

Revista Latinoamericana de Difusión Científica
Volumen 8 – Número 14
Depósito Legal ZU2019000058 - ISSN 2711-0494

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 8 - Número 14
Enero – Junio 2026
Maracaibo – Venezuela

Implementación del cuadro integral de mando basado en lógica difusa en una universidad tecnológica mexicana

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18462895>

Irasema Carrera Muñoz*

Alba Josefina Maldonado Escamilla**

RESUMEN

El modelo educativo basado en competencias de las Universidades Tecnológicas en México enfrenta actualmente nuevos retos orientados a fortalecer la calidad de la educación. La evaluación de dicha calidad implica un grado significativo de incertidumbre, derivado de la toma de decisiones estratégicas realizada por los equipos directivos. Ante esta problemática, se propone la implementación del Cuadro de Mando Integral apoyado en Lógica Difusa, como una herramienta que permita medir y priorizar los indicadores de desempeño, contribuyendo a la reducción de la incertidumbre en el proceso de análisis. Esta metodología posibilita una evaluación integral de las cuatro perspectivas fundamentales de la planeación estratégica, facilitando una toma de decisiones más objetiva, sistemática y alineada con los objetivos institucionales.

PALABRAS CLAVE: Balance Score Card, Fuzzy Logic Mamdani, Fuzzy Logic, México.

* Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3896-7352> E-mail: irasema.carrera@utxicotepec.edu.mx

** Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3796-0292> E-mail: alba.maldonado@utxicotepec.edu.mx

Implementation of a Fuzzy Logic–Based Balanced Scorecard in a Mexican Technological University

ABSTRACT

The competencies-based educative model of the mexican technological universities faces new challenges in order to improve the quality of education. The measurement of this parameter leads to uncertainty associated mainly to the decision-making process by the directors of the same institutions. derived of this problem the implementation of a balance scorecard using fuzzy logic is proposed. This balance scorecard will allow institutions to measure and at the same time to prioritize the performance indicators in order to reduce the uncertainty in the analysis of the four main variables associated with strategic planning.

KEYWORDS: Balance Scord Card, Fuzzy Logic Mamdani, Fuzzy Logic, Mexico.

Introducción

Las instituciones educativas se enfrentan, cada vez con mayor intensidad, a la necesidad de ser más competitivas; por ello, muchas de ellas expresan su desempeño académico a través de procesos de mejora continua e innovación. En este contexto, las Universidades Tecnológicas representan en México un modelo educativo orientado al desarrollo de competencias profesionales, sustentado en programas académicos reconocidos por su calidad y en una estrecha vinculación con el sector productivo.

En consecuencia, la adopción de los conceptos del Cuadro de Mando Integral (CMI) y de la Lógica Difusa aporta un enfoque objetivo para el análisis de factores críticos relacionados con el desempeño de las operaciones financieras, así como con la identificación y evaluación de la planta académica y del estudiantado, con la finalidad de cumplir la misión institucional y consolidarse como una institución de éxito.

El objetivo de este trabajo es analizar los efectos de la toma de decisiones directivas, considerando las cuatro perspectivas del Cuadro de Mando Integral, como apoyo a la planeación estratégica y al fortalecimiento del desempeño institucional (Epstein, 2004).

La teoría de la Lógica Difusa fue introducida con el propósito de incorporar los distintos niveles de incertidumbre presentes en los procesos de toma de decisiones. Mediante su aplicación, es posible realizar la medición del desempeño y evaluar la

eficiencia global de la institución, proporcionando un soporte más objetivo y sistemático para el análisis y la gestión institucional.

1. Cuadro Integral de Mando CIM

El Cuadro de Mando Integral (CMI) fue publicado por primera vez en 1992 como un marco global que permite traducir los objetivos estratégicos de una organización en un conjunto coherente de indicadores de desempeño (Kaplan, 1992). Las perspectivas del CMI se derivan directamente de la misión institucional y facilitan una visión integral del cumplimiento de la estrategia.

En el caso de las Universidades Tecnológicas, el análisis se estructura a partir de cuatro perspectivas fundamentales: financiera, alumnos, procesos operativos y aprendizaje y crecimiento, las cuales permiten evaluar de manera sistemática el desempeño institucional y apoyar la toma de decisiones estratégicas. CIM fue publicado por primera vez en 1992.

