

# Modelo de Simulación para Evaluación de Desempeño de la Plataforma Computacional de Comercio Electrónico

**Resumen:** *En relación a los clientes, las estrategias actuales de comercio electrónico deben disponer de procesos que orienten sus decisiones, con configuraciones de plataformas computacionales que aseguren la calidad del servicio. La evaluación del desempeño del comercio electrónico mediante la simulación aporta información para la toma de decisiones previo a la implementación. El objetivo del trabajo es modelar y simular un proceso de negocio electrónico para obtener métricas de negocios y del desempeño de la plataforma computacional. El proceso de negocios es del tipo Business to Consumer (B2C), con el cual se estudian comportamientos de los clientes en relación con las compras, siendo el objetivo maximizar los beneficios. Se aplica la simulación con enfoque a eventos discretos, utilizando la herramienta DEVS JAVA y se realiza un diseño de experimentos para definir los factores significativos sobre las métricas para evaluar las mejores condiciones de desempeño de la plataforma tecnológica y de negocios.*

**Palabras Claves:** *Evaluación; Desempeño; Comercio Electrónico; Simulación.*

**Abstract:** *In relation to customers, current e-commerce strategies must have processes to guide their decisions, with computing platforms configurations that ensure quality of service. Performance evaluation of e-commerce by simulation provides information for decision making, prior to implementation. The aim of this work is to model and simulate a process of e-business to get business metrics and computing platform performance metrics. The business process is type Business to Consumer (B2C), with which customer behaviors regarding purchases are studied, being the objective to maximize profits. Simulation focused on discreet events applies, using DEVS JAVA tools and a design of experiments is performed, in order to define the significant factors on the metrics to evaluate the best conditions for performance of the technology platform and business.*

**Keywords:** *Evaluation, Performance, E-Commerce, Simulation.*

**María B. Viviani, Ricardo Lerman**

CCIDISI, Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.

Lavaise 610, Santa Fe, (0342) 4601579.

Mail: vivianib@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

El éxito de los procesos de comercio electrónico se logra con sitios Web que ofrezcan al cliente adecuadas operaciones de compras. En este sentido las estrategias de negocios apuntan a diseños de sitios Web con transacciones que consideran las sesiones más frecuentes de los clientes y las acciones orientadas a la concreción de sus compras. Además del negocio en sí mismo, otro componente clave en el sistema es la tecnología informática que soporta el sitio Web y cuya calidad en el servicio en cuanto a tiempos de respuesta y velocidad de procesamiento debe alcanzarse mediante configuraciones eficientes de plataformas computacionales Hristoski y Mitrevski (2014), Almeida y Menasce (2002).

Se establece una relación entre el tipo de comercio electrónico con su beneficio esperado, los recursos informáticos de su sitio Web y los clientes que generan la carga de trabajo mediante su navegación y eventual compra.

Por esta razón es importante la evaluación del desempeño del negocio relacionado con la tecnología informática del sitio Web. Las métricas de negocios y de tecnología permiten decidir modificaciones y seleccionar estrategias que optimicen las transacciones comerciales. Las mediciones de desempeño se pueden realizar mediante técnicas tales como Control de Calidad, Reingeniería de Procesos de Negocios e Integración de aplicaciones de Empresas. Sin embargo, los negocios por internet tienen alta variabilidad y herramientas de predicción como la modelización y la simulación son las adecuadas para predecir comportamientos.

Los clientes del comercio electrónico representan la carga de trabajo en el sitio Web, desde el punto de vista de los recursos computacionales, mientras que desde el punto de vista del negocio son claves para alcanzar la meta de los beneficios económicos.

Para poder disponer de parámetros de entrada para los modelos y la simulación es necesario conocer el

comportamiento de los clientes en el sitio del comercio electrónico. Una de las técnicas para modelar el patrón de navegación de los clientes es el Customer Behaviour Model Graph (CBMG), consistente en un conjunto de grafos que representan las funciones o estados del sitio, y las transiciones entre estos grafos o estados. De esta forma es posible determinar la sesión del cliente y el recorrido de funciones en el sitio cuando explora o compra un producto Almeida y Menasce (1999).

Para el caso de estudio, se proponen procesos de comercio electrónico para arquitecturas orientadas a servicios, considerando la estrategia y el proceso de negocios en base a las diferentes sesiones de clientes y los recursos informáticos que lo ejecutan. El enfoque adoptado para la modelización es el de eventos discretos, ya que estos sistemas cambian de estado según la ocurrencia de eventos, para lo cual se construyen en base al formalismo Discret Events System Specification (DEVS). La simulación se realiza con la herramienta DEVS JAVA Ziegler y Sarjoughian (2002).

