

Multi-agent framework for the e-commerce model: BCPlus

Kevin Novoa Franco, and Enrique González

Abstract— Traditional e-commerce models present a great opportunity to improve them. Over the years, these models have not had a significant evolution. In this paper, it proposes a new e-commerce model called BCPlus, which takes advantage of two main characteristics of the current market operations: Composition of goods and services for create better products, and multilevel marketing for their distribution.

For BCPlus model technical implementation, it proposes a multi-agent system designed applying the AOPOA methodology. To satisfy interaction requirements of the new model, it use artificial intelligence techniques based on reinforcement learning and fuzzy logic algorithms. In this manner, the result is an intelligent platform that supports multiple distributed and concurrent operations to satisfy the BCPlus model requirements.

Keywords— Intelligent systems, artificial intelligence, machine learning, multi-agent systems, Fuzzy Logic, e-commerce, BCPlus, B2B, B2C, C2C, B2B2C, B2C2C.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, el comercio electrónico bajo esquemas tradicionales B2C (Business to Consumer) y C2C (Consumer to Consumer), se ha convertido en una de las formas más importantes de realizar compras y ventas de productos, alcanzando los \$1,505 trillones de dólares a nivel mundial en el 2014 [1]. Sin embargo, este tipo de esquemas aún tiene sus limitaciones con respecto a los nuevos tipos que han surgido: B2C2C y B2B2C [2]. En el esquema B2C2C, el Mercadeo Multi-nivel permite disminuir los costos que se invierten usualmente en mercadeo y publicidad de productos y servicios [3]. Y en el esquema B2B2C, la Composición de Bienes y Servicios permite ofrecer servicios más completos, lo cual no es común en la mayoría de los esquemas de comercio electrónico actuales.

Teniendo en cuenta las oportunidades de los dos esquemas de comercio electrónico analizados frente a los tradicionales se identifica el problema de negocio de investigación. Para su solución se propone la definición de un esquema denominado: BCPlus o B2B2C2C (resultado de la suma: B2B2C+B2C2C), en donde se busca fusionar lo mejor de los dos esquemas analizados para definir un esquema basado en la “Composición de Bienes y Servicios con Mercadeo Multi-nivel”.

Actualmente no existen sistemas tecnológicos que soporten este tipo de esquema, lo que permite definir el reto informático. Para su solución se identifica la oportunidad de implementar un framework que permita la gestión de su cadena de valor y así la experiencia final de los involucrados sea más satisfactoria. Este framework debe permitir el manejo de trabajo colaborativo y distribuido (a gran escala) para soportar la interacción de los

múltiples roles y entidades participantes, en busca del cumplimiento de cada uno de sus objetivos. Para cubrir estos requerimientos, la solución que se plantea en este artículo es el diseño de un nuevo framework basado en un Sistema Multi-agente que se ajuste a una solución distribuida para soportar las necesidades propuestas para el nuevo esquema de comercio.

No obstante, se debe tener en cuenta, que en la relación de las entidades que se involucran para la satisfacción de la cadena de valor del nuevo esquema propuesto, una de las problemáticas más representativas es el nivel de seguridad para escoger la entidad con la que otra entidad quiere interactuar [4]. Por ejemplo, para los usuarios: optimizar el proceso de compra disminuyendo el tiempo de búsqueda de productos, o para los comercios: escoger los mejores vendedores para obtener cada vez más beneficios, y los mejores aliados para generar mejores composiciones de servicios. Dado que hay una toma de decisiones compleja, se hace conveniente la aplicación de inteligencia a los agentes del framework que representan cada entidad.

Por tal motivo, además de la gestión de un entorno concurrente y distribuido aplicando el paradigma de Sistemas Multi-agente [5], también se requiere tener una contribución en uso de Sistemas Inteligentes para la toma de decisiones complejas [6].

El desarrollo de esta investigación tiene como resultado un análisis detallado del comportamiento del comercio electrónico, en donde por medio del diseño de un framework se simula los procesos de venta y compra de productos y servicios en un entorno distribuido, el cual se puede configurar con ciertas variables de negocio para conocer el comportamiento del mercado en sectores de e-commerce específicos. Se inicia con la definición de negocio del esquema BCPlus, luego con el diseño del SMA que soportará la plataforma y el diseño de la inteligencia del sistema, para finalmente validar su funcionamiento por medio de un protocolo experimental.

II. ESQUEMA DE E-COMMERCE BCPLUS

El modelo BCPlus se compone de la siguiente manera:

$$B2B + B2C + C2C = B2B2C2C = BCPlus$$

En donde,

- **B2B** = Alianzas estratégicas para obtener información (categorizada) necesaria realiza composición de productos y servicios.
- **B2C** = Interacción con el cliente por medio de una plataforma de e-commerce la cual permite crear sugerencias personalizadas para los clientes.

- **C2C** = Personalización y comercialización de productos por medio de un esquema de mercadeo multi-nivel.

El esquema de comercio BCPlus presenta cuatro componentes principales:

- **Bp (Business Proveedor)**: Representa a los proveedores de productos y servicios. Interactúan con el Bc, para registrar sus características y los productos y servicios que ofrecen, teniendo en cuenta los detalles de cada uno, como por ejemplo, sus características específicas, su disponibilidad, etc.
- **Bc (Business Compositor)**: Representa a la plataforma tecnológica que permite la creación de sugerencias basadas en composición inteligente de productos y servicios para ofrecer combos que satisfacen en mayor medida las necesidades de los clientes.
- **Cp (Consumer Personalizador)**: Representa a los clientes que personalizan productos y servicios para su consumo y para compartírselos a los demás clientes.
- **Cc (Consumer Comercializador)**: Representa a los clientes que comercializan composiciones de productos y servicios a cambio de un beneficio aplicando el paradigma del mercadeo multi-nivel, en donde se le genera una recompensa por cada venta directa, y por cada venta de los clientes que componen su red, es decir, que en cada nivel obtiene una recompensa por venta.

