

03

INDICADOR DE CONFIANZA DEL CONSUMIDOR EN MÉXICO: A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFERENCIA DIFUSO



mauricio.ortigosa@anahuac.mx

Mauricio Ortigosa Hernández⁴
<https://orcid.org/0000-0003-1461-4962>
Universidad Anáhuac México

⁴ Facultad de Economía y Negocios.

Resumen

El presente escrito es una aplicación al marketing de los llamados sistemas de inferencia difusos. Estos sistemas tienen la propiedad de trabajar con información similar a como lo hace el pensamiento humano utilizando variables lingüísticas de entrada y salida, y un conjunto de reglas difusas elaboradas previamente a través del conocimiento sobre el tema y/o con apoyo de expertos. En México el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) publica mensualmente un indicador de confianza del consumidor a partir de una encuesta de 15 preguntas de las cuales cinco de ellas son utilizadas para obtener dicho indicador. El sistema difuso propuesto, toma como base la misma información del INEGI con la diferencia de obtener el indicador de confianza a través de un conjunto de reglas difusas y mecanismos de inferencia por el método Mamdani mediante el programa Matlab. Para probar la consistencia en los resultados que arroja el sistema, se calcularon para cada mes los indicadores de confianza del consumidor de diciembre del 2012 a noviembre del 2020 y se compararon con las cifras oficiales obteniendo una buena correlación entre ambos.

Palabras clave

sistema de inferencia difuso, lógica difusa, reglas difusas, variable lingüística, Mamdani.

Abstract

This writing is an application to the marketing of the so-called Fuzzy Inference Systems. These systems have the property of working with information, similar to how human thought does it, using input and output linguistic variables and a set of previously prepared fuzzy rules through knowledge on the subject and/or with expert support. In Mexico the National Institute of Statistic and Geography (NISG) publishes a monthly consumer confidence indicator based on a survey of 15 questions from which five of them are used to obtain the mentioned indicator. The proposed fuzzy system is based on the same information of the NISG, with the difference of obtaining the confidence indicator through a set of fuzzy rules and inference mechanisms by the Mamdani method using the Matlab program. To prove the consistency in the results produced by the system, consumer confidence indicators from December 2012 to November 2020 were calculated for each month and compared with official figures, obtaining a very good correlation between both.

Keywords

Fuzzy inference system, fuzzy logic, fuzzy rules, linguistic variable, Mamdani.

Objetivo del capítulo

El presente apartado tiene la finalidad de mostrar una aplicación al marketing de los sistemas de inferencia difusos (SID). La importancia de dichos sistemas, radica en que permiten trabajar con datos imprecisos, semejante a cómo funciona el pensamiento de un individuo. Estos sistemas se basan en el principio de la lógica difusa, utilizando variables lingüísticas de entrada y salida al sistema, así como un conjunto de reglas difusas que permiten operar al sistema a través del conocimiento que tiene uno o varios expertos en el tema de referencia. Estos sistemas permiten valoraciones subjetivas, las cuales son aproximaciones a valores precisos sobre el fenómeno a medir.

En el caso que nos ocupa, se diseñó un sistema de inferencia difuso para obtener un indicador de confianza del consumidor mensual para México. El sistema propuesto, se pone a prueba con datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) durante 8 años a través de la Encuesta Nacional sobre Confianza del Consumidor (ENCO, 2015). El periodo de prueba del sistema comprende de diciembre del 2012 a noviembre del 2020 (96 meses). Este intervalo de tiempo incluye todo el gobierno anterior de seis años con el expresidente Enrique Peña Nieto del Partido Revolucionario Institucional (PRI) y dos años del actual gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador del partido Movimiento de Regeneración Nacional (MORENA).

El INEGI, cada mes elabora un informe donde publica el Índice de Confianza del Consumidor y el Indicador de Confianza del Consumidor, sólo este último se comparó con los resultados que nos arroja el sistema de inferencia difuso y se obtuvo una correlación alta entre ambos indicadores, lo que muestra que las reglas difusas y las variables lingüísticas utilizadas en el sistema de inferencia proporcionan resultados consistentes a los publicados oficialmente por INEGI en México.

Antecedentes

En México, con el gobierno actual de Andrés Manuel López Obrador (2018-2024), a pesar de que hay varios indicadores macroeconómicos que se encuentran dentro de márgenes estables (inflación, tipo de cambio y la tasa de interés, entre otros), hay uno que mide el crecimiento económico de un país: el Producto Interno Bruto (PIB). Este indicador macroeconómico, según cifras oficiales del INEGI (2020, febrero 25), en el año 2019 el crecimiento fue del -0.1% y para cerrar el año 2020, según estimaciones de varias fuentes será alrededor del -8.5%. Cabe aclarar que, si bien la economía en el primer año de gobierno del presidente de México no marchaba del todo bien, la presencia de la pandemia del COVID-19 en el mundo, ha provocado una mayor desaceleración en la economía del país.

Especialistas señalan que, al margen de la pandemia, existen algunos factores que han obstaculizado el crecimiento económico en México, entre ellos se menciona la incertidumbre de la política interna, los problemas de inseguridad pública, las condiciones en la producción petrolera, la política del gasto público y la incertidumbre sobre la situación económica interna. Sin mencionar los factores externos cuyos pronósticos se han agravado a nivel mundial debido entre otras cosas al COVID-19.

Ante este escenario nos preguntamos, si esta situación económica afecta la percepción del consumidor en su vida cotidiana. El INEGI, a través de la Encuesta

Nacional sobre Confianza del Consumidor (ENCO), genera información estadística mensualmente, para elaborar indicadores a nivel nacional sobre la percepción actual y las expectativas a futuro que tiene la ciudadanía acerca de su situación económica, de su familia y del país (ENCO, 2015).

En la literatura sobre el tema se menciona que hay una relación muy estrecha entre la confianza y las variables macroeconómicas (Demirel & Artan, 2017). De esta forma si los consumidores perciben que la economía va por buen camino, tendremos altos niveles de confianza en el país. Siegrist, Gutscher & Earle (2005), han probado que si hay confianza y la incertidumbre es baja, entonces hay una percepción de riesgo baja. Nezinský & Baláz (2016), han estudiado que la confianza es uno de los indicadores principales para pronosticar la economía.

Los resultados que se obtienen al medir o construir un indicador de confianza del consumidor en México, implica una dosis de incertidumbre asociada con la ambigüedad o subjetividad que tienen los datos recabados por el INEGI para ello. Lo anterior ofrece un campo fértil para explorar y utilizar instrumentos que pertenecen a la lógica difusa.

La contribución del presente estudio, es mostrar un camino diferente al utilizado por el INEGI en su etapa final al calcular el indicador de confianza del consumidor. Cabe aclarar que un indicador es una medición en términos absolutos en relación al fenómeno a medir y un índice hace referencia a una

razón de cambio entre una fecha determinada con respecto a una fecha base.

El capítulo se ha estructurado de la siguiente manera: en un primer apartado, se describe la idea central de la lógica difusa junto con algunos elementos necesarios para comprender así los sistemas de inferencia difusos. En un segundo apartado, se realiza una revisión de la literatura para mostrar algunas aplicaciones sobre dichos sistemas en diversas áreas. El tercer apartado, se desarrolla la propuesta del sistema de inferencia difuso para obtener el indicador de confianza del consumidor en México. En el cuarto apartado, se presenta la aplicación y los resultados del sistema descrito. Al término del documento, presentamos algunas interesantes conclusiones.

Lógica difusa: una aproximación

El origen de la lógica difusa se remonta a los años sesenta, donde el profesor Lotfi A. Zadeh investigador de ingeniería en la Universidad de California, en 1965 publica su primer artículo sobre lógica difusa titulado “Fuzzy Sets” en la revista *Information and Control*, donde da a conocer sus primeros avances sobre este tema (D’Negri, & De Vito, 2006).

La lógica difusa es una extensión de la lógica clásica en contextos donde encontramos imprecisión o información incompleta. La lógica clásica junto con sus sistemas de inferencia, se basan en enunciados donde sólo hay dos posibilidades: falso o verdadero (o bien ceros y unos). En términos de conjuntos clásicos, un objeto o persona, pertenece o no pertenece a un conjunto. Por el contrario, la lógica difusa, se basa en la idea de que el objeto o persona pertenece siempre al conjunto en un cierto grado, medido dentro de un continuo entre cero y uno (Zadeh, 1965).

Lo anterior, ha permitido desarrollar el llamado razonamiento aproximado, ya que la lógica difusa y los sistemas de inferencia que también son difusos, permiten a las máquinas procesar razonamientos mucho más cercanos a los realizados por el hombre.

Flores & Camarena (2013) mencionan que “la lógica difusa se basa en la relatividad de lo observado” (p.235). Es un instrumento que permite el análisis

en situaciones de vaguedad e incertidumbre, cuyo principal potencial se ubica en la polivalencia y gradualidad (Flores & Salas, 2015).

El adjetivo “difuso” se debe a que los valores de verdad, no son deterministas producto de la relación causa-efecto, no son exactos, por tanto, tienen una connotación de incertidumbre; dicho término está relacionado con valoraciones lingüísticas o frases utilizadas en el lenguaje cotidiano (Enciso, Acosta & Campo, 2013). A continuación, presentamos de forma sencilla algunos elementos de la lógica difusa.

