



**Universidad de Sancti Spíritus
“José Martí Pérez”
Facultad de Ciencias Técnicas**

Título: SEC-Dengue, sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus.

Tesis en Opción al Título de Ingeniería Informática.

Autor: Oscar Pérez Chaviano.

Tutora: MSc. Marysleivy Martín Roque.

*La Inteligencia Artificial de hoy en día
se centra en buscar nuevas maneras de conectar
las personas con las computadoras,
las personas al conocimiento,
las personas al mundo físico
y las personas con las personas.
Patrick Winston*

Agradecimientos

Dedicatoria

Resumen

La Inteligencia Artificial (IA) es una rama de la ciencia de la computación cuyo principal objetivo es llevar a la computadora las amplias capacidades del pensamiento humano. Dentro del campo de la IA juegan un papel importante los Sistemas Expertos. En esta investigación se diseña e implementa un sistema experto capaz de multiplicar la experiencia lograda por los especialistas del Instituto Pedro Kourí y del Hospital Provincial Camilo Cienfuegos en la clasificación temprana de dengue severo en pacientes adultos. Para ello se utilizó UCShell como herramienta de desarrollo para los Sistemas Expertos, la interfaz de usuario fue concebida en el IDE NetBeans8.0 usando Java como lenguaje base. La metodología empleada es la propuesta por el Dr.C Mateo Lezcano en su libro: Prolog y los Sistemas Expertos. El sistema ayuda a los médicos no especialista en Dengue a clasificar tempranamente los pacientes como posible caso crítico, posible caso de alarma o posible caso de alerta.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE UN SISTEMA EXPERTO PARA LA CLASIFICACIÓN TEMPRANA EN PACIENTES ADULTOS CON DENGUE SEVERO.....	7
1.1 CARACTERÍSTICAS DEL DENGUE.	7
1.1.1 TIPOS DE DENGUE.	9
1.1.2 CLASIFICACIÓN TEMPRANA DE DENGUE SEVERO.....	11
1.2 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS.	12
1.2.1 SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO.	13
1.2.2 FORMAS DE REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO.	13
1.2.3 TIPOS DE SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO.	15
1.2.4 SISTEMAS EXPERTOS.....	17
1.2.5 TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LOS SISTEMAS EXPERTOS.	19
1.3 CONCLUSIONES.....	29
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.	30
2.1 IDENTIFICACIÓN	30
2.2 ESTABLECER CONCEPTOS.	34
2.3 FORMALIZACIÓN	35
2.4 IMPLEMENTACIÓN.....	37
2.5 PRUEBA	48
2.6 CONCLUSIONES.....	50
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DE SEC-DENGUE.	51
3.1CONSULTAS REALIZADAS A SEC-DENGUE.....	51
3.2 DESCRIPCIÓN DE UCSHELL.....	60
3.3 CONCLUSIONES.....	70
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

Índice de Tablas

TABLA 1.1 TIPOS DE SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO.	15
TABLA 2.1 CASO DE USO GESTIONAR SIGNOS DE ALARMA.	46
TABLA 2.2 CASO DE USO GESTIONAR ANTECEDENTES PATOLÓGICOS.....	47
TABLA 2.3 CASO DE USO GESTIONAR HALLAZGOS DE LABORATORIO	47
TABLA 2.4 CASO DE USO GESTIONAR HALLAZGOS DE ULTRASONIDO	47
TABLA 2.5 CASO DE USO GESTIONAR MANIFESTACIONES CLÍNICAS	48

Índice de Figuras

FIGURA 1.1 RELACIÓN ENTRE LOS GRUPOS QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO.....	20
FIGURA 2.1 VENTANA PRINCIPAL DE SEC-DENGUE	42
FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE CASO DE USO DEL SISTEMA.	46
FIGURA 2.3 ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DE SEC-DENGUE.	49
FIGURA 3.1 PRIMERA PREGUNTA QUE RESPONDE A LOS HALLAZGOS DE LABORATORIO. ..	51
FIGURA 3.2 SEGUNDA PREGUNTA QUE RESPONDE A LOS HALLAZGOS DE LABORATORIO.	52
FIGURA 3.3 TERCERA PREGUNTA QUE RESPONDE A LOS HALLAZGOS DE LABORATORIO..	52
FIGURA 3.4 VENTANA DE RESPUESTA DEL SISTEMA SOBRE LA PRESENCIA DE UN POSIBLE CASO CRÍTICO.....	52
FIGURA 3.5 TABLA DE VALORES DE INFERENCIA DE CADA REGLA Y LA DECISIÓN FINAL. ...	53
FIGURA 3.6 VENTANA DE DESCRIPCIÓN DE RESULTADO DEL SISTEMA.	53
FIGURA 3.7 VENTANA QUE REPRESENTA EL ÁRBOL DE INFERENCIA O DECISIÓN.	54
FIGURA 3.8 PRIMERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS. ...	54
FIGURA 3.9 SEGUNDA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS.	55
FIGURA 3.10 TERCERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS.	55
FIGURA 3.11 VENTANA DE RESPUESTA DEL SISTEMA SOBRE LA PRESENCIA DE UN POSIBLE CASO DE ALERTA.	56
FIGURA 3.12 TABLA DE VALORES DE INFERENCIA DE CADA REGLA Y LA DECISIÓN FINAL. .	56
FIGURA 3.13 VENTANA DE DESCRIPCIÓN DE RESULTADO DEL SISTEMA.	56
FIGURA 3.14 VENTANA QUE REPRESENTA EL ÁRBOL DE INFERENCIA O DECISIÓN.	57
FIGURA 3.15 PRIMERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LOS HALLAZGOS DE ULTRASONIDO.	57
FIGURA 3.16 SEGUNDA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LOS HALLAZGOS DE ULTRASONIDO.....	58
FIGURA 3.17 TERCERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LOS HALLAZGOS DE ULTRASONIDO.	58
FIGURA 3.18 VENTANA DE RESPUESTA DEL SISTEMA SOBRE LA PRESENCIA DE UN POSIBLE CASO DE ALARMA.	59
FIGURA 3.19 TABLA DE VALORES DE INFERENCIA DE CADA REGLA Y LA DECISIÓN FINAL. .	59
FIGURA 3.20 VENTANA DE DESCRIPCIÓN DE RESULTADO DEL SISTEMA.	59
FIGURA 3.21 VENTANA QUE REPRESENTA EL ÁRBOL DE INFERENCIA O DECISIÓN.	60
FIGURA 3.22 ESQUEMA DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS.....	61
FIGURA 3.23 SINTAXIS DEL BLOQUE DE ATRIBUTOS EXTERNOS.....	62
FIGURA 3.24 SINTAXIS DEL BLOQUE ASKS.....	62
FIGURA 3.25 SINTAXIS DE UNA REGLA	64
FIGURA 3.26 REGLA DÉBIL	65

Introducción

El dengue es la enfermedad viral transmitida por artrópodos de mayor importancia médica en los humanos. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año ocurren entre 50 y 100 millones de infecciones por los virus que producen dicha entidad, en los cuales se incluyen alrededor de 500 000 casos que requieren atención médica y más de 15 000 muertes (Guzmán, 2014).

Según Pacheco Arencibia (2010) es la fiebre hemorrágica viral más extendida en la geografía mundial. Se reporta en las zonas tropicales y subtropicales del planeta, donde viven alrededor de 2 500 millones de personas. Se produce por un virus de genoma ARN, al cual se le reconocen cuatro serotipos (DEN-1, DEN-2, DEN-3 y DEN-4) que son transmitidos por el *Aedes aegypti* como principal vector. Se manifiesta clínicamente en dos formas principales: la fiebre del dengue (FD), también llamada dengue clásico, y la forma hemorrágica: fiebre hemorrágica del dengue (FHD) o dengue severo (DS) a veces con síndrome de choque por dengue (FHD/SCD), apunta el referido autor.

Cuba no es un país endémico de Dengue, sin embargo ha sido afectada en varias ocasiones. En 1977, tras la introducción del DEN 1 en América se produce una epidemia donde predominaron las formas leves de la enfermedad y no se reportaron fallecidos. Posteriormente, en 1981 se produce la primera epidemia de dengue hemorrágico, la que también resultó la primera en el hemisferio producida por el DEN 2, en la que hubo un total de 158 fallecidos fundamentalmente menores de 15 años. En el año 1997 reemerge el Dengue en el país con un brote epidémico en la provincia de Santiago de Cuba, donde circuló el serotipo 2 (Guzmán, 2014).

Durante los años 2001- 2002 nuevamente se reportan casos de Dengue, en esta ocasión durante una epidemia que afectó fundamentalmente a La Habana y en la cual se demostró la circulación del Dengue serotipo 3 (Rosales Duno, 2014).

Durante el segundo semestre del año 2006 varias regiones cubanas volvieron a presentar transmisión de la enfermedad. En las provincias habaneras se aisló el DEN 4 (datos no publicados); después se vieron afectadas las restantes provincias.

Las epidemias de Dengue, antes mencionadas, han sido eliminadas, sin presentar transmisión del virus en los períodos interepidémicos. Esta es una situación excepcional en el mundo, la cual ha permitido realizar numerosos estudios y observaciones que han contribuido al conocimiento de diferentes aspectos de la enfermedad (Vega Riverón y otros, 2012).

Por el hecho de que se presenta en forma de epidemias, el dengue tiene gran repercusión económica y social por la afectación laboral, ausentismo escolar y, en general, grandes molestias a la población.

El Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus ha sido uno de los centros de salud encargado de la atención de los casos presentados en las diferentes epidemias que ha afrontado Cuba; él cual tiene como misión ser un Hospital de segundo nivel de atención; que brinde sus servicios con elevado nivel científico, docente e investigativo, según el nivel de asistencia que les corresponde con el máximo criterio de calidad. Este centro hospitalario cuenta con un departamento de epidemiología el cual está encargado de brindar atención a la población cualquier tratamiento epidemiológico, así como mantener la vigilancia ante la ocurrencia de algún signo de epidemia.

Especialistas del Instituto Pedro Kourí, prestigiosa con experiencia en el tratamiento a esta enfermedad sostienen que en el caso de los adultos, cuando no se logra una clasificación clínica temprana del dengue severo se puede producir el síndrome de choque por dengue, lo que en muchas ocasiones conlleva a la muerte del paciente, puesto que cuando ya está instaurado el choque muchas veces el tratamiento es insuficiente para prevenir otras complicaciones propias del mismo, tales como grandes hemorragias, coagulación intravascular diseminada o distrés respiratorio. Por otro lado,

cuando el paciente es clasificado oportunamente es posible evitar el síndrome de choque por dengue mediante la reposición de líquidos y electrolitos (Guzmán, 2014).

El SCD puede estar precedido por manifestaciones clínicas que “anuncian” su inminente aparición. Son los llamados signos de alarma (SA), cuya identificación en los días u horas previas al choque es fundamental para establecer un tratamiento adecuado. Esta precoz intervención terapéutica es, hasta el momento, la medida más eficaz para disminuir la probabilidad de muerte del paciente (Cortiñas Abrahantes, 2008).

En la actualidad investigadores en Inteligencia Artificial (rama de la ciencia de la computación) han trabajado intensamente en desarrollar sistemas que ayuden a la clasificación temprana de pacientes con Dengue.

La Inteligencia Artificial nació bajo la expectativa de desarrollar sistemas inteligentes, capaces de ejecutar actividades consideradas propias e inherentes a los seres humanos. Agrupa a todas las ramas que se interesan por la emulación de la inteligencia del hombre y de los procesos que le acompañan y caracterizan: el sentido común, razonamiento, aprendizaje y el habla, entre otras. (Ramos Ríos, 2009)

Uno de los principales objetivos de los investigadores en Inteligencia Artificial es la reproducción automática del razonamiento humano, donde juegan un papel importante los Sistemas Expertos.

Los Sistemas Expertos son una expresión de los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC), los cuales permiten la creación de máquinas que razonan como el hombre, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitados. En teoría pueden razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, analista, empresario, etc.) para resolver un problema concreto. (Bello, Gálvez, García, & Lezcano, 1995).

Los Sistemas Expertos se utilizan en una gran diversidad de campos, por ejemplo en las telecomunicaciones, la industria, la aeronáutica, la electrónica, el transporte, la educación y otros. También se han utilizado en el campo de la medicina, donde han alcanzado notable relevancia en áreas como la neurofisiología, la urología y las enfermedades infecciosas.

Para la realización de este trabajo se encontró como antecedentes de especial interés, los trabajos de Sánchez Arboláez (2006), del Ing. Wilber Garzón Alfonso (2015) y Martín Roque (2016) pues abordan puntualmente el tema de la enfermedad conocida como dengue.

En el primero de ellos el Dr. Alexander Sánchez Arbeláez, especialista en medicina general, hace alusión a un sistema experto que utiliza una base de casos para determinar si un paciente tiene dengue o no, partiendo de los síntomas que pueden estar presentes. El sistema no realiza una clasificación de pacientes con dengue severo, tampoco cuenta con una interfaz visual.

Además se encontró el Sistema Experto para el Diagnóstico de Enfermedades, del Ing. Wilber Garzón Alfonso del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras de la Universidad de Mayagüez, Puerto Rico. En su trabajo se presenta un sistema experto que permite diagnosticar cuatro tipos de enfermedades como el dengue, la gripe AH1N1, la meningitis y la gripe simple. El diagnóstico se logra a partir de una serie de preguntas que se le realizan al paciente; con base en las respuestas brindadas se logra determinar la enfermedad del paciente.

Mientras que, SEC-Dengue sistema presentado por Martín Roque describe una investigación realizada en la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, como resultado de un proyecto en conjunto con el IPK, en la que se obtuvo un software que intenta clasificar pacientes con dengue severo el cual utiliza las reglas de producción como forma de representar el conocimiento, no trabajando el factor de incertidumbre asociadas a estas por lo cual no puede construir las tablas de valores de inferencia de cada regla y el árbol de decisión asociado a la clasificación realizada por el

sistema. Además SEC-Dengue no cuenta con el conocimiento suficiente para clasificar cualquier caso, por lo que ante una epidemia real no resultaría del todo efectivo.

Esta situación ha dado lugar al siguiente **problema de Investigación**:

¿Cómo complementar SEC-Dengue, sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus?

El **objeto de estudio** de la presente investigación lo constituye: la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo y el **campo de acción** las herramientas informáticas para el desarrollo de los sistemas expertos.

Para resolver el problema planteado se define como **objetivo general**: Desarrollar un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus.

Del objetivo general se derivan las siguientes **preguntas de investigación**:

1. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos que permitan desarrollar un sistema informático para la clasificación temprana con pacientes adultos de dengue severo?
2. ¿Cómo diseñar un sistema experto, basado en la metodología seleccionada para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus?
3. ¿Cómo implementar un sistema para la clasificación temprana en pacientes adultos de dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos con Sancti Spíritus?

Para responder a las preguntas científicas se plantean las **tareas de investigación**:

1. Fundamentar teórica y metodológicamente el desarrollo de un sistema informático para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo.
2. Diseñar un sistema experto, basado en la metodología seleccionada para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus.
3. Implementar un sistema para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo en el Hospital Provincial Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

En el **Capítulo 1** se abordan aspectos teóricos y metodológicos relacionados con los sistemas basados en el conocimiento, los sistemas expertos y la relación que tienen estos con la Inteligencia Artificial, así como elementos de la enfermedad conocida como Dengue.

