

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN POSGRADUADA



**SISTEMA PARA LA AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES EN EL
DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE DISLIPOPROTEINEMIAS
BASADO EN LA INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO**

TESIS PRESENTADA EN
OPCIÓN AL TÍTULO DE
MÁSTER EN INFORMÁTICA APLICADA

Autora: *Ing. Ileana Martí Pérez*

Tutor: *Dr. Rafael Arturo Trujillo Rasúa*
MSc. Maikel Yelandi Leyva Vázquez

La Habana, Diciembre 2012

“Año 54 de la Revolución”

Agradecimientos

Mi mayor agradecimiento a mi tutor MSc Maikel Yelandi Leyva Vázquez, por su dedicación y empeño en que conquistara este sueño.

A Ing. Yasel Almenares Alfonso y Ing. Alejandro Pérez Lara por su constancia en el trabajo su responsabilidad y valores éticos.

A Dr. Alfredo Nasiff Hadab por su estímulo y exigencia.

A Dr. Rafael Arturo Trujillo Rasúa, Dr. José Ortiz Rojas y Dr. Alcides Cabrera Campos por su ayuda oportuna e incondicional.

A mis amigos Mandi, Omar, Lisi, Vania, Yanelis, Dieter, Anthony, Yusdenis, Luis Enrique, Yeny y Abel, por su apoyo incondicional en momentos tan difíciles y convertirse en una familia para mi, quienes me alentaron y animaron e hicieron suyo este sueño y me dieron las fuerzas para seguir adelante.

A mis compañeros de maestría y de trabajo gracias por su ayuda y comprensión.

Dedicatoria

A mi familia, por su amor y sacrificio en tantos años de separación.

A mi amiga Liusmila Nieto Cervantes, siente este resultado como tuyo también.

“Caminante, no hay camino, se hace camino al andar.”

Antonio Machado.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo, Ileana Martí Pérez, con carné de identidad 84092924410, soy el autor principal del trabajo final de *“Sistema para la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de dislipoproteinemias basado en la ingeniería del conocimiento”*, desarrollado como parte de la Maestría en Informática Aplicada y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Ing. Ileana Martí Pérez

Firma del Autor

RESUMEN

El diagnóstico y tratamiento a pacientes con trastornos del metabolismo de las lipoproteínas es un imperativo en la prevención de la aterosclerosis, la cual incide negativamente en los niveles del índice de mortalidad en la población cubana. Establecer estrategias y contar con sistemas informáticos que gestionen la información de los pacientes dislipidémicos y posibilite a los médicos el estudio y análisis de casos vistos en consulta es un salto cualitativo en la calidad del servicio prestado. En la presente investigación se obtuvo como resultado la implementación de un sistema basado en el conocimiento para el apoyo en la toma de decisiones. Para obtener el diagnóstico se utilizó un sistema basado en reglas y para el tratamiento se utilizó un sistema basado en casos. Todas las herramientas de desarrollo utilizadas están en correspondencia con las políticas de salud para el desarrollo de software. La validación del sistema a partir de métodos cualitativos y cuantitativos demostró un nivel de satisfacción adecuado y un correcto funcionamiento de la propuesta.

Palabras claves: dislipoproteinemias, sistemas, razonamiento basado en reglas, razonamiento basado en casos.

ABSTRACT

The diagnosis and treatment of patients with disorders of lipoprotein metabolism is an imperative in the prevention of arteriosclerosis, which causes serious health problems and adversely affecting the levels of mortality in the Cuban population. Setting goals and strategies and having computer systems that manage information about dyslipidemic patients, to make possible for physicians to study and analysis cases previously seen in consultation, is a qualittive leap in the quality of the service provided. In this research was obtained as a result an implementation of a knowledge based system to support decision-making. For diagnosis purposes was used a rule-based system and for the treatment either pharmacologic or no pharmacologic a case-based system is used. All development tools used are open source, in correspondence with architecture policies that defines the MINSAP about software development for the National Health System. The system validation using both qualitative and quantitative methods demonstrated adequate level of satisfaction and the proper operation of the proposal.

Keywords: dyslipoproteinemias, systems, rule-based reasoning, case-based reasoning.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	8
Introducción.....	8
1.1 Toma de decisiones en la medicina.....	8
1.2 Gestión del conocimiento.	9
1.3 La inteligencia artificial y los sistemas basados en el conocimiento.....	11
1.4 Sistemas basados en conocimiento en la ayuda a la toma de decisiones y el diagnóstico.....	16
1.4 Trabajos relacionados.	24
Conclusiones parciales.....	25
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES EN EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LAS DISLIPOPROTEINEMIAS.....	27
Introducción.....	27
2.1 Características del sistema.....	27
2.3 Descripción del sistema.....	29
2.4 Técnicas y herramientas utilizadas.....	32
2.4.1 Solución propuesta para el Sistema Basado en Reglas.	34
2.4.2 Solución propuesta para el Sistema Basado en Casos.	36
2.4.3 Sistema de ayuda médica para la atención de pacientes con Dislipoproteinemias.	40
Conclusiones parciales.....	46
CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	47
Introducción.....	47
3.1 Evaluación general.	47
3.2 Validación del clasificador propuesto.	48

3.3 Validación por método ladov.....	56
Conclusiones parciales.....	59
CONCLUSIONES GENERALES.....	60
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXOS.....	72
Anexo 1. Fragmento de las reglas expresadas en el lenguaje Drools Rule Language..	72
Anexo 2. Caso de prueba.....	73

INTRODUCCIÓN.

La toma de decisiones hace referencia al conjunto de operaciones tanto mentales como físicas que comprenden desde el momento en que se detecta una situación que hace necesaria la toma de decisiones hasta que esta es adoptada y ejecutada.

Muchos profesionales coinciden en la relevancia de tomar decisiones en la asistencia médica. Igualmente, importantes libros de texto de la profesión médica reconocen el significativo lugar que ocupa el tomar decisiones en nuestra labor profesional asistencial, presente prácticamente en todos los momentos de la atención a enfermos. Si bien para lograr el diagnóstico el médico debe tomar algunas decisiones, es en el momento de escoger la conducta a seguir con el paciente y la terapéutica a emplear, cuando más evidente se hace la necesidad de llevar a cabo el acto de decidir.

Podemos definir la práctica de la medicina basada en la evidencia como la utilización consciente, explícita y juiciosa de la mejor evidencia científica disponible a la hora de tomar decisiones sobre el cuidado de los pacientes. La práctica de la medicina basada en la evidencia significa integrar la maestría clínica individual con la mejor evidencia científica disponible procedente de la investigación válida y fiable [Corona Martínez 2010 ; Gómez De La Cámara 2003].

Las dislipoproteinemias (DLPs) son un grupo de enfermedades metabólicas que producen niveles anormales de lipoproteínas plasmáticas. Las mismas tienen significación clínica por su relación causal en el desarrollo de la aterosclerosis y de sus consecuencias orgánicas, estas últimas con una elevada tasa de morbilidad y mortalidad en nuestro país reportado por la Oficina Nacional de Estadística e Información. Las DLPs pueden ser primarias cuando su origen es heredo-familiar y secundarias cuando dependen de enfermedades como la diabetes mellitus, obesidad, síndrome metabólico, alcoholismo, hipotiroidismo u otras. La prevalencia de DLPs en nuestro país es elevada; se estima alrededor de 25 % de la población adulta. Las formas primarias de las DLPs requieren una atención familiar como todas las enfermedades genéticas [Nasiff 2008 ; Montero y otros 1990].

El diagnóstico de estas enfermedades es difícil cuando se trata de diferenciar entre formas primarias y secundarias [Miguel Soca 2009]. Los profesionales de la salud se enfrentan a una gran variedad de situaciones que conllevan a soluciones distintas para cada paciente, lo que hace necesario una evaluación rigurosa teniendo en cuenta los

factores de riesgo, grupo de riesgo al que pertenece, causas secundarias, antecedentes patológicos personales y familiares para la indicación del diagnóstico y tratamiento adecuado a las características individuales de cada paciente.

El tratamiento descansa en dos pilares: tratamiento no farmacológico y tratamiento farmacológico [Garmendia 2003]. Por tratarse de una enfermedad crónica con una elevada prevalencia a nivel mundial y por constituir un factor de riesgo importante para el desarrollo de la aterosclerosis, algunos países han establecido, a través de sus comités de expertos, las normas para su manejo. Cuba cuenta con su propio consenso: Guía Nacional para la prevención, detección, diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias [Nasiff y otros 2006] disponible para todos los médicos en Infomed, pero esto no es suficiente ya que en los centros asistenciales cubanos existen varios problemas:

- Se cuentan con muy pocas consultas para la atención a pacientes DLPs. En particular para los enfermos con formas primarias de la enfermedad, las que requieren, para su atención, de un equipo especializado [Nasiff 2008].
- Ausencia de evidencia o conocimiento científico. Cuando no hay evidencia científica disponible el médico tiende a basar sus decisiones en su exclusiva experiencia y la posibilidad de equívoco aumenta. Las observaciones personales son escasas y no sistematizadas, la memoria es selectiva, las apreciaciones sesgadas, la mente no elabora comparaciones entre pacientes equiparables.
- Prácticas no contrastadas. Es notorio el escaso eco que muchas propuestas, guías o protocolos, obtienen a pesar de diseminarse a través de medios profesionales e Infomed. Las circunstancias mencionadas implican que un mismo paciente puede ver a varios médicos, escuchar opiniones diferentes y por supuesto recibir diferentes tratamientos. Cuando las diferencias son pequeñas las consecuencias puede que sólo, y no es poco, impliquen más carga de ineficiencia en el sistema, más gasto y menos credibilidad. Cuando las diferencias son importantes pueden sencillamente poner en riesgo la vida del paciente.
- Pérdida de actualización científica. La información médica se produce y renueva permanentemente de manera inabarcable influyendo de manera errática o no validada en la práctica. Es difícil el acceso y seguimiento a toda esta

información. El grado de actualización decae con el tiempo y la formación médica continuada clásica no funciona.

Para darle solución a algunos de estos problemas un grupo de especialistas del Hospital Hermanos Ameijeiras y del Instituto Central de Investigación Digital de La Habana (ICID), consideraron que la utilización de una aplicación informática haría más viable y fiable el cumplimiento de la atención del paciente portador de dislipoproteinemias. Analizando que sería una ventaja el hecho de tener una historia clínica electrónica ya que la información se vuelve más accesible y su manejo más organizado, posibilitando el seguimiento del paciente y la realización de análisis estadísticos. Con ese objetivo, el grupo crea Lipicid [Nasiff y Lodos 1999], un sistema computarizado que permitía diagnosticar y tratar de manera uniforme a todo paciente dislipoproteínico, así como promover un adecuado estilo de vida, proveer el conocimiento de los factores de riesgo y sugerir medidas para actuar sobre los factores modificables. Esta aplicación resultó ser de difícil manejo para los especialistas, la información no estaba centralizada, lo que impedía realizar investigaciones con el procesamiento de la misma. Debido a estas limitantes se decide realizar un nuevo sistema con objetivos similares y que superara los problemas que presentó dicha aplicación. Así es como surge el Sistema de Ayuda Médica para la Atención de las Dislipoproteinemias versión 1.0 (SAMAD) [Blanco y otros 2007] . A pesar de resolver parte de los problemas que presentó Lipicid, este sistema no quedó totalmente concluido, primero porque no poseía interoperabilidad con sistemas externos, no se integraba a los servicios de salud, definido esto en la política de Softel para el despliegue de software para la salud y además no poseía todo el ciclo de consultas necesarias para el seguimiento y control de la enfermedad, no evolucionaba en sus respuestas a partir de los datos que poseía y en la adquisición de nuevos conocimientos; razón por la cual se encontraba limitado de aprendizaje para emitir diagnóstico y tratamiento médico, desaprovechándose el conocimiento almacenado en bases de datos sobre casos vistos en consulta.

Considerando la situación problemática descrita anteriormente se ha definido el siguiente diseño teórico de la investigación.

Problema de la investigación: ¿Cómo contribuir a mejorar la fiabilidad en la ayuda al diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias dentro del Sistema de salud cubano?

Partiendo de la interrogante planteada como problema de investigación, se identifica como **objeto de estudio** el proceso de toma de decisión para la ayuda al diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Para dar solución al problema planteado se define como **objetivo general:** Desarrollar un sistema para la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias basado en la ingeniería del conocimiento, que contribuya a mejorar la fiabilidad en el diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad dentro del Sistema de Salud Cubano.

Como **campo de acción se define** el proceso de toma de decisión para la ayuda al diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias.

El objetivo general anteriormente definido queda desglosado en los siguientes **objetivos específicos:**

- Elaborar el marco teórico de la investigación.
- Desarrollar un sistema para la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias.
- Validar el sistema propuesto.

La investigación se desarrolla teniendo como **hipótesis:** Si se desarrolla un sistema para la ayuda en la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias basado en la ingeniería del conocimiento contribuirá a mejorar la fiabilidad en el diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad dentro del Sistema de Salud Cubano.

Como **variable independiente:** Sistema para la ayuda en la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias basado en la ingeniería del conocimiento y como variable **dependiente:** fiabilidad.

Fiabilidad: dar respuestas cercanas a las que daría un experto o grupo de expertos [Lamy y otros 2010], o las conocidas en la práctica [Singh 2011]

Operacionalización de la variable dependiente:

Dimensión	Indicadores	Escala Valorativa
Precisión del clasificador	Número de aciertos (NA)	Bueno Por encima del 85% Mala: Por debajo de 85%
	Sensibilidad	Buena: Por encima del 85% Mala: Por debajo de 85%
	Especificidad	Buena: Por encima del 85% Mala: Por debajo de 85%

El diseño de la investigación está basado en un preexperimento y como instrumentos propuestos para el análisis estadístico de los datos se determinó el paquete estadístico SPSS, el tabulador Excel y cuestionarios.

En la realización de la investigación se destaca la utilización de los siguientes métodos científicos:

- Los métodos teóricos empleados fueron:

Analítico- sintético, para la realización del análisis, la valoración y evaluación de la realidad, en concordancia a los conocimientos reflejados en las fuentes bibliográficas consultadas y la información obtenida mediante las técnicas de recopilación aplicadas. Así como también para la selección de los elementos teóricos más relevantes considerados en la investigación.

Histórico- lógico, para el estudio de la evolución del fenómeno investigado, el comportamiento de este en una secuencia temporal. Utilizado para facilitar la posibilidad de asumir el conocimiento de antecedentes, causas y otras evidencias históricas en que se realiza la evaluación de competencias en proyectos informáticos.

Inductivo-deductivo, para a través de los conocimientos generales abarcados, definir criterios específicos, conceptos del fenómeno investigado y factores de alta influencia en las etapas de la investigación y relacionar elementos de conceptos relevantes para lograr el objetivo propuesto.

Modelación, para contextualizar los elementos involucrados en la evaluación de competencias y las fases recomendadas para llegar al resultado final. Considerado

para visualizar las propuestas, alternativas científicas y considerar elementos de eficiencia y eficacia en su diseño. Mediante este método se crean abstracciones para explicar la realidad de los elementos abordados.

Sistémico, para estudiar el objeto mediante la determinación de sus componentes, así como interpretar la relación entre ellos. Para estudiar el objeto de manera dinámica considerando sus relaciones con el medio y no como fenómeno enajenado.

- Se emplearon métodos empíricos como:

Preexperimento, es utilizado cuando no existe un grupo de control (patrón o testigo) para comparar y es un estudio que involucra la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos.

Entrevista, para valorar los criterios que tienen los especialistas y expertos, relacionados al tema de la investigación.

Cuestionarios, para constatar la preparación de los especialistas y expertos así como su valoración de la propuesta. Con la aplicación de estos se obtuvo la percepción del fenómeno que se investiga.

Matemáticos-estadísticos, se utilizó la estadística descriptiva a través del análisis de los datos y la inferencial no paramétrica para el procesamiento de la información obtenida a través de la aplicación de instrumentos, como la técnica de ladov, el test de Friedman y Wilcoxon.

Novedad científica de la investigación.

- Desarrollo y validación de un sistema de ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de dislipoproteinemias basado en la ingeniería del conocimiento.
- Diseño de una base de conocimiento para almacenamiento de casos de dislipoproteinemias.

Significación práctica de la investigación.

- Conjunto de técnicas y herramientas para facilitar el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias.

La tesis quedó estructurada en tres capítulos de la siguiente manera:

El **Capítulo I: Marco teórico referencial de la investigación**, referido al marco teórico y referencial de la investigación, donde se realiza un análisis crítico del estado del arte

en el tema. Además aborda la aplicación de las tecnologías de la información a la medicina. Ofrece también una panorámica de los sistemas que apoyan al diagnóstico médico y la utilización de técnicas de inteligencia artificial en la medicina en el área de las dislipoproteinemias.

En el **Capítulo II: Propuesta de un sistema para la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias** se presenta el sistema para la ayuda a la toma de decisiones basados en la ingeniería del conocimiento para el diagnóstico y el tratamiento de las dislipoproteinemias y se describe la propuesta de implementación de los sistema basado en el conocimiento.

Capítulo III: Validación del modelo propuesto está dedicado a la presentación de los métodos empleados para la validación de los componentes fundamentales del modelo. Evaluando los resultados de las pruebas realizadas sobre el sistema propuesto mediante la aplicación de un preexperimento.

