

# 47

## MODELADO DE LOS FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DE LA CAPACITACIÓN DE LOS DOCENTES

### MODELING OF CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR TEACHER TRAINING

Jorge Acosta Espinoza<sup>1</sup>

E-mail: [ui.jorgeacosta@uniandes.edu.ec](mailto:ui.jorgeacosta@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-4228>

Marco Checa Cabrera<sup>1</sup>

E-mail: [ui.marcocheca@uniandes.edu.ec](mailto:ui.marcocheca@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4169-581X>

Rita Díaz Vázquez<sup>1</sup>

E-mail: [ui.ritadiaz@uniandes.edu.ec](mailto:ui.ritadiaz@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4183-6974>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Acosta Espinoza, J., Checa Cabrera, M., & Díaz Vázquez, R. (2021). Modelado de los factores críticos de éxito de la capacitación de los docentes. *Revista Conrado*, 17(83), 347-356.

#### RESUMEN

En la educación a distancia la retroalimentación y la interactividad entre estudiantes - profesores y la participación masiva resulta vital. Situación que contrasta con la desigualdad tecnológica y la falta de conocimiento tanto en habilidades para su uso como en el manejo apropiado de las mismas de docentes de ciertos centros sobre todo los rurales y los de menores recursos. Lo cual es la principal limitante de la implementación del e-learning. Por tanto, el objetivo del trabajo consiste en desarrollar una metodología basada en lógica difusa que permita evaluar los factores críticos de éxito en la capacitación de los profesores en el uso y explotación de las TICs. Con el uso de la lógica difusa se puede determinar el nivel de relación de estos factores de éxito de forma que se optimicen los recursos en función de adoptar estrategias de capacitación con los profesores en las instituciones menos avanzadas. Conociendo en factor de éxito de mayor nivel de influencia tanto individual como colectiva se podrán dedicar menos esfuerzos y recursos para la obtención de buenos resultados en este proceso y optimizar así los recursos que se poseen para la educación. Garantizando así la calidad del proceso educativo y las competencias de los docentes.

#### Palabras clave:

TIC, docentes, capacitación, factores críticos de éxito, lógica difusa.

#### ABSTRACT

In distance education, feedback and student-teacher interactivity and mass participation is vital. Situation that contrasts with technological inequality and the lack of knowledge both in skills for their use and in the proper management of them by teachers in certain centers, especially rural ones and those with fewer resources. Which is the main limitation of the implementation of e-learning. Therefore, the objective of the work consists in developing a methodology based on fuzzy logic that allows evaluating the critical success factors in the training of teachers in the use and exploitation of ICTs. With the use of fuzzy logic, the level of relationship of these success factors can be determined in such a way that resources are optimized in terms of adopting training strategies with teachers in less advanced institutions. Knowing the success factor with a higher level of influence both individually and collectively, less effort and resources can be devoted to obtaining good results in this process and thus optimizing the resources available for education. Thus, guaranteeing the quality of the educational process and the skills of teachers.

#### Keywords:

ICT, teachers, training, critical success factors, fuzzy logic.

## INTRODUCCIÓN

El entorno cotidiano se caracteriza por el desarrollo de la información y la gestión del conocimiento para aprovechar las oportunidades y minimizar las amenazas. Por tanto, el valor del conocimiento aumenta y se porque se convierte en poder de los humanos en activos tangibles, de ahí puede sacarse ventaja competitiva, dígame para personas o instituciones del siglo XXI. La preparación de los recursos humanos es indispensable para adaptarse a las nuevas exigencias de la época actual, sobre todo en la postco vid por todas las modificaciones que ha traído consigo sobre todo al sector de la educación.

Se ha posicionado entonces, el conocimiento como un activo intangible muy importante como parte de la correcta capacitación de todos los trabajadores especialmente de los profesores. Estos deben de ser capaces de poseer diversas habilidades, que les permitan desarrollar variadas actividades y adaptarse a distintas necesidades que el mismo entorno laboral y organizacional (Saavedra, 2020). Por lo tanto, analizar sus factores de éxito hoy día cobra gran importancia. Ya que pueden ser utilizados por otras entidades logrando así profesionales más competentes en todas las áreas, es decir, profesores que puedan transmitir conocimiento de forma más efectiva.

Se sabe que no todos los centros educativos han alcanzado el dominio de las tecnologías de la informática y las comunicaciones (TIC). Por lo que el desarrollo de los procesos docentes como las videoclases no han tenido el mismo impacto. Se precisa entonces conocer qué ha posibilitado dentro de la capacitación de los profesores que unos centros hayan tenido mejores resultados que otros. Un estudio de la bibliografía permitió conocer que existen diversas acciones enfocadas a resolver este tema que se han convertido en factores de éxito, por lo que su estudio sería importante para poner en práctica estos conocimientos para generalizar las prácticas a otros centros educativos menos avanzados como los rurales.

