

SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN COMO DE APOYO AL DIAGNÓSTICO MÉDICO BASADO EN MAPA COGNITIVO DIFUSO

SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF INFORMATION AS A SUPPORT FOR MEDICAL DIAGNOSIS BASED ON DIFFUSE COGNITIVE MAP

Omar Mar Cornelio ^{1*}

¹ Doctor en Ciencias Técnicas. Investigador Auxiliar, Profesor Titular. Docente del Centro de Estudio de Matemática Computacional de la Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0689-6341>. Correo: omarmar@uci.cu

Lorainy Arias Santos ²

² Ingeniera en Ciencias Informáticas. Profesor Instructor. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba. Correo: lsantos@uci.cu

Barbara Bron Fonseca ³

³ Ingeniera en Ciencias Informáticas. Máster en Gestión de Proyectos Informáticos. Profesor Asistente. Investigadora en el Centro de Estudio de Matemática Computacional de la Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9463-8408>. Correo: barbara.bron.fonseca@gmail.com

Kimandy Díaz Hernández⁴

⁴ Ingeniero en Ciencias Informáticas. Profesor Instructor. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba. Correo: kimandy@uci.cu

* Autor para correspondencia: omarmar@uci.cu

Resumen

Los escenarios de convivencia de las diversas poblaciones son muy complejos, lo que contribuye con la propagación de enfermedades. Diagnosticar tempranamente enfermedades infecciosas representa una tarea fundamental para disminuir su propagación y evitar epidemias. En este contexto los autores desarrollaron un sistema para la gestión de información como de apoyo al diagnóstico médico basado en Mapa Cognitivo Difusos. El proyecto se realizó como parte de la línea de investigación de informática médica. Se implementó

un sistema informático en el lenguaje de programación PHP v7.4.19 para el lado del servidor, y JavaScript y CSS del lado del Cliente. El marco de trabajo fue Symfony v4.28.1 y el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) fue Visual Studio Code v1.62.2. Se generaron los artefactos ingenieriles necesarios para dar soporte a la herramienta y hacer futuras actualizaciones. El sistema diseñado constituye una herramienta viable de apoyo a la toma de decisiones en el diagnóstico médico, que permite obtener criterios evaluativos a partir de la modelación de las relaciones causales, esto lo hace extensible a otros tipos de situaciones de emergencia sanitaria. El núcleo fundamental del sistema implementado se basa en la obtención del conjunto de criterios de evaluación para el diagnóstico médico.

Palabras clave: Diagnóstico médico; gestión de información; Mapa Cognitivo Difuso.

Abstract

The coexistence scenarios of the various populations are very complex, which contributes to the spread of diseases. Early diagnosis of infectious diseases represents a fundamental task to reduce their spread and avoid epidemics. In this context, the authors developed a system for managing information to support medical diagnosis based on the Diffuse Cognitive Map. The project was carried out as part of the medical informatics research line. A computer system was implemented in the PHP v7.4.19 programming language for the server side, and JavaScript and CSS for the Client side. The framework was Symfony v4.28.1 and the Integrated Development Environment (IDE) was Visual Studio Code v1.62.2. The necessary engineering artifacts were generated to support the tool and make future updates. The designed system constitutes a viable tool to support decision-making in medical diagnosis, which allows obtaining evaluative criteria from the modeling of causal relationships, this makes it extensible to other types of health emergency situations. The fundamental nucleus of the implemented system is based on obtaining the set of evaluation criteria for medical diagnosis.

Keywords: Medical diagnostic; information management; Diffuse Cognitive Map.

Fecha de recibido: 02/12/2022

Fecha de aceptado: 01/02/2023

Fecha de publicado: 05/02/2023

Introducción

Los modelos causales son herramientas que se han desarrollado con el fin de simplificar los sistemas complejos facilitando la comprensión de estos. La causalidad ha jugado un papel importante en la cognición humana, esto se debe a que en gran medida los seres humanos no solamente sacan inferencias de las regularidades observadas, sino que también comparten sus observaciones, inferencias e interpretaciones para acumularlos con el tiempo y poder transmitirlo (Quiroz Martínez et al., 2020), constituyendo sistemas de variables cuya organización, distribución y relación se establece previamente a partir de una serie de hipótesis donde pueden encajar multitud de variables, cuya combinación en bloques relacionados según un esquema

teórico previo, contribuye a esclarecer las relaciones de dependencia causal que puedan existir (Rodríguez, 2021; Rodríguez et al., 2021).

El razonamiento causal está relacionado con las habilidades de inferencia y predicción, por lo que este tipo de razonamiento es a su vez resultado de circunstancias como eventos, fallos en un sistema o tarea, o la necesidad de predecirlos o evitarlos. En este sentido, las atribuciones merecen un papel fundamental pues es la dependencia del comportamiento de una entidad dado otro comportamiento (Álava et al., 2022), constituyendo una habilidad de dominio general que se va enriqueciendo con el refinamiento de habilidades metacognitivas que permiten desligar el razonamiento del contexto inmediato (Marcillo, 2022), siendo útil para la toma de decisiones bajo incertidumbre en las cuales pueden ser utilizados para realizar razonamiento evidencial (Sánchez & Barrezueta, 2022).

