



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

Facultad 7

**Trabajo de Diploma para optar por el título
de Ingeniero en Ciencias Informáticas**

Sistema experto basado en reglas para el apoyo
al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor.

Autores:

Saralys Serrano Soto
Alejandro Plasencia Benítez

Tutores:

Ing. Isledy Gainza Martínez
Ing. Yenier Vega Rodríguez

La Habana, Cuba
Junio de 2013
“Año 55 de la Revolución”



"...lo que importa no es solo, que las personas vivan muchos años, sino que vivan bien, que se sientan bien, que se sientan saludables, que se sientan atendidos, que se sientan seguros, que se sientan dignos..."

Fidel Castro Ruz

Datos de contacto

Ing. Isledy Gainza Martínez:

Instructora graduada en el año 2008 de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Posee categoría docente de Instructor. Ha impartido las asignaturas de Sistemas Operativos, Practica Profesional 3, 4, 5 y 6, y la asignatura electiva AISS. Vinculada a la Facultad 7 y se desempeña como analista del departamento Atención Primaria a la Salud en el Centro de Informática Médica (CESIM).

Correo electrónico: igainza@uci.cu

Ing. Yenier Vega Rodríguez:

Instructor graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas, en el año 2011 con título de oro. Premio de la Rectora al Mejor Adiestrado en el año 2012. Vinculado a la Facultad 7 y forma parte del proyecto Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud (alas SIAPS) del Departamento de Atención Primaria de Salud (APS) del Centro de Informática Médica (CESIM), donde se ha desempeñado como desarrollador de software a la vez que ha ocupado la responsabilidad de Jefe de diferentes módulos. Cuenta en su currículum con diversas publicaciones en eventos nacionales e internacionales.

Correo electrónico: yvegar@uci.cu

Agradecimientos

Agradecimientos

Queremos agradecer a nuestros tutores, en especial a Yenier, por toda su entrega en este trabajo, a los profesores del proyecto que nos ayudaron y en general a todos los que a lo largo de la carrera contribuyeron a nuestra formación.

A nuestros amigos y compañeros de estos 5 años llenos de retos, gracias por su amistad.

A los médicos y trabajadores del Centro de Investigación sobre Longevidad, Envejecimiento y Salud, por toda la información brindada para el desarrollo del trabajo.

Agradecimientos de Saralys

De Saralys:

Quiero agradecer:

- *A mi mamá Carmen, por ser mi motor impulsor en esta carrera y durante toda mi vida, por darme cariño y seguridad.*
- *A mi papá Julio, por apoyarme siempre en todo, quererme mucho y darme de la manera más jovial y alegre ese ánimo que muchas veces necesité.*
- *A mi pequeña hermana Leticia, mi puti, por quererme tanto y demostrármelo día a día.*
- *A mis abuelos Josefina, Delia y en especial a Vidal por ser tan fuertes y quererme tanto, y por darme ese aliento como solo él lo sabe hacer.*
- *A mi negro lindo, mi novio Maikel, por ser la persona que en estos casi 5 años me ha querido y apoyado como nadie, por estar conmigo en mis momentos de estrés y cansancio y por tener siempre una palabra de apoyo para decirme.*
- *A mis tíos, tías, primos y primas por el amor y cariño brindado.*
 - *A mi suegra y cuñadito por quererme como soy.*

Agradecimientos de Saralys

- *A mis amistades, en especial a Wendy, Henry, Angel Deluis, Javier y Seydel por apoyarme siempre y por brindarme su amistad.*
- *Y no por ser el último, es el menos importante, a mi compañera de tesis Alejandro que sin él no lo hubiese logrado.*

Agradecimientos de Alejandro

De Alejandro:

- *En primer lugar quiero agradecer a Dios, por la fuerza que me ha dado en todo momento.*
- *A mi compañera Saralys que sin ella no hubiese sido posible hacerme Ingeniero.*
- *A toda mi familia, en especial a mis padres Alejandro y Zenaida, mi esposa Kirenia, mi hermana Alenia y hasta a mi perro Enzo.*
- *A mis tíos(as) y primos(as) por el apoyo incansable.*
- *A todas mis amistades y compañeros de apartamento.*
- *A todos los que de una forma u otra contribuyeron al desarrollo de nuestra tesis.*

Dedicatoria

De Saralys:

*A mis padres por su amor y cariño, y por la confianza infinita que
siempre depositaron en mí.*

A mi hermanita linda por su amor y cariño.

A mi novio por amarme tanto.

De Alejandro:

A Dios por darme fuerza en todo momento.

*A mis padres por toda la confianza, amor, dedicación que
depositaron en mí.*

*A la futura madre de mis hijos, Kirenia, por estar siempre cuando la
necesito.*

A mi queridísima hermana por aguantarme durante estos 19 años.

Resumen

La fragilidad ha sido considerada en la última década como un síndrome geriátrico independiente que representa la disminución de las reservas fisiológicas del adulto mayor, colocándolo en una situación de riesgo de desarrollar, empeorar o perpetuar efectos adversos para su salud. Su diagnóstico oportuno es crucial para la planificación y desarrollo de estrategias de intervención en salud en la población de adultos mayores por parte del Sistema Nacional de Salud, el Gobierno y las propias comunidades.

El presente trabajo de diploma pretende ayudar al diagnóstico de este estado de salud como parte de las acciones que se desarrollan en la Atención Primaria de Salud de Cuba. Para ello se plantea el desarrollo de un sistema experto basado en reglas como exponente de los adelantos alcanzados en el campo de la Inteligencia Artificial. Se utilizó la plataforma de desarrollo Java Enterprise Edition 5.0 la cual contempla el uso de Jboss 4.2.2 como servidor de aplicaciones, Java como lenguaje de programación orientado a objetos, el Modelo Vista Controlador como patrón de arquitectura, JBoss Seam 2.1.1 como framework para el desarrollo de aplicaciones en la web 2.0. Como gestor de bases de datos se empleó PostgreSQL 8.4 e Hibernate 3.3 como herramienta para el mapeo objeto-relacional, entre otras herramientas y tecnologías.

El sistema ofrece al especialista una propuesta de diagnóstico a partir del conocimiento experto que este posee, acompañado de un grado de certeza; contribuyendo significativamente a la toma de decisiones médicas. Además, permite agregar nuevas reglas ante situaciones modificadas.

Palabras Clave: adulto mayor, fragilidad, sistema experto.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo I. Fundamentación teórica	7
1.1. Marco conceptual	7
1.1.1. Síndrome de fragilidad	7
1.2. Programa de Atención al Adulto Mayor	16
1.3. Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud.....	18
1.4. Inteligencia Artificial.....	19
1.4.1. Algoritmos Genéticos	20
1.4.2. Redes Neuronales Artificiales	21
1.4.3. Sistemas Expertos.....	21
1.4.4. Sistemas Basados en Casos	24
1.4.5. Sistemas Basados en Reglas	25
1.5. Justificación de la selección del Sistema Basado en Reglas.....	30
1.6. Análisis de soluciones existentes en la Medicina.....	31
1.6.1. GERISOFT	31
1.6.2. Programa de Detección Precoz de la Retinopatía Diabética	32
Capítulo II. Propuesta del sistema experto	34
2.1. Arquitectura de software.....	34
2.1.1. Arquitectura Cliente/Servidor	34
2.2. Herramientas y tecnologías a utilizar	35
2.2.1. Marcos de desarrollo, bibliotecas y componentes	35
2.2.2. Lenguaje de programación	38
2.2.3. Sistema Gestor de Base de Datos	38
2.2.4. Lenguaje Unificado de Modelado	38
2.2.5. Guía para el desarrollo de software	39
2.3. Modelo de dominio	40
2.4. Requisitos funcionales.....	40
2.5. Requerimientos no funcionales.....	42
2.6. Interfaz de usuario.....	44
2.7. Máquina de inferencia	52
2.8. Determinación y manejo de la incertidumbre	54

Tabla de contenido

2.8.1. Aplicación de la incertidumbre en sistemas basados en reglas	56
2.8.2. Factores de certeza según MYCIN	57
2.9. Modelo de datos	59
2.10. Diseño del sistema.....	59
2.10.1. Fundamentación del uso de patrones	59
2.11. Diagrama de despliegue	61
2.12. Integración con alasSIAPS	62
2.13. Estándares de codificación y tratamiento de excepciones.....	62
2.13.1. Estándares de codificación	62
2.13.2. Tratamiento de excepciones	62
Capítulo III. Validación de los resultados.....	64
3.1. Panel de especialistas.....	64
3.2. Definición de indicadores	65
3.3. Selección de especialistas.....	66
3.4. Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios.....	66
3.5. Análisis de los resultados.....	67
Conclusiones generales	71
Recomendaciones	72
Referencias bibliográficas	73
Anexos.....	81
Anexo 1	81
Anexo 2.....	82
Anexo 3.....	83

Introducción

Desde finales del siglo XIX, cuando se desarrollaron las primeras teorías de salud poblacional y mortalidad, ha existido un creciente interés en la investigación social y científica para tratar de identificar los procesos mediante los cuales la población transita de una etapa a otra a través del ciclo de vida (1). Uno de los avances más significativos en este sentido se dio en el momento en que se reconoció que la salud significa mucho más que estar libres de enfermedades o no morir. A raíz de eso, se iniciaron estudios para medir diferentes estados de salud a través del ciclo de vida, en particular en las personas de la tercera edad y en aquellos años vividos con discapacidad o en una condición frágil.

No se puede ignorar el hecho de que envejecer es un proceso de deterioro caracterizado por una vulnerabilidad aumentada y una viabilidad disminuida que se da en el tiempo y que progresivamente disminuye la reserva fisiológica. Se considera como la suma de todos los cambios que ocurren en el organismo con el paso del tiempo (2). Es así que surge una propuesta relativamente reciente, a partir de 1970, dada la heterogeneidad de la población mayor, para definir un estado transicional en la salud y bienestar de los adultos mayores: la fragilidad (3).

Existe consenso en definir la fragilidad como un síndrome biológico de origen multifactorial que consiste en reservas fisiológicas disminuidas que condicionan vulnerabilidad ante factores estresantes y situaciones adversas, que además colocan al anciano en riesgo de dependencia funcional (4).

La determinación de la fragilidad es fundamental para la realización oportuna de acciones que eviten un estado de necesidad en las personas, la institucionalización y/o la muerte. Por lo general, las enfermedades diagnosticadas en los adultos mayores no son curables y si no se tratan adecuada y oportunamente, tienden a provocar complicaciones y secuelas que dificultan la independencia y la autonomía de estas personas, muchas veces por el resto de sus vidas. Esto determina que el crecimiento de la población más vieja conduzca a una mayor demanda de servicios sociales y de salud, de aquí que el adulto mayor (AM) frágil debe ser el foco, el principal beneficiario de la valoración y asistencia geriátrica.

El reto social que el proceso de transición demográfica representa para las naciones, se debe a las grandes necesidades que genera desde el punto de vista económico, biomédico y social. Su repercusión sobre el sistema de salud radica en que son los ancianos los mayores consumidores (relativos o absolutos) de medicamentos y servicios de salud (5). A nivel estatal representa un considerable aumento de los gastos para la seguridad y la asistencia social. De la misma manera que el envejecimiento transforma sustancial y progresivamente la situación de salud individual, también influye sobre la estructura y la dinámica de la familia como célula básica de la sociedad.

Este proceso de determinación de la fragilidad es considerado un desafío importante al que se enfrenta la Medicina a medida que avanza el siglo XXI, toda vez que un alto índice de envejecimiento poblacional ya se ha hecho patente, lo que conduce inexorablemente a un incremento de la población anciana más vulnerable. El número de personas que en el mundo rebasa la edad de 60 años, aumentó en el siglo XX de 400 millones en la década del 50, a 700 millones en la década del 90; estimándose que para el año 2025 existirán alrededor de 1 200 millones de ancianos. También se ha incrementado el grupo de los "muy viejos", o sea los mayores de 80 años de edad, que en los próximos 30 años constituirán el 30 % de los Adultos Mayores en los países desarrollados y el 12 % en los llamados en vías de desarrollo (6).

Este proceso de transición demográfica que tiene lugar, difiere entre países. Entre las naciones con transición avanzada se encuentran, por ejemplo, Japón, Italia y Grecia. En las Américas se encuentran Argentina, Bahamas, Barbados, Canadá, Chile, Estados Unidos, Jamaica, Martinica, Puerto Rico, Uruguay y Cuba, entre otros. Cuba presenta un envejecimiento poblacional progresivo con un incremento marcado en los últimos años (población con edad de 60 o más años por encima del 15 %). Se prevé que para el año 2020 alrededor de 400 000 cubanos habrán cumplido los 80 años. Se estima que el porcentaje de los adultos mayores muy mayores alcance el 25 % para el 2025, momento en el que Cuba será el país más envejecido de América Latina y para el año 2050, uno de los más envejecidos del mundo (7).

El Sistema Nacional de Salud (SNS) en Cuba comprende tres niveles de atención médica: Atención Primaria de Salud (APS), Atención Secundaria de Salud y Atención Terciaria de Salud. En todo el proceso de informatización del SNS, se hace un énfasis particular en la APS, como nivel conductor de la estrategia sanitaria. Este nivel es el más cercano al AM y

tiene entre sus objetivos, una atención integral y continuada de su salud, que va desde la promoción, prevención y adecuación de los servicios y recursos sanitarios a sus necesidades, hasta el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, con el propósito universal de mejorar su calidad de vida, término que, en el caso de las personas mayores, está íntimamente relacionado con su capacidad funcional (8).

Es precisamente en la APS donde se cuenta con un Programa de Atención al Adulto Mayor desde 1996, insertado en el Programa de Atención Integral a la Familia aprovechando la fortaleza que representa en la atención de salud comunitaria el médico y la enfermera de la familia para la solución a nivel local de la mayor parte de los problemas sanitarios de la población. Dicho programa está estructurado por niveles y escalones de atención para enfrentar el reto que representan el envejecimiento, la fragilidad, las enfermedades crónicas y la discapacidad que estas generan, con resultados tangibles que deben incrementarse en el futuro con la capacitación de los recursos humanos en Geriatría y el perfeccionamiento del propio programa.

El Programa de Atención al Adulto Mayor, además de ofrecer una aglutinación en favor del adulto mayor (AM), se aplica en todos los niveles de atención e incluye no sólo la salud, sino la seguridad social, los deportes, la cultura, la legislación y otros.

A medida que la recopilación sistemática de datos a través de estadísticas y encuestas se ha incrementado, se ha podido tener en cuenta el impacto de distintos factores como marcadores relevantes del estado de salud en la vejez. En la actualidad no existe un biomarcador específico para la determinación de la fragilidad en el adulto mayor, sin embargo se han identificado algunos que están relacionados con este estado: las alteraciones en el sistema neuroendocrino, con un descenso de la testosterona y de otras hormonas sexuales, un descenso del sulfato de deshidroepiandrosterona (DHEA) y del eje factor de crecimiento similar a la insulina 1, y un aumento del cortisol y de las alteraciones del sistema inmunitario expresadas por una elevación de los factores pro inflamatorios, se consideran el núcleo fisiopatológico de la fragilidad (9).

En tal sentido, se ha observado que los marcadores inflamatorios y la testosterona libre (en los hombres) son predictores de fragilidad. La morbilidad y comorbilidad, edad, falta de ejercicios físicos, estado nutricional deficiente, condicionantes sociales adversas, las caídas y la polifarmacia, pérdida de funcionalidad entre otros, son aspectos que coinciden

los especialistas, también se deben evaluar a la hora de emitir un diagnóstico de fragilidad. En Cuba, específicamente en APS, el diagnóstico de fragilidad en el AM es llevado a cabo por el equipo básico de salud mediante la aplicación de la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional (EGEF). Dicha escala fue creada en el Centro de Investigación sobre Longevidad, Envejecimiento y Salud (CITED) y adoptada por el SNS, a partir de la misma se han establecido los criterios cubanos de fragilidad (10).

La identificación certera del síndrome de fragilidad en la salud del adulto mayor en Cuba se complejiza cada vez más con el incremento del número de personas que arriban a la tercera edad y la necesidad de una valoración cada vez más integral. El análisis de la amplia información es realizado por parte de los especialistas de la medicina a partir del estudio de cada caso, lo que constituye una labor muy exigente y engorrosa. En ocasiones, el estado de fragilidad no es detectado oportunamente por deficiencias del sistema de salud cubano en cuanto a la gestión de información y en el análisis oportuno de la misma, por la inexistencia de un biomarcador específico para dicho diagnóstico, y la valoración individualizada de los diversos casos por parte únicamente de los especialistas; lo cual caracteriza el proceso de diagnóstico de la fragilidad en Cuba.

La presente investigación surge ante la necesidad de dar solución a la situación problemática antes expuesta; por lo que el **problema científico a resolver** es el siguiente: ¿Cómo apoyar a los especialistas de la medicina en el diagnóstico del síndrome de fragilidad en el adulto mayor?

Centrándose en el **objeto de estudio** el proceso de atención al adulto mayor en la APS. Para dar solución al problema planteado se define como **objetivo general** de la investigación desarrollar un sistema experto para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor. Definiéndose como **campo de acción** diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor.

Para alcanzar el objetivo general planteado se proponen las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Analizar los referentes teóricos relacionados con el diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor para la fundamentación de la investigación en curso.
2. Fundamentar la selección del paradigma de sistemas inteligentes basados en reglas para el apoyo al diagnóstico del síndrome de fragilidad en el adulto mayor.

3. Implementar una máquina de inferencia para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en la salud del adulto mayor.
4. Realizar análisis de los resultados arrojados a través del criterio de expertos.

Los **métodos de investigación científica** empleados son los siguientes:

Métodos Teóricos:

- ✓ Histórico-lógico: Se empleó para conocer el comportamiento del proceso de diagnóstico de la fragilidad a través del tiempo, así como para comprender la esencia de este proceso, su necesidad y regularidad.
- ✓ Sintético: Se utilizó para relacionar los conceptos asociados al diagnóstico de la fragilidad con los avances alcanzados en la inteligencia artificial.

Métodos Empíricos:

- ✓ Entrevista no estructurada: Se realiza a especialistas del área de salud para obtener un mayor entendimiento acerca del proceso de diagnóstico de la fragilidad en la salud del adulto mayor. Así como para conocer las especificidades de este proceso en Cuba.
- ✓ Entrevista estructurada: Se realiza a especialistas del CITED a través de un cuestionario contenedor de nueve preguntas, el cual recoge aspectos que permitan evaluar las funcionalidades del sistema en función al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor en Cuba.
- ✓ Observación: Planificada y dirigida con el fin de realizar la fundamentación teórica de la investigación.

El presente documento está estructurado en tres capítulos:

Capítulo I: Fundamentación teórica: Se argumentan los aspectos comprendidos en el objeto de estudio de la investigación, se tratan diferentes conceptos asociados a la inteligencia artificial y su aplicación en la medicina moderna con énfasis en los aspectos concernientes al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor en Cuba. Son analizados diferentes sistemas expertos vinculados al campo de la medicina.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto: Son expuestas las características de las herramientas y tecnologías a utilizar en el desarrollo del sistema experto que se propone.

Se aborda el funcionamiento y la descripción de la estructura y funcionalidades. Se elabora el modelo de dominio y se describen los requerimientos funcionales, no funcionales y los prototipos no funcionales de interfaz de usuario en aras de lograr un mejor entendimiento de la aplicación. Además se puntualizan los patrones de diseño utilizados y el patrón de arquitectura Modelo Vista Controlador, así como el modelo de datos y el diagrama de despliegue definido.

Capítulo III: Validación de los resultados: Se expone la validación de los resultados del sistema experto desarrollado. En tal sentido, se emplea el método experto con los especialistas en el tema, obteniéndose diversos criterios que respaldan las funcionalidades del sistema informático obtenido.

Capítulo I: Fundamentación teórica

Capítulo I. Fundamentación teórica

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental abordar los aspectos más importantes referentes al tema en investigación, que sirven de soporte teórico para el diseño e implementación del sistema informático. En el mismo se tratan ideas generales y principales conceptos que permitirán comprender el basamento de la investigación, además se analizan algunas técnicas de Inteligencia Artificial y dentro de estas, algunos ejemplos de sistemas expertos; que sirven de referencia para la elaboración de la solución.