A continuación se describen las interacciones de los roles del esquema:

- **Interacción Bp 2 Bc**: Los proveedores ofrecen sus productos en la plataforma tecnológica Bc, evaluando la disponibilidad de cada uno de sus productos y enmarcando sus características principales. De esta manera, el Bc puede hacer una composición inteligente de productos para ofrecer sugerencias (en combos de productos) y utilizando la información de los perfiles de los usuarios del sistema generan sugerencias que se adaptan a las necesidades reales del cliente, dando como resultado una mayor probabilidad de compra por parte de los clientes en todo el sistema.
- **Interacción Bc 2 Cp**: La plataforma Bc genera composiciones de productos que los clientes personalizadores Cp puede modificar para crear nuevas sugerencias y satisfacer sus necesidades. De esta manera, se aumenta la calidad de las composiciones (combos sugeridos) y se logra mayor probabilidad de compra y por ende satisfacción de los clientes.
- **Interacción Cp 2 Cc**: Los clientes personalizadores Cp generan composiciones de productos y servicios que son candidatas para comercialización, de este modo, los clientes comercializadores Cc pueden escoger una composición y comercializarla con su red de amigos (en la plataforma y en redes sociales), para lo cual la plataforma le genera un plan de beneficios que consiste en obtener beneficios por cada venta

directa y por cada venta de los clientes de su red de comercialización.

En la figura 1 se muestra los roles e interacciones del esquema BCPlus.



Figura 1. Roles e interacciones del esquema BCPlus.

III. DISEÑO DEL FRAMEWORK SMA

Para el diseño del sistema multi-agente base de la Plataforma BCPlus se sigue la metodología AOPOA [5]. En la metodología AOPOA (aproximación organizacional para programación orientada a agentes) se aplica un enfoque organizacional para el análisis y diseño del software orientado a agentes que se requiere construir.

A. Objetivos del sistema

En la tabla 1 se muestran los objetivos principales del sistema.

Objetivos del SMA
Buscar y obtener información de productos y servicios en portales de e-commerce.
Definir cuando se busca la información.
Definir qué tipo de información se busca.
Categorizar la información de productos y servicios.
Facilitar la composición de productos y servicios.
Permitir automatización.
Componer productos y servicios.
Generar optimización de productos y servicios.
Permitir al usuario la personalización el proceso de composición de forma interactiva.
Ofrecer productos y servicios por medio de un portal de e-commerce.
Evaluar relación de confianza con cada cliente que interactúa con la plataforma.
Adaptabilidad y personalización.
Permitir al usuario personalizar productos y servicios.
Difundir las combinaciones novedosas generadas por los clientes.
Permitir calificación de las combinaciones a todos los usuarios.
Evaluar las combinaciones generadas por los clientes (a nivel de plataforma).
Permitir un esquema de mercadeo multi-nivel.
Gestionar la motivación para que el cliente difunda y genere compras de productos y servicios.

Tabla 1. Objetivos del SMA.

B. Habilidades del sistema

En la tabla 2 se exponen las principales habilidades identificadas para el sistema.

ID	Descripción
H1	Consulta eficiente de productos y servicios en portales de e-commerce (crawling).
H3	Ejecución periódica de procesos de consulta de información.
H6	Manejo de un esquema de composición de productos y servicios.
H7	Interpretación de características de productos y servicios.
H8	Manejo de un esquema de personalización de productos y servicios.
H9	Almacenar información transaccional de todas las interacciones del usuario.
H10	Análisis de información de usuario para toma de decisiones.
H12	Evaluación inteligente de personalizaciones de productos y servicios.
H15	Generación de recomendaciones de combinaciones de productos y servicios.

Tabla 2. Habilidades principales del SMA.

C. Entidades del sistema

Se definen las entidades que contribuirán a la solución del problema. En la tabla 3 se describen las entidades identificadas en el sistema.

Nombre	Descripción
Comercio	Establecimiento comercial con presencia en internet.
Cliente	Cliente de la plataforma de e-commerce.
Plataforma	Tiene los servicios para mantener aplicación en la nube.
CA	Entidades que emiten certificados digitales.

Tabla 3. Entidades del SMA.

D. Recursos del sistema

En la tabla 4 se definen los recursos principales que vienen del exterior del SMA y son necesarios para su funcionamiento. La cardinalidad dinámica significa que la cantidad del recurso puede variar de acuerdo al comportamiento de las entidades.

ID	Descripción	Cardinalidad	Origen
R10	Información de categorización de productos y servicios de los proveedores.	Dinámica	Proveedor
R13	Información de semántica del portal web de los proveedores.	Dinámica	Proveedor
R14	Información detallada de productos y servicios de los proveedores.	Dinámica	Proveedor
R17	Información de perfil de usuario.	Dinámica	Cliente
R18	Información de preferencias y gustos de usuario.	Dinámica	Cliente
R19	Información transaccional histórica de usuario.	Dinámica	Cliente
R20	Información de mercadeo de usuario.	Dinámica	Cliente

Tabla 4. Recursos del SMA.

E. Tareas del sistema

Para cada uno de los objetivos identificados anteriormente se genera una tarea y se complementa su información teniendo en cuenta lo definido en la sección de objetivos, habilidades y recursos. En la tabla 5 se muestran las tareas principales del sistema.

ID	Tarea	Recursos involucrados	Habilidades requeridas
T1	Definir cuando se busca la información.	R14 R10 R12	H1 H3 H9
T6	Facilitar la composición de productos y servicios.	R14	H7
T7	Definir una categorización entendible.	R14 R10	H7
T10	Optimizar en cuanto a costo en combinaciones de productos y servicios.	R14 R21	H3 H6 H7 H15
T11	Optimizar en cuanto a novedad en combinaciones de productos y servicios.	R14 R17 R18	H3 H6 H7
T13	Combinar tanto productos como servicios.	R14	H3 H6 H7 H15
T17	Evaluar relación de confianza con cada cliente que interactúa con la plataforma.	R17 R19 R22	H9 H10
T37	Ofrecer un esquema de mercadeo multinivel para los usuarios.	R17 R21	H10

Tabla 5. Tareas del SMA.

