



Modelo matemático para medir el nivel de servicio al cliente basado en la lógica difusa compensatoria

Mathematical model to evaluate the customer service based on compensatory fuzzy logic

Ariel Racet-Valdés, Lauren Espinosa-González, Jenny Suárez-Quintana, Yojana-Sánchez Pérez, Daniel Alfonso-Robaina, Evert Martínez-Pérez

Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba

E-mail: aracet@ind.cujae.edu.cu, laureneg@ind.cujae.edu.cu, mimi28122002@yahoo.es, yojasp86@yahoo.es, dalfonso@ind.cujae.cu, emartinez@ind.cujae.edu.cu

Recibido: 22 de noviembre de 2012

Aprobado: 15 de septiembre de 2016

RESUMEN

Actualmente la satisfacción del cliente constituye un factor crítico de éxito de las organizaciones. Determinar cuál es el nivel de servicio o la satisfacción de las expectativas de los clientes ha sido motivo de estudio para muchos investigadores y empresarios. Con este fin se han creado y empleado diversas herramientas, algunas más certeras que otras, pero aún existen insuficiencias; ninguna tiene en cuenta toda la información y el conocimiento disponible de forma integral. Este trabajo propone un nuevo procedimiento que permite a partir del empleo de la lógica difusa compensatoria medir el nivel de servicio al cliente a través de la modelación en forma de predicados del comportamiento de las variables subjetivas o tangibles que intervienen en la relación cliente-proveedor. Además se muestran los resultados obtenidos a partir de la aplicación del procedimiento en la empresa caso de estudio, llegándose a determinar qué tan cierto es que el nivel de servicio de la empresa satisface las expectativas de los clientes.

Palabras clave: nivel de servicio, lógica difusa compensatoria, satisfacción de clientes.

ABSTRACT

Actually, customer satisfaction is considered a critical success factor for organizations. Determine the level of service and meeting the expectations of customers has been studied for many researchers and entrepreneurs. To this end they have created and used various tools, some more accurate than others, but there are still shortcomings, none takes into account all available information and knowledge. This paper proposes a new procedure that will allow to measure with the employment of compensatory fuzzy logic the level of customer service through the modeling of predicates of the variables behavior (tangible or subjective) involved in the client-provider relation. In addition, shows the results obtained from the application of the procedure in the case study, reaching to determine how true is that the level of service of the company meets customer expectations.

Key words: service level, compensatory fuzzy logic, customer satisfaction.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas se encuentran inmersas en un clima competitivo de negocios, convirtiéndose la satisfacción del cliente un factor importante en el éxito empresarial [1, 2]. La empresa debe crear una filosofía de negocio en la que el cliente se sitúa en el centro de toda la organización, enfocándose los procesos organizacionales a la satisfacción de las necesidades de los mismos[3]. Con un adecuado enfoque de procesos se deben identificar las necesidades del cliente externo y orientar a la empresa hacia su satisfacción, preocupándose tanto por los costos como por el valor [4]. Autores como [5-7] coinciden en que el éxito se logra al conocer que es lo que el cliente demanda de la organización, identificar esas necesidades y satisfacerlas; disminuyendo la diferencia entre el servicio que brinda la organización y la percepción real que tiene el cliente.

Existen varios métodos para medir el nivel de servicio al cliente como: panel de usuarios (*focusgroup*), grupos de discusión y entrevistas de profundidad, informes del personal en contacto con los clientes (grupos de diagnóstico), investigaciones de mercado, encuestas de satisfacción de clientes, cliente oculto (*mystery shopping*), seguimiento de las muestras de insatisfacción, análisis de indicadores operativos internos, medidas directas de la prestación. Investigaciones como [1, 8-10] son ejemplos de algunos de los métodos mencionados anteriormente.

Se conoce que el servicio al cliente es subjetivo por naturaleza, es por ello que la medición del mismo debe realizarse con una comprensión de la brecha entre las expectativas de los clientes y las percepciones de atributos de rendimiento [11] a partir de la conjugación de todos los elementos subjetivos y tangibles que intervienen en la relación entre la empresa que ofrece el servicio y/o producto y el cliente.