1.1. Marco conceptual

1.1.1. Síndrome de fragilidad

La transición demográfica y epidemiológica asociada al aumento de la esperanza de vida ha tenido implicaciones importantes para los sistemas de salud en todo el mundo. Una de ellas es el envejecimiento poblacional. Dicho fenómeno ha generado un aumento de las enfermedades asociadas con la edad, entre ellas la fragilidad, que es considerado un síndrome geriátrico el cual aún no se ha difundido en el ámbito de la Medicina en general. El contexto actual de la clínica geriátrica se ha modificado sustancialmente con el advenimiento del término fragilidad en la asistencia y campo de investigación médica, no se concibe un acercamiento a cualquier problemática de este grupo sin esta perspectiva. Desde la década de los 70 se escuchó por primera vez esta terminología, y actualmente se amplía el campo en las investigaciones para determinar un consenso en cuanto a los principales marcadores del síndrome de fragilidad y los instrumentos para su detección.

En los últimos años se le da más importancia al reconocimiento temprano de un subconjunto de adultos mayores más vulnerables, predispuestos, en los que se encuentran ciertos indicadores biológicos para su reconocimiento y que característicamente, tienen determinados síntomas y signos que constituyen el síndrome de fragilidad.

Múltiples son las definiciones de fragilidad que han sido propuestas por diferentes autores e instituciones, entre las que se encuentran:

“Estado en que la *reserva fisiológica* está *disminuida*, llevando asociado un riesgo de incapacidad, una pérdida de la resistencia y un aumento de la vulnerabilidad” (11).

Capítulo I: Fundamentación teórica

“Los ancianos frágiles son un subgrupo de alto riesgo, susceptible de un control socio-sanitario riguroso sobre los que instaurar políticas curativas y preventivas específicas” (12).

“La fragilidad puede definirse como la *disminución progresiva de la capacidad de reserva y adaptación* de la homeostasis del organismo (homeostenosis) que se produce con el envejecimiento, está influenciada por factores genéticos (individuales) y es acelerada por enfermedades crónicas y agudas, hábitos tóxicos, desuso y condicionantes sociales y asistenciales” (13).

“La disminución de la habilidad para desarrollar actividades prácticas y sociales importantes de la vida diaria” (14).

En Cuba, según consenso de los especialistas en el tema, se considera que los AM frágiles son “*aquellos que por sus condiciones biológicas, psicológicas, sociales o funcionales están en riesgo de desarrollar un estado de necesidad*” (15).

La fragilidad y las enfermedades crónicas son los moduladores principales de la trayectoria de salud de una persona en la adultez tardía, ambas condiciones pueden existir separadas o coexistir en la población comunitaria de adultos mayores. Esto quedó demostrado en el estudio de salud cardiovascular donde 9.7% de los adultos mayores con comorbilidad eran frágiles y 67.7% de los frágiles tenían comorbilidad entre nueve enfermedades consideradas. El promedio de enfermedades crónicas de un adulto mayor frágil fue de 2.1, comparado con 1.4 en los no frágiles (16).

Con base en las consideraciones anteriores, algunos autores distinguen la *fragilidad primaria* como la causada por declinación fisiológica múltiple asociada intrínsecamente con el proceso de envejecimiento sin patología crónica, de la *fragilidad secundaria*, que es un proceso diferente, asociado con enfermedades o incluso con discapacidad (17).

Factores de riesgo para el síndrome de fragilidad

Los principales criterios aplicados a nivel mundial para considerar a un adulto mayor como frágil, y que además se comprobó que aparecen en la literatura revisada se dividen en: *generales y sociodemográficos* y los *médicos y funcionales*.

Entre los generales y sociodemográficos se encuentran los siguientes: edad avanzada, aislamiento social, vivir solo, sexo femenino, baja escolaridad e ingresos familiares bajos.

Capítulo I: Fundamentación teórica

Entre los médicos y funcionales se encuentran: ingresos hospitalarios recientes, caídas frecuentes, polifarmacia (ingerir más de 3 medicamentos, excluyéndose las vitaminas y sales minerales), fractura de cadera después de los 55 años, tabaquismo, fuerza de extremidades superiores disminuida, bajos desempeños cognoscitivos, uso de terapia de reemplazo hormonal, índice de masa corporal menor a 18.5 o 25 o mayor, incontinencia urinaria o fecal, comorbilidad (2 o más enfermedades crónicas), dependencia en la realización al menos en una de las actividades de la vida diaria (AVD), básicas (ABVD) e instrumentadas (AIVD) y no tener una excelente auto percepción de salud (18).

El tornado de la fragilidad ejemplifica la evolución dinámica de la pérdida de las funciones homeostáticas y su interrelación con las fuerzas entrópicas que envuelven al anciano frágil conduciéndolo al abatimiento funcional y la muerte. A continuación se muestra en la figura 1 el proceso de pérdida de funciones del anciano frágil a través del tornado de fragilidad.

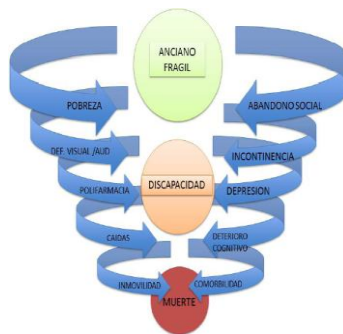


Figura 1: Tornado de la fragilidad (19).

Enfermedades crónicas asociadas con el síndrome de fragilidad

En el mundo actual resulta un hecho comprobado que a medida que aumenta la expectativa de vida, aumentan los índices de fragilidad y la prevalencia de enfermedades crónicas, aspectos que acompañan el último trecho de la vida. Es de esperar, por tanto, que una gran parte de los adultos mayores sean frágiles y padezcan, además, enfermedades crónicas. Estudios epidemiológicos recientes documentan esta asociación.

Es un reto diferenciar entre el desgaste que ocasiona una determinada entidad clínica y el desgaste secundario a la fragilidad. Las siguientes son las condiciones clínicas más comunes, pero no exclusivas con las que se puedan confundir: Hipertensión arterial, Diabetes mellitus, Enfermedad renal crónica, Osteoartritis, Enfermedad de la arteria

Capítulo I: Fundamentación teórica

coronaria, Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, Artritis reumatoide, Enfermedad arterial periférica, Enfermedad cerebro vascular, Insuficiencia cardiaca congestiva, Anemia, Osteoporosis, Síndrome metabólico y/o Cáncer (20).

La fragilidad asociada con las enfermedades crónicas acelera el curso y empeora el pronóstico de estas últimas. La figura 2 ofrece un esquema de los posibles vínculos patogénicos entre la fragilidad y las enfermedades crónicas.

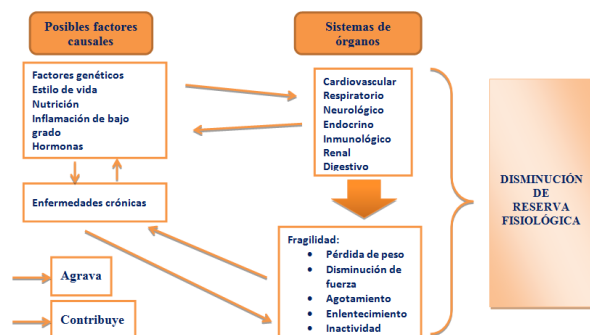


Figura 2: Elementos vinculados con la patogenia de la fragilidad (21).

Instrumentos diagnósticos

Muchos son los autores e instituciones que han emitido una definición para el término fragilidad; estas definiciones son claras desde el punto de vista teórico pero, en la práctica, son muy inespecíficas pues no permiten identificar en términos precisos (medibles) a las personas frágiles.

Hasta la fecha no existe consenso sobre los instrumentos que se deben aplicar por el médico para detectar este estado. A través de la búsqueda en diversas bibliografías se pudo comprobar que, a pesar de la vasta literatura y trabajos empíricos que se han generado en torno al tema de la fragilidad en los adultos mayores, constituye un gran reto el acordar o encontrar tanto una definición, como una forma de medición universal de la fragilidad o del estado frágil. Como consecuencia, se puede encontrar dentro de estos estudios una gran variedad de definiciones y distintos métodos aplicados en disímiles poblaciones. Aun así, todo parece indicar que los mayores esfuerzos se han concentrado en la generación de indicadores de fragilidad o índices de fragilidad aplicados a contextos locales. Dentro de éstos, los que se presentan a continuación son los más ampliamente reconocidos y aplicados en estudios empíricos en adultos mayores de diferentes países.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- El primer esfuerzo para medir fragilidad es el desarrollado por Fried y colaboradores, quienes desarrollaron y aplicaron un fenotipo de fragilidad o definición operativa del síndrome clínico de fragilidad en adultos mayores usando datos del Cardiovascular Health Study, estudio en una muestra de personas de 65 años y más de Estados Unidos de América (22).

En su definición, la fragilidad se presenta como un síndrome clínico en el que tres o más de los siguientes criterios están presentes: pérdida no intencional de peso, auto-reporte de agotamiento, fuerza de prensión disminuida, velocidad lenta al caminar y baja actividad física. Aquellos adultos mayores con uno o dos síntomas se caracterizan como pre-frágiles (estado previo a la fragilidad). *(Ver anexo 1)*

- Otra operacionalización de fragilidad consiste en la generación del índice de fragilidad y su aplicación para distintas muestras de adultos mayores de Canadá desarrollado por Rockwood, Mitnitski y colegas (23). Su propuesta implica una forma de resumir el estado de salud y su variabilidad al contar los déficits (síntomas, enfermedades, padecimientos) presentes en un individuo e infiriendo relativa salud o fragilidad con esa base. En la práctica clínica no es factible reproducir esta escala, ya que requiere una evaluación geriátrica completa, la cual consume tiempo y entrenamiento especializado.
- La Escala de Fragilidad Clínica de 7 puntos ha sido utilizada en un gran número de estudios. Esta escala fue desarrollada y aplicada por primera vez a una muestra de adultos mayores del Canadian Study of Health and Aging (CSHA) con la finalidad de construir un índice de fragilidad para este grupo de la población. Este índice es una suma de 70 déficits y factores adicionales, y ha sido adaptado y utilizado en estudios en distintos países.
- Mediante el ENASEM (Estudio Nacional de Salud y Envejecimiento en México) (24) desarrollaron un índice de fragilidad siguiendo el modelo de Rockwood, Mitnitski y colegas presentado anteriormente. El índice incluye 34 variables y permitió obtener la prevalencia de fragilidad, así como factores asociados a la misma.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- En la población mexicana también se aplica mucho la propuesta de Ensrud y colaboradores (25) para el diagnóstico de síndrome de fragilidad, y consiste en valorar tres criterios:
 - Pérdida de al menos 5% de peso independientemente de si fue intencional o no en los últimos tres años.
 - Inhabilidad para levantarse de una silla cinco veces sin usar los brazos.
 - Nivel de energía reducida utilizándose la pregunta: ¿Se siente usted lleno de energía? Considerándose un no como respuesta.

Si cumple con 2 o 3 criterios, se cataloga como un anciano frágil, un criterio como pre-frágil y ninguno como anciano robusto, estos criterios muestran efectividad similar para predecir caídas, fracturas, discapacidad y muerte, tanto en hombres como mujeres. (Ver anexo 2)

- Entre los programas priorizados del Sistema Nacional de Salud cubano se encuentra el de Atención al AM, que concibe la evaluación integral al mismo y la aplicación de la EGEF, la cual consta de 12 variables, cada una de las cuales evalúa un aspecto específico de la salud del AM, y a la cual se le confieren valores desde 1 hasta 5, en dependencia de la situación específica de su salud. Consta además de una variable que se obtiene mediante el promedio de las anteriores y que expresa el estado funcional global de la persona (26).

Escala Geriátrica de Evaluación Funcional:

Instrucciones para la EGEF: defina el ítem por la respuesta del paciente; si este no coopera, utilice la opinión del cuidador. Ante la duda entre ítem, marque el inferior.

- | | |
|----------------|---|
| | 5. Perfectamente continente. |
| I. Continencia | 4. Ha perdido ocasionalmente el control de la micción. |
| | 3. Incontinencia urinaria, con limitaciones en su vida cotidiana. |
| | 2. Incontinencia urinaria que le impide realizar su vida cotidiana. |
| | 1. Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía. |

Capítulo I: Fundamentación teórica

- II. Movilidad
 - 5. Se moviliza sin limitaciones tanto fuera como dentro del hogar.
 - 4. Alguna limitación en la movilidad, en particular con transporte público.
 - 3. Dificultades de movilidad que limitan satisfacer su vida cotidiana.
 - 2. Depende para moverse de la ayuda de otra persona.
 - 1. Se encuentra totalmente confinado a la cama o el sillón.

- III. Equilibrio
 - 5. No refiere trastornos del equilibrio.
 - 4. Refiere trastornos del equilibrio, pero no afectan su vida cotidiana.
 - 3. Trastornos del equilibrio, con caídas y limitaciones de la autonomía.
 - 2. Trastornos del equilibrio lo hacen dependiente de su vida cotidiana.
 - 1. La falta de equilibrio lo mantiene totalmente incapacitado.

- IV. Visión
 - 5. Tiene visión normal, aunque para ello use lentes.
 - 4. Refiere dificultad para ver, pero esto no lo limita en su vida cotidiana.
 - 3. Dificultad para ver que limita sus actividades cotidianas.
 - 2. Problemas de la visión que lo obligan a depender de otra persona.
 - 1. Ciego o totalmente incapacitado por la falta de visión.

- V. Audición
 - 5. Tiene audición normal, aunque para ello use prótesis auditiva.
 - 4. Refiere dificultad para oír, pero esto no limita su vida cotidiana.
 - 3. Dificultad para oír, con algunas limitaciones en la comunicación.
 - 2. Severos problemas de audición, que limitan su comunicación.
 - 1. Sordo o aislado por la falta de audición.

- VI. Uso de medicamentos
 - 5. No toma medicamentos, no tomar suplementos vitamínicos.
 - 4. Usa menos de 3 de forma habitual.

Capítulo I: Fundamentación teórica

3. Usa de 3 a 5 por más de un mes o indicados por varios médicos.
 2. Usa más de 6 medicamentos.
 1. Se automedica o no lleva control de los medicamentos que toma.
-
5. No refiere trastornos del sueño.
- VII. Sueño
4. Trastornos ocasionales del sueño, pero no tiene necesidad de somníferos.
 3. Debe usar somníferos para lograr el sueño que lo satisfaga.
 2. Pese al uso de psicofármacos, mantiene trastornos del sueño.
 1. Trastornos severos del sueño que le impiden realizar su vida diaria.
-
5. Se mantiene usualmente con buen estado de ánimo.
- VIII. Estado emocional
4. Trastornos emocionales ocasionales que supera sin ayuda.
 3. Trastornos emocionales que lo obligan al uso de psicofármacos.
 2. Mantiene limitación por trastornos emocionales, aun con tratamiento.
 1. Los trastornos emocionales lo incapacitan. Intento o idea suicida.
-
5. Buena memoria. Niega trastornos de la misma.
- IX. Memoria
4. Refiere problemas de memoria, pero no limitan sus actividades diarias.
 3. Trastornos evidentes de memoria, que limitan actividades de su vida.
 2. Trastornos de memoria lo hace dependiente parte del tiempo.
 1. La pérdida de memoria lo mantiene totalmente incapaz y dependiente.
-
5. Cuenta con el apoyo familiar que demandan sus necesidades.
- X. Situación familiar
4. Existe apoyo familiar, pero tiene limitaciones en alguna ocasión.
 3. El apoyo familiar está restringido a situaciones de crisis.
 2. El apoyo familiar es escaso e inseguro, incluso en crisis.

Capítulo I: Fundamentación teórica

<p>XI. Situación social</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausencia o abandono familiar. 2. Relación social limitada. Ausencia de apoyo de vecinos y/o amigos. 3. Relación social limitada. El apoyo se limita a crisis. 4. Buena relación social. Tiene apoyo limitado de vecinos o amigos. 5. Buena situación social. Apoyo total por vecinos y/o amigos.
<p>XII. Situación económica</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Depende económicamente de la asistencia social. 2. Tiene habitualmente dificultad para cubrir necesidades básicas. 3. Tiene ocasionalmente dificultad para cubrir necesidades básicas. 4. Sus recursos cubren sus necesidades básicas, pero no otras. 5. Niega problemas económicos.
<p>Estado funcional global</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Está totalmente incapacitado, exige cuidados constantes. 2. Depende en su vida diaria de los cuidados de otra persona. 3. Tiene limitaciones en su vida diaria, lo que exige la ayuda de otros. 4. Independiente, alguna limitación funcional para sentirse satisfecho. 5. Es independiente, activo y está satisfecho con la vida que lleva.

Tabla 1: Escala geriátrica de evaluación funcional (27).

Criterios cubanos de fragilidad según EGEF (28):

1. Doble incontinencia (urinaria y fecal).
2. Alteraciones de movilidad y el equilibrio menor de 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
3. Polifarmacia (uso de tres o más medicamentos).
4. Alteración de todas las variables de la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional en 4 o menos.
5. Antecedentes Patológicos Personales (APP) de síndrome demencial con:

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Alteraciones del estado emocional.
 - Alteraciones del sueño.
 - Alteraciones de la movilidad.
 - Alteraciones del uso de medicamentos.
 - Deficiente apoyo familiar.
 - Deficiente apoyo social.
 - Mala situación económica.
6. Cualquier combinación de los problemas sociales (situación familiar, social y económica) menores de 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
 7. Anciano solo con alguna alteración de la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
 8. Mayor de 80 años con alguna alteración de la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
 9. Alteraciones de la memoria menor que 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
 10. Alteraciones del estado funcional global menor de 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.

Cuando se hace mención a “alteraciones”, se refiere a que la variable correspondiente en la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional se ha evaluado en la categoría 3 o inferior a esta.

1.2. Programa de Atención al Adulto Mayor

El objetivo de la asistencia al adulto mayor está centrado en mantener y mejorar su calidad de vida previniendo la aparición de enfermedades físicas y mentales y sus secuelas, manteniendo un grado de autonomía tal que les permita la integración social en su medio.

Objetivos específicos:

Como objetivos específicos se definieron:

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Crear una modalidad de atención gerontológica comunitaria que contribuya a resolver las necesidades socioeconómicas, psicológicas y biomédicas de los adultos mayores en ese nivel.
- Mejorar la calidad de atención y promover mejor calidad de vida en las instituciones sociales, que permitan un equilibrio entre sus necesidades y demandas biosociales y sus respuestas.
- Alcanzar una atención integral hospitalaria al anciano sobre bases geriátricas actuales.

El Programa de Atención al Adulto Mayor en Cuba consta de tres escalones:

- En el primero el médico y enfermera de la familia evalúan integralmente al adulto mayor en sus aspectos biomédicos, psicológicos, socioeconómicos y funcionales mediante la aplicación de la EGEF, identificando a los ancianos frágiles, a los que tienen enfermedades crónicas y los que tienen limitaciones funcionales y discapacidades. Los adultos mayores con estas características, en especial los que padecen enfermedades crónicas, son dispensarizados y atendidos periódicamente por el médico de la familia en interconsulta con los especialistas en el consultorio de la familia.

El médico y enfermera de la familia, con la ayuda de las autoridades de gobierno comunitarias, instituyen los círculos de abuelos, organización de adultos mayores con amplios intereses sociales y de carácter autónomo que promueve programas de prevención, promoción de salud y de autoayuda y ayuda mutua entre las personas mayores.

- El segundo escalón está integrado por los Equipos Multidisciplinarios de Atención Gerontológica (EMAG) que brindan asistencia sanitaria a los pacientes más complejos cuyos problemas no pueden ser solucionados en el primer escalón, en particular los frágiles y los que tienen comorbilidad compleja.

En este segundo escalón están los centros diurnos (hospital de día geriátrico) que tienen la principal función de la rehabilitación biomédica, psicológica y social de los adultos mayores discapacitados. Las casas de abuelos son instituciones sociales para adultos mayores con buena capacidad funcional para las actividades básicas

Capítulo I: Fundamentación teórica

de la vida diaria, pero que viven solos o que la familia necesita un apoyo diurno para solucionar su atención.