F. Roles del sistema

Se toma la caracterización de tareas llevada a cabo en el paso anterior y se agrupan en un rol único que representa al SMA, y que estará a cargo de su ejecución. En la tabla 6 se describen los roles identificados del sistema.

ID	Rol	Descripción
Rol2	Personalizador Usuario	Gestiona el perfil del usuario.
Rol3	Buscador Proveedor	Gestiona la búsqueda de nuevos comercios potenciales.
Rol4	Categorizador	Gestiona la categorización de información en la plataforma.
Rol5	Agente Crawler	Gestiona la conexión con portales externos y consulta de su información.
Rol6	Gestor Motivación	Gestiona la motivación de los usuarios.
Rol7	Representante Proveedor	Representa a un proveedor externo obteniendo su información detallada.
Rol8	Representante Usuario	Representa al usuario y lo perfila de acuerdo a sus características (adaptabilidad).
Rol9	Gestor Referenciación	Gestiona la referenciación de usuarios.
Rol10	Gestor MultiNivel	Gestiona los componentes del mercadeo multi-nivel.
Rol11	Interfaz	Gestiona las interacciones del usuario final con la plataforma.

Tabla 6. Roles del SMA.

G. Interacciones del sistema

En la figura 2 se ve la interacción de los roles teniendo en cuenta su interacción con las entidades externas identificadas anteriormente e identificando su relación con los roles del esquema de comercio BCPlus.

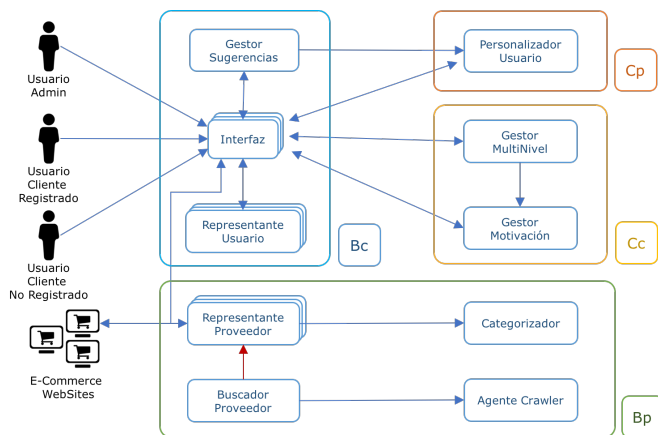


Figura 2. Roles e Interacciones del SMA.

H. Protocolos de Interacción del sistema

A continuación se describen los principales protocolos identificados para el sistema:

1) PRC: Protocolo de registro de cliente en el sistema

Este protocolo permite el registro de un cliente en la plataforma. Para esto el agente interfaz recibe la solicitud de registro (desde el portal de e-commerce) y se comunica con el representante de usuario para que éste se solicite la creación de perfil al personalizador de usuario. Posteriormente notifica los agentes gestores de motivación y de sugerencias para que realicen sus respectivas tareas respecto al registro de un nuevo cliente.

2) PBP: Protocolo de búsqueda y evaluación de compra de productos

Este protocolo describe el proceso que permite la búsqueda y compra de productos y servicios por parte de un usuario cliente de la plataforma. Para esto el agente interfaz recibe la solicitud del usuario y hace la solicitud de búsqueda al agente representante de usuario, el cual realiza la solicitud de sugerencias al agente de sugerencias. El agente de sugerencias consulta en la base de datos del sistema las sugerencias generadas para el usuario que realiza la solicitud.

3) PPP: Protocolo de búsqueda periódica de productos y servicios por parte del sistema

Este protocolo describe el proceso donde el sistema descubre nuevos productos de forma automática (periódicamente). Se define un agente buscador de proveedor el cual realiza una búsqueda inteligente en internet de nuevos portales de e-commerce y realiza una evaluación de confianza para ver si lo inscribe en los proveedores de la plataforma. Si la evaluación es positiva, se instancia un nuevo agente representante del nuevo proveedor, el cual se encarga de hacer la solicitud al agente Crawler (que sabe interpretar información de los portales de e-commerce) para obtener sus productos y servicios. Luego el agente proveedor envía esta información al

agente Categorizador para que la incluya en el sistema siguiendo la ontología de e-commerce definida en la plataforma.

4) PES: Protocolo de envío de sugerencias (Personalización de productos y servicios)

Este protocolo describe el proceso donde el usuario final envía sugerencias de combinaciones de productos y servicios para que sea recompensando cada vez que otros usuarios las compren. Para esto, el agente interfaz recibe la solicitud del usuario final (la sugerencia) y la envía al agente de sugerencias, el cual la evalúa para verificar que no exista y que sea consistente, y la almacena en el sistema para luego solicitar el plan de beneficios asociado a esta sugerencia. El gestor de motivación se encarga de generar un plan de beneficios teniendo en cuenta el comportamiento del usuario en la plataforma, así lograr generar un plan de beneficios justo tanto para el usuario como para los proveedores del sistema.

5) PGS: Protocolo de generación de sugerencias (composiciones de productos y servicios)

Este protocolo describe el proceso automático de creación de sugerencias para todos los usuarios de la plataforma. Para esto el agente gestor de sugerencias realiza un proceso inteligente (descrito en el siguiente capítulo con más detalle) en donde genera combinaciones de productos aleatoriamente, y evalúa su nivel de afinidad con cada usuario del sistema, de esta manera, garantiza que los usuarios obtengan sugerencias personalizadas que satisfacen sus necesidades en mayor medida.