Los modelos de evaluación de desempeño se conforman por dos niveles, uno de negocios y otro de plataforma informática. El primero comprende el modelo transaccional y representa las sesiones de los clientes en su recorrido por el sitio. A través del CBMG se siguen los posibles comportamientos de clientes en el sitio Web. Para el nivel de tecnología informática se propone una plataforma computacional que atiende las demandas de las diferentes transacciones de cada función en el sitio Chezzi (2013), Chezzi et. Al (2014).

Las métricas de evaluación de desempeño a nivel de negocios y de la tecnología permiten realizar un análisis integrado que responda a conocer los recursos informáticos necesarios para llevar adelante el proceso de comercio electrónico, los tiempos de respuesta y la disponibilidad, el tiempo del retorno de la inversión y el comportamiento de los clientes por el

sitio, entre otros Chezzi et Al (2013).

El objetivo del trabajo es modelar un proceso de negocio electrónico y encontrar métricas por simulación que evalúen el desempeño tecnológico y de negocios para analizar las capacidades de ingreso de dinero y estudiar el comportamiento de los clientes en el sitio para identificar mejoras al sitio.

## METODOLOGÍA

En este trabajo se adopta la simulación del comercio electrónico como sistema de evento discreto atendiendo al comportamiento de clientes en un sitio web, para obtener métricas de negocios y de recursos tecnológicos con una plataforma tecnológica específica.

El trabajo realizado tiene 2 etapas:

- Análisis de la Arquitectura del Modelo de Comercio Electrónico: se fundamenta en una arquitectura de modelización y simulación orientada a servicios, de modo que a partir de una estrategia de negocios se elabora un proceso de negocios, que a través de su implementación en una plataforma tecnológica provee métricas que orienten en la toma de decisiones.

- Arquitectura de modelización y simulación orientada a servicios: El proceso de negocios electrónicos requiere una arquitectura de referencia que contemple el nivel de negocios que plantea la estructura funcional y sus servicios, y la infraestructura tecnológica que define los componentes de hardware y software, con el fin de medir cómo interactúan y evaluar el desempeño las transacciones que implementan las operaciones de un sitio Web y su capacidad de producir ingresos económicos.

La arquitectura de referencia de modelización para simulación orientada a servicios se esquematiza en dos partes básicas como se muestra en la Figura 1. Una parte correspondiente a la modelización y otra a la simulación. La modelización consta de cuatro capas,

cuya conexión desde el nivel superior hacia el inferior articula la construcción del modelo.

En el nivel estratégico se trabaja sobre cómo planificar el negocio, haciendo explícita la visión que se tiene sobre el mismo, determinando su tipo, estrategia comercial y concretando los objetivos y metas específicas.

Sobre esta base se elabora el modelo de negocios, que consiste en el planteo de la estructura organizacional, definición del producto o servicio, identificación de los actores de negocios y sus roles y configuración de redes de negocios, además de la definición del tipo de soporte tecnológico para la estrategia comercial planteada.

Para el modelo de negocios se requiere un proceso afín, que identifique las transacciones que implementan las operaciones comerciales, describa la vista global de operaciones entre actores intervinientes y establezca la lógica interna de interacciones. Por tanto, se plantea una coreografía que describe una vista global de interacciones con socios y una orquestación que conduzca las transacciones internas. La implementación de estas transacciones puede ser a través de servicios Web en parte o totalmente.

En el último nivel se detalla la plataforma tecnológica informática y de comunicaciones que reproducen el soporte tecnológico de las transacciones comerciales.

El modelo se completa con los parámetros que se requieren para la simulación. En este sentido, se necesita conocer el modelo de carga de trabajo vinculado al cliente. Para obtenerlo se analiza la frecuencia de llegadas de clientes para encontrar la distribución de probabilidad que ajuste a los datos y así calcular el tiempo entre arribos al sitio web. La información se obtiene con monitorizaciones del sitio web, sobre las cuales se establecen las frecuencias de acceso a las diferentes transacciones y de este modo se calculan las probabilidades.

En el último nivel se detalla la plataforma tecnoló-

gica informática y de comunicaciones que reproducen el soporte tecnológico de las transacciones comerciales.

