

# 17

## EVALUACIÓN DE POTENCIAL DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LA SALUD MEDIANTE MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

### EVALUATION OF THE POTENTIAL OF THE INTERNET OF THINGS IN HEALTH THROUGH FUZZY COGNITIVE MAPS

Miguel Ángel Quiroz Martínez<sup>1</sup>

E-mail: [mquiroz@ups.edu.ec](mailto:mquiroz@ups.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8369-1913>

Rodrigo Alexander Arguello Ruiz<sup>1</sup>

E-mail: [rarguellor@est.ups.edu.ec](mailto:rarguellor@est.ups.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2443-5781>

Mónica Daniela Gómez Ríos<sup>1</sup>

E-mail: [mgomezr@ups.edu.ec](mailto:mgomezr@ups.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4914-4905>

Maikel Yelandi Leyva Vázquez<sup>1</sup>

E-mail: [mleyva@ups.edu.ec](mailto:mleyva@ups.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7911-5879>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.

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

Quiroz Martínez, M. Á., Arguello Ruiz, R. A., Gómez Ríos, M. D., & Leyva Vázquez, M. Y. (2020). Evaluación de potencial del internet de las cosas en la salud mediante mapas cognitivos difusos. *Revista Conrado*, 16(75), 131-136.

#### RESUMEN

La Internet de las cosas ha extendido su aplicación a casi todos los aspectos de nuestras vidas durante los últimos años. Incluso el sector de la salud ha aprovechado la IO. Las tecnologías de identificación por radiofrecuencia y ZigBee pueden utilizarse para reducir los tiempos de trabajo y los costos, conectando dispositivos inteligentes a Internet, lo que permite crear sistemas de vigilancia y control para los pacientes en hospitales y clínicas. Los mapas cognitivos difusos (FCM) mejoran los mapas cognitivos, describiendo la fuerza de la relación mediante el uso de valores difusos en el intervalo  $[-1, 1]$ . Dada la gran utilidad de los FCM, se han extendido para modelar diversas situaciones. De esta manera, pueden ser utilizados para representar modelos mentales y ser de gran ayuda en los procesos de toma de decisiones. Esta metodología permite crear y enriquecer modelos de decisión, en los que se representa información vaga e imprecisa a través de variables lingüísticas. En este trabajo proponemos modelar un FCM definiendo los factores críticos de éxito de los proyectos de IO aplicados a la salud. Después de procesar la matriz de adyacencia, los valores de indigencia, desgraduación y centralidad de cada factor, concluimos que el factor más importante es la disminución de la mortalidad.

#### Palabras clave:

Factores críticos de éxito, toma de decisiones, tecnología, salud, enfoque estratégico, mapas cognitivos difusos.

#### ABSTRACT

Internet of Things has spread its application to almost every aspect in our lives during the last years. Even the Health sector has taken advantage of IoT. Radio Frequency Identification and ZigBee technologies can be used to reduce work times and costs by connecting smart devices to the Internet, which allows the creation of monitoring and control systems for patients in hospitals and clinics. Fuzzy Cognitive Maps (FCM) improve cognitive maps, describing the strength of the relationship by using fuzzy values in the interval  $[-1, 1]$ . Given the great utility of FCM, they have been extended to model various situations. Thus, they can be used to represent mental models and be of great help in decision making processes. This methodology allows creating and enriching decision models, in which vague and imprecise information is represented through linguistic variables. In this paper we propose to model an FCM by defining critical success factors of IoT projects applied to health. After processing the adjacency matrix, indegree, outdegree and centrality values for each factor, we concluded that the most important factor is Decrease mortality.

#### Keywords:

Critical success factors, decision making, technology, health, strategy approach, fuzzy cognitive maps.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo del internet se ha convertido en un factor fundamental para el desarrollo de la tecnología, una noción más amplia sobre los requerimientos tecnológicos que se necesita antes de entrar en el área de salud, es decir, enfatizar la parte de canalizar recursos económicos, tecnológicos y de estrategia para la operación diaria de un análisis más complejo (Garavand, et al., 2016).

Según la evaluación de potencial no es una tarea sencilla, hay que llevar a cabo múltiples tareas, si bien uno lo puede emprender solo, pero en ocasiones no. Las herramientas que se utilizaría para el mejoramiento de la salud es la propia tecnología, implementando un análisis más detallado que se daría en la vida cotidiana. En el proyecto se destaca cada vez más el desarrollo de aplicativos para combatir las enfermedades crónicas (Páez, et al. 2014). Por lo tanto, el mecanismo de seguridad que vamos a emplear es de relacionar los factores que se manejan diariamente en la humanidad con la adaptación de las IoT.