6) PCP: Protocolo de comercialización de productos

Este protocolo describe el proceso de comercialización de productos y servicios del sistema. El usuario final tiene la capacidad de escoger una sugerencia generada por la plataforma para hacerla candidata de comercialización. Para esto, el agente interfaz recibe la solicitud de comercialización con la información de la sugerencia, el usuario solicitante y los usuarios a quienes se les recomendará, y luego realiza la solicitud al agente gestor multi-nivel, el cual se encarga de ejecutar todo el proceso de comercialización, inicia enviando la sugerencia del proceso al agente de sugerencias para que éste actualice su estado en el sistema, y luego solicitando al agente gestor de motivación un plan de beneficios asociado al usuario teniendo en cuenta su comportamiento y el tipo de sugerencia seleccionada. Una vez que se inicia el proceso de comercialización, en el protocolo de compra de productos (PCN) se tiene en cuenta esta información para asignar los beneficios correspondientes a cada usuario asociado al proceso.

7) PCN: Protocolo de compra de productos y servicios por parte de un cliente

Este protocolo describe el proceso de compra de productos por parte de los clientes. Luego de que el cliente escoja una combinación de productos y servicios, se inicia el proceso de compra. Para esto, se recibe la solicitud de compra por medio del agente interfaz, el cual realiza una petición de compra al agente representante del usuario que realiza la compra, y éste notifica a los demás agentes la compra realizada para que dentro de sus procesos realicen las actualizaciones y verificaciones correspondientes.

IV. GESTIÓN INGELIGENTE DE INTERACCIONES

A continuación se explica en detalle los modelos de inteligencia que se tendrán en cuenta en la validación del esquema BCPlus.

A. Toma de decisión de compra de un usuario

La toma de decisión de compra de un usuario se hace a partir de la evaluación de la sugerencia por medio filtros progresivos con una selección basada en criterios multi-nivel teniendo en cuenta los siguientes filtros:

1) Afinidad del usuario con los proveedores:

Cada sugerencia tiene una combinación de productos de diferentes proveedores, se realiza una evaluación de cada proveedor de la siguiente manera:

- **Calificaciones de los clientes:** cada vez que los usuarios compran productos en la plataforma tienen la posibilidad de calificarlos.
- **Calificaciones en cuanto a cumplimiento de tiempo de entrega:** cuando se consultan productos a un proveedor (protocolo PBE), éste da un tiempo de entrega del producto, luego en el momento de la entrega al cliente se califica si cumplió en el plazo estimado.
- **Calificaciones en cuanto a disponibilidad de producto:** Cuando se consultan productos a un proveedor (protocolo PBE) se califica el nivel de disponibilidad de productos en el momento que el cliente los requiere.

De esta manera, la afinidad del usuario con los proveedores se define de la siguiente manera:

$$f(p) = \frac{\sum_{x \in P} \left(\frac{\sum (\text{Calificaciones cliente}(x))}{\text{Cantidad calificaciones cliente}(x)} + \frac{\sum (\text{Calificaciones tiempo entrega}(x))}{\text{Cantidad calificaciones tiempo entrega}(x)} + \frac{\sum (\text{Calificaciones disponibilidad productos}(x))}{\text{Cantidad calificaciones cantidad productos}(x)} \right)}{3}$$

Cantidad de proveedores involucrados

Donde P son los proveedores involucrados en la sugerencia.

2) Afinidad de usuario con respecto a sus gustos y preferencias (perfil de usuario) y la sugerencia propuesta:

Para simular los gustos del usuario para el momento donde está haciendo la evaluación, se implementa una función probabilística para decidir que tipo de plato quiere el usuario (basado en res, pollo o pescado por ejemplo).

Luego se hace una evaluación del perfil del usuario (gustos y preferencias) con las características de cada uno de los productos de la sugerencia por medio de una función de distancia sobre cada una de las características, se define entonces la afinidad de la siguiente manera:

$$\text{Afinidad de usuario} = \frac{\text{Cantidad de coincidencias}}{\text{Total de características}}$$

La cantidad de coincidencias corresponde a la cantidad de veces que un ítem del perfil de usuario tiene el mismo valor (gusto=1, o no gusto=0) que la características de un producto. De esta manera se identifica el nivel de similitud de un producto con las preferencias del usuario.

La calificación final del nivel de similitud depende del nivel de exigencia del usuario en cuanto a la similitud de una sugerencia con sus gustos. Del nivel configurado en el sistema para cada usuario dependerá su aceptación para este filtro.

3) Afinidad del precio de la sugerencia con respecto al promedio de gastos (presupuesto) del usuario:

Se calcula el valor promedio de compras analizando cada una de las compras del usuario de la siguiente manera:

$$\text{Valor promedio de compra} = \frac{\sum_{x \in C} \text{precio}(x)}{\text{Cantidad de compras}}$$

Donde C corresponde a las compras realizadas por el usuario en la plataforma.

Con el valor promedio de compras y el porcentaje de más que esta dispuesto a pagar el usuario por un combo con respecto a su nivel promedio de compras (configurado para usuario en el sistema) se calcula si el precio de la sugerencia se adapta a las necesidades del cliente.

4) Nivel de diversidad de productos:

De acuerdo al nivel de tolerancia del usuario para repetir un producto (configurado en días para cada usuario en el sistema) se consulta su historial de compras y si existe un producto donde el plato principal sea igual al de la sugerencia se rechaza.

5) Evaluación de calificaciones de la sugerencia:

Se obtiene el promedio de calificación que otros usuarios han realizado a la sugerencia, y teniendo en cuenta el nivel de tolerancia a calificaciones realizadas por otros usuarios (configurado para cada usuario en el sistema) se evalúa si se supera el nivel.

Si se superan todos los filtros explicado anteriormente, el usuario acepta la sugerencia y se inicia el protocolo de compra de productos y servicios.

