



## Fundamentación de sistema experto para diferenciar el estado de gravedad de pacientes con accidentes cerebrovasculares

Kirian García Rivera<sup>1</sup>

José Álvaro Herrera Fresneda<sup>2</sup>

Zoila Esther Morales Tabares<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba, kirianrivera96@gmail.com

<sup>2</sup> Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, La Habana, Cuba, ah583180@gmail.com

<sup>3</sup> Escuela de Ingeniería y Tecnología, Universidad Abierta para Adultos, Santiago de los Caballeros, República Dominicana, zoilamora-les@uapa.edu.do

### **Resumen:**

**Introducción:** En la actualidad los accidentes cerebrovasculares representan un desafío para la medicina intensivista, debido a que se deben rediseñar protocolos de actuación a través de la identificación de factores de riesgos para disminuir la morbilidad y mortalidad. Por tal motivo, el empleo de la tecnología es crucial en el diagnóstico y en el manejo de los pacientes con accidentes cerebrovasculares, sin embargo, a nivel mundial no se identifican sistemas informáticos que permiten diferenciar el estado de gravedad de los pacientes cuando hay presencia de esta enfermedad.

**Objetivo:** Fundamentar el desarrollo de un sistema experto basado en reglas con encadenamiento hacia adelante para dispositivos móviles con una versión de Android mayor a 5.0.

**Métodos:** La fundamentación de la propuesta se sustenta en la utilización de la Escala de coma de Glasgow y en la metodología de desarrollo de software *Weiss y Kulikowski*, la cual abarca desde el planteamiento del problema hasta el mantenimiento y soporte del sistema.

**Resultados:** Se explicó la forma de representación del conocimiento según la metodología seleccionada. También, se presentó un ejemplo de la descripción de una regla para el diagnóstico con el sistema.

**Conclusiones:** Se presentan algunos prototipos de interfaz de usuario, diseñados mediante el paradigma de los sistemas basados en reglas.

**Palabras clave:** Accidentes cerebrovasculares, factores de riesgo, unidades de cuidados intensivos, estado de gravedad, sistema experto

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las causas principales de defunción en el mundo, se atribuyen a tres grandes cuestiones: las enfermedades cardiovasculares, las enfermedades respiratorias y las afecciones neonatales. Las causas de defunción pueden agruparse en tres categorías: enfermedades transmisibles, enfermedades no transmisibles y lesiones.(1)

En los últimos 20 años la Organización Mundial de la Salud (OMS) asegura que las principales causas de muerte son relacionadas con enfermedades no transmisibles; sin embargo, la COVID-19 ha desplazado estos números. Esta enfermedad transmisible que ha causado los mayores decesos a nivel mundial. <sup>(1)</sup>

El accidente cerebrovascular (ACV) y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica son la segunda y tercera causas de defunción. (1) Un ACV ocurre cuando el suministro de sangre a una parte del cerebro se interrumpe repentinamente o cuando un vaso sanguíneo en el cerebro se rompe, derramando sangre en los espacios que rodean a las células cerebrales. El ACV o ictus tiene un gran impacto sobre el individuo, la familia, los sistemas de salud y la sociedad. De ahí, la importancia de identificar los factores de riesgos asociados a la evolución de esta enfermedad.(2)

Por la magnitud y repercusión de los ictus, esta enfermedad ha sido incluida dentro de las prioridades de los programas sanitarios de la OMS y la Organización Panamericana de la Salud. Previsiones para el año 2030 apuntan a un sustancial incremento del número anual de víctimas por este tipo de enfermedad. El gran porcentaje de la carga de morbilidad recaerá en los países en desarrollo. (2)

Existen dos tipos principales de ictus, el más común se denomina ataque cerebral isquémico, el 80 % son de ese tipo; el otro 20 % restante se denomina ataque cerebral hemorrágico. La hipertensión arterial, el hábito de fumar, la diabetes mellitus y las dislipidemias son los factores de riesgo mejor definidos en los ACV. Otros factores de riesgo son: la edad, el sexo, el ataque isquémico transitorio, la fibrilación auricular, la enfermedad arterial coronaria y la enfermedad estenótica de la válvula mitral. (3)

Para diferenciar el ictus por hemorragia intracraneal del infarto cerebral se plantea que la Tomografía Axial Computarizada (TAC) es una técnica precisa, segura y no invasiva. Las Guías Cubanas de práctica clínica de enfermedades cerebrovasculares señalan que en el paciente con ictus se debe realizar la TC craneal lo antes posible, con el objetivo de descartar sangre intracraneal y procesos simuladores. (3)

El empleo de la tecnología ha sido crucial en el diagnóstico de diversas enfermedades (4–7); sin embargo, a nivel internacional y en Cuba no se identifican sistemas informáticos que permiten determinar el estado de gravedad cuando hay presencia de un ACV. Esto implica, que algunos especialistas de las unidades de cuidados intensivos (UCI) tardan en definir en breve tiempo el diagnóstico certero de la gravedad de los pacientes y con ello, la conducta a seguir con cada uno de ellos.