En la educación a distancia la retroalimentación y la interactividad entre estudiantes - profesores y la participación masiva resulta vital. Además, ha adquirido relevancia en el contexto actual donde hoy en día, la oferta formativa mediante *e-learning* aumenta considerablemente. Situación que contrasta con la desigualdad notable desde el punto de vista tecnológico donde se encuentra el gran desafío de la educación a distancia. Los centros de pocos recursos son los que mayor brecha tecnológica poseen, pues existe una dificultad marcada en el acceso a las tecnologías y su falta de conocimiento tanto en habilidades para su uso como en el manejo apropiado de las mismas. En estos territorios la educación a distancia puede resolver

parte de las necesidades formativas donde se precisa poner en las manos del pueblo los conocimientos de manera masiva. Por tanto, resulta aún más necesario el estudio de este tema.

Por el carácter intangible del análisis de los factores de éxito de la capacitación se puede utilizar la teoría de los conjuntos difusos para desarrollar un procedimiento más ajustado a la realidad. También porque aún se requiere de herramientas para conocer de forma más efectiva este proceso. Por lo que se prefiere medir como un problema de toma de decisiones con múltiples expertos o múltiples criterios como problemas de toma de decisiones grupales en el que cada experto expresa su/sus valoraciones dependiendo de la naturaleza de las alternativas y su propio conocimiento acerca de las mismas.

Los métodos de decisión multicriterio resultan una herramienta clave para proporcionar información con el fin de realizar ajustes. Donde la información proporcionada por los mismos puede ser no sólo vaga o con incertidumbre, sino que presente distinta naturaleza, incluyendo etiquetas lingüísticas multi granulares, números difusos, intervalos numéricos y números reales.

Los procesos de toma de decisiones son una de las actividades más frecuentes de la humanidad en la vida cotidiana. Para resolver problemas de toma de decisiones, generalmente, los seres humanos, expertos, proporcionan sus conocimientos o evaluaciones sobre un conjunto de alternativas diferentes en una actividad dada para tomar una decisión mediante procesos de razonamiento. Cuando el problema de la toma de decisiones se define bajo una incertidumbre que tiene una naturaleza no probabilística, los expertos se sienten más cómodos al proporcionar su conocimiento mediante el uso de términos lingüísticos. La lógica difusa y el enfoque lingüístico difuso proporcionan herramientas para modelar y gestionar dicha incertidumbre mediante variables lingüísticas, proporcionando resultados confiables y exitosos.

El uso de este tipo de información implica la necesidad de operar con variables lingüísticas. El cálculo con palabras (CWW) es un paradigma basado en un procedimiento que emula los procesos cognitivos humanos para tomar decisiones y procesos de razonamiento en entornos de incertidumbre e imprecisión. En este paradigma, los objetos de computación son palabras u oraciones de un lenguaje natural para obtener resultados en el dominio de expresión lingüística original.

Esta metodología tiene amplio uso:

- Aplicaciones industriales.
- Servicios basados en internet.

- Gestión de recursos.
- Evaluación.
- Valoración de situaciones: mejora de inversiones, sistemas de votación y evaluación de riesgos, etc.

Esto demuestra evidentemente como se encuentra aplicada la CWW a áreas de la ciencia que tienen una marcada participación humana asociada a procesos de selección, evaluación y a problemas en donde está implícita la vaguedad, imprecisión e incertidumbre de la información. Lo que reafirma aún más a la lógica difusa como propuesta de solución a todas estas cuestiones, de carácter social y económico, generalmente, presentes en la actualidad; demostrando a su vez su uso en toma de decisiones lingüísticas.

Lo cual también se puede complementar con la representación de los conceptos en forma de un mapa, lo cual permite resumir la información aislando los principales conceptos que están vinculados. Un ejemplo de ellos son los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) en los cuales se logra sintetizar gran parte de la información presente. La lógica difusa permite expresar el grado de causalidad entre conceptos a través del empleo de valores difusos en el intervalo  $[-1, 1]$ , mediante el uso de expresiones lingüísticas como. En estos casos, la información lingüística modela de forma flexible el conocimiento e implica procesos de computación con palabras.

Adicionalmente se tiene el modelo lingüístico de dos tuplas, el cual ha sido ampliamente utilizado para operar con información lingüística en problemas de decisión debido al hecho de que proporciona resultados lingüísticos que son fáciles de entender para los seres humanos. Además, la existencia de diferentes extensiones basadas en el modelo lingüístico de 2 tuplas para lograr procesos de la computación con palabras en marcos de decisión complejos también ha implicado su uso en una amplia variedad de aplicaciones.

Por tanto, el objetivo del trabajo se define como sigue: desarrollar una metodología basada en lógica difusa que permita evaluar los factores críticos de éxito en la capacitación de los profesores en el uso y explotación de las TICs.