B. Evaluación de relación de confianza con proveedores

La evaluación de confianza de un proveedor está dada por:

$$\text{Confianza} = (\text{Evaluación del Proveedor} + \text{Evaluación de Factores de Contexto}) / 2.$$

1) Evaluación del Proveedor:

Esta evaluación contempla las siguientes características de un proveedor:

- **Factores organizacionales:** Reputación, presencia offline e Inventario.
- **Factores de sitio web:** Información de productos, información del vendedor, velocidad de descarga, estabilidad, seguridad y privacidad.

Para la evaluación del proveedor se propone un modelo basado en lógica difusa, en donde la función de pertenencia para los *Factores organizacionales* está dividida en tres partes (bajo, medio, alto), y la función de pertenencia para los *Factores de sitio web* está dividida en cinco partes (muy bajo, bajo, medio, alto, y muy alto). En la figura 3 se puede ver la distribución para ambas funciones.

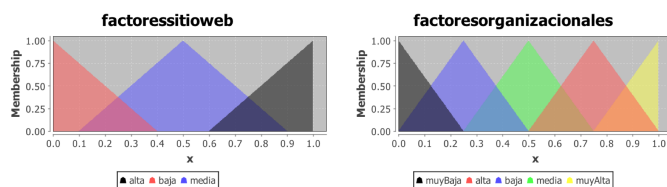


Figura 3. Funciones de pertenencia del modelo difuso de evaluación de proveedor.

El valor de la *evaluación final del proveedor* se calcula utilizando otro motor de inferencia difusa en donde la función de pertenencia de salida está dividida en tres partes (bajo, medio, y alto). De esta manera, la función de *Factores organizacionales* y la de *Factores de sitio web* se usan como las dos entradas del modelo. La forma de la función de membresía puede ser triangular, trapezoidal o campana. La base de reglas se organiza con reglas difusas, en donde los antecedentes son combinados con operaciones difusas como AND (y), OR (o) y NOT (no).

En la figura 4 se muestra un ejemplo de las reglas difusas definidas para el modelo.

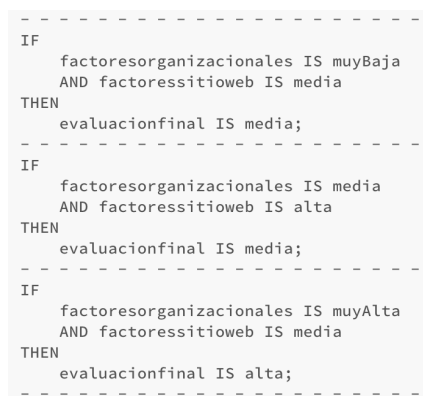


Figura 4. Reglas difusas.

La adquisición de datos para entrenar el modelo se realiza a partir de la información que se obtenga del sitio web en el momento de su descubrimiento (protocolo PPP) y de las características que el administrador de la plataforma incluya en el sistema (protocolo PRP).

2) Evaluación de factores de contexto:

La evaluación de los factores de contexto se hace a partir de filtros progresivos por medio de una selección basada en criterios multi-nivel teniendo en cuenta los siguientes filtros:

- **Nivel de confianza del usuario:** está basado en las calificaciones que el usuario que está evaluando confianza ha realizado a los productos y servicios que ofrece el proveedor.
- **Calificación promedio de factores de contexto:** Está basada por los siguientes criterios:
 - **Calificaciones de los clientes:** cada vez que los usuarios compran productos en la plataforma tienen la posibilidad de calificarlos.
 - **Calificaciones en cuanto a cumplimiento de tiempo de entrega:** cuando se consultan productos a un proveedor (protocolo PBE), éste da un tiempo de

entrega del producto, luego en el momento de la entrega al cliente se califica si cumplió en el plazo estimado.

- **Calificaciones en cuanto a disponibilidad de producto:** Cuando se consultan productos a un proveedor (protocolo PBE) se califica el nivel de disponibilidad de productos en el momento que el cliente los requiere.

Teniendo en cuenta lo anterior, la evaluación de factores de contexto se define por el promedio de la suma de las calificaciones de usuario, de cliente, de tiempo de entrega y de disponibilidad de producto. El sistema inteligente presenta un mejor resultado cada vez que se tienen más calificaciones por parte del cliente y por parte del sistema.

V. VALIDACIÓN DEL DISEÑO

A continuación se muestra el proceso de validación del diseño del framework BCPlus. Se inicia definiendo la estrategia de simulación del modelo que será la base para el diseño del protocolo experimental. Para finalizar se analizan los resultados del experimento.

A. Estrategia de simulación

Para validar el modelo propuesto se implementa un prototipo funcional de la parte core del framework BCPlus en plataforma JAVA SE y sobre el framework de sistemas multi-agente BESA (Behavior-oriented, Event-driven and Social-based Agent Framework). El framework BESA se ajusta a las necesidades del sistema multi-agente diseñado bajo la metodología AOPOA.

Para la simulación del modelo, se implementan los comportamientos asociados a la simulación en clases que implementa el Agente Interfaz, ya que éste se ve como la cara de interacción con los usuarios finales de la plataforma. Todas estas interacciones se simulan, para así tener pruebas automatizadas.

Para el manejo de la persistencia de información se escoge el motor de base de datos no relacional MongoDB ya que puede manejar altos niveles de persistencia sin afecta en mayor medida los tiempos de respuesta del sistema. Es relevante este punto ya que uno de los aspectos que contempla el análisis experimental es la duración de cada ejecución.

B. Detalle de la simulación

Para la validación del modelo se escogieron algunos protocolos dada su relevancia para los objetivos del experimento. Al inicio, se crean los agentes base del sistema, luego se generan los agentes que presentan a los comercios y sus productos (de forma aleatoria). Después se crean los agentes que representan a los usuarios, en donde cada uno tiene características específicas que determinan su comportamiento en la plataforma, y su valor se establece de forma aleatoria aplicando una distribución de probabilidad normal gaussiana.