Para considerar la causalidad desde un punto de vista computacional, se requiere la obtención de modelos causales imprecisos que tomen en consideración la incertidumbre (Vera-Mora et al., 2018). Una alternativa para los modelados causales son los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) (Quiroz Martínez et al., 2020), los cuales proveen esquemas más realistas para la representación del conocimiento brindando la posibilidad de representar ciclos y modelar la vaguedad (Leyva-Vázquez et al., 2018). Los MCD tienen diversas aplicaciones en diferentes áreas, entre las cuales se destacan la medicina, el sector automotriz y la administración. La aplicación de los MCD ha demostrado su efectividad como herramienta de control y toma de decisiones (Mar Cornelio, Santana Ching, et al., 2020).

La representación de conceptos en forma de mapa permite sintetizar la información seleccionando los principales conceptos que están vinculados en el problema. Además, con esta técnica es posible estudiar la dinámica que hace posible pasar de un estado a otro en la situación que se analiza (Infante-Moro et al., 2021).

En el contexto de la toma de decisiones en general, y en específico en la ayuda a la toma de decisiones utilizando MCD, existen dos propiedades fundamentales que deben cumplir los modelos (Cevallos-Torres et al., 2020):

- Aplicabilidad: determinada por su uso fácil, flexible y adaptable, es decir que sea práctica.
- Fiabilidad: relacionada con las preferencias de la persona que toma las decisiones, y tener como respuesta un resultado cercano a las que darían los expertos.

A pesar de la amplia utilización de los MCD en la toma de decisiones existen deficiencias en estas dos propiedades. Los trabajos en el área de los modelos de ayuda a la toma de decisiones basados en MCD se han centrado fundamentalmente en dominios específicos (Veintimilla Loor, 2016).

Las herramientas informáticas que brindan soporte a la toma de decisiones requieren, entre otras funcionalidades, del modelado de las preferencias, de la especificación de alternativas y criterios, y del ordenamiento de las soluciones. Las herramientas existentes basadas en MCD parcial o totalmente de estas funcionalidades (Guzmán et al., 2022). Estas herramientas son un reflejo de los modelos existentes que no abarcan todo el proceso de toma de decisiones ni incluyen actividades para determinar preferencias de los decisores limitando su aplicabilidad. Las arquitecturas de MCD para la toma de decisiones resultan poco flexibles obligando a modelar las alternativas de modo excluyente junto a los criterios.

Una actividad significativa en la toma de decisiones lo constituye la construcción de modelos que faciliten la participación de los expertos y especialmente la agregación de modelos causales. Las características de los MCD facilitan la construcción de modelos colectivos. Los operadores de agregación empleados son la media y la media ponderada. Estos operadores presentan limitantes en cuanto al manejo de valores atípicos y la presencia de errores en las relaciones causales provocando falta de fiabilidad en el modelo final. Las características de estos operadores provocan además que generalmente la densidad del modelo agregado se eleve significativamente con respecto a los modelos individuales, limitando la aplicabilidad a problemas de decisión (Leyva Vázquez & Febles Estrada, 2013).

El análisis estático permite fundamentalmente la reducción del MCD o la selección de los conceptos en los cuales intervenir. Las propuestas existentes se basan en el análisis a partir de una sola medida de centralidad (centralidad de grado) o la prescripción de un número reducido de estas a pesar de existir un grupo amplio de medidas. Este hecho afecta la fiabilidad debido a que la determinación de los nodos más importantes del modelo es un problema multicriterio, por lo que limitando el número de criterios se puede llevar a una decisión errónea.

En la toma de decisiones el análisis de escenarios es ampliamente empleado para la selección de alternativas, en especial en ambientes de incertidumbre. Los MCD permiten tener en cuenta en el análisis de escenarios la interacción entre los distintos factores, su dinámica en el tiempo, la obtención de conocimiento de los expertos del dominio, y el manejo de la incertidumbre (Cornelio et al., 2017). A pesar de que los MCD han sido utilizados para el análisis de escenarios, las metodologías y herramientas que permiten un análisis fiable y práctico son insuficientes (Cornelio & Fonseca, 2022; Fonseca & Cornelio, 2022). Entre las principales limitaciones se encuentra el análisis fundamentalmente cualitativo de los resultados de la simulación lo que limita su fiabilidad. No se posibilita un modelado adecuado de las preferencias de los decisores ni expresar el nivel de compensación entre los criterios (Veintimilla Loor, 2016).

En entrevistas con expertos se ha identificado la necesidad de un sistema de apoyo al diagnóstico médico, ya que en los modelos actuales se emplean métodos teóricos y empíricos al no contar con un sistema que facilite los procesos que se manejan en el desarrollo del tema, lo cual presenta varias limitaciones:

- El procesamiento de la información es tardío para el posterior análisis de las mismas.
- Inconsistencia en los datos de las poblaciones.
- Se dificulta el diagnóstico de enfermedades en etapas tempranas.

Debido a las limitaciones encontradas las cuales impiden consultar dicha información de forma rápida y segura, la inferencia del posible diagnóstico médico y una comparación de los diagnósticos con casos previamente analizados se propone desarrollar un sitio web que permita el apoyo al diagnóstico médico donde la interfaz con el usuario es de gran importancia, y las recomendaciones deben estar fundamentadas para lograr una retroalimentación asertiva al usuario.