Finalmente se presentan las **Conclusiones** y **Recomendaciones** derivadas de la investigación, las **Referencias bibliográficas**, así como los **Anexos** que apoyan la comprensión y dan información adicional sobre el trabajo realizado.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

El capítulo 1 presenta un estudio sobre los sistemas basados en el conocimiento. Se presentan además elementos que permiten considerar el razonamiento basado en reglas y casos como una vía para el aprovechamiento de la experiencia acumulada. Se abordan los principales elementos relacionados con el objeto de estudio de la investigación que se centran mayormente en:

- Proceso de toma de decisiones y la gestión del conocimiento.
- Los sistemas basados en conocimiento en la ayuda a la toma de decisiones para el diagnóstico y tratamiento médico.
- Los sistemas basados en reglas y los sistemas basados en casos con sus posibilidades para el aprovechamiento de la experiencia acumulada y representar el conocimiento.

1.1 Toma de decisiones en la medicina.

La toma de decisiones es un proceso en el que la persona escoge entre dos o más opciones para la solución de un problema. Precisamente, una vez que el médico ha identificado el problema de salud del paciente (el diagnóstico), debe escoger entre diferentes opciones las más adecuadas para resolver dicho problema. Muchos profesionales coinciden en la relevancia de tomar decisiones en la asistencia médica. Igualmente, importantes libros de texto de la profesión médica reconocen el significativo lugar que ocupa el tomar decisiones en la labor profesional asistencial, presente prácticamente en todos los momentos de la atención a enfermos. Si bien para lograr el diagnóstico el médico debe tomar algunas decisiones, es en el momento de escoger la conducta a seguir con el paciente y la terapéutica a emplear, cuando más evidente se hace la necesidad de llevar a cabo el acto de decidir.

La toma de decisiones hace referencia al conjunto de operaciones tanto mentales como físicas que comprenden desde el momento en que se detecta una situación que hace necesaria la toma de decisiones hasta que esta es adoptada y ejecutada [Insa 2007]. Herrera y otros autores [Herrera y otros 2009] presentan un procedimiento tipo para la toma de decisiones, el cual consta de las siguientes actividades:

1. Definir el problema de toma de decisiones.

2. Analizar el problema y la información.
3. Identificar las alternativas de solución.
4. Establecer criterios o expertos por los cuales ellas puedan ser evaluadas.
5. Evaluar alternativas y seleccionar la mejor.

Para establecerlo es necesario saber la naturaleza de los datos que se manejan, de ahí que Merigó plantea que los ambientes de decisión se pueden clasificar de la siguiente forma [Merigó 2008]:

- Certidumbre: La decisión es inmediata y se conoce cuál es la mejor decisión posible.
- Riesgo: No se conoce cuál es la mejor solución posible, pero sí se puede asociar un grado de probabilidad a las posibles situaciones futuras.
- Incertidumbre: Se conoce cuáles son los posibles resultados futuros pero se desconoce el grado de probabilidad asociada a ellos.

1.2 Gestión del conocimiento.

La Gestión de Conocimiento (GC) consiste en la producción, distribución, almacenamiento, evaluación, disponibilidad, transferencia y puesta en marcha del conocimiento de la organización. Conocimiento que viene tanto desde dentro de la organización como desde afuera de ella [Galeano Patiño y otros 2008 ; Baladia y Riol 2007]. Generalmente se hace referencia a una estrategia que permite que las organizaciones reconozcan el valor del conocimiento (experiencias, capital intelectual, saber hacer) que se encuentra en su institución, en las personas, los procesos y los clientes, para transformarlos en productos y servicios de mayor calidad y que aumenten su valor.

La gestión del conocimiento [Pérez Rodríguez y Coutín Domínguez 2005] en las organizaciones crea un ente propicio para:

- cambiar la forma de hacer las cosas,
- generar innovación,
- incorporar a las personas como actor relevante de la organización y mostrar las acciones de la organización.

La gestión de la información (GI) y la gestión del conocimiento son actividades estrechamente vinculadas [Baladia y Riol 2007]. No hay que perder de vista que la información, tanto la cuantitativa como la cualitativa, es una parte fundamental del conocimiento y por tanto, gestionarla correctamente, es una condición necesaria si se desea realizar una gestión del conocimiento de calidad. Los proyectos actuales de investigación se centran en cómo identificar aquella información que es crítica para las organizaciones; ésta, una vez tratada, se convertirá en conocimiento crítico, indispensable para la explotación y el mantenimiento de las ventajas competitivas basadas en el conocimiento [Peluffo 2002].

El sistema de gestión de información debe ser de sencilla comprensión y asimilación, de manera que cada uno de los miembros conozca cómo está estructurado, saber dónde puede buscar lo que necesita y dónde actualizar o incorporar lo que ha aprendido, quiénes tienen relación con los temas que lo ocupan o de los cuales es responsable y cómo transmitir las fallas que observe en este sistema, a fin de tomar las medidas pertinentes para la mejora del mismo. Es igual de relevante que la información sea accesible como documentada y actualizada [Visbal y González 2003 ; Bueno 2002]. Los sistemas de gestión de información, en estos momentos, buscan lograr con sus servicios, la producción de conocimientos o una proyección hacia la gestión del conocimiento.

El conocimiento tiene su expresión en la información, por lo que todo sistema de gestión del conocimiento debe contar con el apoyo de un sistema de gestión de información y con un sistema de gestión documental [Rojas Mesa 2006]. Tanto la información como el conocimiento tienen que ver con las personas, pero en diferentes niveles o dimensiones: la información depende de los datos que se convierten en información al tener significado a partir de diferentes procesos de agregación de valor, y de una determinada contextualización. El conocimiento es información transformada en creencias, conceptos y modelos mentales mediante razonamiento y reflexiones [León Santos y otros 2006 ; Ponjuán Dante 2004, 1998].

Luego de analizar los conceptos y las características de la gestión de conocimiento y la toma de decisiones podemos decir que aplicado a las ciencias médicas, muchos profesionales coinciden en la relevancia de tomar decisiones en la asistencia médica. Igualmente, importantes libros de texto de la profesión médica reconocen el significativo

lugar que ocupa el tomar decisiones en la labor profesional asistencial, presente prácticamente en todos los momentos de la atención a enfermos. Si bien para lograr el diagnóstico el médico debe tomar algunas decisiones, es en el momento de escoger la conducta a seguir con el paciente y la terapéutica a emplear, cuando más evidente se hace la necesidad de llevar a cabo el acto de decidir. La práctica de la medicina basada en la evidencia está dada como la utilización consciente, explícita y juiciosa de la mejor evidencia científica disponible a la hora de tomar decisiones sobre el cuidado de los pacientes. La práctica de la medicina basada en la evidencia significa entonces integrar la maestría clínica individual con la mejor evidencia científica disponible procedente de la investigación válida y fiable [Gómez De La Cámara 2003].

La informática médica provee al mundo métodos novedosos, sencillos, robustos y de gran eficiencia para la gestión de información que se obtienen de consultas médicas en centros de salud e investigación médica. Para la mayoría de los médicos la disposición de complejos software es considerada una herramienta indispensable en la actualidad. Estos software son utilizados como medios de apoyo reduciendo así la posibilidad de errores en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades trayendo consigo que la formación del profesional sea cada día mejor y que pueda intercambiar información y conocimientos con el resto del mundo [Luengas y otros 2009 ; Batard 2000 ; Farell Vázquez 2002 ; Quesada 2003].

En este sentido la inteligencia artificial (IA) brinda varias técnicas que permiten la formalización y gestión del conocimiento para su utilización en sistemas inteligentes. La misma hace uso de tres procesos fundamentales: Crear conocimiento, compartir conocimiento y usar conocimiento. En el primero es necesario que se realicen dos actividades: la conversión del conocimiento tácito en explícito y la conducción del conocimiento individual a un nivel grupal, organizacional e interorganizacional [Bosch-Jover 2002 ; Olson y Atkins 2005]. Conocimiento este que luego es compartido y aplicado o utilizado posteriormente como base en las aplicaciones de ayuda a la toma de decisiones.

1.3 La inteligencia artificial y los sistemas basados en el conocimiento.

El término Inteligencia Artificial muchos lo asocian a súper computadoras inteligentes, que algún día puedan llegar a sobrepasar el conocimiento y entendimiento de los seres humanos. Lo que sí se puede evidenciar en esta rama son los logros que se han obtenido

hasta hoy, los cuales han contribuido al desarrollo de las ciencias, y específicamente en la salud, debido a sus posibilidades para involucrarse en situaciones donde se requiere un gran cúmulo de conocimientos médicos, el veloz procesamiento de los datos y la toma efectiva de decisiones.

Según Richard Bellman [Bellman 1978] la IA es la automatización de actividades que asociamos con el pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, la resolución de problemas, el aprendizaje.”

María del Carmen Expósito Gallardo y Rafael Ávila Ávila [Gallardo y Ávila 2008] definen que “La inteligencia artificial es un área de la investigación donde se combinan las computadoras, la fisiología y filosofía, reuniendo varios campos como la robótica y los sistemas expertos, los cuales tienen en común la creación de máquinas que pueden “pensar” por medio de algoritmos”.

Un sistema basado en el conocimiento está caracterizado por el hecho de duplicar el conocimiento y experticia de un ser humano para un dominio específico. Tres conceptos fundamentales relativos a estos sistemas los distinguen de los programas basados en búsqueda general [Gálvez 1998 ; Peña 2006]:

- La separación del conocimiento de cómo este es usado (distinción entre conocimiento y estrategia de control).
- El uso de conocimiento muy específico del dominio.
- Naturaleza heurística, en lugar de algorítmica, del conocimiento empleado.

Los sistema experto (SE) son la élite de los sistema basado en el conocimiento, y se les conoce como el programa de computadora que intenta imitar e incluso superar en algunas ocasiones a un experto humano en un ámbito concreto de su actividad. Los sistemas expertos son programas diseñados para actuar como un especialista humano en un dominio particular o área de conocimiento. Pueden considerarse como intermediarios entre el experto humano, que transmite su conocimiento al sistema, y el usuario que lo utiliza para resolver un problema con la eficacia del especialista. El sistema experto utiliza el conocimiento que tenga almacenado y algunos métodos de inferencia [Rolston y otros 1990 ; Peña 2006 ; Krishnamoorthy y Rajeev 1996].

Un experto es una persona que posee habilidades que le permiten sacar conclusiones de experiencias pasadas y rápidamente focalizar sobre el centro de un problema dado. Las mayores posibilidades del éxito de un experto en la solución de problemas se deben a que ha adquirido un conjunto de relaciones de causa y efecto poderosas basadas en la experiencia. Un experto es capaz de utilizar este conocimiento básico para reconocer rápidamente rasgos sobresalientes del problema, clasificar este de acuerdo a estas características y buscar una solución. Últimamente, se reconoce que en lugar de relaciones de causa y efecto los expertos recuerdan casos similares al problema a resolver y toman de ellos las soluciones dadas como punto de partida para encontrar la solución al nuevo problema [Rolston, y otros 1990].

Al experto lo caracterizan [Gálvez 1998]:

- Una mayor amplitud en la variedad de problemas que puede resolver que los otros profesionales del dominio.
- Más rapidez en encontrar una solución.
- Más calidad en la solución encontrada.

Para que un sistema actúe como un verdadero experto, es necesario que reúna, en lo posible, lo más importante de las características de un experto humano:

- Habilidad para adquirir conocimiento.
- Fiabilidad, para poder confiar en sus resultados o apreciaciones.
- Solidez en el dominio de su conocimiento.
- Capacidad para resolver problemas.

Los sistemas basados en el conocimiento representan un avance respecto a los especialistas humanos, ya que disponen del conocimiento explícitamente, al contrario de los expertos humanos, lo que nos permite examinarlo para corregirlo, darle más consistencia y completarlo. De tal manera el conocimiento puede ajustarse, aumentando así la calidad del mismo. Una parte de un conocimiento experto consiste de relaciones de causa y efecto. Estas relaciones o reglas se originan a partir de la experiencia pasada y son llamadas heurísticas [Gálvez 1998]. Ellas representan conocimiento informal, que permiten a un experto encontrar rápidamente una solución a un problema sin tener que realizar un análisis detallado de una situación particular debido a un análisis de un problema similar resuelto de forma exitosa anteriormente o a relaciones que han sido

aprendidas como resultado de un intento fallido en el pasado, para resolver un problema similar. El experto puede no recordar todos los detalles del análisis del problema original, pero puede reconocer el enfoque aplicado a un problema similar.

Existen varias razones que sustentan enfatizar en el conocimiento en lugar de en los métodos de razonamiento formal entre los que podrían citarse:

- La mayoría de los problemas difíciles e interesantes no tienen soluciones algorítmicas tratables.
- Los expertos humanos obtienen su destacado desempeño gracias al conocimiento que poseen.
- El conocimiento es una fuente escasa cuyo refinamiento y reproducción crea riqueza.

Los sistemas basados en el conocimiento tienen **ventajas** y **desventajas** [Peña 2006 ; Gálvez 1998 ; Santisteban 1987] cuando se comparan con otras soluciones como el software convencional.

Ventajas:

1. Amplia distribución de experticia escasa.
2. Fácil modificación (conocimiento explícito y accesible).
3. Consistencia en las respuestas (los expertos humanos pueden diferir en sus explicaciones, incluso un mismo experto puede responder de forma diferente en momentos diferentes).
4. Gran accesibilidad.
5. Preservación de la experticia (constituye una memoria institucional y poseen la capacidad para adquirir nuevo conocimiento y perfeccionar el que poseen).
6. Solución de problemas que incluyen datos incompletos.
7. Explicación de soluciones (justifica sus conclusiones y explica por qué hace una pregunta).
8. Permite evaluar el efecto de nuevas estrategias añadiendo o modificando conocimiento.
9. Constituye un entrenador en el dominio de aplicación.

Desventajas:

1. Las respuestas no siempre son correctas.
2. Conocimiento limitado al dominio de experticia.
3. Ausencia de sentido común.
4. No reconocen el límite de su conocimiento.

Los sistemas basados en el conocimiento emplean una amplia variedad de arquitecturas [Bellman 1978 ; Samper 2012 ; Castillo y otros 1998] específicas a las aplicaciones, sin embargo se puede generalizar un módulo de componentes, como se muestra en la Figura 1.1, que normalmente se deben integrar en cualquier ámbito.

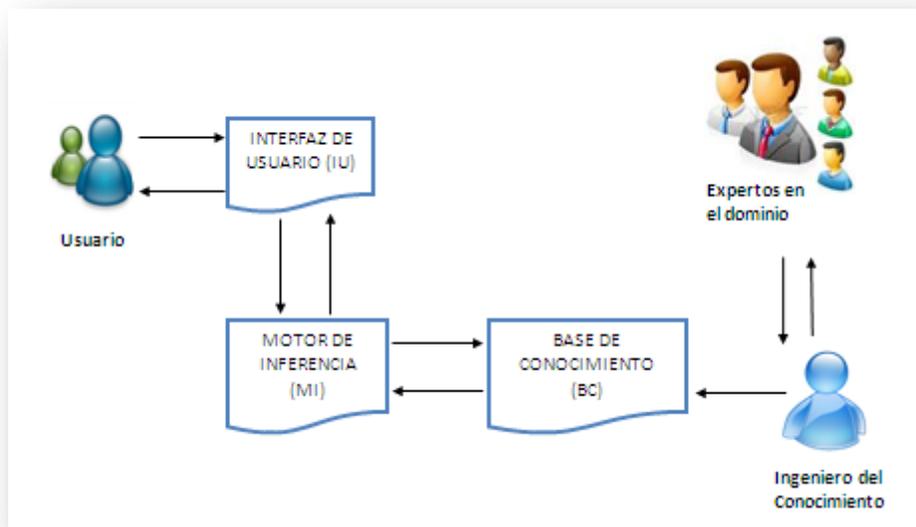


Figura 1.1. Arquitectura de los Sistemas Expertos.

Todo sistema dispone de una **interfaz de usuario**, mediante la cual se produce el diálogo entre el sistema y el usuario.

El **motor de inferencia** es un programa que controla el proceso de razonamiento que seguirá el sistema experto. Utilizando los datos que se le suministran, recorre la base de conocimientos para alcanzar una solución. El motor de inferencia es considerado el núcleo del SE.

La **base de conocimiento** contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio determinado. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. Esclarecer y reproducir el conocimiento que poseen los expertos es la

tarea central en la construcción de sistemas basados en el conocimiento y el encargado de realizar esta tarea es el ingeniero de conocimientos (IC).

Proceso de adquisición del conocimiento.

La adquisición del conocimiento es la transferencia de la experticia desde las fuentes de conocimiento hacia el sistema basado en el conocimiento, la experticia a interpretar es una colección de hechos especializados, procedimientos y reglas sobre el dominio estrecho en lugar de conocimiento general sobre el dominio o conocimiento de sentido común. La adquisición del conocimiento se puede realizar a partir de la interacción del experto a través: del ingeniero de conocimiento, de un programa editor o de un programa de inducción.

Según Stuart Russell y Petter Norving [Russell y otros 1995] en su 2da edición del libro Artificial Intelligence a Modern Approach los sistemas basados en el conocimiento pudieran clasificarse atendiendo a dos dimensiones: aplicación de la misma y forma de representar el conocimiento adquirido.