Como objetivos específicos se pretende:

1. Exponer los métodos y metodología afines al análisis.
  - Lógica difusa.
  - Modelos de dos tuplas.
  - CWW y modelo lingüístico basado en 2-tuplas.
  - Mapas Cognitivos Difusos.

- Metodología.
2. Desarrollar un estudio de caso de los factores de éxito.
  3. Aplicar la metodología y analizar los resultados.

Como hipótesis de la investigación se plantea que: con el uso de la lógica difusa se puede determinar el nivel de relación de estos factores de éxito de forma que se optimicen los recursos en función de adoptar estrategias de capacitación con los profesores en las instituciones menos avanzadas. Conociendo en factor de éxito de mayor nivel de influencia tanto individual como colectiva se podrán dedicar menos esfuerzos y recursos para la obtención de buenos resultados en este proceso y optimizar así los recursos que se poseen para la educación. Garantizando así la calidad del proceso educativo y las competencias de los docentes.

## DESARROLLO

El ser humano se maneja habitualmente con conceptos vagos, los cuales no se pueden representar con la matemática tradicional. Razón por la cual incorpora métodos para que estos conceptos “vagos” puedan utilizarse como funciones matemáticas. La lógica difusa es un formalismo matemático que pretende emular la habilidad que tienen las personas para tomar decisiones correctas a partir de datos vagos o imprecisos y que están expresados lingüísticamente. Cuando normalmente se utiliza el lenguaje natural para impartir conocimiento o información existe una utilización de la imprecisión y la vaguedad, la cual es ampliamente aceptada entre los seres humanos.

Resulta una herramienta matemática de amplia aplicabilidad debido a que se basa en la concepción de conjuntos con fronteras no exactas que se emplea en presencia de información imperfecta. Por tanto, puede ocuparse de problemas relativos a la imprecisión, la incertidumbre y el razonamiento aproximado. Por lo general se trabaja en un marco que tolera la imprecisión y la verdad parcial bajo un enfoque no estadístico que puede ser construida en base al conocimiento de los expertos.

Se puede decir que dentro de la misma ocupa un papel importante los términos lingüísticos, ya que modelan y traducen el lenguaje humano al matemático. Las variables lingüísticas pueden formular descripciones vagas en lenguaje natural a términos matemáticos precisos.

El modelo lingüístico de 2 tuplas sigue el paradigma de computación con palabras. Este modelo proporciona precisión, simplicidad e interpretabilidad en los cálculos con un conjunto de términos lingüísticos cuando el conjunto de términos lingüísticos tiene un valor impar de granularidad y cuyas funciones de pertenencia son de forma

triangular, simétricas y distribuidas uniformemente en el intervalo de la unidad. El modelo de representación lingüística de 2 tuplas representa la información mediante un par de valores  $(s, \alpha)$ , donde  $s$  es un término lingüístico con sintaxis y semántica, y  $\alpha$  es un valor numérico evaluado en  $[-0.5, 0.5]$  que representa el valor de la simbólico en la traducción. Por lo tanto,  $\alpha$  soporta la diferencia de información entre un conteo de información evaluada en el intervalo de granularidad  $[0, g]$  de los términos lingüísticos establecidos y el valor más cercano en  $[0, g]$  que indica el índice del término lingüístico más cercano en  $n$  términos lingüísticos establecidos. El modelo de representación lingüística de 2 tuplas tiene un modelo de cálculo lingüístico asociado para lograr procesos de CWW de manera precisa.

La CWW es una metodología que permite realizar un proceso de computación y razonamiento utilizando palabras pertenecientes a un lenguaje. Esta metodología permite crear y enriquecer modelos de decisión en los cuales la información vaga e imprecisa es representada a través de información lingüística. Donde los objetos de la computación son palabras o frases definidas en un lenguaje natural en lugar de números que se maneja a través de gránulos y variables lingüísticas. Fue introducido por Zadeh (1973).

Un gránulo no es más que: un grupo de objetos (o puntos) que se dibujan juntos por indistinción, semejanza, proximidad o funcionalidad. Debido a la importancia de la toma de decisiones lingüísticas en problemas reales y la necesidad de metodologías para la CWW en el campo de la toma de decisiones lingüísticas existen diferentes modelos asociados como los MCD. Para aumentar la interpretación de los MCD, se propone que se represente la información a través de valores lingüísticos y se opere sobre ellos a través del modelo lingüístico basado en 2-tuplas. De este modo, los modelos mentales obtenidos son más cercanos al modo de pensar de los decisores.

El modelo de representación lingüística de 2-tuplas permite realizar procesos de computación con palabras sin pérdida de información, basándose en el concepto de traslación simbólica. Sea  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$  un valor en el intervalo de granularidad de  $S$ .

- Definición 1: La Traslación Simbólica de un término lingüístico,  $s_i$ , es un número valorado en el intervalo  $[-.5, .5]$  que expresa la diferencia de información entre una cantidad de información expresada por el valor  $\beta \in [0, g]$  obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo,  $i \in \{0, \dots, g\}$  que indica el índice de la etiqueta lingüística ( $s_i$  más cercana en  $S$ ).