El análisis de las brechas de servicio, llevan hasta el "Modelo de las Cinco Brechas del Servicio al Cliente" lo que posiciona los conceptos claves, las estrategias y las decisiones en el marketing de los servicios en una forma que inicia con el consumidor y diseña las actividades de la organización alrededor de lo que se necesita para cerrar la brecha entre lo que se necesita y las expectativas de los clientes [12].

En la Figura 1 se muestran las diferentes brechas que pueden encontrarse en la satisfacción y valor agregado al cliente.

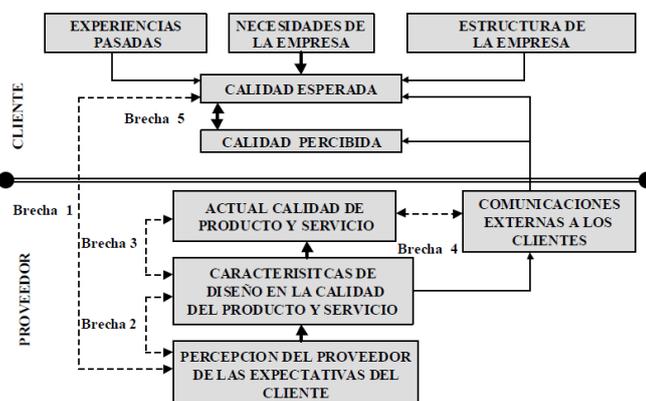


Fig. 1. Modelo de las Cinco Brechas del Servicio al Cliente
Fuente: Gómez, M. y Acevedo, J. 2007

Lógica Difusa Compensatoria

La Lógica Difusa Compensatoria constituye una rama de la Lógica Difusa. Se trata de un nuevo sistema multivalente que rompe con la axiomática tradicional de este tipo de sistemas para lograr un sistema compatible con el razonamiento preferencial que caracteriza el proceso real de toma de decisiones[13]. La Lógica Difusa permite implementar procesos de razonamiento por medio de reglas y predicados que generalmente se refieren a cantidades indefinidas o inciertas [14]. Estos predicados pueden obtenerse con sistemas que "aprenden" al "procesar" datos reales o pueden también ser formulados por un experto humano o, mejor aún, por el consenso entre varios de ellos. En este caso es recomendable el uso de reglas poco complejas; la selección pragmática de

operadores, que en combinación con la de fuzzificación, sólo permite buenos resultados con reglas simples[15].

La Lógica Difusa Compensatoria es un modelo lógico que renuncia a varios axiomas clásicos para lograr un sistema multivalente ídem potente y sensible que asimila virtudes de las escuelas descriptiva y normativa de la toma de decisiones [16], pues permite la compensación de los atributos (en este caso predicados), pero si son violados ciertos umbrales hay un veto que impide la compensación. Al mismo tiempo, las propiedades que satisface hacen posible de manera natural el trabajo de traducción del lenguaje natural al de la Lógica, incluidos los predicados extensos si éstos surgen del proceso de modelación [17].

La lógica difusa compensatoria utiliza la escala de la lógica difusa, la cual puede variar de 0 a 1 para medir el grado de verdad o falsedad de sus proposiciones, donde las proposiciones pueden expresarse mediante predicados. Un predicado es una función del universo X en el intervalo $[0; 1]$, y las operaciones de conjunción (\wedge), disyunción (\vee), negación (\neg) e implicación (\rightarrow), se definen de modo que restringidas al dominio $[0; 1]$ se obtenga la Lógica Booleana[18].

La utilización de la Lógica Difusa Compensatoria facilita el trabajo con la incertidumbre presente en la información, facilitando el procesamiento de la información subjetiva y tangible de forma natural a través de la modelación de predicados.

II. MÉTODOS Y RESULTADOS

1.1 Herramienta para medir el Nivel de Servicio al cliente

La herramienta para medir el nivel de servicio al cliente se diseñó a partir del "Modelo de las Cinco Brechas del Servicio al Cliente" [3] y con la utilización de la lógica difusa compensatoria se construyó el modelo matemático que permite establecer ¿Qué tan cierto es que el Nivel de Servicio satisface las expectativas del cliente? Para ello se propuso seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Conformación del predicado que determina el Nivel de Servicio.

Paso 2: Determinar las variables que evidencian la no existencia de las brechas.