1.4 Sistemas basados en conocimiento en la ayuda a la toma de decisiones y el diagnóstico.

Los sistemas de ayuda a la decisión (DSS) constituyen una clase de sistemas de información computarizados entre los que se incluyen sistemas basados en el conocimiento (también llamados sistemas expertos) que soportan actividades de toma de decisiones. El objetivo de estos sistemas es ayudar a tomar decisiones compilando información útil a partir de una combinación de datos sin tratar, documentos, conocimiento personal o modelos de negocio para identificar y resolver problemas y tomar decisiones.

Los sistemas de ayuda a la decisión clínica (CDSS- Clinical Decision Support System) son programas informáticos diseñados para asistir a los médicos y profesionales de la salud con la tarea de toma de decisiones. Una definición propuesta por Hayward: "Los sistemas de ayuda a la decisión clínica vinculan las observaciones de la salud con el conocimiento clínico para influenciar en las decisiones relacionadas con temas clínicos realizadas por los profesionales del sector para mejorar el cuidado de la salud" [Hayward y otros 2006 ; Rodriguez 2010].

A menudo, los sistemas de ayuda a la decisión de diagnóstico (DDSS – Diagnosis Decision Support System) se asumen como equivalentes de los CDSS y se usan indistintamente. Sin embargo, existen ligeras diferencias ya que los DDSS se usan única y exclusivamente como herramientas de diagnóstico, mientras que los CDSS pueden tener otros usos como gestión clínica de la información de pacientes, gestión farmacéutica, sistemas de dosificación de medicamentos, etc. El principal objetivo de los CDSS modernos es asistir al personal relacionado con la salud (clínico) en el punto de cuidado o atención del paciente. Esto significa que el clínico va a interactuar con un CDSS para determinar diagnósticos, análisis y tratamientos a partir de los datos del paciente. Se han usado teorías previas de los CDSS para definirlo literalmente como un sistema para tomar decisiones por el clínico. El clínico debe introducir la información de entrada y esperar a que el CDSS devuelva una salida con la respuesta correcta y actuar en consecuencia. Típicamente, los CDSS deberían hacer sugerencias de salidas o un conjunto de salidas para que el clínico oficialmente escoja la información útil y elimine las sugerencias erróneas realizadas por el CDSS [Berner 2006 ; Rodriguez 2010].

Los sistemas de ayuda a la decisión de diagnóstico (DDSS) son una variedad de los CDSS cuyo objetivo primordial es dar una ayuda a la realización del diagnóstico diferencial. Como objetivos secundarios, se podrían establecer pautas de tratamiento u otras opciones [Rodriguez 2010].

Hasta aquí se ha evidenciado la aplicación de estos sistemas en un área el conocimiento, en este caso la medicina clínica, quedaría entonces caracterizarlo desde su otra dimensión, la forma de representar el conocimiento adquirido (FRC). La forma de representar el conocimiento varía en dependencia del tipo de sistema que se utilice. A continuación se muestra en la Tabla 1.1 la evidencia de estas características:

Tabla1.1: Tipos de Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC) [Gálvez 1998].

Nombre	Forma de Representación del Conocimiento (FRC)	Explicación	Método de solución del Problema (MSP)	Fuentes de Conocimiento
Sistemas basados en	Reglas de producción	Reglas activas	Usualmente búsqueda primero en	Expertos, publicaciones, ejemplos

reglas (SBR)			profundidad con dirección backward o forward	
Sistemas basados en frames (SBF)	Frames		Herencia y procedimientos adjuntos	Expertos, publicaciones, ejemplos
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

De la gran variedad de Sistemas Basados en el Conocimiento existentes se destacan actualmente para su aplicación en la medicina los siguientes [Batard 2000 ; Juárez Herrero 2007 ; Bárbara 2000]:

1. Basados en Reglas: trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en situación modificada.

2. Basados en Casos: aplicando el razonamiento basado en casos, donde la solución a un problema similar planteado con anterioridad se adapta al nuevo problema.

En la presente investigación se aplicarán los Sistemas Basados en Reglas para el diagnóstico médico, ya que los síntomas presentados por los pacientes podrán ser expresados en forma de reglas, y así, luego de la aplicación de un conjunto de éstas, se podrá diagnosticar a un paciente. También se aplicará los Sistemas Basados en Casos para el tratamiento médico debido a que se cuenta con una base de datos donde están guardados los tratamientos asociados al paciente. Y se ajusta a esta técnica para resolver los problemas, ya que no se parte de cero. El sistema se basará en experiencias anteriores realizando modificaciones a éstas en caso necesario para emitir un tratamiento certero.

Sistema Basado en Reglas.

Los Sistemas Basados en Reglas (SBR) son los más conocidos de los SBC. Los SBR utilizan las reglas de producción como forma de representación del conocimiento, y como método de inferencia la regla de modus ponens¹ [Gutiérrez 2008 ; Vivancos Rubio 2004 ; Piñeiro y otros 2005].

Las reglas utilizan un formato SI – ENTONCES para representar el conocimiento, donde la parte SI de una regla es una condición (también llamada premisa o antecedente), y la parte ENTONCES de la regla es la acción (también llamada conclusión o consecuente), que permite inferir un conjunto de hechos nuevos si se verifican las premisas. El dominio de conocimiento representado se divide en pequeñas fracciones de conocimiento o reglas, que consta de una parte denominada condición y otra denominada acción [Becerra y otros 2011 ; Golding y Rosenbloom 1991 ; Castillo, y otros 1998 ; Moya-Rodríguez y otros 2012]

Para la construcción de SBR se tienen las fuentes de conocimiento siguientes:

- Expertos (casi indispensable).
- Literatura científico - técnica sobre el dominio de aplicación.

¹Regla de inferencia más comúnmente utilizada. En ella se examina la premisa de la regla, y si es cierta, la conclusión pasa a formar parte del conocimiento.

- Ejemplos de problemas con sus soluciones del dominio de aplicación.

El papel de los expertos es fundamental, ellos aportan su conocimiento privado y orientan al ingeniero de conocimiento en el estudio de la información científico - técnica y en el análisis de los ejemplos.

Los SBR le dan solución al problema creando una cadena de inferencias que constituye un camino entre la definición del problema y su solución. Esta cadena de inferencias puede construirse de dos maneras (direcciones de búsqueda): iniciar con los datos conocidos y llegar a la conclusión (también conocido como encadenamiento hacia adelante), la otra forma sería seleccionando una conclusión posible y tratar de probar su validez buscando evidencias que la soporten (también conocido como encadenamiento hacia atrás) tal como se muestra en la Figura 1.2 tomado de [Gamarra y Gamarra 2006].

El “encadenamiento hacia adelante” consiste en aplicar al conocimiento base (organizado en forma de reglas de producción), junto con otro conocimiento disponible, el esquema inferencial modus ponens. Esta estrategia se denomina "encadenamiento hacia adelante" o "razonamiento de datos dirigidos", porque comienza con los datos conocidos y aplica el modus ponens sucesivamente hasta obtener los resultados que se siguen.

El “encadenamiento hacia atrás” consiste en tratar de probar un dato (o conocimiento) unificándolo en las reglas base con el esquema de inferencia modus ponens, o sea, tomando al dato como un consecuente y buscando en el conocimiento base el correspondiente antecedente, a través de los pasos correspondientes [Gálvez 1998] [Gamarra y Gamarra 2006].

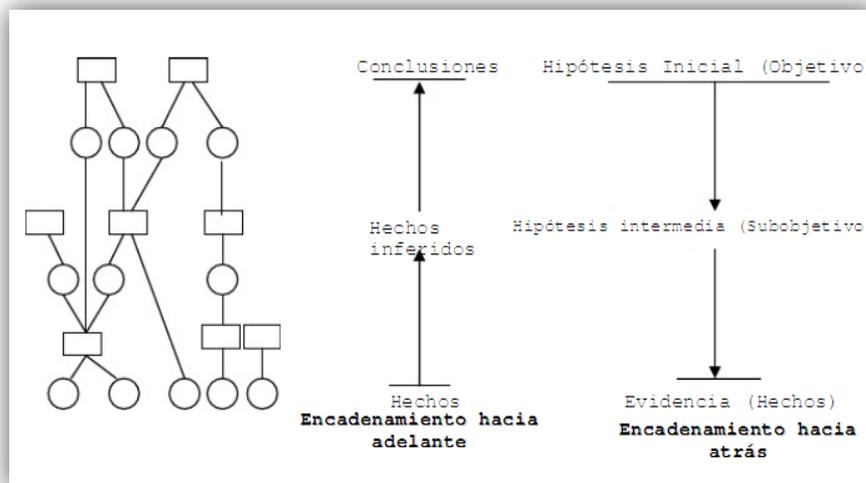


Figura 1.2. Estrategias de búsqueda.

Razonamiento Basado en Casos.

Los Sistema Basado en Casos (RBC) basa su funcionamiento en experiencias anteriormente vividas, ya sea por el propio sistema o bien por la persona experta. Esto significa usar viejas vivencias para comprender y resolver los nuevos problemas. El razonamiento basado en casos es una manera de razonar haciendo analogías y se ha argumentado que no es solo un método poderoso para el razonamiento de las máquinas sino que las personas lo utilizan para resolver sus problemas cotidianos [Mora Flores y otros 2005 ; Althoff y Wilke 1997 ; Krishnamoorthy y Rajeev 1996].

La resolución de problemas basada en casos se lleva a cabo recuperando los casos similares desde la base de casos y usando estos de nuevo con o sin adaptaciones, si sufren adaptaciones, una vez hallada la solución se almacena junto con la descripción del problema en la base de casos, debido a que constituye un nuevo caso [Aamodt y Plaza 1994].

La calidad del resultado producido por el RBC depende de cuatro aspectos principales: la experiencia del sistema, su habilidad para comprender nuevas situaciones en término de la experiencia, de su habilidad en la adaptación y en la evaluación.

Los sistemas RBC se descomponen en varias fases como plantean en su artículo [Martínez Sánchez y otros 2009] y se muestra en la Figura 1.3 tomada de [Rivera 2010 ; Piñeiro, y otros 2005].

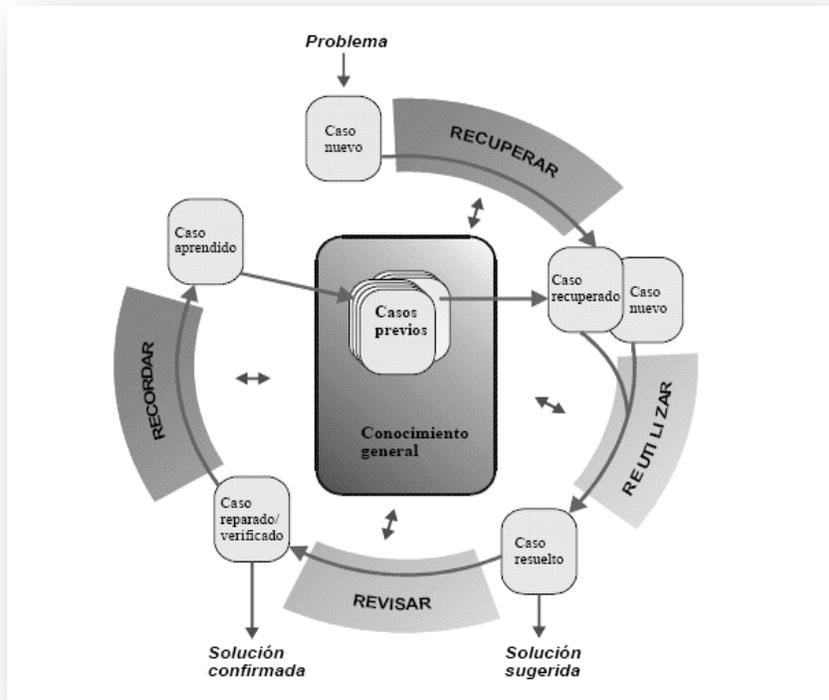


Figura 1.3. Ciclo de vida de un RBC

1. **Recuperar** el caso o casos pasados más similares a la nueva situación presentada.
2. **Reutilizar** la información y conocimiento de este caso o casos recuperados para resolver el nuevo problema.
3. **Revisar** la solución propuesta.
4. **Recordar** o almacenar la nueva solución una vez ha sido confirmada o validada de una manera que pueda ser útil para resolver problemas futuros.

A continuación se presenta una definición de sistema de razonamiento basado tomado de la tesis doctoral de Matha Dunia Delgado Lapena [Delgado 2006].

Un sistema de razonamiento basado en casos R se define en términos de un par (C,R) donde, C es un conjunto finito no vacío de objetos o eventos llamados casos y X es un conjunto finito no vacío de propiedades o atributos llamados rasgos predictores.

$$R = (C, X) \quad (1.1)$$

Cada rasgo predictor $x_i \in X$ puede ser considerado una función que relaciona elementos de C en el conjunto $M_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN_i}\}$ de valores del rasgo Predictor x_i .

Los casos están compuestos por un conjunto de atributos que describen el problema y entre los que se encuentran los rasgos predictores y por la solución dada al problema descrito.

De acuerdo a la naturaleza del problema tratado se define la representación del caso, es decir, cuáles son los atributos importantes, qué problemas serán tratados, cuál es la solución propuesta, etc. Además es necesario definir los mecanismos de recuperación de casos. El caso más parecido será aquel que más próximo esté del problema actual, en cuanto a sus atributos, es decir será el caso cuya evaluación de la función objetivo o función de semejanza tome el mejor valor dentro de los casos contemplados en la Base de Casos existente, entendiendo como valor más próximo el valor de la función objetivo que denota menor diferencia entre el caso actual y el caso evaluado.

El funcionamiento del RBC comprende procesos estrechamente relacionadas y que hacen posible el objetivo de proponer solución a nuevos problemas a partir de soluciones dadas con anterioridad a problemas similares, estos procesos son: la recuperación de los casos más parecidos, la adaptación de la solución [Rivera 2010].

Funciones de semejanza para los casos donde las características que los representan son numéricas.

- Distancia Euclidiana
- Distancia de Manhattan
- Distancia de Minkowsky
- Distancia de Clark
- Distancia de Camberra
- Distancia de Camberra
- Diferencia en tamaño

- Diferencia en forma
- Coeficiente de Duran y Odell

Funciones de semejanza para los casos donde las características que los representan son simbólicas.

Cuando los atributos son simbólicos o nominales, la forma tradicional de adaptar el método del vecino más cercano es recurrir a una métrica general, la cual cuenta el número de atributos que tienen valores diferentes para los casos.

- Distancia de Hamming
- Value Difference Metric (VDM)

Funciones para calcular la semejanza en dominios de problemas donde las características son numéricas y no numéricas incluyendo información incompleta. Se considera como información incompleta, los valores desconocidos en un momento dado para un atributo.

- Heterogeneous Euclidean Overlap Metric (HEOM)
- Función de Gower
- Función de Argelio

1.4 Trabajos relacionados.

La informática médica provee al mundo métodos novedosos, sencillos, robustos y de gran eficiencia para la gestión de información que se obtienen de consultas médicas en centros de salud e investigación médica. Para la mayoría de los médicos la disposición de complejos software es considerada una herramienta indispensable en la actualidad. Estos software son utilizados como medios de apoyo reduciendo así la posibilidad de errores en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades trayendo consigo que la formación del profesional sea cada día mejor y que pueda intercambiar información, y conocimientos con el resto del mundo[Rodríguez 2010 ; Luengas, y otros 2009 ; Farell Vázquez 2002 ; Quesada 2003 ; Pinero y otros 2006].

La mayoría de los software desarrollados para las dislipoproteinemias que existen internacionalmente se limitan a recomendar consejos sobre ejercicios físicos que se pueden realizar, sobre tipos de dietas balanceadas que debe seguir una persona de acuerdo a sus características físicas y su edad, a brindar información acerca de la enfermedad, a ofrecer la posibilidad de realizar algunos cálculos como el factor de riesgo de la enfermedad o calcular el valor del peso ideal, razón por la cual no cumplen con los

objetivos propuestos para la presente investigación. Algunos de ellos son Citmed 6.0, Multicalculadora RCV, DiagnosMD, y GlucoGestor. A continuación se relacionan algunos ejemplos de aplicaciones que han mostrado resultados en esta área y que tienen el objetivo de prevenir y tratar las dislipoproteinemias, es válido aclarar que estos software que se analizan fueron desarrollados para Cuba, pues para la prevención, diagnóstico tratamiento de la enfermedad influyen varios factores como son: los determinantes genéticos, las condiciones socioculturales y los hábitos alimentarios propios de cada país.

- **LIPICID**

LIPICID es una aplicación Windows para el diagnóstico, evaluación y tratamiento de las dislipoproteinemias. Toda la información sobre los pacientes manipulada por LIPICID se almacena en bases de datos tipo FoxPro. Se adiciona una aplicación DOS denominada LIPINFO mediante la cual puede consultarse y analizarse la información de dichas bases de datos. LIPICID para su trabajo se guía por la experiencia tomada de la consulta de Dislipoproteinemias y Aterosclerosis del Hospital "Hermanos Ameijeiras" que utiliza las normas propuestas por el II Reporte del Panel de Expertos en Detención, Evaluación y Tratamiento del Colesterol Elevado en Adultos del Programa Nacional para la Educación del Colesterol (NCEP) de EE.UU [Nasiff y Lodos 1999]

- **SAMAD 1.0**

SAMAD es un sistema para el diagnóstico de las dislipoproteinemias de la primera consulta y adicionalmente posibilita la evaluación y tratamiento de los pacientes dislipidémicos. Posee un foro de discusión para el intercambio de criterios entre especialistas. Permite realizar reportes y muestra gráfico de estado del paciente y comportamiento de los factores de riesgo. SAMAD 1.0 para su trabajo se guía por la experiencia tomada de la consulta de Dislipoproteinemias y Aterosclerosis del Hospital "Hermanos Ameijeiras" que utiliza las normas propuestas en el ATP III [Blanco , y otros 2007].