Conjuntos difusos y variables lingüísticas

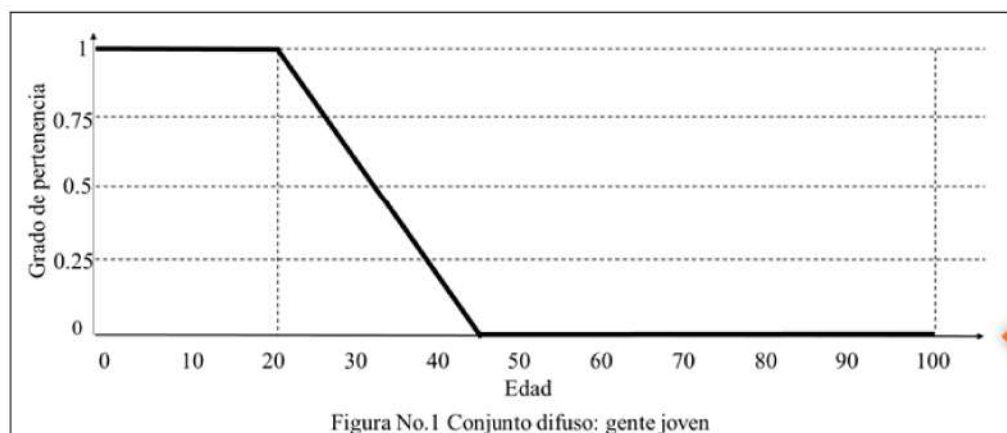
Con la finalidad de poder comprender el sistema de inferencia difuso que hablaremos en este trabajo, es necesario aclarar el concepto de conjunto difuso y variable lingüística.

Zadeh (1965), propone la noción de conjunto difuso basado en la idea de que un elemento forma parte de un conjunto con un determinado grado de pertenencia. A manera de ejemplo, en la (Figura No.1) se muestra un conjunto difuso definido como: gente joven, siendo aquella no mayor a 20 años. De esta forma podemos ir dando niveles de pertenencia a toda persona. Si el individuo tiene menos de 20 años, tiene un nivel de pertenencia a ese grupo de 1, si la persona tiene más de 45 años tiene un nivel de pertenencia de 0. Pero si la persona tiene entre 20 y 45 años, tendrá un grado de pertenencia todavía al grupo de gente joven. Es decir, el grado de pertenencia se define mediante la

función llamada de membresía o pertenencia asociada al conjunto difuso.

Figura 1. Conjunto difuso: gente joven

Fuente: elaboración propia (2020)



Una forma matemática muy común de expresar a un conjunto difuso cuando X es una colección de objetos denotados por x ($X=\{x_1, x_2, x_3, \dots\}$), es representar al conjunto difuso A en X como un conjunto de pares ordenados definidos como:

$$A = \{(x, \mu_A(x)), / x \rightarrow X\}, \text{ donde } \mu_A: \rightarrow [0, 1]$$

Donde X se le conoce como el universo del discurso y $\mu_A(x)$ es la llamada función de membresía que otorga a cada elemento de X un grado de pertenencia entre cero y uno incluyendo ambos extremos. En la literatura sobre lógica difusa, es muy frecuente que a la función de membresía también reciba el nombre de función de pertenencia y, por tanto, dichos términos los usamos de manera indistinta.

Los tipos más comunes de funciones de membresía son: la función triangular, trapezoidal, gaussiana, sigmoideal y generalizada de Bell (Cruz & Alarcón, 2017).

Sin entrar a detalle, de la misma forma que los conjuntos tradicionales, en los conjuntos difusos también se tienen operaciones entre conjuntos (unión, intersección y complemento) así como una lista de propiedades (conmutativa, asociativa, distributiva, idempotencia, involución, transitiva y leyes de Morgan). Empleando estas operaciones, propiedades y modificadores tales como: “ligeramente”, “bastante”, “muy”, “más”, “algo”, entre muchos otros, se puede obtener una gran variedad de expresiones (González, 2015). Por ejemplo, siendo A el conjunto gente alta y B el conjunto gente baja, podemos derivar el conjunto C como gente no muy alta y no muy baja.

Zadeh (1975) menciona que, para representar el conocimiento a partir de un razonamiento aproximado, tenemos que utilizar variables lingüísticas. Una variable lingüística es aquella cuyos valores son palabras o bien oraciones en un lenguaje natural o artificial (Zadeh, 1975).

Dichas variables se representan a través de conjuntos difusos sobre cierto dominio subyacente de naturaleza numérica. Cada conjunto difuso debe estar asociado a él una etiqueta lingüística. De esta forma, podemos establecer una diferencia simple: si la variable es numérica, recibe valores de esa naturaleza, por ejemplo: Edad = 5, 6, 7 años, etcétera. y si la variable es lingüística, recibe valores lingüísticos, por ejemplo: Edad = Muy joven, Joven, Mediana edad, Viejo, Muy viejo.

Zadeh (1975) ha establecido que una variable lingüística queda caracterizada por una quintupla de la siguiente forma $(V, T(V), X, G, M)$ donde:

V = es el nombre de la variable

$T(V)$ = es el conjunto de etiquetas o términos lingüísticos que puede tomar la variable V

X = es el dominio subyacente o el universo del discurso de la variable V (son todos los posibles valores numéricos que puede tomar una determinada variable)

G = es la gramática libre de contexto para generar las etiquetas de $T(V)$. De esta forma, una etiqueta lingüística se forma como una sucesión de los símbolos terminales de la gramática. Ejemplo: “muy alto”, “no muy bajo”, “normal”, etcétera.

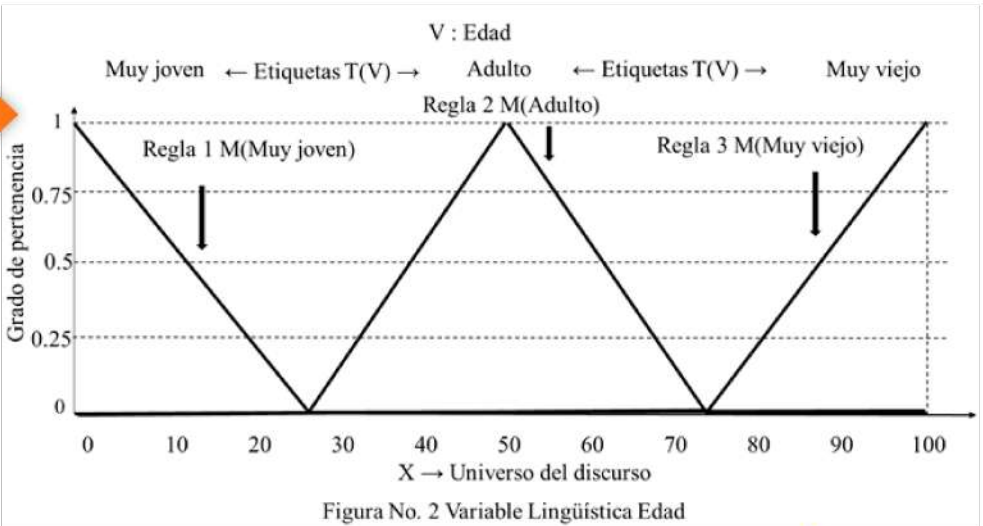
M = es una regla semántica que asocia cada término lingüístico con su significado. Cada término o etiqueta se expresa con alguna función de membresía como

la triangular, la sigmoide, la gaussiana, entre muchas otras. Es decir, es una regla para cada conjunto difuso.

A manera de ejemplo, la (Figura No.2) muestra una variable lingüística con sus componentes:

Figura 2. Variable lingüística - Edad

Fuente: elaboración propia (2020)



Estructura de un sistema de inferencia difuso (SID)... La aplicación más extendida de la lógica difusa y las variables lingüísticas son los sistemas de inferencia difusos (SID). Jang et al. (1997), menciona que “un

sistema de inferencia difuso es una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano” (citado en Medina, 2006, p.201). Estas herramientas permiten el manejo de vaguedades e incertidumbre con alto nivel de abstracción. Un SID define una correspondencia no lineal entre una o varias variables de entrada y una variable de salida; lo que permite tomar decisiones o definir patrones.

Enciso, Acosta & Campo, (2013), mencionan que dichos sistemas permiten interpretar valoraciones subjetivas, incorporando el conocimiento de uno o varios sujetos que tienen amplia experiencia sobre el tema.

Los SID están conformados por tres 3 componentes esencialmente: el primero es el conjunto de variables lingüísticas de entrada, que incluye en cada una de ellas la definición de las funciones de pertenencia o membresía para cada etiqueta. A esto se le llama fuzificación.

El segundo componente es la variable de salida, convirtiendo las salidas difusas a valores nítidos o numéricos (crisp), a esto se le llama defuzificación y para ello, existen varios métodos como el centroide, bisectriz, máximo central, entre otros más. El más común de todos ellos es el primero mencionado: el centroide.

Un tercer componente son las reglas difusas que permiten establecer la relación entre las variables de

entrada y la variable de salida del sistema (Medina, 2006). La regla del tipo: SI <antecedente> ENTONCES <consecuente> de Mamdani propuesto por su autor Ebrahim Mamdani en 1975 es la más usada en diversos campos. Si la regla tiene varios antecedentes, entonces se aplica algún operador lógico como “OR” con la T-conorma (máximo $a \vee b$) o bien “AND” con la T-norma (mínimo $a \wedge b$), e incluso el operador complemento (\bar{a}) (Kaufmann & Gil Aluja, 1993) para obtener un único valor que represente el resultado de la evaluación del antecedente, este número (valor de verdad) se aplica al consecuente (Medina, 2006).