Cabe resaltar que el avance tecnológico es un punto a favor para el desarrollo en la medicina, y prevalece la integridad del ser humano. Sin embargo, los procesos a largo plazo suelen tener repercusiones para poder llegar al éxito y así podremos determinar con mayor facilidad los factores que se presentan en el proyecto o en la simulación de distintos escenarios (Leyva, Rosado & Febles, 2013).

El artículo está estructurado de la siguiente forma se desarrolla una revisión con los temas fundamentales de la IoT aplicados al área de la salud. Se detallan aspectos relacionados con los mapas cognitivos difusos. Se identifican posteriormente los factores críticos de éxito de la aplicación de la IoT en la salud y se realiza un análisis estático y dinámico del mapa obtenido. El artículo finaliza con conclusiones y recomendaciones de trabajo futuro.

## DESARROLLO

Las tecnologías de RFID (Identificación por Radiofrecuencia) (Ahson & Ilyas, 2017) y ZigBee (Lee, Su & Shen, 2007)., además de la computación en nube pueden ser utilizadas para reducir los tiempos de trabajo y de costes a través de la conexión de dispositivos inteligentes a Internet. Su gran variedad de aplicaciones las vuelve atractivas para ser manipuladas en entornos de atención médica, de tal forma que permita crear sistemas de seguimiento y control de pacientes en hospitales y clínicas, que faciliten la toma de decisiones del personal médico y administrativo.

ZigBee es una red de comunicación de sensores inalámbricos, la cual permite trabajar a una distancia corta

siendo realmente larga la distancia, además proporciona bajo consumo de energía haciendo que la batería sea más duradera, es decir, que su bajo consumo de energía permite que su tiempo de vida sea más largo (funcione más años) y con una velocidad baja.

ZigBee ayuda en gran parte a las personas, ya que funciona con la teledetección mejorando así la tecnología estructural de cableado. ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4, que se utiliza para la comunicación de datos de dos a muchos dispositivos de consumo conectados entre sí, en donde estos generalmente son aparatos industriales, además que este sirve para aplicaciones inalámbrica de área personal.

Radio-Frequency Identification (RFID) es una tecnología que sirve para la identificación automática, el cual este se utiliza para la captura de datos por medio de dispositivos electrónicos, esta tecnología permite identificar y localizar objetos, debido a que es un lector de etiquetas las cuales llevan datos internamente, que a su vez son consultados en la base de datos y así sirven para identificar un objeto que la contiene.

Un estudio Alemendar & Ersoy (2010), aseveran que debido a que la población de ancianos, niños y enfermos crónicos ha crecido se hace necesario mejorar la prestación sanitaria por las condiciones que cada uno posee, por todo esto es que se implementan las tecnologías de sensores inalámbricos ya que estas ayudan a mejorar la calidad de vida de ellos porque ayudan a detectar lo que el paciente tiene, por eso se piensa en una aplicación que tenga este tipo de tecnología para que el paciente este en constante monitoreo, lo que ayuda a detectar una emergencia o enfermedades que este tenga y también para facilitarle al cuidador su trabajo.

El uso de la IOT en el autocuidado de las enfermedades crónicas y servicios de alto nivel. Las aplicaciones de sanidad electrónica (E-Health) que utilizan la tecnología de las IOT (internet de las cosas) tienen una promesa significativa: Las redes de sensores biomédicos y la interpretación adecuada de los datos procedentes de ellas permitirá un mejor autocuidado de las enfermedades crónicas y generaran ahorros notables en los presupuestos nacionales para el cuidado de la salud. Sin embargo, existe algo clave dentro de esto y es la seguridad ya que se requieren altos requerimientos de privacidad y confidencialidad de estos datos o información. Soluciones de gestión de la seguridad de adaptación, basadas en efectividad de la seguridad, exactitud y pruebas de eficiencia, se pueden utilizar para responder a estas necesidades. Se Analizan los objetivos de seguridad de las aplicaciones de sanidad electrónica (E-Health)) y sus necesidades de toma

de decisiones de seguridad adaptativa, y proponen un mecanismo de gestión de la seguridad adaptativa de alto nivel basado en métricas de seguridad para hacer frente a los desafíos.

UHD es un modelo en donde se evalúan los datos del paciente de manera inmediata y mucho más precisa, lo que no ocurría antes de que se introdujera el IOT a los servicios de salud debido a anteriormente los modelos inteligentes como U-Health lo que se implementaba era, tomar los datos del paciente para luego enviarlos a un servidor para que el médico que tenía el seguimiento con el paciente, lograra retroalimentarse acerca de la situación del paciente.