Conclusiones parciales

- La aplicación de técnicas computacionales inteligentes como apoyo a la decisión clínica permiten que sistemas de esta naturaleza puedan ser de gran utilidad tanto para médicos con experiencia como para aquellos con poca o ninguna práctica en el área.

- La utilización de los SBR y las RBC facilita la realización del diagnóstico y tratamiento y permite aprovechamiento del conocimiento generado en estos procesos. En la actualidad el diagnóstico y el tratamiento de la dislipoproteinemias presenta carencias en el empleo de herramientas informáticas que apoyen la discusión de casos vistos en consulta y especialmente en el empleo de técnicas computacionales inteligentes como apoyo a la decisión.
- Definir los elementos anteriores permitió identificar la necesidad de la elaboración de un sistema que contenga los aspectos fundamentales para que los especialistas posean, el conjunto de los elementos necesarios para valorar y enfrentar la resolución de cualquier caso de esta rama y que contribuya a mejorar la fiabilidad en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias.

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA LA AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES EN EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LAS DISLIPOPROTEINEMIAS.

Introducción

En este capítulo se presenta el sistema para la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias. En el mismo se describen las características, su estructura general y se muestra su flujo de trabajo. Posteriormente se presentan las herramientas y se describen las técnicas para la representación del conocimiento, descripción y especificación formal del dominio, y las técnicas implementadas en el sistema para el diagnóstico y tratamiento médico de pacientes dislipidémicos.

2.1 Características del sistema

Un sistema de información, definido por los autores [Duménigo ; Shee y Wang 2008] es el conjunto de personas, datos, procesos y tecnología de la información que interactúan para recoger, procesar, almacenar y proveer la información necesaria para el correcto funcionamiento de una determinada organización.

El sistema que se propone se basa en la ingeniería del conocimiento como soporte a la toma de decisiones en la medicina. Las propiedades fundamentales del sistema son la aplicabilidad y usabilidad dado por la arquitectura que posee de acuerdo a las políticas de Softel para el desarrollo de software para la salud, el manejo de los datos que alcanza, la interoperabilidad con sistemas externos, por la posibilidad de adaptarse a las necesidades del personal médico, y además su capacidad de retroalimentación lo que permite ajustar las bases de casos.

En la tabla 2.1 se describen los actores que intervienen en el proceso.

Tabla 2.1: Actores que intervienen en el proceso.

Rol	Descripción
Especialista	Gestiona toda la información relacionada con la atención al paciente. Puede registrar los datos de los pacientes asociados a la primera consulta y a la consulta evolutiva.
Ingeniero del Conocimiento	Diseña y actualiza las Bases de Conocimiento.

2.2 Estructura general del sistema.

El sistema está estructurado a partir de los procesos de diagnóstico y tratamiento al cual le brinda soporte. El flujo de trabajo donde se muestran las principales actividades se representa en la Figura 2.1. Las principales actividades son:

- Recoger datos.
- Proponer el diagnóstico
- Proponer el tratamiento.
- Planificar consulta de seguimiento.

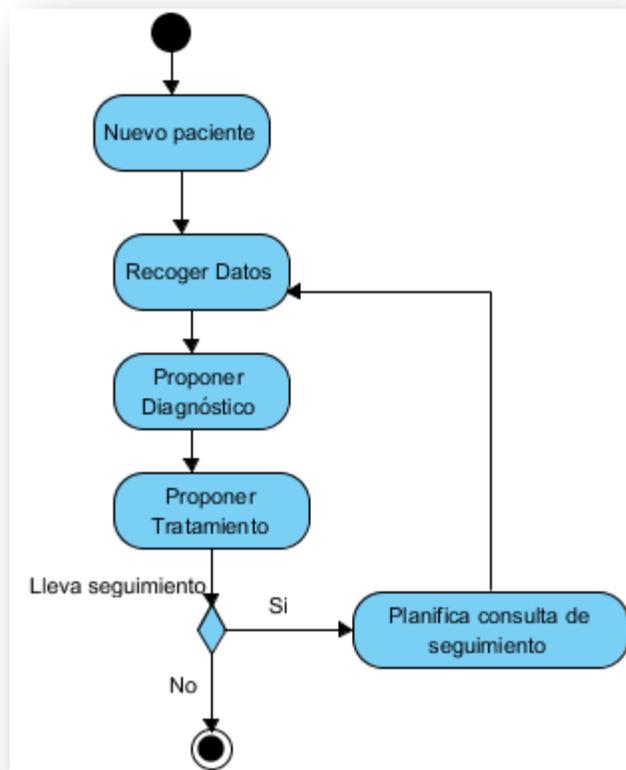


Figura 2.1. Flujo de trabajo para la obtención del sistema.

Principios y premisas.

Los principios que se exponen a continuación contribuyen al adecuado manejo de la gestión de pacientes dislipidémicos y de igual manera al diagnóstico y tratamiento de los mismos:

- Personal involucrado: el personal médico involucrado deberá ser comprometido con la validez de los resultados y ser especialista en la rama.
- Centrado en los usuarios: el sistema se centra en obtener un beneficio visible para los usuarios, logrando así una mayor involucración de los mismos en este proceso.
- Enfoque de mejora continua: el principal elemento que contribuye a la mejora es el aprendizaje; el sistema asume un aprendizaje sistemático.

La siguiente premisa es fundamental a la hora de aplicar el sistema:

- Personal capacitado en el proceso de atención a los pacientes dislipidémicos para su diagnóstico y tratamiento: es necesario que se asigne un equipo capacitado en el tema de las dislipoproteinemias para poder obtener el diseño de la BC, ya que serán quienes brindarán conocimiento que se representa luego en forma de reglas y casos.

A continuación se describe por cada una sus etapas, sus objetivos y actividades.

2.3 Descripción del sistema.

Como afirmara Germinal Álvarez Batard [Batard 2000] en su artículo, el procedimiento clínico abarca desde la primera entrevista con el paciente hasta la decisión de un diagnóstico tentativo. Esta es, sin duda, la parte donde se necesita el volumen mayor de conocimiento médico, ya que estamos preparados para tratar con una o varias enfermedades de las miles de enfermedades o estados clínicos que a su vez tienen muchas manifestaciones que no necesariamente representan enfermedad. La entrevista, el examen físico y los exámenes complementarios reducen el enorme conjunto de posibilidades a un pequeño grupo de diagnósticos diferenciales.

Etapas 1: Registro de los Datos del Paciente

Objetivo:

1. Recoger los datos de un nuevo paciente.
2. Crear una Historia Clínica

Actor: Especialista

Herramienta utilizada: Sistema de ayuda médica para la atención de las dislipoproteinemias.

Actividades:

1. Registro de los datos personales del paciente.
2. Creación de la Historia clínica.
3. Caracterización del paciente mediante la entrevista la cual evidencia si es posible registrar completamente sus datos o si es necesario indicar complementarios.
4. Registro de exámenes médicos necesarios para diagnosticar y asignarle tratamiento al paciente.

- Antecedentes patológicos personales
- Antecedentes patológicos familiares
- Examen físico
- Signos asociados a las dislipoproteinemias
- Determinación de las lipoproteinemias
- Otros exámenes
- Medicamento
- Hemoquímica
- Ultrasonido doppler carotideo

Siendo de carácter obligatorio los siguientes complementarios:

- En caso de registrar el examen físico es obligatorio obtener los datos de:
 - Talla
 - Peso
 - Presión arterial sistólica
 - Presión arterial diastólica
- En caso de registrar el examen determinación de las lipoproteinemias
 - Colesterol
 - Triglicéridos
 - cHDL
 - cLDL
- En caso de registrar otros exámenes

- Glucemia en ayunas

5. Obtención de cálculos auxiliares asociados al conocimiento del índice de masa corporal, del peso ideal, de las calorías de la dieta y el factor de riesgo cardiovascular correspondiente al paciente en cuestión.

Etapa 2: Diagnóstico del paciente

Objetivo:

1. Diagnosticar al paciente.

Actor: Especialista

Herramienta utilizada: Sistema de ayuda médica para la atención de las dislipoproteinemias. Servicio web: Sistema basado en reglas

Actividades:

1. Consulta de las normas para el diagnóstico de la dislipoproteinemias.
2. Obtención el diagnóstico del paciente.
3. Clasificación del paciente de acuerdo a su diagnóstico y remisión hacia la especialidad idónea para su padecimiento para que se le pueda dar seguimiento a su enfermedad.
4. Registro del diagnóstico del paciente en la historia clínica.
5. Registro de las observaciones médicas correspondientes al paciente.

Etapa 3: Tratamiento del paciente.

Actor: Especialista

Objetivo:

1. Obtener el tratamiento farmacológico y no farmacológico del paciente.

Actor: Especialista

Herramienta utilizada: Sistema de ayuda médica para la atención de las dislipoproteinemias. Servicio web: Sistema basado en casos.

Actividades:

- 1 Consulta de las normas para el tratamiento de la dislipoproteinemias.
- 2 Establecimiento de posibles tratamientos.
- 3 Selección del tratamiento más adecuado al paciente.
- 4 Registro del tratamiento farmacológico y/o no farmacológico del paciente en la historia clínica.
- 5 Planificación de la consulta de seguimiento en caso de ser necesario.

2.4 Técnicas y herramientas utilizadas.

La adquisición del conocimiento constituye la técnica donde intervienen ingenieros capacitados en obtener y codificar el conocimiento adquirido del experto. El ingeniero del conocimiento utiliza diferentes herramientas y métodos para obtener el conocimiento del experto entre los cuales se encuentra la entrevista, la encuesta, la observación y la tormenta de ideas.

Para la conceptualización del sistema se trazaron los objetivos y actividades enfocados al proceso de ingeniería del conocimiento. Al realizar la adquisición del conocimiento desde varias fuentes, el ingeniero de conocimientos transita por varias etapas antes de producir un SBC como se muestra en la Figura 2.2.

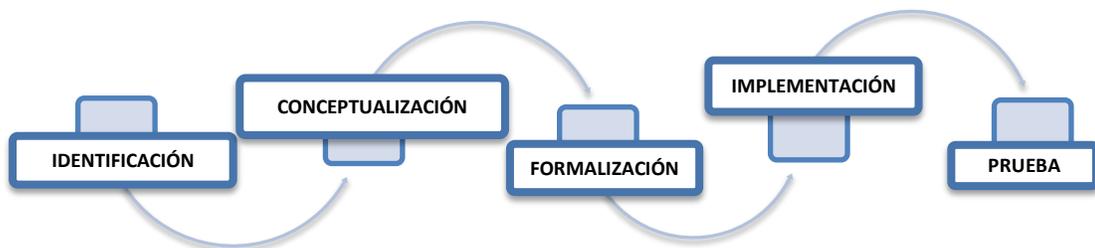


Figura 2.2. Estados de la adquisición de conocimiento

A continuación se detallan cada una de las etapas:

Objetivos:

1. Formalizar el conocimiento.
2. Caracterizar el proceso de gestión de pacientes dislipidémicos.
3. Determinar la información primaria y fuente de obtención de la misma.

Actor: Ingeniero del Conocimiento

Entrada: Conocimiento tácito de los expertos y fuentes de datos.

Salida:

- Representación del conocimiento en forma de reglas y casos
- Diseño de la base de conocimiento.

Etapas y actividades:

1. Identificación.
 - Se identifican los participantes y su papel.
 - Pueden haber uno o varios expertos, y uno o varios ingenieros de conocimientos.
 - Se identifica el problema, lo cual comprende un intercambio informal de puntos de vistas sobre aspectos del problema, su definición, características y subproblemas.
 - Se determinan los principales datos, términos y relaciones, así como las situaciones que pueden impedir hallar la solución.
 - Se identifican los recursos necesarios: fuente de conocimiento, tiempo, facilidades de cómputo.
 - Se debe hacer comprender a los expertos cual es el objetivo (s) de construir el SE (formalizar un conjunto de prácticas informales, multiplicar el conocimiento, ayudar a los expertos a resolver mejor los problemas, automatizar aspectos rutinarios de su trabajo, etc.).

2. Conceptualización.

Se definen explícitamente los aspectos y relaciones, para ello se deben aclarar las cuestiones siguientes:

- Tipos de datos disponibles.

- Qué se da y qué se infiere.
 - Nombre de las subtareas (si existen)
 - Nombres de las estrategias.
 - Existencia de hipótesis parciales usadas comúnmente.
 - Cómo se relacionan los objetos del dominio.
 - Cuál es el flujo de información.
 - Se puede identificar y separar el conocimiento necesitado para resolver un problema del conocimiento usado para justificar una solución.
3. Formalización.
- Se genera un conjunto de especificaciones parciales que describe como el problema puede representarse, y con esta información se puede seleccionar la herramienta a utilizar para la construcción del SBC.
4. Implementación.
- El conocimiento formalizado en la etapa previa se lleva a la representación que exige la herramienta seleccionada.
5. Prueba.
- Se prueba el sistema con una variedad de ejemplos que le permiten al IC determinar las debilidades en la base de conocimiento (BC) y la estructura de inferencia de ahí que se vuelva necesario en ocasiones refinar la formulación la forma de representar el conocimiento para expresar el conocimiento como salida de la implementación o rediseñar los aspectos relacionados con el diseño estructurado para organizar el conocimiento salida de la formalización o reformular nuevamente los aspectos relacionados con encontrar los conceptos para la representación del conocimiento y la identificación de las características del problema salidas de la conceptualización e identificación.

2.4.1 Solución propuesta para el Sistema Basado en Reglas.

El médico posee a diario una cantidad de datos incompletos e imprecisos como son los datos de los pacientes, el examen físico, pruebas de laboratorio, entre otros y en esa incertidumbre sus armas mayores son su inteligencia y experiencia. Es por ello que en ayuda de estas últimas se crean nuevas armas, dentro de las cuales se destacan los

SBC particularmente los SBR para poder facilitar el diagnóstico a los pacientes. Estos sistemas presentan como esquema de desarrollo el que se muestra en la Figura 2.3, donde: los datos de entrada al sistema, la implementación de métodos de resolución de problemas y el conjunto de reglas definidas y estructuradas que se obtienen como resultado de aplicar técnicas de ingeniería del conocimiento brindan una solución.

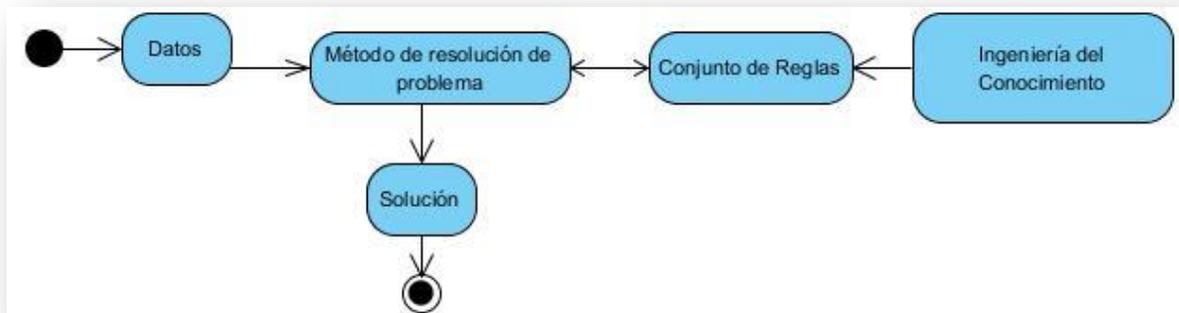


Figura 2.3. Esquema de desarrollo de un SBR

Todo SBR consta de tres componentes: Interfaz de usuario, motor de inferencia y base de conocimiento. A continuación se detallan para la solución cada uno de ellos:

Motor de Inferencia: Drools es un completo Sistema de Administración de Reglas de Negocio (BRMS por sus siglas en inglés), con un motor de reglas basado en una adaptación orientada a objetos del algoritmo Rete . El algoritmo Rete es un rápido igualador de patrones que obtiene su velocidad de almacenamiento de información sobre las reglas de una red. En lugar de tener que igualar la acción con todas las reglas en cualquier ciclo-acto de reconocimiento, el algoritmo Rete sólo busca los cambios en las correspondencias de cada ciclo. Esto acelera en gran medida la correspondencia de las acciones con las condiciones, porque los datos estáticos que no cambiaron de un ciclo a otro pueden pasarse por alto. Los algoritmos de igualado rápido como Rete completaron las bases para la aplicación práctica de los Sistemas Expertos [Díaz Casillas y otros 2010].