El **Capítulo 2** describe los aspectos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, las relaciones que se establecen entre ellos, se organiza el conocimiento y se pasa a su formalización e implementación.

El **Capítulo 3** muestra las consultas realizadas al sistema experto y una breve descripción de UCShell.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo.

En el presente capítulo se exponen los elementos esenciales asociados a la clasificación temprana de dengue severo. Se hace un recorrido por las herramientas informáticas para el desarrollo de sistemas expertos, donde se incluyen las formas de representación del conocimiento, los sistemas basados en el conocimiento y las metodologías para el desarrollo de los sistemas expertos.

1.1 Características del dengue.

El dengue es una sola enfermedad, con diferentes presentaciones clínicas y con evolución clínica impredecible. La infección es causada por un arbovirus, el virus del dengue, con cuatro serotipos denominados 1, 2, 3 y 4. Cada uno de los serotipos puede causar infección en una misma persona. La infección por un serotipo deja inmunidad de por vida contra ese serotipo, pero solo por algunos meses contra los demás serotipos. El virus es transmitido por la picadura de la mosquito hembra *Aedes aegypti*, el cual a su vez se infecta tras picar a una persona que está cursando el periodo virémico de la enfermedad (habitualmente los primeros 5 días desde el inicio de la fiebre). Tras un periodo de incubación de 10-12 días en el intestino de la mosquita, el virus aparece en la saliva de la misma y a partir de ese momento puede transmitir la enfermedad a los seres humanos. En los seres humanos, el virus produce un amplio espectro de enfermedad. La mayoría de las infecciones son asintomáticas o subclínicas pero en algunos casos pueden ser graves, especialmente en presencia de factores de riesgo, como una segunda infección por el virus del dengue, edad, raza, y comorbilidades (asma, diabetes mellitus, inmunosupresión, entre otras). Además, los niños tienen mayor riesgo de desarrollar escape severo de plasma y evolucionar al choque por dengue. Tras un periodo de incubación asintomático de 4-10 días la enfermedad comienza bruscamente y es seguida por 3 fases: febril, crítica y de recuperación. (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud(OPS/OMS), 2012)

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

La **Fase febril**, según establece la Guía de Manejo Clínico del Dengue de 2012, se caracteriza, entre otras cosas por:

- Un inicio brusco.
- Usualmente dura 2-7 días.
- Se acompaña de enrojecimiento facial, eritema generalizado, mialgias difusas, artralgias, cefalea. Algunos pacientes tienen dolor y enrojecimiento faríngeo.
- Son comunes las náuseas, vómitos y a veces diarreas.
- Puede ocurrir sangrado de encías, epistaxis o petequias, sangrado vaginal o gastrointestinal masivos no son comunes, pero posibles en esta fase.

La **Fase crítica** se determina por:

- Coincidiendo con el momento de la defervescencia, que ocurre entre los días 3 – 7 de la enfermedad, (cuando la temperatura cae a 37.5-38°C o menos, y permanece en esos niveles), puede ocurrir, en algunos pacientes, escape de plasma del espacio intravascular por aumento de la permeabilidad capilar, con aumento progresivo del hematocrito. Estos eventos marcan el inicio de la fase crítica.
- Una caída rápida de los leucocitos y las plaquetas suele preceder al escape de líquidos.
- Se considera que un paciente está en choque si la presión del pulso es de 20 mm Hg o menor, o si hay signos de mala perfusión capilar (extremidades frías, llenado capilar lento o pulso rápido y débil) en niños y en adultos. Debe tenerse en cuenta que en los adultos la presión de pulso de 20 mm Hg o menor puede indicar un choque más grave. La hipotensión suele asociarse con choque prolongado, que a menudo se complica por sangrado importante.
- El cuadro evoluciona finalmente hacia el choque hipovolémico con hipoperfusión tisular, daño orgánico múltiple, acidosis metabólica y hemorragias masivas. El sangrado masivo causa además mayor hipotensión y leucocitosis (con caída brusca del hematocrito).

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

- Existen formas graves de dengue en el cual algunos pacientes pueden desarrollar falla grave de órganos (hepatitis, encefalitis, miocarditis), en ausencia de escape de plasma.
- Algunos pacientes pasan de la fase febril a la crítica sin defervescencia y en estos pacientes debe usarse el recuento de leucocitos, plaquetas y el hematocrito como parámetros de diagnóstico de la fase crítica.

Según la misma guía de Manejo Clínico del Dengue de 2012 en la **fase de recuperación** se producen las siguientes situaciones:

- En los pacientes con signos de alarma o dengue grave que sobreviven tras las 24-48 h de la fase crítica van a reabsorber en forma gradual, en las siguientes 48-72 h, el líquido escurrido al compartimiento extravascular y este fenómeno se acompaña de una sensación de bienestar, recuperación del apetito, desaparición de las molestias gastrointestinales, estabilización de los signos vitales y aumento de la diuresis.
- Algunos pacientes desarrollan un exantema característico descrito como de “islas blancas en un mar rojo”.
- Algunos experimentan prurito generalizado, a veces intenso, particularmente en palma de manos y planta de los pies.
- El hematocrito se estabiliza o puede bajar por el efecto dilucional de la reabsorción de líquidos.
- Los leucocitos se elevan de nuevo y precede, característicamente, al aumento de las plaquetas.
- Si se ha administrado cantidades excesivas de fluidos en la fase crítica, puede ocurrir distrés respiratorio, edema pulmonar, o falla cardíaca congestiva a partir de la reabsorción del derrame pleural y la ascitis.

1.1.1 Tipos de dengue.

Según Vega Riverón y otros (2012) la infección por dengue se manifiesta con un amplio espectro que incluye desde los infectados asintomáticos hasta casos graves y se han descrito fundamentalmente 2 formas clínicas de dengue: la fiebre del dengue

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

(FD) o dengue clásico y la fiebre hemorrágica del dengue/síndrome de choque por dengue (FHD/SCD).

El Dengue Clásico es una enfermedad aguda que se caracteriza por comienzo repentino, fiebre que dura de cinco días a siete días, cefalalgia intensa, dolores retro-orbitales, articulares, musculares y erupción.

Después del cuarto al octavo día de la picadura infectante del mosquito, se produce fiebre con calofríos, durante pocas horas a cinco o seis días (llega a 40° C). La temperatura más elevada ocurre al segundo día con remisiones de horas y hasta de un día, sube y baja y en ocasiones padece debilitamiento extremo con desmayos. El paciente luce quebrantado, con dolor de cabeza, falta de apetito, náuseas y vómitos. Se agrega dolores en la nuca, región lumbar, hombros, rodillas, que le obliga a caminar envarado.

Al cuarto o quinto día aparecen manchas en la piel (exantema) en la cara, manos brazos, hombros y pies, fugaz, casi desapercibido parecido al sarampión o rubéola y coincide con la exacerbación de la fiebre. Puede acompañarse de conjuntivitis (ojos rojos con lagaña), le molesta la luz y puede tener las mucosas de las vías bucales enrojecidas.

Algunos pacientes se quejan de picazón en todo el cuerpo y puede descamarse la piel al desaparecer el exantema.

Se presentan como otros síntomas, no poder dormir, sangrado por la nariz (epistaxis), estreñimiento o diarrea, expulsión de proteínas por la orina (albuminuria), los glóbulos blancos bajan a un conteo de dos mil a tres mil y las plaquetas bajan.

Puede complicarse con infecciones meningéas, infecciones pulmonares, inflamación del hígado o de la médula espinal. La mayoría de nosotros supera este problema a los 8 – 10 días sin complicaciones y sin mayor inconveniente.

El dengue clásico puede transformarse en dengue hemorrágico si recibe una nueva inoculación infectante por otro serotipo de virus.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

El Dengue Hemorrágico es una enfermedad aguda febril caracterizada clínicamente por una diátesis hemorrágica y una tendencia al desarrollo de un síndrome de choque que puede ser mortal.

Oscila desde un proceso leve sin complicaciones y de pronóstico favorable hasta una enfermedad gravísima con frecuencia mortal. La enfermedad se presenta en comarcas donde el dengue es endémico.

Con unos pródromos aparece fiebre que al primero y segundo día es poco elevada, acompañado de mialgias, artralgias, faringitis, náuseas y cefalea. Aumenta la intensidad en los dos o tres primeros días de la enfermedad. A los cuatro o cinco días se instala el cuadro hemorrágico, acompañado de contracciones y espasmos del estómago e intestino.

Entre las manifestaciones hemorrágicas se encuentran: Epistaxis, hematemesis, melenas. Aparecen petequias y sufusiones hemorrágicas subcutáneas con punteado púrpurico y grandes equimosis. Se agrega estado de agitación y estupor. Hepatitis y lesiones degenerativas. Piel fría y con livideces, la tensión arterial disminuye y el pulso se torna imperceptible.

La persistencia y la intensidad de estos síntomas conducen al cuarto o quinto día al shock, aunque puede aparecer simultáneamente con las hemorragias, con una letalidad del 4 al 20%.

1.1.2 Clasificación temprana de dengue severo.

La actual definición de caso de dengue severo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye cuatro criterios: fiebre, algún tipo de sangrado, trombocitopenia y evidencia objetiva de salida de plasma.

El dengue severo se clasifica a su vez en cuatro grados. En el grado I el sangramiento solo se evidencia mediante la prueba del torniquete, mientras que en el grado II el sangramiento es espontáneo. Los grados III y IV corresponden al Síntoma de Choque (Brea del Castillo, 2011)

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Desde el punto de vista patogénico todavía quedan algunas incógnitas con relación al Dengue, la mayoría de los pacientes desarrollan formas benignas de la enfermedad, pero otros llegan hasta el choque. Por lo pronto es muy importante la búsqueda de elementos clínicos o de laboratorio que ayuden a identificar de forma precoz las posibles complicaciones. Pudiendo ser esta la clave para disminuir la mortalidad (Colectivo de Autores, 2012)

Para lograr una clasificación temprana en pacientes adultos de dengue severo se tiene en cuenta la presencia de signos de alarma, los antecedentes patológicos del paciente, los hallazgos de laboratorio a partir de las pruebas realizadas, los resultados del ultrasonido y las manifestaciones clínicas que presentan.

En este contexto se considera signos de alarmas la existencia de fiebre, cefalea, astenia, vómitos, anorexia y rash.

Entre los antecedentes patológicos se toman en consideración la Sicklemia, Asma Bronquial, la Diabetes Mellitus, la presión arterial y la alergia; mientras que las plaquetas, la hemoglobina, la leucopenia, la trombocitopenia, la citolisis hepática, la hemoconcentración y la proteinuria constituyen los hallazgos de laboratorio.

Como resultados de ultrasonido son analizados, en este caso, la presencia de líquido en la cavidad pleural, la presencia de líquido en la cavidad pericárdica, así como la presencia de epato y o esplenomegaria. Al mismo tiempo son evaluados como manifestaciones clínicas las diarreas, las manifestaciones hemorrágicas, el prurito y los mareos.

1.2 Herramientas informáticas para el desarrollo de sistemas expertos.

La IA es una técnica de software que los programas utilizan para dar solución a algún tipo de problema, pero tratando de asemejar el comportamiento inteligente que se observa en la naturaleza; es decir, trata de resolver problemas y tomar decisiones similares a las que toman los seres humanos al afrontar la vida diaria, el objetivo de las investigaciones de la IA es, aumentar la utilidad de las máquinas y sus procesos (Ríos Rodríguez, 2010).

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Son diversos los campos de aplicación de las técnicas de la IA; entre ellos se destacan: los juegos, el procesamiento de lenguaje natural, la robótica, la educación, la programación automática, el reconocimiento de modelos y los sistemas expertos. (Winton, 2005). Estos últimos surgen como resultado del empleo de la búsqueda heurística como modelo para la resolución de problemas.

En el diseño de un sistema experto se le concede significativa importancia a la forma de representación del conocimiento, ya que ésta define la estructura interna de todo tipo de información. Es precisamente debido al énfasis que se hace en este aspecto, que los sistemas que utilizan técnicas de inteligencia artificial para lograr conocimiento experto se conocen como *sistemas basados en conocimiento o sistemas de conocimiento*. (Lezcano Brito, 1995)

1.2.1 Sistemas Basados en Conocimiento.

En la década del 70 se reconoció que los métodos de solución de problemas generales eran insuficientes para resolver los problemas orientados a aplicaciones. Se determinó que era necesario conocimiento específico sobre el problema, limitado a los dominios de aplicación de interés, en lugar de conocimiento general aplicable a muchos dominios. Este reconocimiento condujo al desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC); el conocimiento representado en estos es el de los expertos en el dominio (Gálvez Lio, 1998).

1.2.2 Formas de Representación del Conocimiento.

Existen diferentes Formas de Representación de Conocimiento (FRC), todos estos esquemas de representación tienen propiedades particulares, pero de forma general ellos deben describir los problemas a que están dirigidos en forma natural, reflejando, tan claramente como sea posible, la estructura de objetos, hechos y relaciones entre ellos. Describir el conocimiento procesal (procedural) y declarativo en un modo unificado y a partir de perspectivas diferentes, aceptar conocimiento empírico, teórico y heurístico; posibilitar una fácil adquisición del conocimiento; posibilitar la estratificación y agrupamiento del conocimiento, de acuerdo a su

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

significado y función; tener poder expresivo y ser comprensible y poseer accesibilidad. (Lezcano Brito, 1995).

La distinción entre cada uno de los esquemas de representación es importante, apunta Díaz Gómez (2014) ya que en dependencia de la forma en que se representa el conocimiento, se emplearán los mecanismos de inferencia.

Las Reglas de Producción.

Las reglas de producción son un subconjunto del cálculo de predicados con una componente añadida que indica cómo usar la información almacenada en las reglas, esta componente no es más que la estrategia de solución de conflictos que el usuario tiene que definir para el control de la inferencia. En cuanto a la capacidad de expresión, los sistemas de producción son equivalentes a los sistemas construidos usando un lenguaje de programación lógica (García Valdivia, y otros, 2000).

Cada regla se divide en dos partes: *antecedente* y *consecuente*. La porción *antecedente* es la *condición* o *premisa* que la regla debe cumplir para que sea verdadera. El *consecuente* es la *conclusión* a la que se arriba si la regla se cumple (Gálvez Lio, 1998).

En general las reglas expresan condiciones, pero ellas pueden tener diferentes interpretaciones, por ejemplo:

Si condición P **entonces** conclusión C

Si situación S **entonces** acción A

Si condición C1 y condición C2 **entonces** condición C no es válida

Cuando el consecuente define una acción, el efecto de satisfacer el antecedente es catalogar la acción para la ejecución. Cuando el consecuente define una conclusión, el efecto es inferir la conclusión. Las reglas definen, a menudo, relaciones lógicas que se pueden definir como conocimiento "categórico", debido a que ellas siempre van a ser absolutamente verdaderas. Sin embargo, en algunos dominios tales como el diagnóstico médico, prevalece el conocimiento probabilístico o inseguro, lo cual se debe a que algunas regularidades empíricas son usualmente válidas sólo para un

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

determinado grado de certidumbre. En tales casos, las reglas se modifican, añadiendo cualificaciones probabilísticas a sus interpretaciones lógicas de la siguiente forma:

Si **condición P entonces** conclusión C **con** certidumbre F

donde F es un número que expresa el grado de confianza del autor de las reglas en las conclusiones, dando el antecedente como verdadero. A este número generalmente se le llama factor de certidumbre (Lezcano Brito, 1995).