El empleo del uso manual de la información requerida en los centros de atención trae consigo la necesidad de una cantidad más elevada de especialistas con tiempo disponible y mayor capacitación. A partir de la materialización en la práctica de la idea referida se han desarrollado sistemas que permiten el control y gestión en diferentes áreas; esto hace posible obtener nuevas experiencias.

Teniendo un sistema de gestión y control que sea acorde a dichas necesidades y además sea eficiente, se reducen los tiempos de procesamiento de información y análisis, de igual forma un sistema de gestión al tener la capacidad de recibir y procesar la información que se maneja en dicha área da la confianza y seguridad que siempre esté disponible el servicio para el cual ha sido creado; en este caso al tener un sistema que permite la gestión de procesos en el centro, se obtendrán algunos beneficios como lo son:

- Acceso a la información de forma rápida y segura.
- Inferencia del posible diagnóstico médico.
- Comparación de los diagnósticos con casos previamente analizados.
- Seguridad y control en la toma de decisiones referente al diagnóstico.

A partir de la situación planteada con anterioridad surge el siguiente problema de investigación: ¿Cómo gestionar el flujo de información relacionado con el sistema de apoyo al diagnóstico médico? Para dar solución al problema de investigación planteado se define como objetivo general desarrollar un sistema para la gestión de información como apoyo al diagnóstico médico basado en Mapa Cognitivo Difusos.

Materiales y métodos

Para el cumplimiento del objetivo general planteado se utilizarán los siguientes métodos de investigación:

Métodos teóricos:

- Analítico-Sintético: es utilizado para el estudio de los métodos de decisión e inferencia como soporte al diagnóstico médico y posteriormente para la extracción de los elementos esenciales que permita la fundamentación de la investigación.
- Inducción y deducción: es utilizado para la deducción de criterios a partir del estudio de la literatura científica y la consulta a experto sobre los principales criterios que sustentan la propuesta de sistema de apoyo a la toma de decisiones para el diagnóstico.
- Hipotético-deductivo: es utilizado para la formulación de las principales correlaciones existente en las relaciones causales de los criterios de decisión.

Métodos empíricos:

- Entrevista semiestructurada: tiene la intención de recoger información que garantiza la inclusión de contenidos no prescritos y así determinar el conocimiento de los expertos sobre los principales indicadores para la toma de decisiones en el diagnóstico médico.

Herramientas y tecnologías empleadas

Como lenguaje de modelado, se empleó *Unified Modeling Language* (UML). Es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un producto de software que responde a un enfoque orientado a objetos. El objetivo principal de UML es estandarizar el modelado de sistemas software. Proporciona vocabulario y reglas para combinar y construir representaciones, modelos conceptuales y físicos del sistema. Para el análisis y diseño del sistema propuesto se empleó la herramienta CASE *Visual Paradigm for UML*.

Como lenguaje de programación para el lado del Servidor se empleó PHP v7.4.19. Es un lenguaje script que corre del lado del servidor en la Arquitectura Cliente – Servidor. Como lenguaje de programación para el lado

del Cliente se utilizó JavaScript, que es un lenguaje imperativo, basado en prototipos y orientados a objetos. Por lo general se emplea del lado del cliente, aunque también hay formas de este lenguaje del lado de servidor. Como marco de trabajo se utilizó *Symfony v4.28.1*. *Symfony* es un *framework* diseñado para optimizar el desarrollo de las aplicaciones web. Este separa la lógica de negocio, la lógica de servidor y la presentación de la aplicación web. Proporciona varias herramientas y clases encaminadas a reducir el tiempo de desarrollo de una aplicación web compleja. Además, automatiza las tareas más comunes, permitiendo al desarrollador dedicarse por completo a los aspectos específicos de cada aplicación.

El Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) utilizado fue Visual Studio Code v1.62.2 Es un editor de código fuente, gratuito y de código abierto, desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y MacOS. Incluye soporte para la depuración, finalización inteligente y refactorización de código. Viene con soporte integrado para JavaScript y Node.js y tiene un rico ecosistema de extensiones para otros lenguajes y tiempos de ejecución. Como Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) se empleó MySQL v5.7.33; y el Servidor web Apache v2.4.47.

Modelos causales

La causalidad es un tipo de relación entre dos entidades, causa y efecto. Es un proceso directo cuando A causa B y B es el efecto directo de A, o indirecto cuando A causa C a través de B y C es un efecto indirecto de A (C. Puente Águeda, 2010). A pesar de la dificultad de desarrollar una definición de la causalidad los humanos poseen una comprensión de esta que permite elaborar modelos mentales de la interacción entre los fenómenos existentes a su alrededor (Ross, 2013).

En este trabajo se toma la definición sistémica de causalidad. Definida como: las interacciones que involucran un conjunto de elementos (las entradas o causas) afectando el estado futuro de otros (las salidas o efectos)(Ross, 2013).

Cada modelo causal se puede representar por un grafo dirigido $G(M)$, denominado grafo causal. Existen diferentes tipos de causalidad que pueden ser expresados de forma gráfica (Figura 1).