Drool permite expresar de una forma más natural las reglas de negocio interactuando con los objetos de negocio. Provee separación de lógica (reglas) y datos (hechos). También provee soporte para la programación declarativa, y es lo suficientemente

flexible para expresar la semántica del problema con un lenguaje específico de dominio (DSL por sus siglas en inglés). Drools cuenta con la implementación completa de la Java Rule Engine API (JSR-94). Drools se divide en 4 módulos que hacen que vaya más allá del motor de reglas:

- Expert: motor de reglas, con soporte de definición de DSL.
- Guvnor: es el BRMS, sistema en el que se almacenan las reglas y que permite explorarlo vía web y desde Eclipse.
- Flow: es un módulo WorkFlow que permite añadir a las reglas un flujo de ejecución de estas, además permite integración de tareas manuales, definición visual, control de los procesos en ejecución, de manera sencilla y potente.
- Fusion: trata los eventos generados desde las reglas y los flujos.

Drools utiliza el algoritmo Rete, ya que es un rápido igualador de patrones que obtiene su velocidad del almacenamiento de información sobre las reglas de una red. En lugar de tener que igualar los hechos con todas las reglas en cualquier ciclo-acto reconocimiento, el algoritmo Rete sólo busca los cambios en las correspondencias de cada ciclo. Esto acelera en gran medida la correspondencia de los hechos con los antecedentes, porque los datos estáticos que no cambiaron de un ciclo a otro pueden pasarse por alto.

Cada regla comienza con la palabra reservada **'rule'** y se identifica con un nombre "nombre", seguido de los "atributos", que pueden o no estar presentes. A continuación le siguen las "condiciones", dentro de la parte **'when'**, y luego las "acciones" en la parte **'then'**, terminando con la palabra reservada **'end'**. En el Anexo 1 se muestra un fragmento de las reglas de producción definidas en el lenguaje DSL.

La estrategia de búsqueda que se utiliza es el encadenamiento hacia delante, donde se parte de datos de entrada para llegar a una solución explicado en el epígrafe 1.4.

2.4.2 Solución propuesta para el Sistema Basado en Casos.

El RBC presenta como esquema de desarrollo el que se muestra en la Figura 2.4, donde: un **caso ejemplo** contiene información útil en un contexto concreto; el problema es identificar los atributos que caracterizan al contexto y detectar cuando dos contextos

son similares (**recuperar casos**), para así reutilizar esa información en la solución a nuevos casos (**adaptación de soluciones**).

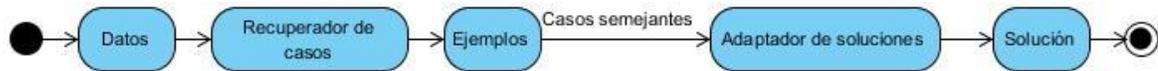


Figura 2.4. Esquema de desarrollo de un RBC

Los RBC se descomponen en cuatro fases que se ejecutan ante la aparición de una nueva situación:

1. **Recuperar** el caso o casos pasados más similares a la nueva situación presentada.
2. **Reutilizar** la información y conocimiento de este caso o casos recuperados para resolver el nuevo problema.
3. **Revisar** la solución propuesta.
4. **Recordar** o almacenar la nueva solución una vez ha sido confirmada o validada de una manera que pueda ser útil para resolver problemas futuros.

El objetivo de la **recuperación** de casos es encontrar un caso o un pequeño conjunto de casos en la librería de caso que contengan una solución útil para el problema o la situación actual.

Para realizar esa recuperación, es necesario identificar la descripción del problema actual para analizarlo con los problemas almacenados en la base de casos, aplicando una medida de similitud. Varios enfoques diferentes son aplicados para la realización del proceso de correspondencia de casos de la librería para recuperar un conjunto de casos útiles.

El caso adecuado es recuperado de la base de casos, y su solución es objeto de una posible reutilización para la solución del problema actual. La **reutilización** consiste principalmente en la adaptación de la solución del caso anterior al caso actual. Las técnicas tratadas en la reutilización de casos intentan resolver cuáles aspectos de la situación deben ser adaptados, qué modificaciones deben ser realizadas para esta adaptación y cómo controlar este proceso.

El caso recuperado puede no satisfacer completamente los requisitos dados por la nueva situación, se puede tornar necesario adaptar la solución descrita en el caso recuperado antes de la aplicación al caso actual. En la mayoría de las circunstancias y dominios será suficiente copiar la solución del caso encontrado para el actual (si la BC es suficiente) y se aplique esta solución o se adapte el caso manualmente.

Cuando la solución de un caso generado en la fase de reutilización no es correcta, surge una oportunidad para el aprendizaje. Esto ocurre en la fase del RBC llamada **revisión**.

La revisión consiste de dos tareas:

- Avalar cuidadosamente la solución generada por la reutilización. Si fuera considerada como correcta, aprende y continúa con la retención del nuevo caso en la base de casos.
- En caso contrario, reparar la solución utilizando conocimiento específico sobre el dominio de aplicación o información suministrada por el usuario.

Solo una minoría de los sistemas relacionados con el RBC implementa el proceso de revisión. Si la solución generada en las fases anteriores no es correcta, aun así puede “aprender de los errores” y repararla. Es decir, la reparación de una solución es una adaptación llevada a cabo cuando se sabe que la solución no es válida. Hay que tener capacidad para evaluar la corrección de las soluciones, ya sea porque la solución se pueda probar de alguna forma, por ejemplo aplicándola en el sistema real o en algún tipo de modelo, o porque un agente externo al sistema (el usuario) la señale como correcta o errónea.

Recordar es el proceso de incorporación del caso al conocimiento ya existente. El objetivo de retener continuamente el conocimiento cada vez que un nuevo problema es resuelto, es actualizar y extender la base de casos constantemente. Esto permite a un RBC continuamente incrementar su conocimiento.

La eficiencia de un RBC se puede degradar cuando el número de casos crece excesivamente y, por tanto, se debe evitar incluir casos que no aporten información nueva al sistema.

Para el proceso de recuperación de casos se propone utilizar la función heterogénea para determinar la distancia entre casos.

$$f(w_i, D(x_i, y_i)) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * D(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.1)$$

Siendo w_i el nivel de importancia o significación de cada atributo en el vector de representación del caso. Esto permite dar mayor importancia a los atributos que se consideren más o menos significativos. Para determinar la distancia debido a la naturaleza propia de los datos se implementó la distancia euclidiana y la función de Argelio.

Distancia euclidiana

Para los atributos numéricos se aplicará la función de distancia euclidiana y en otros casos el valor de la distancia será cero si son iguales, de lo contrario 1.

$$D(x_i, y_i) = \sqrt{(x_i - y_i)^2} \text{ para atributos numéricos} \quad (2.2)$$

$$D(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & x_i = y_i \\ 1, & x_i \neq y_i \end{cases} \text{ en otro caso} \quad (2.3)$$

Función de Argelio

Para este caso la función propuesta define la distancia como:

$$D(x, y) = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{1 + d(x_i, y_i)}\right) \quad (2.4)$$

Donde en dependencia del tipo de variables, se tiene para variables cualitativas:

$$d_i(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & x_i = y_i \\ 1, & x_i \neq y_i \end{cases} \quad (2.5)$$

Y para variables numéricas:

$$d_i(x_i, y_i) = \begin{cases} \frac{|x_i - y_i|}{\text{rango}_i}, & \text{si son conocidos los valores de } x_i \text{ e } y_i \\ 1, & \text{si la información es desconocida} \end{cases} \quad (2.6)$$

Para una mejor comprensión de la gráfica de semejanza entre casos que muestra el sistema, para el usuario, se realizó la conversión a por ciento de los valores que devuelve la función de semejanza utilizando la fórmula:

$$p = \left(1 - \left(\frac{d}{x}\right)\right) * 100 \quad (2.7)$$

donde d es la distancia calculada utilizando la función de semejanza Heterogénea, y x representa la mayor distancia entre casos extremos [Cloquell y otros 2001].

A continuación se describe el algoritmo para la selección de casos semejantes

Entradas:

- $\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ vector que contiene los n atributos del nuevo caso.
- $\bar{T} = (\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \dots, \bar{Y}_n)$ lista de los t casos.
- $\bar{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ vector con los pesos (importancia) relativos de cada atributo. Los mismos serán predefinidos por el experto (médico).

Salida:

- $\bar{S} = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ lista de los casos más similares.

Pasos:

Para cada atributo x_i de \bar{X} y en dependencia del tipo de dato que lo caracterice,

1. Para cada caso \bar{Y}_i de \bar{T} calcular la distancia $D(x_i, y_i)$ para cada atributo de \bar{Y}_i
2. Con el peso w_i del atributo x_i calcular $w_i * D(x_i, y_i)$
3. Repetir los pasos 1 y 2 hasta completar los n atributos de cada caso.
4. Guardar en la lista \bar{S} el valor de la distancia entre \bar{X} y cada \bar{Y}_i calculado y la caracterización de \bar{Y}_i .
5. Ordenar la lista de forma creciente según la distancia calculada y obtener solo los primeros elementos que la componen.
6. Seleccionar el caso más semejante.
7. Si es necesario el usuario (médico) ajustará los parámetros que considere. Si ocurre una modificación debe incluirse como un nuevo caso en la base de conocimientos.

2.4.3 Sistema de ayuda médica para la atención de pacientes con Dislipoproteinemias.

Evidencias epidemiológicas y clínicas demuestran que las lipoproteínas del plasma desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la aterosclerosis. El diagnóstico y tratamiento a pacientes con trastornos del metabolismo de las lipoproteínas es un

imperativo en la prevención de la aterosclerosis la cual provoca serios problemas de salud e incrementan la morbilidad y mortalidad en la población cubana. Establecer estrategias y metas que logren elevar la calidad de vida de la población es sin dudas prioridad de los servicios de salud. Contar con herramientas que automaticen sus procesos y almacenen los registros de los pacientes y les posibilite además el estudio y análisis de casos vistos en consulta provoca un salto cualitativo en la calidad del servicio prestado. En ese sentido el Sistema para la ayuda en la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de dislipoproteinemias [Nasiff y otros 2010] posee como objetivo general:

Automatizar el proceso de diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias permitiendo:

- Almacenar los datos de forma segura y de rápido acceso.
- Tener acceso a la aplicación desde cualquier punto geográfico del país a través de la red de computadores.
- Listar de forma automatizada reportes estadísticos de importancia para el médico
- Brindar información a los médicos sobre temas relacionados con este padecimiento y homogeneizar los conocimientos correspondientes a esta enfermedad en la comunidad médica cubana.
- Emitir diagnóstico y tratamiento fiable al especialista que le sirva de apoyo a la toma de decisiones.

El sistema posibilita la gestión la información médica de los pacientes dislipidémicos así como gestionar la historia clínica electrónica, generar reportes, generar diagnóstico y tratamientos médicos, gestionar documentos y medicamentos, calcular riesgo cardiovascular y calcular calorías de la dieta. Su interfaz principal se muestra en la Figura 2.5 [Cloquell, y otros].



Figura 2.5. Interfaz principal

El sistema se encuentra integrado con el Sistema de Información para la Salud (SISalud), creado en el marco de la informatización del Sistema de Salud Cubana, tiene como objetivo fundamental digitalizar y concentrar toda la información común que utilizan las diferentes entidades del MINSAP. Para su desarrollo, se utilizaron varias herramientas y tecnologías, definidas bajo la política de Softel para el desarrollo de aplicaciones para la salud pública cubana [Perez y otros 2011]. Las mismas se enuncian a continuación:

- Lenguaje de programación: PHP 5.1.6
- Framework: Symfony 1.0.22
- Sistema Gestor de Base de Datos: MySQL 5.0.24
- Servidor web: Apache 2.2.6
- Servidor web: Apache Tomcat 6.0.30
- Entorno de desarrollo integrado: Eclipse 3.4
- Motor de inferencia *Drools*

El sistema propuesto establece la utilización del patrón de arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC), debido a que fue desarrollado utilizando el framework Symfony. En la presente investigación se utilizó esta arquitectura con algunas modificaciones (utilización de servicios web), debido al uso de técnicas de IA, como se muestra en la Figura 2.6 que se explica a continuación:

El usuario realiza la petición a través de la interfaz, definida en el sistema. La misma es recepcionada por el controlador, el cual se encarga de realizar las peticiones al modelo para obtener los datos necesarios a enviar al SBR y RBC a través de los servicios web. La utilización de servicios web le brinda una mayor flexibilidad, ya que en caso de cualquier cambio en el SE no afectaría el correcto funcionamiento del sistema informático o viceversa. El SBR y el RBC procesarán la petición y mostrará el diagnóstico (ver Figura 2.7) y tratamiento (ver Figura 2.8) generado al usuario a través de la vista.

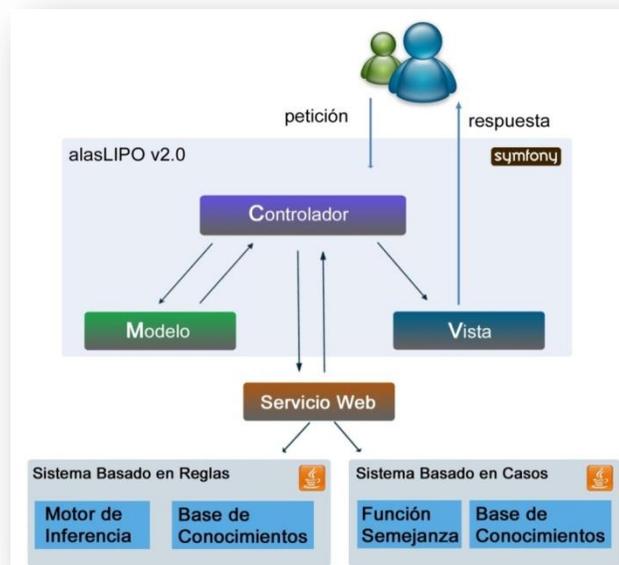


Figura 2.6. Arquitectura del sistema.

Diagnóstico

Alteraciones de las lipoproteínas:

- Colesterol elevado
- El cLDL moderadamente elevado
- El valor de los triglicéridos es moderadamente alto

Puede ser secundario por:

- La obesidad

Otros diagnósticos:

- Peso corporal con criterios de sobrepeso (25.0 - 29.9 Kg/cm2)

Los factores de riesgo mayores son:

- La edad constituye un riesgo cardiovascular

El riesgo de cardiopatía isquémica "dura" a 10 años es elevado por:

- Más del 50% de estenosis carotídeas
- Glucosa en el plasma elevada

Debe considerarse alguno de los tipos de dislipoproteinemias siguientes:

- Hipertrigliceridemia familiar

Figura 2.7. Interfaz que muestra el diagnóstico dado por el sistema.

Tratamiento

Factor de Riesgo: Bajo	Triglicéridos: 60	Glucemia: 5	Diabetes: No Tiene
Presión Arterial Sistólica: 120	Colesterol: 100	Hipertenso: No	Aneurisma: No
Presión Arterial Diastólica: 80	noHdl: -20	Hipertrigliceridemia: No	Claudicación: No
Dieta Calórica: 3000	cLDL: 80	Alcoholismo: No	Extenosis: No
IMC: 24.15	cHDL: 120	Fumador: Nunca fumó	

El paciente debe:

- Mantener el peso corporal, por lo que necesita una dieta de [2000](#) calorías.
- Erradicar el hábito de fumar y consultar una clínica de deshabituación si lo requiere debido a que éste hábito reduce la expectativa de vida y favorece el desarrollo de la aterosclerosis y las

Ruta:

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10
Caso 11	Caso 12	Caso 13	Caso 14	Caso 15					

Factor de Riesgo: Alto	Triglicéridos: 123	Glucemia: 8	Diabetes: No Tiene
Presión Arterial Sistólica: 140	Colesterol: 232	Hipertenso: Si	Aneurisma: No
Presión Arterial Diastólica: 70	noHDL: 186	Hipertrigliceridemia: No	Claudicación: No
Dieta Calórica: 2000	cLDL: 161	Alcoholismo: No	Extenosis: No
IMC: 22.89	cHDL: 46	Fumador: Fumador actual	

Por ciento de semejanza respecto al caso actual

Caso	Porcentaje de Semejanza
Caso 1	86.42
Caso 2	84.83
Caso 3	83.46
Caso 4	82.33
Caso 5	82.86
Caso 6	82.76
Caso 7	82.42
Caso 8	81.97
Caso 9	81.58
Caso 10	81.06
Caso 11	80.96
Caso 12	80.79
Caso 13	80.04
Caso 14	76.87
Caso 15	1.7

Figura 2.8. Interfaz que muestra el tratamiento dado por el sistema.

En la Figura 2.9 se muestran las tablas de la base de datos relacionadas con la base de conocimiento.

Tabla **consulta**: se almacenan los datos correspondientes a las consultas de los pacientes.

Tabla **diagnostico**, **diagnostico_primera**, **diagnostico_evolutiva**: se almacenan los resultados asociados a los diagnósticos generados.

Tabla **casos**: almacena los valores y el tratamiento de cada caso debido a que representa la base de conocimientos del RBC.