- El tercer escalón representa la atención secundaria de salud y comprende los servicios de geriatría hospitalarios y los hogares de ancianos.

El Centro de Investigación sobre Longevidad, Envejecimiento y Salud, fundado en La Habana el 7 de mayo de 1992, funciona como centro de referencia nacional para el desarrollo de la Gerontología y Geriatría, así como para las investigaciones en los temas de longevidad, el envejecimiento y la salud en el adulto mayor. También asume un papel rector en la formación y preparación de los recursos humanos dedicados a la atención de las personas mayores. Representa el Nivel Terciario de Atención en el programa. La figura 3 ilustra los niveles de atención.

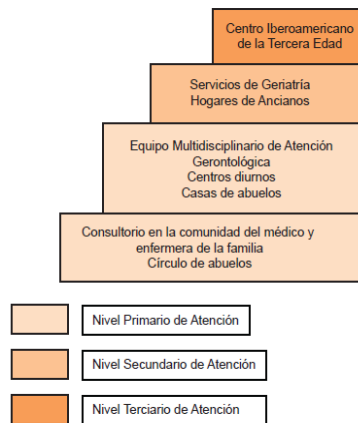


Figura 3: Niveles de atención médica.

1.3. Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) cuenta con un Centro de Informática Médica (CESIM) perteneciente a la Facultad 7 que tiene como objetivo desarrollar productos, servicios y soluciones informáticas para la optimización del trabajo y mejoramiento de la calidad de la atención médica, contribuyendo a la formación integral de profesionales y permitiendo un posicionamiento en el mercado nacional e internacional. Dicho centro posee en su infraestructura, departamentos que se encargan de desarrollar aplicaciones informáticas para los distintos niveles de atención médica, uno de ellos es el Departamento de Atención Primaria de Salud (APS). En este departamento se desarrolla el Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud (alasiAPS), el cual

Capítulo I: Fundamentación teórica

se concibe para la integración de los componentes, servicios o sistemas que se desarrollen para la informatización de la APS así como para atender las necesidades de los clientes del nivel primario de atención de salud como plataforma única para la gestión, procesamiento y transmisión de la información clínica en ese nivel.

Como el diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor en Cuba es realizado en la APS, resulta fundamental para esta investigación, tener en cuenta las funcionalidades ya concebidas en el alasSIAPS.

1.4. Inteligencia Artificial

El término Inteligencia Artificial (IA) se reconoció formalmente en el año 1956 en la Conferencia de Dartmouth. Desde ese momento muchos autores han realizado sus propias definiciones, sin embargo, ninguna ha sido aceptada totalmente por la comunidad investigadora (29). La mayoría de los autores coinciden en que es, en esencia, lograr que una máquina tenga inteligencia propia, es decir: *“La IA es una de las áreas más fascinantes y con más retos de las ciencias de la Computación ya que ha tomado a la inteligencia como la característica universalmente aceptada para diferenciar a los humanos de otras criaturas ya sean vivas o inanimadas, para construir programas o computadoras inteligentes”* (30).

Esta es una definición muy completa, pero no es la única, puesto que para Vega, “La Inteligencia Artificial es el estudio de cómo hacer que los ordenadores hagan cosas que, en estos momentos, hace mejor el hombre. Para otros, la Inteligencia Artificial es una ciencia que intenta la creación de programas para máquinas que imiten el comportamiento y la comprensión humana, que sea capaz de aprender, reconocer y pensar” (31).

A partir de los conceptos antes mencionados, se puede definir la IA como una rama de la investigación científica dentro de la Informática que se encarga de modelar la inteligencia humana a través de sistemas computacionales. Utiliza técnicas complejas para tratar que un ordenador simule el proceso de razonamiento humano.

La Inteligencia Artificial en la toma de decisiones

Cuando el estado real de las situaciones existentes difiere del estado deseado surge un problema. Resolver un problema conduce a un proceso de identificación y selección de la

Capítulo I: Fundamentación teórica

acción adecuada para su solución. A este proceso se le denomina toma de decisiones, donde una decisión es la elección de una entre diversas alternativas.

En la actualidad la toma de decisiones objetivamente fundamentada, se ha convertido en una tarea fundamental en la dirección de diferentes procesos, sin embargo, las decisiones no son sólo tareas relativas a la dirección. Cualquier hombre ha tomado todo tipo de decisiones a lo largo de su vida. Un problema típico de toma de decisiones es el problema del diagnóstico médico. Es precisamente en esta clase de problemas donde las técnicas de Inteligencia Artificial son aplicables.

Para ayudar a la selección de cuál técnica de IA utilizar para el desarrollo de un sistema experto que apoye a los especialistas de la Medicina en el diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor, se abordan elementos de algunas de ellas.

1.4.1. Algoritmos Genéticos

Son un ejemplo de algoritmos evolutivos que explotan la búsqueda aleatoria “guiada” y que han ganado popularidad en los últimos años debido a la posibilidad de aplicarlos en una gran gama de campos y a las pocas experiencias que imponen al problema. Los Algoritmos Genéticos (AG) son métodos de aprendizaje inspirados en la evolución natural, y que utilizan las nociones de individuos, apareamiento, recombinación de cromosomas, mutación genética, adaptación y selección natural y constituyen la base de las investigaciones en vida artificial.

Una de las características principales de los AG es la de ir perfeccionando su propia heurística en el proceso de ejecución, por lo que no requiere largos períodos de entrenamiento especializado por parte del ser humano. Dentro de sus principales ventajas se encuentran la capacidad de resolver una variedad de problemas muy difíciles, de forma rápida y confiable.

Los AG pueden ser usados en solución de problemas de optimización; las ventajas antes mencionadas justifican su amplia difusión y aplicación en diversas áreas en los últimos años. Una categoría importante de aplicación práctica de los AG son los sistemas híbridos, es decir, sistemas en los que se combinan AG con otras técnicas de IA o no. Por ejemplo, la combinación de los AG con otras técnicas como las Redes Neuronales Artificiales, los Sistemas Fuzzy y los Sistemas Expertos han originado lo que en años recientes se ha conocido como Soft Computing (32).

Capítulo I: Fundamentación teórica

1.4.2. Redes Neuronales Artificiales

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida. Las RNA son modelos que intentan reproducir el comportamiento del cerebro. Como tal modelo, realiza una simplificación, averiguando cuáles son los elementos relevantes del sistema, bien porque la cantidad de información de que se dispone es excesiva o bien porque es redundante. Una elección adecuada de sus características, más una estructura conveniente, es el procedimiento convencional utilizado para construir redes capaces de realizar determinada tarea (33).

Las características de las RNA las hacen bastante apropiadas para aplicaciones en las que no se dispone de un modelo identificable que pueda ser programado, pero se dispone de un conjunto básico de ejemplos de entrada. Esto incluye problemas de clasificación y reconocimiento de patrones de voz, imágenes, señales. Así mismo, se han utilizado para encontrar patrones de fraude económico, hacer predicciones en el mercado financiero y tiempo atmosférico. Además se pueden utilizar cuando no existen modelos matemáticos precisos o algoritmos con complejidad razonable; por ejemplo el problema del viajante (34).

1.4.3. Sistemas Expertos

Un Sistema Experto (SE) es una rama de la Inteligencia Artificial; son sistemas informáticos que simulan el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia. Son sistemas de información basados en el conocimiento, que usan el conocimiento de un área de aplicación compleja y específica a fin de actuar como un consultor experto para los usuarios finales. Los sistemas expertos proporcionan respuestas sobre un área problemática muy específica al hacer inferencias semejantes a las humanas sobre los conocimientos obtenidos en una base de conocimientos especializados (35).

Capítulo I: Fundamentación teórica

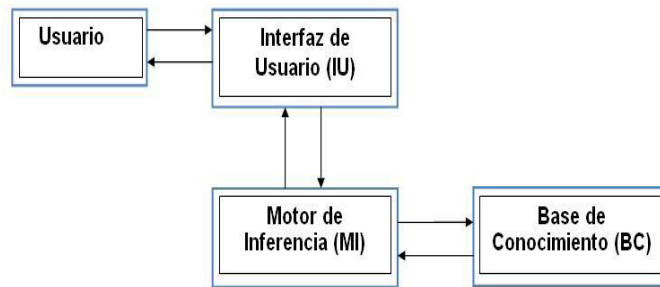


Figura 4: Estructura de un Sistema Experto (36).

Características de un SE

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

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

Estas características le permiten almacenar datos y conocimiento, sacar conclusiones lógicas, tomar decisiones, aprender de la experiencia y los datos existentes, comunicarse con expertos humanos, explicar el porqué de las decisiones tomadas y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior. Técnicamente un sistema experto, contiene una base de conocimientos que incluye la experiencia acumulada de expertos humanos y un conjunto de reglas para aplicar ésta base de conocimientos en una situación particular que se le indica al programa. Cada vez el sistema se mejora con adiciones a la base de conocimientos o al conjunto de reglas.

Ventajas del uso de los SE:

- Producción y productividad mayores: Pueden trabajar más rápido que los humanos. Están disponibles ininterrumpidamente de día y noche, ofreciendo siempre su máximo desempeño. Pueden duplicarse ilimitadamente, y tener tantos de ellos como se requieran.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Mayor calidad: Dan la probabilidad de aumentar la calidad proporcionando asesoría consistente y reduciendo las tasas de error.
- Captación de experiencia escasa y su dimensión. Uno de los principales beneficios de los sistemas expertos es su facilidad de transmitir experiencia a través de fronteras internacionales.
- Confiabilidad. Los sistemas expertos son confiables. No padecen de olvido, fatiga, dolor, ni cometen errores de cálculo.
- Accesibilidad al conocimiento y escritorios de vida. Hacen accesible el conocimiento (y la información) a mucha gente en diversos lugares. Siempre están dispuestos a dar explicaciones, asistir o enseñar a la gente, así como a aprender.
- Pueden tener una vida de servicio ilimitada. Funciones incrementadas de otros sistemas expertos. La integración de un sistema experto con otros sistemas expertos hacen que estos últimos se vuelvan más eficientes, los sistemas integrados abarcan más aplicaciones, trabajan más rápido y producen resultados de mayor calidad.
- Capacidad para trabajar con información incompleta o inconcreta. En contraste con los sistemas de cómputo convencionales, un sistema experto puede trabajar con información incompleta al igual que los expertos humanos.
- Mejoramiento de las funciones para resolver problemas. Un sistema experto mejora la solución de problemas permitiendo la integración de juicios de expertos de primera línea en el análisis. De este modo, un sistema experto tiene la posibilidad de resolver problemas cuyo enlace y conocimiento supera a los de cualquier individuo.
- Reducción del tiempo para la toma de decisiones. Con el empleo de la recomendación del sistema, un ser humano puede tomar decisiones mucho más rápido.

Áreas de aplicación:

Los SE son aplicables a una gran diversidad de campos y/o áreas. A continuación se mencionan algunas de las principales:

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Militar, Informática, Telecomunicaciones, Química, Derecho, Aeronáutica, Geología, Arqueología, Agricultura, Electrónica, Transporte, Educación, Medicina, Industria, Finanzas y Gestión, Turismo; prácticamente todas las ramas del conocimiento (36).

1.4.4. Sistemas Basados en Casos

El aprendizaje basado en casos consiste precisamente en aprender a partir de experiencias o casos pasados. El aprendizaje basado en casos también se conoce como razonamiento basado en casos por el hecho de que este tipo de aprendizaje no se concibe sin el proceso de razonamiento que conlleva la obtención de una nueva experiencia. El Razonamiento Basado en Casos (RBC) constituye un nuevo método de solución de problemas para el desarrollo de SBC. Al razonar basado en casos el solucionador de problemas recuerda situaciones previas similares a la actual y las usa para ayudar a resolver el nuevo problema.

La idea básica del RBC es recuperar, adaptar y validar las soluciones encontradas en experiencias previas en un intento de relacionarlas con un problema actual. Las experiencias previas están representadas como una biblioteca de casos que reside en memoria. Cuando se enfrenta con un nuevo problema, el sistema con RBC recupera un caso similar, y la solución del caso se adapta al nuevo problema en un intento para resolverlo.

Ciclo del Razonamiento Basado en Casos

En la terminología RBC, se puede definir un caso como una situación de un problema. Así, una situación previamente experimentada, que ha sido capturada y aprendida de manera que pueda ser reutilizada para resolver futuros problemas, se denomina un caso previo, caso almacenado ó caso guardado, y, un caso nuevo o un caso sin resolver no es más que la descripción de un problema nuevo a resolver (donde “resolver” puede ser desde justificar o criticar una solución propuesta, a interpretar el problema, generar un conjunto de soluciones posibles o generar expectativas de datos observados).

La figura 5 muestra el funcionamiento del ciclo de vida de un sistema de razonamiento basado en casos.

Capítulo I: Fundamentación teórica

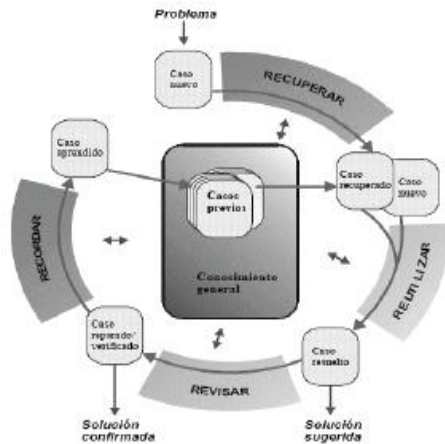


Figura 5: Ciclo de vida de un Sistema Basado en Casos (37).

1.4.5. Sistemas Basados en Reglas

Los Sistemas Basados en Reglas (SBR) trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas basadas en situación modificada. Son uno de los modelos de representación del conocimiento más ampliamente utilizados. Esto es debido a que resultan muy apropiados en situaciones en las que el conocimiento que se desea representar surge de forma natural con estructura de reglas.

También pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, bien empezando con una evidencia inicial en una determinada situación y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente (o una deducción de una evidencia existente) que apoye una hipótesis en particular. De manera general, los sistemas basados en reglas son sistemas diseñados para actuar como un experto humano en un dominio o área de conocimiento particular. Su principal función es proporcionar soluciones aplicables en la práctica y a su vez generar nuevo conocimiento.

Un sistema basado en reglas de producción consta de:

- Un conjunto de reglas de producción: del tipo si C entonces A, y a veces llevan asociado un conocimiento de certeza.
- Sistema de gestión de base de datos: consta de los hechos del problema a solucionar.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Intérprete de reglas: identifica las reglas a usar y cómo usarlas.

Arquitectura del Sistema Basado en Reglas

La siguiente figura muestra los componentes fundamentales de un sistema de producción (SP), que son: una base de hechos, una base de reglas de producción (a veces llamada base de conocimientos del dominio del sistema), una maquina deductiva (motor de inferencia) y un módulo de explicación.

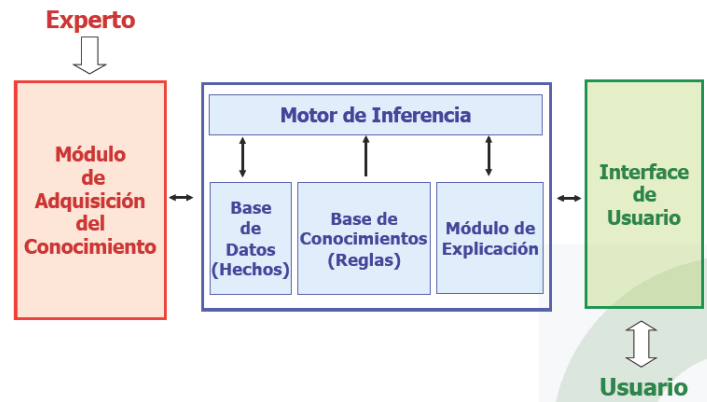


Figura 6: Arquitectura del Sistema Basado en Reglas.

Base de hechos

La base de hechos es el conjunto de información invariable de una a otra resolución. Los hechos se diferencian de los datos en el sentido que los hechos forman parte del SP, mientras que los datos, al poder variar de una solución a otra, conviene agruparlos en archivos externos al SP.

Algunos autores no consideran a la base de hechos en forma independiente. Los conocimientos y los hechos pueden aparecer conjuntamente en una sola base, la de conocimientos.

Base de conocimiento

Contiene el conocimiento del dominio en el cual el programa es competente. El conocimiento tiene que estar representado en la forma que resulte más adecuada para el dominio de su competencia. Adicionalmente hay que tratar que esa representación sea:

- Sencilla.
- Independiente.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Fácil de modificar.
- Transparente: justificación de soluciones y explicación de los procesos.
- Relacional.
- Potente: poder expresivo y solidez de cálculo.

Una base de conocimientos debe ser coherente, rápida, modular, fácil de desarrollar y mantener.

Módulo de explicación

Es el módulo que explica al usuario la estrategia de selección encontrada y el porqué de las decisiones tomadas. Es el que permite justificar y explicar el análisis completo del problema y las soluciones propuestas, así como la semejanza o diferencia, entre dicha solución y la de los casos históricos.

Reglas

Por regla se entiende una proposición lógica que relaciona dos o más objetos e incluye dos partes, la premisa o antecedente y la conclusión o consecuente. Cada una de estas partes consiste en una expresión lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos *y*, *o*, o *no*. Una regla se escribe normalmente como: si ANTECEDENTE entonces CONSECUENTE.

Dónde:

- Antecedente: son las conjunciones de atributos de un mismo dominio.
- Consecuente: son los atributos que pasarán a ser conocidos para el sistema.

Características de las reglas:

- Normalmente no reflejan implicaciones lógicas, sino las convicciones de un experto.
- Pueden poseer un campo de prioridad que indica el grado de relevancia de la regla para el sistema.
- Es condición necesaria, pero no suficiente, que se cumpla el antecedente de una regla para poder dispararla.

Dependerá de:

- La prioridad de la regla.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Del motor de inferencia.

Motor de inferencia

Selecciona, decide, interpreta y aplica el conocimiento de la base de conocimientos sobre la base de hechos con el fin de obtener la solución buscada. Un mecanismo de inferencia debe ser independiente del conocimiento y de los hechos.

Está caracterizado por:

- El lenguaje en que ha sido escrito.
- La velocidad de trabajo: Inferencias/segundo.
- Las estrategias de búsqueda de soluciones o procesos de razonamiento:
 - No Ordenada: aleatoria, heurística.
 - Ordenada: encadenamiento hacia adelante (guiado por los datos, deductivo), encadenamiento hacia atrás (guiado por los objetivos, inductivo).
- La forma en que elige el conocimiento.
- La posibilidad de incorporar meta conocimiento.
- El tipo de lógica que emplea en el razonamiento: booleana, trivalente, multivalente, difusa, monotónica o no monotónica, atemporal o temporal, lógica de orden 0, orden 0+, orden 1.
- El método que utiliza para la evaluación del conocimiento incompleto o incierto: determinístico, probabilístico, aproximado, difuso.

Encadenamiento hacia adelante o basado en datos

Este método es usado cuando los datos iniciales son muy pocos y/o existen muchas posibles conclusiones.

Los pasos para realizar el encadenamiento hacia adelante son:

- Matching: búsqueda de las reglas para las que es cierto su antecedente.
- Resolución de conflictos: selección, entre las reglas encontradas no redundantes, de aquella que se va a ejecutar.
- Criterios de selección (estrategia de búsqueda):
 - Mayor número de premisas en el antecedente.
 - Prioridad más alta.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Búsqueda en profundidad.
- Búsqueda en anchura.
- Ejecución: se dispara la regla, por lo que se amplían los datos conocidos.

Encadenamiento hacia atrás o basado en objetivos

Características del encadenamiento hacia atrás:

- Método muy útil en aplicaciones con muchos datos disponibles de partida, de los que solo una pequeña parte son relevantes.
- Sistema interactivo, solo pregunta lo estrictamente necesario a diferencia del encadenamiento hacia adelante que no pregunta nada.

En general, el encadenamiento hacia adelante utiliza sólo los datos disponibles, mientras que el encadenamiento hacia atrás suele solicitar al usuario la afirmación que no ha podido deducir.

El encadenamiento hacia adelante es menos específico, pues en principio ejecutará todas las reglas posibles en función de la información introducida. En cambio, el razonamiento hacia atrás lleva implícito un proceso de búsqueda, por lo que es más específico y, en consecuencia, más eficaz.