Mamdani (1977) muestra algunas aplicaciones de este principio que ha recibido también el nombre de razonamiento aproximado. Medina (2006) señala que “el razonamiento aproximado es un procedimiento de inferencia usado para derivar conclusiones desde un conjunto de reglas difusas tipo <si-entonces> y los datos de entrada al sistema mediante la aplicación de relaciones de composición Max-Min” (p.205)

La siguiente (Figura No.3) ilustra un esquema general de un sistema de inferencia difuso:

Esquema en la siguiente página...

Figura 2. Sistema de inferencia difuso

Fuente: elaboración propia con adaptación de diversos autores



Aplicación de los SID a las ciencias sociales

Como parte de la revisión de la literatura, hemos encontrado que las aplicaciones iniciales tuvieron su origen en ingeniería, disciplina a la que pertenecía el profesor Lotfi A. Zadeh. Una de las primeras aplicaciones emblemáticas fue el desarrollado por Ebrahim Mamdani en 1974, aplicando los conceptos de lógica difusa en el control de procesos para la operación de un motor de vapor (Guzmán & Castaño, 2006).

Guzmán & Castaño (2006) mencionan que como alternativa al método Mamdani para el control de procesos, en 1985 Takagi y Sugeno diseñaron otro método que lleva su nombre (TSK), esto aunado a lógica difusa desarrollada por Zadeh, trajo numerosas aplicaciones en diversas áreas como la aeronáutica, medicina e incluso en los aparatos electrodomésticos.

Ambos procedimientos han sido utilizados en múltiples problemas, pero el método de Mamdani representa un marco mucho más natural que el sistema TSK para la representación del conocimiento humano y por tanto ha sido el modelo preferido en aplicaciones en las ciencias sociales en general.

Como muestra de lo anterior, Medina & Paniagua (2008) desarrollaron un Sistema de Inferencia Difuso a través del método Mamdani, para evaluar la capacidad de crédito de una persona que solicita un préstamo en una cooperativa de ahorro y crédito. Esta evaluación

permite conocer la solvencia del usuario como variable de salida teniendo en cuenta las 4 variables lingüísticas de entrada: Capacidad de pago, Aportes sociales (ingresos por acciones o inversiones que tenga la persona), Antigüedad y Calificación crediticia. Otro estudio similar al anterior, para medir la solvencia financiera de las empresas solicitantes de crédito fue el que desarrolló Soto & Medina (2004).

Enciso, Acosta & Campo, (2013), desarrollaron un sistema de inferencia difuso usando el método Mamdani, con valoraciones subjetivas que sean determinantes para estimar la inflación en Colombia. Lo anterior se llevó a cabo a partir de la teoría económica donde se determinó como variables lingüísticas de entrada: promedio ponderado de la tasa de intervención (ligada dicha tasa a la política monetaria del país), inflación al cierre de año y la tercera variable se consideró el promedio de crecimiento del producto interno bruto (PIB); la variable de salida estuvo definida como la inflación anual esperada.

Otra aplicación útil en el ámbito empresarial, es el realizado por Flores & Salas (2015), donde en el marco de la lógica difusa, utilizan un sistema de inferencia con el procedimiento Mamdani para cuantificar la calidad del empleo en México identificando marcadas diferencias en algunas variables más allá de las diferencias salariales entre el hombre y la mujer. Otro estudio en el marco empresarial utilizando los sistemas de inferencia difusa con el método Mamdani, fue el desarrollado por Mendoza (2009), donde muestra que la autonomía de un empleado, está relacionada con su

eficacia en la empresa y a la vez ese nivel de eficacia es la causa de una futura autonomía en la empresa, mejorando de esa manera la percepción general de la misma. Otra aplicación en el ámbito de la empresa utilizando los SID es el presentado por Arango, Serna & Pérez (2012), en el cual propone un sistema de medición y análisis basado en el Balance Scorecard que incorpora técnicas de lógica difusa para reducir la incertidumbre en los procesos de análisis y toma de decisiones.

También en el ámbito político se han realizado propuestas bajo el marco de los sistemas de inferencia difuso. Ejemplo de esto Lozano & Fuentes (2013), elaboraron un sistema de lógica difusa para clasificar a varios candidatos a un puesto público. Las variables lingüísticas de entrada fueron: Entusiasmo, Empatía, Liderazgo, Resistencia al estrés y Dependencia emocional-efectiva. Con resultado, se obtuvo una categorización de los candidatos en función del nivel de pertenencia a las variables mencionadas anteriormente en relación a un candidato ideal.

Lo anterior, son apenas algunos ejemplos de las decenas de aplicaciones de los SID a las ciencias sociales, en particular en la economía y la empresa. Con estos antecedentes en diversas áreas nos damos a la tarea de llevar estas herramientas al marketing. Por tanto, en los siguientes apartados se presenta la construcción de un SID para obtener un indicador de confianza del consumidor.

Indicador de confianza del consumidor a través de un SID

Origen de los datos

Recordemos que el actual presidente de México Andrés Manuel López Obrador, inició sus 6 años de gobierno el 1ro. de diciembre del 2018. Desde el primer día, el presidente ha desarrollado una serie de medidas económicas como la cancelación del proyecto del nuevo aeropuerto internacional de la Ciudad de México; el apoyo financiero a la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX) para rescatar a la misma de la quiebra; también ha dado todo el soporte económico a la construcción de una nueva refinería de PEMEX en Tabasco, entre otras medidas más. Esto ha provocado una caída en varios indicadores económicos que publica el INEGI e incluso el Banco de México. Frente a esta situación y desde la óptica del ciudadano ¿cómo se ha comportado el indicador de confianza del consumidor en estos dos años de gobierno e incluso en los seis años del gobierno anterior?

La medición en México de dicho indicador, se realiza a partir de la Encuesta Nacional sobre Confianza del Consumidor (ENCO, 2015) elaborado por el INEGI.

La encuesta se levantó por primera vez en 1993 en 36 ciudades del país, con una muestra de 400 cuestionarios en cada una de esas poblaciones. Parte de la historia de esta encuesta se puede resumir como:

En abril de 2008 la encuesta se dejó de levantar en papel, usando por primera vez para el levantamiento de la información un dispositivo móvil PDA (Personal Digital Assistant) Treo 680. En el mes de julio de 2011, el dispositivo móvil PDA anterior fue sustituido por un equipo móvil mini laptop Dell Latitude 2100 y éste a su vez, fue sustituido por el equipo mini laptop tablet Lanix Wizz C, en el mes de octubre de 2013. Por su parte, el equipo anterior fue reemplazado por la mini laptop tablet Meebox MeeClassmate Twist. (ENCO, 2015, p.4)

El cuestionario completo ENCO, se subdivide en dos secciones: cuestionario socioeconómico con preguntas relacionadas en su mayoría con características de la gente y su vivienda, y el cuestionario básico formado por 15 preguntas para conocer la percepción actual y en el futuro de los ciudadanos en relación a la economía en el ámbito personal, familiar y del país (ENCO, 2015).

Al no existir restricción internacional sobre el tipo de preguntas a utilizar para el cálculo del índice de confianza del consumidor, en México el INEGI decidió elegir cinco preguntas de las 15 del cuestionario básico que definen el comportamiento del índice a nivel nacional de confianza del consumidor permitiendo la comparación de estudios similares realizados en otros países como Francia, Italia, Alemania, EUA y Japón (ENCO, 2015).

Con las cinco preguntas elegidas antes, a partir del mes de junio del 2015, el INEGI comenzó a publicar también

el llamado Indicador de Confianza del Consumidor. La diferencia entre el índice de confianza y el indicador de confianza del consumidor radica básicamente en la última etapa de su cálculo, ya que ambos métodos son iguales e incluso utilizan las mismas preguntas.

Las cinco preguntas base, de las 15 que contienen el cuestionario, para calcular tanto el índice como el indicador de confianza son textualmente las siguientes:

Pregunta 1. Comparada con la situación económica que los miembros de este hogar tenían hace 12 meses, ¿cómo cree que es su situación en este momento?

Pregunta 2. ¿Cómo considera usted que será la situación económica de los miembros de este hogar dentro de 12 meses, respecto a la actual?

Pregunta 3. ¿Cómo considera usted la situación económica del país hoy en día comparada con la de hace 12 meses?

Pregunta 4. ¿Cómo considera usted que será la condición económica del país dentro de 12 meses respecto de la actual situación?

Pregunta 5. Comparando la situación económica actual con la de hace un año, ¿cómo considera en el momento actual las posibilidades de que usted o alguno de los integrantes de este hogar realice compras tales como muebles, televisor, lavadora, otros aparatos eléctricos, etcétera? (ENCO, 2015, p. 49)

Cada una de las preguntas tienen opciones de respuesta con ponderadores diferenciados, a consecuencia de la estructura porcentual de cada una de ellas como lo veremos en un ejemplo más adelante (ENCO, 2015).

Las preguntas 1, 2, 3 y 4 tienen 6 opciones de respuestas y tanto los códigos numéricos y sus ponderaciones son:

1 MUCHO MEJOR	PONDERADOR 1
2 MEJOR	PONDERADOR 0.75
3 IGUAL	PONDERADOR 0.50
4 PEOR	PONDERADOR 0.25
5 MUCHO PEOR	PONDERADOR 0.00
6 NO SABE	--

La pregunta 5 tiene sólo 4 opciones de respuesta y son...