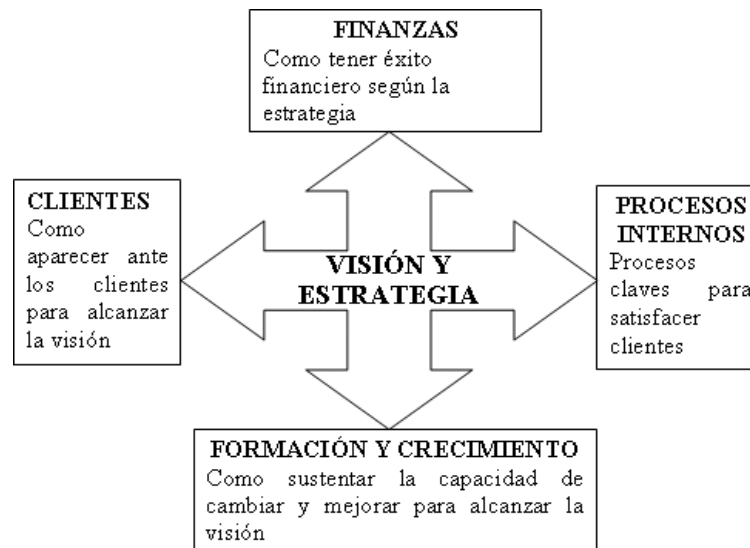


Figura 1: Perspectivas del CIM (Kaplan y Norton, 1996).

2. Lógica difusa

La Lógica Difusa es un sistema multivalente utilizado en la modelación de problemas en los que es necesario manejar información vaga, imprecisa o de difícil especificación (Konar, 2000). El carácter difuso de una propiedad radica en la ausencia

de límites claramente definidos en el conjunto de elementos a los que dicha propiedad es aplicable.

En la lógica difusa, una aseveración puede ser parcialmente verdadera, es decir, puede presentar distintos grados de verdad; mientras que en la lógica clásica, una afirmación únicamente puede ser verdadera o falsa. Esta característica permite representar de manera más fiel el razonamiento humano y resulta especialmente útil en contextos donde predominan la incertidumbre y la subjetividad en la toma de decisiones.

En la lógica clásica, una afirmación solo puede ser verdadera o falsa; en contraste, la Lógica Difusa permite valores intermedios entre cero y uno, lo que posibilita representar distintos grados de pertenencia o veracidad. Esta característica la convierte en una herramienta adecuada para el modelado de sistemas matemáticos no lineales, sistemas de control y, en general, de sistemas continuos presentes en las Ciencias Económico-Administrativas, donde la incertidumbre y la variabilidad son inherentes al proceso de análisis.

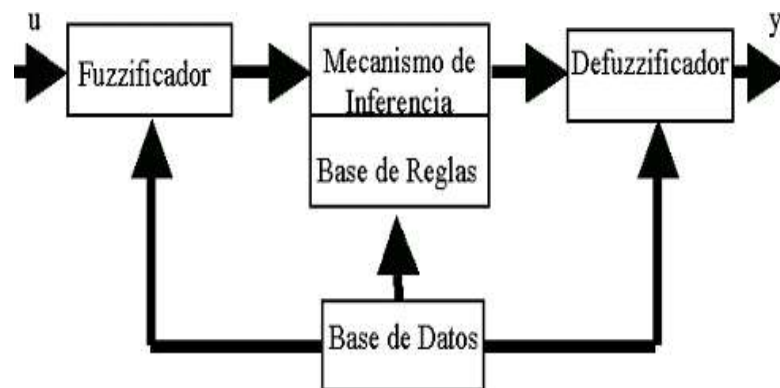


Figura 2: Sistema de Inferencia Difuso (Jan, Sun, 1997).

3. CIM basado en lógica difusa

El método utilizado para el desarrollo del Cuadro de Mando Integral (CMI), basado en el enfoque propuesto por Kaplan y Norton (Nguyen, 2001) incorpora elementos de la Lógica Difusa, lo que permite a los directivos mejorar el análisis de las decisiones estratégicas y obtener retroalimentación inmediata para enfrentar cambios en el entorno institucional.