En correspondencia con los planteamientos anteriores se definió como objetivo del trabajo: fundamentar el desarrollo de un sistema experto basado en reglas con encadenamiento hacia adelante para dispositivos móviles con una versión de Android mayor a 5.0, que permita diferenciar el estado de gravedad de pacientes con accidentes cerebrovasculares en las UCI (en lo adelante SEDIGPUCI).

## II. MÉTODO

El objeto de estudio de la investigación lo constituye: el proceso de desarrollo de sistemas de información en organizaciones e instituciones de salud. La investigación fue desarrollada en la Universidad de las Ciencias Informáticas de conjunto con el Hospital General Docente “Abel Santamaría Cuadrado” de

la provincia de Pinar del Río, en el período comprendido desde enero de 2019 hasta noviembre de 2020. En esta, se utilizaron los siguientes métodos científicos.

En el orden teórico se emplearon los métodos:

Inductivo- deductivo: en el análisis de las diferentes bibliografías consultadas de pacientes con accidentes cerebrovasculares, para conocer los principales factores de riesgo presentes en los pacientes, así como los principales signos y/o síntomas que se pueden evaluar a través de la escala de Glasgow.

Sistémico estructural funcional: para el desarrollo de SEDIGPUCI y lograr que los elementos que lo conforman constituyan un todo que funcione de forma armónica.

Modelación: para la realización de los diagramas, donde se refleja la estructura de la estrategia, las relaciones entre las etapas y las acciones que la componen.

Por otra parte, se emplearon métodos empíricos:

Entrevista: para el análisis documental, como medio para el conocimiento cualitativo referente al proceso de diferenciación de la gravedad de los pacientes con accidentes cerebrovasculares en las UCI.

Análisis documental: para la recopilación y valoración del conocimiento ya establecido que conforman el marco teórico. Se consultaron libros, artículos científicos y las Guías Cubanas de práctica clínica de enfermedades cerebrovasculares.

A continuación, se describen los conceptos relevantes para comprender el funcionamiento de SEDIGPUCI.

#### *A. DIFERENCIACIÓN DEL ESTADO DE GRAVEDAD DE PACIENTES EN UCI*

En las UCI, el proceso de clasificación del estado de gravedad de los pacientes con ACV se torna complejo, por la diversidad de factores a tener en cuenta: grupo de edad, comorbilidad, grado de dependencia funcional, escala de incapacidad mental de la Cruz Roja y el motivo de ingreso. En todo este proceso, influye el factor tiempo, debido a que los especialistas tienen que realizar en un máximo de 1 hora exámenes físicos a través de la escala de Glasgow y exámenes complementarios. (8)

#### *B. ESCALA DE COMA DE GLASGOW*

La escala de coma de Glasgow (GCS, por sus siglas en inglés) es una herramienta utilizada para evaluar y calcular el nivel de conciencia de un paciente.(9)

La GCS utiliza un puntaje basado en un sistema de triple criterio:

- Mejor apertura del ojo (máximo, 4 puntos).
- Mejor respuesta verbal (máximo 5 puntos).
- Mejor respuesta motora (máximo 6 puntos).

Estos puntajes se suman para proporcionar un puntaje total entre 3 y 15.

##### **Apertura de los ojos**

La mejor respuesta ocular, que recibirá el máximo puntaje (4 puntos), es la apertura espontánea del ojo (sin ser solicitada). El siguiente nivel es la apertura ocular en respuesta al habla (3 puntos). La apertura ocular en respuesta al estímulo doloroso (2 puntos) implica aplicar un estímulo desagradable, como la presión supraorbital. El puntaje mínimo de 1 indica que no se abrió ningún ojo en respuesta al dolor.

##### **Respuesta verbal**

Evaluar la respuesta verbal y verificar si los pacientes están orientados en tiempo, lugar y persona. Si los pacientes pueden responder a todos los componentes su puntaje es el máximo: 5 puntos. Si están

desorientados, entonces se debe evaluar el alcance de su comunicación verbal (4 puntos). El uso de palabras desorganizadas (3 puntos), se refiere a palabras audibles. También, el paciente puede hacer sonidos (2 puntos). La ausencia de respuesta audible es el puntaje mínimo (1 punto).