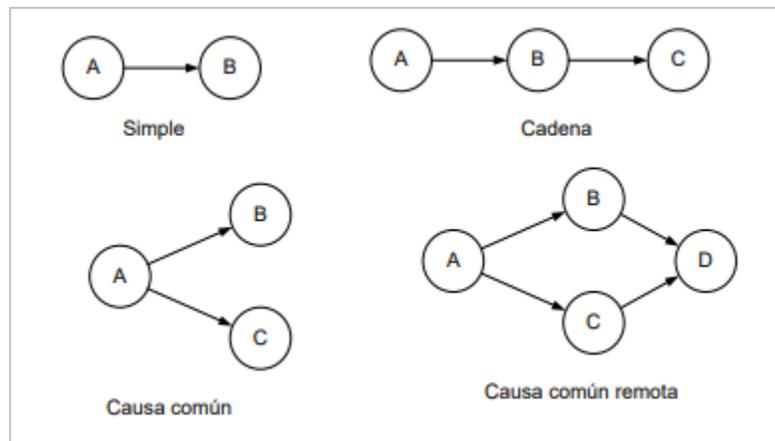


Figura 1. Ejemplos de grafos causales.

Mapas Cognitivos Difusos (MCD)

El método de los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) fue desarrollado por B. Kosko en la década de los 80, siendo una evolución de los Mapas Cognitivos de Axelrod y estando sustentado en la teoría de la Lógica Difusa y la teoría de la Causalidad. La causalidad es la relación que se establece entre una causa y su efecto, la relación causa-efecto. Un principio clásico de la filosofía y la ciencia, que afirma que todo hecho tiene una causa, y un principio fundamental en el ámbito de la investigación, que permite prevenir, controlar y dominar un hecho o una situación si conocemos su causa. Se puede hablar de esta relación en cualquier ámbito, entre los que se encuentran: acontecimientos, procesos, producción y/o fenómenos (Mar et al., 2019).

La Lógica Difusa es un método que proporciona una conclusión clara a partir de una información imprecisa o ambigua, es decir, es el método que permite tomar una decisión a un individuo de forma más convincente desde una información que percibe o recibe de manera no clara (Pulido et al., 2013). Sería una lógica multivaluada que permite valores intermedios (variables difusas) para poder tomar decisiones entre sí/no, verdadero/falso, negro/blanco, caliente/frío..., entre otros.

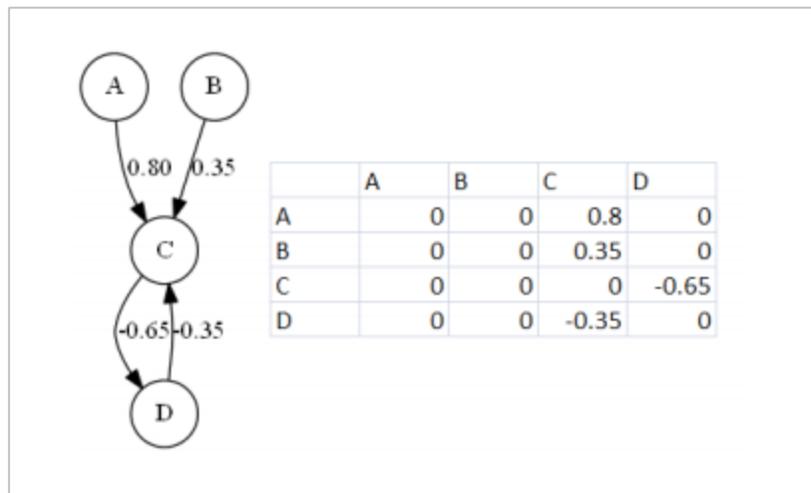


Figura 2. Mapa Cognitivo Difuso y su correspondiente matriz de adyacencia.

Resultados y discusión

El análisis y diseño del sistema es fundamental para un desarrollo exitoso del mismo, en este se desarrollan, revisan y documentan los requisitos del producto y los detalles procedimentales de su implementación. En esta investigación fueron generados los artefactos ingenieriles necesarios para describir la propuesta de solución para el problema de la investigación, modelando el mapa de procesos del negocio e identificando los requisitos funcionales del sistema con los que se trazó la línea base de la arquitectura del sistema en cuestión.

Definición de los conceptos del modelo del dominio

La siguiente tabla muestra la definición de las entidades que interactúan y los conceptos principales que se emplean en el problema que se analiza.

Tabla 1: Descripción de las entidades que interactúan.

Entidad	Descripción
Dmed	Diagnóstico médico
Usuario	Persona que trabaja en el sistema.
Pac	Paciente que desea acceder al sistema y ver el informe de resultado o diagnóstico.
Médico	Persona capacitada para acceder al sistema y realizar una valoración y diagnóstico del paciente.
Experto	Persona capacitada para gestionar los diferentes criterios que puede manejar el sistema, determinar las relaciones entre estos y obtener el FCM.
Realizar Valoración del Paciente	Proceso para analizar el estado de salud de la persona, constituye la base para decisiones posteriores.
Diagnosticar Paciente	Proceso para identificar una enfermedad o el estado del paciente que permiten definir su cuadro clínico.
Gestionar criterio	Proceso para identificar el conjunto de criterios que son utilizados en el chequeo físico del paciente para el diagnóstico médico.
Determinar relaciones entre Criterios	Proceso para la obtención de las relaciones causales sobre los criterios identificados.
Obtener el FCM del sistema	Proceso para representar el conocimiento causal extraído de los expertos sobre los criterios evaluativos.

