega	-0,73871256
% Cumplimiento Cantidad entrega	1,55913978
	Duración 1,16424116
% Aumento percepción calidad	Resistencia 1,97991392
	T. Respuesta -1,74216028

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4. Coeficientes impacto en el Costo.

Aumento en Costo	
Variable	Factor
% Disminución Tiempo entrega	1,81091877
% Aumento Cantidad entrega	3,7150838
% Aumento Duración	2,24242424
% Aumento Resistencia	3,54271357
% Disminución T. Respuesta	-3,54271357

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que actualmente las dos empresas son iguales y por tanto los valores de precio y costo son iguales, así como los niveles de calidad, tiempos de entrega, y la cantidad entregada, se considera que no hay variaciones en el pasado. Los cálculos de las variaciones en la demanda y en el costo sólo se basan en las variaciones porcentuales de cada variable ponderándolas adecuadamente. Los cambios realizados en las variables sólo afectan el período de planeación, es decir su efecto no se multiplicará en el tiempo. Se supone que los cambios presentados en la demanda por acción de las variables descritas son en un período, el cual puede ser de un mes, de dos o de tres, dependiendo de la naturaleza del producto, ya que en la realidad los cambios se dan paulatinamente en el tiempo; para este modelo se considera el "período" como ese

tiempo necesario para observar el cambio dada la estrategia escogida.

El *dt* o paso de simulación es considerado de 1 período, esto para garantizar las jugadas realizadas por las dos empresas. Para la interacción con el usuario se elaboró un panel de entrada de datos en la interface, el cual permite variar los datos cada vez que el juego pause, es decir intervengan los dos actores.

A continuación se describe cada una de las variables de entrada en el modelo, el número identifica el actor 1 o 2.

1. Demanda: NQ1 y NQ2, para cada uno de los actores con un nivel de 50 cada una, el cual representa el 50% de mercado, como condición la suma de las dos no debe pasar de 100%.
2. Precio: NP1 y NP2, para cada actor es de 100%, ya que son iguales, se trabajará con ese valor, para observar sus variaciones (aumentos y disminuciones) porcentuales en el tiempo.
3. Costos: NCosto1 y NCosto2, el cual es de 65%, para garantizar el nivel de utilidad del 35%.
4. Utilidades: NÚTIL1 y NÚTIL2, es la diferencia entre el precio y el costo de cada empresa, su valor inicial es 35%.
5. Cumplimiento en la cantidad entregada: NCE1 y NCE2, el cual tiene un valor de 100%.
6. Tiempos de entrega: NTE1 y NTE2, el cual tiene un valor de 100%.
7. Calidad: NCal1 y NCal2, el cual tiene un valor del 100%, esta considera de manera agregada las tres variables principales, duración, resistencia y tiempo de respuesta. Estas no son mostradas de manera individual, ya que sólo interesan las variaciones.

Como condición inicial se considera que no hay variaciones hechas en el pasado, los cálculos de las variaciones en la demanda y en el costo sólo se basan en las variaciones porcentuales de cada variable ponderándolas adecuadamente.

5. RESULTADOS

5.1 Revisión del Modelo

Para la revisión del modelo se realizaron pruebas para observar que cumpliera con las condiciones de variación de la demanda y con las respuestas esperadas por las empresas en el desarrollo del juego. Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

1. Se corrió el modelo sin realizar ninguna variación (cambio en las variables) para determinar que no se modificarán las condiciones iniciales del modelo. Para este caso se desactivan las ecuaciones y el Ctime (control del tiempo) se hace igual a 1. Para esta prueba el modelo corrió de manera adecuada conservando las condiciones iniciales. Al cambiar los pesos de las variables en 1, y hacer distintos cambios de las variables por aparte se encontraban muy aproximados a los valores de las tablas 1 y 2 de datos de las variaciones. De esta forma se pudo comprobar que los parámetros están bien asignados y muestran el comportamiento deseado.
2. Al realizar cambios iguales en las variables para cada actor, se sigue conservando la misma proporción de demanda, y varían la utilidad y los costos, dependiendo de los cambios realizados.
3. Para el caso en el que el juego es de 2 etapas, se tiene que el actor 1 (analista) es el primero en actuar, y el actor 2 puede actuar independientemente o mantener su estado igual pensando que el actor 1 no hizo nada y en la segunda etapa responde al juego. Cuando ambos responden independientemente se utiliza el Ctime de 1 (por ejemplo el juego anterior), para el caso de que el actor 1 juegue primero, se mantienen constantes las variables, en la etapa 2 donde el actor 2 prefiere seguirlo se considera el Ctime igual a 2.