1 MAYORES	PONDERADOR 1
2 IGUALES	PONDERADOR 0.50
3 MENORES	PONDERADOR 0.00
4 NO SABE	

En la (Tabla No.1) se ilustra utilizando la pregunta 1, la forma de obtener el nivel absoluto (dato absoluto) de dicha interrogante para toda la muestra. En primer lugar, se obtienen los porcentajes de respuesta de cada alternativa, posteriormente cada porcentaje es multiplicado por su ponderador obteniendo así la última columna de la (Tabla No.1). Finalmente se realiza la suma de esa columna y se obtiene el valor de 45.45 que es el nivel absoluto de esa pregunta.

Tabla 01. Ejemplo para ponderar la pregunta 1

Fuente: ENCO (2015)

Tabla No. 1 Ejemplo para ponderar la pregunta 1

Opciones de respuesta	Porcentaje de respuestas	Ponderador	Resultado
1 Mucho mejor	0.76	1	0.76
2 Mejor	14.55	0.75	10.91
3 Igual	52.35	0.50	26.17
4 Peor	30.41	0.25	7.60
5 Mucho peor	1.94	0.00	0.00
6 No sabe	0.00	0.00	0.00
Total	100%	Suma:	45.45

Fuente: ENCO (2015)

De forma similar, el INEGI determina los valores para las cuatro preguntas restantes y al calcular el promedio aritmético de todos esos niveles absolutos, obtiene el llamado indicador de confianza del consumidor.

En el caso del índice de confianza del consumidor, el procedimiento es similar. Sólo que, al calcular el promedio aritmético, éste se realiza no con los niveles absolutos, sino con los índices que se obtienen dividiendo para cada pregunta, el nivel absoluto del año actual entre el nivel absoluto del año base, que hasta el momento es enero 2003 multiplicado por 100. Siguiendo este mismo ejemplo sería: $(45.45/45.80) 100 = 99.22$

En definitiva, en ambos casos, se obtiene el promedio aritmético simple para obtener el índice y el indicador de confianza del consumidor. Para mayor detalle, se puede consultar el documento metodológico de la ENCO (2015).

En el presente trabajo vamos a utilizar como datos de entrada al sistema de inferencia difuso, los niveles absolutos publicados por la encuesta ENCO de las cinco preguntas que utiliza el INEGI para calcular el indicador de confianza del consumidor para cada mes.

El período de estudio para probar el sistema comprende de diciembre del 2012 hasta noviembre del 2020 que corresponde a los 6 años del gobierno anterior del expresidente Enrique Peña Nieto del partido PRI y los dos últimos años del actual presidente de México Andrés Manuel López Obrador del partido MORENA. En la (Tabla No.2) se muestra un fragmento de los 96 meses con los datos de entrada (niveles absolutos) que vamos a utilizar en el SID.

Tabla 02. Niveles absolutos de las 5 preguntas para calcular el indicador de confianza del consumidor

Fuente: ENCO (2015)

Tabla No. 2 Niveles absolutos de las 5 preguntas para calcular el Indicador de Confianza del Consumidor

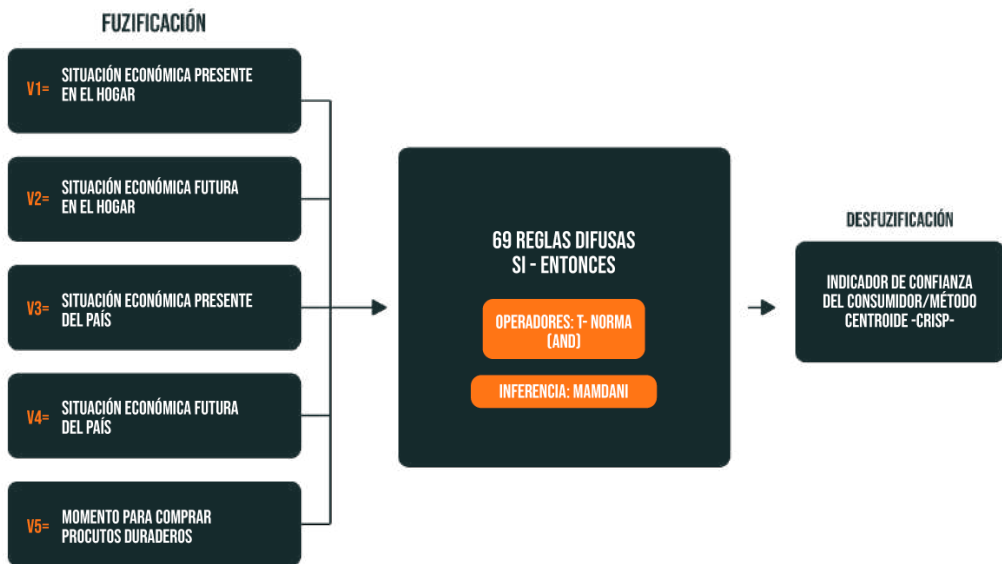
Periodo	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
dic-12	44.6	53.9	38.5	48.3	20.3
ene-13	45.9	54.8	38.8	48.2	20.3
feb-13	44.0	52.8	36.8	45.1	19.7
.
.
.
sep-20	39.0	52.5	29.4	43.9	16.6
oct-20	41.3	54.1	30.7	45.5	17.8
nov-20	39.9	52.7	30.3	44.9	17.6
Fuente: ENCO (2015)					

Construcción de la estructura del SID para el indicador de confianza del consumidor

Para mostrar la estructura del SID del presente trabajo, en la (Figura No.4) mostramos el sistema con las variables de entrada y salida y las reglas difusas que permiten operar al mismo.

Figura 04. Sistema de inferencia difuso para calcular el indicador de confianza del consumidor en México

Fuente: Propuesta del autor



Para la presentación del sistema, se propone estructurarlo en tres fases que se detallan a continuación.

Fase 1 Proceso de Fuzificación

El proceso inicia con la determinación de las variables lingüísticas tanto de entrada como de salida del sistema, sus etiquetas lingüísticas y sus funciones de membresía (Medina, 2006).

Variables de entrada. A partir de las cinco preguntas que se presentaron en el apartado anterior, se renombran como variables con términos más cortos para mayor facilidad en su uso. Estas quedan como:

V1 = Situación económica presente en el hogar

V2 = Situación económica futura en el hogar

V3 = Situación económica presente del país

V4 = Situación económica futura del país

V5 = Momento para comprar productos duraderos

Variable de salida. Como variable de salida tenemos el indicador de confianza del consumidor.

Etiquetas de las variables lingüísticas y sus funciones de membresía. Cabe mencionar que antes de tener el sistema como se presenta, se realizaron varios intentos de funciones de membresía que se descartaron en su momento por haber obtenido resultados inconsistentes con las mediciones que publica el INEGI a través de la encuesta ENCO.

En la (Figura No.5) se muestran las cinco funciones de membresía sigmoideas y gaussianas que se proponen para cada una de las variables de entrada al sistema. La forma gráfica de dichas funciones, corresponden a los parámetros que se definen más adelante en la (Tabla No. 3).

Figura 05. Funciones de membresía de las variables de entrada

Fuente: Elaboración propia

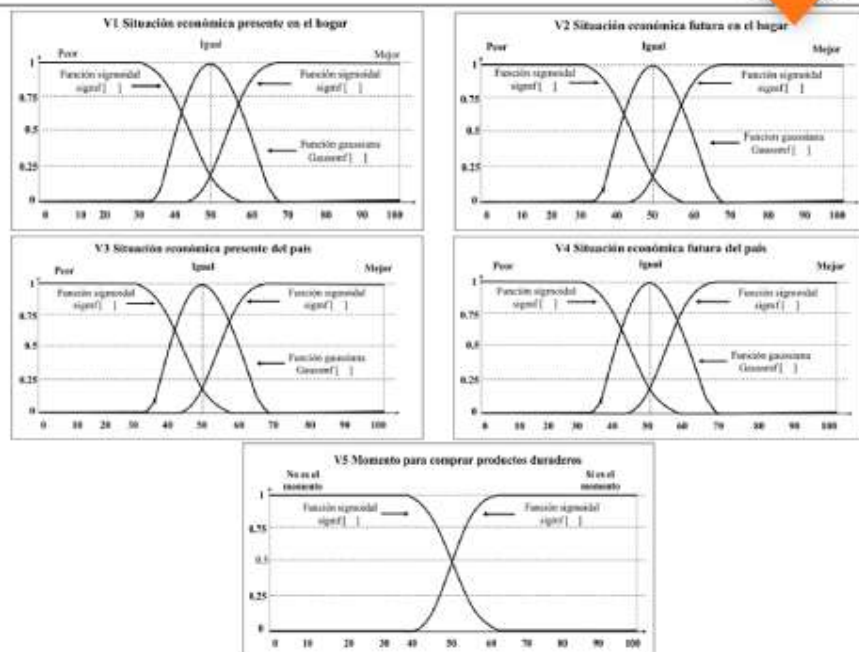


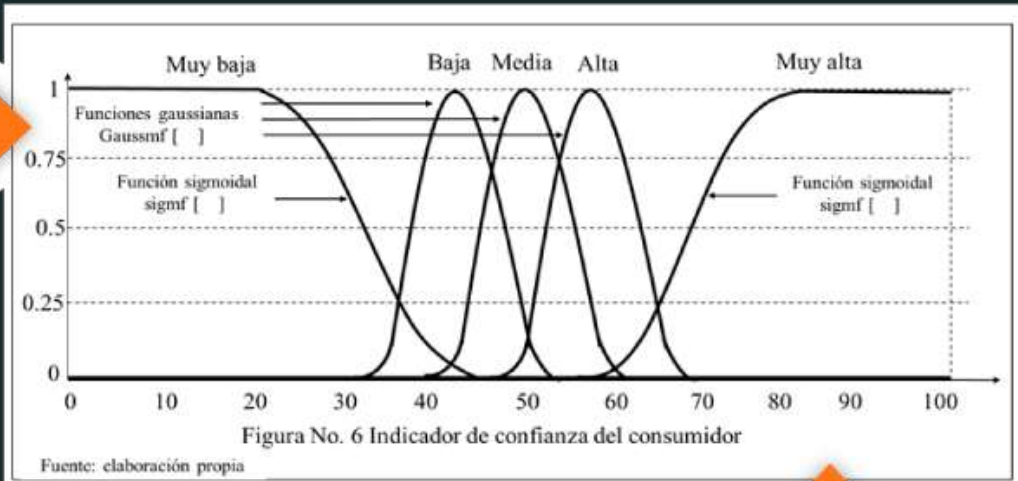
Figura No.5 Funciones de membresía de las variables de entrada