Control de razonamiento

El control del razonamiento es el mecanismo que permite seleccionar qué regla ejecutar en primer lugar, cuando hay varias disponibles. El control del razonamiento es importante por tres motivos:

- Por el contenido de la inferencia: en algunos casos, las conclusiones pueden depender del orden en que se apliquen las reglas. Por eso, las reglas más específicas, y en particular las que tratan las excepciones, deben activarse primero para que no se apliquen otras reglas más generales.
- Por eficiencia: utilizar la regla adecuada llevará rápidamente a una conclusión, mientras que una elección equivocada puede hacer que se pierda mucho tiempo en un camino que no conduce a ninguna parte.

Capítulo I: Fundamentación teórica

- Por el diálogo que genera: es importante que el sistema no pregunte al usuario la información que pueda deducir por sí mismo y, además, que el orden en que se solicita la información sea razonable.

Ventajas del uso de los SBR:

- Modularidad: los SBR son altamente modulares. Cada regla es una unidad de conocimiento que puede ser añadida, modificada o removida independientemente de las otras reglas existentes (a pesar de los problemas antes señalados). Esto da flexibilidad en el desarrollo de la BC.
- Uniformidad: todo el conocimiento del sistema se expresa en el mismo formato.
- Naturalidad: las reglas son un formato natural para expresar conocimiento en algunos dominios. Los expertos lógicamente piensan en los problemas y sus soluciones usando las situaciones existentes para indicar las conclusiones deseadas.
- Garantiza consistencia en las respuestas.
- Accesibilidad (24h al día).
- Explicación de soluciones.

Las aplicaciones de los sistemas basados en reglas abarcan el análisis de imágenes, reconocimiento del habla, inversiones financieras, meteorología, demografía, evolución de la Bolsa, daños a cosechas por algún tipo de insecto, diagnóstico médico, detección de fallos en electrónica, diseño de circuitos integrados, automóviles, edificios, creación de moléculas orgánicas complejas, planificación militar, programación de proyectos e invenciones, control de centrales nucleares y factorías químicas, depuración de programas computacionales, calibración de instrumentos, corrección de errores, enseñanza, capacitación de personas sobre la operación de equipamiento, aprendizaje de experiencia, estrategia militar, control de tráfico aéreo, etc. (38).

1.5. Justificación de la selección del Sistema Basado en Reglas

Un Sistema Experto no es un sistema pensado para reemplazar al experto humano, sino un sistema pensado para ayudar al experto humano en la toma de decisiones y además, supone una descarga del experto en el trabajo rutinario y, por lo tanto, la reducción de sus problemas.

Capítulo I: Fundamentación teórica

Para el diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor, según especialistas del CITED del hospital Calixto García de La Habana y teniendo en cuenta lo planteado en bibliografías actualizadas, es necesario que el equipo básico de salud de APS tenga en cuenta los diversos factores funcionales que deben ser evaluados en cada paciente, los cuales han sido recogidos en el llamado instrumento EGEF.

Luego de contarse con la determinación del comportamiento de cada rasgo en el adulto mayor, a partir del interrogatorio al paciente y sus familiares mediante la EGEF, se tienen en cuenta el conjunto de criterios de fragilidad definido por los especialistas en el tema.

Este conocimiento adquiere la forma si ANTECEDENTES entonces CONSECUENTE, coincidiendo con la manera en que los sistemas expertos basados en reglas almacenan el conocimiento. Además permite incorporar nuevos elementos cognitivos a partir de los criterios de los diferentes especialistas para cada caso y en relación con la evolución del diagnóstico de fragilidad.

Es permisible además, la adquisición de un nuevo conocimiento a partir del existente a través de un proceso de razonamiento. El proceso de razonamiento es una progresión de un conjunto de datos de partida hacia una solución o conclusión.

1.6. Análisis de soluciones existentes en la Medicina

En la Medicina, existen algunas aplicaciones informáticas relativamente recientes que tienen como objetivo fundamental el de servir de apoyo al trabajo del médico en determinadas circunstancias. A continuación se explican algunas de ellas.

1.6.1. GERISOFT

GERISOFT es un software de aplicación médica nacional creado por la Empresa Cubana de Software para la Salud (SOFTTEL) e instalado en el CITED y en otras instituciones. Constituye una forma coherente de evaluar periódicamente el estado de salud de las personas de edad avanzada, siguiendo los criterios de la evaluación geriátrica definidos en su momento.

En el nivel de Atención Primaria de Salud, se enfoca al adulto mayor. Permite el seguimiento longitudinal de los pacientes, facilita la confección de la Historia Clínica Geriátrica. Permite la evaluación del estado de salud y brinda un diagnóstico inteligente

Capítulo I: Fundamentación teórica

automatizado que alerta sobre futuros problemas de salud, factores de riesgo de enfermedades y/o discapacidades.

Genera datos estadísticos de gran utilidad para el análisis de la situación de salud de la población atendida. Suma a los exámenes periódicos o pesquisajes, las consultas intermedias, pudiendo confeccionar una Historia Clínica Geriátrica más completa. Brinda un sistema de recomendaciones capaces de asesorar al profesional interesado en las medidas más adecuadas para evaluar, tratar y/o rehabilitar los problemas que sean detectados, haciendo énfasis además en los riesgos para la salud de estas personas (39).

1.6.2. Programa de Detección Precoz de la Retinopatía Diabética

Sistema experto basado en reglas para la detección precoz de la retinopatía diabética mediante análisis de imágenes digitales de retina. Este sistema, conocido por sus siglas PDPRD, fue creado por científicos onubenses en la Universidad de Huelva en España en el año 2009. Trabaja sobre las imágenes tomadas con retinógrafos digitales y es capaz de detectar el disco óptico y los capilares del ojo. Funciona como un asistente mecánico que, en base al análisis e interpretación de retinografías tomadas en los centros de salud, suministrará al médico de forma automática indicios claros de si un paciente sufre o no la enfermedad para que valore si debe ser tratado por el especialista.

El objetivo de este proyecto es agilizar los diagnósticos de la enfermedad en los centros de Atención Primaria de Salud en España. La herramienta está desarrollada bajo los requerimientos de software de libre distribución y sistemas abiertos (40).

A pesar de que estos sistemas expertos han sido muy utilizados en la Medicina, mostrando un buen desempeño partiendo de sus potencialidades, solo responden a las necesidades particulares de las instituciones para los cuales fueron creados. El sistema GERISOFT está desarrollado bajo tecnologías privativas como plataforma Windows e IDE Foxpro 2.6, lo que no se ajusta a las políticas trazadas por Cuba para el desarrollo de software para la salud y sus diseños no permiten la integración con el sistema alasSIAPS. De manera general ninguno de ellos se encuentra en uso rutinario actualmente, además, no dan cumplimiento al objetivo de la presente investigación, pues no determinan el síndrome de fragilidad en la salud del adulto mayor. Sin embargo han servido de punto de partida para el desarrollo del sistema experto de la presente investigación.

Capítulo I: Fundamentación teórica

En este capítulo se expusieron conceptos y características fundamentales vinculadas al estado de fragilidad en la adultez, permitiendo comprender los aspectos más relevantes del mismo para el avance de la presente investigación. Además, se trataron técnicas de Inteligencia Artificial, tales como: redes neuronales, algoritmos genéticos y sistemas expertos, y dentro de estos, sistemas con razonamiento basado en casos y los sistemas basados en reglas, permitiendo demostrar cuál de ellas es la adecuada para el desarrollo del sistema propuesto.

Se realizó un análisis de soluciones informáticas existentes desarrolladas en el campo de la Medicina, demostrándose que no se ajustan a la presente investigación.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Capítulo II. Propuesta del sistema experto

Una parte imprescindible en el desarrollo de cualquier sistema, es el análisis de las características que debe poseer el mismo. Igualmente constituye un eslabón fundamental la comprensión de los procesos existentes en el dominio del problema a resolver. En este capítulo son expuestas las características de las herramientas y tecnologías a utilizar en el desarrollo del sistema experto que se propone. Se aborda la estructura del sistema propuesto teniendo en cuenta los componentes fundamentales de un SE. Se especifican tanto los requerimientos funcionales que debe cumplir así como las características que debe tener, reflejadas en los requerimientos no funcionales. Se exponen los elementos fundamentales para su diseño, el modelo de datos y la arquitectura para su implementación.

2.1. Arquitectura de software

La Arquitectura de Software es el diseño de más alto nivel de la estructura de un sistema. Una Arquitectura de Software, también denominada Arquitectura Lógica, consiste en un conjunto de patrones y abstracciones coherentes que proporcionan el marco de referencia necesario para guiar la construcción del software para un sistema de información.

2.1.1 Arquitectura Cliente/Servidor

La arquitectura Cliente/Servidor es el procesamiento cooperativo de la información por medio de un conjunto de procesadores, en el cual múltiples clientes, distribuidos geográficamente, solicitan requerimientos a uno o más servidores centrales. En el modelo usual, un servidor se activa y espera las solicitudes de los clientes. Habitualmente, programas clientes múltiples comparten los servicios de un programa servidor común.

Desde el punto de vista funcional, se puede definir el modelo Cliente/Servidor como una arquitectura distribuida que permite a los usuarios finales obtener acceso a la información de forma transparente aún en entornos multiplataforma. Se trata pues, de la arquitectura más extendida en la realización de sistemas distribuidos (41).

Patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador

Modelo Vista Controlador (por sus siglas en inglés MVC), es un patrón de arquitectura que separa la parte lógica de una aplicación de su presentación. Básicamente se emplea para

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

separar el lenguaje de programación del HTML (HyperText Markup Language por sus siglas en inglés) lo máximo posible y para poder reutilizar componentes fácilmente (42). Utilizar este patrón brinda la facilidad de agregar nuevos tipos de datos según sea requerido por la aplicación ya que son independientes del funcionamiento de otras capas y facilita el mantenimiento en caso de errores. Ofrece maneras más sencillas para probar el correcto funcionamiento del sistema y posibilita el escalamiento de la aplicación en caso de ser requerido.

La vista está formada por las páginas XHTML (eXtensible HyperText Markup Language por sus siglas en inglés), desarrollándose básicamente con Java Server Faces 1.2 (JSF por sus siglas en inglés), usando las bibliotecas de componentes RichFaces y Ajax4jsf. Como motor de plantillas se emplea facelets, las cuales permiten el desarrollo de interfaces amigables en un periodo corto de tiempo.

Por otra parte en el controlador se utiliza Seam como framework de integración entre los componentes visuales y los de acceso a datos.

Finalmente en el modelo se usa Hibernate como herramienta de mapeo objeto-relacional, Java Persistence (API por sus siglas en inglés) para la persistencia de los datos en la base de datos y Enterprise JavaBeans 3.0 (EJB por sus siglas en inglés) para la proporción de un modelo de componentes distribuidos estándar del lado del servidor.

2.2. Herramientas y tecnologías a utilizar

Resulta importante definir una plataforma de desarrollo para la concepción de todo sistema informático. La plataforma de desarrollo es el entorno común en el cual se desenvuelve la programación de un grupo definido de aplicaciones. Comúnmente se encuentran relacionadas de forma directa a un sistema operativo, sin embargo, también es posible encontrarlas ligadas a una familia de lenguajes de programación o a una interfaz de programación de aplicaciones (API por sus siglas en inglés). Para el desarrollo del sistema informático que se pretende obtener con la investigación en curso, se ha decidido utilizar Java Enterprise Edition 5.0. (Java EE)

2.2.1. Marcos de desarrollo, bibliotecas y componentes

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Los marcos de desarrollo (framework en inglés), pueden ser considerados como el conjunto de procesos y tecnologías de soporte definido usados para resolver un problema complejo. Típicamente, un framework puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado, entre otras herramientas, para así ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto. Aceleran el proceso de desarrollo, permiten reutilizar código ya existente y promover buenas prácticas como el uso de patrones, y proveen una estructura y una especial metodología de trabajo, la cual extiende o utiliza las aplicaciones del dominio.

Java Server Faces 1.2

La tecnología JSF constituye un *framework* para la creación de interfaces de usuario del lado del servidor, dirigido a aplicaciones web basadas en tecnología Java y en el patrón de arquitectura Modelo Vista Controlador (43).

RichFaces 3.3.1

RichFaces 3.3.1 es un marco de desarrollo de código abierto que añade capacidad Ajax (Asynchronous JavaScript And XML por sus siglas en inglés) dentro de aplicaciones JSF existentes sin recurrir a Java Script. RichFaces 3.3.1 incluye ciclo de vida, validaciones, conversores y la gestión de recursos estáticos y dinámicos. Los componentes de RichFaces 3.3.1 están contruidos con soporte Ajax y un alto grado de personalización que puede ser fácilmente incorporado dentro de las aplicaciones JSF 1.2.

Ajax4JSF

Ajax4jsf es una biblioteca de código abierto que se integra totalmente en la arquitectura de JSF y extiende la funcionalidad de sus etiquetas dotándolas con tecnología Ajax de forma limpia y sin añadir código Java Script. Mediante este framework se puede variar el ciclo de vida de una petición JSF, recargar determinados componentes de la página sin necesidad de recargarla por completo, realizar peticiones al servidor automáticas, control de cualquier evento de usuario, entre otras prestaciones. Ajax4jsf permite dotar a la aplicación JSF de contenido mucho más profesional con muy poco esfuerzo (44).

Facelets

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Facelets es un marco de desarrollo simplificado de presentación, donde es posible diseñar de forma libre una página web y luego asociarle los componentes JSF específicos. Aporta mayor libertad al diseñador y mejora los informes de errores que tiene JSF. Permite la definición de disposición de páginas basada en plantillas, la composición de componentes, creación de etiquetas personalizadas, desarrollo amigable para el diseñador gráfico y creación de bibliotecas de componentes.

Jboss Seam 2.1.1

JBoss Seam 2.1.1 es un potente framework para desarrollar aplicaciones Web 2.0 al unificar e integrar tecnologías como Ajax, JSF, EJB. Otra característica importante es que se pueden hacer validaciones en los POJOs (*Plain Old Java Objects* por sus siglas en inglés) además de manejar directamente la lógica de la aplicación y de negocio desde las *sessions beans*.

Hibernate

Hibernate es una herramienta de Mapeo objeto-relacional para la plataforma Java que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional tradicional y el modelo de objetos de una aplicación, mediante archivos declarativos XML (eXtensible Markup Language) que permiten establecer estas relaciones. Proporciona un lenguaje de consulta para acceder a objetos, almacenamiento en caché y el apoyo JMX (Java Management Extensions por sus siglas en inglés). Es destinado a proporcionar la persistencia de alto rendimiento con bajos recursos (45).

Java Persistence API

JPA es la API de persistencia desarrollada para la plataforma Java EE y está incluida en el estándar EJB3. Esta API busca unificar la manera en que funcionan las utilidades que proveen un mapeo objeto-relacional. El objetivo que persigue su diseño es no perder las ventajas de la orientación a objetos al interactuar con una base de datos, como sucedía con EJB2, y permitir usar objetos regulares conocidos como POJOs (Plain Old Java Object) (46).

Enterprise Java Beans

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

EJB es una API que forma parte del estándar de construcción de aplicaciones empresariales J2EE de Sun Microsystems (ahora Java EE 5.0). Su especificación detalla cómo los servidores de aplicaciones proveen objetos desde el lado del servidor que son, precisamente, los EJB.

EJB dota al programador de un modelo que le permita abstraerse de los problemas generales de una aplicación empresarial (conurrencia, transacciones, persistencia, seguridad, etc.), para centrarse en el desarrollo de la lógica de negocio en sí. El hecho de estar basado en componentes permite que estos sean flexibles y sobre todo reutilizables (47).

Java Platform Enterprise Edition

Java EE 5.0 es una plataforma de programación (parte de la Plataforma Java) para desarrollar y ejecutar software de aplicaciones en lenguaje de programación Java con arquitectura de N niveles distribuida. Se basa ampliamente en componentes de software modulares y se ejecuta sobre un servidor de aplicaciones (48).

2.2.2. Lenguaje de programación

Se utiliza Java 1.6 como lenguaje de programación orientado a objetos, el cual fue desarrollado por *Sun Microsystems* a principio de los años noventa. Tiene como ventaja que es un lenguaje multiplataforma, que se ha extendido cobrando cada día más importancia tanto en el ámbito de Internet como en la Informática en general. Java permite programar páginas web dinámicas, con accesos a bases de datos, utilizando XML, con cualquier tipo de conexión de red entre cualquier sistema.

2.2.3. Sistema Gestor de Base de Datos

PostgreSQL es un sistema de gestión de base de datos objeto-relacional, que incluye características de la orientación a objetos, como puede ser la herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, disparadores, reglas e integridad transaccional. Se distribuye bajo licencia BSD (*Berkeley Software Distribution* por sus siglas en inglés) y con su código fuente disponible libremente. Se desempeña muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo simultáneamente al sistema.

2.2.4. Lenguaje Unificado de Modelado

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software.

2.2.5. Guía para el desarrollo de software

En la actualidad la UCI está llevando a cabo un Programa de Mejora. Como resultado de este proceso se ha obtenido una guía para el proceso de desarrollo de software basada en CMMI (Capability Maturity Model Integration) y con la cual se certificó el Nivel 2 de dicho modelo. CMMI es un modelo para la mejora y evaluación de procesos en el desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de software. Las mejores prácticas de éste se publican en documentos llamados modelos, los cuales contienen el conjunto de prácticas relacionadas que son ejecutadas de forma conjunta para conseguir determinados objetivos.

CMMI establece una medida del progreso, conformando el avance en niveles de madurez

- Nivel 1: Inicial.
- Nivel 2: Definido.
- Nivel 3: Gestionado.
- Nivel 4: Cuantitativamente gestionado.
- Nivel 5: Optimizado.

2.2.6. Herramientas

Durante la etapa de modelación y para diseñar el sistema se empleó Visual Paradigm en su versión 6.4, herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering por sus siglas en inglés) de modelado multiplataforma que no se inclina por ninguna metodología específica. Permite construir diagramado UML, como son los flujos de eventos del sistema, las clases, todo la documentación tanto de desarrollo como de procesos de negocio; garantiza un mejor análisis del sistema y la calidad del resultado final. Para el desarrollo de la aplicación web, se tiene al Entorno de Desarrollo Integrado (IDE por sus siglas en inglés) Eclipse Ganymede 3.4.2, con la colección de plugins de JBoos Tools, necesarios para utilizar los frameworks de desarrollo que se proponen. Además, se utilizará el pgAdminIII versión 1.10.5 para la administración de la base de datos.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

2.3. Modelo de dominio

El modelo de dominio puede ser tomado como el punto de partida para el diseño del sistema. Este modelo permite mostrar de manera visual los principales conceptos u objetos del mundo real que se manejan, ayudando a los usuarios, desarrolladores e interesados, a utilizar un vocabulario común para poder comprender el contexto en que se desarrolla el sistema. Contribuye a identificar personas, eventos, transacciones y objetos involucrados en el sistema (49).

A continuación se muestra el diagrama del modelo de dominio propuesto para el desarrollo del sistema.

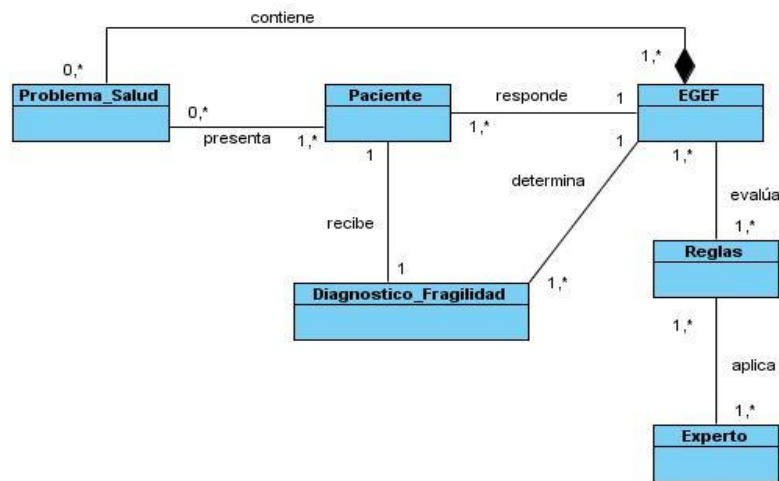


Figura 7: Modelo de dominio.