Se pudo observar que las estrategias seguidas por actores conservan las condiciones del oligopolio. También se observó cómo el juego conserva las condiciones entre las variables expresadas en el causal y las dadas por las ecuaciones.

Además de estos ensayos de revisión se realizaron pruebas con cada parámetro observando que se cumplían los valores esperados y las decisiones programadas, como las respuestas del jugador 2. Se destaca que es posible combinar los dos juegos, dos etapas y una etapa, variando el valor del Ctime, y las decisiones del jugador 1 dependen del juicio del analista o de la estrategia establecida, mientras que la respuesta del jugador 2 puede ser de seguidor, o de manera independiente según la que se establezca. De esta forma el modelo de simulación permite la interacción con el usuario como si fuera un juego real, además se considera que el jugador 1 es el "líder" o el que primero realiza los cambios y el jugador 2 es el "seguidor".

5.2 Análisis de escenarios

Los escenarios dependen de las estrategias planteadas por cada jugador, y de la respuesta de estos. De esta manera se plantean unos posibles escenarios basados en la respuesta que

puede dar el actor 2 a las variaciones del actor 1. Los escenarios planteados en el análisis de sensibilidad se muestran en la tabla 5.

TABLA 5. Escenarios Planteados para la validación.

Escenario	Estrategias.
Actor 1 cambia variables, Actor 2 como seguidor: para estos escenarios se consideran los cambios para cada variable por parte del actor 1 en la etapa 1 de la jugada, en condiciones de ceteris paribus para las demás, mientras que el actor 2 responde de la misma manera que el actor 1 en la segunda etapa de la jugada, se realizaron 10 jugadas seguidas. Estos se realizaron con el módulo de análisis de sensibilidad según los rangos posibles de cada variable.	A. Cambios en el precio. B. Cambios en la cantidad entregada. C. Cambios en el tiempo de entrega. D. Cambios en la calidad. i. Duración. ii. Resistencia. iii. Tiempo de respuesta.
Actor 1 cambia variables, Actor 2 no realiza ningún cambio: para estos escenarios el actor 1 realiza sus cambios en una variable en la etapa 1 de la jugada, en condiciones de ceteris paribus para las demás, mientras que el actor 2 no responde a ningún cambio, se realizaron 10 jugadas seguidas. Las variaciones terminan teniendo el efecto mostrado en el modelo causal omitiendo las influencias del actor 2.	

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Juego planteado

Se plantearon unas estrategias para el jugador 1 y se desarrolló un juego en el cual el actor 2 tiene la opción de responder de la misma manera, no responder, o anticiparse. Este es un juego que se puede presentar, sin embargo existen muchas combinaciones de estrategias para cambios en las variables, lo interesante es ver cuál es la mejor respuesta por parte del jugador 2, y de estas cuál sería la óptima para el jugador 1, en otras palabras

tratar de encontrar equilibrios en el juego. El actor 1 realiza sus cambios pensando que el actor 2 permanecerá constante. Las respuestas del actor 2 son las siguientes: a) El jugador 2 responde de la misma manera un período después; b) El jugador 2 no realiza ningún cambio; y c) El jugador 2 se anticipa a los cambios. Las jugadas planteadas en los escenarios y sus resultados se muestran en la tabla 6.

TABLA 6. Juego y estrategias planteadas.