Según Bello Pérez, y otros (2007) la más popular y efectiva forma de representación para describir el conocimiento en un sistema experto son las reglas de producción, esto se debe en gran medida a su poder expresivo para representar un rango útil de reglas de inferencia y a su amplia capacidad de explicación. Se usan para expresar conocimiento deductivo, conocimiento orientado a objetivos y relaciones causales, pero en general son apropiadas cuando el conocimiento a representar aparece naturalmente en forma de reglas, cuando el control del programa es muy complejo o cuando se espera que el programa sea modificado reiteradamente.

1.2.3 Tipos de Sistemas Basados en el Conocimiento.

Tabla 1.1 Tipos de sistemas basados en el conocimiento.				
Nombre	Forma de Representación del Conocimiento (FRC)	Explicación	Método de solución del Problema (MSP)	Fuentes de Conocimiento
Sistemas basados en reglas (SBR)	Reglas de producción	Reglas activas	Usualmente búsqueda primero en profundidad con dirección backward o forward	Expertos, publicaciones, ejemplos
Sistemas basados en frames (SBF)	Frames		Herencia y procedimientos adjuntos	Expertos, publicaciones, ejemplos

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Sistemas basados en casos (SBCasos)	Casos	Casos semejantes	Razonamiento basado en casos (búsqueda por semejanza y adaptación de las soluciones)	Ejemplos
Sistemas basados en probabilidades (SBP)	Probabilidades o frecuencias	Valores de probabilidades condicionales	Teorema de Bayes y otras técnicas de inferencia estadística	Ejemplos
Redes expertas	Pesos y alguna otra FRC	Según el modelo simbólico	Cálculo de niveles de activación de las neuronas	Ejemplos
Sistemas basados en modelos	Modelo del artefacto		Razonamiento basado en modelos	Esquemas estructurales y funcionales del artefacto

Sistemas Basados en Reglas de Producción.

Los Sistemas Basados en Reglas de Producción (SBR) son SBC en los que la forma de representación del conocimiento usado son las reglas de producción y como método de inferencia utiliza la regla de Modus Ponens. (Lezcano Brito, 1995).

El proceso de solución de problemas en un SBR es crear una cadena de inferencias que constituye un camino entre la definición del problema y su solución. Esta cadena de inferencias puede construirse por dos vías (direcciones de búsqueda):

1. Comenzar con todos los datos conocidos y progresar hacia la conclusión.
2. Seleccionar una conclusión posible y tratar de probar su validez buscando evidencias que la soporten (García Valdivia, y otros, 2000).

Otra de las facilidades que el SBR ofrece es la manipulación de incertidumbre. La necesidad de considerar la incertidumbre se origina en dos hechos, las imprecisiones en los datos y la falta de seguridad en las reglas.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

El Sistema Basado en Reglas debe ser capaz de ofrecer explicaciones al usuario cuando este se la pida. (Gálvez Lio, 1998).

La función básica de un SBR, es producir resultados. La salida primaria puede ser la solución a un problema, la respuesta a una pregunta o un análisis de algún dato, aunque pueden producirse salidas secundarias en dependencia de los propósitos del sistema. (Martín Roque, 2010)

Los SBR son los más conocidos de los SBC, sistemas basados en el conocimiento clásicos como Dendral, MYCIN y R1 también conocido como XCON fueron SBR (Gálvez Lio, 1998).

1.2.4 Sistemas Expertos.

En la literatura existente se encuentran numerosas definiciones de Sistemas Expertos, en esta investigación se asume la de Criado Briz.

“Un sistema experto puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada”. (Criado Briz, 2013)

Durante la última década se han desarrollado aplicaciones de sistemas expertos para muchos campos, pues existen varias razones para utilizarlos ya que con la ayuda de estos, personal con poca experiencia puede resolver problemas que requieren un conocimiento de experto, también el conocimiento de varios expertos humanos puede combinarse, los sistemas expertos pueden responder a preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que un experto humano (Gutiérrez, 2014).

Una característica decisiva de los Sistemas Expertos es la separación entre conocimiento (reglas, hechos) por un lado y su procesamiento por el otro. A ello se añade una interface de usuario y un componente explicativo (Gálvez Lio, 1998).

Arquitectura básica de los sistemas expertos.

Los Sistemas Expertos están compuestos por (Bello, y otros, 1995):

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

La base de conocimientos. Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio. Una forma clásica de representar el conocimiento en un sistema experto son las reglas de producción.

La base de hechos (Memoria de trabajo). Contiene los hechos sobre un problema que se han descubierto durante una consulta. Durante una consulta con el sistema experto, el usuario introduce la información del problema actual en la base de hechos. El sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimientos para deducir nuevos hechos.

El motor de inferencia. El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos para deducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones acerca del problema.

El subsistema de explicación. Una característica de los sistemas expertos es su habilidad para explicar su razonamiento. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y cómo ha llegado a una conclusión.

La interfaz de usuario. La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de las cuestiones. Esto puede requerir diseñar el interfaz usando menús o gráficos.

Muchas son las aplicaciones de los sistemas expertos en la vida moderna y en áreas tan diversas como las transacciones bancarias, los semáforos, el sector textil, la educación y el diseño.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Sin embargo es en el campo de la medicina donde estos sistemas inteligentes se han aplicado con notable relevancia, pues pueden ser utilizados para contestar a las siguientes preguntas:

- Supuesto que un paciente presenta un conjunto de síntomas, ¿cómo se decide qué enfermedad es la que más probablemente tiene el paciente?
- ¿qué modelos pueden utilizarse para describir las relaciones entre los síntomas y las enfermedades?
- Dado que el conjunto de síntomas conocidos no es suficiente para diagnosticar la enfermedad con cierto grado de certeza, ¿qué información adicional debe ser obtenida (por ejemplo, ¿qué síntomas adicionales deben ser identificados? o ¿qué pruebas médicas deben realizarse?).
- ¿cuál es la contribución de cada uno de los síntomas adicionales o pruebas a la toma de decisión?

En la literatura consultada se registran, entre otros, sistemas expertos para ayudar en el diagnóstico de abdomen agudo, anomalías craneofaciales (Señor García, 2007) y para la realización de diagnóstico de parálisis facial con electromiografía: PARFAC (Ruiz, 2006). De igual forma (Pérez Martínez, 2009) se refiere a un sistema para la detección precoz de la retinopatía diabética que, a partir de las imágenes tomadas con retinógrafos digitales, es capaz de detectar el disco óptico y los capilares del ojo. Mientras que en la Universidad de Alicante se desarrolla un sistema experto para ayudar en el diagnóstico urodinámico, permitiendo al urólogo decidir el posible diagnóstico de un paciente realizando el menor número de ensayos.

1.2.5 Tecnologías y herramientas para los Sistemas Expertos.

En la literatura revisada se encontraron varias metodologías para el diseño de un SE, entre ellos las propuesta por José Domingo Carrillo Verdun, por Francklin Rivas Echeverría, Marlene Carlos Soto y por el Dr.C Mateo Lezcano Brito.

1.2.5.1 Metodología descrita por Marlene Carlos Soto.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

En la fase de desarrollo el peso del trabajo recae en el Experto y el Ingeniero del Conocimiento.

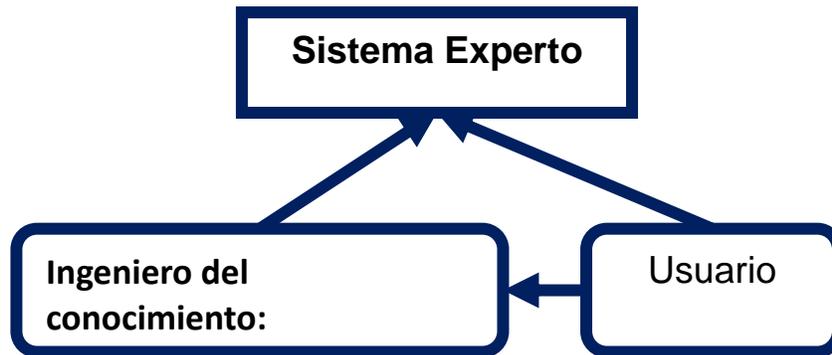


Figura 1.1 Relación entre los grupos que intervienen en el desarrollo.

En el desarrollo del Sistema Experto estas tres personas trabajan muy unidas, ya que el experto y el ingeniero deben tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario. Primeramente elaboran los problemas que deben ser resueltos por el sistema.

Una vez delimitado el dominio hay que alimentar poco a poco al sistema con los conocimientos del experto, este último debe constantemente chequear que sus conocimientos hayan sido transmitidos de la forma más conveniente. El ingeniero del conocimiento es responsable de una implementación correcta pero no de la exactitud del conocimiento, esta exactitud recae en el experto antes mencionado.

Además de esto no debe ignorarse nunca al usuario durante el desarrollo, para que al final se disponga de un sistema que le sea de máxima utilidad.

Los pasos a seguir en el desarrollo de un Sistema Experto son:

Paso 1: Elección de la aplicación: En esta fase lo primero que debemos saber es si cumple con las siguientes condiciones:

La información declarativa: Es necesario considerar el conocimiento como modular y de este modo si ocurre algún error poder actualizarlos sin perderse en largas líneas de código.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Las ventajas de la interfaz: Como las inferencias hechas por los SE son similares a los mismos expertos humanos, el comportamiento del SE es amigable y los usuarios pueden mantener el sistema. Otra ventaja es que el conocimiento faltante en la base de conocimientos puede ser fácilmente obtenido de un modo natural.

El SE debe ser capaz de explicar sus conclusiones: Estos se debe a que se puede defender las conclusiones en términos de las oraciones de la base de datos que fueron usados para llegar a esa conclusión. De esta forma no solo se puede verificar razonamientos incorrectos o la falta de alguno de ellos sino que también la maquina será capaz de enseñar a los humanos a partir de sus experiencias.

Paso 2. Elección de la herramienta apropiada: Para la elección de la herramienta de desarrollo del Sistema Experto se han establecido algunos principios, ejemplo: la herramienta debía poseer solamente el grado de generalidad necesario para resolver el problema dado y probar el software de partida construyendo un pequeño prototipo antes de su realización.

La herramienta debe poseer las siguientes características:

- El lenguaje de realización deberá ser lo más simple y universal posible.
- Un medio de acceso a los mecanismos de control si la generalidad es más importante que la eficacia, o a la inversa, un sistema de control muy limitado si se busca un aprendizaje, una automodificación o explicaciones elaboradas.
- Capacidades de diálogos elaboradas (lenguaje casi natural, diccionario...) si el tiempo de desarrollo es un factor crítico.

Por último es necesario utilizar una herramienta que ya haya servido para una aplicación comparable.

Para la realización del SE es necesario respetar el formalismo de representar el conocimiento a usar, así como las técnicas de solución del problema adecuado a este formalismo y al problema que se está considerando, pero la determinación de estos se obtiene luego de haber efectuado la adquisición y el modelado de la

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

información para posteriormente reducirlo a un nivel simbólico y así poderlo implementar como un Sistema Informático.

Paso 3. Transferencia de Experiencia: La transferencia de experiencia se efectúa del experto al SE, ayudado por el ingeniero del conocimiento. La disciplina que interviene en la transferencia de experiencia se denomina ingeniería del conocimiento.

El proceso se descompone en cuatro etapas:

1. Análisis del problema
2. Adquisición del conocimiento y conceptualización
3. Formalización y representación del conocimiento y
4. Validación

Etapa1 Análisis del problema: Consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema. Es importante tener en cuenta los deseos y sugerencias del usuario. El resultado de esta etapa es el proyecto de construcción del SE.

Etapa2 Adquisición del conocimiento y conceptualización: Consiste en identificar todos los elementos que intervienen en la solución del problema a través de estudios y seleccionar los conceptos básicos que harán posible el funcionamiento del sistema.

Etapa3 Formalización y representación del conocimiento: La actividad del ingeniero del conocimiento en esta fase se concreta en las siguientes tareas:

- Elección de un formalismo de representación del conocimiento.
- Elección de una arquitectura que permita coordinar y manejar los distintos tipos de elementos que intervienen en la solución del problema.
- Creación de la base de conocimientos utilizando el formalismo y la arquitectura elegida. -Diseño de la interfaz del SE con el usuario y con el resto del entorno lógico.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Etapa4 Validación: El desarrollo de un SE no se considera que está acabado una vez que funciona este sino que se continúa desarrollando y actualizando tanto el conocimiento del sistema como los métodos del procesamiento, quedando reflejados los progresos o modificaciones en el campo, área o sistema. (Carlos Soto, Sistema experto de diagnóstico médico del síndrome de Guillian Barre)

1.2.5.2 Metodología para el desarrollo de SE propuesta por Mateo Lezcano Brito.

El Dr.C. Mateo Lezcano Brito, en su libro Prolog y los Sistemas Expertos enuncia una metodología para el desarrollo de este tipo de sistemas, en la que considera se debe partir de un estudio del dominio, con vista a determinar si es realmente propicia la construcción del sistema experto o no, para lo cual establece una serie de criterios. Después de hecho este análisis, si se determina que es posible la construcción del sistema experto, se pasa a las diferentes etapas que se mencionan a continuación.

- 1) Identificación: En esta etapa se determina, básicamente, cuál es el problema que se quiere resolver y sus características, así como quienes van a participar en el levantamiento de la base de conocimiento y el papel de cada cual en ese proceso, entre otras cosas. Es más bien un periodo de familiarización, donde tiene lugar la relación inicial entre el experto y el ingeniero del conocimiento.
- 2) Establecer conceptos: Se definen los conceptos para la representación del conocimiento. El experto y el ingeniero del conocimiento determinan los aspectos claves del problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema, para ello se establecen una serie de elementos esenciales, tales como: los tipos de datos disponibles, los datos de salida, de qué forma se va a organizar el conocimiento disponible para seguir el proceso de razonamiento, bajo cuales limitaciones se trabaja, entre otros.
- 3) Formalización: En esta etapa, después de un análisis intensivo, por parte del ingeniero de conocimiento, de los diferentes medios de representación con que se

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

cuenta, se determina cuál se adapta mejor a las condiciones del problema. La definición de los conceptos y relaciones derivadas así como la creación de reglas que los relacionan con el conocimiento explícito, marca el paso del plano conceptual al formal.

En esta fase el ingeniero del conocimiento juega un papel más activo, determinando la existencia de datos redundantes, si hay incertidumbre asociada a los datos, si estos son consistentes y completos para resolver el problema y si la interpretación lógica de los datos depende de su orden de ocurrencia en el tiempo.

- 4) Implementación: Este es el momento en que se lleva a cabo la formalización de las reglas que abarcan todo el conocimiento, obteniéndose un primer prototipo, que muestra sobre un esquema elemental la forma en que opera el sistema.

El objetivo fundamental de este primer prototipo es obtener una solución inmediata del problema, independientemente de cuan eficiente pueda ser, para luego someterlo a un proceso de refinamiento.

La realización de pruebas al primer prototipo y el análisis de las críticas que se hagan a su funcionamiento servirán como punto de partida para la formalización de una versión más avanzada de la base de conocimiento.