Uno de los problemas críticos del proceso de diseño del protocolo experimental, fue cómo evitar que el algoritmo de toma de la toma de decisiones del usuario simulado fuera idéntico al algoritmo de generación de sugerencias; lo que generaría una situación ideal que no permitiría alcanzar los objetivos del experimento de forma acertada. Por tal motivo, se

diseño de forma independiente el algoritmo de toma de decisiones interno del agente (*protocolo PBP*), sin que tuviera relación directa con el de generación de sugerencias del sistema (*protocolo PGS*). De esta manera, la forma en que se le generan sugerencias a cada usuario es totalmente diferente a la forma en cómo las evalúa.

A continuación se explica la estrategia por cada uno de los protocolos escogidos:

1) PRC: Protocolo de registro de cliente en el sistema

Se simulan los usuarios del sistema teniendo en cuenta las siguientes características, las cuales se asignan aplicando una función de distribución de probabilidad normal gaussiana.

- Nivel de probabilidad de que le guste una sugerencia.
- Nivel de tolerancia en cuanto a las calificaciones de sugerencias realizadas por otros usuarios y el nivel de aceptación de un proveedor.
- Nivel de exigencia para elegir una sugerencia.
- Nivel de flexibilidad en cuanto a presupuesto.
- Nivel de exigencia en cuanto a gustos.

2) PRC: Protocolo de registro de cliente en el sistema

Para la simulación de este protocolo se tiene en cuenta como parámetro principal el tiempo de simulación. Una vez ejecuta la simulación se crean los eventos que inician el protocolo PBP para todos los usuarios registrados en el sistema una y otra vez hasta que la simulación finalice.

3) PCN: Protocolo de compra de productos y servicios por parte de un cliente

Este protocolo se inicializa automáticamente una vez se haya identificado que un usuario aprobó una sugerencia para compra (protocolo PBP).

4) PGS: Protocolo de generación de sugerencias (composiciones de productos y servicios)

Para la simulación de este protocolo se establece un comportamiento periódico en el sistema asociado a un agente (una guarda periódica en BESA). En cada ejecución el sistema inicia los eventos relacionados con el protocolo PGS para la generación de sugerencias. Cuando inicia la simulación se ejecuta el comportamiento con un valor de frecuencia de repetición, es decir, si este valor está configurado en dos, el comportamiento se ejecuta cada dos segundos.

5) PES: Protocolo de envío de sugerencias (personalización de productos y servicios)

Para la simulación de este protocolo se establece un comportamiento periódico en el sistema asociado a un agente (guarda periódica en BESA). En cada ejecución el sistema elige un usuario del sistema de forma aleatoria y se eligen de la misma manera los productos que harán parte de la combinación que va a sugerir. Luego se inician los eventos del protocolo PES. Una vez inicia la simulación se ejecuta el comportamiento con su respectivo valor de frecuencia de repetición.

6) PCS: Protocolo para calificar sugerencias por parte de los clientes

Para la simulación de este protocolo se establece un comportamiento periódico en el sistema asociado a un agente

(guarda periódica en BESA). En cada ejecución el sistema inicia los eventos relacionados con el protocolo PCS. Una vez inicia la simulación se ejecuta el comportamiento con su respectivo valor de frecuencia de repetición.

C. Diseño del protocolo experimental

En la tabla 7 se muestran las hipótesis del protocolo. Es importante tener en cuenta que algunas hipótesis son contradictorias entre sí. Por ejemplo, la H1 es contradictoria con la H4.

ID	Hipótesis
H1	Mientras más usuarios “descomplicados” tiene el sistema, menor son los intentos de compra promedio.
H2	Mientras más usuarios “regulares” tiene el sistema, menor son los intentos de compra promedio.
H3	Mientras más usuarios “complicados” tiene el sistema, menor son los intentos de compra promedio.
H4	Mientras menos usuarios “descomplicados” tiene el sistema, menor son los intentos de compra promedio.
H5	Mientras menos usuarios “regulares” tiene el sistema, menor son los intentos de compra promedio.
H6	Mientras menos usuarios “complicados” tiene el sistema, menor son los intentos de compra promedio.
H7	Mientras más productos tiene el sistema los intentos de compra promedio disminuyen.
H8	Mientras menos productos tiene el sistema los intentos de compra promedio disminuyen.
H9	Mientras mayor es la frecuencia de generación de sugerencias, menor son los intentos de compra promedio.
H10	Mientras menor es la frecuencia de generación de sugerencias, menor son los intentos de compra promedio.

Tabla 7. Hipótesis del protocolo experimental.

1) Variables independientes y cantidad de experimentos

Las variables independientes representan los atributos del sistema que se van a controlar para identificar patrones relevantes respecto a su comportamiento. Para este caso, las variables establecidas se relacionan con los usuarios (tipo y cantidad de usuarios), con la frecuencia con la que el sistema genera sugerencias, y con la cantidad de productos. En la tabla 8 se muestran las variables y la cantidad de experimentos definidos de acuerdo a los grupos generados por las variables independientes del protocolo experimental.

Variable	Valores	Número de experimentos
Tipo de usuario	Usuario “complicado”. Usuario “regular”. Usuario “descomplicado”.	3
Cantidad usuarios	Muy baja: 50 usuarios. Baja: entre 300 usuarios. Media: 600 usuarios. Alta: 1000 usuarios. Muy alta: 2000 usuarios.	5
Tiempo de frecuencia de generación de sugerencias	Bajo: 50 milisegundos. Medio: 200 milisegundos. Alto: 1000 milisegundos	2 (aleatorios)
Cantidad de productos en el sistema:	Baja: 50 productos. Media: 250 productos. Alta: 500 productos.	2 (aleatorios)

Tabla 8. Variables del experimento.