El modelo implementado se estructura en las siguientes etapas:

- Selección de indicadores y proceso de fuzzificación, mediante la conversión de variables cuantitativas y cualitativas en conjuntos difusos.

- Definición de reglas difusas, empleando un Sistema de Inferencia Difusa (Fuzzy Inference System) tipo Mamdani, para la evaluación de los indicadores.
- Defuzzificación de los resultados, utilizando el método del centroide, con el fin de obtener el desempeño global de la perspectiva analizada.

3.1. Selección de Indicadores

De esta manera, al momento de su medición, el modelo permite identificar el grado de incertidumbre asociado a las decisiones previamente tomadas. Las reglas de inferencia difusa se construyen a partir de la experiencia y conocimiento de especialistas, lo que fortalece la validez del sistema de evaluación.

3.2. Perspectiva Financiera

Los indicadores considerados en esta perspectiva incluyen el Subsidio Federal y Estatal y los Ingresos Propios. Dichos indicadores se derivan de la matrícula con la que cuenta la institución y permiten evaluar, en cierto grado, la eficiencia con la que se presta el servicio educativo.

3.3. Perspectiva de Alumnos

Para esta perspectiva se definieron los indicadores de satisfacción de los alumnos, confiabilidad y retroalimentación. La medición del desempeño se centra principalmente en la satisfacción del cliente, entendida como el nivel de percepción de los alumnos respecto a la calidad del servicio educativo recibido.

3.4. Perspectiva de Procesos Operativos

Los indicadores asociados a esta perspectiva son la productividad de la planta académica, las unidades de control y mantenimiento y la eficiencia de los activos físicos. En cualquier sistema organizacional resulta indispensable evaluar el desempeño de los procesos internos que se ejecutan, ya que estos impactan directamente en la eficiencia institucional.

3.5. Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento

En esta perspectiva se consideran los indicadores de competencia de los alumnos, capacitación del personal y cumplimiento de la gestión institucional. El producto educativo generado por la institución debe contar con las competencias profesionales

necesarias para responder adecuadamente a las exigencias del entorno laboral para el cual fue diseñado.

En la Figura 3 se ilustran las relaciones entre los indicadores correspondientes a las distintas perspectivas del Cuadro de Mando Integral Difuso. Los resultados obtenidos a partir de estas variables influyen directamente en el nivel de Eficiencia Global de la Universidad, como resultado del análisis integral de los procesos evaluados.