Ahora con este nuevo modelo inteligente lo que busca es informar al paciente como es su estado de salud con respecto, a los factores de riesgo que pueda tener, esto se realiza por medio de un dispositivo el cual obtiene información del paciente y procede a dar una evaluación mucho más completa que la evaluación básica que se viene haciendo y en tiempo real. Todo esto permite que se pueda detectar de manera rápida el estado de salud del paciente ya que evalúa los 5 factores de riesgo que hay, los cuales son: glucosa, presión arterial, obesidad, triglicéridos, colesterol y si el paciente tiene muy alto los valores, de los que deberían ser de acuerdo con el valor estándar, se considera que el paciente posee el síndrome metabólico.

Lo Mapas Cognitivos Difusos MCD mejoran los mapas cognitivos, describiendo la fortaleza de la relación mediante el empleo de valores borrosos en el intervalo  $[-1, 1]$  o más recientemente computación con palabras (CWW) y es especial, el modelo de 2-tuplas. La CWW es una metodología que permite realizar un proceso de computación y razonamiento, utilizando palabras pertenecientes a un lenguaje en lugar de números. Dicha metodología permite crear y enriquecer modelos de decisión, en los cuales, la información vaga e imprecisa es representada a través de variables lingüísticas.

Un MCD se puede representar a través de un grafo dirigido ponderado donde los nodos representan conceptos y los arcos indican una relación causal (Kosko, 1997). Una matriz de adyacencia es construida a partir de los valores asignados a los arcos generalmente de forma numérica (Zhi-Qiang, 2001).

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

- Causalidad positiva ( $> 0$ ): Indica una causalidad positiva entre los conceptos y , es decir, el incremento (disminución) en el valor de lleva al incremento (disminución) en el valor de .

- Causalidad negativa ( $< 0$ ): Indica una causalidad negativa entre los conceptos y , es decir, el incremento (disminución) en el valor de lleva la disminución (incremento) en el valor de .
- No existencia de relaciones ( $= 0$ ): Indica la no existencia de relación causal entre y .

Dada la gran utilidad de los MCD, estos han sido extendidos para modelar diversas situaciones. Así, encontramos extensiones basadas la teoría de los sistemas grises (Salmeron, 2010), intervalos (Papageorgiou, Stylios & Groumpos, 2006), lógica difusa intuicionista (Iakovidis, et al., 2011), entre otras extensiones.

Un MCD puede ser representado a través de un dígrafo (Figura 1), en el cual, los nodos representan conceptos y los arcos indican relación causal (Kosko, 1997).

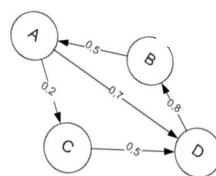


Figura 1. Mapa cognitivo difuso.

Cuando participa un conjunto de individuos ( $k$ ), 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 (Kosko, 1988):

$$E = \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_k)}{k} \quad (1)$$

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

A continuación se presenta el modelo propuesto basado en otros marcos de trabajo basado en el análisis e los factores críticos de éxito (Leyva, et al., 2012):

1. Modelado del MCD: Se determinan FCE que brindarán mayor información para la toma de decisiones y el planteamiento de estrategias. Se determinan las relaciones causales ente los FCE. Los indicadores constituirán nodos en el MCD, las relaciones causales constituirán las aristas. Esta información será enriquecida con valores numéricos en la siguiente actividad
2. Selección de las medidas: Se selecciona el aspecto del MCD o la combinación que se desea analizar. En el presente estudio, se decidió establecer el nivel de

fuerza de la conexión entre los nodos para determinar su importancia dentro del mapa.

3. Cálculo de centralidad: Se calculan los valores de entrada y salida de los nodos (indegree y outdegree) para determinar la centralidad. De emplearse más de una medida de centralidad se determina un valor compuesto de centralidad mediante la agregación de nuevos valores.
4. Ordenamiento y clasificación: En esta actividad se ordenan los nodos de acuerdo a su importancia en el modelo.