### **Respuesta motora**

Si los pacientes son capaces de obedecer las órdenes de una etapa tienen el puntaje máximo (6 puntos). Además, si no son capaces de hacerlo, el paso siguiente es evaluar la respuesta al dolor. La localización del dolor (5 puntos) se refiere a la capacidad de los pacientes para mover su mano hacia el hombro. Por otra parte, la flexión normal y retirada al dolor (4 puntos) es una respuesta que involucra la flexión o la retirada de una extremidad lejos de un estímulo doloroso periférico.

Además, la flexión anormal al dolor (3 puntos) comprende la aducción y rotación interna de los brazos, así como la extensión de las piernas. La extensión al dolor (2 puntos) es una respuesta anormal que consiste en la extensión de los codos y muñecas, generalmente con extensión de las piernas. El puntaje mínimo se asigna cuando no hay respuesta al dolor (1 punto).

## *C. SISTEMAS EXPERTOS*

Los Sistemas Expertos (SE) son considerados un subconjunto de la Inteligencia Artificial. Son sistemas basados en conocimientos que tratan de imitar el conocimiento de un experto y ayudan en el proceso de toma de decisiones en un campo específico. Estos sistemas están formados por tres componentes: la base de conocimiento (BC), la máquina de inferencia y la interfaz.(10)

En la BC se almacena el conocimiento necesario para resolver los problemas del dominio de aplicación y está determinada por la forma de representación del conocimiento. Esta da lugar a diferentes variantes, entre los más empleados en labores de clasificación se encuentran los Sistemas Basados en Reglas (SBR). (10)

## *D. SISTEMAS BASADOS EN REGLAS*

Los SBR trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en una situación modificada. También, pueden trabajar por inferencia lógica dirigida (encadenamiento hacia adelante) o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás (encadenamiento hacia atrás). (10)

Los sistemas que usan las FRC son llamados SBR y son actualmente los más conocidos. Estos sistemas son SBC en los que la forma de representación del conocimiento usada son las reglas de producción.(10)

Una de las FRC más utilizadas en los sistemas expertos es un conjunto de reglas de producción de la forma según la ecuación 1:

$$SI < \textit{antecedentes/condiciones} > \textit{ENTONCES} < \textit{consecuentes/acciones} > \quad (1)$$

### **-Encadenamiento hacia adelante**

Este tipo de inferencia parte de los datos, a partir de los cuáles infieren nuevos datos y utilizan las reglas correspondientes.

1. Se define el hecho a alcanzar.
2. Un conjunto de hechos relativo a las variables de entrada es observado por el sistema.
3. Se busca el subconjunto de reglas de la BC cuyos antecedentes son satisfechos por los hechos observados.

4. Si el subconjunto está vacío, se finaliza el proceso. En otro caso se continúa al paso 5.
5. El subconjunto de reglas seleccionado se activa y da lugar a un número de hechos nuevos igual al tamaño del subconjunto.
6. La BH se actualiza con los nuevos hechos.
7. Si se ha alcanzado el hecho de salida deseado se finaliza el proceso, en otro caso, se vuelve al paso 3.

**-Encadenamiento hacia atrás**

Se comienza por los objetivos, a partir de los cuales se visitan nuevos subconjuntos utilizando las reglas correspondientes, hasta que se alcance algún dato o premisa. Su desarrollo se presenta a continuación:

1. Se define una hipótesis.
2. Si la hipótesis se basa en un hecho comprendido en la BC, se finaliza el proceso. En caso contrario se continúa al paso 3.
3. Se busca el subconjunto de reglas de la BC cuyos consecuentes coincidan con la hipótesis.
4. Se establecen los antecedentes de las reglas del subconjunto seleccionado como nuevas hipótesis a demostrar y se vuelve al paso 2.

Este tipo de inferencia establece una cadena de reglas que prueba la veracidad de una hipótesis.

Luego del análisis del comportamiento de cada factor de riesgo y las pruebas físicas que se le realizan al paciente a través de la escala de Glasgow, se definen los criterios de los especialistas en el tema. Este conocimiento adquiere la forma expresada en la ecuación 1, pero con encadenamiento hacia adelante.