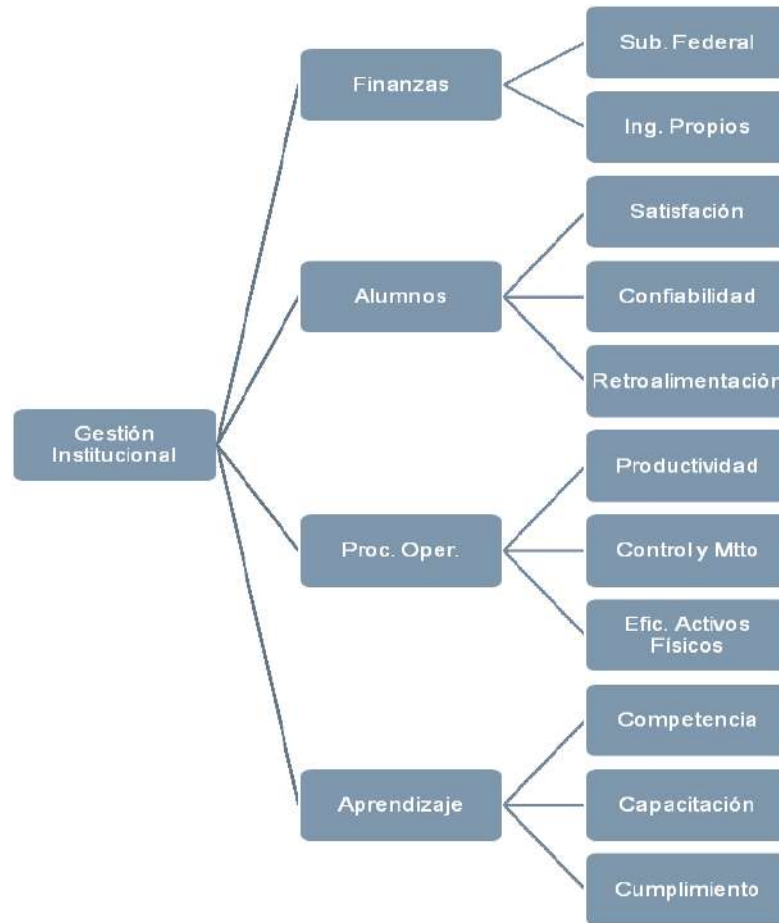


Figura 3: Modelo de Estudio: Elaboración Propia, 2025.

4. Conjuntos Difusos y Funciones de Pertenencia

Un valor difuso se caracteriza por poseer una función de pertenencia normal y convexa, la cual se representa mediante un valor asignado a un determinado grado de pertenencia. Dichas funciones pueden adoptar diversas formas, entre las que destacan las funciones triangulares, gaussianas y trapezoidales, entre otras, utilizadas para modelar el comportamiento de variables imprecisas dentro del sistema.

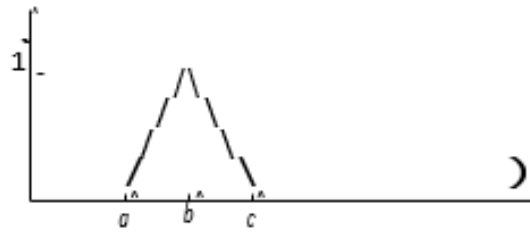


Figura 4: Representación de Valores Difusos Triangulares: Elaboración Propia, 2025

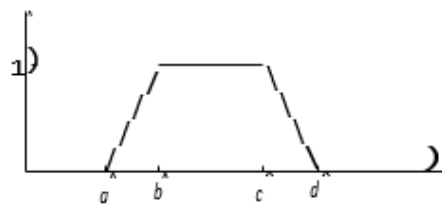


Figura 5: Representación de Valores Difusos Trapezoidales: Elaboración Propia, 2025

Los parámetros de los conjuntos difusos correspondientes a los indicadores de entrada y salida utilizados en el cálculo de la eficiencia de cada perspectiva se establecen a partir del análisis de las bases de datos del Departamento de Información y Estadística de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ).

4.1. Subconjuntos Difusos

En la tabla 1 se muestra un extracto de los indicadores asociados a las variables de entrada para calcular la eficiencia de las entradas.

Tabla 1: Parámetros de los Subconjuntos Difusos: Elaboración Propia, 2025.

Primera Etapa de Fuzzificación												
Perspectivas	Indicadores	Subconjuntos Difusos										
		Bajo		Medio			Alto					
Alumnos	Satisfacción de Alumnos	0	0	0.2	0.5	0.2	0.5	0.9	0.5	0.9	1	1
	Confiabledad	0	0	0.3	0.6	0.3	0.6	0.9	0.64	0.96	1	1
	Retroalimentación	0	0	0.2	0.4	0.2	0.4	0.7	0.4	0.7	1	1
Finanzas	Subsidio Federal	0	0	0.3	0.6	0.3	0.6	0.9	0.64	0.96	1	1
	Ingresos Propios	0	0	0.12	0.2	0.1	0.2	0.38	0.3	0.4	0.5	0.6
Proc. Operacionales	Prod. de la Planta Acad.	0	0	0.25	0.5	0.1	0.5	0.87	0.5	0.62	0.87	1
	Unidades de Control y Mtto.	0	0	0.3	0.4	0.21	0.4	0.6	0.4	0.48	0.68	1
	Eficiencia de los Act. Físicos	0	0	0.2	0.5	0.2	0.5	0.8	0.5	0.8	1	1
Aprendizaje	Competencia	1	1	2	3	1.5	3	4.5	3	3.5	4.5	5
	Capacitación al Personal	0	0	0.1	0.5	0.1	0.5	0.7	0.5	0.7	1	1
	Cumplimiento de Gestión Inst.	0	0	0.2	0.5	0.2	0.5	0.9	0.5	0.9	1	1

Se definen 3 subconjuntos difusos llamados: Alto, Medio y Bajo.