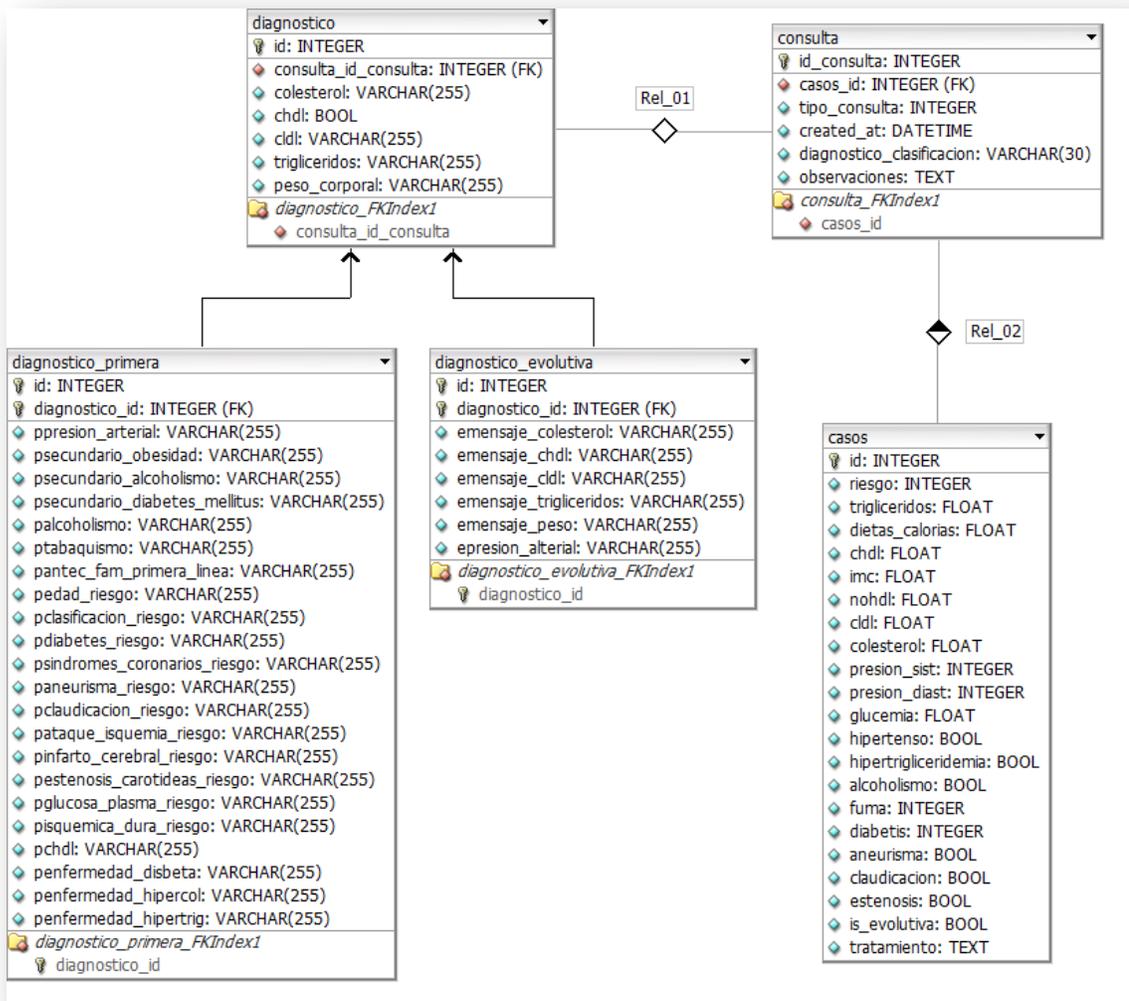


Figura 2.9. Estructura de la base de conocimiento.

Conclusiones parciales

En anterior capítulo fue descrito el sistema propuesto a través de 3 etapas y 12 actividades presentes en el mismo, abordando para cada una de estas los elementos fundamentales que deben estar presentes y la forma de desarrollarlas.

- El sistema propuesto se orienta al logro del aumento de la fiabilidad en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias y está basado en la ingeniería del conocimiento como soporte a la toma de decisiones en la medicina.
- Se diseñó la base de conocimiento con una estructura que facilita el proceso de diagnóstico a partir de la experiencia previa.
- Se realizó el proceso de ingeniería del conocimiento, lográndose formalizar el mismo en reglas y casos que sirvió de entrada para el diseño de la base de conocimiento de la herramienta que soporta el sistema.
- Se implementó el sistema informático donde se definieron los requisitos funcionales de acuerdo a las necesidades del cliente, desarrollado bajo las normas y políticas establecidas por Softel.
- Se implementó el SBR para el diagnóstico y el SBC para el tratamiento médico, incorporados en forma de servicios web al sistema informático. Los mismos se orientan al incremento de la fiabilidad en la toma de decisiones para el diagnóstico y tratamiento de dislipoproteinemias.

CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Introducción

En este capítulo se exponen los aspectos esenciales de la validación del sistema.

- Se realiza una evaluación general del sistema mediante un método comparativo con otros sistemas implementados con objetivos similares.
- Se aplican pruebas al sistema a partir de un conjunto de bases de datos internacionales y se comparan contra otros algoritmos para analizar la precisión en la clasificación.
- Se aplica la técnica de ladov para evaluar el grado de satisfacción de la propuesta.

3.1 Evaluación general.

El sistema propuesto presenta algunos elementos que constituyen fortalezas, contribuyendo a la obtención de un diagnóstico y tratamiento con la calidad requerida. El término calidad a la hora de evaluar un software comprende distintos factores, tales como la fiabilidad, robustez, funcionalidad, eficiencia, usabilidad entre otras. Para este caso, la funcionalidad y usabilidad, se comprobó su cumplimiento a través de la liberación de sistema por CaliSoft y la realización de pruebas de aceptación con el cliente.

En el Sistema propuesto están presentes los criterios del especialista en todo momento, debido a que este sistema no sustituye en modo alguno la labor asistencial del especialista, sino que le sirve de ayuda a la toma de decisiones. ¿De qué forma se logra?, en la segunda etapa descrita en el capítulo 2, correspondiente al diagnóstico médico (ver epígrafe 2.3) al generarse el mismo, el especialista puede si considera necesario, añadir sus observaciones en una bitácora, la cual quedará registrada en la historia clínica del paciente. De igual manera en la tercera etapa, con la obtención del tratamiento, la implementación del RBC posibilita que el especialista decida si desea avalar un resultado o sencillamente ajustarlo, de manera que pueda modificarlo, ya sea adicionando o eliminando criterios médicos que logren reflejar el tratamiento adecuado para el paciente en cuestión. Esto hace que el mismo pueda adecuarse a las necesidades del especialista y además su retroalimentación posibilita ajustar las bases de conocimientos.

3.2 Validación del clasificador propuesto.

Los métodos científicos se utilizan en las investigaciones científicas para abordar sus objetos de estudio, investigar los fenómenos que se presentan en el mundo real o las situaciones problemáticas que se plantean en el mundo virtual y explicar y justificar los desarrollos y/o la obtención de nuevos conocimientos.

El diseño de la investigación es el plan o estrategia concebida para responder a las preguntas de la investigación. Los tipos de diseño para verificar hipótesis por métodos estadísticos (no determinísticos) se pueden clasificar en experimentales y no experimentales. Para evaluar el funcionamiento de la propuesta se utiliza el diseño de un preexperimento [Grau y otros 2004].

Paso 1: Diseño del estudio.

El objetivo del estudio es evaluar el sistema clasificador de manera tal que ante un nuevo caso del que se conocen los valores de las variables predictoras sean capaces de clasificarlo correctamente con una alta probabilidad.

De acuerdo a Fernando Castellano [Castellano 2009] en su tesis doctoral y otros autores plantean que a la hora de construir un clasificador se debe tener en cuenta que tan bueno o malo es. Plantea que los criterios para evaluarlo pueden ser: sencillez, la interpretatividad, tiempo que se tarda en construirlo, pero que se debe hacer más énfasis en la precisión del mismo o a la inversa la tasa de error que posee. Define precisión del clasificador (PC) como la probabilidad con la que clasifica correctamente un caso seleccionado o también suele verse como la cantidad de casos clasificados, número de aciertos (NA) correctamente entre el número total de elementos (TE).

$$PC = \frac{NA}{TE} \quad (3.1)$$

Es importante distinguir los distintos tipos de errores para ello se utiliza la matriz de confusión, representada en la tabla 3.1, a partir de la cual se determina la Sensibilidad (verdaderos positivos) y la Especificidad (verdaderos negativos) del clasificador.

Tabla 3.1: Matriz de confusión

	Si	No
Si	Verdadero positivo(VP)	Falso positivo(FP)
No	Falso negativo(FN)	Verdadero negativo(VN)

$$VP = \frac{VP}{VP + FN} \quad (3.2)$$

$$VN = \frac{VN}{VN + FP} \quad (3.3)$$

$$TE = \frac{FP + FN}{VP + FP + FN + VN} \quad (3.4)$$

$$FN = \frac{FN}{VP + FN} \quad (3.5)$$

$$FP = \frac{FP}{VN + FP} \quad (3.6)$$

$$TA = \frac{VP + VN}{VP + FP + FN + VN} \quad (3.7)$$

Caracterización de la población y la muestra seleccionada

Para evaluar el algoritmo implementado en el RBC se emplearon cuatro bases de datos publicadas en el Machine Learning Repository de la Universidad de California (Center for Machine Learning and Intelligent Systems) [Blake y Merz 1998 ; Asuncion y Newman 2007] y la Base de Datos de dislipoproteinemias en el sistema para evaluar su comportamiento con la función de semejanza implementada (ver Tabla 8) y en otros clasificadores encontrados en la literatura consultada, implementados en la herramienta WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) [Witten y Frank 2005] .

Bases de datos publicadas en el Machine Learning Repository de la Universidad de California que se utilizaron en el estudio:

- *Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic)*, suministrada por William H. Wolberg, W. Nick Street y Olvi L. Mangasarian 1995. Instancias: 569. Tipos de datos: reales.
- *Heart Disease*, suministrada por Andras Janosi, William Steinbrunn, Matthias Pfisterer, Robert Detrano, 1988. Presenta datos ausentes. Instancias: 303. Tipos de datos: enteros, nominales y reales.
- *Dermatology*, suministrada por Nilse Ilter, H. Altay Guvenir, 1998. Presenta datos ausentes. Instancias: 366. Tipos de datos: reales y nominales.
- *Echocardiogram*, suministrada por Steven Salzberg, 1989. Instancias: 132. Tipos de datos: categóricos, enteros y reales.

Para la selección de las muestras, se utiliza el método H (Holdout) [Grau, y otros 2004 ; Rivera 2010]. El mismo divide la muestra en dos conjuntos. Uno servirá para generar el conjunto de entrenamiento (CE) y el otro servirá para el conjunto de prueba (CP). Suelen utilizarse 2/3 de la muestra para la generación CE y 1/3 para el CP, aunque en algunos

problemas también se suele utilizar otro porcentaje. La estimación de probabilidad de éxito de la clasificación frente a casos nuevos se obtiene por medio del porcentaje de casos bien clasificados obtenidos en el CP.

Paso 2: Realización del estudio.

Análisis de la variable independiente.

La variable independiente fue evaluada a partir del indicador *aplicabilidad* que pretende analizar en el sistema propuesto: usabilidad, interoperabilidad, flexibilidad y capacidad de adaptarse y ajustarse a distintos escenarios.

Para evaluar aplicabilidad se utilizó el método comparativo. Los sistemas evaluados fueron LIPICID, SAMAD v1.0 y el sistema propuesto y aprovechando el marco del VII Congreso de Patología Clínica especialistas y algunos expertos que habían sido clientes finales de todos los sistemas mencionados en el capítulo 1, desarrollados para Cuba, se aplicó a 17 de ellos la técnica de grupo focal [Rodríguez y Cerdáb 2002 ; Gil Flores 2009] y se arribaron a las siguientes conclusiones en consenso.

En la tabla 3.2 se presenta el resultado de los criterios de comparación así como las características de estos en cada una de las versiones del sistema dado por los expertos.

Tabla 3.2: Comparación entre sistemas.

	LIPICID	SAMAD 1.0	Sistema propuesto
Interoperabilidad con sistemas externos.	No existe	No existe	Integrado a los registros del Sistema Informático de la Salud.
Flexibilidad	No posibilita la adición de nuevos criterios médicos.	No posibilita la adición de nuevos criterios médicos.	Posibilita parcialmente la adición de nuevos criterios médicos.
Usabilidad	Aplicación de escritorio que resultó ser de difícil manejo.	Aplicación web con facilidad de uso.	Aplicación web con facilidad de uso.
Arquitectura de acuerdo a las políticas del MINSAP.	No cumple	Parcialmente	Si cumple

Alcance del sistema de acuerdo a los datos que se manejan.	A nivel de centro	A nivel nacional.	A nivel nacional.
Compleitud de la información de pacientes dislipidémicos.	Parcialmente, no completa el ciclo de consultas	Parcialmente, no completa el ciclo de consultas	Totalmente, si completa el ciclo de consultas

Con el objetivo de mostrar de forma gráfica, la madurez que alcanza por el sistema propuesto, en la Figura 3.1 se muestra un gráfico radial con los mismos indicadores presentados en la tabla anterior normalizados por el máximo [Cloquell, y otros 2001], donde la escala utilizada está en el intervalo de [0-1].

$$V_i = \frac{a_i}{\max a_i} \quad (3.8)$$

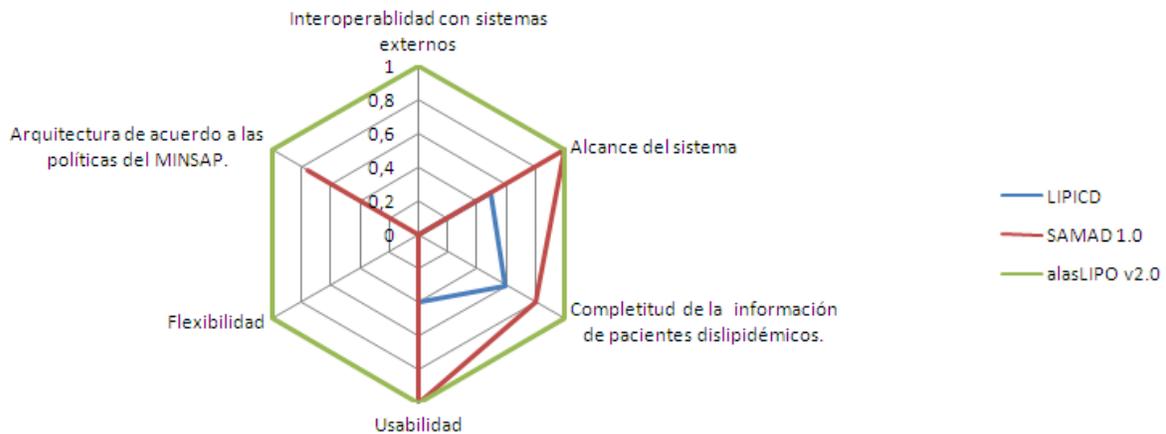


Figura 3.1. Comparación entre sistemas.

Análisis de la variable dependiente

La variable dependiente fue operacionalizada en función de la dimensión precisión del clasificador, a través de los indicadores, número de aciertos, sensibilidad y especificidad.

Para verificar el funcionamiento del SBR, conociéndose las salidas esperadas por el experto se realizó una comparación entre los resultados mostrados por el sistema y los resultados esperados. Se diseñaron casos de prueba, ver Anexo 2, donde con los mismos valores de entrada se comparan las salidas de cada regla contra los que muestra el

Sistema Basado en Reglas; de manera tal que se prueban cada uno de los posibles diagnósticos que puede generar el mismo. Partiendo del hecho que en el diagnóstico médico es importante distinguir los distintos tipos de errores se utiliza la matriz de confusión (ver tabla 3.3). En el caso del diagnóstico existen 6 clases positivas para las cuales se obtuvieron las siguientes tasas de aciertos y errores. (Ver Figura 13).

Tabla 3.3: Cantidad de casos probados para el diagnóstico

Clases activas	Casos a probar	Casos Insatisfactorios	Casos Satisfactorios
Hipertrigliceridemia	44	0	44
Hipertrigliceridemia familiar	58	0	58
Disbetalipoproteinemia	38	0	38
Disbetalipoproteinemia familiar	47	0	47
Hipocolesterolemia	32	0	32
Hipocolesterolemia familiar	50	0	50

Hipertrigliceridemia, PC: 100% Hipertrigliceridemia familiar PC: 100%

Disbetalipoproteinemia PC 100% Disbetalipoproteinemia familiar PC: 100%

Hipocolesterolemia PC: 100 % Hipocolesterolemia familiar PC: 100%

Por lo cual la **PC= 100%** **Sensibilidad= 100%** **Especificidad=100%**

A continuación se muestran los resultados de las pruebas realizadas sobre el RBC y además por algoritmos encontrados en la literatura consultada, implementados en la herramienta WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) [Witten y Frank 2005] (ver Tabla 3.4 y 3.5).

Tabla 3.4: Resultado de la aplicación del método H.

Base de datos	Sistema Propuesto-RBC	J.48	ID3	RL
<i>Breast Cancer Wisconsin</i>	PC= 90.1% NA= 110	PC=81 % NA= 98	PC=79 % NA= 106	PC= 80 % NA=97

<i>Heart Disease</i>	PC= 91.5% NA= 92	PC= 82.88% NA= 82	PC=85.14% NA= 86	PC= 80.19% NA=81
<i>Dermatology,</i>	PC=92% NA= 112	PC=81.9% NA= 99	PC=80% NA= 97	PC=82% NA= 100
<i>Echocardiogram</i>	PC=90.9% NA= 40	PC=81.8% NA= 36	PC=79.5% NA= 35	PC=79.5% NA= 35
<i>BDalasLIPO</i>	PC= 92.85% NA= 247	PC= 79.6 % NA=212	PC=88.7 % NA=236	PC= 81.95% NA=218

Tabla 3.5: Matriz de confusión Sistema Propuesto-RBC.