A partir de las técnicas de recopilación de información, y las encuestas a expertos y *stakeholders*, se identificaron los siguientes requisitos funcionales, los cuales fueron implementados en el sistema:

Tabla 2. Requisitos funcionales del sistema.

Requisito Funcional	Descripción
Gestionar Usuario (Adicionar, Eliminar, Modificar y Buscar los datos de un usuario)	El sistema debe permitir adicionar y modificar los datos de un usuario mediante una interfaz en la cual el especialista insertará los datos. El sistema valida los datos entrados, y si todo es correcto crea el usuario, sino devuelve las excepciones en la respuesta. Asimismo deberá permitir Eliminar el usuario creado, para esto el sistema verifica en la base de datos la existencia del usuario a eliminar enviado por parámetros, si la verificación es satisfactoria elimina el usuario de la base de datos del servidor, sino devuelve las excepciones en la respuesta.
Gestionar experto (Adicionar, Eliminar, Modificar y Buscar los datos de un experto en el sistema)	El sistema debe permitir adicionar un experto mediante una interfaz en la cual el especialista insertará los datos. El sistema valida los datos entrados, y si todo es correcto crea el experto, sino devuelve las excepciones en la respuesta.
Gestionar criterio (Adicionar, Eliminar, Modificar y Buscar los criterios en el sistema)	El sistema debe permitir adicionar un criterio mediante una interfaz en la cual el especialista insertará los datos. El sistema valida los datos entrados, y si todo es correcto crea el criterio para el diagnóstico; sino devuelve las excepciones en la respuesta.
Determinar Relaciones entre criterios	Se registra todo lo referente a lo expresado con la relación de los criterios, para lo cual se toma la escala definida. Las acciones que se podrán ejecutar son: evaluar un criterio, listar y modificar en caso de que el mismo ya tuviera valores. Estas acciones sólo se verán reflejadas en la BD cuando se guarde el formulario. Para que se ejecute el caso de uso, el experto debe de estar previamente autenticado en el sistema. Además, debe de haber registrada en el sistema al menos dos criterios para poder establecer la relación entre ellos.
Adicionar relación entre criterios para la matriz de adyacencia asociada	Se relacionan la información necesaria sobre los criterios así como las valoraciones emitidas por los pacientes para generar la matriz de adyacencia asociada

Obtener el mapa FCM del Sistema	El sistema genera el MCD resultante del proceso de inferencia.
Diagnosticar paciente	Se emite un diagnóstico basado en las preferencias causales que nutren el modelo.
Valorar criterio	El paciente emite una valoración a cada criterio en una escala predefinida, según el comportamiento que manifiesta.

Una vez especificados los requisitos funcionales se desarrolló el diagrama de casos de uso del sistema, que se muestra en la Figura 1. Los actores que interactúan con el sistema son:

- Admin: Encargado de administrar los usuarios que puedan acceder al sistema.
- Experto: Encargado de establecer en el sistema una correlación entre los indicadores propuestos.
- Médico: Profesional encargado de atender, registrar y diagnosticar al paciente.
- Paciente: Persona que desea acceder al sistema y ver el informe del diagnóstico.

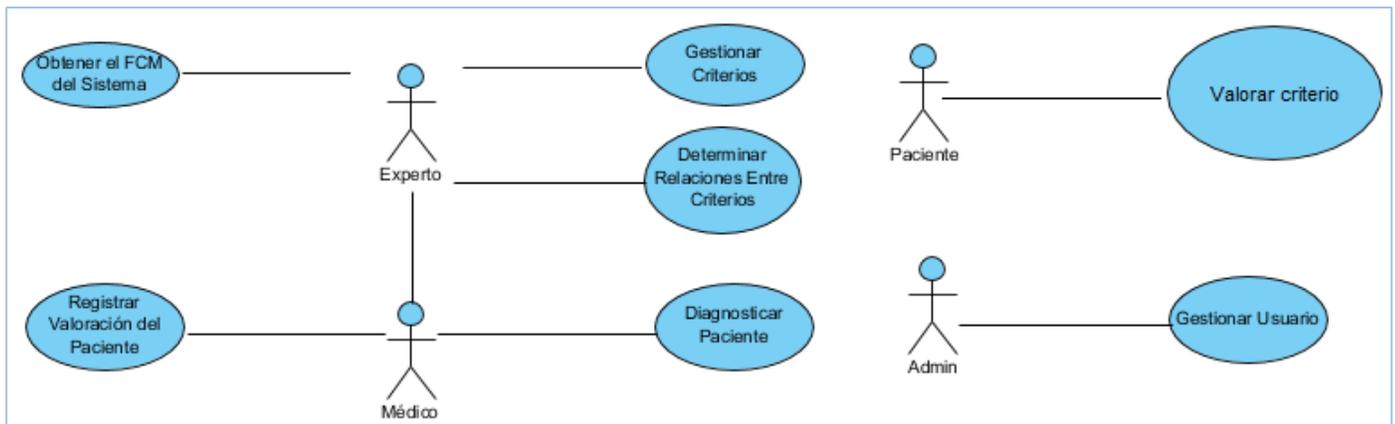


Figura 1. Diagrama de casos del uso del sistema.

Patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC)

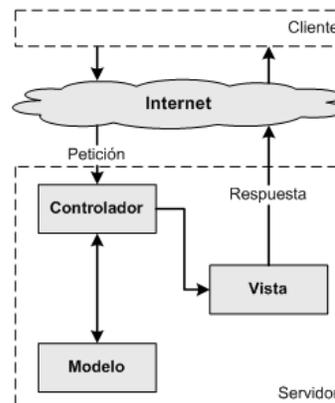


Figura 2. Patrón arquitectónico.

El sistema se desarrolló en *Symfony*, lo que implica que se utilice el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador (MVC). *Symfony* está basado en un patrón clásico del diseño web conocido como arquitectura MVC, que está formado por tres niveles:

- El Modelo que contiene una representación de los datos que maneja el sistema, su lógica de negocio, y sus mecanismos de persistencia.
- La Vista, llamada interfaz de usuario, se compone de la información que es enviada al cliente y los mecanismos que permiten la interacción con éste.
- El Controlador que actúa como intermediario entre las capas de Modelo y Vista, administrando el flujo de información entre ellas y las transformaciones para adaptar los datos a las necesidades de cada una.

Modelo de base de datos

Se desarrolló el Diagrama Entidad-Relación (DER) que se representa a través de las definiciones de todas las entidades, primero con sus respectivos atributos, y posteriormente se definen las relaciones entre entidades. Se indexan solamente las entidades con un subíndice que indique si el usuario de esa entidad quiere conocer sus atributos o las relaciones con otras entidades, constituyendo así una herramienta para el modelado de datos que permite representar las entidades relevantes de un sistema de información (Hernández González et al., 2019).

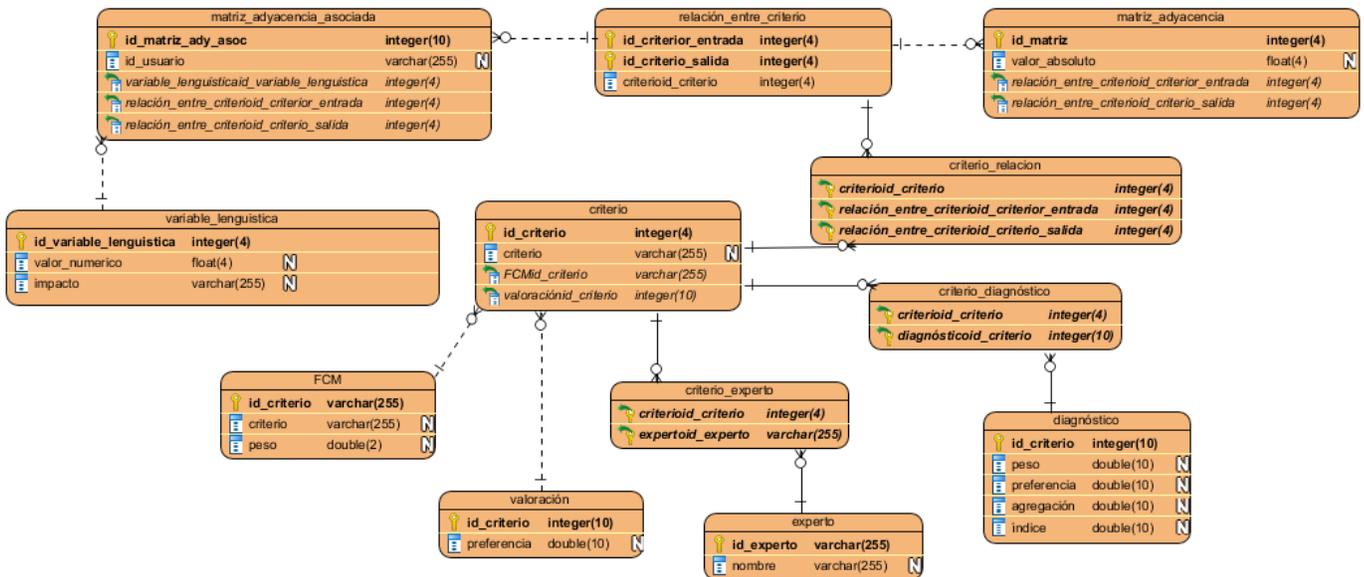


Figura 3: Diagrama de Entidad Relación.

Modelo de implementación

Un diagrama de componentes permite visualizar con más facilidad la estructura general del sistema y el comportamiento del servicio que estos componentes proporcionan y utilizan a través de las interfaces. Representa como cada subsistema es dividido en componentes y muestra las dependencias entre ellos (Mar

Cornelio, Bron Fonseca, et al., 2020). En la figura 4 se muestra el diagrama de componentes del sistema implementado.