La función de pertenencia del subconjunto difuso bajo y alto son trapezoidales y se definen como:

$$A_1(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{si } c \leq x \leq d \\ 0 & \text{si } x > d \end{cases}$$

La función de pertenencia del subconjunto difuso medio es triangular y se define como:

$$A_1(x; a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{si } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{si } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{si } x > c \end{cases}$$

Las funciones de pertenencia para los subconjuntos difusos de las salidas de cada perspectiva son los siguientes (alto, medio y bajo) que serán representados del 0 al 100% para mostrar la eficiencia de cada perspectiva.

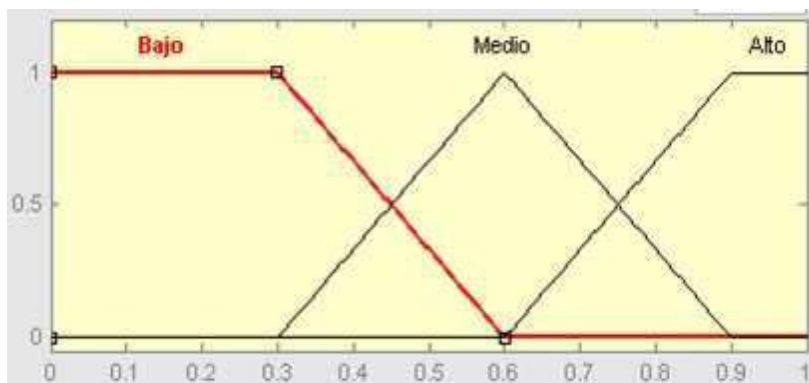


Figura 6: Subconjuntos Difusos de las Variables de Salida: Elaboración Propia, 2025.

4.2. Inferencia Difusa

La base de conocimiento contiene información general que pertenece al dominio de conocimiento para el problema.

Un sistema experto difuso, tiene la forma:

“ SI A, ENTONCES B ”, donde A y B son conjuntos difusos.

En el motor de inferencia de un sistema experto difuso opera un conjunto de reglas que permiten realizar el proceso de inferencia difusa. Existen dos aproximaciones principales para la evaluación de las reglas de producción; la primera corresponde al manejo de datos, ejemplificada mediante la regla de inferencia modus ponens, la cual utiliza la información disponible como entrada al sistema experto y la evalúa a través de las reglas de producción para obtener una conclusión posible.

En las Figuras 7, 8, 9 y 10 se presentan las entradas de los indicadores expresadas como valores difusos, las cuales se agrupan dentro del sistema de inferencia para generar la salida defuzzificada de cada perspectiva del Cuadro de Mando Integral Difuso, denominada eficiencia correspondiente.

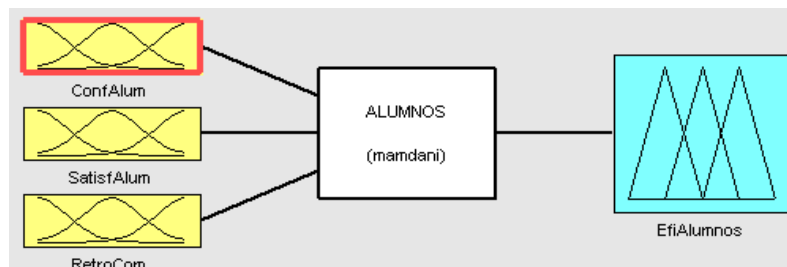


Figura 7: FIS Perspectiva Alumnos: Elaboración propia, 2025.

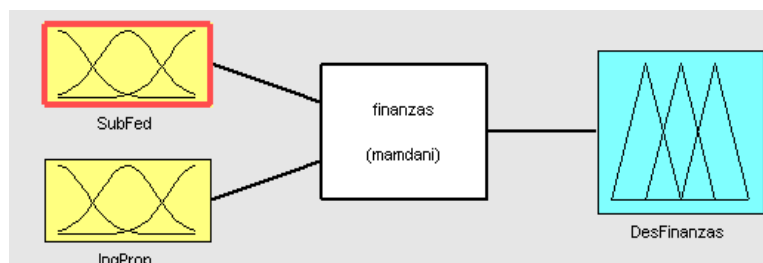


Figura 8: FIS Perspectiva Finanzas: Elaboración Propia, 2025.