Jugada del actor 1.	Respuesta del actor 2
<p>I. El jugador 1 aumentará su nivel de precio en 10%, y para contrarrestar la disminución en el mercado plantea disminuir el tiempo de entrega en 15%. El jugador 2 actuará respondiendo según los escenarios planteados, para esta respuesta el actor 1 mantiene constante sus variables.</p>	<p>A. Entonces “1” pasa de 50% de mercado a 48.53%, con lo cual su estrategia no es suficiente, para mantener el juego, además su utilidad disminuyó a 25% debido al incremento en costos por la disminución del tiempo de entrega. Para “2” se incrementó la participación en el mercado y sus cambios iguales lo que hicieron fue frenar su aumento en el mercado y disminuir su utilidad al 25%.</p>
	<p>B. En el período 1: “1” pasa de 50% de mercado a 48.53%, con lo cual su estrategia no es suficiente para mantener el juego, además su utilidad disminuyó a 25% debido al incremento en costos por la disminución del tiempo de entrega; “2” incrementó su demanda a 51.47%, con una utilidad de 35%. Para el período 2: la demanda de “1” disminuye aún más y pasa al 47.10% y la de “2” pasa a 52.90%, en este caso las utilidades permanecen iguales con lo cual el jugador 2 es el más beneficiado.</p>
	<p>C. Para esta respuesta del jugador 2 se considera que él logro pronosticar que su competidor iba a aumentar su precio en 10%, de tal manera que él lo hizo igual, lo que no pronosticó fue la inversión en calidad del actor 1. Los resultados obtenidos muestran que en el período 1, el jugador 1 aumenta su demanda al 51.85% producto de la inversión en calidad realizada, y la utilidad descendió al 25%, mientras que “2” disminuyó su poder en el mercado al 48.15% pero su utilidad aumentó al 41%. En este se pudo observar que aunque el actor dos logro incrementar su utilidad debido al pronóstico realizado, perdió poder en el mercado debido a que su estrategia fue incompleta en comparación con la del jugador 1.</p>
<p>II. El actor 1 decide mantener su precio constante, pero al reducirse sus utilidades se presenta incumplimiento en la cantidad entregada del 10%. Sin embargo trata de diferenciar su producto por medio de una inversión para aumentar la calidad, esta la hace incrementando la resistencia del producto en 5%.</p>	<p>A. El jugador 1, pierde de nuevo participación en el mercado, ahora es del 47.04%, debido a que el efecto del descenso en la cantidad entregada fue mayor al efecto de aumentar la calidad del bien, se incrementaron los costos y su utilidad de nuevo cayó al 12%. Para el jugador 2 al responder de la misma manera encuentra que se aumenta su demanda al 52.96% pero su utilidad disminuye al 12%.</p>
	<p>B. En este caso el jugador 1 ve disminuida su demanda, en el período 3 baja al 45.66%, y en el 4 baja al 44.25%, sus utilidades bajan al 12%. Mientras que el actor 2 conserva sus niveles de utilidad marginal en 35%, y su demanda se incrementó a 54.34% y 55.75%, para los períodos 3 y 4 respectivamente.</p>
	<p>C. En esta jugada el actor 2 al ver el resultado del aumento de la demanda del bien para el actor 1, decide bajar su precio en 10% con el fin de aumentar su cobertura en el mercado. El resultado obtenido para el actor 1 es que se disminuye la demanda al 48.41% producto del incumplimiento en la cantidad entregada y reforzado por la disminución del precio del actor 2, la utilidad se mantuvo en 25%. Para el jugador 2 fue benéfico ya que aumentó la participación en el mercado al 51.59% a pesar de que se redujo la utilidad al 34%.</p>

Fuente: Elaboración propia.

De estos tres escenarios planteados en la jugada I, la mejor estrategia para el actor 1 es el escenario c, ya que gana mercado, aunque su utilidad baja al 25%, mientras que con a y b pierde más mercado; el escenario c es la mejor opción para el jugador 2 ya que obtiene una mejor utilidad y desde el punto de vista de participación del mercado la mejor opción es b. La mejor opción para los dos jugadores en conjunto es el escenario a, ya que tiene una de las menores variaciones en el mercado, y las utilidades son iguales. En la jugada II, para el actor 1 la mejor opción es el escenario c, ya que en este pierde menos mercado, y su utilidad se mantiene en el 25%, mientras que en los otros 2 baja al 12%. Para el actor 2 la mejor opción es b, ya que obtiene la mayor utilidad y la mayor participación en el mercado. La estrategia dada por el escenario a no es atractiva para ningún actor ya que se disminuye las utilidades. Para el oligopolio en conjunto la mejor opción es el escenario c, ya que es el que ofrece buenas utilidades para ambos y la repartición del mercado más equitativa.

6. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó un juego entre dos empresas las cuales pueden variar sus niveles de precios, cumplimiento en la cantidad entregada, el tiempo de entrega y la calidad. Se observa cómo las estrategias del actor líder del duopolio determinan el rumbo del juego, y el seguidor debe escoger las mejores opciones para contrarrestar el efecto en la cobertura del mercado y sus utilidades.

Este modelo también permitió representar el caso en que las estrategias son aplicadas de manera simultánea y su efecto en las utilidades y la participación del mercado. En algunos casos se identificó que la mejor estrategia que podía seguir el actor 2 era no realizar ningún cambio o anticiparse, aunque esto no es generalizable sí es importante destacar el manejo que se le dé a la información, ya que un buen uso de esta es fundamental en la toma de una buena decisión. Para esto, herramientas como la dinámica de sistemas permite obtener dicha información al ser un modelamiento dinámico, además se constituye

en un proceso de aprendizaje continuo en el cual el analista incrementa sus competencias (por ejemplo en un laboratorio de aprendizaje simulado) y adicionalmente obtiene información para una toma de decisiones efectiva. Este trabajo permite concluir que la simulación es una herramienta poderosa para la representación de sistemas, y para la elaboración de juegos dinámicos que permiten la interacción entre los usuarios con el fin de crear espacios virtuales donde se puede experimentar con el modelo, tomar decisiones y encontrar resultados de una manera eficiente y también de manera eficaz.

Para trabajos futuros se puede desarrollar un modelo de duopolio con otras variables estratégicas y la aplicación de la modelación de duopolios a un mercado representativo colombiano. Estos pueden ser el sector de telecomunicaciones, el sector energético, las compañías de aviación, y la gestión pública y privada, por ejemplo para la salud, entre otras.

REFERENCIAS

1. P. R. Krugman and R. Wells, *Introducción a la economía: microeconomía*. Reverte, 2006.
2. E. N. Barron, *Game Theory: An Introduction*. John Wiley & Sons, 2013.
3. J. C. F. de Arroyabe and N. A. Peña, *La cooperación entre empresas: análisis y diseño*. ESIC Editorial, 1999.
4. C. F. Camerer, *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. Princeton University Press, 2011.
5. L. Fanti and L. Gori, "The codetermined firm in a Cournot duopoly: A stability analysis," *Econ. Model.*, vol. 29, no. 4, pp. 1242–1247, Jul. 2012.
6. R. B. Myerson, *Game Theory*. Harvard University Press, 2013.
7. C. Argenton and W. Müller, "Collusion in experimental Bertrand duopolies with convex costs: The role of cost asymmetry," *Int. J. Ind. Organ.*, vol. 30, no. 6, pp. 508–517, Nov. 2012.
8. L. Fanti, L. Gori, C. Mammanna, and E. Michetti, "The dynamics of a Bertrand duopoly with differentiated products: Synchronization, intermittency and global dynamics," *Chaos Solitons Fractals*, vol. 52, pp. 73–86, Jul. 2013.
9. N. Du, J. S. Heywood, and G. Ye, "Strategic delegation in an experimental mixed duopoly," *J. Econ. Behav. Organ.*, vol. 87, pp. 91–100, Mar. 2013.
10. I. Torricollo, "On the dynamics of a non-linear Duopoly game model," *Int. J. Non-Linear Mech.*, vol. 57, pp. 31–38, Dec. 2013.
11. P. M. Senge, *Fifth Discipline In The Practice*. Ediciones Granica S.A., 2005.
12. G. Méndez and L. Álvarez, *Diseño de un prototipo diagnóstico para la pequeña y mediana empresa, PYME: enfoque mediante sistemas dinámicos*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2004.
13. J. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin/McGraw-Hill, 2000.
14. M. García and R. Mariz, "Desarrollo de un modelo de simulación del mercado diario de electricidad español", presented at the Taller Latinoamericano de Investigación de Operaciones TLAIO, 2006.
15. R. Rojas, "Bolsa de energía en el SING – Simulación vía teoría de juegos," Maestría, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 2001.
16. G. Méndez, *Dinámica de sistemas y problemática social*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2012.
17. R. Pindyck and D. Rubinfeld, *Microeconomics*. Pearson Education, 2012.