A partir de este concepto es desarrollado un nuevo modelo de representación de la información lingüística el cual hace uso de un par de valores, o 2-tuplas. Este modelo de representación define un conjunto de funciones que facilitan las operaciones sobre dichos valores.

- Definición 2.4] Sea  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$ , un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la 2-tupla lingüística que expresa la información equivalente a  $\beta$ , se obtiene usando la siguiente función:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-.5, .5]$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ con } \{s_i, i = \text{round}(\beta) \alpha \quad (1)$$

$$= \beta - i, \alpha \in [-.5, .5]$$

Donde  $\text{round}$  es el operador usual de redondeo,  $s_i$  es la etiqueta con índice más cercano a  $\beta$  y  $\alpha$  es el valor de la traslación simbólica. Es necesario destacar que  $\Delta$  definida como  $\Delta$ . De este modo, una 2-tupla lingüística  $\langle S \rangle$  queda identificada con su valor numérico en  $\beta$ .

Para la toma de decisiones esta técnica resulta muy útil:

En la mayoría de las ocasiones, los problemas de decisión multicriterio se encuentran definidos en marcos complejos, ya que necesitan algo más que un dominio lingüístico para modelar todas las preferencias que intervienen en el problema de decisión. Por lo que es importante dejar plasmado que, en estos problemas, que están bajo incertidumbre es común que la información se presente de las siguientes maneras:

- Información lingüística multigranular: En problemas con múltiples expertos o varios criterios en la que aparece la información lingüística evaluada en varios conjuntos de términos lingüísticos con diferente granularidad.
- Información no homogénea o heterogénea: Problemas cuya información pueden ser de distinta naturaleza (lingüística, numérica, con intervalos de valores, etc.).
- Información lingüística no uniformemente distribuida: Problemas cuya información lingüística están representadas en una escala lingüística no uniforme ni simétricamente distribuida.

Esto no son más que marcos complejos que pueden ser abordados empleando las extensiones del modelo lingüístico de 2-tuplas sin pérdida de información.

Otro grupo de tendencias aplicadas a la toma de decisiones y que hacen uso de la CWW, en los que se incluyen las tres antes mencionadas y que han dado buenos resultados en distintas áreas son:



- Tratar con diferentes dominios de expresión lingüísticos para representar las preferencias en toma de decisiones, es decir, utilizando la modelación lingüística *multigranular*.
- Tratar con dominios lingüísticos no simétricos, es decir, a través de la modelación lingüística *no balanceada*.
- Tratar con la integración de las representaciones de preferencias lingüísticas y numéricas. Esto no es más que tomar decisiones en un marco *heterogéneo*.
- Tratar con la consistencia de las preferencias lingüísticas.
- Lidar con la falta de información lingüística en la toma de decisiones.
- Desarrollar modelos computacionales lingüísticos basados en conjuntos difusos de tipo-2.
- Desarrollar procesos toma de decisiones lingüísticas basados en web y móviles.
- Desarrollar nuevos modelos computacionales lingüísticos basados en el paradigma de expresiones lingüísticas.
- Desarrollar nuevos enfoques de consenso lingüístico.

Los Mapas Cognitivos Difusos son una generalización de los Mapas Cognitivos, ambos son grafos dirigidos, cuyos vértices representan conceptos y sus aristas representan las relaciones causales entre estos conceptos, estos fueron presentados por Kosko (1986). La diferencia entre ambos está en los valores asignados a las aristas que significan el grado de relación entre los vértices. En los Mapas Cognitivos estos valores son  $-1$  y  $1$ , que significan una correlación inversa o directa, respectivamente, entre los conceptos. Mientras que los Mapas Cognitivos Difusos toman valores en el intervalo  $[-1, 1]$ , donde se incluye una gradación entre las relaciones de los conceptos. En la Figura 1 se comparan ambos mapas cognitivos, la diferencia está en los pesos asignados a cada arista (Cacpata Calle, et al., 2020).

Los MCD son modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad. Combinan herramientas teóricas de los mapas cognitivos, la lógica difusa, las redes neuronales, las redes semánticas, los sistemas expertos y los sistemas dinámicos no lineales (Glykas, 2010). Esta técnica permite modelar el sistema con retroalimentación con grados difusos de causalidad en el intervalo  $[0,1]$ . En el diagrama cada nodo representa un conjunto difuso o evento que ocurre en algún grado. Los nodos son conceptos causales y pueden modelar eventos, acciones, valores, metas o procesos. Con la utilización de esta

técnica se obtienen, además, los beneficios del modelado visual, la simulación y la predicción (Salmeron, 2009).