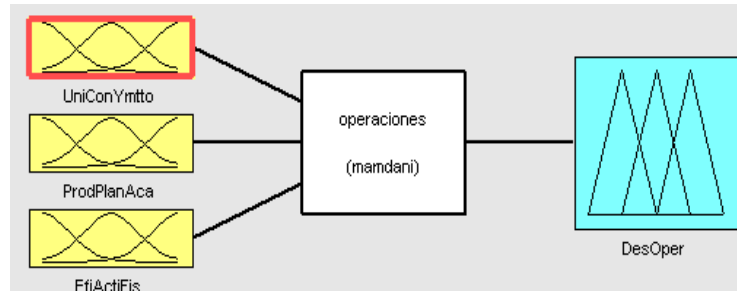


Figura 9: FIS Perspectiva Procesos Operacionales: Elaboración Propia, 2025.

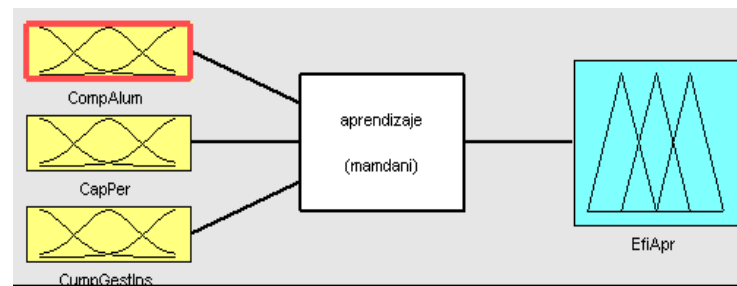


Figura10: FIS Perspectiva Aprendizaje: Elaboración Propia, 2025.

5. Razonamiento Aproximado Multicondicional

La forma general del razonamiento aproximado multicondicional es:

Regla 1: Si X es A_1 entonces Y es B_1

Regla 2: Si X es B_1 entonces Y es B_2

.....

Regla n: Si X es A_n entonces Y es B_n

Hecho: Si X es A

Conclusio'n: Y es B

Dadas n reglas SI – ENTONCES donde $A, A_j \in F(X)$ para todo $j \in N$ y $B_j \in F(Y)$ para todo $j \in N$ conjuntos de valores de las variables X y Y, esta forma de razonamiento es típica en los controladores construidos con lógica difusa (Zadeh, 1995).

En la tabla 1 se evaluaron las perspectivas del CIM con tres variables de entrada con tres variables difusas por lo que generaremos reglas difusas para los indicadores

Alumnos, Procesos Operacionales y Aprendizaje y reglas difusas para el indicador Finanzas.

El indicador global de la Gestión de la Institución es evaluado en cuatro variables de entrada (Desempeño de los Alumnos, Desempeño de Finanzas, Desempeño de los Procesos Operacionales y Desempeño del Aprendizaje generando reglas difusas del subsistema.

6. Defuzzificación

Este tipo de sistema no produce de manera directa valores numéricos precisos, por lo que es necesario emplear operadores difusos junto con un recurso extralógico denominado defuzzificación (Davila, 2004). Una vez evaluadas las reglas de inferencia, los valores obtenidos permanecen en forma difusa; por ello, resulta indispensable convertir dichas salidas en un valor crisp (valor real) mediante la aplicación del método del centro de gravedad.

$$v^- = \frac{\int_S y \mu_b(y) dy}{\mu_b(y)}$$

Donde S es el soporte de B.

7. Resultados

Las siguientes tablas muestran las metas esperadas de cada perspectiva y las fuentes arrojadas por las estadísticas del Depto. de Información y Estadística.

Tabla 2: Perspectiva Finanzas. Porcentaje Logrado y Esperado
Elaboración Propia, 2025.