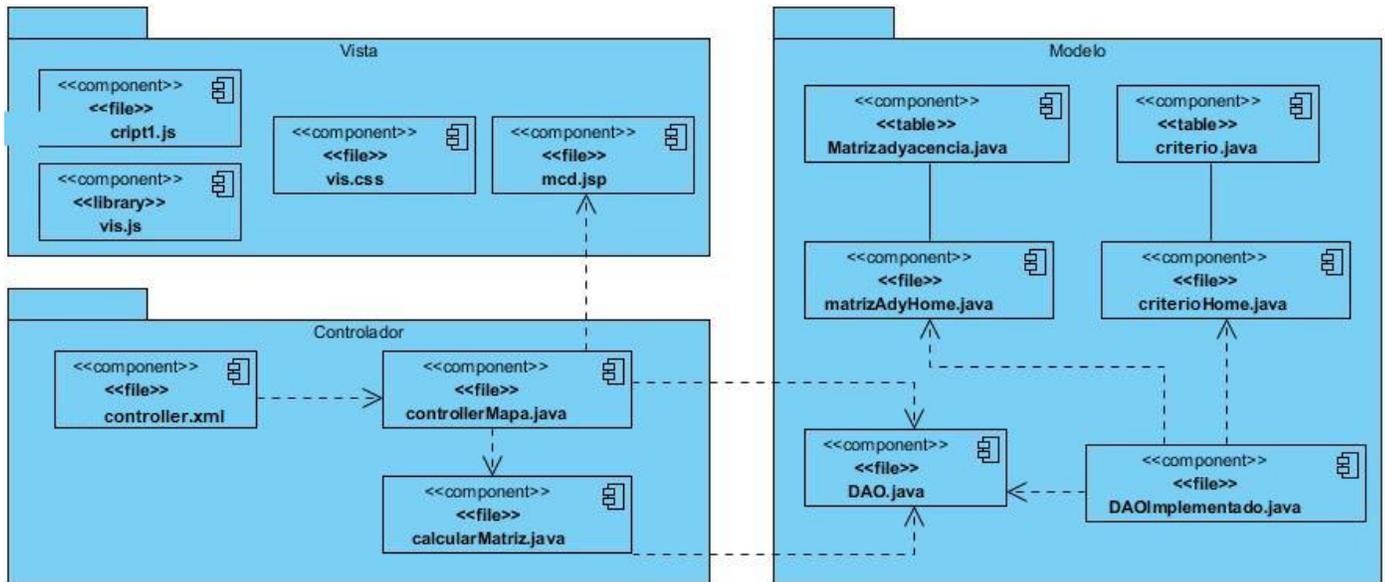


Figura 4: Diagrama de componentes.

Pruebas de software

Las pruebas de software tienen como objetivo identificar aquellos defectos que pueda tener el software y una vez corregidos elevar el nivel de calidad de los sistemas. Las pruebas son un conjunto de actividades dentro del desarrollo de la aplicación, pudiendo ser implementadas en cualquier momento de dicho proceso del software (Mar & Gulín, 2018). En esta investigación se realizaron pruebas de software para demostrar que el sistema cumple con todos los requerimientos necesarios; además de descubrir imperfecciones del mismo para posterior corrección y despliegue. En la Tabla 3 se muestra la estrategia de pruebas aplicada al sistema.

Tabla 3: Estrategia de pruebas para el sistema informático de diagnóstico médico.

Nivel de prueba	Tipo	Método	Herramienta
Unidad	Funcional	Caja blanca	PHPUnit
Sistema	Funcional	Caja negra	Casos de prueba
	Carga		Apache JMeter
	Seguridad		Owasp-Zap
	Rendimiento		Apache JMeter
	Usabilidad		Lista de chequeo
Aceptación	Beta	Caja negra	

Las pruebas se efectuaron en tres iteraciones, en la primera se detectaron un total de 17 no conformidades; clasificadas como 8 de validación, 7 de funcionalidad, y 2 de interfaz. Antes de llevar a cabo la segunda iteración se corrigieron los errores encontrados en la primera; obteniéndose 5 no conformidades de validación. Luego se ejecutó una tercera iteración obteniéndose resultados satisfactorios (cero no conformidades).

Conclusiones

Diagnosticar tempranamente enfermedades infecciosas representa una tarea fundamental para disminuir su propagación y evitar epidemias. Como resultado de la investigación realizada se implementó un sistema para la gestión de información como apoyo al diagnóstico médico basado en Mapa Cognitivo Difuso (MCD). El sistema resultante tiene un alto impacto para el diagnóstico médico. Funciona a través de un Mapa Cognitivo Difuso para modelar las relaciones causales que representan la base de la inferencia. Se utilizaron técnicas de inteligencia artificial como base al diagnóstico médico. Los resultados tienen gran importancia ya que los escenarios de convivencia de las diversas poblaciones son muy complejos, lo que contribuye con la propagación de enfermedades.

Los MCD son una técnica basada en el conocimiento que permite el razonamiento causal y la simulación de complejos sistemas dinámicos. La representación y análisis del conocimiento causal constituyen aspectos importantes para la toma de decisiones, y los MCD resultan útiles para su representación desde el punto de vista computacional. En la literatura existen múltiples aplicaciones de los MCD a la toma de decisiones. Sin embargo, los modelos y herramientas informáticas actuales presentan carencias fundamentalmente en los procesos de agregación de conocimiento y en el análisis estático y dinámico, limitando su aplicabilidad y fiabilidad.