Paso 3: Confeccionar el enunciado que define cual es la combinación de las variables que establece el valor de verdad de que la brecha no existe. Partiendo de la pregunta ¿Qué tan cierto es que cada brecha N no existe? ($N = 1, 2, 3, 4$).

Paso 4: Modelar el predicado compuesto que define la no existencia de la brechas desplegándolo hasta los predicados simples en caso de ser necesario.

Paso 5: Recopilar la información necesaria para evaluar los predicados modelados.

Paso 6: Graficar y calcular el valor de verdad de que la brecha no existe.

Paso 7: Graficar y calcular el valor de verdad de que el nivel de servicio satisface las expectativas del cliente.

Paso 8: Análisis de los resultados.

La evaluación determinada por un conjunto de valores pertenecientes a la Lógica Difusa es la siguiente:

- 0 Absolutamente Falso
- 0,1 Casi Absolutamente Falso
- 0,2 Bastante Falso
- 0,3 Algo Falso
- 0,4 Más Falso que Verdadero
- 0,5 Tan Verdadero como Falso
- 0,6 Más Verdadero que Falso
- 0,7 Algo Verdadero
- 0,8 Bastante Verdadero
- 0,9 Casi Absolutamente Verdadero
- 1 Absolutamente Verdadero

2.2 Caso de estudio

El presente trabajo fue realizado en la Escuela Latinoamericana y del Caribe de Chocolatería Fina Artesanal, la cual pertenece al Instituto de Investigación de la Industria Alimenticia del MINAL, dedicada a la producción y comercialización de bombones artesanales, tabletas y pastas de chocolate. El objetivo principal es determinar el nivel de satisfacción de los clientes directos.

Paso 1: Conformación del predicado que determina el Nivel de Servicio

El predicado que se modela debe responder a la pregunta ¿Qué tan cierto es que el Nivel de Servicio (NS) satisface las expectativas del cliente? En dicho predicado se relacionan las brechas del servicio al cliente con las siglas B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , para poder detectar las brechas que inciden en su satisfacción como se aprecia en la Expresión 1. Debe aclararse que para este estudio se consideró que la Brecha 5 de una forma u otra abarca las restantes Brechas (1, 2, 3 y 4) por ser más integradora, por ese motivo no se considera por si sola como otro predicado dentro de la determinación del Nivel de Servicio.

Predicado Compuesto:

$$NS(x) = B_1(x) \wedge B_2(x) \wedge B_3(x) \wedge B_4(x) \quad (1)$$

Dónde:

$NS(x)$: la empresa x satisface las expectativas del cliente.

B_1 : diferencia entre la percepción de la empresa y las expectativas del cliente.

B_2 : diferencia entre la percepción de las experiencias que tiene la empresa y el desarrollo de diseños y estándares orientados al cliente.

B_3 : diferencia entre el desarrollo de los estándares de servicio y la entrega real del servicio.

B_4 : diferencia entre las promesas del desempeño y el real obtenido.

Paso 2: Determinar las variables que evidencian la no existencia de las brechas

A partir del estudio en la organización de cada una de las brechas que se identifican en el Modelo de las Cinco Brechas del Servicio al Cliente se determinaron cuales son aquellos elementos que permiten determinar que la brecha no exista, obteniéndose las siguientes variables:

Investigación de mercado	Interacción con los clientes
Encuestas de satisfacción	Sistema de quejas y sugerencias
Cortesía, buen trato y honestidad	Facilidad de contacto
Estándares de calidad	Diseño de procesos
Calidad del producto final	Normas de trabajo
Solicitud de oferta	Información sobre el producto
Variedad de productos	Expectativas del cliente
Plazos de entrega del producto	Calidad de los envases y embalajes

Para mejor comprensión se desarrollaran los pasos 3 y 4 simultáneamente.

Paso 3: Confeccionar el enunciado que define cual es la combinación de las variables.

Paso 4: Modelar el predicado compuesto que define la no existencia de la brechas desplegándolo hasta los predicados simples en caso de ser necesario.

B_1 : ¿Qué tan cierto es que la brecha 1 no existe?

No van a existir diferencias entre la percepción de la empresa y las expectativas del cliente si se realiza investigación de mercado y si se tiene interacción con los clientes como se muestra en la Expresión 2.