- 5) Prueba: Este es un periodo de validación del conocimiento ya formulado. Se hace una valoración del sistema en su conjunto, probándolo con un grupo bastante amplio de ejemplos, de forma que se cubran todos los casos posibles. Se hace con el objetivo de determinar insuficiencias en la base de conocimiento y/o en las estrategias para la solución del problema.

Por otro lado, para la aplicación efectiva del sistema en la práctica, se hacen pruebas con diferentes expertos que ofrecerán sus puntos de vista acerca de su funcionamiento.

Después que se han hecho todas las críticas, se incorporan las correcciones a la formalización final y se pasa a la implantación como tal del sistema. Seguida de

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

un período cíclico de permanente crítica y mejora de la base de conocimiento hasta que se alcance una situación de estabilidad.

Entre todas estas etapas, apunta Lezcano Brito (1995) no existe una clara separación e independencia.

Una vez concluida la descripción de las etapas a seguir para el desarrollo de un SE el referido autor reseña las vías más comúnmente utilizadas por el ingeniero del conocimiento para ejercer su función, destacando el análisis de ejemplos de problemas, la clasificación de ejemplos, la entrevista directa, la discusión de casos y la observación del experto en su trabajo.

El Proceso Unificado de desarrollo de software.

El Proceso Unificado es un proceso de desarrollo de software, este no es más que el conjunto de actividades necesarias para transformar los requisitos de un usuario en un sistema software. Sin embargo, el Proceso Unificado es más que un simple proceso; es un marco de trabajo genérico que puede especializarse para una gran variedad de sistemas de software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de aptitud y diferentes tamaños de proyectos. El Proceso Unificado está basado en componentes, lo cual quiere decir que el sistema software en construcción está formado por componentes software interconectados a través de interfaces bien definidas.

El Proceso Unificado utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language, UML) para preparar todos los esquemas de un sistema software. De hecho, UML es una parte esencial del Proceso Unificado. No obstante, los verdaderos aspectos definitorios del Proceso Unificado se resumen en dos partes claves; la definición de los casos de usos y la definición de la arquitectura (Jacobson, y otros, 2000).

JAVA

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

implementación como fuera posible. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo (conocido en inglés como WORA, o "write once, run anywhere"), lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra. Java es, a partir de 2012, uno de los lenguajes de programación más populares en uso, particularmente para aplicaciones de cliente-servidor de web, con unos 10 millones de usuarios reportados.

NetBeans

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. NetBeans IDE2 es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. NetBeans es un proyecto de código abierto de gran éxito con una gran base de usuarios, una comunidad en constante crecimiento, y con cerca de 100 socios en todo el mundo.

Help+Manual

Una Guía de usuario, también conocida como Manual de usuario, es un documento de comunicación técnica destinado a dar asistencia a las personas que utilizan un sistema en particular. Por lo general, este documento está redactado por un escritor técnico, como por ejemplo los programadores del sistema o los directores de proyectos implicados en su desarrollo, o el personal técnico, especialmente en las empresas más pequeñas.

Las Guías del usuario son más comúnmente asociadas con los productos electrónicos, como computadoras y programas. La mayoría de las guías de usuario contienen tanto una guía escrita como imágenes asociadas. En el caso de las aplicaciones informáticas, es habitual incluir capturas de pantalla de cómo el programa debería ser, y manuales que a menudo incluyen diagramas claramente detallados y sencillos que detallan los pasos a realizar por el usuario para llevar a

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

cabo las distintas opciones disponibles. El lenguaje utilizado deberá ser sencillo, dirigido a una audiencia que podrá no entender un lenguaje demasiado técnico.

El Help+ Manual, es un instrumento de documentación que es tan fácil de usar como un procesador de textos, sin embargo, mucho más potente. La curva de aprendizaje es corta. Si bien es tan fácil de usar como Word, Ayuda + Manual le da todo el poder de un verdadero editor.

Prolog.

Prolog es un lenguaje de programación para manipular objetos y las relaciones entre ellos y se clasifica como un lenguaje de programación lógica debido a que se basa en la prueba de teoremas, a partir de una base de datos interna formada por reglas escritas en la forma de cláusulas de Horn, donde se aplica el principio de resolución y de unificación. Se dice que Prolog es adecuado para buscar soluciones de problemas que no sabemos resolver (Lezcano Brito, 1995).

Por tal razón son muchas las compañías de software que han creado sus propias versiones. La diferencia entre una versión y otra es mínima ya que la sintaxis y la semántica, generalmente, es la misma, la variación que más resalta es el cambio de plataforma para el cual fueron desarrollados. Según Ramos Ríos (2010), los más usados y conocidos son: ADA PD Prolog, Arity/Prolog32, B-Prolog y UCShell.

UCShell.

UCShell (Concha desarrollada en la Universidad Central de las Villas), es un ambiente de desarrollo integrado, que permite la creación de proyectos y bases de conocimiento. El ambiente permite editar, compilar (con información simbólica o no) y ejecutar bases de conocimientos. (Lezcano Brito, Fundora Fernández, & Salazar Acosta, Desarrollando Sistemas Expertos con UCShell, 2012)

Las bases de conocimiento del sistema UCShell usan las reglas de producción como forma de representación del conocimiento.

Fundamentos teóricos de un sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo

Los objetos que manipula la máquina de inferencia UCSHELL se denominan atributos y pueden verse como las variables en los lenguajes de programación. Los atributos pueden ser de tres tipos:

1. hechos, cuando tienen un valor asociado.
2. deducibles, cuando forman parte de la conclusión de una regla.
3. preguntables, cuando tienen una pregunta asociada.

Los dos últimos pueden convertirse en hechos durante el proceso de inferencia, adicionalmente cualquier atributo puede tener la cualificación de externo.

Según Lezcano Brito y otros 2016 para dirigir el funcionamiento de la máquina de inferencia, su diseñador (el ingeniero del conocimiento) dispone de un conjunto de herramientas, como son:

- Las cláusulas, que son el equivalente de las sentencias en un lenguaje de programación, existe un pequeño conjunto que permite: comenzar la búsqueda, hacer iteraciones, mostrar mensajes y los contenidos de los atributos, entre otras.
- Las funciones aritméticas. Permitiendo hacer operaciones aritméticas fundamentales.
- Los operadores lógicos y aritméticos.

1.3 Conclusiones.

El estudio de los fundamentos teóricos y metodológicos para desarrollar un sistema experto para la clasificación temprana de dengue severo permitió concluir que:

1. Las reglas de producción como forma de representar el conocimiento son adecuadas para resolver el problema planteado.
2. Los sistemas expertos, son sistemas inteligentes con aplicaciones diversas en el área de la medicina, por lo que constituyan una herramienta a tomar en cuenta en esta investigación.
3. La metodología del Dr. Mateo Lezcano Brito descrita en su libro Prolog y los Sistemas Expertos en combinación con el lenguaje unificado del modelo es pertinente para esta investigación.
4. Como herramienta para la implementación de la base de conocimiento UCShell 3.0, para la interfaz visual NetBeans8.0 y para la confección del manual de ayuda Help+Manual.

Capítulo 2: Análisis, diseño e implementación de la propuesta de solución.

En este capítulo se describen el desarrollo de SEC-Dengue a partir de cada una de las etapas contempladas en la metodología propuesta por (Lezcano Brito, 1995).

2.1 Identificación

Esta etapa comenzó con un estudio del dominio con vista a determinar si era realmente propicio la construcción del SE o no, en él se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- inexistencia de una solución algorítmica para el problema,
- complejidad de las tareas a resolver,
- interés práctico y beneficios que se observaran,
- posibilidad de pérdida del conocimiento humano.

Dicho estudio arrojó que era posible la construcción del sistema experto. Posteriormente se determinó, cuál es el problema que se quiere resolver y sus características, así como quienes van a participar en el levantamiento de la base de conocimiento y el papel de cada cual en ese proceso.

Los participantes en el levantamiento de la base de fueron:

- Ernesto Arencibia Obregón encargado del diagnóstico y la vigilancia de enfermedades infecciosas.
- Beatriz Vega Riverón y Lizet Sánchez Valdés quienes aportaron las técnicas de clasificación y procesamiento de las bases de datos. Sus resultados sirvieron para establecer las reglas del sistema.
- Dr. Daniel González Rubio, Dr. Osvaldo Castro, Dr. Orlando Javier Suárez García y Dr. Betsy Pacheco Arencibia participaron como expertos de Dengue, ellos facilitaron la información clínica útil al sistema y asesoraron en este sentido.

De forma conjunta, se determinaron los elementos del dominio con sus elementos descriptivos, los que se relacionan seguidamente:

Elementos del dominio:

- Signos de alarmas.

Conceptos descriptivos:

- Fiebre: elevación sostenida de la temperatura corporal.
- Cefalea: dolor de la cabeza.
- Astenia marcada: decaimiento.
- Vómitos reiterados: expulsión frecuente por la boca del contenido de las vías digestivas.
- Anorexia: pérdida del apetito.
- Rash: sarpullido o erupción cutánea.

- Antecedentes patológicos.

Conceptos descriptivos:

- Sicklemia: anemia hemolítica crónica de carácter hereditario producida por una sustitución de aminoácido en la cadena polipeptídica de la hemoglobina.
- Asma Bronquial: enfermedad respiratoria en la que el espasmo y la constricción de los bronquios y la inflamación de su mucosa limita el paso del aire, con la consiguiente dificultad respiratoria. Este estrechamiento de las vías respiratorias es típicamente temporal y reversible, pero en ataques severos de asma puede provocar incluso la muerte.
- Diabetes Mellitus: enfermedad producida por una alteración del metabolismo de los carbohidratos en la que aparece una cantidad excesiva de azúcar en la sangre y a veces en la orina.
- Hipertensión Arterial (HTA): tensión arterial alta.
- Alergia: enfermedad debida a una reacción exagerada del sistema inmunológico (hipersensibilidad) frente a determinadas sustancias que son inocuas para la mayoría de las personas.
- Género: Evaluado según características fenotípicas (M, y otros, 2006).

- Hallazgos de laboratorio.

Conceptos descriptivos:

- Plaquetas: también denominada trombocito, fragmento citoplasmático de un megacariocito (la célula de mayor tamaño presente en la médula ósea), que se encuentra en la sangre periférica, donde interviene en el proceso de coagulación de la sangre.
- Hemoglobina: pigmento especial que predomina en la sangre cuya función es el transporte de oxígeno.
- Leucopenia: Número de leucocitos en la sangre inferior al normal. Valor del leucograma menor de 5×10^9 .
- Trombocitopenia: descenso patológico del número de plaquetas circulantes. Valor del conteo de plaquetas menor o igual que 150×10^9 .
- Citolisis hepática: ALT, AST o ambas con valor mayor de 40 UI/L
- Hemoconcentración: Aumento de 20% del hematocrito por encima de un valor basal
- Proteinuria: Presencia de proteínas en el sedimento urinario.

- Hallazgos de ultrasonido.

Conceptos descriptivos:

- Derrame pleural: presencia de líquido en la cavidad pleural motivado por múltiples enfermedades que de acuerdo a la características de ese líquido puede ser exudado o traxudado.
- Derrame pericárdico: presencia de líquido en la cavidad del pericárdico.
- EPV: presencia de epato y o esplenomegaria.

- Manifestaciones clínicas.

Conceptos descriptivos:

- Manifestación hemorrágica: lesiones en la piel, sangramiento por la mucosa u órganos internos.
- Diarreas: alteración del ritmo intestinal que se acompaña de aumento del número de deposiciones o de alteración de las características normales de una deposición (líquidas o semilíquidas). Se trata en

general de un proceso transitorio cuya causa más frecuente son las infecciones víricas o bacterianas. También puede ser producida por la toma de sustancias tóxicas que lesionan el intestino, por situaciones de tensión emocional o por estados nerviosos alterados.

- Prurito: sensación procedente de la piel que produce el deseo de rascado. También se llaman así las alteraciones cutáneas caracterizadas por esa sensación. El picor, o escozor, se produce por la irritación de las terminales nerviosas sensitivas del dolor y el tacto localizadas en la piel, y puede acompañarse de inflamación o erupciones cutáneas.
- Mareos: sensación que afecta a muchas personas en diferentes grados al inclinarse, al realizar giros o movimientos de vaivén, o al bostezar.

El problema inicial se puede dividir en posibles subproblemas, estos son:

- Clasificar los posibles casos críticos de Dengue severo.
- Clasificar los posibles casos de alarmas de Dengue severo.
- Clasificar los posibles casos de alertas de Dengue severo.

Los objetivos relevantes e irrelevantes de la investigación:

- Relevantes:
 - Lograr clasificar los posibles casos críticos.
- Irrelevantes:
 - Lograr clasificar los posibles casos de alarmas.
 - Lograr clasificar los posibles casos de alertas.

Los recursos con que se cuenta para la obtención de información:

- Expertos de epidemiología del Instituto Pedro Kourí (IPK) de La Habana y el Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos.
- Libro: Dengue y Dengue Hemorrágico por el Dr. Eric Martínez Torres Doctor en Ciencias Médicas Profesor Titular de Pediatría, Miembro de la Academia de Ciencias de Cuba, Miembro de la Asociación Panamericana de

Infectología (API) y de la Sociedad Latinoamericana de Infectología Pediátrica (SLIPE), Director Nacional de Investigación y Desarrollo del Ministerio de Salud Pública de Cuba.

- Tesis: Factores de riesgo asociados a la Fiebre hemorrágica del Dengue. Instituto “Pedro Kouri”, 2006. Por la Dra. Betsy Pacheco Arencibia MD, el cual abarca el tema de los factores de riesgo asociados a la fiebre hemorrágica del Dengue (FHD) en los pacientes hospitalizados en el IPK durante la epidemia presentada en los meses de mayo a noviembre del 2006, en la provincia Ciudad de La Habana.
- Tesis: Caracterización y valor pronóstico de los signos de alarma del Dengue. Instituto “Pedro Kouri”. 2006. Por el Dr. Orlando Javier Suárez García. MD, con el objetivo de caracterizar y estimar el valor pronóstico de los signos de alarma del Dengue en pacientes ingresados en el IPK durante la epidemia de mayo a noviembre del año 2006.
- Tesis del Dr. Daniel González Rubio dirigida a incrementar el conocimiento en aspectos clínicos de la FHD/SCD específicamente por el serotipo 3 del virus.

El alcance que va a tener, en un inicio, el problema y las diferentes submetas trazadas:

- Alcance:
 - La clasificación temprana de los posibles casos críticos de Dengue severo.
- Submetas trazadas:
 - Estudiar toda la bibliografía disponible.
 - Confeccionar la base de conocimiento.
 - Confeccionar la interfaz visual.

2.2 Establecer conceptos.

Se definieron los conceptos para la representación del conocimiento. En esta etapa los expertos y el ingeniero del conocimiento determinaron los aspectos claves del

problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema.

Se establecieron una serie de elementos esenciales, tales como:

- Los tipos de datos disponibles son exactos.
- Establecer factor de certidumbre.
- Los datos de salida constituyen alarmas y alertas para posibles casos de pacientes con Dengue severo.
- El conocimiento se organizó atendiendo a los elementos de dominio y los conceptos descriptivos de estos como ya se había planteado anteriormente, y en base al elemento del dominio que el usuario desee consultar es que se realiza el proceso de razonamiento. Por ejemplo, si el usuario decide consultar los antecedentes patológicos como elemento del dominio, el proceso de razonamiento seguirá la siguiente estrategia: Sicklemia, Asma Bronquial, Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial (HTA) o Alergia, donde en cada caso se evaluará la respuesta del usuario en base a los conceptos, dando así, una posible clasificación para el paciente que se esté consultando.