2.4. Requisitos funcionales

Como se define en la ingeniería de requisitos, los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera que este debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se debe comportar en estas situaciones. Su núcleo es la descripción del comportamiento requerido, que debe ser clara y concisa y proviene generalmente de reglas organizacionales o del negocio, o ser descubiertas por interacción con usuarios, inversores y otros expertos en la organización. Surgen a partir del análisis en profundidad de la situación problemática.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Para la definición de los requerimientos del sistema se utilizó el método entrevista, con el objetivo de conocer las necesidades reales de los médicos especialistas como usuarios finales del producto. Dentro de las principales funcionalidades del sistema se encuentran:

RF1- Buscar adulto mayor: permite buscar el listado de pacientes mayores de 65 años existente en la base de datos del sistema.

RF2- Realizar Auto-reporte del paciente: permite realizar el auto-reporte al paciente seleccionado con las variables especificadas por la EGEF y el factor de certeza de cada una de ellas.

RF3- Generar propuesta y justificación de diagnóstico: permite generar el diagnóstico para el caso seleccionado a través del uso de las reglas correspondientes al auto-reporte del paciente mediante la Inteligencia Artificial, y a su vez muestra una justificación con las razones por las cuales fue emitido el diagnóstico.

RF4- Registrar diagnóstico definitivo: permite introducir un nuevo diagnóstico por parte de los expertos, en caso de no coincidir con el diagnóstico emitido por el sistema.

RF5- Ver detalles de cada caso diagnosticado: permite ver información detallada de cada uno de los casos previamente diagnosticados por el sistema.

RF5.1 Listar pacientes diagnosticados: permite mostrar un listado con todos los pacientes diagnosticados previamente por el sistema.

RF5.2 Listar diagnósticos: permite mostrar un listado con los diagnósticos emitidos por el sistema a un paciente seleccionado.

RF5.3 Ver detalles de diagnóstico: permite ver información detallada de un diagnóstico emitido por el sistema sobre cualquier paciente seleccionado.

RF6- Introducir valor de incertidumbre de la información comunicada al sistema: permite introducir el grado de certeza para cada variable de la EGEF, de acuerdo con las preguntas realizadas por el experto al paciente en el desarrollo del auto-reporte.

RF7- Mostrar grado de certeza del diagnóstico propuesto por el sistema: permite mostrar el grado de certeza del diagnóstico emitido por el sistema.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

RF8- Listar pacientes remitidos al EMAG: permite buscar en el listado de pacientes frágiles diagnosticados por el sistema y que fueron remitidos al EMAG, mediante diversos criterios de búsqueda.

RF9- Gestionar reglas: permite gestionar toda la información relacionada con las reglas de diagnóstico.

RF9.1 Adicionar regla: permite insertar en la base de reglas aquellas reglas elaboradas por el experto con la estructura correspondiente.

RF9.2 Modificar regla: permite mostrar un listado con las reglas existentes y seleccionar la que el experto desee para ser modificada.

RF9.3 Buscar regla: permite buscar una regla seleccionada en el listado de reglas existente en la base de reglas.

RF9.4: Eliminar regla: permite eliminar una regla seleccionada del listado de reglas existente en la base de reglas.

RF9.5: Ver detalles de regla: permite ver la información detallada de una regla seleccionada del listado de reglas existente en la base de reglas.

2.5. Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales especifican las propiedades del sistema, como confiabilidad y seguridad. Contribuyen considerablemente a la aceptación del producto por parte del cliente. Normalmente están vinculados a requerimientos funcionales, es decir, una vez que se conozca lo que el sistema debe hacer se puede determinar cómo ha de comportarse, qué cualidades debe tener o cuán rápido o grande debe ser.

Existen múltiples categorías para clasificar a los requerimientos no funcionales, siendo las siguientes, representativas de un conjunto de aspectos que se deben tener en cuenta:

Usabilidad:

- El sistema estará diseñado de manera que los usuarios adquieran las habilidades necesarias para explotarlo en un tiempo reducido.

Confiabilidad:

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

- Se mantendrá seguridad y control a nivel de usuario, garantizando el acceso de los mismos sólo a los niveles establecidos de acuerdo a la función que realizan.
- Ninguna información que se haya ingresado en el sistema será eliminada físicamente de la Base de Datos, independientemente de que para este, el elemento ya no exista.
- Se permitirá realizar copias de seguridad de la base de datos hacia otro dispositivo de almacenamiento externo.

Eficiencia:

- El sistema adoptará buenas prácticas de programación para incrementar el rendimiento en operaciones costosas para la máquina virtual como la creación de objetos.

Soporte:

- Se utilizará el servidor Web Apache para la publicación de la aplicación, se debe utilizar un sistema gestor de base de datos que soporte grandes volúmenes de datos, debido a la gran cantidad de información que se maneja, por lo que se utilizará PostgreSQL 8.4.
- El sistema debe contar con un mantenimiento periódico a su servidor, garantizando la integridad de los datos almacenados en el mismo.

Restricciones de diseño:

- La nomenclatura de las bases de datos, tablas, campos de las tablas, esquemas, procedimientos almacenados o funciones, vistas, triggers y tipos de datos se elaborarán siguiendo los estándares definidos en el departamento de Atención Primaria de Salud perteneciente al CESIM.
- Las interfaces de usuario se realizarán siguiendo las pautas de diseño definidas en el departamento de Atención Primaria de Salud perteneciente al CESIM.

Requerimientos de hardware:

- Las estaciones de trabajo deben tener como mínimo 256 Mb de memoria RAM y un microprocesador de 2.0 Hz.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

- Los servidores de base de datos deberán tener: 1 DL380 G5, Procesador Intel® Xeon® 5140 Dual - Core 4GB de memoria y 2x72GB de disco y sistema operativo GNU/Linux.
- Los servidores de aplicaciones deberán tener: 2 DL380 G5, Procesador Intel® Xeon® 5140 Dual - Core 4GB de memoria y 2x72GB de disco y sistema operativo GNU/Linux.

Requerimientos de software:

- El sistema debe correr en sistemas operativos Windows, Unix y Linux, utilizando la plataforma JAVA (Java Virtual Machine, JBoss AS y PostgreSQL).
- El sistema deberá disponer de un navegador web, estos pueden ser Opera 9, Google Chrome 1 y Firefox 2 o versiones superiores.

2.6. Interfaz de usuario

El sistema incluye, dentro de sus elementos fundamentales, el componente de interfaz de usuario, el cual está diseñado para proporcionar un intercambio sencillo con el usuario, de forma tal que éste se familiarice rápidamente con la aplicación. El uso de la tecnología web en el desarrollo del software, facilitó este propósito.

El resultado del desempeño del equipo de desarrollo del sistema propuesto se evidencia a través de la explicación de las principales funcionalidades del sistema, mostradas en las interfaces de usuario correspondientes. Algunas de ellas se relacionan a continuaci

Interfaz RF1- Buscar adulto mayor: En esta sección el experto puede realizar una búsqueda en el listado de pacientes mayores de 65 años existente(s) en la base de datos del sistema, con el fin de seleccionar uno de esos adultos mayores para diagnosticar si es frágil o no. Esta sección se divide en dos secciones más, sección búsqueda básica y sección búsqueda avanzada.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Buscar adulto mayor

Buscar...

Criterios de búsqueda

Nombre: Primer apellido: Segundo apellido:

Buscar Cancelar

Búsqueda avanzada

Listado de adultos mayores

Nombre y apellidos	Cédula	Sexo
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Ramon Pérez Marrero	12345678978	Masculino
Pedro Hernández Salazar	12345678909	Masculino
Aliuzka Marrero López	45115124542	Femenino

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 8: Buscar adulto mayor (búsqueda simple).

Buscar adulto mayor

Buscar...

Criterios de búsqueda

Nombre: Primer apellido: Segundo apellido:

Cédula: Fecha de nacimiento: Sexo: <Seleccione>

Buscar Cancelar

Búsqueda simple

Listado de adultos mayores

Nombre y apellidos	Cédula	Sexo
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Ramon Pérez Marrero	12345678978	Masculino
Pedro Hernández Salazar	12345678909	Masculino
Aliuzka Marrero López	45115124542	Femenino

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 9: Buscar adulto mayor (búsqueda avanzada).

Interfaz RF2- Realizar Auto-reporte del paciente: En esta sección se registra el auto-reporte del paciente seleccionado con las variables especificadas por la EGEF para determinar si dicho paciente es frágil o no y el factor de certeza de cada una de las variables.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

The screenshot displays a web application interface for patient self-reporting. At the top, there is a search bar labeled 'Buscar...'. Below it, the 'Datos generales del paciente' section shows a profile icon and the following information: Nombre: Julián, cedula_admision: 12345678978, Tipo de paciente: Comunidad; Primer apellido: Pérez, Fecha de nacimiento: 14/12/1942, Edad: 70 años; Segundo apellido: Pérez, Sexo: Masculino, ABO/Rh: -. The main section is titled 'ESCALA GERIÁTRICA DE EVALUACIÓN FUNCIONAL (EGEF)' and contains several sub-sections, each with a dropdown arrow: Continencia, Movilidad, Equilibrio, Visión, Audición, Uso de medicamentos, Sueño, Estado emocional, Memoria, Apoyo familiar, Apoyo social, Situación económica, and Estado funcional global. The 'Continencia' section is expanded, showing five options with checkboxes and corresponding dropdown menus for uncertainty selection: 5 - Perfectamente continente, 4 - Ha perdido ocasionalmente el control de la micción, 3 - Incontinencia urinaria, con limitaciones en su vida diaria, 2 - Incontinencia urinaria impide realizar su vida diaria o le obliga al sondaje, and 1 - Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía. At the bottom right of the form are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons. A footer at the bottom center reads '© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.'

Figura 10: Auto-reporte del paciente.

Interfaz RF3- Generar propuesta y justificación de diagnóstico: En esta sección se muestra el diagnóstico que emite el sistema para el caso seleccionado al cual arriba como conclusión después de aplicar las reglas configuradas por los especialistas al auto-reporte del paciente, así como una explicación con las razones por las cuales fue emitido el diagnóstico. La presente sección cuenta con dos variantes:

1. Que el experto coincida con el diagnóstico emitido por el sistema.
2. Que el experto no coincida con el diagnóstico emitido por el sistema.

En caso que el experto coincida con el diagnóstico emitido por el sistema pues se accede a insertar el nuevo diagnóstico en la base de datos del sistema.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Diagnóstico de fragilidad Q Buscar...

Datos generales del paciente No. H.C.: 2862011154617

 Nombre: Julián cedula_admision: 12345678978 Tipo de paciente: Comunidad
Primer apellido: Pérez Fecha de nacimiento: 14/12/1942 Edad: 70 años
Segundo apellido: Pérez Sexo: Masculino ABO/Rh: -

Propuesta de diagnóstico de fragilidad

El paciente es frágil porque presenta las siguientes causas:
-Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.
-Ausencia o abandono familiar total.
-Está totalmente incapacitado y exige custodia permanente.
El sistema emite el diagnóstico con un grado de certeza de 0.954 de 1

Reglas cumplidas

Nombre	Fecha	Texto de la regla
Doble incontinencia	2013-06-15	Doble incontinencia (urinaria y fecal).
Anciano solo	2013-06-15	Anciano solo con alguna alteración de la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
Alteraciones estado funcional global	2013-06-15	Alteraciones del estado funcional global menor de 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.

Consideraciones del experto

El paciente es frágil porque presenta las siguientes causas:
-Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.
-Ausencia o abandono familiar total.
-Está totalmente incapacitado y exige custodia permanente.

Coincidencia del experto con el sistema

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 11: Propuesta de diagnóstico de fragilidad.

En caso que el experto no coincida con el diagnóstico emitido por el sistema, puede introducir un nuevo diagnóstico (**RF4- Registrar diagnóstico definitivo**).

Diagnóstico de fragilidad Q Buscar...

Datos generales del paciente No. H.C.: 2862011154617

 Nombre: Julián cedula_admision: 12345678978 Tipo de paciente: Comunidad
Primer apellido: Pérez Fecha de nacimiento: 14/12/1942 Edad: 70 años
Segundo apellido: Pérez Sexo: Masculino ABO/Rh: -

Propuesta de diagnóstico de fragilidad

El paciente es frágil porque presenta las siguientes causas:
-Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.
-Ausencia o abandono familiar total.
-Está totalmente incapacitado y exige custodia permanente.
El sistema emite el diagnóstico con un grado de certeza de 0.954 de 1

Reglas cumplidas

Nombre	Fecha	Texto de la regla
Doble incontinencia	2013-06-15	Doble incontinencia (urinaria y fecal).
Anciano solo	2013-06-15	Anciano solo con alguna alteración de la Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.
Alteraciones estado funcional global	2013-06-15	Alteraciones del estado funcional global menor de 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.

Consideraciones del experto

El paciente es frágil porque presenta las siguientes causas:
-Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.
-Ausencia o abandono familiar total.
-Además presenta problemas para dormir.

Coincidencia del experto con el sistema Paciente frágil

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 12: Propuesta de diagnóstico de fragilidad.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Interfaz RF5- Ver detalles de caso diagnosticado: Esta sección permite mostrar un listado con los pacientes que han sido previamente diagnosticados por el sistema y hacer una búsqueda de pacientes mediante distintos criterios.

The screenshot shows a web application window titled "Adultos mayores diagnosticados". At the top right is a search bar with the text "Buscar...". Below it is a section titled "Criterios de búsqueda" with three input fields: "Nombre:", "Primer apellido:", and "Segundo apellido:". There are "Buscar" and "Cancelar" buttons, and a link for "Búsqueda avanzada". Below this is a table titled "Listado de adultos mayores" with columns "Nombre y apellidos", "Cédula", and "Sexo". The table contains 10 rows of patient data. At the bottom, there are navigation arrows and a copyright notice: "© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010."

Nombre y apellidos	Cédula	Sexo
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Alejandro Plasencia Benitez	12345678909	Masculino
Alejandro Plasencia Benitez	12345678909	Masculino
Alejandro Plasencia Benitez	12345678909	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino

Figura 13: Listado de pacientes diagnosticados (búsqueda simple).

The screenshot shows the same web application window as Figure 13, but with the "Criterios de búsqueda" section expanded to include more fields: "Cédula:", "Fecha de nacimiento:" (with a calendar icon), and "Sexo:" (with a dropdown menu showing "<Seleccione>"). The "Buscar" and "Cancelar" buttons are still present, and the link now says "Búsqueda simple". The table below is identical to the one in Figure 13. At the bottom, there are navigation arrows and the same copyright notice: "© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010."

Nombre y apellidos	Cédula	Sexo
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Alejandro Plasencia Benitez	12345678909	Masculino
Alejandro Plasencia Benitez	12345678909	Masculino
Alejandro Plasencia Benitez	12345678909	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino

Figura 14: Listado de pacientes diagnosticados (búsqueda avanzada).

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Una vez seleccionado el paciente de interés en el listado se accede a la siguiente sección donde se muestra el listado de diagnósticos correspondientes al paciente en cuestión, permitiendo acceder a la información detallada del diagnóstico de cada uno de ellos.

Listado de diagnósticos Buscar...

Datos generales del paciente No.H.C.: 58475

	Nombre:	Yanet	cedula_admision:	12345678978	Tipo de paciente:	Jubilado
	Primer apellido:	Pérez	Fecha de nacimiento:	14/06/1927	Edad:	86 años
	Segundo apellido:	Marrero	Sexo:	Femenino	ABO/Rh:	O -

Diagnósticos realizados

Fecha del diagnóstico	
2013-06-15	
2013-06-13	
2013-06-29	
2013-06-13	

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 15: Listado de diagnósticos.

En la siguiente interfaz se muestra la información detallada del diagnóstico seleccionado en el listado anterior.

Detalles del diagnóstico Buscar...

Datos generales del paciente No.H.C.: 2862011154617

	Nombre:	Julián	Cédula:	12345678978	Tipo de paciente:	Comunidad
	Primer apellido:	Pérez	Fecha de nacimiento:	14/12/1942	Edad:	70 años
	Segundo apellido:	Pérez	Sexo:	Masculino	ABO/Rh:	-

Detalles del diagnóstico

Propuesta de diagnóstico de fragilidad «

El paciente es frágil porque presenta las siguientes causas:
-Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.
El sistema emite el diagnóstico con un grado de certeza de 0,27 de 1

Consideraciones del experto «

El paciente es frágil porque presenta las siguientes causas:
-Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.

Coincidencia del experto con el sistema

Salir

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 16: Detalles del diagnóstico.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Interfaz RF9- Listar pacientes remitidos al EMAG: La presente sección muestra el listado de los pacientes frágiles que son remitidos al EMAG y permite buscar uno de ellos mediante distintos criterios.

The screenshot shows the 'Pacientes remitidos al EMAG' interface. At the top, there is a search bar with the text 'Buscar...'. Below it is a section titled 'Criterios de búsqueda' with three input fields: 'Nombre:', 'Primer apellido:', and 'Segundo apellido:'. There are 'Buscar' and 'Cancelar' buttons, and a link for 'Búsqueda avanzada'. Below this is a table titled 'Listado de adultos mayores' with columns for 'Nombre y apellidos', 'Cédula', and 'Sexo'. The table contains 10 rows of patient data. At the bottom, there are navigation arrows and a copyright notice: '© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.'

Nombre y apellidos	Cédula	Sexo
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Aliuzka Marrero López	45115124542	Femenino
Aliuzka Marrero López	45115124542	Femenino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Ramon Pérez Marrero	12345678978	Masculino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Ramon Pérez Marrero	12345678978	Masculino

Figura 17: Listado de pacientes remitidos al EMAG (búsqueda simple).

The screenshot shows the 'Pacientes remitidos al EMAG' interface with an advanced search form. The search bar at the top is labeled 'Buscar...'. The 'Criterios de búsqueda' section includes input fields for 'Nombre:', 'Primer apellido:', 'Segundo apellido:', 'Cédula:', and 'Fecha de nacimiento:'. There is also a dropdown menu for 'Sexo:' with the text '<Selecione>'. There are 'Buscar' and 'Cancelar' buttons, and a link for 'Búsqueda simple'. Below this is a table titled 'Listado de adultos mayores' with columns for 'Nombre y apellidos', 'Cédula', and 'Sexo'. The table contains 10 rows of patient data. At the bottom, there are navigation arrows and a copyright notice: '© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.'

Nombre y apellidos	Cédula	Sexo
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Aliuzka Marrero López	45115124542	Femenino
Aliuzka Marrero López	45115124542	Femenino
Julián Pérez Pérez	12345678978	Masculino
Ramon Pérez Marrero	12345678978	Masculino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Yanet Pérez Marrero	12345678978	Femenino
Ramon Pérez Marrero	12345678978	Masculino

Figura 18: Listado de pacientes remitidos al EMAG (búsqueda avanzada).

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Interfaz RF10- Gestionar reglas: En esta sección se muestran las interfaces correspondientes al proceso de gestión de las reglas de inferencia, dígame adicionar, modificar, buscar, eliminar, así como ver detalles.

Adicionar regla

Buscar...

Datos generales de la regla

Nombre: Alteración del equilibrio Fecha: 29/06/2013

Texto de la regla

Presenta dificultades en la movilidad y el equilibrio

Seleccione las opciones de la EGEF que harán frágil a un paciente.

Continencia

Movilidad

Equilibrio

5 - No refiere trastornos del equilibrio. Obligadoriedad de los aspectos: Obligatorio

4 - Refiere trastornos del equilibrio, pero no afectan su vida diaria.

3 - Trastornos del equilibrio, con caídas y limitación de la autonomía.

2 - Trastornos del equilibrio lo hacen dependiente de ayuda en su vida diaria.

1 - La falta de equilibrio lo mantiene totalmente incapacitado.

Visión

Audición

Uso de medicamentos

Sueño

Estado emocional

Memoria

Apoyo familiar

Apoyo social

Situación económica

Estado funcional global

Otros datos de la regla

No. de aspectos opcionales: 0 Grado de certeza de la regla: 0.9

Aceptar Cancelar

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 19: Adicionar regla.

Modificar regla

Buscar...