$B_1(x)$: la empresa x no presenta la Brecha 1.

Predicado Compuesto:

$$B_1(x) = IM(x) \wedge IC(x) \quad (2)$$

Dónde:

$IM(x)$: la empresa x realiza buena investigación de mercado.

$IC(x)$: la empresa x tiene buena interacción con los clientes.

Para que la empresa tenga buena interacción con los clientes $IC(x)$ deben realizarse encuestas de satisfacción del cliente, debe existir un buen sistema de quejas y sugerencias, la empresa debe ofrecer cortesía, buen trato y honestidad hacia sus clientes y además debe garantizar facilidades para que el cliente la contacte. Dicha relación se ve reflejada en la Expresión 3

Predicado Compuesto:

$$IC(x) = ES(x) \wedge SQS(x) \wedge CTH(x) \wedge FC(x) \quad (3)$$

Dónde:

$ES(x)$: la empresa x realiza encuestas de satisfacción.

$SQS(x)$: la empresa x tiene buen sistema de quejas y sugerencias.

$CTH(x)$: la empresa x ofrece cortesía, buen trato y honestidad.

$FC(x)$: la empresa x presenta facilidades para que el cliente la contacte.

B_2 : ¿Que tan cierto es que la brecha 2 no existe?

No existirán diferencias entre la percepción de la empresa y las expectativas del cliente si se establecen estándares y se diseñan procesos que garanticen buena calidad de los productos, lo cual se evidencia en la Expresión 4

$B_2(x)$: la empresa x no presenta la Brecha 2.

Predicado Compuesto:

$$B_2(x) = ST(x) \wedge DP(x) \quad (4)$$

Dónde:

$ST(x)$: la empresa x establece estándares que garantizan buena calidad de los productos.

$DP(x)$: la empresa x diseña procesos para garantizar buena calidad de los productos.

B_3 : ¿Qué tan cierto es que la brecha 3 no existe?

No se presentaran diferencia entre el desarrollo de los estándares de servicio y la entrega real del servicio, si la empresa garantiza la calidad del producto final y cumple con las normas establecidas de trabajo como se muestra en la Expresión 5.

$B_3(x)$: la empresa x no presenta la Brecha 3.

Predicado Compuesto:

$$B_3(x) = CPF(x) \wedge NT(x) \quad (5)$$

Dónde:

$CP(x)$: la empresa x garantiza la calidad del producto final en correspondencia con los estándares establecidos para el producto.

$NT(x)$: la empresa x cumple con las normas de trabajo establecidos.

B_4 : ¿Qué tan cierto es que la brecha 4 no existe?

No existen diferencias entre las promesas del desempeño de la empresa y el real obtenido, si la misma garantiza, la calidad de los productos suministrados, la correcta información sobre el producto. Además debe existir alta disponibilidad de variedad de productos, satisfacer las expectativas del cliente, cumplir con los plazos acordados de entrega del producto, que las condiciones de envase y embalaje sean adecuadas y seguras y satisfacer las expectativas del cliente en cuanto a durabilidad del producto. Lo anterior se ve reflejado en la Expresión 6.

$B_4(x)$: la empresa x no presenta la Brecha 4.
Predicado Compuesto:

$$B_4(x) = CPS(x) \wedge SO(x) \wedge IE(x) \wedge VP(x) \wedge EC(x) \wedge PE(x) \wedge EE(x) \wedge EDP(x) \quad (6)$$

Dónde:

$CPS(x)$: la empresa X garantiza la calidad del producto suministrado.

$SO(x)$: la empresa x garantiza un tiempo corto ante la solicitud de oferta.

$IE(x)$: la empresa x garantiza toda la información sobre el producto.

$VP(x)$: la empresa x tiene alta disponibilidad de variedad de productos.

$EC(x)$: la empresa x satisface las expectativas del cliente.

$PE(x)$: la empresa x garantiza los plazos acordados de entrega del producto.

$EE(x)$: la empresa x tiene condiciones adecuadas de envases y embalajes del producto.

$EDP(x)$: la empresa x satisface las expectativas del cliente en cuanto a durabilidad del producto.