En los MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos:

- Causalidad positiva ( $W_{ij} > 0$ ), indica una causalidad positiva entre los conceptos  $C_i$  y  $C_j$ . Es decir, el incremento (disminución) en el valor de  $C_i$  lleva al incremento (disminución) en el valor de  $C_j$ .
- Causalidad negativa ( $W_{ij} < 0$ ), indica una causalidad negativa entre los conceptos  $C_i$  y  $C_j$ . Es decir, el incremento (disminución) en el valor de  $C_i$  lleva a la disminución (incremento) en el valor de  $C_j$ .
- No existencia de relaciones ( $W_{ij} = 0$ ), indica la no existencia de relación causales entre  $C_i$  y  $C_j$ .

Un MCD puede ser representado a través de un grafo dirigido en el cual los nodos representan conceptos y los arcos indican relaciones causales. La intensidad de la relación causal es representada mediante valores difusos. Los valores de los conceptos son calculados en cada paso de la simulación. De acuerdo al vector inicial, el MCD convergerá a un punto fijo, ciclo límite o atractor caótico.

Cuando participa un conjunto de expertos, la matriz de adyacencia se formula a través de un operador de agregación, como por ejemplo la media aritmética. El método más simple consiste en encontrar la media aritmética de cada una de las conexiones para cada experto. Para  $k$  expertos, la matriz de adyacencia del MCD final ( $E$ ) es obtenida como:

$$E = \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_k)}{k} \quad (2)$$

Esta facilidad de agregación permite la creación de modelos mentales colectivos con relativa facilidad.

Los mapas cognitivos difusos ofrecen ventajas como:

- La escalabilidad en entornos dinámicos: En las organizaciones orientadas a proyectos, el dinamismo es provocado por la evolución de las propias organizaciones a partir de la experiencia y los procesos de mejora haciendo que las alternativas también pueden cambiar.
- La interpretabilidad de los resultados (Hatwagner, et al., 2018): En particular, en la gestión de proyectos es imprescindible que los expertos humanos puedan interpretar fácilmente las decisiones por las herramientas propuestas por los investigadores.
- La agregación del conocimiento de múltiples expertos (Gray et al., 2014): En la modelación del proceso de toma de decisión en gestión de proyectos, deben intervenir varios expertos para disminuir el sesgo que

se produce cuando interviene un único experto. El conocimiento de estos expertos debe ser agregado en una sola estructura de conocimiento.

- La posibilidad de manejar información cualitativa. Es más cómodo para los expertos en algunas ocasiones expresar sus preferencias en lenguaje natural, o sea, a través de información cualitativa, por ejemplo, sus preferencias asociadas al análisis de calidad y la motivación de los recursos humanos.
- La capacidad para representar las relaciones retroalimentación e indeterminación que con frecuencia se presentan en las decisiones que se tomen durante el desarrollo de proyectos (Papageorgiou, et al., 2006).

Como consecuencia, los MCDs han sido utilizados para modelar problemas en gestión de proyectos. Stach & Kurgan (2004), emplean los MCDs para analizar el efecto de la cantidad de desarrolladores y la comunicación entre ellos sobre el desarrollo de un proyecto de software. Los mismos autores desarrollaron un modelo basado en MCDs paralelos, el modelo fue aplicado para la planificación de proyectos de software. Salmeron (2009), propone un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en los MCDs para la selección de proyectos.



Figura 1. Procesamiento de la información.

En la Figura 2 se muestra la metodología diseñada.