El modelo se completa con los parámetros que se requieren para la simulación. En este sentido, se necesita conocer el modelo de carga de trabajo vinculado al cliente. Para obtenerlo se analiza la frecuencia de llegadas de llegadas de clientes para encontrar la distribución de probabilidad que ajuste a los datos y así calcular el tiempo entre arribos al sitio web.

La información se obtiene con monitorizaciones del sitio web, sobre las cuales se establecen las frecuencias de acceso a las diferentes transacciones y de este modo se calculan las probabilidades.

Las métricas a nivel de negocios tienen que ver con aspectos comerciales a saber:

- Cantidad de productos vendidos: número de productos vendidos en el tiempo de simulación.

En la simulación las métricas se obtienen con el análisis de los registros de los servidores generados durante las corridas. En ellos se puede observar el comportamiento en línea del cliente por los productos que consulta, visita, agrega al carro y los que efectivamente compra.

El caso de estudio tratado es un sistema real de comercio electrónico tipo B2C para una empresa dedicada a la venta minorista de diferentes productos para el hogar. Como estrategia de negocio se considera la alternativa de negocios totalmente virtual, es decir que el cliente tenga la posibilidad de hacer su pago por medios electrónicos. Por tanto, la empresa es responsable de diseñar una plataforma que ofrezca al cliente navegabilidad con indicadores de tiempo de respuesta adecuados y a su vez muestre confiabilidad para el cobro por medios electrónicos.

Se propone que la empresa tenga a su cargo las transacciones del sitio para la navegación y búsqueda de productos, mientras que el cobro se articule por un servicio tercerizado. Respecto a la gestión del inventario se coordina con el proveedor para una operación integrada con el mismo. A nivel de sistema se determina que el cobro y la administración de inventario se implementarán con tecnologías de servicios Web.

La orquestación de transacciones requiere la elaboración de un diagrama CBMG. En base a las principales transacciones obtenidas del sitio de comercio electrónico y sus transiciones se obtienen las probabilidades en el sistema de monitorización en línea Google Analytics. En la Figura 2 se muestra el diagrama CBMG obtenido.

En el diagrama se identifican como principales transacciones el ingreso a la página principal (Homepage), el acceso a una opción del menú (Menú), una

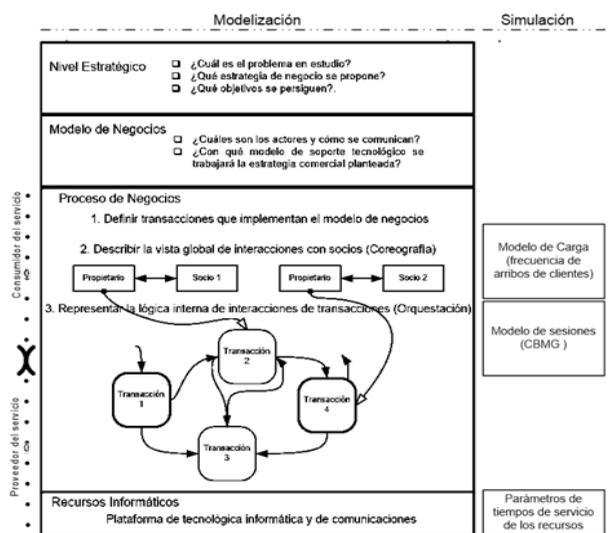


Figura 1. Arquitectura de Referencia de modelos de comercio electrónico.

Respecto a las métricas a nivel tecnológico se considera la performance de los recursos informáticos, siendo para el caso de estudio las siguientes:

- Cantidad de trabajos atendidos: número de requerimientos o trabajos atendidos por los servidores.
- Porcentaje de utilización de los servidores: porcentaje del tiempo total de simulación en que el servidor se encontró atendiendo requerimientos (no estaba ocioso).

búsqueda directa (Search), vista de promociones (Promotions), acceso a información de productos (Products), el acceso al catálogo (Catalog), la carga de un producto en el carro de compras (Shopping Cart), la verificación de existencia del producto (Verify Stock) y el pago de lo comprado (Pay). El acceso al sitio puede efectuarse por las transacciones Homepage, Products o Catalog, mientras que la salida se puede realizar por cualquiera de las transacciones.