Dado la función de probabilidad aplicada para la inicialización de características de usuarios explicada anteriormente, se definen 10 réplicas por cada experimento.

2) Variables intervinientes

Las variables intervinientes son variables del sistema que no se van a controlar en el protocolo experimental, pero que sin embargo tienen influencia en su comportamiento. A continuación se explican en detalle.

- **Nivel de ayuda de los usuarios para calificar productos:** Define la probabilidad de que un usuario califique una sugerencia (protocolo PCS). Se establece en un valor de 80%, ya que se quiere que la mayoría de usuarios generen calificaciones y el sistema pueda tener calificaciones constantemente.
- **Tiempo de duración del experimento:** Se establece un valor de 1 minuto, ya que en pruebas preliminares se identificó que en este periodo el sistema puede ejecutar más de 4000 transacciones de compra, lo que se asimila a un día promedio de ventas en una plazoleta de un centro comercial colombiano.
- **Configuración de la máquina donde se ejecuta el experimento:** La características de la máquina donde se ejecute la simulación tiene impacto en los resultados del experimento, ya que al estar definida su ejecución por un periodo de tiempo, en una máquina con mejores características puede generar una mayor cantidad de transacciones. A continuación se muestran las especificaciones de la máquina donde se ejecutó el protocolo experimental:
 - Procesador: Intel Core i7 – 4600U, 2.69GHz.
 - RAM: 8GB.
 - Sistema operativo: Windows 10 Enterprise 64-bit.
 - Disco duro: 256GB SSD.
- **Cantidad de proveedores (comercios):** La cantidad de proveedores puede impactar el sistema en cuanto al tiempo que se tarda en generar una sugerencia. Se establece un valor de 10 proveedores, ya que en pruebas preliminares esta cantidad generó un buen desempeño en el proceso de generación de sugerencias.

3) Variable de salida

La variable de salida es la satisfacción del usuario, el cual está definido por el resultado del proceso de compra (si compró o no) y de la cantidad de intentos (sugerencias evaluadas) que aplicó para lograrla. Se definió esta variable de medición, ya que la satisfacción del usuario mide eficientemente la calidad del proceso de generación de sugerencias (que involucra los algoritmos principales de inteligencia artificial), además de la efectividad del sistema para lograr transacciones de compra en un tiempo determinado. Esto permite validar la calidad de la arquitectura basada en SMA del sistema.

Desde la perspectiva de negocio, un nivel satisfacción de cliente alto, permite que el tiempo de decisión de compra disminuya, de esta manera se puedan atender más transacciones de compra en un menor tiempo. Adicionalmente, la satisfacción del cliente es la base del éxito de un proceso de compra y venta de productos desde una plataforma de e-commerce.

D. Análisis de resultados

De acuerdo a las variables independientes definidas en el protocolo, a continuación se analiza el impacto del *Tiempo de frecuencia de generación de sugerencias* y la *cantidad de usuarios* con respecto a los *intentos de compra promedio*.

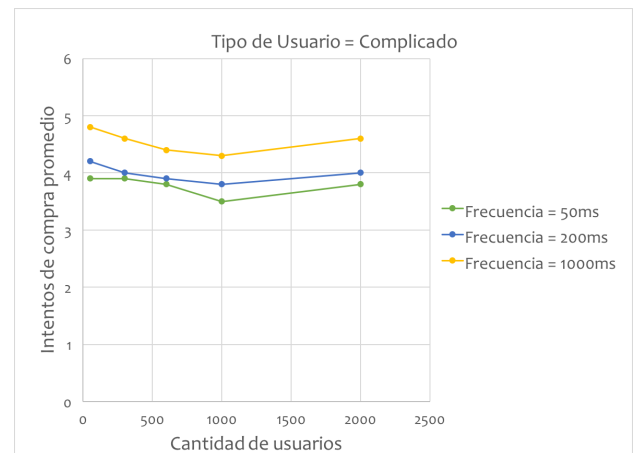


Figura 5. Análisis para el grupo de usuarios "complicados".

Como se puede ver en la gráfica de la figura 5, para el grupo de usuarios "complicados" se presenta un porcentaje general de intentos de compra promedio alto. A medida que aumentan los usuarios en el sistema se disminuyen los intentos de compra promedio en general, sin embargo al pasar los 1000 usuarios, los intentos empiezan a aumentar. Esto tiene sentido, ya que entre más usuarios complicados tenga el sistema, más calificaciones negativas se generan para las sugerencias existentes, lo que genera que la evaluación de compra se haga más compleja.

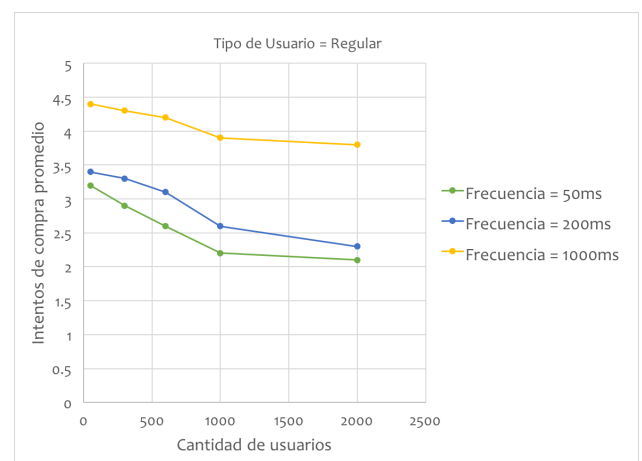


Figura 6. Análisis para el grupo de usuarios "regulares".