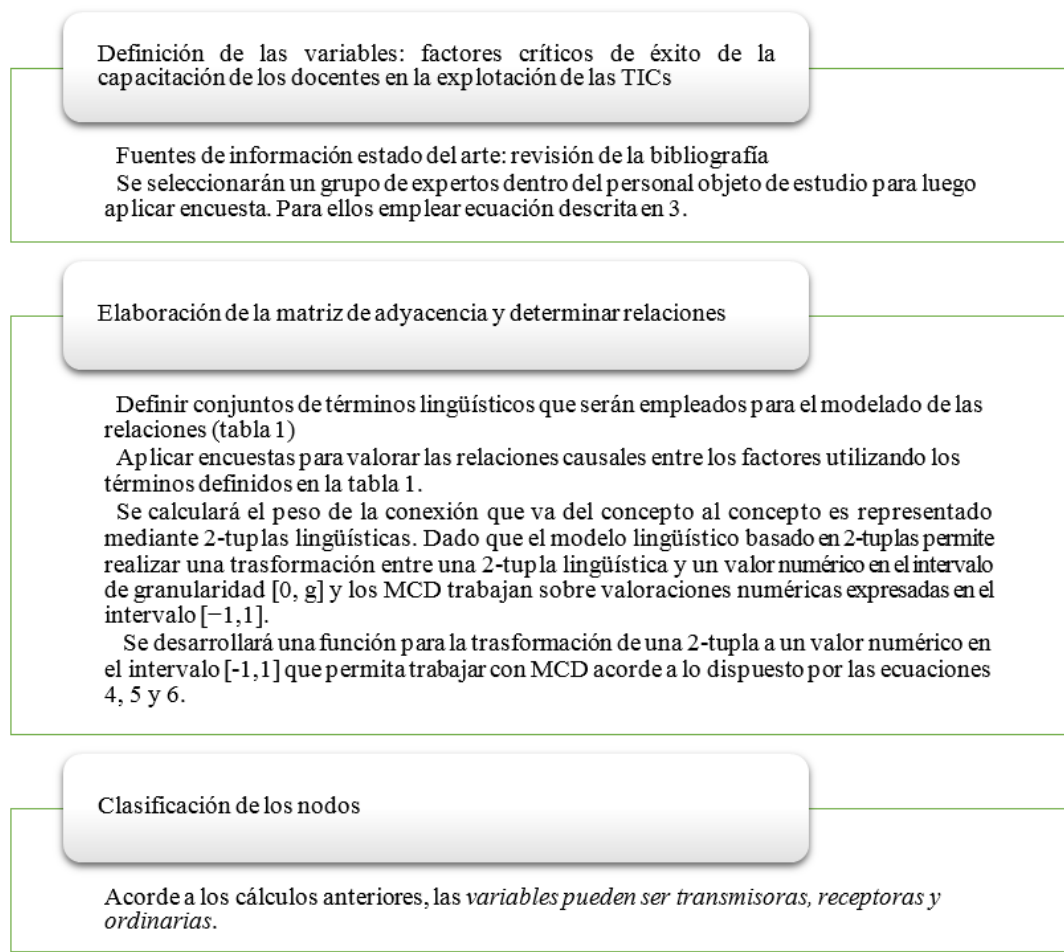


Figura 2. Metodología diseñada.

Para la selección del grupo de expertos, se aplicó una encuesta de validación de competencias donde se ejecuta mediante autovaloraciones, en una escala es ascendente de 1 hasta 10 de:

- Grado de conocimiento que dicho experto potencial posee acerca del tema
- Grado de influencia que cada una de las fuentes de argumentación

El procesamiento del formulario se basó en el cálculo del factor de calificación de los expertos a través de la siguiente expresión matemática:

$$K = ((FA + GC) / 2) = (((SI + EP + IR + FB) / 4 + GC) / 2) \quad (3)$$

Donde:

Si = Su intuición

EP = Experiencia práctica

IR = Investigaciones realizadas por usted

FB = Consulta de fuentes bibliográficas)

GC: grado de conocimiento (1-10)

Se propone para la transformación del valor numérico equivalente de una 2-tupla a un valor numérico en el intervalo [-1, 1] las ecuaciones:

$$\gamma: [0, g] \rightarrow [-1, 1] \\ \gamma(v) := \frac{2v}{g-1} - 1 \quad (4)$$

$$\gamma^{-1}: [-1, 1] \rightarrow [0, g] \\ \gamma^{-1}(v) := \frac{(v+1)(g-1)}{2} \quad (5)$$

Donde  $g$  es la granularidad del conjunto de términos S.

Las funciones anteriores junto a las funciones asociadas con la 2-tupla, permiten la representación de relaciones causales para la realización del proceso de inferencia causal utilizando las 2-tuplas.

Tabla 1. Conjunto de términos lingüísticos asociados.

Término	Descripción
	Negativamente muy fuerte (NMF)
	Negativamente fuerte (NF)
	Negativamente media (NM)
	Negativamente débil (ND)
	Cero (C)
	Positivamente débil (PD)

	Positivamente media (PM)
	Positivamente fuerte (PF)
	Positivamente muy fuerte (PMF)

Fuente: López-Domínguez, et al. (2016).

Para el cálculo de las relaciones causales, el peso de la conexión que va del concepto al concepto dado por el experto k, es representado mediante 2-tuplas lingüísticas del siguiente modo (López-Domínguez, et al., 2016):

$$W_{ij}^k = (s_w, \alpha)_{ij}^k \quad (6)$$

Las variables se clasifican según el criterio siguiente:

1.1. Las **variables transmisoras** son aquellas con  $od(v_i) > 0$  e  $id(v_i) = 0$ .

1.2. Las **variables receptoras** son aquellas con  $od(v_i) = 0$  y  $id(v_i) > 0$ .

1.3. Las **variables ordinarias** satisfacen a la vez  $od(v_i) \neq 0$  y  $id(v_i) \neq 0$ .

A partir de la educación a distancia potenciada por la pandemia de la Covid-19 surge el concepto de e-learning, entendido como aprendizaje electrónico. Lo cual incluyó en la mira de las necesidades de mejora en el sector educativo el uso de las tecnologías de la información y la comunicación para apoyar procesos educativos y de aprendizaje basados en el contenido en línea y sistemas compartidos del conocimiento activo y del aprendizaje cooperativo potenciado por Internet.