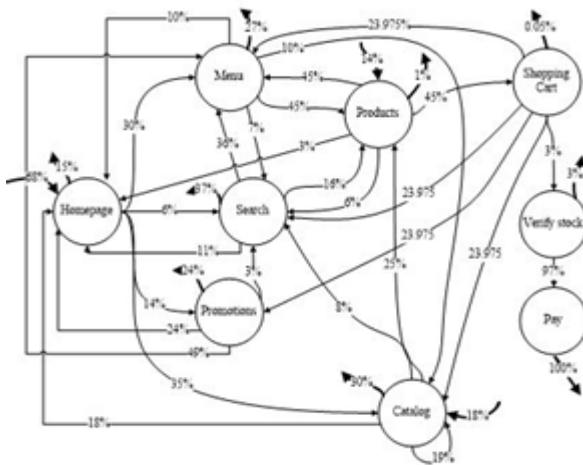


Figura 2. Diagrama CGMG de la sesión de cliente en estudio.

La herramienta de simulación de modelos DEVS se utiliza es DEVSJAVA 3.0. El criterio tenido en cuenta para su selección fue la posibilidad de contar con una vista de simulación que presenta los componentes del modelo (atómicos y acoplados) y su interacción a través del paso de mensajes. Esta vista tiene la posibilidad de simular por pasos de tiempo y para ellos observar su comportamiento con el intercambio de mensajes. De este modo se cuenta con una facilidad para el aprendizaje del formalismo DEVS, control de diseño y verificación del modelo.

En la Figura 3 se observa el modelo de comercio electrónico compuesto por dos subcomponentes, el modelo transaccional que implementa el proceso de

comercio electrónico y la plataforma tecnológica que identifica los recursos informáticos y de comunicaciones. Para este caso se modela un sistema informático basado en un clúster de tres servidores. Para la simulación el modelo cuenta con un marco experimental compuesto por un generador de arribos de clientes y un transductor que computa métricas generales del proceso de comercio electrónico.

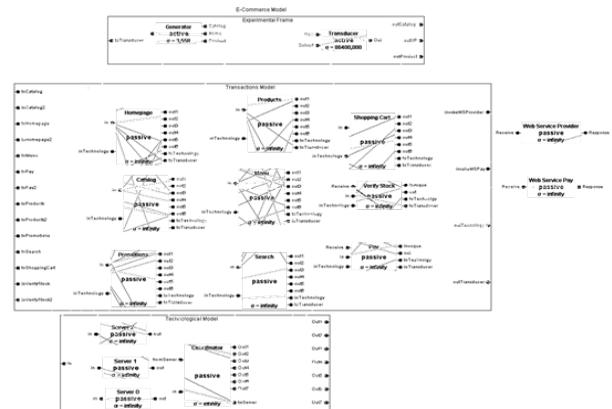


Figura 3. Modelo DEVSJAVA de comercio electrónico.

## RESULTADOS

Como escenario de simulación se analiza el comportamiento del sistema para un incremento en el tiempo de procesamiento de los servidores y cantidad de servidores. Se realiza un diseño de experimento del tipo factorial completo, con 3 repeticiones por corrida y con 2 factores a considerar:

Número de servidores, siendo sus niveles o valores 3, 4 y 5.

Tiempo de procesamiento de los servidores, con los niveles: 0,05; 0,265 y 1 segundo respectivamente.

En la Tabla 1 y Figura 4 se presentan las utilizaciones promedio de uno de los servidores, teniendo en cuenta que la configuración es un cluster balanceado, esto es, cuando arriban los requerimientos se distribuyen

entre el número de servidores del sitio. Se observa que hay variaciones importantes cuando aumenta el tiempo de procesamiento y el número de servidores. El ANOVA del diseño de experimentos para la variable de respuesta utilización de los servidores es presentado en la Tabla II. El mismo indica que el factor número de servidores y el tiempo de procesamiento son significativos porque el valor F de los datos es mayor que el F crítico para un nivel de significación del 5 %, pero la interacción entre ambos factores no es significativa.

Las Tablas III y IV son los ANOVAS para las variables de respuesta cantidad de trabajos totales procesados y

para la cantidad de productos vendidos en función de los factores del diseño.

La Figura 5 muestra el número de artículos comprados según el tiempo de procesamiento de los servidores y la cantidad de los mismos. Se puede observar que no hay diferencias importantes en la variable de respuesta según los niveles de los dos factores. Esto se comprueba estadísticamente con el ANOVA de la Tabla IV, ya que en cualquier caso, las variables F de los datos son menores que el F crítico, para un nivel de significación del 5 %, 2 grados de libertad en el numerador y en todos los casos.

Nº de Servidores	Tiempo de procesamiento de cada servidor (segundos)		
	0,05	0,265	1
3	3,11%	15,12%	63,07%
4	2,37%	11,44%	47,13%
5	1,71%	8,72%	37,80%

Tabla I: Utilizaciones promedio de 1 servidor.