2.3 Formalización.

En esta etapa se formalizaron los conceptos claves y subproblemas que estaban aislados durante la conceptualización. Se diseñaron las estructuras para organizar el conocimiento. Después de un análisis intensivo, de las diferentes formas de representación del conocimiento, se determinó utilizar las reglas de producción y base de casos en lenguaje Prolog.

2.3.1 Clasificación del conocimiento

La organización del conocimiento quedó dividida en seis módulos donde cada uno, dispone de un predicado principal que será el responsable de invocar al conocimiento almacenado en esa parte.

- Módulo 1:
 - **Nombre:** Signos de alarma:

- **Predicado principal:** consulta.
- El proceso de razonamiento a través del predicado principal:
 - consulta:- posible_caso.
 - posible_caso:-signos_generales.
- Módulo 2:
 - **Nombre:** Antecedentes patológicos:
 - **Predicado principal:** consulta.
 - El proceso de razonamiento a través del predicado principal:
 - consulta:- posible_caso.
 - posible_caso:- antecedente_Sicklemlia.
 - posible_caso:- antecedentes_Asma_Bronquial.
 - posible_caso:- antecedentes_Diabetes_mellitus.
 - posible_caso:- antecedentes_HTA.
 - posible_caso:-antecedentes.
- Módulo 3:
 - **Nombre:** Hallazgos de laboratorio:
 - **Predicado principal:** consulta.
 - El proceso de razonamiento a través del predicado principal:
 - consulta:- posible_caso.
 - posible_caso:-conteo_plaquetas.
 - posible_caso:-conteo_plaquetas_creatinina.
 - posible_caso:-conteo_plaquetas_creatinina_hemoglobina.
 - posible_caso:-trombocitopenia.
 - posible_caso:-leucopenia.
 - posible_caso:-citolisis_hepatica.
 - posible_caso:-hematocrito.
 - posible_caso:-hemoconcentracion.
 - posible_caso:-proteinuria.
- Módulo 4:
 - **Nombre:** Hallazgos de ultrasonido:
 - **Predicado principal:** consulta.

- El proceso de razonamiento a través del predicado principal:

consulta:- posible_caso_critico.
posible_caso_critico:-derrame_pleural.
posible_caso_critico:-derrame_pericardico.
posible_caso_critico:-epv.
posible_caso_critico:-edema_perivesicular.

- Módulo 5:

- **Nombre:** Manifestaciones clínicas:

- **Predicado principal:** consulta.

- El proceso de razonamiento a través del predicado principal:

consulta:- posible_caso.
posible_caso_critico:-manifestacion_hemorragica.
posible_caso_critico:-manifestacion_nauseas.
posible_caso_critico:-manifestacion_diarreas.
posible_caso_critico:-manifestacion_prurito.
posible_caso_critico:-manifestacion_mareos.

- Módulo 6:

- **Nombre:** Base de Casos.

- **Predicados principales:**

- Posible caso crítico.
- Posible caso de alarma.

- El proceso de razonamiento a través de los predicados principales.

2.4 Implementación.

En esta fase se combinó y organizó el conocimiento formalizado para hacerlo compatible con las características del flujo de información del problema. Se llevó a cabo la formalización de las reglas y de los casos que abarcan todo el conocimiento, obteniéndose un primer prototipo, que muestra sobre un esquema elemental la forma en que opera el sistema. El objetivo fundamental de este primer prototipo es obtener una solución inmediata del problema.

La realización de pruebas al primer prototipo y el análisis de las críticas que se hicieron a su funcionamiento sirvieron como punto de partida para la formalización de una versión más avanzada de la base de conocimiento.

2.4.1 Formalización de las reglas.

Algunas reglas que abarcan el conocimiento quedaron formalizadas de la siguiente manera:

```
antecedente_Sicklemia:- write('¿El paciente presenta Sicklemia como antecedente?'),nl,
                        read(Antecedente_Sicklemia),
                        Antecedente_Sicklemia='S',
                        write('Posible caso crítico').
```

```
conteo_plaquetas_creatinina:- write('¿Cuál es el valor de la creatinina?'),nl,
                              read(Creatinina),
                              asserta(creatinina(Creatinina)),
                              plaquetas(Plaquetas),
                              Plaquetas > 65.5, Plaquetas < 123.5, (Creatinina > 83;
                              Creatinina = 83),
                              write('Posible caso crítico').
```

```
conteo_plaquetas_creatinina_hemoglobina:- write('¿Cuál es el valor de la hemoglobina?'),nl,
                                           read(Hemoglobina),
                                           plaquetas(Plaquetas),
                                           creatinina(Creatinina),
                                           Plaquetas > 65.5, Plaquetas < 123.5,Creatinina <
                                           83,Hemoglobina < 148.5,
                                           write('Posible caso crítico').
```

```
manifestacion_nauseas:- write('¿El paciente manifiesta náuseas ¿?'),nl,
                        read(Nauseas),
                        Nauseas='S',
                        write('Caso de alarma').
```

```
signos_generales:- write('¿El paciente presenta fiebre elevada, constante y diaria?'),nl,
                  read(Fiebre),
                  Fiebre='S',
                  write('¿El paciente presenta cefalea intensa, constante y opresiva?'),nl,
                  read(Cefalea),
```

```
Cefalea='S',
write('¿El paciente presenta dolor retrocular, al movimiento ocular e
intenso?'),nl,
read(Dolor_ocular),
Dolor_ocular='S',
write('Posible caso crítico').
signos_generales:- write('¿El paciente presenta gingivorragia?'),nl,
read(Gingivorragia),
Gingivorragia='S',
write('Caso de alarma ').
```

En una segunda versión con la intención de hacer el código compatible con UCShell las reglas se volvieron a formalizar.

En la segunda versión cada módulo de la base de conocimiento se divide en tres partes, un bloque de preguntas, un bloque de reglas y un bloque de explicación; tal como se muestra en el ejemplo siguiente:

/*Bloque de Preguntas*/

ASKS

```
ask Sicklemia : '¿El paciente presenta Sicklemia como antecedente?'
```

```
domain 'si',
```

```
'no'
```

```
ask Diabetes_Mellitus : '¿El paciente presenta Diabetes Mellitus como
antecedente?'
```

```
domain 'si',
```

```
'no'
```

```
ask Asma_Bronquial : '¿El paciente presenta Asma Bronquial como
antecedente?'
```

```
domain 'si',
```

```
'no'
```

```
ask HTA : '¿El paciente presenta Hipertensión Arterial?'
```

```
domain 'si',  
      'no'
```

```
ask Edad : '¿El paciente se encuentra en la edad comprendida entre 30  
y 39 años?'
```

```
domain 'si',  
      'no'
```

```
ask Cardiopatía_Isquemica : '¿El paciente presenta Cardiopatía  
Isquémica?'
```

```
domain 'si',  
      'no'
```

```
ask Hepatopatias : '¿El paciente presenta Hepatopatías?'
```

```
domain 'si',  
      'no'
```

/*Bloque de reglas*/

```
RULES
```

```
rule 1
```

```
if (Sickleimia = 'si') AND (Diabetes_Mellitus = 'si')
```

```
then
```

```
diagnostico := 'El paciente presenta un posible caso crítico'
```

```
ACTIONS
```

```
    display 'El diagnostico es:',diagnostico
```

```
end;
```

```
rule 2
```

```
if (Asma_Bronquial = 'si')
```

```
then
```

```
diagnostico := 'Explicación 1.2'
```

ACTIONS

```
    display 'El diagnostico es:',diagnostico  
end;
```

rule 3

```
if (Diabetes_Mellitus = 'si')  
then  
diagnostico := 'Explicación 1.4'
```

ACTIONS

```
    display 'El diagnostico es:',diagnostico  
end;
```

rule 4

```
if (HTA = 'si')  
then  
diagnostico := 'Explicación 1.3'
```

ACTIONS

```
    display 'El diagnostico es:',diagnostico  
end;
```

2.4.2 Diseño de la interfaz gráfica

Para lograr una mayor eficiencia en el proceso de trabajo, y sobre todo para lograr una coherencia formal entre todos los módulos del sistema, se han pautado una serie de elementos comunes que facilitan su uso y reconocimiento.

Se diseñó una pantalla inicial global del sistema experto, desde la cual se accederá a sus diferentes módulos. Este está determinado fundamentalmente por el principio de la usabilidad, manteniendo pautas estéticas y agradables.

La resolución óptima para la cual está diseñada la aplicación es de 800 x 600 px. El logo siempre estará ubicado en la parte superior de cada módulo. La tipografía será siempre Arial, por su amplia legibilidad y por las facilidades conocidas que brinda para la lectura digital. El diseño de la interfaz de SEC-Dengue es muy simple de comprender por el usuario (figura 2.1).



FIGURA 2.1 VENTANA PRINCIPAL DE SEC-DENGUE

2.4.2 Diseño de los módulos del sistema.

Cada módulo posee una base de conocimiento, la cual está dividida en tres partes, un bloque de preguntas, un bloque de reglas, bloque de casos y un bloque de explicación; un motor de inferencia y una interfaz del usuario.

2.4.2.1 Diálogos del sistema.

Cada módulo comienza con una pregunta del sistema para que el médico responda, en dependencia de la respuesta SEC-Dengue sigue un camino u otro en el árbol de

soluciones posibles. El diálogo continúa hasta que el sistema sea capaz de concluir una clasificación o indicando que no pudo clasificar.

Diálogo del módulo Signos de Alarma:

T: ¿El paciente presenta fiebre elevada, constante y diaria? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta cefalea intensa, constante y opresiva? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta dolor retrocular, al movimiento ocular e intenso? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El dolor abdominal se hace intenso y mantenido? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta astenia marcada? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta vómitos reiterados? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta anorexia? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta rash? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta gingivorragia? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta mialgias? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta artralgias? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta linfadenopatías? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

Diálogo del módulo Antecedentes Patológicos:

T: ¿El paciente presenta Sicklemia como antecedente? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta Asma Bronquial como antecedente? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Cuál es el color de la piel del paciente? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta Diabetes Mellitus como antecedente? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta Hipertensión Arterial? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta antecedentes de Alergia? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Género del paciente? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente se encuentra en la edad comprendida entre 30 y 39 años? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta Cardiopatía Isquémica? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta Hepatopatías? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

Diálogo del módulo Hallazgos de Laboratorio:

T: ¿Cuál es el valor del conteo de las plaquetas? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Cuál es el valor de la creatinina? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Cuál es el valor de la hemoglobina? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Cuál es el valor de transaminasas hepáticas: aspartato aminotransferasa (AST) y alanin aminotransferasa (ALT)? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Cuál es el valor del leucograma? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿Cuál es el valor del Hematocrito? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta proteinuria en el sedimento urinario? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

Diálogo del módulo Hallazgos de Ultrasonido:

T: ¿En el paciente se constata derrame pleural o ascítico? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta derrame pericárdico? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta EPV? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente presenta edema perivesicular? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

Diálogo del módulo Manifestaciones Clínicas:

T: ¿El paciente presenta como manifestación clínica hemorragias como son: metrorragia, gingivorragia o petequias? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente manifiesta náuseas? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente manifiesta diarreas? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente manifiesta prurito? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

T: ¿El paciente manifiesta mareos? Respuesta del médico

T: Respuesta del sistema.

2.4.3 Diagrama de casos de uso del sistema.

Para complementar la metodología que se utilizó se analizaron los casos de uso del sistema, esto favoreció que el desarrollador y los clientes llegaran a un acuerdo sobre las condiciones y posibilidades que debe tener el producto final. Este diagrama se muestra en la figura 2.2.

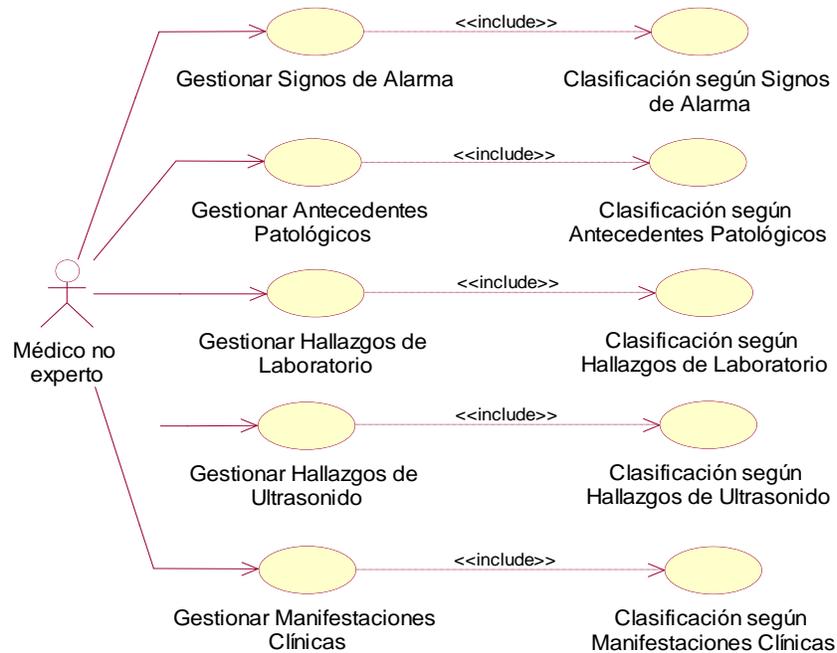


Figura 2.2 Diagrama de caso de Uso del Sistema.

2.6.1 Descripción de los casos de usos.

Tabla 2.1 Caso de uso Gestionar Signos de Alarma.
Caso de uso: Gestionar Signos de Alarma
Actores: Médico no experto en Dengue (inicia).
Propósito: Solicitar ayuda al sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando un médico no experto en Dengue, desea consultar el sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta. El sistema le realiza preguntas al médico y tomando las respuestas en consideración, hace la posible clasificación. El caso de uso finaliza cuando el sistema logra una posible clasificación.
Pre-condiciones: El médico debe conocer los signos de alarma del paciente.
Pos-condiciones: Que el sistema haga una posible clasificación.

Tabla 2.2 Caso de uso Gestionar Antecedentes Patológicos.

Caso de uso: Gestionar Antecedentes Patológicos

Actores: Médico no experto en Dengue (inicia).

Propósito: Solicitar ayuda al sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta.

Resumen: El caso de uso se inicia cuando un médico no experto en Dengue, desea consultar el sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta. El sistema le realiza preguntas al médico y según sus respuestas se hace la posible clasificación. El caso de uso finaliza cuando se logra una posible clasificación.

Pre-condiciones: El médico debe conocer los antecedentes patológicos del paciente.

Pos-condiciones: Que el sistema haga una posible clasificación.

Tabla 2.3 Caso de uso Gestionar Hallazgos de Laboratorio

Caso de uso: Gestionar Hallazgos de Laboratorio

Actores: Médico no experto en Dengue (inicia).

Propósito: Solicitar ayuda al sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta.