Indicador	Fuentes	Esperado
Subs. Federal y Estatal	100	100%
Pers. Finanzas	Ingresos Propios	46.32 >100%

**Tabla 3: Perspectiva Alumnos. Porcentaje Logrado y Esperado
Elaboración Propia, 2025**

Indicador	Fuentes	Esperado
Satisfacción	81.62	>95%
Perspectiva Alumnos	Confiability	70.75 >95%
Retroalimentación	73.75	>90%

**Table 4: Perspectiva Procesos Operacionales. Porcentaje Logrado y Esperado:
Elaboración Propia, 2025**

Indicador	Fuentes	Esperado
Prod. Planta Acad.	85.93	>95%
Pers. Proc. Op.	Unidades de Control y Mtto.	73.01 >95%
Efic. de los Act. Físicos	64.41	>80%

**Table 5: Perspectiva Aprendizaje. Porcentaje Logrado y Esperado
Elaboración Propia, 2025**

Indicador	Fuentes	Esperado
Competencia Alumnos	70.75	>88%
Pers. Aprendizaje	Capacitación al Personal	87.44 >100%
Cump. de Gestión Inst.	74.3	>80%

Los resultados obtenidos con la aplicación del método difuso demuestran la eficiencia de cada una de las perspectivas estudiadas.

Las variables lingüísticas de las perspectivas del CIM y la relación defuzzificada del desempeño se muestran en la tabla 6.

Los resultados de satisfacción de cada perspectiva, obtenidos en el apartado anterior, son las entradas para iniciar con la segunda del CIM Difuso y así poder obtener el indicador Global del desempeño de la Universidad.

Tabla 6: Relación de Defuzzificación de las Perspectivas del CIM
Elaboración Propia, 2025

Grado de Pertenencia	Relación Satisfacción	
Defuzzificada		
Pers. Finanzas	Medio Alto	81.70%
Pers. Alumnos	Medio Medio	88.7%
Pers. Proc. Op.	Medio	66.20%
Pers. Aprendizaje	Bajo Medio	60.60%

7.1. Superficies Difusas

Expresaremos la relación entre las perspectivas de entrada y La relación entre las perspectivas de entrada y la salida del modelo se expresa en términos del desempeño de cada perspectiva. Para ilustrar el análisis de los resultados obtenidos, se presenta un extracto de los gráficos generados mediante la herramienta Fuzzy de MATLAB, los cuales permiten visualizar el comportamiento del modelo desarrollado.

En la Figura 11 se muestra la relación entre los parámetros Subsidio Federal y Estatal e Ingresos Propios correspondientes a la Perspectiva Financiera. Se observa que cuando los ingresos propios son inferiores al 20 %, su contribución al desempeño de la perspectiva es limitada, lo que indica que la recaudación resulta poco funcional. Esta condición impacta negativamente en la disponibilidad de recursos necesarios para complementar las operaciones institucionales, afectando la adquisición de equipamiento, nuevas tecnologías, mobiliario y otros recursos estratégicos.

Por el contrario, cuando los ingresos propios superan el 45 %, estos presentan un mayor impacto positivo en el resultado de la perspectiva financiera, reflejándose en un incremento significativo del desempeño global asociado a esta dimensión.

Los rangos definidos para el indicador, basados en la Eficiencia Global del desempeño de la UTXJ y en la escala utilizada en las encuestas aplicadas, se establecieron conforme al modelo propuesto. El valor obtenido para el indicador global de desempeño de la UTXJ fue del 62 %, con un grado de pertenencia de 0.62, lo que corresponde a un nivel medio, tal como se muestra en la Figura 12.

Este resultado permite monitorear el comportamiento de los procesos del Cuadro de Mando Integral Difuso que inciden directamente en dicha variable, proporcionando

información relevante para la toma de decisiones estratégicas orientadas al fortalecimiento del desempeño institucional y al cumplimiento de la misión de la institución.