Fuente: Elaboración propia

La (Figura No.6) muestra las funciones de membresía sigmoideas y gaussianas de la variable de salida del sistema para cada una de las etiquetas.

Figura 06. Indicador de confianza del consumidor

Fuente: Elaboración propia



En la (Tabla No.3) se resume la definición de cada variable de entrada y salida del modelo: nombre de la variable, el universo del discurso o valores que puede tomar, las etiquetas lingüísticas y por supuesto las funciones de membresía o pertenencia seleccionadas para cada etiqueta con sus respectivos parámetros que determinan la forma de cada función. El software utilizado en el presente trabajo es el FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

Tabla 03. Definición de las variables del sistema de inferencia difuso

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	UNIVERSO DEL DISCURSO	ETIQUETAS LINGÜÍSTICAS	FUNCIÓN DE MEMBRESÍA O PERTENENCIA. NOTACIÓN UTILIZADA DE MATLAB (PARÁMETROS)
ENTRADA	V1: SITUACIÓN ECONÓMICA PRESENTE EN EL HOGAR	{0, 100}	PEOR	SIGMF [-0.2 45]
			IGUAL	GAUSSMF [3 50]
			MEJOR	SIGMF [0.2 55]
ENTRADA	V2: SITUACIÓN ECONÓMICA FUTURA EN EL HOGAR	{0, 100}	PEOR	SIGMF [-0.2 45]
			IGUAL	GAUSSMF [3 50]
			MEJOR	SIGMF [0.2 55]
ENTRADA	V3: SITUACIÓN ECONÓMICA PRESENTE DEL PAÍS	{0, 100}	PEOR	SIGMF [-0.2 45]
			IGUAL	GAUSSMF [3 50]
			MEJOR	SIGMF [0.2 55]
ENTRADA	V4: SITUACIÓN ECONÓMICA FUTURA DEL PAÍS	{0, 100}	PEOR	SIGMF [-0.2 45]
			IGUAL	GAUSSMF [3 50]
			MEJOR	SIGMF [0.2 55]
ENTRADA	V5: MOMENTO PARA COMPRAR PRODUCTOS DURADEROS	{0, 100}	NO ES MOMENTO	SIGMF [-0.3 50]
			SI ES MOMENTO	SIGMF [0.3 50]
SALIDA	CONFIANZA DE CONSUMIDOR	{0, 100}	MUY BAJA	SIGMF [-1 40]
			BAJA	GAUSSMF [3 45]
			MEDIA	GAUSSMF [3 50]
			ALTA	GAUSSMF [3 55]
			MUY ALTA	SIGMF [1 60]

Fase 2. Establecimiento de las reglas difusas: si-entonces.

Las reglas difusas especifican el vínculo entre las variables de entrada y salida del sistema (Medina, 2006). Por tanto, es una parte esencial para el funcionamiento del sistema difuso. En este sistema, las reglas son de la forma:

SI <antecedente> ENTONCES <consecuente>

Como las reglas tienen múltiples antecedentes, las vamos a unir con el operador lógico AND utilizando la T-norma (mínimo $a \wedge b$) (Kaufmann y Gil Aluja, 1993) y como se había comentado antes, de esta forma se obtienen un único valor que representa el resultado de la evaluación de los antecedentes; ese resultado es el que se aplica el consecuente.

En los sistemas de reglas clásicas de la forma SI <antecedente> ENTONCES <consecuente>, Diciembre (2017) menciona que “Si el antecedente es verdadero, el consecuente es también verdadero. En sistemas donde el antecedente es difuso, todas las reglas se ejecutan parcialmente, y el consecuente es verdadero en cierto grado” (p.46). Estos mecanismos de inferencia o razonamiento aproximado permiten inferir un valor difuso cuando se tienen entradas difusas (Medina, 2006).

De los mecanismos de inferencia existentes, vamos a utilizar en nuestro sistema el método Mamdani, ya que ha resultado ser uno de los más utilizados. Por este camino, se listan y evalúan todas las reglas difusas para saber cómo se obtiene la salida del sistema (diciembre, 2017).

Para obtener las reglas difusas propuestas en el presente trabajo, se inició desarrollando todas las posibles reglas que se podrían obtener uniendo todos los antecedentes con el operador AND que corresponden a las cinco variables de entrada obteniendo un total de 162 ($3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 2$) reglas iniciales. Posteriormente se realizó una depuración detallada de cada una de

las reglas para eliminar aquellas que no tenían ningún sentido o lógica alguna, conservando aquellas que tengan el consecuente muy claro y consultando con algunos expertos un número menor de reglas para su consideración y opinión. Con este proceso se redujeron a 69 reglas difusas que son las que se capturaron en FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

Para que el lector tenga una idea de dichas reglas a continuación le mostraremos la primera y la última escritas textualmente en Matlab.

Regla 1. Si <V1: Situación económica presente en el hogar es PEOR> AND Si < V2: Situación económica futura en el hogar es PEOR> AND Si < V3: Situación económica presente del país es PEOR> AND Si < V4: Situación económica futura del país es PEOR> AND si <V5: Momento para comprar productos duraderos NO ES MOMENTO> ENTONCES<Muy BAJA CONFIANZA>

Regla 69. Si <V1: Situación económica presente en el hogar es MEJOR> AND Si < V2: Situación económica futura en el hogar es MEJOR> AND Si < V3: Situación económica presente del país es MEJOR> AND Si < V4: Situación económica futura del país es MEJOR> AND si <V5: Momento para comprar productos duraderos SÍ ES MOMENTO> ENTONCES<Muy ALTA CONFIANZA>

Por haber resultado un número muy grande de reglas en este sistema, en la (Figura No.7) vamos a mostrar un fragmento del editor de reglas difusas:

Fase 3 Defuzificación

Una vez concluidas las fases anteriores, se procesa a operar el SID para medir el indicador de confianza del consumidor. Dicho sistema se ilustra en la Figura No.8

Figura 08. Sistema de Inferencia Difuso (SID) para obtener un indicador de confianza del consumidor

Fuente: Elaborado por FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a

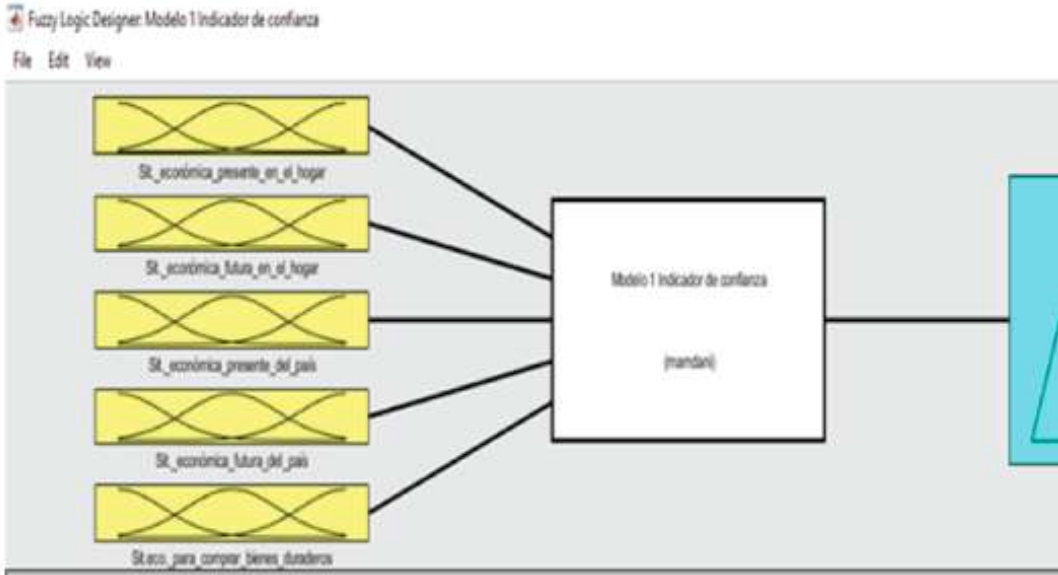


Figura No. 8 Sistema de Inferencia Difuso (SID) para obtener un indicador de confianza del consumidor

Fuente: Elaborado en FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

La forma de operar el sistema es capturando los valores de cada variable de entrada. Dichos valores se someten a las reglas difusas del tipo: SI <antecedente> ENTONCES <consecuente> y de esa forma se obtiene para cada regla un <consecuente> difuso, donde con ello, se realiza una agregación de los <consecuentes> para proceder a la etapa última llamada defuzificación.