Datos generales de la regla

Alteraciones en mo

Texto de la regla

Alteraciones de movilidad y el equilibrio menor de 4 según Escala Geriátrica de Evaluación Funcional.

Seleccione las opciones de la EGEF que harán frágil a un paciente.

Continencia

Movilidad

Equilibrio

5 - Se moviliza sin limitaciones, tanto fuera como dentro del hogar. Obligadoriedad de los aspectos: Obligatorio

4 - Alguna limitación en la movilidad en particular con transporte público.

3 - Dificultades de movilidad que limitan satisfacer su vida diaria.

2 - Depende para moverse de la ayuda de otra persona.

1 - Se encuentra totalmente confinado a la cama o sillón.

Visión

Audición

Uso de medicamentos

Sueño

Estado emocional

Memoria

Apoyo familiar

Apoyo social

Situación económica

Estado funcional global

Grado de certeza de la regla

0.9

Aceptar Cancelar

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 20: Modificar regla.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Cuerpo de la regla seleccionada Q Buscar...

Datos generales de la regla

Nombre: Doble incontinencia Fecha: 15/06/2013

Texto de la regla

Doble incontinencia (urinaria y fecal).

Cuerpo de la regla seleccionada

Continencia <<

- 5 - Perfectamente continente.
- 4 - Ha perdido ocasionalmente el control de la micción.
- 3 - Incontinencia urinaria, con limitaciones en su vida diaria.
- 2 - Incontinencia urinaria impide realizar su vida diaria o le obliga al sondaje.
- 1 - Doble incontinencia (urinaria y fecal) con pérdida de autonomía.

Movilidad >>

Equilibrio >>

Visión >>

Audición >>

Uso de medicamentos >>

Sueño >>

Estado emocional >>

Memoria >>

Apoyo familiar >>

Apoyo social >>

Situación económica >>

Estado funcional global >>

Certeza de la regla: 0.9

Salir

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 21: Ver detalles de la regla.

Buscar regla Q Buscar...

Criterios de búsqueda <<

Nombre: Fecha:

Buscar **Cancelar**

Listado de reglas

Nombre	fecha			
Doble incontinencia	2013-06-15			
Alteraciones en movilidad y equilibrio	2013-06-15			
Polifarmacia	2013-06-15			
Alteraciones de todas las variables	2013-06-15			
Síndrome demencial	2013-06-15			
Problemas sociales	2013-06-15			
Anciano solo	2013-06-15			
Mayor de ochenta	2013-06-15			
Alteraciones memoria	2013-06-15			
Alteraciones estado funcional global	2013-06-15			

<< >>

© Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

Figura 22: Buscar regla.

2.7. Máquina de inferencia

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

La máquina de inferencia del sistema propuesto realiza la inferencia de la base de conocimiento de forma ordenada a través del encadenamiento hacia adelante, aplicando la ejecución como estrategia de selección. Está implementada en el lenguaje de programación Java, y es independiente del conocimiento y los hechos para un espacio de tiempo determinado dentro del dominio para el que fue creada, permitiendo así que se modifiquen y se generen nuevos conocimientos.

Funcionamiento de la máquina de inferencia

1. Lee el conocimiento de control para ver qué instrucciones de alto nivel hay definidas.
2. Si se inicia un proceso de inferencia:
 - 2.1. Mira qué reglas son aplicables.
 - 2.2. Si hay más de una regla aplicable, resuelve el conflicto, y selecciona una.
 - 2.3. Aplica la regla (pudiendo tener que actualizar la BH, aplicar métodos,...).
 - 2.4. Vuelve al paso 2.1 hasta que no haya reglas aplicables.

Ciclo de inferencia

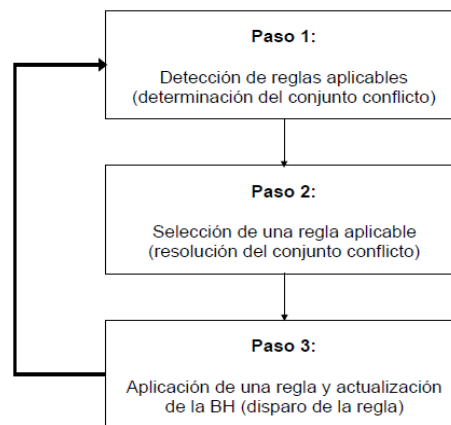


Figura 23: Ciclo básico del motor de inferencia (50).

1. Detección de reglas aplicables:

La detección de las reglas aplicables o determinación del conjunto conflicto se lleva a cabo a través de:

- Equiparación:

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

- Selección del conjunto de reglas candidatas para dispararse, las que son compatibles con la BH (instancias de reglas aplicables o activadas).

Donde el conjunto conflicto son todas las instancias de reglas que son aplicables en el presente ciclo.

2. Selección de una regla aplicable:

Para el proceso de selección de una regla aplicable, se aplica la siguiente estrategia:

- Se seleccionan las reglas de acuerdo al orden en que aparecen en la base de conocimiento, que mantengan su vigencia y que su contenido coincida con toda o parte de la información introducida en el auto-reporte.

3. Aplicación y actualización de la BH:

- Disparo de la instancia de regla seleccionada:
 - se ejecutan todas las acciones del consecuente de la (instancia de) regla
 - se modifica la BH actual dando lugar a una BH con nuevos elementos añadidos.
 - la BH nueva se tomará como punto de partida en el siguiente ciclo de funcionamiento, por tanto es posible que algunas reglas se eliminen del antiguo conjunto conflicto.
- Parada del mecanismo de inferencia:
 - cuando no hay más reglas aplicables en el conjunto conflicto.

2.8. Determinación y manejo de la incertidumbre

Cuando los sistemas de Inteligencia Artificial son aplicados a situaciones más cercanas a la realidad es necesario que ellos extraigan conclusiones (realicen inferencia) que estén menos estrechamente basados en la información conocida. Por ejemplo: durante un proceso de inferencia un sistema experto podrá hacer una pregunta para la cual el usuario no tiene una respuesta categórica. En estos casos el sistema puede tener información que es relevante a una conclusión y que hace razonable presumir que la conclusión es verdadera pero no hay una total correspondencia entre ellos.

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Los humanos actúan intuitivamente sobre la base de información parcial. Es decir, es necesario disponer de mecanismos de inferencia que permitan extraer conclusiones sugeridas, pero no aseguradas (garantizadas) por sus premisas.

El término incertidumbre se entiende como duda, ambigüedad, cuestionable, problemático y/o no seguro. Puede manifestarse de diversas formas y ser provocada por diferentes causas, pero a grandes rasgos se pueden reconocer tres grandes categorías de incertidumbre:

- i) Aquella provocada por información o conocimiento impreciso.
- ii) La provocada por información incompleta.
- iii) La provocada por conceptos o palabras que son inherentemente inexactos.

El primer caso hace referencia al hecho de tener que hacer inferencias a partir, por ejemplo, de datos de los cuales no existe seguridad (por errores de medición, de transmisión, etc.) o de relaciones de causalidad no totalmente seguras (un conjunto de sistemas pueden ayudar a indicar un diagnóstico particular sin ser conclusivos). El caso (ii) es motivado porque simplemente no se tiene toda la información o resulta muy costoso obtenerla o considerarla. El último caso se refiere al hecho de tener que usar en la inferencia conceptos como Alto, es necesario definir si x es Alto conociendo la altura de x .

Fuentes de incertidumbre

Entre las fuentes de incertidumbre están:

- i) La calidad o veracidad de la información.
- ii) Lenguaje de representación de la información impreciso.
- iii) Incompletitud de la información.
- iv) Agregación de información desde múltiples fuentes.
- v) Relaciones de causa-efecto no absolutas.

En el caso (i) la calidad de la información puede verse afectada por la inseguridad en la observación de la evidencia, por errores de medición o transmisión del dato, etc. La incompletitud de la información puede ser provocada por no tener acceso a todos los datos relativos a las variables del problema o porque sea muy voluminosa la cantidad de datos a considerar y en la práctica no se puedan usar todos. El caso (iv) se puede ilustrar, por ejemplo, cuando en una base de conocimientos se tienen varias reglas que permiten

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

extraer la misma conclusión pero con certidumbre diferente. En el último caso este tipo de relaciones pueden aparecer cuando los expertos son incapaces de establecer relaciones fuertes entre las premisas y las conclusiones.

2.8.1. Aplicación de la incertidumbre en sistemas basados en reglas

Supóngase que se necesita considerar el problema de la presencia de incertidumbre en un sistema basado en reglas. Como se conoce en los SBR los operadores de búsqueda (base de conocimiento) tienen la forma $e \rightarrow h$, entonces:

1. Sean $H = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ el conjunto de n posibles hipótesis y $E = \{e_1, \dots, e_m\}$, m posibles evidencias. Asumiendo hipótesis y binarios (T, F) se busca la $h \in H$ más probable dado $e \in E$.

Si: se observa cierta evidencia E.

Entonces: se concluye cierta hipótesis H con probabilidad (certeza,...) P.

Figura 24: Funcionamiento de las reglas.

2. Sistemáticamente se aplica Modus Ponens y representación probabilística:
 - **MYCIN:** a través de grados de certeza.
3. Simplificación: independencia entre reglas.

Árbol de inferencia

El conocimiento se representa en un árbol donde los hechos son los nodos y las reglas son los arcos. Donde, una red de inferencia es un grafo dirigido acíclico (GAD). En dicha red los nodos:

- hechos (e), no son deducibles e,
- hipótesis (h), son deducibles a partir de otros hechos o hipótesis.

Por ejemplo:

- R1: si A y B entonces C
- R2: si C entonces D

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

- R3: si F entonces D
- R4: si D entonces H

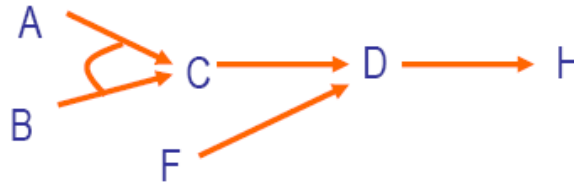


Figura 25: Red o árbol de inferencia.

2.8.2. Factores de certeza según MYCIN

Para el cálculo de factores de certeza de la solución propuesta se emplea el procedimiento llevado a cabo por MYCIN para los SBR, el cual se inspira en la teoría de la confirmación de Carnap (51), que distinguía dos tipos de probabilidad:

- P1: es el grado de confirmación de una hipótesis H a partir de una evidencia E. Es un concepto lógico-semántico, de relación entre E y H
- P2: es la frecuencia relativa (a la larga) de ocurrencia de un suceso. Es un concepto de base empírica.

Utilizando una aproximación cuantitativa, aunque el objetivo último era comparativo, se trataba de que dos o tres identidades de organismos alcanzaran una confirmación mucho más fuerte que el resto; destacando que no es importante conocer la certeza absoluta de cada hipótesis, sino determinar si la credibilidad de unas pocas hipótesis es mucho mayor que la de las demás.

Definición de los factores de certeza

El factor de certeza (FC) de cada regla se define como el grado de confirmación, más concretamente, como la diferencia entre creencia a favor (measure of belief – MB) y la creencia en contra (measure of disbelief – MD).

- MB (H, E): incremento de la creencia en la hipótesis H dada la evidencia E:

$$MB = 1 \text{ si } p(h) = 1$$

$$= (p(h|e) - p(h)) / (1 - p(h)) \text{ en otro caso:}$$

- MD (H, E): incremento de la no-creencia en la hipótesis H dada la evidencia E:

$$MD = 1 \text{ si } p(h) = 0$$

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

= $(p(h) - p(h|e)) / p(h)$ en otro caso:

Ambas medidas expresan el factor de certeza:

- $FC(H, E) = (MB - MD) / (1 - \min(MB, MD))$ que cumple $-1 \leq FC(H, E) \leq +1$.
- Un FC positivo indica que la evidencia confirma (total o parcialmente) la hipótesis, ya que $MB > MD$.
- Un FC negativo significa que la evidencia descarta (total o parcialmente) la hipótesis, ya que $MB < MD$.

Inferencia

Para cada regla se tiene un factor de certidumbre para los antecedentes de la regla y un valor de factor de certidumbre para la propia regla. De esta manera cuando se activa una regla, el factor de certidumbre de la conclusión es el producto del factor de certidumbre de la premisa y el de la regla.

- $FC(H) = FC(E)$ de la premisa * $FC(H,E)$ de la regla

Cuando una regla tiene varias premisas ligadas por una operación lógica **AND** el factor de las premisas es el mínimo de todas ellas y cuando están ligadas por un **OR** es la máximo de todas ellas.

- $FC(E)$ de la premisa = $\min(FC(E)$ de las premisas) para el AND
- $FC(E)$ de la premisa = $\max(FC(E)$ de las premisas) para el OR

Cuando varias reglas tienen el mismo consecuente cada una de ellas calcula un factor de certidumbre distinto, esto también ocurre si se aplica varias veces la misma regla a lo largo del tiempo con evidencias distintas cada vez. Para ello se emplean las fórmulas de actualización.

Fórmulas de actualización: fusionar el factor de certidumbre del consecuente con el nuevo factor de certidumbre previo.

Se supone que se tiene un FC antiguo (FCa) y el FC nuevo (FCn), el FC revisado, FCr :

1. Si FCa y FCn son > 0 , entonces $FCr = FCa + FCn * (1-FCa)$
2. Si los dos son negativos, entonces $FCr = -FCr(-FCn, -FCa)$
3. Si uno es negativo, entonces $FCr = (FCa + FCn) / (1 - \min(|FCa|, |FCn|))$

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

2.9. Modelo de datos

Un modelo de datos es un conjunto de conceptos que permite describir los datos, las relaciones que existen entre ellos, la semántica y las restricciones de consistencia.

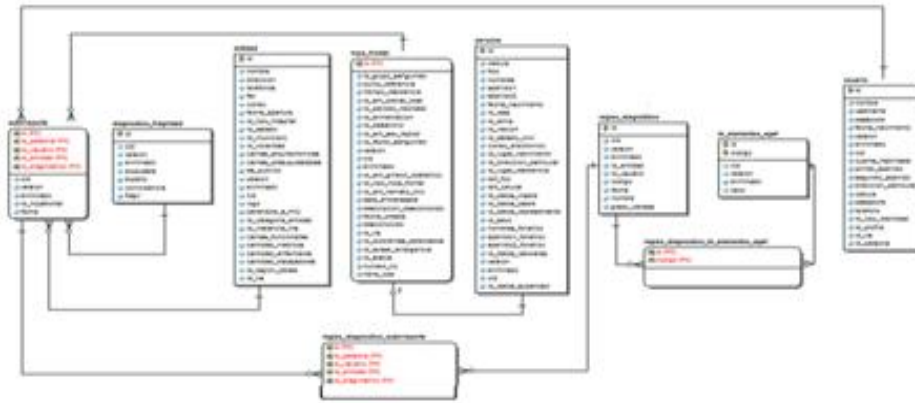


Figura 26: Modelo de datos.

2.10. Diseño del sistema

El diseño del sistema es la estrategia de alto nivel para resolver problemas y construir una solución. Éste incluye decisiones acerca de la organización del sistema en subsistemas, la asignación de subsistemas a componentes hardware y software, y decisiones fundamentales, conceptuales y de política que son las que constituyen un marco de trabajo para el diseño detallado. Permite una mayor comprensión de los aspectos relacionados con los requerimientos no funcionales y contribuye a la definición de una arquitectura estable y sólida, creando un plano del modelo de implementación.

2.10.1. Fundamentación del uso de patrones

Patrones de diseño

En el desarrollo del sistema se hace uso de los Patrones de Software para la Asignación General de Responsabilidades (GRASP). Constituyen un apoyo para la enseñanza que ayuda a entender el diseño de objeto esencial y aplica el razonamiento para el diseño de una forma sistemática, racional y explicable. Entre estos patrones se encuentran:

- **Experto:** Se encarga de asignar la responsabilidad al experto en la información: la clase que cuenta con la información necesaria para cumplir la responsabilidad. Permite conservar el encapsulamiento y los objetos se valen de su propia

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

información para hacer lo que se les pide; lo que provee un bajo nivel de acoplamiento. Promueve clases sencillas y cohesivas que son más fáciles de mantener y comprender.

- **Creador:** Consiste en asignar a un objeto la responsabilidad de crear otro objeto. Un objeto es responsable de crear una nueva instancia de alguna clase si: agrega o contiene objetos de ella, registra las instancias de sus objetos o tiene los datos de inicialización que serán enviados a ella cuando el objeto sea creado.
- **Alta cohesión:** La cohesión es una medida de cuán relacionadas y enfocadas están las responsabilidades de una clase. Una alta cohesión caracteriza a las clases con responsabilidades estrechamente relacionadas que no realizan un trabajo enorme. Fomenta la reutilización, mejorando la claridad y facilidad del diseño.
- **Bajo acoplamiento:** El acoplamiento es una medida de la fuerza con que una clase está conectada a otras clases. Este patrón da soporte a una mínima dependencia y a un aumento de la reutilización; una clase con bajo acoplamiento no depende de muchas otras clases para realizar sus tareas, permitiendo que se pueda reutilizar con mayor facilidad y flexibilidad.
- **Controlador:** El patrón ofrece una guía para tomar decisiones sobre los eventos de entrada, asignando la responsabilidad del manejo de mensajes de los eventos del sistema a una clase controladora, ya que los elementos de interfaz y sus controladores de eventos, no deben ser responsables de controlar los eventos en el sistema.

La aplicación de estos patrones en el sistema se ve reflejada con la asignación de las responsabilidades por clases para realizar solo las funcionalidades correspondientes a la información que estas contienen, evitando así la sobrecarga de las mismas. De igual forma se le asigna la responsabilidad de crear instancias de otras clases solamente a aquellas que contengan a las mismas, dando lugar a los patrones Experto y Creador. Por ejemplo, la clase controladora `CCAautoreporte_asistenciaSc.java` se encarga de generar toda la información referente al auto-reporte realizado por el paciente, apoyándose de la información que contiene. De igual forma, la clase controladora

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

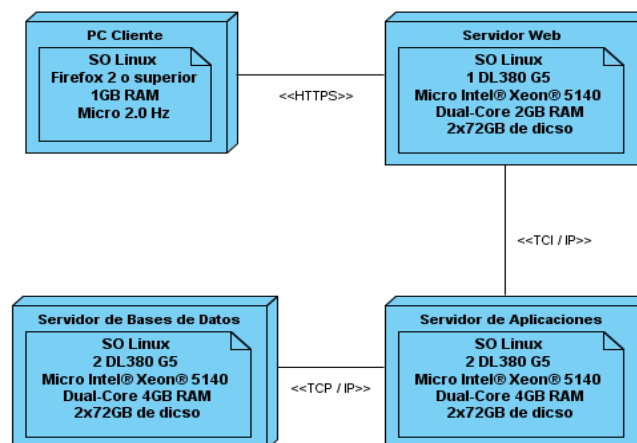
CCRegla_Diagnostico_asistenciaSc.java tiene la responsabilidad de gestionar la acción de crear una nueva regla sobre la página cliente correspondiente.

Por otra parte se modelan también clases controladoras, encargadas de realizar las operaciones del sistema, y el diseño de la aplicación permite la interacción entre estas clases sin afectar su reutilización y su correcto funcionamiento por separado, evidenciándose los patrones Bajo acoplamiento y Alta cohesión. Además, la responsabilidad del manejo de mensajes de los eventos del sistema es asignada a una clase controladora, ya que los elementos de interfaz y sus controladores de eventos, no deben ser responsables de controlar, cumpliendo las concepciones del patrón Controlador. Por ejemplo, la clase controladora Validación, contiene toda la información necesaria para el manejo de mensajes, luego de validar la entrada obligatoria o incorrecta de datos al sistema.

2.11. Diagrama de despliegue

Los diagramas de despliegue muestran la disposición física de los distintos nodos que entran en la composición de un sistema y el reparto de los programas ejecutables sobre estos nodos. Los nodos representan recursos de cómputo: procesadores o dispositivos de hardware, además se interconectan mediante soportes bidireccionales (en principio) que pueden a su vez estereotiparse.

El despliegue del sistema propuesto constará de 4 nodos compuestos por estaciones de trabajo y servidores profesionales. El diagrama de despliegue del sistema propuesto es el siguiente:



Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Figura 27: Diagrama de despliegue.