*E. METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS*

Existen varias metodologías que dan las pautas a los ingenieros de conocimientos de cómo desarrollar sistemas expertos. Entre las principales metodologías están las propuestas por *Buchanan* (1983), *Grover* (1983), *Weiss y Kulikowski* (1984) y la metodología IDEAL (1996). (11)

Cada una de las metodologías analizadas está diseñada teóricamente para ejecutar de manera exitosa la creación de un SE. Por tal motivo, en la selección de una de ellas debe tenerse en cuenta las características propias del sistema a desarrollar. En la tabla 1 se comparan las metodologías, se tuvo en cuenta algunos aspectos importantes a valorar en su selección.

Tabla 1 Comparación entre las metodologías de desarrollo estudiadas

Metodología	Documentación generada	Incluye la obtención del sistema experto	Tipo de equipo de desarrollo recomendado (cantidad de desarrolladores)
<b>Buchanan</b>	Mucha	Si	Mediano o grande
<b>Grover</b>	Mucha	Si	Mediana
<b>Weiss y Kulikowski</b>	Poca documentación, en dependencia de los intereses del	Si	Pequeña, aunque no necesariamente

equipo de desa- rrollo.	Mucha	Si	Grande
<b>IDEAL</b>			

---

Para el desarrollo del SE, se aplicará una variante de la metodología de *Weiss y Kulikowski* propuesta por *May y otros* (2018). (11) Esta metodología abarca desde el planteamiento del problema hasta el mantenimiento y soporte del sistema, pero por las características de la investigación se trabajó hasta la etapa de desarrollo y prueba de un prototipo.

#### *F. HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS A UTILIZAR PARA EL DESARROLLO DEL SE*

Luego de la definición de la metodología de desarrollo, se especificaron las herramientas a utilizar en cada una de las etapas.

- *Visual Paradigm 8.0*, como Herramienta CASE para el modelado del sistema.
- *Drools distribution 7.32.0*, como sistema de gestión de reglas de negocio.
- *Eclipse Oxygen.3a Release (4.7.3a)*, como plataforma de desarrollo.
- Java 1.6, como lenguaje de programación.
- *SQLite 3.7.2*, como sistema de gestión de base de datos.

### III. RESULTADOS

Según los procesos analizados sobre la diferenciación del estado de gravedad de los pacientes con accidentes cerebrovasculares, así como las entrevistas estructuradas realizadas a especialistas de la UCI, se identificaron como funcionalidades del SEDIGPUCI:

- Gestionar especialista: permite al Jefe de Sala insertar y eliminar un especialista.
- Autenticar: representa la acción del usuario al iniciar sesión en el sistema.
- Gestionar historia clínica: brinda la opción de insertar, mostrar y modificar datos.
- Diferenciar estado de gravedad del paciente: acción en la que a partir de los síntomas y los exámenes complementarios ofrece como respuesta si el paciente se encuentra en estado: leve, moderado o grave.

El sistema puede ser utilizado por todos los especialistas de una UCI, aunque el Jefe de Sala como especialista, además es el encargado de: gestionar especialista y gestionar historia clínica.

Como elemento indispensable para la creación del SBR del SEDIGPUCI, se realizó una BC que almacena todas las reglas de producción para la inferencia del diagnóstico. En la creación de la BC se tuvieron cuenta los criterios de especialistas en cuidados intensivos y en la literatura especializada del tema.

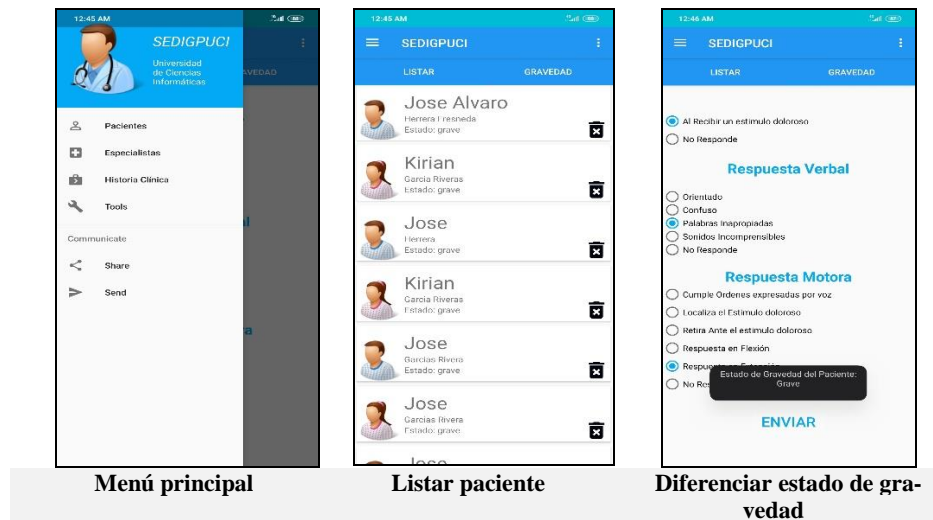
Se elaboró una regla para cada síntoma presentado por el paciente, siendo un total de 120 reglas de producción. Un ejemplo de la representación del conocimiento en el SEDIGPUCI se puede observar en la definición de la regla No. 90.