Se representan el MCD como un grafo dirigido ponderado (V,E), donde  $V$  es el conjunto de nodos y  $E$  es el conjunto de conexiones entre esos nodos. Para priorizar los nodos más importantes se determinan la centralidad del factor ( $C_i$ ) a partir de su outdegree ( $od_i$ ) e indegree ( $id_i$ ), teniendo en cuenta la magnitud de los pesos  $C_{ij}$  de la siguiente manera (Brandes, Borgatti & Freeman, 2016):

Outdegree  $od(v_i)$  es la suma de las filas en la matriz de adyacencia neutrosófica. Refleja la fortaleza de las relaciones ( $c_{ij}$ ) saliente de la variable.

$$od(v_i) = \sum_{j=1}^N c_{ij} \quad (1)$$

Indegree  $id(v_i)$  es la suma de las columnas Refleja la Fortaleza de las relaciones ( $c_{ij}$ ) saliente de la variable.

$$id(v_i) = \sum_{j=1}^N c_{ji} \quad (2)$$

La centralidad  $C_i$  se calcula a partir de la suma de su grado de entrada ( $id_i$ ) y grado de salida ( $od_i$ ), tal como se expresa en la fórmula siguiente:

$$C_i = id_i + od_i \quad (3)$$

La centralidad en un MCD indica que tan fuertemente está relacionado un nodo con otros, a partir de sus conexiones directas.

Los nodos se clasifican de acuerdo con las siguientes reglas:

- Las variables transmisoras Tienen outdegree positivo y cero indegree.
- Las variables receptoras: Tienen una indegree positivo, y cero outdegree.
- Las variables ordinarias: Tienen un grado de indegree y outdegree distinto de cero.

## Análisis de Escenario

1. Determinar estímulo. El vector inicial,  $(\bar{x}^0)$ , es definido por cada escenario. Este representa el valor inicial de cada nodo en el escenario[5].
2. Simular escenarios. La simulación de los distintos escenarios se realiza y se obtienen el vector resultante en forma de conceptos con distintos niveles de activación después de alcanzar el estado de equilibrio (Salmeron, Vidal & Mena, 2012).

Se identificaron los siguientes factores críticos de éxitos de los proyectos de IoT aplicados a la salud (Tabla 1).

Tabla 1. Factores críticos de éxitos de los proyectos de IoT aplicados.

ID	FACTORES	DESCRIPCION
N1	Mejorar Calidad de Vida	Mejorar y fortalecer el bienestar o autoestima para poder reforzar las actividades diarias o sociales
N2	Mejorar el status de salud	Mejorar la administración de medicamentos para promover las actividades físicas y también mantener una dieta equilibrada.
N3	Disminuir mortalidad	Disminuye el porcentaje de los usuarios referente a la edad y a la demencia.
N4	Reducir los riesgos del ambiente	Disminuir cada riesgo que se presenta en lo externo o interno del ámbito natural.
N5	Identificar	Se evalúa e identifica cada error que se puede presentar en un diagnóstico.
N6	Reforzar la confianza	Tener mayor seguridad y fiabilidad.
N7	Lograr satisfacción	Lograr objetivos complejos planteados por el usuario.

Se modelaron las relaciones entre los factores con el siguiente mapa (Figura 2).



Figura 2. Mapa de las relaciones entre los factores. A continuación, se detallan la matriz de adyacencia (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de adyacencia de cada factor

ID	FACTORES	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
N1	Mejorar Calidad de Vida	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	Mejorar el status de salud	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N3	Disminuir mortalidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N4	Reducir los riesgos del ambiente	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00
N5	Identificar errores	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00
N6	Reforzar la confianza	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
N7	Lograr satisfacción	0.00	0.49	0.00	0.65	0.00	0.52	0.00

Un análisis de las distintas medidas de centralidad (aoudegree, indegree, centralidad) se muestra a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Centralidad de los factores.

FACTORES	Indegree	Outdegree	Centralidad
Mejorar Calidad de Vida	0.62	0.81	1.4300000000000002
Mejorar el status de salud	0.49	0.62	1.1099999999999999
Disminuir mortalidad	2.56	0	2.56
Reducir los riesgos del ambiente	0.65	0.42	1.07
Identificar errores	0	0.72	0.72
Reforzar la confianza	0.52	0.61	1.13
Lograr satisfacción	0	1.6600000000000001	1.6600000000000001

Los factores más importantes fueron en este orden: Disminuir mortalidad, lograr satisfacción y mejorar calidad de vida en ese orden. Se identificó un escenario y los resultados se simularon obteniéndose el siguiente resultado (Figura 3).