	TM	Otros
TM	189	8
Otros	11	58

Paso 3 Conclusiones.

Como resultado en el diagnóstico se aprecia una PC= 100%, este resultado está asociado al carácter determinista de las reglas, las cuales no poseen incertidumbre. Para una mejor comprensión se puede observar la Figura 3.2 donde se muestra el resultado de los casos de pruebas aplicados al SBR.

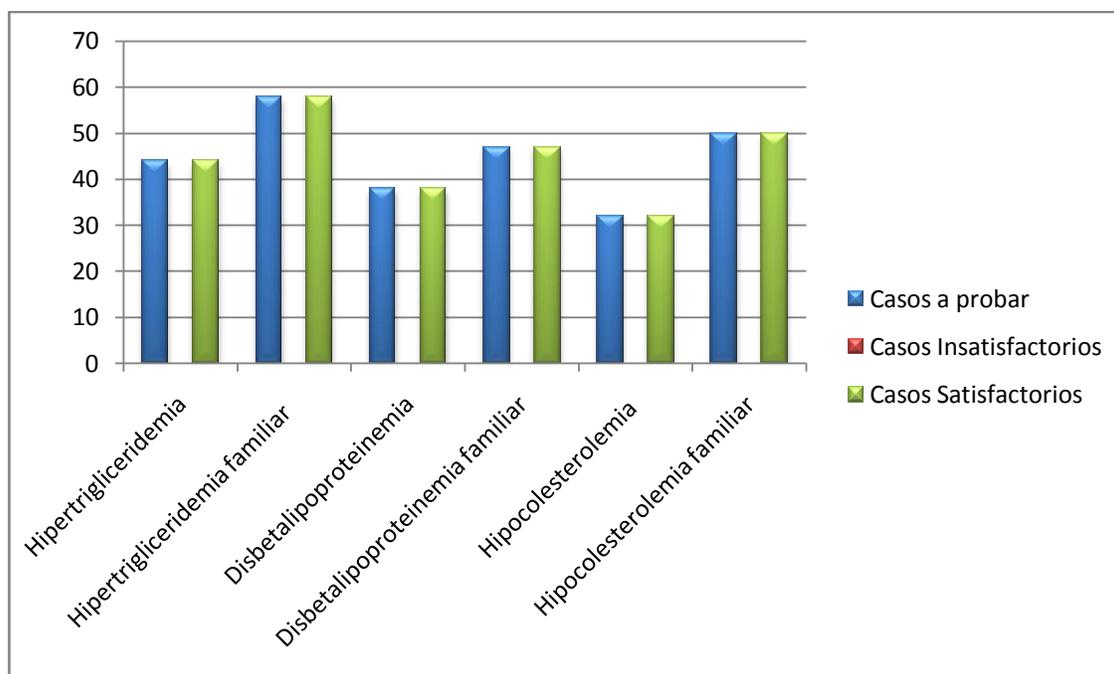


Figura 3.2. Resultados de los casos de pruebas aplicados al SBR.

Como resultado del RBC implementado se puede plantear que es correcto el funcionamiento del sistema al clasificar por encima del 85%. Como se aprecia en la Tabla 3.6 la precisión del clasificador propuesto supera el 90% y al comparar los resultados con otros algoritmos se evidencia un adecuado comportamiento por lo cual pudiera concluirse que el clasificador propuesto es correcto para una PC= 92.85% una sensibilidad de un 94% y especificidad de un 87%

Tabla 3.6: Resultados de las PC, Sensibilidad y Especificidad.

	PC	Sensibilidad	Especificidad
TM	PC= 92.85%	94%	87%

Lo anterior es corroborado a través del test de Friedman y Wilconxon [García y otros] para evaluar el comportamiento de los clasificadores incluidos en el estudio de acuerdo al número de aciertos.

Se plantea la hipótesis nula H_0 : En los sistemas analizados no existen diferencias significativas de acuerdo a la precisión de la clasificación y como hipótesis alternativa H_a : En los sistemas analizados si existen diferencias significativas de acuerdo a la precisión de la clasificación.

Ranks		Test Statistics ^a	
	Mean Rank	N	5
Sistema	4,00	Chi-Square	9,735
J.48	2,00	df	3
ID3	2,30	Asymp. Sig.	,021
RL	1,70		

a. Friedman Test

Figura 3.3. Resultados del test de Friedman.

La Figura 3.3, muestra los resultados del test de Friedman donde la significación es menor que 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y es posible concluir que existen diferencias significativas entre los clasificadores para un nivel de significancia de 0.021. Sin embargo no es posible afirmar que el sistema propuesto es el más efectivo, aun cuando el orden de los rangos medios (Mean Rank) favorezca a este, pues las diferencias existentes en el grupo según Friedman no necesariamente tienen que relacionarse con los pares de clasificadores que involucren al de mayor rango medio. Por este motivo, se aplica el test de Wilcoxon para muestras pareadas (Figura 3.4) definiéndose como hipótesis nula para cada par la siguiente:

H_0 : Entre el sistema propuesto-RBC y J.48 no hay diferencias significativas en la precisión de la clasificación.

Test Statistics ^d					
	J.48 - Sistema	ID3 - Sistema	RL - Sistema	ID3 - J.48	RL - J.48
Z	-2,023 ^a	-2,032 ^a	-2,023 ^a	-1,214 ^b	,000 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	,043	,042	,043	,225	1,000

- a. Based on positive ranks.
- b. Based on negative ranks.
- c. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.
- d. Wilcoxon Signed Ranks Test

Figura 3.4. Resultados del test de Wilcoxon

Los resultados mostrados en la Figura 3.3 demuestran que la significación de los pares: Sistema-J.48, Sistema-ID3 y Sistema-RL es menor que 0,05 lo que permite rechazar la hipótesis fundamental o conservativa del test para un nivel de significancia de 0.043,0.042 y 0.043 respectivamente.

3.3 Validación por método ladov.

La técnica de ladov [Castillo y Ginoris 2005] constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción. Para el desarrollo de esta técnica se aplicó un cuestionario a un grupo de especialistas después de interactuar con el sistema propuesto. El objetivo fundamental fue validar la fiabilidad, por ser este un aspecto susceptible de ser evaluado por los usuarios del sistema. Las respuestas obtenidas permitieron conocer el grado de satisfacción en cuanto a:

- La fiabilidad en la toma de decisiones.
- Aspectos que se requieran mejorar para elevar el nivel de fiabilidad.

El instrumento de recolección de datos fue validado a través del Procedimiento de Dos Mitades (división de ítems en pares e impares) [Barraza 2007 ; Cerezo y Fonseca 2011 ; Grau, y otros 2004] el cual emitió índices de correlación de Pearson de 0.85 y un valor de corrección según Spearman-Brown de 0.92. Estos valores otorgan al proceso una alta confiabilidad.

Las preguntas cerradas se relacionan a través de lo que se denomina el "Cuadro Lógico de ladov" [López y González 2002] (Tabla 3.7) e indica la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción.

Tabla 3.7: Cuadro lógico de ladov

	4.1 ¿Consideras fiable la sugerencia para la toma de decisiones brindada por el sistema de ayuda médico para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes dislipidémicos?								
	No			No sé			Si		
4.2 ¿Satisface los niveles de fiabilidad lo esperado por usted de la propuesta?	4.3 ¿Si Ud. requiere elevar la fiabilidad en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes dislipidémicos utilizaría este sistema?								
	Si	No sé	No	Si	No sé	No	Si	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6

No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

La escala de satisfacción es la siguiente:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Muy satisfecho. | 4. Más insatisfecho que satisfecho. |
| 2. Más satisfecho que insatisfecho. | 5. Clara insatisfacción. |
| 3. No definida. | 6. Contradictoria. |

Para medir el grado de satisfacción se tomó una muestra de 27 especialistas participantes en el VII Congreso de Patología Clínica, en el cual se presentó el sistema propuesto. El resultado de la satisfacción individual se muestra en la Tabla 3.8

Tabla 3.8: Satisfacción individual.

RESULTADO	CANTIDAD	%
Máximo de satisfacción	19	70.37
Más satisfecho que insatisfecho	8	29.62

Para obtener el índice de satisfacción grupal (ISG) se trabaja con los diferentes niveles de satisfacción que se expresan en la escala numérica que oscila entre +1 y -1 como muestra:

Tabla 3.9: Niveles de satisfacción.

+1	Máximo de satisfacción
0,5	Más satisfecho que insatisfecho
0	No definido y contradictorio
- 0,5	Más insatisfecho que satisfecho
-1	Máxima insatisfacción

La satisfacción grupal se calcula por la siguiente fórmula:

$$ISG = \frac{A(+1) + (0,5)B + (0)C - (0,5)D + E(-1)}{N} \quad (3.9)$$

Donde:

- A, B, C, D, E, representan el número de sujetos con índice individual 1; 2; 3 ó 6; 4; 5
- N representa el número total de sujetos del grupo.

El *índice grupal* arroja valores entre + 1 y - 1 (ver Figura 16). Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que caen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción tal como se muestra en la Figura 3.5.

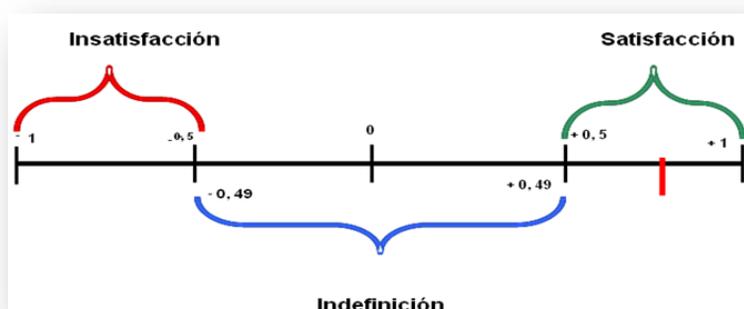


Figura 3.5. Ubicación del Índice de Satisfacción Grupal de acuerdo a escala valorativa [López y González 2002].

Para este caso el índice de satisfacción grupal obtenido es **ISG** = 0,8518

Este resultado muestra el logro de una clara satisfacción con la propuesta y el reconocimiento del nivel de madurez alcanzado en el sistema con respecto a la fiabilidad de los resultados.

Además contempla además dos preguntas complementarias de carácter abierto. En este caso fueron formuladas las siguientes:

- Pregunta 5. ¿Cuáles considera son las principales fortalezas de la implementación del modelo que contribuyen elevar la fiabilidad?
 1. El diseño de la base de conocimiento.
 2. La agregación de los distintos criterios médicos que se han obtenido en consenso para obtener el diagnóstico y el tratamiento de las dislipoproteinemias.
 3. La concepción del sistema de no sustituir la labor asistencial del médico sino que es un apoyo a la toma de decisiones y por lo tanto es posible modificar la propuesta presentada.

- Pregunta 6. ¿Qué añadiría al modelo para aumentar su fiabilidad? Argumente.
 1. Mantener actualizado el modelo mediante un administrador de reglas dinámicas al SBR para que el experto humano pueda extender la base de conocimientos.
 2. Lograr tener más casos en las bases de conocimiento.

Conclusiones parciales

Las pruebas funcionalidad y de usabilidad junto con las de aceptación del cliente permitieron evaluar positivamente la calidad del sistema informático obtenido.

- Los métodos de validación empleados demuestran un comportamiento positivo de los indicadores evaluados. Se realizó un análisis de las respuestas del SBR sobre el diagnóstico y del RBC sobre el tratamiento médico. Los resultados obtenidos estuvieron en correspondencia con los criterios de los expertos para una PC= 100 y 92,85% respectivamente. Resultados corroborados a través del test de Friedman y Wilconxon que demostraron diferencias significativas entre los sistemas incluidos en el estudio para un nivel de significancia menor que 0.05.
- La aplicación de la técnica ladov y grupo focal fueron utilizada para validar el nivel de satisfacción del cliente con el sistema, lo cual permitió determinar que existe una adecuada satisfacción con la propuesta para un $ISG = 0,8518$.

CONCLUSIONES GENERALES

- Como resultado de la presente investigación se elaboró el marco teórico conceptual relacionado con los sistemas basados en el conocimiento como ayuda a la toma de decisiones fundamentándose la necesidad del sistema propuesto.
- Se desarrolló un Sistema para la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de las dislipoproteinemias que contribuyó a mejorar la gestión de la información de los pacientes dislipidémicos y a emitir propuestas de diagnóstico y tratamiento más fiables para la ayuda en la toma de decisiones clínicas.
- Se validó la propuesta mediante la aplicación de un preexperimento para una precisión del clasificador por encima del 90%. La hipótesis formulada relacionada con la fiabilidad fue apoyada con los resultados del test de Friedman y Wilcoxon mostrando diferencias significativas entre el sistema propuesto y los incluidos en el estudio. La aplicación de las técnicas de ladov, grupo focal, entrevistas y cuestionarios permitieron evaluar la madurez alcanzada con la propuesta y su clara aceptación por parte de los usuarios finales

RECOMENDACIONES

- Extender la aplicación del sistema a la red nacional de salud enriqueciendo la base casos.
- Adicionar un administrador de reglas dinámicas al Sistema basado en reglas para potenciar la gestión del conocimiento y extender la misma con el fin de actualizar dinámicamente el contenido de las reglas.
- Incorporar técnicas de minería de datos que permita descubrir nuevo conocimiento tanto para el diagnóstico como para el tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Aamodt y Plaza 1994] AAMODT, A. AND PLAZA, E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI communications*, 1994, vol. 7, no. 1, p. 39-59.

[Althoff y Wilke 1997] ALTHOFF, K.D. AND WILKE, W. Potential uses of case-based reasoning in experience based construction of software systems and business process support. En.: Citeseer, 1997, p. 31-38.

[Asuncion y Newman 2007] ASUNCION, A. AND NEWMAN, D. UC Learning Repository. [en línea]. 2007 [consultado Octubre 2012 2012]. Disponible en Web: <<http://archive.ics.uci.edu/ml/>>.

[Baladia y Riol 2007] BALADIA, G. AND RIOL, E. Conocimiento abierto, sociedad libre: III Congreso Online del Observatorio para la Cibersociedad. *Ar@cne: revista electrónica de recursos en internet sobre geografía y ciencias sociales*, 2007.

[Bárbara 2000] BÁRBARA, F.R. Las nuevas tecnologías de la información en la educación y la medicina. En.: INEN, 2000.

[Barraza 2007] BARRAZA, A. Apuntes sobre la metodología de la investigación. ¿Confiabilidad? Universidad Pedagógica de Durango. 2007, [citado Septiembre 2012]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2292993.>.

[Batard 2000] BATARD, G.Á. Pensamiento médico y cibernética. Ateneo, 2000, vol. 1, no. 1, p. 10-14.

[Becerra, y otros 2011] BECERRA, A., MOYA, J.L., MÉNDEZ, C.A.C., DELFRADES, A.I.M. AND PÉREZ, J.A.V. Aplicaciones de los sistemas basados en el conocimiento al diseño y descifrado de reductores de ciclo para la industria azucarera. *Revista Centro Azucar*, 2011, vol. 2011.

[Bellman 1978] BELLMAN, R.E. *An introduction to artificial intelligence: Can computers think?* : Boyd & Fraser Publishing Company, 1978. ISBN 0878350667.

[Berner 2006] BERNER, E.S. *Clinical decision support systems: theory and practice* [online]. Springer, 2006.

[Blake y Merz 1998] BLAKE, C.L. AND MERZ, C. *UCI repository of machine learning databases*. University of California, Irvine, Dept. of Information and Computer Sciences. [en línea]. 1998.

[Blanco , y otros 2007] BLANCO , A., MUNOZ , M., BERMUDEZ , A. AND NASIFF , A. *Diseño e implementación del Sistema de ayuda médica para la atención de las dislipoproteinemias versión 1.0*. En.: Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007.

[Bosch-Jover 2002] BOSCH-JOVER, M. *La gestión del conocimiento en el medio digital: viejos problemas de tratamiento de información y aspectos nuevos*. Ciencias de la Información, 2002, vol. 33, no. 1, p. 35-44.

[Bueno 2002] BUENO, E. *Enfoques principales y tendencias en dirección del conocimiento*. Gestión del conocimiento: desarrollos teóricos y aplicaciones. Cáceres: Ediciones La Coria, 2002.

[Castellano 2009] CASTELLANO. *Modelos Bayesianos para la clasificación supervisada*. En.: Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Universidad de Granada, 2009.

[Castillo, y otros 1998] CASTILLO, E., GUTIÉRREZ, J.M. AND HADI, A.S. *Sistemas expertos y modelos de redes probabilísticas*. Madrid: Academia Espanola de Ingenieria, 1998.

[Castillo y Ginoris 2005] CASTILLO, J. AND GINORIS, O. *Formación y desarrollo de los intereses profesionales pedagógicos en los estudiantes de primer año de la licenciatura en educación como inductores del aprendizaje autodidacto*. En.: Instituto superior pedagógico “Juan Marinello”, 2005.

[Cerezo y Fonseca 2011] CEREDO, C.R. AND FONSECA, A.S. ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN CUESTIONARIO PARA LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS 2011.