Paso 5: Recopilar la información necesaria para evaluar los predicados modelados

Se realizó una encuesta a los 7 clientes directos y otra a los trabajadores vinculados a los procesos clave de la organización. Las encuestas se confeccionaron con los indicadores identificados para medir el Nivel de Servicio a partir de las 5 brechas del servicio al cliente en la organización con el objetivo de responder a la interrogante: ¿Qué tan cierto es que el Nivel de Servicio (NS) satisface las expectativas del cliente?

Paso 6: Graficar y calcular el valor de verdad de que la brecha no existe

Se confeccionó en el programa Fuzzy Tree Studio un árbol de decisión para cada brecha como se muestra en la Figura 2 y se calculó el valor de verdad de que la brecha no existe, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 1.



Fig. 2. Árboles de decisión para cada una de las Brechas

MODELO MATEMÁTICO PARA MEDIR EL NIVEL DE SERVICIO AL CLIENTE BASADO EN LA LÓGICA DIFUSA COMPENSATORIA

Tabla 1. Valores de verdad obtenidos para cada una de las brechas

Brechas en el nivel de satisfacción del cliente	Valor de Verdad
B ₁ : Diferencia entre percepción de la empresa y las expectativas del cliente.	0.55
B ₂ : Diferencia entre la percepción de las experiencias que tiene la empresa y el desarrollo de diseños y estándares orientados al cliente.	0.7
B ₃ : Diferencia entre el desarrollo de los estándares de servicio y la entrega real del servicio.	0.69
B ₄ : Diferencias entre las promesas del desempeño y el real obtenido.	0.57

Paso 7: Graficar y calcular el valor de verdad de que el nivel de servicio satisface las expectativas del cliente

Se confeccionó en el programa *Fuzzy Tree Studio* un árbol de decisión que modela el predicado compuesto $NS(x)$ mostrado en la Figura 3 y se calculó su valor de verdad.

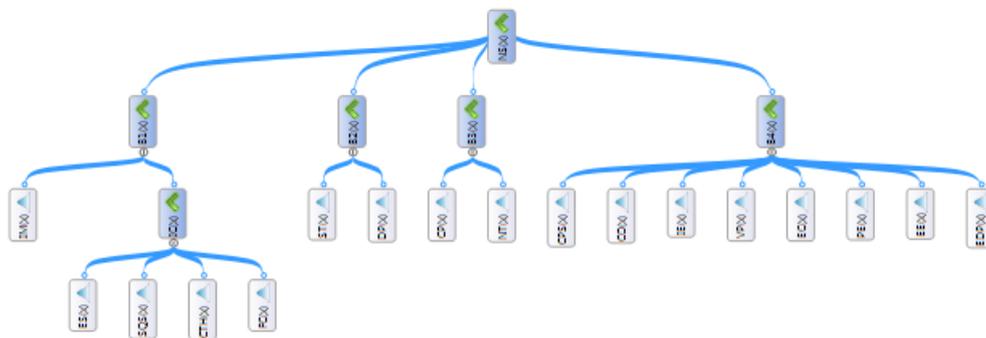


Fig. 3. Árbol de decisión para determinar el Nivel de Servicio

III. DISCUSIÓN

Con el **Paso 8: Análisis de los resultados** se discutió que como el valor de verdad de que el nivel de servicio satisface las expectativas del cliente es de 0,586, siendo más verdadero que falso que el nivel de servicio ofertado por la Chocolatería satisface las expectativas del cliente, este modesto valor refleja que existen deficiencias que afectan el nivel de servicio percibido por el cliente en las brechas $B_1(x)$ referida a la diferencia entre la percepción de la empresa y las expectativas del cliente y $B_4(x)$ referida a la diferencias entre las promesas del desempeño y el real obtenido, estas brechas obtuvieron los valores de verdad más bajos.

Con este método se logró precisar cuáles son las principales deficiencias que repercuten negativamente en el nivel de servicio al cliente (Brecha 1). El hecho de que la empresa perciba de forma diferente las expectativas reales del cliente, tiene su fundamento, tomando en cuenta los valores obtenidos a partir de la aplicación de la Lógica Difusa, en que la empresa no está realizando como es debido encuestas de satisfacción ($ES(x)=0,1$: casi absolutamente falso) y además tampoco posee un buen sistema de quejas y sugerencias con las cuales el cliente pueda hacerle conocer sus verdaderas necesidades ($SQS(x)=0,3$: algo falso), y por otra parte no existe facilidad para que el cliente contacte a la empresa ($FC(x)=0,4$: más falso que verdadero).