Para el establecimiento y la utilización de la aplicación el usuario debe conectarse a esta mediante una PC cliente utilizando un navegador web. Dicha PC interactuará mediante una conexión segura con el Servidor Web Apache, encargado de proveer el servicio de interfaz al usuario, al mismo tiempo que será el puente para entrar al clúster de servidor de aplicaciones que proporciona Jboss. Este servidor garantizará la disponibilidad de la información que será almacenada en el Servidor de datos PostgreSQL.

2.12. Integración con alasSIAPS

El sistema experto que se obtiene con la presente investigación para el diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor, pertenecerá al módulo Asistencia Social del Sistema Integral para la Atención Primaria de Salud (alasSIAPS), apoyándose en la información que este gestiona.

2.13. Estándares de codificación y tratamiento de excepciones

Con el propósito de que exista homogeneidad entre las aplicaciones que se encuentran integradas al alasSIAPS, se han definido una serie de estándares tanto para el diseño como para la codificación, además de establecer cómo se hará el tratamiento de errores al componente para que los códigos fuentes de las aplicaciones y los mensajes que se emitan mantengan uniformidad.

2.13.1. Estándares de codificación

Un estándar de codificación se define por un conjunto de pautas de programación que están enfocadas a la lógica del programa, a su estructura y apariencia física para facilitar la lectura, comprensión y mantenimiento del código (como identificar las variables, las funciones o métodos, etc.).

Para el desarrollo del sistema se tuvieron en cuenta los estándares de codificación definidos por el Departamento de Atención Primaria de Salud para sus aplicaciones (52). Se tuvo en cuenta el trabajo con el idioma a través de la internacionalización, los comentarios y líneas con sus metadatos asociados, longitud de línea así como el uso de las variables, constantes, clases y métodos.

2.13.2. Tratamiento de excepciones

Capítulo II: Propuesta del sistema experto

Durante el tiempo de ejecución de un sistema pueden fracasar diferentes rutinas, es a esto a lo que comúnmente se le llama excepción. Las excepciones son situaciones anómalas que requieren un tratamiento especial. No tienen por qué ser errores. Si se consigue dominar su programación, la calidad de las aplicaciones que se desarrollen aumentará considerablemente. Con ellas se obtiene un sistema informático más robusto y fiable.

En la propuesta se utilizan todas las facilidades que brinda la plataforma para el tratamiento de excepciones. Para cada fragmento de código donde se espere una situación anómala, se definen las excepciones correspondientes para luego ser tratadas evitando la interrupción del sistema. De igual forma se emplean excepciones predefinidas por los marcos de trabajo que se utilizan en el sistema.

El uso de diferentes tecnologías y la integración que existe entre ellas, permiten capturar y controlar posibles situaciones desde diferentes puntos de la aplicación. En las páginas clientes se cuenta con un conjunto de componentes denominados validadores, que permiten establecer tipos de datos y formatos, controlando el envío de información correcta al servidor.

Además el marco de trabajo Seam brinda un potente conjunto de excepciones predefinidas, que conjuntamente con la clase FacesMessages, permite tratar estas situaciones desde las clases controladoras correspondientes y mostrar mediante la clase antes mencionada, los resultados del tratamiento. Seam permite además, mediante el fichero de configuración page.xml, todo un flujo de navegación basado en excepciones.

Con la exposición en el capítulo, de la arquitectura del sistema informático que se propone así como de su diseño e implementación, se facilitó la comprensión del mismo para el cumplimiento del objetivo propuesto. El diseño de los prototipos de interfaz de usuario ilustró la forma en que se muestra el sistema ante las exigencias del mismo. El uso de patrones de diseño concebidos a partir de la experiencia acumulada en la concepción de sistemas anteriores, permitió realizar buenas prácticas. El modelo de datos graficó la forma en que se concibió la base de conocimientos, elemento fundamental para un sistema inteligente basado en reglas.

Capítulo III: Validación de los resultados

Capítulo III. Validación de los resultados

Luego de presentar la propuesta del Sistema experto basado en reglas para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor se hace necesario validar las funcionalidades del mismo. En tal sentido se consulta a un grupo de personas que posean conocimientos en relación al entorno en el que se desarrolla la investigación, aplicándoles una encuesta que recoja aspectos que permitan evaluar el proceso.

El procedimiento a seguir para la validación de la propuesta se centra en las siguientes fases:

1. Fase preliminar: se delimita el contexto, los objetivos, el diseño, los elementos básicos del trabajo y la selección de los especialistas.
2. Fase exploratoria: elaboración y aplicación de los cuestionarios a los especialistas seleccionados en la fase anterior.
3. Fase final: análisis estadísticos y presentación de la información.

3.1. Panel de especialistas

El panel de especialistas puede definirse como un grupo de especialistas independientes y reputados en al menos uno de los campos concernidos por el programa que se va a evaluar, al que se reúne para que emita un juicio colectivo y consensuado sobre dicho programa. Según se les solicite, el juicio emitido puede hacer referencia a la puesta en práctica o a los efectos del conjunto o de una parte del programa.

Los métodos de expertos utilizan como fuente de información un grupo de personas a las que se supone un conocimiento elevado de la materia que se va a tratar. Estos métodos se emplean cuando se da alguna de las siguientes condiciones:

1. No existen datos históricos con los que trabajar. Un caso típico de esta situación es la previsión de implantación de nuevas tecnologías.
2. El impacto de los factores externos tiene más influencia en la evolución que el de los internos. Así, la aparición de una legislación favorable y reguladora y el apoyo por parte de algunas empresas a determinadas tecnologías pueden provocar un gran desarrollo de estas que de otra manera hubiese sido más lento.
3. Las consideraciones éticas o morales dominan sobre las económicas y tecnológicas en un proceso evolutivo. En este caso, el desarrollo de una tecnología puede estar comprometido si

Capítulo III: Validación de los resultados

este provoca un alto rechazo en la sociedad (un ejemplo se evidencia en la tecnología genética, que ve dificultado su avance por los problemas morales que implica la posibilidad de manipulación del genotipo).

Los métodos de expertos tienen las siguientes ventajas:

- La información disponible está siempre más contrastada que aquella de la que dispone el participante mejor preparado, es decir, que la del especialista más versado en el tema.
- El número de factores que es considerado por un grupo es mayor que el que podría ser tenido en cuenta por una sola persona. Cada especialista podrá aportar a la discusión general la idea que tiene sobre el tema debatido desde su área de conocimiento.

3.2. Definición de indicadores

Para realizar la validación o evaluación del proceso primeramente se definen los indicadores o atributos que serán evaluados por los especialistas. A partir de estos se confecciona el cuestionario mediante el cual los especialistas expresarán su juicio o valoración en relación al proceso propuesto. Los atributos identificados son:

A1: Importancia o necesidad del sistema experto.

A2: Consistencia de la estructura del sistema experto.

A3: Nivel de completitud del sistema experto.

A4: Grado de utilidad del sistema experto.

A5: Nivel de vinculación del sistema experto para el diagnóstico de la fragilidad.

A6: Solidez del sistema experto.

Una vez definidos los criterios a evaluar, se procederá a la selección del grupo de especialistas que desarrollarán la evaluación. Para ello se tendrá en cuenta la experiencia profesional en el campo de la Medicina, en cuanto al diagnóstico de fragilidad en la salud del adulto mayor y el conocimiento de los Sistemas Expertos basados en reglas, así como la independencia del experto respecto a la evaluación de la aplicación, ya que el evaluador no debe ser juez y parte del diseño de la aplicación, también debe tener la capacidad de escuchar a los demás y ser receptivo para favorecer el clima del trabajo.

Capítulo III: Validación de los resultados

3.3. Selección de especialistas

En un método de expertos, la importancia de definir con precisión el campo de investigación es muy grande por lo que es preciso tener seguridad de que los especialistas consultados posean la misma noción del tema. Deben ser personas creativas e interesadas en participar, conocedoras, con reconocida competencia y con experiencia en el tema que garanticen la confiabilidad de los resultados.

Teniendo en cuenta todas estas características anteriormente expuestas se seleccionó al grupo de especialistas del CITED:

Dra. Alina María González Moro: Especialista. I Grado Medicina General Integral.

Dra. Liliams Rodríguez Rivera: Especialista. I Grado Geriatria y Gerontología.

3.4. Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios

Luego de seleccionar a los especialistas se procede a elaborar la encuesta necesaria para realizar la evaluación, teniendo en cuenta aspectos como la teoría de la comunicación y la elaboración de preguntas claras, precisas e independientes, tanto cuantitativas para calcular promedios como cualitativas para la justificación de las opiniones.

A partir de los indicadores definidos inicialmente y considerando todos los aspectos mencionados anteriormente el cuestionario quedó conformado como sigue:

1. ¿Considera necesaria la aplicación del sistema experto para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en la salud del adulto mayor?
 Muy necesario Bastante necesario Necesario Poco necesario Innecesario
2. ¿Considera que la estructura del sistema experto es la adecuada?
 Muy adecuada Bastante adecuada Adecuada Poco adecuada Inadecuada
3. ¿En qué medida las fases, tareas y métodos definidos en el sistema experto garantizan que se reduzca la incertidumbre en el diagnóstico de la fragilidad?
 Muy alta Alta Media Baja Muy baja
4. ¿Qué grado de utilidad le confiere al funcionamiento del sistema experto?
 Muy útiles Bastante útiles Útiles Poco útiles Inútiles

Capítulo III: Validación de los resultados

5. ¿Considera que si se aplica el sistema experto se llevará a cabo un mejor proceso de diagnóstico de la fragilidad?

___Muy vinculado ___Bastante vinculado ___ Vinculado ___Poco vinculado ___ Desvinculado

6. ¿En qué medida usted considera que el sistema experto reduce el análisis de la amplia información generada en el proceso de diagnóstico de la fragilidad?

Se ajusta en un: ___ (100 – 90) % ___ (89 – 75) % ___ (74 – 50) % ___ (49 – 25) % ___ (24 - 0) %

7. ¿En qué medida usted considera que el sistema experto reduce la carga de trabajo asistencial médica?

___Muy alta ___Alta ___Media ___Baja ___Muy baja

8. ¿En qué medida la aplicación del sistema experto mejora el proceso de toma de decisiones médicas?

Se ajusta en un: ___ (100 – 90) % ___ (89 – 75) % ___ (74 – 50) % ___ (49 – 25) % ___ (24 - 0) %

9. ¿Qué beneficios considera traería consigo la aplicación del sistema experto?

Este conjunto de preguntas aportarán criterios que permiten evaluar los indicadores anteriormente seleccionados. La relación que existe entre estos se refleja en el gráfico mostrado a continuación.

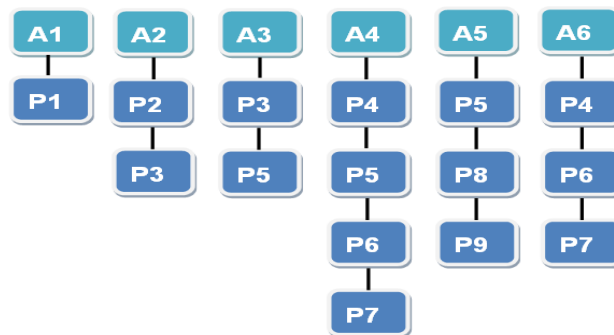


Figura 28: Interrelación entre los indicadores definidos y las preguntas del cuestionario.

3.5. Análisis de los resultados

Capítulo III: Validación de los resultados

Para el análisis y procesamiento de los resultados inicialmente se escogió un rango de evaluación [1; 5] para cada una de las preguntas del cuestionario anterior, donde 5 representa la evaluación máxima.

Preguntas	Alina María González	Liliams Rodríguez Rivera
P1	5	5
P2	4	4
P3	4	4
P4	5	5
P5	4	5
P6	5	5
P7	3	4
P8	4	4

Tabla 2: Evaluación de los especialistas a las preguntas de la encuesta.

Una vez recogidos estos resultados se promediaron para cada indicador las preguntas correspondientes de manera que se obtuviera un valor lo más representativo posible y cercano a la evaluación máxima. Los resultados de este paso se muestran en la tabla 3 expuesta a continuación.

Indicadores	Alina María González	Liliams Rodríguez Rivera
A1	5	5
A2	4	4
A3	4	4,5
A4	4,25	4,75
A5	4	4,5
A6	4,33	4,67

Tabla 3: Promedio de evaluación por indicadores.

En la figura 29 que aparece a continuación se representan los datos de la tabla anterior para una mejor visualización de los resultados.

Capítulo III: Validación de los resultados

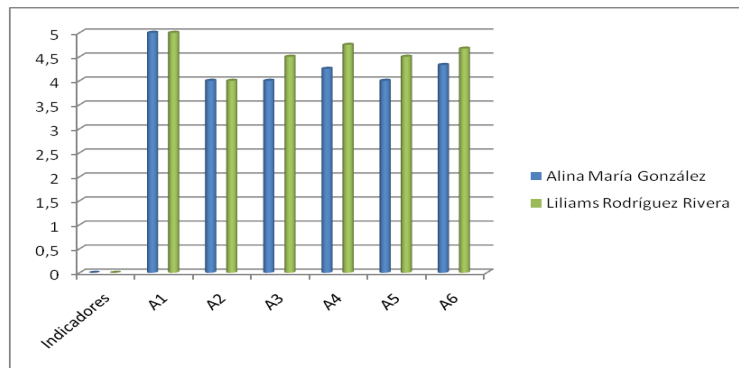


Figura 29: Evaluación de indicadores por especialista.

En la figura anterior se evidencia los resultados de las respuestas de la encuesta aplicada, de acuerdo a los indicadores que se definieron, emitiéndose un criterio positivo en todos los casos. Con esta encuesta se pudo comprobar teóricamente que es necesaria la utilización del sistema experto, su estructura es correcta, es de gran utilidad en el proceso de diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor y garantiza en cierta medida la reducción de la incertidumbre en el diagnóstico de la fragilidad. Para adjudicarle una evaluación final a cada indicador se calculó el promedio a partir de la evaluación obtenida. Los resultados se muestran en la figura 30.

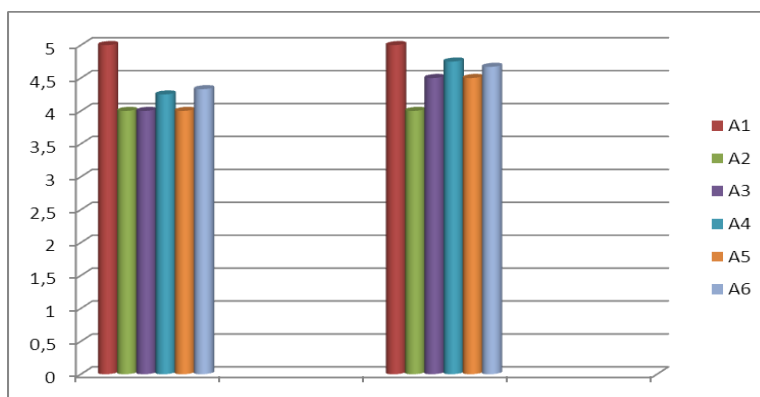


Figura 30: Evaluación final por indicadores.

De manera general se puede constatar que todos los indicadores tienen una evaluación superior a 4 puntos, lo que evidencia el grado de calidad y solidez del sistema experto desarrollado, corroborando nuevamente que reduciría gradualmente la incertidumbre en el diagnóstico de la fragilidad.

Como beneficios de la propuesta resaltaron los siguientes:

Capítulo III: Validación de los resultados

La utilización del sistema inteligente y su integración con el Sistema Integral de Atención Primaria de Salud para dicho diagnóstico, ofreció la posibilidad de acceder a la información gestionada por el SIAPS y necesaria para la determinación de la fragilidad, evitando así la búsqueda de la misma en amplios y dispersos documentos por parte de los expertos de la Medicina; además, disminuyó el esfuerzo de dichos especialistas en el proceso de análisis de la información para arribar a un diagnóstico definitivo y mediante la determinación del grado de certeza, ofreció a los mismos, seguridad en la decisión tomada con cada paciente.

De igual forma permitió prescindir de modelos plasmados en papel, contenedores de la EGEF y las reglas para el diagnóstico, pues el sistema ofrece dichos modelos a través de interfaces intuitivas y amigables. Luego de haberse diagnosticado la fragilidad en determinados pacientes, el sistema permitió reportar los mismos para ser atendidos por el EMAG contribuyendo a la informatización integral de los procesos de gestión de la información en el Sistema Nacional de Salud.

En este capítulo se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos que contribuyen a demostrar la validez del sistema experto basado en reglas para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor en Cuba. Estos datos, surgidos a partir del trabajo con especialistas del CITED, están sustentados en criterios de expertos con reconocimiento en el tema de la fragilidad.

Conclusiones generales

Con la realización del presente trabajo de diploma se ha cumplido con el objetivo general propuesto, así como con las tareas de la investigación obteniéndose las siguientes conclusiones:

- El estudio de los conceptos relacionados con la Inteligencia Artificial y el diagnóstico de la fragilidad, condujo a la selección del paradigma de los sistemas basados en reglas para el desarrollo de la presente investigación.
- La máquina de inferencia implementada no solo se basa en el conocimiento existente de los expertos, sino que admite la incorporación de nuevos elementos cognitivos para emitir una propuesta de diagnóstico.
- La validación de los resultados arrojados permitió corroborar la utilidad del sistema experto para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en el adulto mayor.
- La aplicación del sistema informático obtenido contribuye al diagnóstico oportuno de la fragilidad para su posterior tratamiento.

Recomendaciones

Para contribuir al éxito en la continuidad de la investigación, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Incorporar al Sistema experto basado en reglas el tratamiento de la fragilidad en el adulto mayor.

Referencias bibliográficas

1. **López Ortega, Mariana, Rosas Carrasco , Óscar y Torres Carrillo, Nora Magdalena.** *Fragilidad: Conceptos, desarrollo y desenlaces.*
2. **Chávez Jimeno, Dr. Helver .** *Fragilidad, un nuevo síndrome geriátrico.*
3. **WA, Achenbaum y DM., Albert.** Profiles in gerontology: a biographical. *Greewood Press.* 1995, 116-8.
4. **Cabrera Romero, Ángel Julio.** *Fragilidad y enfermedades crónicas en los adultos mayores.* Mexico : s.n., 2011. 455-462..
5. **Prieto, O y Vega, E.** *Programa para la atención integral al adulto cubano.* s.l. : Editorial Científico Técnica, 1996. 102-105.
6. **Alonso Galbán, Patricia , y otros.** *Envejecimiento poblacional y fragilidad en el adulto mayor.* 2007.
7. *Idem ref #36.*
8. Programa de Atención Integral al Adulto Mayor . [En línea]
<http://aps.sld.cu/bvs/materiales/programa/pronacional.html> .
9. **Hyde , Z, Flicker , L y Almeida , OP.** *Low free testosterone predicts frailty in older.* Madrid : Elsevier España, 2010. 3165–72.
10. **Alvarez Sintés , R.** *Temas de Medicina General Integral.* La Habana : Editorial de Ciencias Médicas, 2001.
11. **Buchner, DM y Wagner , EH.** *Preventing frail health.* 1992.
12. **Fried, LP y Walston , J.** Frailty and failure to thrive. [aut. libro] Blass JP, y otros. *Principles of geriatric medicine and gerontology.* Nueva York : McGraw-Hill, 1999.
13. **Batzán Cortés, JJ.** *Atención sanitaria al anciano frágil: de la teoría a la evidencia científica.* 115, 2000.
14. **Brown, I, Renwick , R y Raphael , D.** *Frailty: constructing a common meaning, definition, and conceptual framework.* 1995.
15. **Carpeta Metodológica.** Adultos mayores frágiles. [En línea] 2005.
<http://aps.sld.cu/bvs/materiales/carpeta/>.