El proceso de defuzificación, permite asociar a un conjunto difuso un valor numérico (crisp) como solución al sistema planteado.

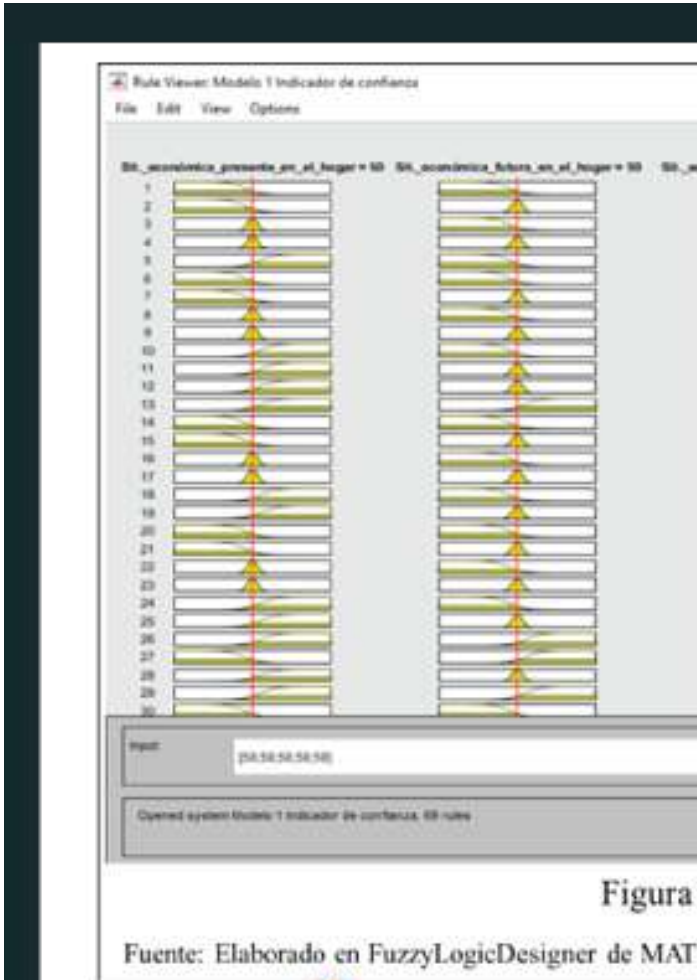
Si en un sistema de inferencia difuso se obtiene una conclusión a partir de la información de entrada y ésta se expresa en términos difusos, el <consecuente> es también difuso en función del método de inferencia utilizado (en este caso Mamdani), pero el dato de salida del sistema debe ser un valor numérico (crisp) que sea representativo de todo el conjunto; de hecho, existen varios métodos de defuzificación y arrojan en general resultados diferentes (diciembre, 2017).

En este caso se ha utilizado el centroide por ser el más común y ampliamente utilizado. Este criterio calcula el punto que marca una línea en forma vertical que divide a la función de membresía resultante de la agregación de los consecuentes, en dos áreas de igual



masa para ser el valor de salida representativo de la cantidad difusa y ese número es la medición del indicador de confianza del consumidor.

En la (Figura No.9) mostramos un fragmento de las 69 reglas donde de forma hipotética, capturamos para cada variable de entrada el valor de 50 y observamos con el proceso de defuzificación, que el valor de salida (crisp) es 49.7. Esto mismo se realizó para cada uno de los 96 meses.

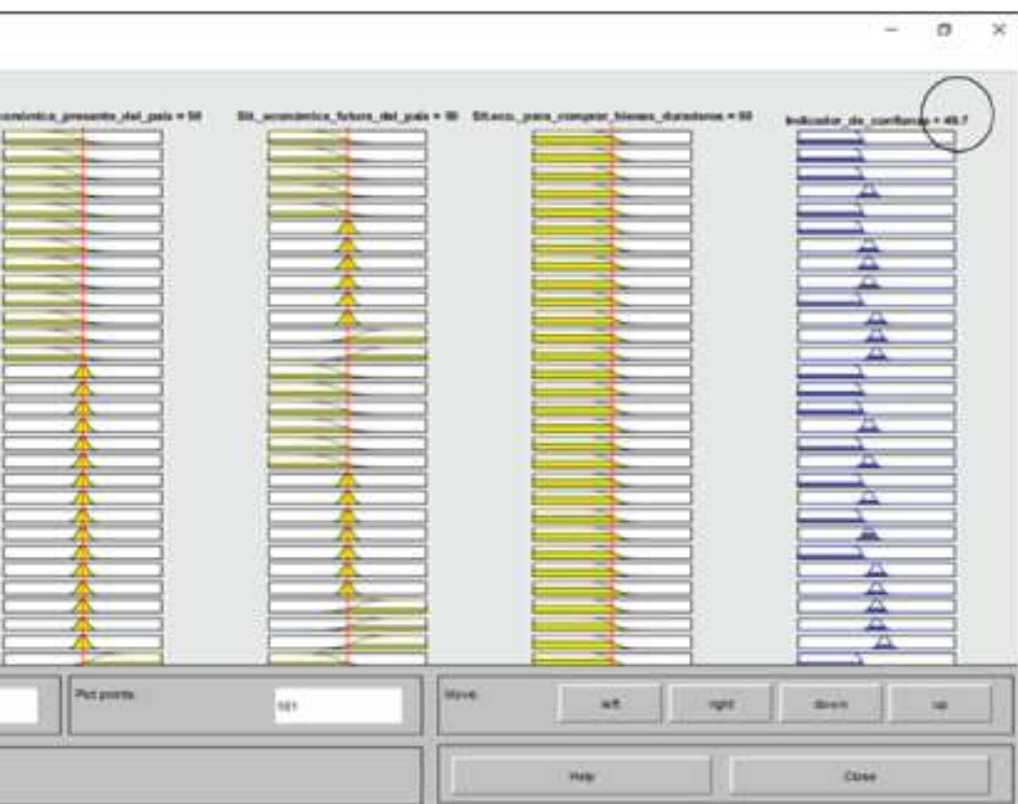


Figura

Fuente: Elaborado en FuzzyLogicDesigner de MAT

Figura 09. Proceso de defuzificación

Fuente: Elaborado por FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a



No. 9 Proceso de defuzificación

LAB R2019a.

Resultados

El modelo se probó con 96 meses que corresponden de diciembre del 2012 a noviembre del 2020. Como ya se había mencionado en el apartado Origen de los datos, corresponden a los 6 años del gobierno anterior del PRI con el expresidente Enrique Peña Nieto y los dos últimos años al actual gobierno de MORENA del presidente Andrés Manuel López Obrador.

Para probar el funcionamiento del sistema, se realizó una correlación entre los indicadores de confianza emitidos por el INEGI y los indicadores de confianza difusos obtenidos por el sistema que estamos proponiendo y resultó que la correlación total de todo el período es de $r_{xy} = 0.92$. Al ser el coeficiente de correlación muy alto, podemos decir que ambos indicadores tienen una estrecha relación entre sí.

El resultado muestra que las reglas difusas utilizadas en el sistema propuesto, permiten obtener indicadores de confianza del consumidor con un comportamiento similar a los publicados por el INEGI, cuyo número absoluto no se basa en el promedio aritmético, más bien pone a prueba la lógica difusa desarrollada por Zadeh y la inferencia desarrollada por Mamdani. Lo anterior conduce a comprender el razonamiento aproximado, que es la capacidad del ser humano de obtener conclusiones útiles a partir del conocimiento incompleto, impreciso, subjetivo o con cierto grado de incertidumbre.

En la (Tabla No.4) se muestra para cada mes del período de prueba, los indicadores de confianza tanto del INEGI como los que arroja el sistema de inferencia difuso.

Tabla 04. Indicadores de confianza del consumidor en el periodo de prueba del sistema

Fuente: Elaboración propia

FECHA	INDICADOR DE CONFIANZA DEL CONSUMIDOR INEGI	INDICADOR DE CONFIANZA DEL CONSUMIDOR POR EL SID (CRISP)	FECHA	INDICADOR DE CONFIANZA DEL CONSUMIDOR INEGI	INDICADOR DE CONFIANZA DEL CONSUMIDOR POR EL SID (CRISP)
DIC-12	41.1	27.3	DIC-16	35.5	22.4
ENE-13	41.6	27.2	ENE-17	28.7	20.3
FEB-13	39.7	24.1	FEB-17	31.5	20.8
MAR-13	39.9	26.3	MAR-17	33.8	21.4
ABR-13	39.8	25.8	ABR-17	34.9	21.9
MAY-13	39.4	24.4	MAY-17	35.9	22.2
JUN-13	38.8	22.9	JUN-17	36.0	22.3
JUL-13	40.7	25.6	JUL-17	36.5	23.3
AGO-13	40.5	26.4	AGO-17	36.5	23.4
SEP-13	39.2	23.5	SEP-17	36.8	24.1
OCT-13	38.1	22.7	OCT-17	36.4	22.9
NOV-13	36.9	21.8	NOV-17	36.7	23.4
DIC-13	37.4	21.6	DIC-17	36.3	23.9
ENE-14	35.6	21.0	ENE-18	34.8	22
FEB-14	35.7	21.0	FEB-18	34.2	21.6
MAR-14	37.1	21.7	MAR-18	34.3	21.3
ABR-14	37.6	22.4	ABR-18	35.6	21.8
MAY-14	37.8	22.7	MAY-18	36.6	22.7
JUN-14	37.9	23.2	JUN-18	37.1	22.4
JUL-14	37.6	21.8	JUL-18	43.3	31.7
AGO-14	37.5	22.2	AGO-18	43.0	33.1