El grupo de usuarios "regulares" no presenta un comportamiento similar al de "complicados" (figura 6), ya que los intentos promedio de compra disminuyen constantemente y el porcentaje de intentos promedio general es inferior. También se nota el impacto que tiene el tiempo de frecuencia de generación de sugerencias, el cual afecta en mayor medida a los intentos de compra promedio cuando está configurado en su valor más alto (1000 ms). Esto tiene sentido, ya que en la medida que se hagan sugerencias mas seguido, se tienen más

opciones para los usuarios en el momento de compra, lo que genera menos intentos de compra.

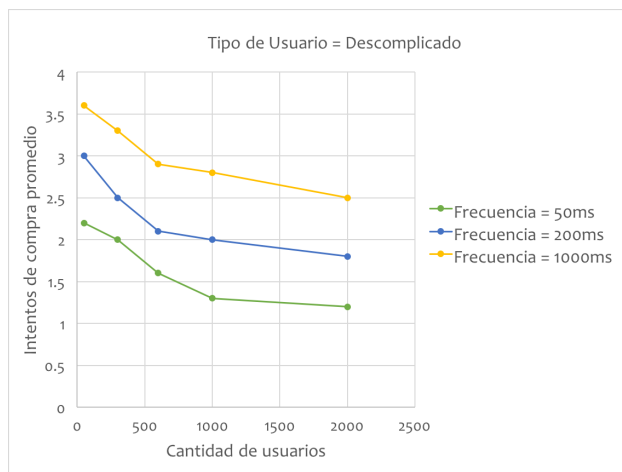


Figura 7. Análisis para el grupo de usuarios "descomplicados".

Para el grupo de usuarios "descomplicados" el porcentaje general de intentos de compra promedio es inferior al de los demás grupos (figura 7). Las curvas de este grupo presentan un comportamiento similar al de usuarios "regulares". Sin embargo, se puede notar una variación en la tasa de decrecimiento de los intentos de compra promedio, mientras más usuarios tiene el sistema, los intentos de compra promedio disminuyen más rápido que en el grupo de usuarios "regulares". Esto tiene sentido, ya que un usuario "descomplicado" tiende a aceptar las sugerencias con mayor flexibilidad, por lo que no necesita tener muchas opciones (frecuencia baja) para generar compras.

De acuerdo al comportamiento general en cuanto a productos, se puede concluir que la cantidad de productos del sistema no presenta un alto impacto en el comportamiento del sistema, sin embargo, para el grupo de usuarios "descomplicados" se debe considerar esta variable, ya que presentó un mayor impacto en cuanto a su crecimiento.

Con respecto a los resultados analizados, las hipótesis que se acepta son: H1, H2, H6, H7 y H10. Las demás se rechazan.

VI. CONCLUSIONES

Se propuso un nuevo modelo de e-commerce llamado BCPlus, el cual tiene un gran componente de innovación en el mercado colombiano. La forma como se ve actualmente el comercio puede evolucionar con la aplicación de este modelo, en donde se involucran las mismas entidades que ofrece hoy un esquema de comercio tradicional, pero que al innovar con nuevas interacciones logra generar un cambio de alto impacto para los sistemas de comercio en general.

En cuanto a la solución técnica de la plataforma, el diseño de un esquema basado en sistemas multi-agente generó un framework que permite el manejo de trabajo colaborativo, concurrente y distribuido (a gran escala) para soportar la interacción de los múltiples roles y entidades participantes del esquema BCPlus. Según los resultados del experimento, con un

prototipo funcional creado con el framework BESA se logró que con 210 agentes el sistema fuera capaz de realizar aproximadamente 4000 transacciones por minuto con un equipo de escritorio básico.

La metodología AOPOA permitió que el diseño del framework SMA estuviera alineado a los requerimientos del modelo BCPlus con cada una de sus iteraciones, esto generó como resultado una plataforma completa que contempla todos los escenarios de negocio por medio de la definición de sus protocolos de interacción.

La implementación de técnicas de inteligencia artificial generó valor en gran medida al modelo BCPlus. La evaluación de relaciones de confianza por medio de algoritmos de lógica difusa y aprendizaje por refuerzo, permitió satisfacer los requerimientos identificados en la definición del problema de negocio de la investigación, para lo cual se tiene en cuenta las características específicas de los usuarios del sistema y su comportamiento histórico.

Como se puede evidenciar, para trabajos futuros la implementación del modelo de e-commerce BCPlus presenta una gran oportunidad de simulación de mercados de la vida real para poder identificar tendencias de comportamiento de los usuarios de un sistema de comercio y de todos los involucrados.

El resultado de esta investigación permitió la validación del esquema de e-commerce BCPlus y todos los componentes tecnológicos que lo soportan. La aplicación de técnicas de inteligencia artificial generó un gran aporte para este tipo de esquemas, en donde se logró innovar con un esquema orientado al negocio, y de la misma manera desde la perspectiva informática para la satisfacción de sus necesidades.

REFERENCIAS

- [1] Emarketer. Obtenido de Global B2C Ecommerce Sales to Hit \$1.5 Trillion This Year Driven by Growth in Emerging Markets en 03 de febrero de 2014 en: <http://www.emarketer.com/Article/Global-B2C-Ecommerce-Sales-Hit-15-Trillion-This-Year-Driven-by-Growth-Emerging-Markets/1010575>.
- [2] Philip, K., Hermawan, K., & Iwan, S. Marketing 3.0 From Products to Customers to the Human Spirit. 2010.
- [3] Kiyosaki, R. T. Rich Dad, Poor Dad: What the Rich Teach Their Kids About Money - That the Poor and the Middle Class Do Not!. United States: Warner Books Ed. 2009.
- [4] Kaushik, A. Web Analytics 2.0: The Art of Online Accountability and Science of Customer Centricity. Sybex. 2009.
- [5] González, E., & Bustacara, C. Desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas multiagentes. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 2007.
- [6] Russell, S., & Norvig, P. Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno. Prentice Hall. 2004.
- [7] Hevner, A., March, S., Park, J., & Ram, S. Design science in information systems research. MIS Quarterly. 2004.