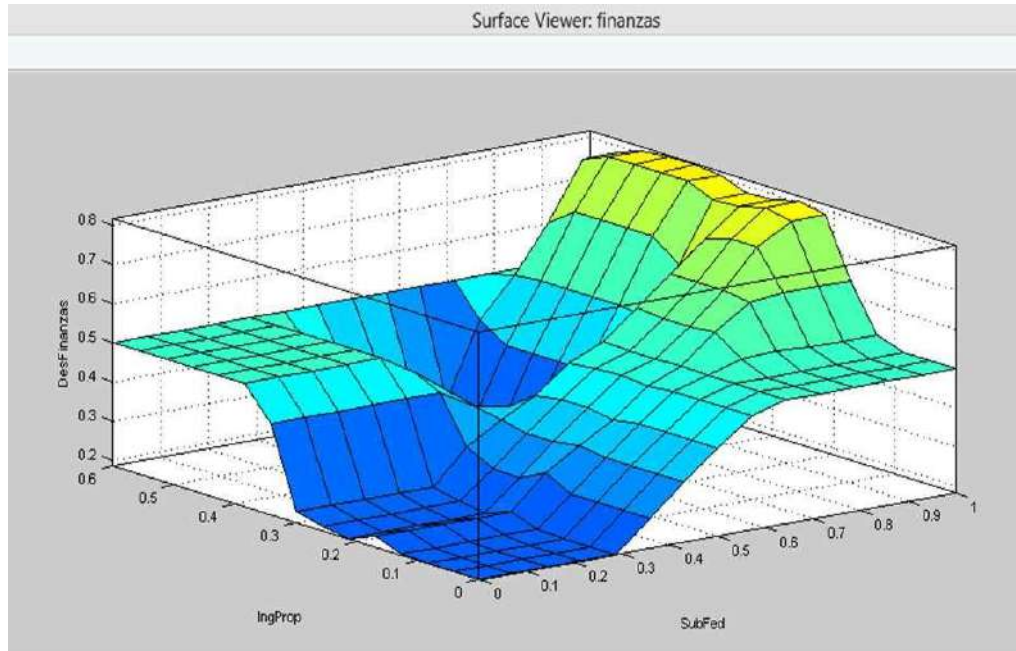


Figura 11: Superficie Difusa entre los indicadores Ingresos Propios vs Subsidio Federal y Estatal: Elaboración Propia, 2025.

Conclusiones

La integración del Cuadro de Mando Integral Difuso (CMI Difuso) constituye un aporte significativo al diagnóstico de la eficiencia del desempeño institucional de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ). En este trabajo se desarrolla un análisis que permite identificar la influencia de las decisiones directivas, a partir de relaciones causa–efecto entre los indicadores estratégicos.

La propuesta resalta la relevancia de los indicadores que inciden en el desarrollo de la planeación estratégica institucional, contribuyendo al cumplimiento de la misión establecida. Asimismo, el análisis permite reflejar el impacto de cada una de las perspectivas del CMI sobre el desempeño global, proporcionando un marco objetivo para la toma de decisiones informadas.

Finalmente, el modelo propuesto favorece la mejora continua de los procesos institucionales, orientando a la UTXJ hacia un desempeño más eficiente y consolidándose como una institución educativa de alto rendimiento en el ámbito regional.

Referencias

Arango, M. D., Serna, C. A., & Serna, M. A. (2012). Business management indicators with fuzzy logic to make decisions. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(1), 93–110.

Dávila, T., & Epstein, M. J. (2004). Innovation strategy and the use of performance measures. *Advances in Management Accounting*, 13, 199–225.

Epstein, M. J., & Roy, M. J. (2004). *Sustainability in action: Identifying and measuring the key performance drivers*. Wiley.

Espín, R. A. (s.f.). Hacia un enfoque normativo semántico de la toma de decisiones: Nexos teóricos y experimentales de la lógica difusa compensatoria, la teoría de la utilidad esperada y la teoría de los prospectos.

Hakimollahi, M., & Jalali, S. G. (2012). Balanced scorecard with fuzzy inference as a performance measurement in an automotive manufacturing line. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(6), 1–12.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard: Measures that drive performance. *Harvard Business Review*, 70(1), 71–79.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2006). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. Harvard Business School Press.

Konar, A. (2000). *Artificial intelligence and soft computing: Behavioral and cognitive modeling of the human brain*. CRC Press.

Nguyen Hung, T. (2001). *A first course in fuzzy and neural control*. Chapman & Hall/CRC.

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)

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Copyright

La **Revista Latinoamericana de Difusión Científica** declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista.

Licencia Creative Commons

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