Resumen: El caso de uso de inicia cuando un médico no experto en Dengue, desea consultar el sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta. El sistema le realiza preguntas al médico y según sus respuestas el sistema hace la posible clasificación El caso de uso finaliza cuando se logra una posible clasificación.

Pre-condiciones: El médico debe conocer el resultado de los hallazgos de laboratorio del paciente.

Pos-condiciones: Que el sistema haga una posible clasificación.

Tabla 2.4 Caso de uso Gestionar Hallazgos de Ultrasonido

Caso de uso: Gestionar Hallazgos de Ultrasonido

Actores: Médico no experto en Dengue (inicia).

Propósito: Solicitar ayuda al sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico,

caso de alarma o caso de alerta.

Resumen: El caso de uso de inicia cuando un médico no experto en Dengue, desea consultar el sistema para clasificar a un paciente en caso crítico, caso de alarma o caso de alerta. El sistema le realiza preguntas al médico y en dependencia de sus respuestas hace la posible clasificación El caso de uso finaliza cuando el sistema hace una posible clasificación.

Pre-condiciones: El médico debe conocer el resultado de los hallazgos de ultrasonido del paciente.

Pos-condiciones: Que el sistema haga una posible clasificación.

Tabla 2.5 Caso de uso Gestionar Manifestaciones Clínicas

Caso de uso: Gestionar Manifestaciones Clínicas

Actores: Médico no experto en Dengue (inicia).

Propósito: Solicitar ayuda al sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta.

Resumen: El caso de uso de inicia cuando un médico no experto en Dengue, desea consultar el sistema para clasificar a un paciente en posible caso crítico, caso de alarma o caso de alerta. El sistema le realiza preguntas al médico y tomando en cuenta las respuestas lleva a cabo la posible clasificación El caso de uso finaliza cuando el sistema hace una posible clasificación.

Pre-condiciones: El médico debe conocer las manifestaciones clínicas del paciente.

Pos-condiciones: Que el sistema haga una posible clasificación.

2.5 Prueba

En esta etapa primeramente se validó el conocimiento ya formulado con el objetivo de determinar insuficiencias en la base de conocimiento y/o en las estrategias para la solución del problema. Para ello se probó el sistema con los datos de los 230 pacientes que padecieron la enfermedad durante la epidemia del año 2006 recogidos en una base de casos.

En la referida base de casos los pacientes se hallan clasificados según el tipo de dengue que padecieron, es decir: dengue clásico o dengue severo, mientras que el sistema los clasifica en posibles caso de alarma, posible caso de alerta y posible

caso crítico, por lo que fue necesario tomar en cuenta la evolución final del paciente a partir de la clasificación realizada con SEC-Dengue. La figura 3.1 ofrece información sobre este análisis.

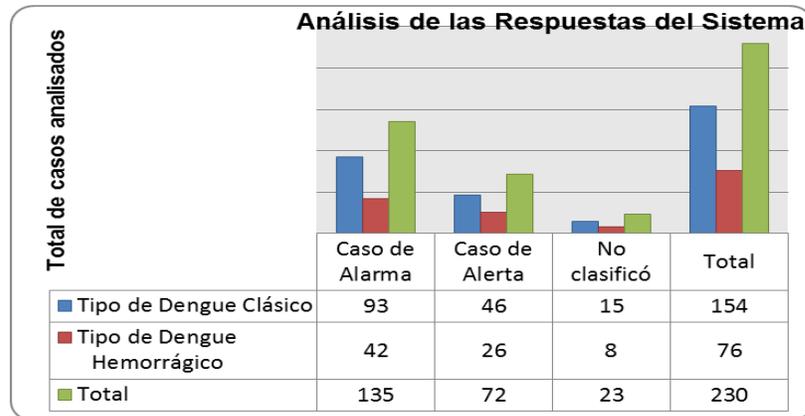


Figura 2.3 Análisis de las respuestas de SEC-Dengue.

De un total de 230 casos presentados en la epidemia correspondiente al año 2006, el sistema clasificó 135 pacientes como Caso de Alarma para un 58,7%, 72 para un 31,3% como Caso de Alerta y los restantes que representan un 10% del total de los casos, no los clasificó.

De los 135 casos clasificados como Caso de Alarma 93 presentaron dengue clásico para un 69.9% y 42 dengue severo para un 31,1%. De los 72 casos clasificados como Caso de Alerta, 46 se presentaron como Dengue Clásico para un 63.9% y 26 como Dengue severo. El sistema no pudo clasificar un total de 23 casos, de estos 15 corresponde a Dengue Clásico para un 65,2% y 8 como Dengue severo.

2.6 Conclusiones.

Al terminar el presente capítulo se concluyó que:

1. El método clásico, metodología descrita por el Dr. Mateo Lezcano Brito, para el desarrollo de un sistema experto, facilita los diseños que requieran más de una forma de representar el conocimiento.
2. La combinación del método clásico y el lenguaje unificado del modelo, propició complementar el diseño del sistema.

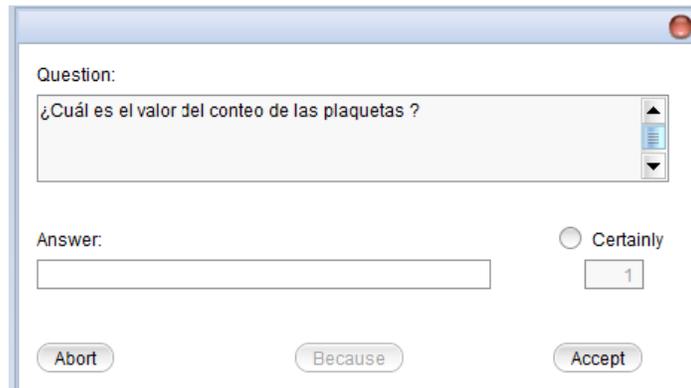
Capítulo 3: Descripción de SEC-Dengue.

En este capítulo se describen las consultas realizadas a SEC Dengue cuando se identifica un diagnóstico de un posible caso crítico, caso de alarma y caso de alerta; mostrando las preguntas y respuestas del sistema, las tablas de valores de inferencia de cada regla ,la decisión final, el árbol de inferencia y la descripción del resultado del sistema. Además se detalla el trabajo con UCSHELL.

3.1 Consultas realizadas a SEC-Dengue.

3.1.1 Consulta realizada a SEC-Dengue cuando se identifica un diagnóstico de posible caso crítico.

En esta consulta se muestran todas las preguntas que se realiza en SEC-Dengue, para lograr identificar un diagnóstico de posible caso crítico según los Hallazgos de Laboratorio y la certeza asociado a cada decisión así como el árbol de inferencia que describe gráficamente el diagnóstico y la regla asociada.



The image shows a graphical user interface window with a title bar. Inside the window, there is a section labeled "Question:" followed by a text input field containing the text "¿Cuál es el valor del conteo de las plaquetas ?". Below this is another section labeled "Answer:" followed by an empty text input field. To the right of the "Answer:" field, there is a radio button labeled "Certainly" and a small input field containing the number "1". At the bottom of the window, there are three buttons: "Abort", "Because", and "Accept".

FIGURA 3.1 PRIMERA PREGUNTA QUE RESPONDE A LOS HALLAZGOS DE LABORATORIO.

Question:
¿Cuál es el valor de la creatinina?

Answer:

Certainly

FIGURA 3.2 SEGUNDA PREGUNTA QUE RESPONDE A LOS HALLAZGOS DE LABORATORIO.

Question:
¿Cuál es el valor de la hemoglobina?

Answer:

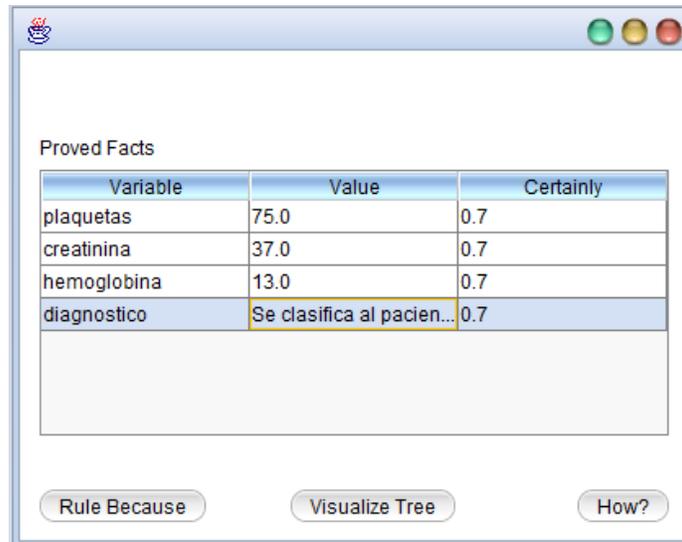
Certainly

FIGURA 3.3 TERCERA PREGUNTA QUE RESPONDE A LOS HALLAZGOS DE LABORATORIO.

Result

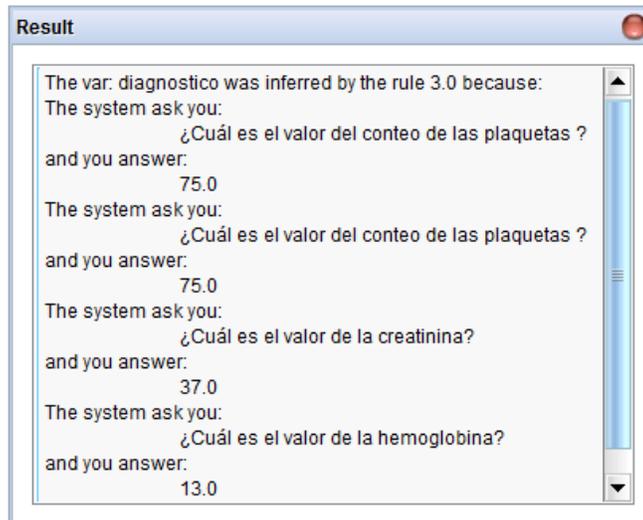
El diagnostico es: Se clasifica al paciente como un posible caso crítico debido a que el valor del conteo de las plaquetas, el de la creatinina y el de la hemoglobina de este no es normal

FIGURA 3.4 VENTANA DE RESPUESTA DEL SISTEMA SOBRE LA PRESENCIA DE UN POSIBLE CASO CRÍTICO.



Variable	Value	Certainty
plaquetas	75.0	0.7
creatinina	37.0	0.7
hemoglobina	13.0	0.7
diagnostico	Se clasifica al pacien...	0.7

FIGURA 3.5 TABLA DE VALORES DE INFERENCIA DE CADA REGLA Y LA DECISIÓN FINAL.



The var: diagnostico was inferred by the rule 3.0 because:
The system ask you:
¿Cuál es el valor del conteo de las plaquetas ?
and you answer:
75.0
The system ask you:
¿Cuál es el valor del conteo de las plaquetas ?
and you answer:
75.0
The system ask you:
¿Cuál es el valor de la creatinina?
and you answer:
37.0
The system ask you:
¿Cuál es el valor de la hemoglobina?
and you answer:
13.0

FIGURA 3.6 VENTANA DE DESCRIPCIÓN DE RESULTADO DEL SISTEMA.

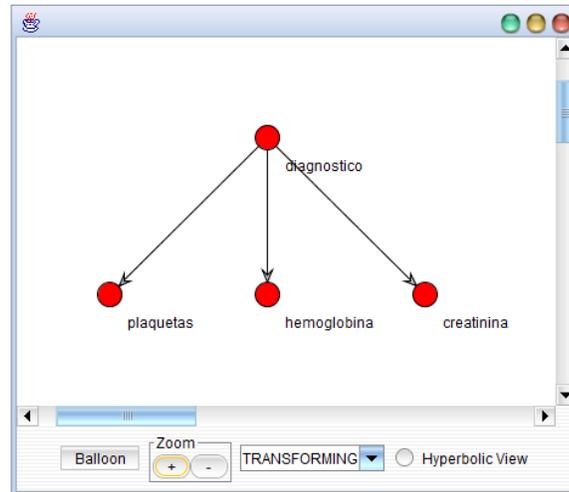


FIGURA 3.7 VENTANA QUE REPRESENTA EL ÁRBOL DE INFERENCIA O DECISIÓN.

3.1.2 Consulta realizada al Sistema Experto cuando se identifica un diagnóstico de posible caso de alerta.

En esta consulta se muestran todas las preguntas que se realiza en SEC-Dengue, para lograr identificar un diagnóstico de posible caso de alerta según las Manifestaciones Clínicas y la certeza asociado a cada decisión así como el árbol de inferencia que describe gráficamente el diagnóstico y la regla asociada.

Question:
¿El paciente manifiesta diarreas ?

si
no

Certainly
1

Abort Because... Accept

FIGURA 3.8 PRIMERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS.

The screenshot shows a software window titled "Question:". Inside, there is a text box containing the question "¿El paciente manifiesta prurito?". Below the text box is a list box with two options: "si" (selected) and "no". To the right of the list box, there is a radio button labeled "Certainly" which is selected, and a small input field containing the value "0.8". At the bottom of the window, there are three buttons: "Abort", "Because...", and "Accept".

FIGURA 3.9 SEGUNDA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS.

The screenshot shows a software window titled "Question:". Inside, there is a text box containing the question "¿El paciente manifiesta mareos?". Below the text box is a list box with two options: "si" (selected) and "no". To the right of the list box, there is a radio button labeled "Certainly" which is selected, and a small input field containing the value "1". At the bottom of the window, there are three buttons: "Abort", "Because...", and "Accept".

FIGURA 3.10 TERCERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LAS MANIFESTACIONES CLÍNICAS.

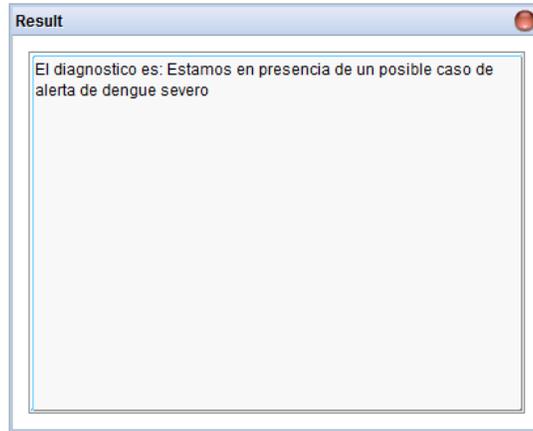


FIGURA 3.11 VENTANA DE RESPUESTA DEL SISTEMA SOBRE LA PRESENCIA DE UN POSIBLE CASO DE ALERTA.

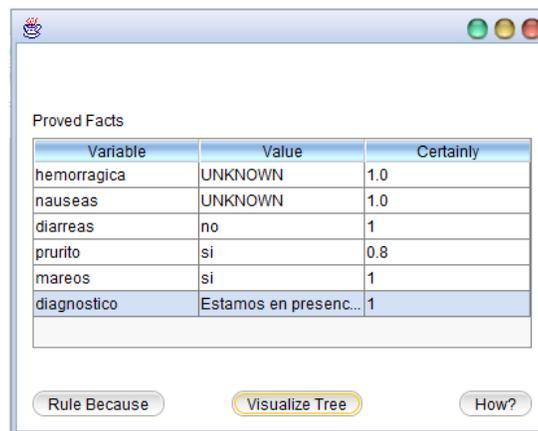


FIGURA 3.12 TABLA DE VALORES DE INFERENCIA DE CADA REGLA Y LA DECISIÓN FINAL.