De igual manera se pudieron detectar las problemáticas que inciden en la existencia de la brecha entre las promesas de desempeño realizadas por la empresa hacia sus clientes y el real obtenido (Brecha 4), en este sentido los predicados simples que menos puntuación obtuvieron (por debajo de 0,4: más Falso que Verdadero) fueron el hecho que la empresa no garantiza un tiempo corto ante la solicitud de la oferta ($SO(x)=0,4$) y por otro lado que la empresa no tiene las condiciones adecuadas de envases y embalaje para sus productos ($EE(x)=0,2$: bastante falso).

IV. CONCLUSIONES

Con el procedimiento propuesto basado en el "Modelo de las Cinco Brechas del Servicio al Cliente" y en el empleo de la Lógica Difusa Compensatoria, se obtiene:

1. Un resultado más cercano a la realidad ya que se modela de forma natural todas aquellas variables que influyen en la determinación del nivel de servicio sean subjetivas o tangibles.
2. Un valor de verdad para cada variable involucrada en el predicado modelado, permitiendo determinar cuáles son aquellas variables que mayor incidencia tienen en la existencia de la brecha.

V. REFERENCIAS

1. Hendalianpour A. Customer satisfaction measurement using fuzzy neural network. *Decision Science Letters*. 2017;193-206.
2. Laguardor JM, De Castro EA, Portugal LM. Employees' Organizational Satisfaction and Its Relationship with Customer Satisfaction Measurement of an Asian Academic Institution. *Quarterly Journal of Business Studies*. 2014;1(3):83-93.
3. Gómez M, Acevedo J. *La Logística Moderna en la Empresa*. La Habana, Cuba; 2007.
4. Porter ME. Strategy and the internet. *Harvard Business Review*. 2001;79(1).
5. Rawlinson J. Top 5 ways to Measure Customer Satisfaction. 2010.
6. Barr S, A Simple Way to Measure Customer Satisfaction.
7. Pizam A, Shapoval V, Ellis T. Customer satisfaction and its measurement in hospitality enterprises: a revisit and update. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 2016;28(1):2-35.
8. Celik E, Bilisik ON, Erdogan M, et al. An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul. En: *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2013. p. 28-51.
9. Lan S, Zhang H, Zhong RY, et al. A customer satisfaction evaluation model for logistics services using fuzzy analytic hierarchy process. *Industrial Management & Data Systems*. 2016;116(5):1024-42.
10. Vega Vazquez M, Ángeles Revilla Camacho MJ, Cossío Silva F. The value co-creation process as a determinant of customer satisfaction. *Management Decision*. 2013;51(10):1945-53.
11. Cacioppo K. Customer Satisfaction
<http://www.qualitydigest.com/sept00/html/satisfaction.html>
12. Ortiz I, Andrade I. Análisis de la Calidad en el Servicio del Concesionario Volkswagen Automóviles de Santa Ana S.A. de C.V; 2016
13. Espin R, Gonzalez E, Fernandez E. Compensatory Fuzzy Logic: a frame for reasoning and modeling preference knowledge in Intelligent Systems, in *Soft Computing for Business Intelligence: Springer Berlin Heidelberg*; 2014.
14. Espin R, Chao A, Marx J, et al. SWOT-OA Fuzzy Analysis for Strategic Plan Evaluation and Decision Making Support in Towards a Transdisciplinary Technology for Business Intelligence: Gathering Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Making: Shaker Verlag; 2011. p. 13-34.
15. Zimmermann HJ. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. 4 ed. Boston: Kluwer Academic Publishers; 2001.
16. Espin R, González E, Pedrycz W, et al. An Interpretable Logical Theory: The case of Compensatory Fuzzy Logic. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. 2016;9(4):14.
17. Espin R. Aplicación de la Lógica Difusa Compensatoria en la selección de ofertas de armaduras ópticas. *Revista de Ingeniería Industrial*. 2010;31(2).
18. Espin R, Alfonso D, Cejas J. Aplicación de la Lógica Difusa Compensatoria en el sector empresarial. *Revista Dyna*. 2012;87(3):3.