En este panorama se desarrolla el papel del docente como enlace entre el conocimiento electrónico y el estudiante a través de las estrategias didácticas para que el mismo sea capaz de innovar. Es por ello que se dice que actualmente con el e-learning, el docente se convierte en un facilitador-tutor como responsable de su formación y aprendizaje. Lo cual ha impuesto un nuevo reto para los docentes en sí, ya que muchos han tenido que experimentar el intercambio con las tecnologías de la informática y las comunicaciones por primera vez.

Entonces se experimentó el hecho de la necesidad de evolución mediante la capacitación de los recursos humanos por parte de las instituciones de educación. Se pudo constatar que no era suficiente contar con un personal responsable con sus deberes profesionales y morales que aplicará los conocimientos aprendidos durante la carrera; sino de la necesidad de la adopción de cualidades competentes ante los nuevos retos (Comas et al., 2018).

Por lo tanto, los profesores tuvieron que ser parte de un programa de capacitación para enfrentar las nuevas tecnologías y ponerlas en función de lograr el proceso de enseñanza aprendizaje y brindar una formación integral mediante nuevas herramientas informáticas tanto software como hardware.

Una revisión de la bibliografía permitió conocer que se adoptaron ciertas estrategias, las cuales exponen diferentes acciones exitosas (Estacio-Chang & Medina-Zuta, 2020; Uzcátegui Lares & Albarrán Peña, 2021), las cuales se exponen a continuación:

1. Introducción al uso de los equipos tecnológicos.
2. Normas básicas para la creación de audiovisuales (iluminación, sonido, etc.)
3. Mejora en la presentación de las clases mediante el uso de mapas conceptuales y otras herramientas visuales para graficar contenido e introducción de contenido multimedia.
4. Explotación de las redes sociales y aplicaciones de videoconferencia y plataformas educativas como Moodle.

### Resultados de la aplicación de la metodología

Conjunto de expertos: se les aplicó un cuestionario para medir las competencias a profesores de varias asignaturas en una institución de educación superior, dando como resultado los grupos de expertos siguientes (Tabla 2):

Tabla 2. Resultado de la calificación de expertos según su grado de conocimiento.

Expertos	GC	SI	EP	IR	FB	K	Calificación
Idiomas	7	10	10	5	10	7.875	Medio
Medicina	6	5	10	5	5	6.125	Medio
Ciencias empresariales	9	10	10	10	10	9.5	Alto
Ingeniería	10	10	10	5	10	9.375	Alto
Odontología	8	10	10	5	10	8.375	Alto
Informática	10	10	10	10	10	10	Alto
Educación física	9	10	10	5	10	8.875	Alto
Enfermería	7	5	10	5	10	7.25	Alto

Posteriormente se les aplicó una encuesta para la selección de los factores de éxito en su capacitación en el uso de las TICs. En dicho cuestionario se expusieron los 5 factores listados en el epígrafe anterior con la posibilidad de adicionar otro acorde a la experiencia vivida. Según los datos procesados se agregó:

1. Manejo de las redes para la transmisión de datos

Por lo cual se obtuvo un total de 6 factores de éxito a analizar mediante la metodología propuesta. Durante las entrevistas y cuestionarios aplicados en un segundo momento, se obtuvo las relaciones causales clasificándolas acorde a lo expuesto en la tabla 1. Para ello quedó la matriz de adyacencia como sigue (Figura 3):

$$E(x)= \begin{vmatrix} C & PD & PF & PF & C \\ PD & C & PMF & PMF & PD \\ PF & PF & C & PMF & PF \\ PF & PF & PF & C & PF \\ PM & PM & PF & PF & C \\ PD & PM & PMF & PF & PD \end{vmatrix}$$

Figura 3. Matriz de adyacencia.

Siendo un criterio de puntuación final ordenado como sigue:

- i. Mejora en la presentación de las clases mediante el uso de mapas conceptuales y otras herramientas visuales para graficar contenido e introducción de contenido multimedia.
- ii. Explotación de las redes sociales y aplicaciones de videoconferencia y plataformas educativas como Moodle.
- iii. Normas básicas para la creación de audiovisuales (iluminación, sonido, etc.)
- iv. Introducción al uso de los equipos tecnológicos.

Manejo de las redes para la transmisión de datos

Como se puede comprobar en el análisis de la matriz de adyacencia:

- No existen variables independientes, todas muestran una relación causal bidireccional. Lo que indica que, entre ellas, todas inciden en sus comportamientos mediante una proporcionalidad directa.
- Se establecen relaciones positivas que indican proporcionalidad directa. Por tanto, su nivel de interrelación y condicionalidad está por encima del valor nulo, llegando a ser extremadamente alta en algunos casos. Lo que se traduce en que si se potencian los esfuerzos y recursos en adoptar acciones de capacitación que contengan estos temas:
  - » Mejora en la presentación de las clases mediante el uso de mapas conceptuales y otras herramientas visuales para graficar contenido e introducción de contenido multimedia.
  - » Explotación de las redes sociales y aplicaciones de videoconferencia y plataformas educativas como Moodle.