#### **Representación del conocimiento. Regla No. 90**

*SI < apertura ocular = "Recibir un estímulo doloroso", respuesta verbal = "No responde", respuesta motora = "No responde" ENTONCES < estado de gravedad del paciente = "Grave" >*

Para lograr una organización estructural en el desarrollo de SEDIGPUCI se utilizaron los patrones de diseño GRASP: experto, creador, bajo acoplamiento, alta cohesión y controlador.

Tabla 2 Prototipos funcionales de SEDIGPUCI



Según la tabla 2, SEDIGPUCI posee los colores establecidos por el Ministerio de Salud Pública. Puede ser instalada en dispositivos con pantalla de 4 pulgadas o más, procesador 800MHz o superior y 512 MB o más de memoria RAM. Con versión de Android 5.0 Lollipop o superior.

#### IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo antes planteado se llegó a la conclusión de que existe la necesidad de crear un SE para diferenciar el estado de gravedad de los pacientes con accidentes cerebrovasculares ya que les permite a los médicos poder agilizar el proceso. Para lograr que el SE cumpla con los requerimientos establecidos para ser utilizados por el Sistema de Salud y en específico para diferenciar el estado de gravedad de los pacientes con ictus, se realizó una comparación de varias metodologías que sirven como apoyo para la realización de este tipo de sistema, determinándose que la metodología a emplear es la propuesta por Weiss y Kulikowski. Luego de un amplio análisis de las herramientas que existen para desarrollar SE, así como las técnicas a utilizar, se seleccionaron las que más se adecuan al trabajo de investigación.

#### V. REFERENCIAS

1. La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019 [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/9-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>

2. Miranda Pérez Y, García Balmaseda A, Breijo Puentes A. Influencia de las lesiones secundarias en el ictus. *Rev Cienc Médicas Pinar Río*. 2016;20(1):54-60.
3. Arévalo Gutiérrez HO, Ramírez NV. "Principales factores de riesgo asociados a eventos cerebrovasculares en los pacientes de los servicios de medicina interna de Junio a Diciembre del año 2016 del Hospital San Juan De Dios De Santa Ana". 2017;
4. Bernardo LS, Quezada A, Munoz R, Maia FM, Pereira CR, Wu W, et al. *Handwritten pattern recognition for early Parkinson's disease diagnosis*. *Pattern Recognit Lett*. 2019;125:78-84.
5. Bennett D, Mazzei MA, Collins B, Bargagli E, Pipavath S, Spina D, et al. *Diagnosis of idiopathic pulmonary fibrosis by virtual means using "IPFdatabase"-a new software*. *Respir Med*. 2019;147:31-6.
6. Hilmisson H, Berman S, Magnusdottir S. *Sleep apnea diagnosis in children using software-generated apnea-hypopnea index (AHI) derived from data recorded with a single photoplethysmogram sensor (PPG)*. *Sleep Breath*. 2020;24(4):1739-49.
7. Wang L, Zhou Y, He J, Zhu B, Wang F, Tang L, et al. *An epidemiological forecast model and software assessing interventions on the COVID-19 epidemic in China*. *J Data Sci*. 2020;18(3):409-32.
8. Troncoso A, Walsh B. *Prehospital differences between patients with ischemic and hemorrhagic strokes*. *J Emerg Med*. 2014;46(2):302.
9. Muñana-Rodríguez JE, Ramírez-Elías A. Escala de coma de Glasgow: origen, análisis y uso apropiado. *Enferm Univ*. marzo de 2014;11(1):24-35.
10. Badaró S, Ibañez LJ, Agüero MJ. Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones. *Cienc Technol*. 2013;(13):349-64.
11. May OAC, Koo JJP, Kinani JMV, Encalada MAZ. CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE PREDICCIÓN PARA APOYO AL DIAGNÓSTICO DE DIABETES (*CONSTRUCTION OF A PREDICTION MODEL TO SUPPORT THE DIABETES DIAGNOSIS*). *Pist Educ*. 2018;40(130).