Referencias

- Álava, W. L. S., Rodríguez, A. R., Ávila, X. L. A., & Cornelio, O. M. (2022). Redes inalámbricas, su incidencia en la privacidad de la información. *Journal TechInnovation*, 1(2), 104-109. <https://revistas.unesum.edu.ec/JTI/index.php/JTI/article/view/25>
- C. Puente Águeda, e. a. (2010). "Estudio de las relaciones causales: de un marco teórico a una aplicación práctica,".
- Cevallos-Torres, L. J., Tamayo, E. P. R., Vásquez, C. A. V., & Moreira, J. I. S. J. R. T.-E. (2020). Análisis de la Gestión de Movilidad Vehicular Urbana utilizando Mapas Cognitivos Difusos. 32(1), 8-8.
- Cornelio, O. M., Díaz, P. M. P., & Fonseca, B. B. (2017). Estrategia metodológica para disminuir el impacto medioambiental de la tecnología obsoleta. *REFCalE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 5(2), 99-118. <https://observatorioturisticobahia.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/106>
- Cornelio, O. M., & Fonseca, B. B. (2022). Sistemas de recomendación para la Gestión de Proyectos. Análisis Bibliométrico. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 15(5), 70-84. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590705>
- Fonseca, B. B., & Cornelio, O. M. (2022). Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 6(1), 149-164. <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/download/289/554>

- Guzmán, R. S. H., De La Rosa, C. G. B., Barrezueta, L. D. R., & Sánchez, P. M. M. (2022). Fundamentos de la auditoría: Una aproximación del estado del arte. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 15(12), 245-266. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1282>
- Hernández González, B., Ramírez Ramírez, T., & Mar Cornelio, O. (2019). Sistema para la auditoría y control de los activos fijos tangibles. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 128-134. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000100128&script=sci_arttext&lng=en
- Infante-Moro, A., Gallardo-Pérez, J., & Infante-Moro, J. (2021). Los mapas cognitivos difusos y su aplicación en la investigación de las ciencias sociales: estudio de sus principales problemáticas.
- Leyva-Vázquez, M., Escobar-Jara, R., & Smarandache, F. (2018). *Modelos mentales y mapas cognitivos neutrosóficos Mental models and neutrosophic cognitive maps*. Infinite Study.
- Leyva Vázquez, M. Y., & Febles Estrada, A. (2013). MODELO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES BASADO EN MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS.
- Mar Cornelio, O., Bron Fonseca, B., & Gulín González, J. J. R. C. d. I. M. (2020). Sistema de Laboratorios Remoto para el estudio de la Microbiología y Parasitología Médica. 12(2).
- Mar Cornelio, O., Santana Ching, I., & Gulín González, J. (2020). Operador por selección para la agregación de información en Mapa Cognitivo Difuso. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 14(1), 20-39. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2227-18992020000100020
- Mar, O., & Gulín, J. (2018). Model for the evaluation of professional skills in a remote laboratory system. *Revista científica*, 3(33), 332-343.
- Mar, O., Santana, I., & Gulín, J. (2019). Algorithm to determine and eliminate neutral nodes in Cognitive Neutrosophic Map. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, 8, 4-11.
- Marcillo, P. M. (2022). Análisis del desarrollo de software con metodología ágil y la capacidad de la sostenibilidad implementada Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/id/eprint/71758>
- Pulido, M. E., Hernández, A. A., & Robledo, J. C. (2013). Sistema de inferencia difuso para la inflación en Colombia. *Ensayos sobre política económica*, 31(71), 73-84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120448313700125>
- Quiroz Martínez, M. Á., Mora Mora, J., Medina Gruezo, J., & Leyva Vázquez, M. Y. J. R. U. y. S. (2020). Modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos: análisis de los factores críticos de éxito en el desarrollo de chatbots. 12(4), 64-72.
- Rodríguez, A. (2021). Estrategia didáctica para el Proceso Enseñanza-Aprendizaje contextualizado de matemáticas discretas en Tecnologías de la Información. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(1), 69-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590397>
- Rodríguez, A., Castro, V. F. R., Gonzalez, A. D. C. R., Baque, N. A. C., & Tarragó, J. C. P. (2021). Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(7), 136-155. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590663>
- Ross, J. (2013). "Assessing Understanding of Complex Causal Networks Using an Interactive Game,".
- Sánchez, P. M. M., & Barrezueta, L. D. R. (2022). Análisis de la información generada para mantener la escalabilidad y persistencia del proceso de desarrollo de software. *Serie Científica de la Universidad*

de las Ciencias Informáticas, 15(8), 193-227.

<https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1137>

Veintimilla Loor, J. H. (2016). *Modelo para el Análisis de Escenarios en Tráfico Vehicular Mediante Mapas Cognitivos Difusos* Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas ...].

Vera-Mora, G., Leyva-Vásquez, M., León-Acurio, J., & Botto-Tobar, M. J. R. E. (2018). Mapas cognitivos borrosos para el análisis de modelos mentales. 39(15).