Se logrará un efecto de seguimiento por el alto nivel de causalidad e influencia de estos factores de éxito sobre todo en los docentes de Idiomas, Medicina y Enfermería que presentan los valores más bajos de competencia diagnosticados.

En la época de la generación millennials, los profesores necesitan mantener a las generaciones más jóvenes comprometidas. Debido que constituyen el pilar fundamental para contrarrestar la pandemia y requieren fortalecer sus sistemas de educación a distancia.

Por tanto, debe considerarse extender esto a los docentes y las instituciones sobre todo rurales, los recursos educativos, que van desde manuales, tutoriales, guías y videos para el uso de diversas aplicaciones, hasta capacitación y recomendaciones de buenas prácticas en el trabajo docente a distancia. Todo ello para lograr el equilibrio entre el uso de tecnologías y el interés de estos estudiantes del nuevo milenio. Logrando así los índices de rendimiento académico necesarios.

## CONCLUSIONES

La educación a distancia se ha multiplicado a raíz de la pandemia sufrida por Covid. Por esta razón, tanto gobiernos como instituciones educativas se han lanzado en los últimos años a explorar las oportunidades que ofrece un modelo formativo acorde a la era digital. Las facilidades que ofrece el e-learning para el explote de las nuevas herramientas tecnológicas contrasta con los enfoques teóricos. Por lo que se necesitan profesionales docentes con competencias en el uso y explotación de las TICs.

Este tipo de educación presenta disímiles ventajas y desventajas. Se ha potenciado con el progreso tecnológico y los avances en las telecomunicaciones, pero al mismo tiempo resulta una variable en contra del apropiado desarrollo de este tipo de educación. Un acceso limitado de la población a las TICs limita la efectividad de esta modalidad, sobre todo en las instituciones rurales.

Existen instituciones educativas con unos resultados excelentes en la implementación y la capacitación de los docentes en este ámbito por lo que se diagnosticaron los factores de éxito en este proceso para aplicar un modelo de decisión multicriterio para su análisis.

Con la aplicación de la metodología propuesta se pudo determinar los principales factores de éxito de mayor nivel de influencia para iniciar su aplicación en otras entidades con la menor cantidad de recursos. Optimizando así el proceso de capacitación y logro de competencias docentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cacpata Calle, W., Acurio Hidalgo, G. F., & Paredes Navarrete, W. (2020). Estudio de los criterios del estrés laboral utilizando Mapas Cognitivos. *Revista Investigación Operacional*, 41(5), 689–698.
- Comas, R., Romero, A. J., & Vega, V. (2018). *Impacto de la capacitación en la mejora de indicadores de calidad en investigación de Uniandes*. Episteme, 5.
- Estacio-Chang, M. A., & Medina-Zuta, P. (2020). Rol del docente para la formación en investigación: reto pendiente de la educación peruana. *Maestro y Sociedad*, 17(2), 354–369.
- Glykas, M. (2010). *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*. Springer.
- Gray, S. A., Zanre, E., & Gray, S. R. J. (2014). Fuzzy Cognitive Maps as Representations of Mental Models and Group Beliefs. *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering*, 29–48.
- Hatwagner, M. F., Yesil, E., Dodurka, M. F., Papageorgiou, E., Urbas, L., & Kóczy, L. T. (2018). Two-Stage Learning based Fuzzy Cognitive Maps Reduction Approach. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26, 2938–2952.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24, 65–75.
- López-Domínguez Rivas, D. M., López-Domínguez Rivas, S. D., Faggioni Colombo, K. M., & Peña González, M. (2016). Modelado de los factores críticos de éxito en la implantación de sistemas CRM mediante mapas cognitivos difusos y computación con palabras. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16(1), 72–77.
- Papageorgiou, E., Stylios, C., & Groumpos, P. P. (2006). Introducing Interval Analysis in Fuzzy Cognitive Map Framework. (Ponencia). *Hellenic Conference on Artificial Intelligence, Crete, Greece*.
- Saavedra, J. (2020). *COVID-19 y Educación: Algunos desafíos y oportunidades*. <https://blogs.worldbank.org/es/education/educational-challenges-and-opportunities-covid-19-pandemic>
- Salmeron, J. L. (2009). Supporting Decision Makers with Fuzzy Cognitive Maps. *Research- Technology Management*, 52, 53–59.
- Stach, W., & Kurgan, L. (2004). Modeling Software Development Projects Using Fuzzy Cognitive Maps. (Ponencia). *4th ASERC Workshop on Quantitative and Soft Software Engineering*. Alberta, Canada.

Uzcátegui Lares, K. Y., & Albarrán Peña, J. M. (2021). Desafíos y dificultades de los docentes de educación primaria ante la adopción de la tele-educación. *Revista Andina de Educación*, 4(1), 43–54.

Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 3(1), 28–44.