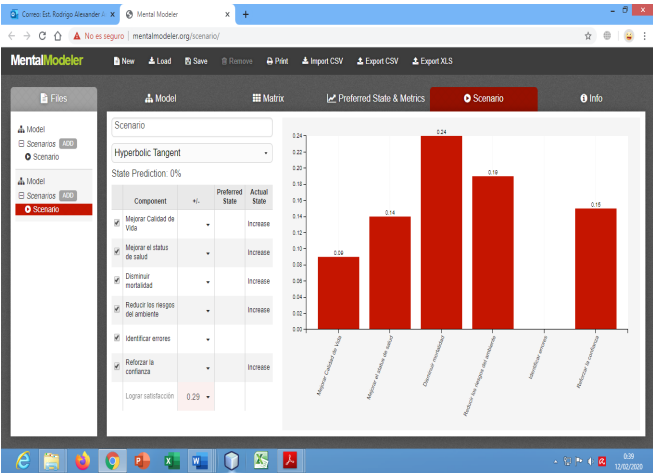


Figura 3. Estadísticas de los factores de éxito.

Esto permite realizar análisis prácticos de la situación futura. El análisis e escenarios nos facilita además una mayor proactividad en la planificación de los distintos escenarios futuros.



## CONCLUSIONES

En la actualidad la sociedad se encuentra en una época de transición, que se encamina hacia un nuevo estilo de programación basada en estándares y para ello la metodología basada en los mapas cognitivos propone una innovación de alta gama de calidad a la vida.

Conforme a la tecnología va avanzando, van apareciendo nuevas soluciones, nuevas formas de programación, nuevos lenguajes y un sin fin de herramientas que intentan facilitar el trabajo del desarrollador, el análisis más profundo en cada caso también contribuye al mejoramiento del software para tener éxito en los factores del proyecto.

La programación y el desarrollo del software es uno de los pilares fundamentales de la informática y al cual se dedican muchas horas de esfuerzos en empresas, colegios, academias y universidades. Como resultados de la aplicación del modelo se determinaron como factores más importantes fueron en este orden: Disminuir mortalidad, lograr satisfacción y mejorar calidad de vida en ese orden.

Como trabajos futuros se pretende el desarrollo de una herramienta software como soporte al modelo. Adicionalmente se pretende el desarrollo de un modelo multiexperto con un proceso de búsqueda de consenso para aumentar la factibilidad de modelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agoulmine, N., Deen, M.J., Lee, J.S., & Meyyappan, M. (2011). U-health smart home. *IEEE Nanotechnology Magazine*, 5(3), 6-11.
- Ahson, S. A., & Ilyas, M. (2017). *RFID handbook: applications, technology, security, and privacy*. CRC Press.
- Alemdar, H., & Ersoy, C. (2010). Wireless sensor networks for healthcare: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2688-2710.
- Brandes, U., Borgatti, S. P., & Freeman, L. C. (2016). Freeman, Maintaining the duality of closeness and betweenness centrality. *Social Networks*, 44, 153-159.
- Garavand, A., Mohseni, M., Asadi, H., Etemadi, M., Moradi-Joo, M., & Moosavi, A. (2016). Factors influencing the adoption of health information technologies: a systematic review. *Electronic physician*, 8(8), 2713-2718.
- Iakovidis, D. K., & Papageorgiou, E. (2011). Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 15(1), 100-107.
- Kosko, B. (1997). *Fuzzy engineering*. Prentice-Hall, Inc.
- Kosko, B. (1988). Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2(4), 377-393.
- Lee, J. S., Su, Y. W., & Shen, C. C. (2007). A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. (Ponencia). 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Taipei, Taiwan.
- Leyva Vázquez, M., Rosado Rosello, R., & Febles, A. (2012). Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos. *Ciencias de la Información*, 43(2), 41-46.
- Leyva-Vázquez, M., Pérez-Teruel, K., Febles-Estrada, A., & Gulín-González, J. (2013). Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico. *Ingeniería y Universidad*, 17(2), 373-390.
- Páez, D. G., Aparicio, F., Buenaga, M., & Ascanio, J. R. (2014). Big data and IoT for chronic patients monitoring. *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*. Springer.
- Papageorgiou, E., Stylios, C., & Groumpos, P. (2006). Introducing Interval Analysis in Fuzzy Cognitive Map Framework Advances. En, G. Antoniou, et al. (Editors), *Artificial Intelligence*. (pp. 571-575). Springer.
- Salmeron, J. L. (2010). Modelling grey uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7581-7588.
- Salmeron, J.L., Vidal, R., & Mena, A. (2012). Ranking fuzzy cognitive map based scenarios with TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2443-2450.
- Zhi-Qiang, L. (2001). Causation, bayesian networks, and cognitive maps. *Acta Automatica Sinica*, 27(4), 552-566.