Referencias bibliográficas

16. *Idem ref #12.*
17. **Romero Cabrera, AJ.** *Perspectivas actuales en la asistencia sanitaria al adulto mayor.* Panamá : s.n., 2008. 288-294..
18. **Villareal , DT, y otros.** *Effect of weight loss and exercice on frailty in obese older adults.* 2006.
19. *Idem ref #18.*
20. **Rolland , Y, Abellan van Kan , G y Gillette-Guyonnet , S.** *Cochexia versus Sarcopenia.* 2011.
21. **Antón Jiménez, M, Gálvez-Sánchez, N y Esteban Saíz, R.** *Depresión y ansiedad.* Madrid : s.n., 2008. 243-249.
22. **Fried, L. P., y otros.** *Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype.* *The Journals of Gerontology Series A: Medical Sciences.* 56, 2001.
23. **Mitnitski, A. B., Song, X. y Rockwood, K.** *Estimation of Relative Fitness and Frailty in Community-Dwelling Older Adults Using Self-Report Data.* *Journal of Gerontology: Series A: Biological Sciences and Medical Sciences.* 2004, Vol. 59, M627-32.
24. **García González, JJ, García Peña, C y Franco , Marina .** *A frailty index to predict the mortality risk in a population of senior mexican adults.* Mexico : s.n., 2009.
25. **Ensrud, KE, y otros.** *Comparision of 2 frailly index for prediction of all, disability, fractures and death in older woman.* 2008. 382-9.
26. *Idem ref #8.*
27. **Corzo , Dra. Anelys.** *Examen Periódico de Salud en el Adulto Mayor.* EMAG.
28. *Idem ref #27.*
29. **Hurtado Vega, José de Jesús.** *Inteligencia Artificial.* [En línea] <http://www.itlp.edu.mx/publica/boletines/actual/inteligencia.html> .
30. **De Ávila Ramos, Jorge.** *Sistemas Expertos.* [En línea] 2008. [http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/sist_expe/..](http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/sist_expe/)

Referencias bibliográficas

31. **Criado Briz, José Mario.** Ingenieros en informática. Introducción a los Sistemas Expertos. [En línea] 2008.
http://www.ingenieroseninformatica.org/recursos/tutoriales/sist_exp/index.php..
32. EcuRed. *Algoritmos genéticos.* [En línea] 2012.
http://www.ecured.cu/index.php/Algoritmos_Gen%C3%A9ticos..
33. **Mestizo Gutiérrez, Sonia Lilia, Guerra Hernández, Dr. Alejandro y Parra Loera, Dr. Ramon.** *Desarrollo de un centro de ayuda inteligente mediante el uso de tecnologías de Internet.* Veracruz : s.n.
34. Redes neuronales. Ventajas y desventajas. [En línea] [Citado el: 1 de 5 de 2011.]
<http://egkafati.bligoo.com/content/view/184582/Redes-neuronales-ventajas-y-desventajas.html..>
35. **Jackson, P.** *Introduction to Expert Systems Addison-Wesley.*
36. *Idem ref #35.*
37. **Martínez Sánchez, Natalia.** *El paradigma del razonamiento basado en casos en el ámbito de los sistemas de enseñanza/aprendizaje inteligentes.* Villa Clara : s.n., 2009.
ISSN: 1135-9250..
38. **García Martínez, R y Britos , P.** *Ingeniería de Sistemas Expertos.* Buenos Aires : Editorial Nueva Librería, 2004.
39. **Cabrera Hernández, Mirna, y otros.** *APLICACIONES MÉDICAS COMO AYUDA AL DIAGNÓSTICO.* Ciudad Habana : s.n., 2012.
40. **Aquino Martín, Arturo y Gegúndez Arias, Manuel Emilio.** *Sistema Experto para la Detección Precoz de la Retinopatía Diabética mediante análisis de de imágenes: primeros resultados.* Huelva : s.n., 2010.
41. **Smart Ferguson, Jhon y Jumpstar, JSF.** [En línea] [Citado el: 8 de Enero de 2012.]
http://www.wakaleo.com/public_resources/jsf-jumpstarter.pdf..
42. **Pantoja Bascón, Ernesto.** *El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC).* 2012.
43. JBoss Community. *JBoss Ajax4jsf.Introducción.* [En línea] 2007. [Citado el: 8 de Enero de 2012.] [http://www.jboss.org/jbossajax4jsf/docs/devguide/en/html/Introduction.html. .](http://www.jboss.org/jbossajax4jsf/docs/devguide/en/html/Introduction.html.)

Referencias bibliográficas

44. *Idem ref #43.*
45. **Ort, R.** Sun microsystems. *The Java Persistence API - A Simpler Programming Model for Entity Persistence.* [En línea] 19 de Enero de 2012.
46. **Hennebrueder, Sebastian.** Java tutorials and development. First EJB 3 Tutorial showing a session and entity beans with annotations and JBoss. [En línea] 19 de Enero de 2012. <http://www.laliluna.de/ejb-3-tutorial-jboss.html>.
47. **Franky, María Consuelo.** Java EE 5. . [En línea] [Citado el: 20 de Enero de 2012.] http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky_Abr19.pdf..
48. **Prometeo, Lucifer.** Java RuntimeEnvironment – JRE. [En línea] 2012. [http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre/..](http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre/)
49. **Iglesias Fernández, Carlos Ángel .** *Sistemas Basados En Conocimiento. Arquitectura de los Sistemas Basados en Conocimiento.* 1999.
50. *Idem ref #49.*
51. **Carnap , Rudolf y Hempel, Carl.** *The Logical Structure of the World.* 1928.
52. **Pérez Albear, Lisandra.** "Estándares de codificación". <https://repositorio.cesim.prod.uci.cu/svn/aps/ctdaps/WEB/EXPEDIENTE%DE%PROYECTO>. [En línea] 2012.

Bibliografía consultada

1. **López Ortega, Mariana, Rosas Carrasco , Óscar y Torres Carrillo, Nora Magdalena.** *Fragilidad: Conceptos, desarrollo y desenlaces.*
2. **Chávez Jimeno, Dr. Helver .** *Fragilidad, un nuevo síndrome geriátrico.*
3. **WA, Achenbaum y DM., Albert.** Profiles in gerontology: a biographical. *Greenwood Press.* 1995, 116-8.
4. **Cabrera Romero, Ángel Julio.** *Fragilidad y enfermedades crónicas en los adultos mayores.* Mexico : s.n., 2011. 455-462..
5. **Prieto, O y Vega, E.** *Programa para la atención integral al adulto cubano.* s.l. : Editorial Científico Técnica, 1996. 102-105.
6. **Alonso Galbán, Patricia , y otros.** *Envejecimiento poblacional y fragilidad en el adulto mayor.* 2007.
7. Programa de Atención Integral al Adulto Mayor . [En línea]
<http://aps.sld.cu/bvs/materiales/programa/pronacional.html> .
8. **Hyde , Z, Flicker , L y Almeida , OP.** *Low free testosterone predicts frailty in older.* Madrid : Elsevier España, 2010. 3165–72.
9. **Alvarez Sintés , R.** *Temas de Medicina General Integral.* La Habana : Editorial de Ciencias Médicas, 2001.
10. **Buchner, DM y Wagner , EH.** *Preventing frail health.* 1992.
11. **Broncklenhurst, J.** *Textbook of Geriatric Medicine and Gerontology.* England : s.n., 2003.
12. **Campbell, AJ y Buchner , DM.** *Unstable disability and the fluctuations of frailty. Age and ageing.* 1997.
13. **Fried, LP y Walston , J.** Frailty and failure to thrive. [aut. libro] Blass JP, y otros. *Principles of geriatric medicine and gerontology.* Nueva York : McGraw-Hill, 1999.
14. **Batzán Cortés, JJ.** *Atención sanitaria al anciano frágil: de la teoría a la evidencia científica.* 115, 2000.

Bibliografía consultada

15. **Brown, I, Renwick , R y Raphael , D.** *Frailty: constructing a common meaning, definition, and conceptual framework.* 1995.
16. **Castelblanque, E y Cuñat V, Albert .** *¿Quiénes son los ancianos frágiles –ancianos de riesgo?* Guadalajara : s.n., 2002.
17. **Carpeta Metodológica.** Adultos mayores frágiles. [En línea] 2005.
<http://aps.sld.cu/bvs/materiales/carpeta/>.
18. **Romero Cabrera, AJ.** *Perspectivas actuales en la asistencia sanitaria al adulto mayor.* Panamá : s.n., 2008. 288-294..
19. **Villareal , DT, y otros.** *Effect of weight loss and exercise on frailty in obese older adults.* 2006.
20. **Rolland , Y, Abellan van Kan , G y Gillette-Guyonnet , S.** Cohexia versus Sarcopenia. 2011.
21. **Antón Jiménez, M, Gálvez-Sánchez, N y Esteban Saíz, R.** *Depresión y ansiedad.* Madrid : s.n., 2008. 243-249.
22. **Fried, L. P., y otros.** Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Medical Sciences.* 56, 2001.
23. **Mitnitski, A. B., Song, X. y Rockwood, K.** Estimation of Relative Fitness and Frailty in Community-Dwelling Older Adults Using Self-Report Data. *Journal of Gerontology: Series A: Biological Sciences and Medical Sciences.* 2004, Vol. 59, M627-32.
24. **García González, JJ, García Peña, C y Franco , Marina .** *A frailty index to predict the mortality risk in a population of senior mexican adults.* Mexico : s.n., 2009.
25. **Ensrud, KE, y otros.** *Comparision of 2 frailly index for prediction of all, disability, fractures and death in older woman.* 2008. 382-9.
26. **Corzo , Dra. Anelys.** *Examen Periódico de Salud en el Adulto Mayor. EMAG.*
27. **Hurtado Vega, José de Jesús.** Inteligencia Artificial. [En línea]
<http://www.itlp.edu.mx/publica/boletines/actual/inteligencia.html> .
28. **De Ávila Ramos, Jorge.** Sistemas Expertos. Sistemas Expertos. [En línea] 2008.
http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/sist_expe/..

Bibliografía consultada

29. **Criado Briz, José Mario.** Ingenieros en informática. Introducción a los Sistemas Expertos. [En línea] 2008.
http://www.ingenieroseninformatica.org/recursos/tutoriales/sist_exp/index.php..
30. **Mestizo Gutiérrez, Sonia Lilia, Guerra Hernández, Dr. Alejandro y Parra Loera, Dr. Ramon.** *Desarrollo de un centro de ayuda inteligente mediante el uso de tecnologías de Internet.* Veracruz : s.n.
31. **Jackson, P.** *Introduction to Expert Systems Addison-Wesley.*
32. **Martínez Sánchez, Natalia.** *El paradigma del razonamiento basado en casos en el ámbito de los sistemas de enseñanza/aprendizaje inteligentes.* Villa Clara : s.n., 2009.
ISSN: 1135-9250..
33. **García Martínez, R y Britos , P.** *Ingeniería de Sistemas Expertos.* Buenos Aires : Editorial Nueva Librería, 2004.
34. **Cabrera Hernández, Mirna, y otros.** *APLICACIONES MÉDICAS COMO AYUDA AL DIAGNÓSTICO.* Ciudad Habana : s.n., 2012.
35. **Smart Ferguson, Jhon y Jumpstar, JSF.** [En línea] [Citado el: 8 de Enero de 2012.]
http://www.wakaleo.com/public_resources/jsf-jumpstarter.pdf..
36. **Pantoja Bascón, Ernesto.** *El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC).* 2012.
37. Tutorial de Java Server Faces. [En línea] [Citado el: 25 de noviembre de 2010.]
<http://www.sicuma.um a.es/sicuma/Formación/documentación/JSF.pdf>.
38. **Dorr, Paul M.** *Desarrollando Ideas. Empezando Con JSF (Java Server Faces).* [En línea] 25 de mayo de 2008. [Citado el: 18 de febrero de 2011.]
<http://desarrollandoideas.com.ar/2008/05/25/empezando-con-jsf-java-server-faces/>.
38. JBoss Community. *JBoss Ajax4jsf.Introducción.* [En línea] 2007. [Citado el: 8 de Enero de 2012.] [http://www.jboss.org/jbossajax4jsf/docs/devguide/en/html/Introduction.html. .](http://www.jboss.org/jbossajax4jsf/docs/devguide/en/html/Introduction.html.)
40. **Prometeo, Lucifer.** Java RuntimeEnvironment – JRE. [En línea] 2012.
[http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre/..](http://www.elleonplateadodeojosrojos.es/blog/java-runtime-environment-jre/)
41. **Ort, R.** Sun microsystems. *The Java Persistence API - A Simpler Programming Model for Entity Persistence.* [En línea] 19 de Enero de 2012.

Bibliografía consultada

42. **Hennebrueder, Sebastian.** Java tutorials and development. First EJB 3 Tutorial showing a session and entity beans with annotations and JBoss. [En línea] 19 de Enero de 2012. <http://www.laliluna.de/ejb-3-tutorial-jboss.html>.
43. **Franky, María Consuelo.** Java EE 5. [En línea] [Citado el: 20 de Enero de 2012.] http://www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/ConfConsueloFranky_Abr19.pdf.
44. **Iglesias Fernández, Carlos Ángel .** *Sistemas Basados En Conocimiento. Arquitectura de los Sistemas Basados en Conocimiento.* . 1999.
45. **Brocklehurst, JC.** The geriatric service and the day hospital. [aut. libro] Brocklehurst JC. *Textbook of geriatric medicine and gerontology.* 1995 : 3th ed. Edinburg: Churchill-Livingstone.
46. **Carnap , Rudolf y Hempel, Carl.** *The Logical Structure of the World.* 1928.
47. **Ewring , SK, y otros.** *Comparision of 2 frailly index for prediction of all, disability, fractures and death in older woman.* 2008.
48. **Fries, JF.** *Frailty, heart diseases, and stroke: the Compressionof Morbidity paradigm.* 5, 2005.
49. **Mitnitski, A. y Rockwood, K.** *Decrease in The Relative Heterogeneity of Health With Age: ACross-National Comparison. Mechanisms of Ageing and Development.* 2006.
50. **Mitnitski, A., y otros.** Relative Fitness and Frailty of Elderly Men and Women in Developed Countries and their Relationship with Mortality. *Journal of the American Geriatrics Society.* 2005, Vol. 53, 2184-2189.
51. **Pérez Albear, Lisandra.** "Estándares de codificación". <https://repositorio.cesim.prod.uci.cu/svn/aps/ctdaps/WEB/EXPEDIENTE%DE%PROYECTO>. [En línea] 2012.
52. **Santealla Vallejo, Juan.** Un sistema experto: El MYCIN. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2012.] <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/estudios/MYCIN.pdf>.
53. **Aquino Martín, Arturo y Gegúndez Arias, Manuel Emilio.** *Sistema Experto para la Detección Precoz de la Retinopatía Diabética mediante análisis de de imágenes: primeros resultados.* Huelva : s.n., 2010.

Anexos

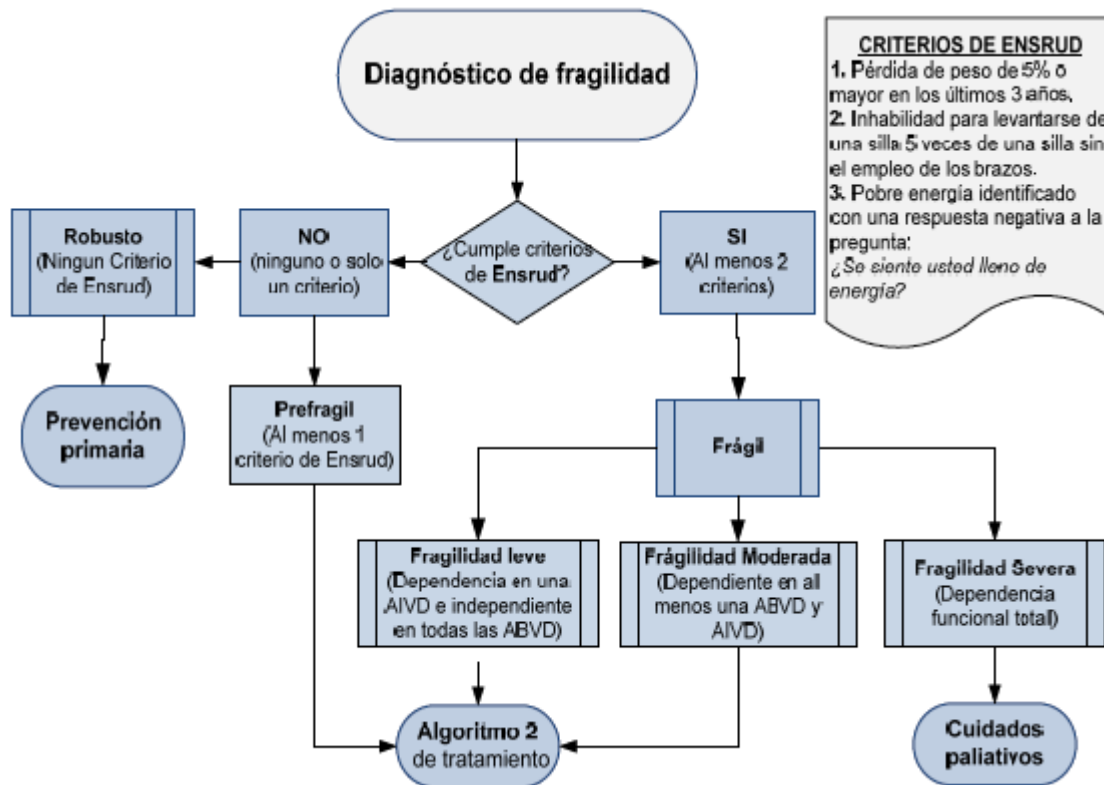
Anexo 1

Criterios de Fried para el fenotipo de fragilidad.

CRITERIOS DE FRIED PARA EL FENOTIPO DE SÍNDROME DE FRAGILIDAD
1. Pérdida de peso involuntaria de al menos 5 kg durante el año precedente.
2. Autorreporte de agotamiento.
3. Disminución de la fuerza muscular (evaluado con dinamómetro).
4. Actividad física reducida.
5. Velocidad lenta para la marcha (metros por segundo).
Ningún criterio= robusto 1 o 2 criterios =prefrágil 3 ó más criterios= frágil

Anexo 2

Algoritmo de diagnóstico de fragilidad según Ensrud.



Anexo 3

Encuesta a especialistas de la medicina (Geriatría y Gerontología) del Centro de Investigación sobre Longevidad, Envejecimiento y Salud (CITED) para realizar la evaluación del Sistema Experto basado en Reglas desarrollado.

Estimado(a):

La presente encuesta forma parte de la aplicación del Método de Valoración de Especialistas. Con este fin solicitamos su valiosa colaboración, y de antemano le aseguramos, que sus opiniones se tendrán en cuenta para la aplicación del Sistema Experto basado en Reglas para la determinación de la fragilidad en el adulto mayor.

Muchas Gracias.

Nombre y Apellidos: _____

1. ¿Considera necesaria la aplicación del sistema experto para el apoyo al diagnóstico de la fragilidad en la salud del adulto mayor?
 Muy necesario Bastante necesario Necesario Poco necesario Innecesario
2. ¿Considera que la estructura del sistema experto es la adecuada?
 Muy adecuada Bastante adecuada Adecuada Poco adecuada Inadecuada
3. ¿En qué medida las fases, tareas y métodos definidos en el sistema experto garantizan que se reduzca la incertidumbre en el diagnóstico de la fragilidad?
 Muy alta Alta Media Baja Muy baja
4. ¿Qué grado de utilidad le confiere al funcionamiento del sistema experto?
 Muy útiles Bastante útiles Útiles Poco útiles Inútiles
5. ¿Considera que si se aplica el sistema experto se llevará a cabo un mejor proceso de diagnóstico de la fragilidad?
 Muy vinculado Bastante vinculado Vinculado Poco vinculado Desvinculado
6. ¿En qué medida usted considera que el sistema experto reduce el análisis de la amplia información generada en el proceso de diagnóstico de la fragilidad?

Se ajusta en un: ___ (100 – 90) % ___ (89 – 75) % ___ (74 – 50) % ___ (49 – 25) % ___ (24 - 0) %

7. ¿En qué medida usted considera que el sistema experto reduce la carga de trabajo asistencial médica?

___Muy alta ___Alta ___Media ___Baja ___Muy baja

8. ¿En qué medida la aplicación del sistema experto mejora el proceso de toma de decisiones médicas?

Se ajusta en un: ___ (100 – 90) % ___ (89 – 75) % ___ (74 – 50) % ___ (49 – 25) % ___ (24 - 0) %

9. ¿Qué beneficios considera traería consigo la aplicación del sistema experto?