SEP-14	38.2	22.7	SEP-18	42.1	29.3
OCT-14	37.7	23.4	OCT-18	42.5	31.9
NOV-14	38.5	24.5	NOV-18	41.7	27.4
DIC-14	38.7	25.0	DIC-18	44.9	36.3
ENE-15	38.1	24.2	ENE-19	45.9	36.4
FEB-15	37.5	22.5	FEB-19	47.8	40.8
MAR-15	38.5	24.7	MAR-19	46.3	37.8
ABR-15	37.8	23.8	ABR-19	45.5	36.9
MAY-15	38.0	23.7	MAY-19	44.3	33.4
JUN-15	39.1	24.3	JUN-19	43.7	30.4
JUL-15	38.1	24.3	JUL-19	43.3	30.8
AGO-15	37.4	23.7	AGO-19	43.8	30.5
SEP-15	37.4	23.1	SEP-19	45.3	37.1
OCT-15	37.8	23.8	OCT-19	44.1	29.0
NOV-15	38.2	23.8	NOV-19	43.8	29.6
DIC-15	38.4	25.2	DIC-19	43.8	30.7
ENE-16	38.2	24.2	ENE-20	44.1	32.3
FEB-16	36.7	22.5	FEB-20	43.3	30.8
MAR-16	36.8	24.7	MAR-20	42.1	27.6
ABR-16	36.7	23.8	ABR-20	32.2	20.8
MAY-16	37.5	23.7	MAY-20	31.1	20.8
JUN-16	38.3	24.3	JUN-20	32.0	21.0
JUL-16	36.5	24.3	JUL-20	34.4	21.4
AGO-16	35.7	23.7	AGO-20	35.1	21.0
SEP-16	34.8	23.1	SEP-20	36.3	22.0
OCT-16	35.0	23.8	OCT-20	37.9	25.1
NOV-16	34.9	23.8	NOV-20	37.1	23.3

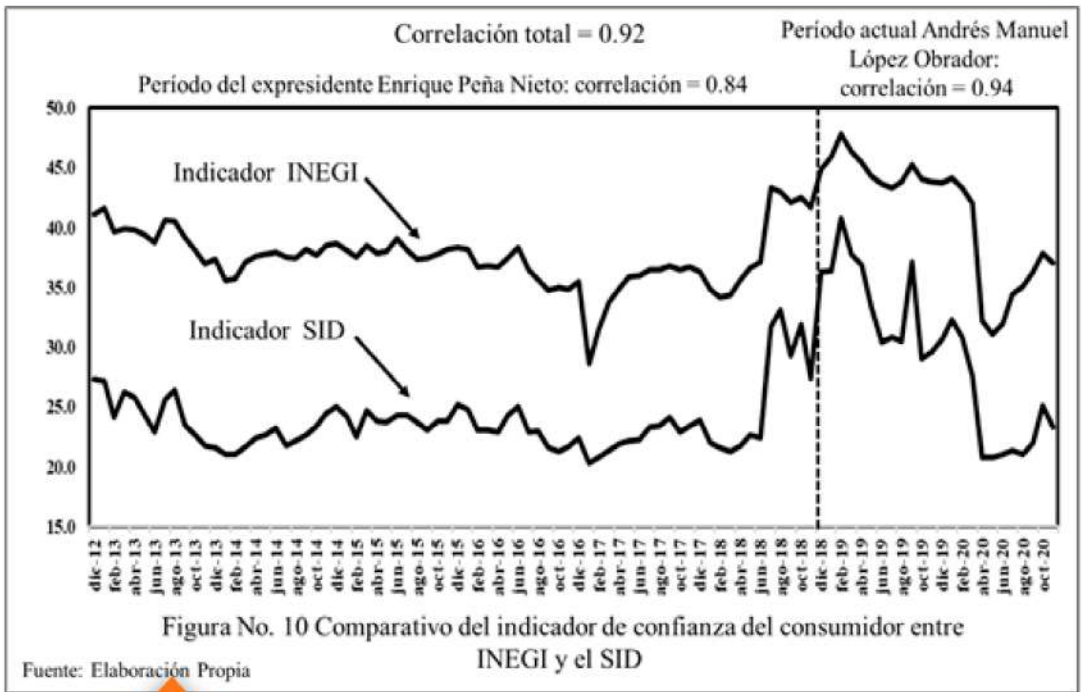
Como complemento a lo anterior, mostramos en la Figura No.10, una gráfica de línea donde se puede apreciar el comportamiento similar de ambos índices donde se obtuvo una correlación total de 0.92. No obstante, se calcularon las correlaciones para cada

período de gobierno y se puede observar en la Figura No.10, que la correlación del período del actual presidente Andrés Manuel López Obrador resultó más alta con 0.94 comprada con 0.84 del período del gobierno anterior con el expresidente Enrique Peña Nieto. Esto nos induce a pensar que las reglas difusas construidas en este gobierno están más en sintonía con el conocimiento y percepción del consumidor del actual gobierno que del anterior.

Además, se puede apreciar en la misma Figura No. 10, que al inicio del nuevo gobierno de Morena al parecer ambos indicadores muestran un aumento en el indicador de confianza del consumidor, conforme va avanzado la gestión de este gobierno y el efecto de la pandemia del COVID-19, se observa una tendencia a la baja del indicador de confianza del consumidor con ambos criterios de medición, siendo el que proponemos más exigente para poder alcanzar una cifra más alta. Recordemos que estos indicadores son cifras absolutas.

Figura 10. Comparativo del indicador de confianza del consumidor entre INEGI y el SID

Fuente: Elaboración propia



Por último, mostramos la forma en que el Matlab elabora unas gráficas donde seleccionando ciertas variables del sistema, se puede observar el comportamiento de alguna variable de interés. En el caso que nos ocupa, ilustramos tres gráficas de todas las posibles combinaciones.

En la Figura No.11 podemos observar que a medida que mejore la percepción de la situación económica presente y futura del hogar, el sistema nos muestra que el indicador de confianza también aumenta (ver eje vertical).

Figura 11. Comparativo del indicador de confianza del consumidor en función de la situación del hogar

Fuente: Elaborado por FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a

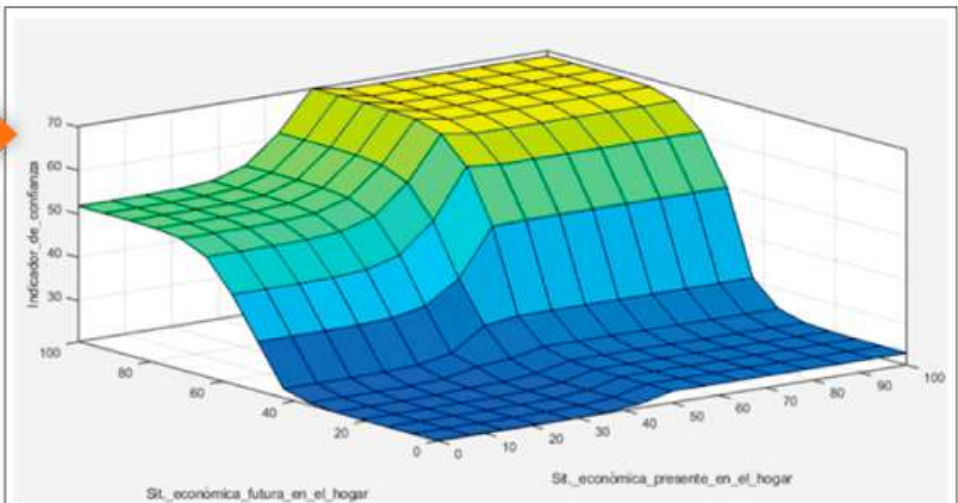


Figura No. 11 Indicador de confianza del consumidor en función de la situación del hogar

Fuente: Elaborado en FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

En la Figura No.12 se puede observar que no importa cómo se perciba la situación económica presente del país, es necesario mejorar la percepción de la situación económica futura del país para aumentar el indicador de confianza (ver eje vertical).