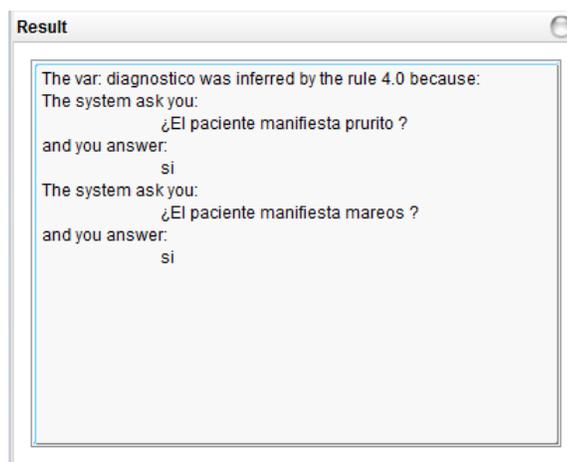


FIGURA 3.13 VENTANA DE DESCRIPCIÓN DE RESULTADO DEL SISTEMA.

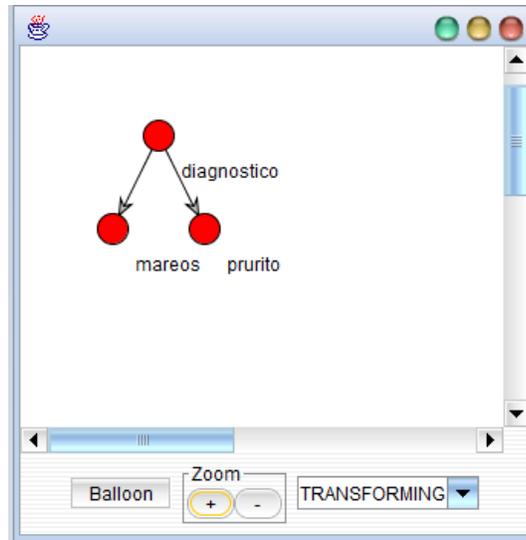


FIGURA 3.14 VENTANA QUE REPRESENTA EL ÁRBOL DE INFERENCIA O DECISIÓN.

3.1.3 Consulta realizada a SEC-Dengue cuando se identifica un diagnóstico de posible caso de alarma.

En esta consulta se muestran todas las preguntas que se realiza en SEC-Dengue, para lograr identificar un diagnóstico de posible caso de alarma según los Hallazgos de Ultrasonido y la certeza asociado a cada decisión así como el árbol de inferencia que describe gráficamente el diagnóstico y la regla asociada.

Question:
¿El paciente presenta derrame pericárdico?

si
no

Certainly
1

Abort Because... Accept

FIGURA 3.15 PRIMERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LOS HALLAZGOS DE ULTRASONIDO.

Question:
¿El paciente presenta Hepatomegalia ?

si
no

Certainly
0.8

Abort Because... Accept

FIGURA 3.16 SEGUNDA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LOS HALLAZGOS DE ULTRASONIDO.

Question:
¿El paciente presenta edema perivesicular?

si
no

Certainly
0.9

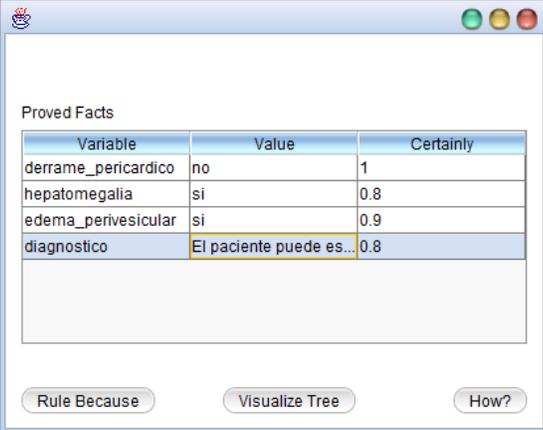
Abort Because... Accept

FIGURA 3.17 TERCERA PREGUNTA QUE RESPONDEN A LOS HALLAZGOS DE ULTRASONIDO.

Result

El diagnostico es: El paciente puede estar en presencia de un posible caso de alarma de dengue severo

FIGURA 3.18 VENTANA DE RESPUESTA DEL SISTEMA SOBRE LA PRESENCIA DE UN POSIBLE CASO DE ALARMA.

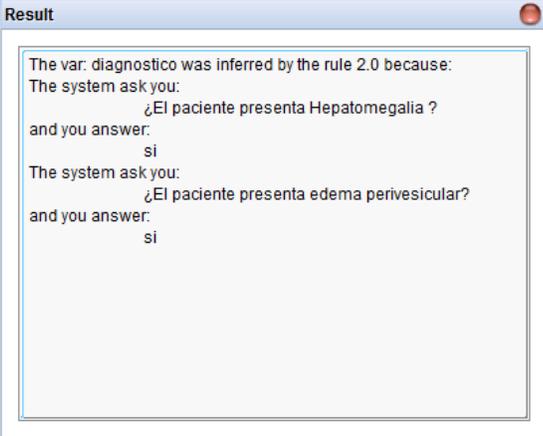


Proved Facts

Variable	Value	Certainly
derrame_pericardico	no	1
hepatomegalia	si	0.8
edema_perivesicular	si	0.9
diagnostico	El paciente puede es...	0.8

Rule Because Visualize Tree How?

FIGURA 3.19 TABLA DE VALORES DE INFERENCIA DE CADA REGLA Y LA DECISIÓN FINAL.



Result

The var: diagnostico was inferred by the rule 2.0 because:
The system ask you:
 ¿El paciente presenta Hepatomegalia ?
and you answer:
 si
The system ask you:
 ¿El paciente presenta edema perivesicular?
and you answer:
 si

FIGURA 3.20 VENTANA DE DESCRIPCIÓN DE RESULTADO DEL SISTEMA.

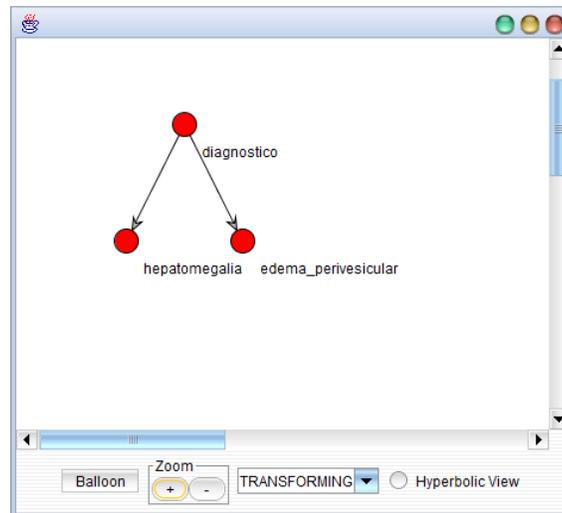


FIGURA 3.21 VENTANA QUE REPRESENTA EL ÁRBOL DE INFERENCIA O DECISIÓN.

3.2 Descripción de UCShell.

UCShell está programado en Java (lenguaje de programación), por ese motivo para usarlo tiene que instalarse la máquina virtual de Java con el JRE 1.5 o superior. La carpeta UCShell IDE 3.0 contiene los archivos o carpetas necesarios para su correcto funcionamiento.

El proceso de compilación toma como entrada un archivo con extensión **kbs** (**k**nowledge **b**ase **s**ystem) que contiene la base de conocimientos y lo transforma en un archivo, con el mismo nombre pero con extensión **kbo** (**k**nowledge **b**ase **o**bjeto) que contiene la forma interna que ejecutará la máquina de inferencia.

El árbol de inferencia o árbol de decisión es una nueva funcionalidad añadida a UCShell 3.0. Para su implementación se utilizó la biblioteca Jung, que brinda soporte para una variada representación de entidades y sus relaciones, e incluye, además, implementaciones de algoritmos de teoría de grafos y análisis exploratorio.

3.2.1 Sintaxis de la base de conocimiento.

Una Base de Conocimiento para el sistema UCSHELL 2.1 está compuesta por cuatro partes, tres son opcionales y una, denominada bloque de acciones, es obligatoria. La Ilustración 3 muestra un esquema de su sintaxis.

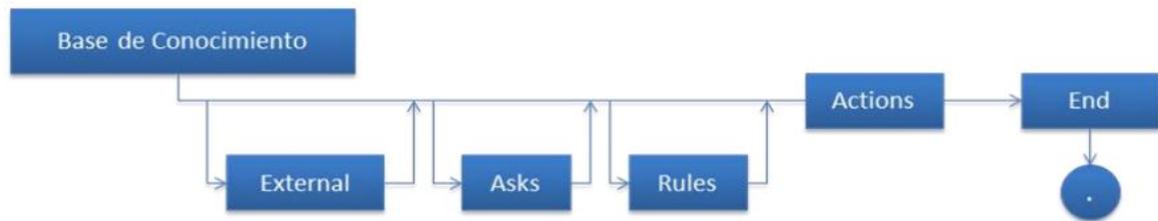


Figura3.22 Esquema de la Base de Conocimientos

De acuerdo a la Ilustración 3, una base de conocimiento está compuesta por tres módulos opcionales que deben escribirse en el orden mostrado. Estos son:

1. Bloque de atributos externos. Se especifica por la palabra reservada EXTERNAL.
2. Bloque de preguntas. Especificado por la palabra reservada ASKS.
3. Bloque de reglas. Comienza con la palabra reservada RULES.

Adicionalmente existe un cuarto módulo obligatorio y conocido como Bloque de acciones, que se define con la palabra reservada ACTIONS.

El fin de un bloque se especifica, implícitamente, con el inicio de otro, excepto el bloque de acciones que finaliza con la palabra reservada END seguida por un punto lo que constituye, además, el fin de la base de conocimiento.

El bloque de atributos externos.

Un atributo se considera declarado implícitamente cuando aparece en una meta cláusula ASK del bloque de preguntas o forma parte de la conclusión de una regla. El bloque de atributos externos, si existe, tiene que ser el primer bloque de una base de

conocimientos. El bloque se inicia con la palabra reservada External termina con el inicio de otro los bloques admitidos.

El bloque de atributos externos especifica una lista de atributos que se usan en una base dada y no están declarados en ella. Esta facilidad permite enlazar hechos entre diferentes bases.

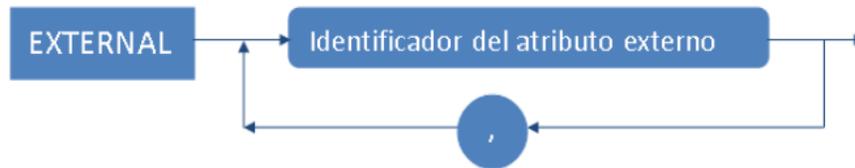


FIGURA 3.23 SINTAXIS DEL BLOQUE DE ATRIBUTOS EXTERNOS

Los atributos externos son útiles cuando el sistema experto tiene más de una base de conocimiento y el proceso de inferencia se cambia (usando la cláusula CHAIN) de una base a otra.

El bloque de preguntas.

La palabra reservada ASKS inicia el bloque de atributos que se preguntan al usuario del sistema experto y finaliza con la definición del próximo bloque.

Dentro del bloque de preguntas se definen los atributos preguntables, usando la meta cláusula (MS) ASK.



FIGURA 3.24 SINTAXIS DEL BLOQUE ASKS

El bloque de reglas.

El bloque de reglas, como su nombre lo indica, contiene la definición de todas las reglas de una base de conocimientos para UCShell y termina con la definición del bloque de acciones.

Declaración de una regla: UCShell usa las reglas de producción como paradigma de representación del conocimiento, la forma general de una regla es:

IF

<conjunto de condiciones>

THEN

<conjunto de conclusiones>

Lo anterior se interpreta como: Si se cumple <conjunto de condiciones> entonces se cumple la conclusión.

La definición de una regla comienza por la palabra reservada RULE y termina con la palabra reservada END seguida de un punto y coma (;).

- El elemento Entero es un número que identifica a la regla, en caso de que se declaren varias reglas con el mismo número el sistema mostrará que hay un error.
- El elemento Condición contiene las condiciones que deben satisfacerse para que la regla se cumpla. El resultado de evaluar esta parte de la regla es booleano (verdadero o falso)
- El elemento Conclusión contiene un conjunto de conclusiones y es donde toman valores los atributos deducibles.
- El elemento Acción contiene un conjunto de cláusulas que se ejecutan cuando la regla se cumple. Usualmente en las acciones de una regla es donde se muestran los resultados que se alcanzaron durante la inferencia, para lo cual se usa la cláusula DISPLAY.

El elemento Explicación permite explicar cómo se llegó a una conclusión. Su sintaxis es la misma que la de la explicación en los ASK.

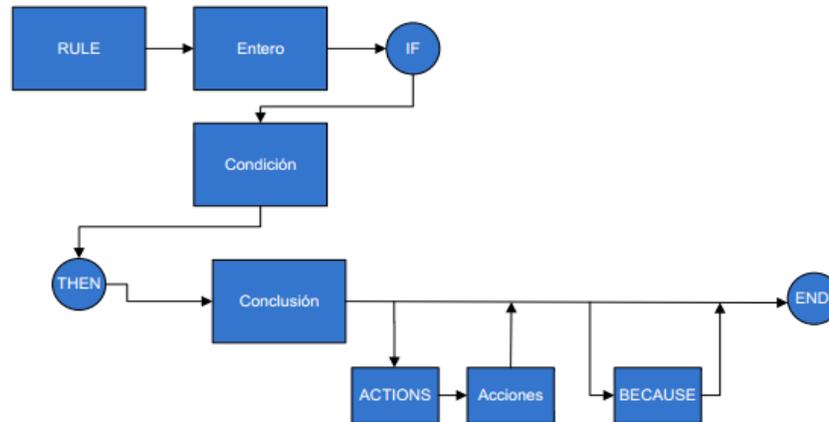


Figura 3.25 Sintaxis de una regla

El bloque de acciones principal.

El bloque de acciones principal es el último de los cuatro bloques en que se divide una base de conocimientos para el sistema UCShell y es el único que es obligatorio.

El bloque de acciones principal es similar al bloque de acciones de la regla, la única diferencia es su posición y su carácter de obligatoriedad, ya que mientras el primero es obligatorio y se pone al final de la base de conocimientos, el segundo es opcional y forma parte de algunas reglas.

El bloque de acciones principal se inicia con la palabra reservada ACTIONS y finaliza con la palabra reservada END seguida por un punto (.) lo que constituye, además, el fin de la base de conocimientos.

Típicamente el bloque de acciones principal contiene alguna de las órdenes que provocan el inicio del proceso de inferencia (FIND, FINDFORWARD, FINDALL), esas órdenes pueden actuar sobre cualquier categoría de atributo (preguntable, deducible o hecho) pero lo usual es que se den sobre atributos deducibles. También es típico que en el bloque de acciones se tenga algún ciclo para hacer que el sistema interactúe con el usuario preguntándole si desea o no hacer una nueva consulta y en

ese caso se usa la cláusula RESET para iniciar un nuevo proceso de inferencia garantizando que los valores de una inferencia anterior no se tomen en cuenta en la actual.