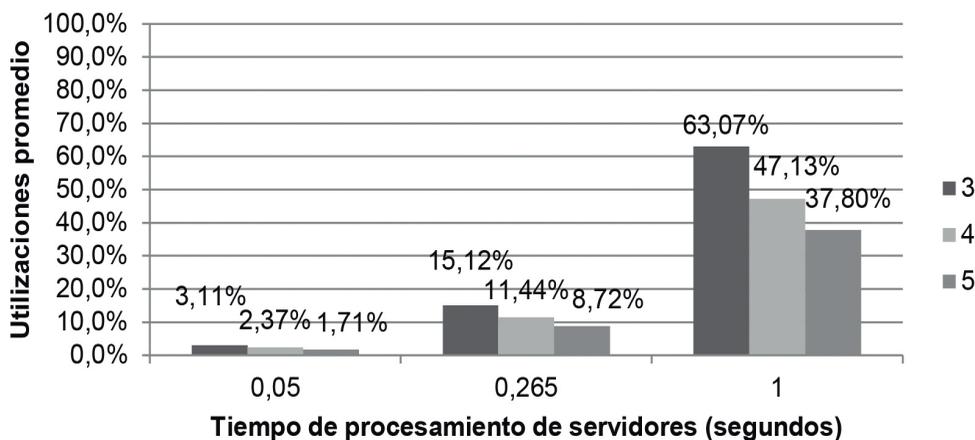


Figura 4: Utilizaciones promedio de los servidores balanceados.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Nº de servidores	0,28467	2	0,14234	1044,566	0	3,555
Tiempo de procesamiento	0,0021	2	0,0011	7,8	0,473	3,555
Interacción	0,00092	4	0,00023	1,679	0,199	2,928
Error	0,00245	18	0,00014			
Total	0,29014	26				

Tabla II: Análisis de la variancia para las utilizaciones promedio de 1 servidor.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Nº de servidores	284593,56	2	142296,78	0,81	0,46	3,55
Tiempo de procesamiento	990360,22	2	495180,11	2,81	0,09	3,55
Interacción	1226384,22	4	306596,06	1,74	0,19	2,93
Error	3171548,00	18	176197,11			
Total	5672886,00	26				

Tabla III: Análisis de la variancia para los trabajos totales atendidos por los servidores.

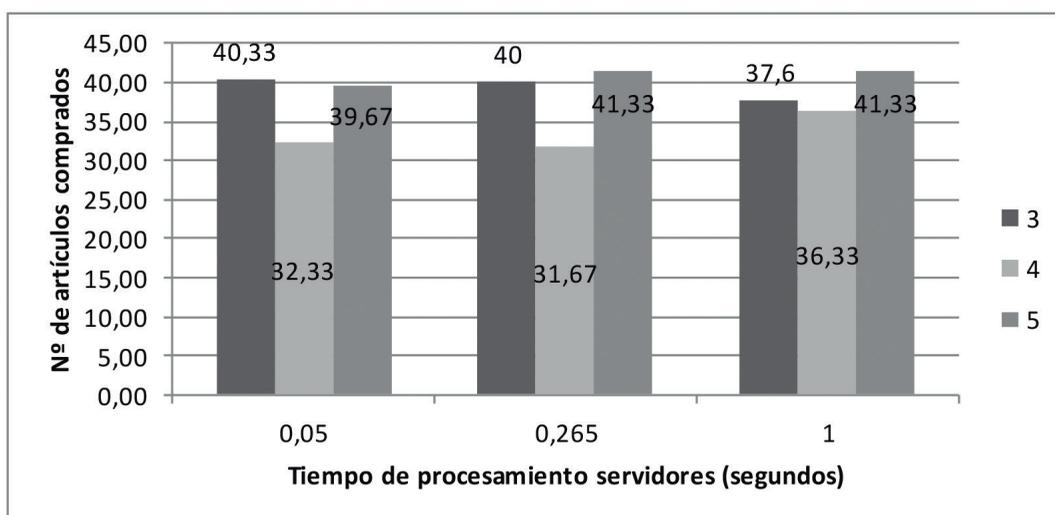


Figura 5: Número de Artículos promedios comprados.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Nº de servidores	208790,89	2	104395,44	1,4981	0,2501	3,555
Tiempo de procesamiento	41688,89	2	20844,44	0,2991	0,7451	3,555
Interacción	193573,56	4	48393,39	0,6945	0,6055	2,928
Error	1254333,33	18	69685,19			
Total	1698386,67	26				

Tabla IV: Análisis de la variancia para la cantidad de artículos comprados.