Figura 12. Comparativo del indicador de confianza del consumidor en función de la situación del país

Fuente: Elaborado por FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a

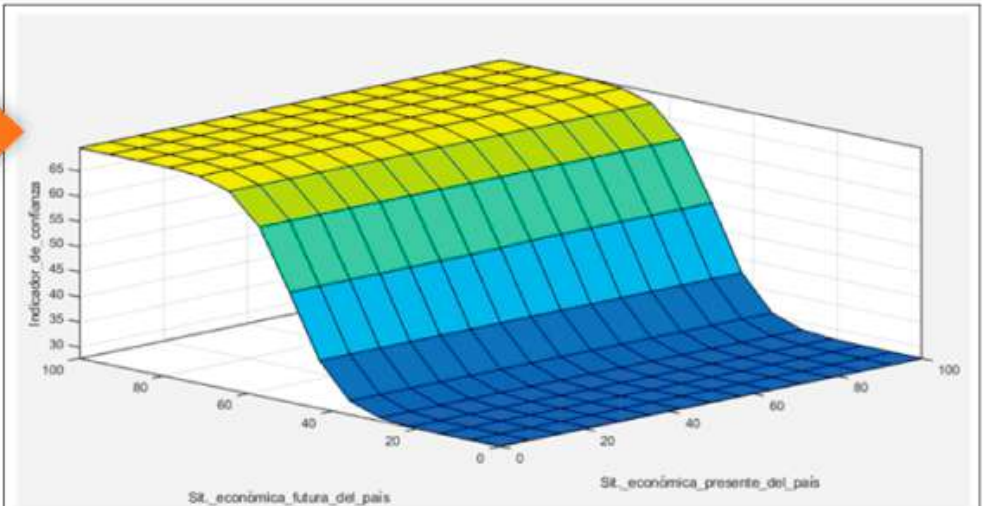


Figura No. 12 Indicador de confianza del consumidor en función de la situación del país

Fuente: Elaborado en FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

En la Figura No.13 el comportamiento del sistema nos indica que a medida que mejore la percepción de la economía presente en el hogar y mejore la percepción de la situación económica a futuro del país, aumenta el indicador de confianza del consumidor (ver eje vertical).

Figura 13. Comparativo del indicador de confianza del consumidor en función de la situación futura del hogar

Fuente: Elaborado por FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a

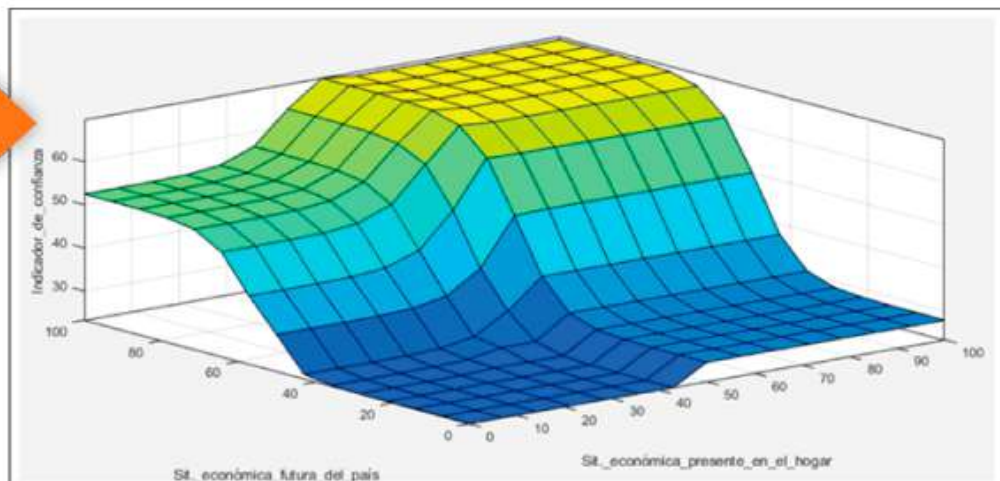


Figura No. 13 Indicador de confianza del consumidor en función de la situación futura del país y la situación económica presente en el hogar

Fuente: Elaborado en FuzzyLogicDesigner de MATLAB R2019a.

Conclusiones

Como se ha explicado, el indicador de confianza del consumidor obtenido por el sistema de inferencia difuso, ofrece resultados que son consistentes con la información oficial que publica el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI).

Si bien podemos observar que los valores del indicador de confianza son más bajos que los emitidos por el INEA, recordemos que estos últimos fueron calculados por una media aritmética simple y los del sistema propuesto es a través de la aplicación de la lógica difusa, pero ambos conservan una muy alta correlación.

El sistema de inferencia difuso diseñado con las 69 reglas establecidas, permite ilustrar de forma gráfica el comportamiento de las variables de entrada y de salida que es el indicador de confianza del consumidor. Al respecto, podemos decir que actualmente se encuentra en niveles muy bajos debido a la forma de gobernar y al impacto económico de la pandemia mundial provocada por el COVID-19. Si el gobierno no cambia el rumbo de su estrategia para generar mayor confianza en el futuro en los hogares y en el país en general, se mantendrán por un tiempo más los bajos niveles de confianza del consumidor.

El sistema presentado en este documento, ha resultado ser útil. Mostrando una vez más la necesidad de transitar de la lógica clásica (verdadero o falso)

hacia la lógica difusa donde todo elemento pertenece a un conjunto en un cierto nivel.

El diseño del software Matlab permite al usuario poder desarrollar sistemas de inferencia sin necesidad de ser un experto en programación. No obstante, los sistemas de inferencia difusa, también tienen algunos inconvenientes tales como: la necesidad de contar con información de algún o algunos expertos en el proceso y una vez puesto a funcionar el sistema, no es fácil en muchos casos, determinar los cambios que se necesitan hacer en los diferentes componentes del sistema como las funciones de membresía, reglas difusas de operación, criterios de inferencia y defuzificación para lograr resultados razonables en la salida.

En definitiva, podemos decir que el presente estudio, ilustra una aplicación de los SID en el campo del marketing permitiendo medir un indicador de confianza del consumidor con herramientas que rompen los paradigmas tradicionales.

Referencias

Arango, M. D., Serna, C. A., & Pérez, G. (2012). La gestión de indicadores empresariales con lógica difusa para la toma de decisiones. *Lámpsakos*, 8(1), 47-53. <https://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/678/650>

Cruz, A., & Alarcón, A. D. (2017). La lógica difusa en la modelización del riesgo operacional. Una solución desde la inteligencia artificial en la banca cubana. *Cofin Habana*, 11(2), 122-135. <http://www.cofinhab.uh.cu/index.php/RCCF/article/view/232>

Demirel, S. K., & Artan, S. (2017). The causality relationships between economic confidence and fundamental macroeconomic indicators: Empirical evidence from selected European Union countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(5), 417-424.

Diciembre Sanahuja, S. (2017). Sistemas de control con lógica difusa: métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK). Recuperado de: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/173788>

D'Negri, C. E. & De Vito, E. L. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, 6(3), 126-136. <https://www.redalyc.org/pdf/3821/382138367007.pdf>

Enciso, M., Acosta, A., & Campo, J. (2013). Sistema de inferencia difuso para la inflación en Colombia. *Ensayos sobre Política Económica*, 31(71), 73-84. <http://www.scielo.org.co/pdf/espe/v31n71/v31n71a5.pdf>

Encuesta Nacional sobre Confianza del Consumidor (ENCO). (2015). ENCO: Documento metodológico. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México: INEGI <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825078058>

Flores, L. & Camarena, M (2013). Evaluación de programas públicos en el marco de la realidad social. Metodología basada en la lógica difusa como instrumento para el análisis de fenómenos sociales. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social: ReLMIS*, 5, 8-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5275941>

Flores, L. & Salas, I. A. (2015). Las brechas de género en la calidad del empleo en México. Una valoración basada en modelos de lógica difusa. *Análisis Económico*, XXX(75), 89-112. <https://www.redalyc.org/pdf/413/41343702004.pdf>

González, C. (2015). Lógica difusa una introducción práctica, técnicas de Soft Computing. https://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf

Guzmán, D., & Castaño, V. M. (2006). La lógica difusa en ingeniería: principios, aplicaciones y futuro. *Revista*

de Ciencia y Tecnología, 24(2) 87-107. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/view/2640/2591>

INEGI. (2020, febrero 26). Producto interno bruto de México durante el cuarto trimestre de 2019 [Comunicado de prensa número 110/20] https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/pib_pconst/pib_pconst2020_02.pdf

Kaufmann, A. & Gil Aluja, J. (1993). Técnicas especiales para la gestión de expertos. Barcelona: Editorial Milladoiro.

Lozano, M. C. & Fuentes, F. (2013). Aplicación de la herramienta fuzzy logic al proceso de selección de un candidato político. *Rect@*, 4, 145-157. <https://search.proquest.com/openview/198e3e7c405fb0e622f87fa7fb4cbbc7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=466404>

Mamdani, E. H. (1977). Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *IEEE Computer Architecture Letters*, 26(12), 1182-1191. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1674779>

Medina, S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *Cuadernos de administración*, 19(32), 195-223. <https://www.redalyc.org/pdf/205/20503209.pdf>

Medina, S. & Paniagua, G. (2008). Modelo de inferencia difuso para estudio de crédito. *Dyna*,

75(154), 215-229. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7550614>

Mendoza, L. A. (2009). Sistema de lógica difusa. Una aplicación a la percepción empresarial. *Revista Universidad y Empresa*, 11(17), 252-270. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/1092/990>

Nezinský, E., & Baláz, V. (2016). Are the Confidence Indicators Meaningful for Forecasting Real Economy? 1: Testing Power of Confidence Indicators for Industry Output, Prices and Employment in the Visegrád Group Countries. *Ekonomicky casopis*, 64(10), 923-936. <https://www.sav.sk/journals/uploads/1219142110%2016%20Ne%c5%beinsk%c3%bd%20-%20Bal%c3%a1%c5%be%20+%20RS.pdf>

Siegrist, M., Gutscher, H., & Earle, T. C. (2005). Perception of risk: the influence of general trust, and general confidence. *Journal of Risk Research*, 8(2), 145-156 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1366987032000105315>

Soto, A. M. & Medina, S. (2004). Desarrollo de un sistema de inferencia difuso para la evaluación de crédito por parte de una empresa prestadora de servicios. *Dyna*, 71(143), 25-36. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49614303.pdf>

Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)