3.2.2 Manipulación de la incertidumbre.

La manipulación del conocimiento y los datos inciertos, inseguros e inexactos es típica de los SE. El mecanismo para manipular la incertidumbre constituye una parte sustancial de la máquina de inferencia.

La incertidumbre se puede expresar por: pesos, medidas, grados de confianza, factores de creencia, probabilidades subjetivas, etc. Estas medidas, están representadas en el sistema UCSHELL por valores reales en el intervalo (0,1]. La incertidumbre sobre el grado de veracidad de los resultados alcanzados por un sistema experto proviene de dos fuentes fundamentales:

- Imprecisión en el valor de los atributos que sirven como hechos iniciales.
- La interfaz de UCSHELL ofrece la posibilidad de asignarle a los hechos un valor de certidumbre dado.
- Existencia de reglas débiles debido a que el experto o constructor del modelo es incapaz de establecer una correlación fuerte entre la condición y la conclusión de la regla, lo cual hace que la implicación no sea categórica y permita la posibilidad de excepciones a la regla.

```
RULE 1
  IF A = 10 CNF 0.98
  THEN C := 19
END;
```

FIGURA 3.26 REGLA DÉBIL

La ilustración muestra la forma en que se escribe una regla débil. La regla expresa que C es igual a 19 cuando se tiene la certeza (CNF) 0.98 de que el valor de A es igual a 10.

La declaración de implicaciones débiles permite que el Ingeniero de Conocimiento declare reglas débiles definiendo el valor de correlación entre la condición y la conclusión de la regla. Las generalizaciones de conjunciones y disyunciones juegan un papel vital en el manejo de la incertidumbre en los SE; ellas se usan en la evaluación de la satisfacción de las condiciones, en la propagación de la incertidumbre a través del encadenamiento de las reglas y en la consolidación de la misma conclusión derivada de diferentes reglas.

El mecanismo de manipulación de la incertidumbre en los Sistemas Expertos básicamente tiene que responder a estas preguntas:

- Cuando una condición está compuesta por múltiples cláusulas X_1, X_2, \dots, X_n , ¿Cuál es la función $T(X_1, X_2, \dots, X_n)$ que determina el grado de certeza X_p de la condición?

Cuando una implicación no es totalmente cierta, o sea, tiene una certeza S_r ¿Cuál es la función $G(X_p, S_r)$ que propaga la incertidumbre a través de la regla?

Las causas de la incertidumbre pueden ser variables. El sistema UCShell da la posibilidad de definir la incertidumbre a los actores que usan el sistema de la siguiente manera:

Usuario: Cuando le da valor a un atributo preguntable.

Ingeniero del Conocimiento: Cuando escribe la regla y la hace débil.

El valor de certidumbre 1, rango real $(0, 1]$, indica certeza total de la valides de algo.

El factor de certidumbre (FC) de las expresiones se calcula de la siguiente forma:

- Para las condiciones que se escriben en la forma $A <operardor> B$, donde operador se refiere a los operadores binarios que permite la gramática de UCShell diferentes de AND y OR: $FC(A <operardor> B) = \min(FC(A), FC(B))$.
- Para las condiciones escrita como NOT(A): $FC(NOT A) = 1 - FC(A)$.

- Para las condiciones unidas por la conectiva AND: $FC(A \text{ and } B) = \min(FC(A), FC(B))$.
- Para las condiciones unidas por la conectiva OR: $FC(A \text{ or } B) = \max(FC(A), FC(B))$.
- Para calcular el factor de certidumbre de la conclusión de una regla con la forma
IF A THEN B CNF v: $FC(B) = FC(A) * v$, siendo v FC de la regla.

3.2.3 Proceso de Inferencia

La palabra inferencia en este contexto significa derivar nuevos hechos a partir de las reglas almacenadas en la base de conocimiento y los hechos preestablecidos o inferidos anteriormente. El motor de inferencia utiliza la base de conocimientos y los hechos para adquirir nuevos conocimientos acerca del problema que está resolviendo.

Existen distintos tipos de inferencias, entre las que se pueden citar las siguientes:

- Inferencia deductiva, conocida también como razonamiento deductivo. Es un proceso en el cual las premisas generales se usan para obtener una inferencia específica (CÉSARI, 1990).
- Inferencia inductiva o razonamiento inductivo: Utiliza una cantidad establecida de hechos o premisas para demostrar alguna conclusión general, la conclusión puede cambiar si se descubren hechos nuevos (Turban, 1995).
- Inferencia analógica: Este tipo de inferencia resulta natural para los humanos pero es difícil lograrla mecánicamente, en ella se asume que la respuesta a una pregunta se puede obtener por analogía. El razonamiento analógico según Tuthill (Tuthill, 1990), es un tipo de verbalización de un proceso de aprendizaje interno.

- La inferencia difusa: Es un método que interpreta los valores en el vector de entrada y, basado en algún conjunto de reglas, asigna valores al vector de salida. Los sistemas de inferencia más comunes son el sistema Mamdani y el Takagi-Sugeno (Llano et al., 2007).
- La inferencia probabilística: Una inducción permite establecer una verdad con mayor índice de probabilidad que las demás.

El mecanismo de inferencia de UCSHELL (2.0 y 2.1) usa la clase "Inference" contenida en el paquete "inference"). Esta clase implementa los métodos para inferir y también es la responsable de cargar la forma interna de la base de conocimiento, a continuación se detallan los atributos y métodos de este paquete.

- ❖ Los atributos que toman los valores de la forma interna son:
 - LinkedList<Tvar> externalVars: Variables externas al sistema.
 - LinkedList<Trules> rules: Reglas de la Base de Conocimiento.
 - LinkedList<Tasks> asks: Atributos tipo preguntas.
 - LinkedList<Taccion> actions: Acciones.
 - SymTab table: Tabla de símbolos.
 - LinkedList<Tfact> facts: Los hechos que toman valores durante la inferencia.
 - String currprojectName: Nombre del proyecto actual.
 - QuestionMaker qm: Objeto que implementa la interfaz QuestionMaker. Define el comportamiento de las ventanas con las que interactúa el usuario cuando responde las preguntas. El método a implementar en esta interfaz es:
 - Fact makeQuestion (Ask ask): En este método se define la forma en que se interrogará al usuario y recibe, por parámetros, un objeto de tipo Ask que contiene toda la información relativa a la pregunta. Una vez contestada la interrogante se devuelve un objeto de tipo Fact que contiene los detalles de la respuesta dada por el usuario.

- **Displayer** **displayer**: Objeto que implementa la interfaz **Displayer**. Define cómo se mostrarán los datos al usuario: textos, imágenes o videos. Los métodos a implementar son:
 - **void display** (String cadena): Se define cómo el sistema mostrará una cadena.
 - **void displayWithImage** (String imageDir): Se define cómo el sistema mostrará una imagen, la dirección de la misma es imageDir.
 - **void displayWithVideo** (String video): Se define cómo el sistema mostrará un video. La ubicación del video está contenida en la cadena video.

❖ **Métodos**

- **void initInference** (Displayer displayer, QuestionMaker qm): Es necesario llamar a este método antes de realizar la inferencia. En él se le asigna a la clase **Inference** los objetos que implementan la interfaz: **Displayer** y **QuestionMaker**
- **boolean infer** (String filename, String errorsFileName, String StandardOutInferenceFileName, String currProjectName): Este método es el que carga la forma interna y realiza la inferencia, devolviendo true o false si tiene éxito o no. Los parámetros que se le pasan al método son:
 - **String fileName**: El nombre del archivo que contiene la forma interna de la base de conocimiento.
 - *String errorsFileName*: el nombre del archivo donde se guardarán los errores detectados durante la inferencia.
 - **String currProjectName**: La dirección del proyecto actual.
 - **String standardOutInferenceFileName**: El nombre del archivo donde se guardarán los mensajes enviados por el sistema, en caso de que se envíe alguno.

De manera general, cuando se quiere inferir debe crearse un objeto de la clase Inference, luego llamar al método `initInference` pasándole por parámetros los objetos `displayer` y `questionMaker`. Finalmente se llama al método `infer` con los parámetros requeridos. Una vez terminada la inferencia los hechos probados se encontrarán en el atributo `facts` de la clase `Inference`.

La implementación de la máquina de inferencia depende de la forma de representación elegida para almacenar el conocimiento (lógica, redes semánticas, guiones, reglas de producción, etc.), del método de solución de problemas (primero en profundidad, primero a lo ancho, búsqueda ordenada, etc.) y de la dirección de búsqueda seleccionada (Bello et al., 2002). Las dos direcciones de búsqueda se detallan seguidamente.

3.3 Conclusiones

La descripción de SEC- Dengue, sistema experto para la clasificación temprana en pacientes adultos con dengue severo y UCShell 3.0 plataforma de desarrollo integrado, permitió concluir que:

1. SEC-Dengue detecta si el paciente se puede presentar como un posible caso con dengue severo, sea en estado crítico, de alarma o alerta. Se muestran las consultas realizadas al sistema que conllevan a la toma de decisión la solución propuesta así como sus interfaces correspondientes.
2. UCShell 3.0 posee una potente máquina de inferencia la cual permite trabajar con el factor de certeza asociado a las reglas de producción así como la representación gráfica del árbol de inferencia.

Conclusiones

Durante la investigación se llegó a la conclusión de que un sistema experto para la actividad era pertinente debido a la situación que tiene la provincia en cuanto a la frecuencia de casos de dengue y a los escasos expertos en este tema.

Se diseñó un sistema experto utilizando la metodología descrita por Dr. Mateo Lezcano, la cual demostró ser la adecuada teniendo en cuenta que permitió organizar el trabajo y realizar un diseño óptimo de la solución del problema. Además el lenguaje unificado de modelado demostró ser de gran ayuda en el apoyo aquellas metodologías que no plantean artefactos que permitan modelar el funcionamiento del sistema.

La utilización de la herramienta de desarrollo UCShell en conjunto con NetBeans permitió lograr un producto de calidad ya que permite clasificar correctamente los diferentes casos de dengue con una confiabilidad de 90%, contribuyendo así a disminuir la cantidad de casos de dengue severo en la provincia.

Recomendaciones

Al concluir esta investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Profundizar en las explicaciones que se ofrecen al usuario.
- Incorporar nuevo conocimiento al sistema experto de modo que pueda clasificar pacientes de diferentes edades.
- Agregar conocimiento al sistema experto para que pueda clasificar otras enfermedades infecciosas como Chikungunya y Zika.

Referencias Bibliográficas

- Americas Dengue Prevention Board; International Vaccine Institute. (2010). *Acelerando los Avances en el Control del Dengue: Vigilancia del Dengue en las Américas*. México.
- Brea del Castillo, J. (2011). *Dengue: Nueva clasificación*. Panamá.
- Colectivo de Autores. (2012). *Guía para la asistencia integral a pacientes con dengue*. La Habana, Cuba: Ciencias Médicas.
- Cortiñas Abrahantes, J. (2008). *Methods for Classification of Dengue Hemorrhagic. Workshops on Infectious Diseases in Cuba*.
- Criado Briz, J. (2013). *Introducción a los Sistema Expertos*. Universidad Complutense de Madrid.
- Díaz Gómez, F. (2014). *Razonamiento Basado en Casos*. Universidad de Valladolid.
- Gálvez Lio, D. (1998). *Sistemas Basados en el Conocimiento*. Santa Clara, Villa Clara: Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas.
- García Lorenzo, M., Bello Pérez, R., Días Sardiñaz, A., y Reinoso Lobato, A. (2007). *Redes Neuronales Artificiales*. Villa Clara, Cuba: Universidad Central de las Villas.
- Giménez Arjona, M. M. (2006). *Estudio para la implementación de un sistema de razonamiento basado en casos*. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE), Universitat Rovira i Virgili (URV).
- Gutiérrez Martínez, I., Bello Pérez, R., y Tellería Rodríguez, A. (2002). Un Sistema Basado en Casos para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. *REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL*, 23.
- Gutiérrez, J. M. (2014). *Sistemas Expertos Basados en Reglas*. España: Dpto. de Matemática Aplicada. Universidad de Cantabria.
- Guzmán, M. G. (2014). *Dengue*. La Habana: Ciencias Médicas.
- ISO/IEC 9126-1:2005. (2005). Oficina Nacional de Normalización.
- Labra G., J. (1998). *Programación Práctica en Prolog*. Universidad de Oviedo.
- Laza, R., Fernandez, F., y Corchado, J. (2015). *Sistemas de Razonamiento Basado en Casos para el Soporte a la Toma de Decisiones*. Ourense, España: Universidad de Vigo.
- Lezcano Brito, M. (1995). *Prolog y los Sistemas Expertos*. Santa Clara: Universidad Central de las Villas.
- Lezcano Brito, M., Fundora Fernández, L., & Salazar Acosta, I. (2012). *Desarrollando Sistemas Expertos con UCShell 2.1*. Santa Clara.
- Lezcano Brito, M., Lezcano Brito, M., & Ríos Rodríguez, L. R. (2016). *Sistemas Expertos para la clasificación de plásticos*. Revista Ingeniería Solidaria. Colombia.

- Llorens Largo, F., Castel de Haro, J. (2012). *Prácticas de Lógica Prolog*. España: Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Alicante.
- Martín Roque, M. (2010). *Sistema Experto para la clasificación temprana de dengue severo en el IPK de Ciudad de la Habana*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2014). *Estrategia Mesoamericana para la Prevención y Control Integrado del Dengue*. México.
- Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Dengue. Clasificación de Riesgo y Manejo del Paciente*.
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). (2012). *Enfermedades infecciosas. Dengue. Guía para el equipo de salud*.
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). (2012). *Dengue, guía de manejo clínico*. Paraguay.
- Pacheco Arencibia, B. (2010). *Factores de riesgo asociados a la Fiebre hemorrágica del Dengue*. Instituto “Pedro Kourí”. La Habana, Cuba: Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kourí” Ciudad de La Habana.
- Programa Especial para Investigación y Capacitación en Enfermedades Tropicales y la Organización Mundial de la Salud. (2014). *DENGUE, guía para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control*. Bolivia: Organización Mundial de la Salud.
- Ríos Rodríguez, L. R. (2009). *Sistema integral basado en mapas conceptuales para la enseñanza de la programación lineal*. Sancti Spíritus, Cuba: Universidad de Sancti Spíritus.
- Ríos Rodríguez, L. R. (2010). *APA Prolog*. Sancti Spíritus, Cuba: Universidad de Sancti Spíritus.
- Rosales Duno, R. (2014). *EL DENGUE*. Universidad De Los Andes, Dirección General De Cultura Y Extensión Universitaria, Centro Ambulatorio Medico Odontológico Universitario, Programa Educación Para La Salud.
- Sampier, R. (2004). *Metodología de la investigación*. La Habana:: Félix Varela.
- Suárez García, O. J. (2010). *Caracterización y valor pronóstico de los signos de alarma del Dengue*. La Habana, Cuba: Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kourí” Ciudad de La Habana.
- Vega Riverón, B., Sánchez Valdés, L., Cortiñas Adrahantes, J., Castro Peraza, O., González Rubio, D., & Castro Peraza, M. (2012). Clasificación de dengue hemorrágico utilizando árboles de decisión en la fase temprana de la enfermedad. *Revista cubana de medicina tropical*.
- Winton, P. (2005). *Inteligencia Artificial*. Ciudad de la Habana: Felix Varela.