[Cloquell, y otros 2001] CLOQUELL, V., SANTAMARINA, M.C. AND HOSPITALER, A. Nuevo procedimiento para la normalización de valores numéricos en la toma de decisiones. En *XVII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS* MURCIA, 2001.

[Corona Martínez 2010] CORONA MARTÍNEZ, L.A. Principales ideas a considerar en la elaboración de un nuevo modelo teórico del método clínico. *Medisur*, 2010, vol. 8, no. 5, p. 79-81.

[Delgado 2006] DELGADO, M. Un modelo para la gestión de Revisiones en proyectos de software utilizando Razonamiento Basado en Casos. En.: Facultad de Informática. CUJAE, 2006.

[Díaz Casillas, y otros 2010] DÍAZ CASILLAS, L., BLANCO, F.J. AND GARIJO AYESTARAN, M. Sistemas basado en reglas para la validación del despliegue de servicios. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 2010, vol. 14, no. 47, p. 54-70.

[Duménigo 2012] DUMÉNIGO. SISTEMAS DE INFORMACIÓN, APLICACIÓN EN EMPRESAS 2012. Disponible en: <<http://www.eumed.net/ce/2012/ddb.html>>.

[Farell Vázquez 2002] FARELL VÁZQUEZ, G.E. El desafío de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones para los docentes de la Educación Médica. *Educación Médica Superior*, 2002, vol. 16, no. 1, p. 5-6.

[Galeano Patiño, y otros 2008] GALEANO PATIÑO, S.A., SÁNCHEZ MEJÍA, M. AND VILLARREAL, M.A. Modelo de gestión del conocimiento apoyado en la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva para la cadena productiva de la

uva isabella en la bioregión del Valle del Cauca. Cuadernos de Administración, julio-diciembre, 2008 2008, vol. núm. 40, p. 73-93

[Gálvez 1998] GÁLVEZ, D.L. Sistemas basados en el conocimiento. En. Santa Clara: Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas, 1998.

[Gallardo y Ávila 2008] GALLARDO, M.C.E. AND ÁVILA, R.Á. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la medicina: perspectivas y problemas 2008.

[Gamarra y Gamarra 2006] GAMARRA, A. AND GAMARRA, G. Diseño de sistemas basado en reglas con encadenamiento hacia adelante [online]. 2006.

[García, y otros 2007] GARCÍA, S., MOLINA, D. AND LOZANO, M. Tests no paramétricos de comparaciones múltiples con algoritmo de control en el análisis de algoritmos evolutivos: Un caso de estudio con los resultados de la sesión especial en optimización continua CEC'2005 12 y 13 de septiembre 2007.

[Garmendia 2003] GARMENDIA, F. Avances en el conocimiento y manejo de las dislipoproteinemias. En., 2003, vol. 64, p. 119-124.

[Gil Flores 2009] GIL FLORES, J. La metodología de investigación mediante grupos de discusión 2009.

[Golding y Rosenbloom 1991] GOLDING, A.R. AND ROSENBLOOM, P.S. Improving rule-based systems through case-based reasoning. En.: Citeseer, 1991, p. 22-27.

[Gómez De La Cámara 2003] GÓMEZ DE LA CÁMARA, A. La medicina basada en evidencias científicas: mito o realidad de la variabilidad de la práctica clínica y su repercusión en los resultados en salud. En *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. Scielo España, 2003, vol. 26, p. 11-26.

[Grau, y otros 2004] GRAU, R., CORREA, C. AND ROJAS, M. Metodología de la investigación [online]. 2da Edición. [Ibagué -Tolima Colombia]: 2004.

[Gutiérrez 2008] GUTIÉRREZ, J.M. Sistemas expertos basados en reglas. En.: Citeseer web, 2008.

[Hayward, y otros 2006] HAYWARD, R.S., EL-HAJJ, M., VOTH, T.K. AND DEIS, K. Patterns of use of decision support tools by clinicians. En.: American Medical Informatics Association, 2006, vol. 2006, p. 329.

[Herrera, y otros 2009] HERRERA, F., ALONSO, S., CHICLANA, F. AND HERRERA-VIEDMA, E. Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2009, vol. 8, p. 337-364.

[Insa 2007] INSA, M.Y. Guía práctica de economía de la empresa II: áreas de gestión y producción : (teoría y ejercicios) 2007.

[Juárez Herrero 2007] JUÁREZ HERRERO, J.M. Una aproximación multimodal al diagnóstico temporal mediante razonamiento basado en casos y razonamiento basado en modelos. Aplicaciones en la medicina. En.: Universidad de Murcia, 2007.

[Krishnamoorthy y Rajeev 1996] KRISHNAMOORTHY, C. AND RAJEEV, S. Artificial intelligence and expert systems for engineers [online]. CRC, 1996.

[Lamy, y otros 2010] LAMY, J.B., ELLINI, A., NOBÉCOURT, J., VENOT, A. AND ZUCKER, J.D. Testing Methods for Decision Support Systems. Decision Support Systems. CS Jao (Ed.). Vukovar, Croatia: Intech, 2010.

[León Santos, y otros 2006] LEÓN SANTOS, M., PONJUÁN DANTE, G. AND RODRÍGUEZ CALVO, M. Procesos estratégicos de la gestión del conocimiento. Acimed, 2006, vol. 14, no. 2, p. 0-0.

[López y González 2002] LÓPEZ , A. AND GONZÁLEZ, V. La técnica de ladov una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de educación física Revista Digital - Buenos Aires, 2002.

[Luengas, y otros 2009] LUENGAS, S.A., BOLAÑO, M.A., ARCOS, V.B., GOENAGA, A.S. AND CABALLERO-URIBE, C.V. Aplicación de nuevas tecnologías de la información en la enseñanza de la medicina. Salud Uninorte, 2009, vol. 25, no. 1, p. 150-171.

[Martínez Sánchez, y otros 2009] MARTÍNEZ SÁNCHEZ, N., GARCÍA LORENZO, M.M., GARCÍA VALDIVIA, Z.Z. AND FERREIRA LORENZO, G. El paradigma del razonamiento basado en casos en el ámbito de los sistemas de enseñanza/aprendizaje inteligentes. Edutec: Revista electrónica de tecnología educativa, 2009, no. 30, p. 5.

[Merigó 2008] MERIGÓ, J. New extensions to the OWA operators and its application in decision making. En.: PhD Thesis, Department of Business Administration, University of Barcelona, 2008.

[Miguel Soca 2009] MIGUEL SOCA, P.E. Dislipidemias. Acimed: revista cubana de los profesionales de la información y la comunicación en salud, 2009, vol. 20, no. 6, p. 12.

[Montero, y otros 1990] MONTERO, J.G.J., MORALES, E.M. AND DE ENDOCRINOLOGÍA, S. Diagnóstico y manejo de las dislipoproteinemias. Revista costarricense de ciencias médicas, 1990, vol. 11, p. 41.

[Mora Flores, y otros 2005] MORA FLORES, J.J., GRANADA ECHEVERRY, M. AND MARÍN CASTANEDA, L.S. Los métodos de representación del conocimiento en inteligencia artificial y su integración en sistemas híbridos de localización de fallas. Revista Tecnura, 2005, vol. 9, no. 17, p. 98-109.

[Moya-Rodríguez, y otros 2012] MOYA-RODRÍGUEZ, J.L., BECERRA-FERREIRO, A.M. AND CHAGOYÉN-MÉNDEZ, C.A. Utilización de Sistemas

Basados en Reglas y en Casos para diseñar transmisiones por tornillo sinfín. Ingeniería Mecánica, 2012, vol. 15, no. 1, p. 01-09.

[Nasiff 2008] NASIFF, A. Dislipoproteinemias familiares. [en línea]. 2008. Disponible en Web: <<http://www.hospitalameijeiras.sld.cu/hha/mpm/documentos/MED%20INTERNA/P/ADISLIPOPROTEINEMIAS%20FAMILIARES.pdf>>.

[Nasiff, y otros 2006] NASIFF, A., CAMPOS, A., DUEÑAS HERRERA, A., ESPINOSA BRITO, A., HERRERA GONZÁLEZ, A., VÁZQUEZ VIGOA, A. AND CALDERÍN BOUZA, R.O. Primer consenso nacional de dislipoproteinemias: Guía para la prevención, detección, diagnóstico y tratamiento. Revista Cubana Endocrinología. Suplemento de Endocrinología, 2006, vol. 17, no. 4, p. 1-31.

[Nasiff y Lodos 1999] NASIFF, A. AND LODOS, E.G.M. LIPICID: Software para la detección, evaluación y tratamiento de las dislipidemias. Rev Cubana Invest Biomed, 1999, vol. 18, no. 2, p. 86-90.

[Nasiff, y otros 2010] NASIFF, A., NIETO, L., MARTÍ, I., RAMÍREZ, D.C., LARA, A.P. AND ALFONSO, Y.A. alaslipo: Sistema de ayuda médica para la atención de las dislipoproteinemias 2010.

[Olson y Atkins 2005] OLSON, G.M. AND ATKINS, D.E. Directions in knowledge networking: Advances and opportunities. En., 2005, vol. 97, p. 18-21.

[Peluffo 2002] PELUFFO, M.B. Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector público [online]. United Nations Publications, 2002.

[Peña 2006] PEÑA, A. Sistemas basados en conocimiento: una base para su concepción y desarrollo. [online]. Primera edición. [Mexico]: 2006. Disponible en Web: <http://www.wolnm.org/apa/articulos/Sistemas_Basados_Conocimiento.pdf>.

[Perez, y otros 2011] PEREZ, I.M., NIETO, L., NASIFF HADAD, A., ALMENARES, Y. AND LARA, A. SLD170-Sistema de ayuda Médica para la atención a las

dislipoproteinemias.(alaslipo v2. 0). En. VIII Congreso Internacional de Informática en la Salud. II Congreso Moodle Salud, 2011.

[Pérez Rodríguez y Coutín Domínguez 2005] PÉREZ RODRÍGUEZ, Y. AND COUTÍN DOMÍNGUEZ, A. La gestión del conocimiento: un nuevo enfoque en la gestión empresarial. Acimed, 2005, vol. 13, no. 6, p. 0-0.

[Pinero, y otros 2006] PINERO, P., PÉREZ, A.D., RAMÍREZ, E.C., PINERO, P.R. AND HERRERA, R.Y. Modelo para la a ayuda a la toma de decisiones basado en técnicas de SOFTCOMPUTING . Uso Potencial en el diagnóstico médico especializado. Bioingeniería y Física Médica Cubana, 2006, vol. 1.

[Piñeiro, y otros 2005] PIÑEIRO, P., ALVARES, G., MUÑIZ, E. AND MEDINA, E. Combinación de un Sistema Basado en Reglas y Técnicas de Softcomputing para el tratamiento de la HTA. En., 2005.

[Ponjuán Dante 1998] PONJUÁN DANTE, G. Gestión de información en las organizaciones [online]. 1998.

[Ponjuán Dante 2004] PONJUÁN DANTE, G. Gestión de información: dimensiones e implementación para el éxito organizacional 2004.

[Quesada 2003] QUESADA, R. La investigación en Informática Médica en nuestros centros de Educación Médica Superior. Revista Cubana de Informática Medica.[en línea], 2003, vol. 2.

[Rivera 2010] RIVERA, S. Modelo de un sistema de razonamiento basado en casos para el análisis en la gestión de riesgos. En., 2010.

[Rodríguez 2010] RODRIGUEZ, A. Diseño de un sistema de ayuda a la decisión de diagnóstico clínicopreventivo de accidente cerebrovascular de tipo isquémico (Ictus) basado en ontologías y técnicas probabilísticas. En., 2010.

[Rodríguez y Cerdáb 2002] RODRÍGUEZA, M.A.P. AND CERDÁB, J.C.M. Paso a paso en el diseño de un estudio mediante grupos focales. *Aten Primaria*, 2002, vol. 29, no. 6, p. 366-373.

[Rojas Mesa 2006] ROJAS MESA, Y. De la gestión de información a la gestión del conocimiento. *Acimed*, 2006, vol. 14, no. 1, p. 0-0.

[Rolston, y otros 1990] ROLSTON, D.W., GAMA, A.P. AND ZISKIEND, I.T. Principios de inteligencia artificial y sistemas expertos [online]. McGraw-Hill, 1990.

[Russell, y otros 1995] RUSSELL, S.J., NORVIG, P., CANNY, J.F., MALIK, J.M. AND EDWARDS, D.D. Artificial intelligence: a modern approach [online]. Prentice hall Englewood Cliffs, NJ, 1995.

[Samper 2012] SAMPER, J. Introducción a los Sistemas Expertos. REDcientífica, 2012.

[Santisteban 1987] SANTISTEBAN, A. Introducción a los sistemas expertos 1987.

[Shee y Wang 2008] SHEE, D.Y. AND WANG, Y.S. Multi-criteria evaluation of the web-based e-learning system: A methodology based on learner satisfaction and its applications. *Computers & Education*, 2008, vol. 50, no. 3, p. 894-905.

[Singh 2011] SINGH, A. Architecture Value Mapping: Using Fuzzy Cognitive Maps as a Reasoning Mechanism for Multi-criteria Conceptual Design Evaluation. En.: Missouri University of Science and Technology, 2011.

[Visbal y González 2003] VISBAL, S.A. AND GONZÁLEZ, F.G. Dimensión informacional de la gestión del conocimiento: Gecyt un caso de estudio. *Revista interamericana de nuevas tecnologías de la comunicación*, 2003, vol. 8, no. 2, p. 14-23.

[Vivancos Rubio 2004] VIVANCOS RUBIO, E.P. Incorporación de un sistema basado en reglas en un entorno de tiempo real. En.: Universitat Politècnica de Valencia, 2004.

[Witten y Frank 2005] WITTEN, I.H. AND FRANK, E. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques [online]. Morgan Kaufmann, 2005.

ANEXOS

Anexo 1. Fragmento de las reglas expresadas en el lenguaje Drools Rule Language

Primera consulta.

```
rule "R1 Estenosis"
  lock-on-activetrue
  when
    s : Sintomas( erealizados[0] == 1 && (estenosisIzquierda > 50
|| estenosisDerecha >50 ))
  then
    s.setEstenosis(true);
  update(s);
end
rule "R43 Enfermedad Hipertrigliceridemia 3"
  lock-on-activetrue
  when
    s : Sintomas( ((edad > 60 && sexo == 0) || (edad > 55 && sexo
== 1)) && infartoMiocardio == true )
  then
    s.aumentarPuntos(2);
  update(s);
end
  then
    s.getDPrimera().setPEnfermedadHipertrig("Hipertrigliceridemia
familiar");
end
```

Consulta evolutiva.

```
rule "R1"
  no-looptrue
  when
    s:Sintomas( colesterol > colesterolAnterior )
  then
    s.getDEvolutiva().setEMensajeColesterol("Ha aumentado desde
la &uacute;ltime consulta.");
end
rule "R2"
  no-looptrue
  when
    s:Sintomas( colesterol < colesterolAnterior )
  then
    s.getDEvolutiva().setEMensajeColesterol("Ha disminuido desde
la &uacute;ltime consulta.");
end
```

Anexo 2. Caso de prueba

Diagnóstico de la primera consulta

No	Entrada	Resultado esperado
1	Alteraciones de las lipoproteínas:	
	Colesterol: 260 mg/dL cLDL: 182 mg/dL Triglicéridos: 178 mm/Hg Talla: 1.59 m Peso: 74 kgs	<ul style="list-style-type: none"> - Colesterol elevado - El cLDL moderadamente elevado. - El valor de los triglicéridos es moderadamente alto. Puede ser secundario por: <ul style="list-style-type: none"> • La obesidad
	Otros diagnósticos:	
	Talla: 1.59 m Peso: 74 kgs	<ul style="list-style-type: none"> - Peso corporal con criterios de sobrepeso (25.0 - 29.9 Kgs/m²).
	Los factores de riesgo mayores son:	
	Edad: 58 años Sexo: F	<ul style="list-style-type: none"> - La edad del paciente constituye un riesgo cardiovascular
	El riesgo de cardiopatía isquémica "dura" a 10 años es elevado por:	
	% de estenosis izquierdo: 60% % de estenosis derecho: 60% Glucemia: 19.6	<ul style="list-style-type: none"> - Más del 50% de estenosis carotidea - Glucosa en el plasma elevado
	Debe considerarse alguno de los tipos de dislipoproteinemias siguientes:	
	Edad: 58 años	<ul style="list-style-type: none"> - Hipertrigliceridemia familiar

	Sexo: F cLDL: 182 mg/dL	
<p>Resultado SBR</p> <p>Diagnóstico</p> <p>Alteraciones de las lipoproteínas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Colesterol elevado- El cLDL moderadamente elevado- El valor de los triglicéridos es moderadamente alto <p>Puede ser secundario por:</p> <ul style="list-style-type: none">- La obesidad <p>Otros diagnósticos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Peso corporal con criterios de sobrepeso (25.0 - 29.9 Kg/cm²) <p>Los factores de riesgo mayores son:</p> <ul style="list-style-type: none">- La edad constituye un riesgo cardiovascular <p>El riesgo de cardiopatía isquémica "dura" a 10 años es elevado por:</p> <ul style="list-style-type: none">- Más del 50% de estenosis carotídeas- Glucosa en el plasma elevada <p>Debe considerarse alguno de los tipos de dislipoproteinemias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">- Hipertrigliceridemia familiar		