## DISCUSIÓN

El requerimiento principal es contar con una plataforma informática que aseguren calidad de servicio al cliente con tiempos de respuesta adecuados y que estén preparadas para responder frente al incremento del número de clientes no previstos.

Se puede observar que a mayor cantidad de servidores y a menor tiempo de procesamiento de los mismos, se obtiene una respuesta adecuada ya que la cantidad de trabajos atendidos es conveniente: los servidores no alcanzan la saturación. La plataforma informática (número de servidores y velocidad de procesamiento) es eficiente desde el punto de vista tecnológico.

Dentro de las métricas tecnológicas consideradas, se aprecia que el porcentaje de utilización de los servidores es afectado tanto por el factor número de servidores como por el factor tiempo de procesamiento de los mismos. No sucede lo mismo con la métrica cantidad de trabajos atendidos, la cual no se ve afectada por los factores bajo análisis.

Como segunda instancia se evalúa el aspecto de negocios. Como se puede evaluar en los resultados, la cantidad de compras no es afectada por los factores mencionados.

Podemos concluir que manteniendo una tasa de arribos con media de 2.5 segundos la tecnología es

adecuada en cualquiera de las configuraciones planteadas (en algunas obteniendo mejores resultados que otras, pero siempre siendo eficiente sin alcanzar la saturación de los recursos).

## CONCLUSIONES

Con este trabajo se muestra la construcción de modelos de simulación de procesos de comercio electrónico desde un enfoque orientado a la integración de negocios y tecnología. Por ello se parte de la identificación de estrategias de negocios y se deja en segundo lugar la plataforma informática que implementa el sistema.

Desde dicha estrategia se establece un modelo de negocios que se lleva a cabo a través de una arquitectura orientadas a servicios. Una vez definido el proceso de negocios se elabora el modelo de plataforma informática que lo ejecuta.

El diseño del modelo se realiza en el Formalismo DEVS y la implementación en la herramienta DEVS-JAVA 3.0, consiguiendo una combinación de formalización de los algoritmos y de programación de los mismos sin estar sujetos a un simulador. De la evaluación de los resultados se cuenta con una herramienta de decisión que permite abordar problemáticas de negocios en cuanto al seguimiento de los clientes en el

sitio y tecnológicas en cuanto a los recursos informáticos y de comunicaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la confianza, el tiempo, el apoyo y

la dedicación a la Dra. Ana Rosa Tymoschuk y al Dr. Carlos Chezzi. Por haber compartido con nosotros sus conocimiento y por darnos la posibilidad de crecer profesionalmente.

Agradecemos a la UTN por haber financiado este proyecto.

## REFERENCIAS

Almeida, V. A. F., Menasce, D. A. "Capacity planning an essential tool for managing Web services". *IT Professional*, Vol. 4, N° 4, pp. 33-38, 2002.

Almeida, V. A. F., Menasce, D. A. "A Methodology for Workload Characterization of E-Commerce Sites". In *Proc. Of the ACM's Electronic Commerce Conference*, pp 1-10, 1999.

Chezzi, C. M. "Modelado y Simulación de Desempeño de Procesos de Comercio Electrónico". *Tesis Doctorado en Ingeniería Mención Ingeniería de Sistemas de Información*. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe. Santa Fe, Argentina. 2013.

Chezzi, C., Lerman, R., Tymoschuk, A.R. "A method for DEVS simulation of e-commerce processes for integrated business and technology evaluation". *TMS/DEVS 2013*.

*In Proceedings of the Symposium on Theory of Modeling & Simulation*. Vol. 13. San Diego, CA, USA, April 2013.

Chezzi, C., Lerman, R., Tymoschuk, A.R. "Modelo de simulación para estudio de comportamiento de clientes en un sitio de comercio electrónico". *Encuentro Chileno de Computación - ECC 2014 (2014)*. Universidad de Talca, Chile

Hristoski, I. S., Mitrevski, P.J. "Simulating e-Commerce Client-Server Interaction for Capacity Planning". *e-Society Journal: Research and Applications*, Vol. 3, N° 2, pp. 85-94, 2012.

Zeigler, B. P., Sarjoughian, H. S. "DEVS Component-Based M&S Framework: An Introduction". In *Proceeding of Simulation and Planning in High Autonomy System*, Fernando J. Barros and Norbert Giambiasi Editors. Lisbon, Portugal, April 2002.