



UNIVERSIDAD
CIENFUEGOS

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

Facultad de Informática



DPEG

Sistema Multiagente para el

Diagnóstico Presuntivo de Enfermedades Ginecológicas

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática

Autor: Dayessi Díaz Gómez

Tutor: MsC. Karina Leonor Fernández Sánchez

Ing. Maribel García García

Consultantes:

Dra. Leonor Aide Sánchez Basurto.

Dr. Leandro Miguel Fernández Díaz.

Cienfuegos

Curso 2008-2009

"Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución"





DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy la única autora del presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” y en colaboración con el Hospital General Universitario “Dr. Gustavo Aldereguía Lima”, de Cienfuegos como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Informática, autorizando a que el mismo sea utilizado por ambas instituciones para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total.

Dayessi Díaz Gómez

MsC. Karina Leonor Fernández Sánchez

Ing. Maribel García García

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática desarrollada.

Para que así conste firmamos la presente a los 18 días del mes de junio del 2009.

MsC. Karina Leonor Fernández Sánchez

Ing. Maribel García García

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

Firma Vicedecano

PENSAMIENTO

“¿Por qué si no para poner paz entre los hombres han de ser los adelantos de la ciencia?”

José Martí.

DEDICATORIA

A mi MADRE porque ha dedicado toda su vida a mí.

AGRADECIMIENTOS

*A mi MADRE por su constante dedicación,
A Yuviny por ofrecerme sus conocimientos siempre que los necesité,
A Nancy por ser mi mamá durante estos 5 años,
A mis tutoras por hacer posible la realización de este trabajo,
A mis tías por la eterna confianza, apoyo y cariño,
A mis primas y primo porque esto sea motivo de inspiración,
A mis abuelas y abuelos por siempre haber estado conmigo,
...A todos los que se sientan partícipe de este trabajo.*

RESUMEN

DPEG: Sistema Multiagente para el Diagnóstico Presuntivo de Enfermedades Ginecológicas.

La medicina ha ido asimilando la introducción de las computadoras para agilizar y mejorar los procesos de apoyo al personal médico. La Inteligencia Artificial, así como sus principales técnicas forman parte del desarrollo de la Informática Médica, ciencia situada en la intersección entre la informática y las diferentes disciplinas en los cuidados de salud. Consta de un amplio dominio de aplicación tanto en el manejo de los datos de los pacientes como en los procesos a través de los cuales se desarrollan el diagnóstico, tratamiento e investigación médica.

Debido al alto número de pacientes que llegan a los centros de Atención Primaria con dolencias ginecológicas, donde generalmente los jóvenes médicos que laboran no poseen toda la experiencia en este tipo de enfermedades, se confecciona DPEG en función de mejorar el trabajo del diagnóstico presuntivo de estas patologías en dichos centros. El sistema propuesto es una herramienta de apoyo para los profesionales de la salud que cuenta con la sistematización del conjunto de enfermedades más frecuentes en dicha especialidad.

Se utiliza un sistema multiagente para su diseño que logra una actividad coordinada de las funciones internas del sistema a través de un agente *Facilitador*. El conocimiento es representado mediante reglas de producción y se utilizan clasificadores neuronales para los datos borrosos.

El valor práctico está en la implementación de DPEG usando técnicas de la Inteligencia Artificial en el área del diagnóstico presuntivo ginecológico, que podrá ser usado no solo en los centros de salud y asistenciales sino también en otros centros afines fuera del país y como herramienta de apoyo a la docencia.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. “Técnicas de la Inteligencia Artificial para el desarrollo de Sistemas Multiagente en función del Diagnóstico Médico”	10
1.1 Introducción	10
1.2 Descripción del Dominio	10
1.2.1 Inteligencia Artificial.....	10
1.2.2 Inteligencia Artificial Distribuida	11
1.2.2.1 Sistemas Multiagente.....	14
1.2.2.2 Agentes Inteligentes	15
1.2.3 Ingeniería del Conocimiento.....	19
1.2.3.1 Sistemas Basados en el Conocimiento	19
1.2.3.2 Sistemas Basados en Reglas	20
1.2.4 Sistemas Borrosos.	22
1.3 Descripción del Objeto de Estudio.	24

1.3.1	La Ginecología. Conceptos asociados.....	24
1.3.2	Selección de las patologías.....	25
1.3.3	Determinación de los rasgos.....	26
1.3.4	Flujo actual del proceso.....	27
1.4	Descripción de los sistemas existentes.	28
1.4.1	Sistemas existentes a Nivel Internacional.....	28
1.4.2	Sistemas existentes en Cuba.....	31
1.5	Conclusiones	33
CAPÍTULO 2. “Metodologías, herramientas y lenguajes a considerar para el desarrollo del sistema”. 35		
2.1	Introducción	35
2.2	Metodologías Orientadas al Desarrollo de Sistemas Multiagentes.....	35
2.2.1	MAS-CommonKADS	36
2.2.2	MASE (Multi-agent systems Software Engineering)	38
2.2.3	PASSI (Process for Agent Societies Specification and Implementation).	40
2.2.4	INGENIAS.	42
2.2.5	Selección de la Metodología a utilizar.....	44
2.3	Lenguajes de Modelado.	50
2.3.1	UML (Unified Modeling Language)	50
2.3.2	AUML (Agent Unified Modeling Language)	51
2.4	Lenguajes de propósito general para la implementación del sistema propuesto.....	51
2.4.1	Borland C++ Builder v 6.0.....	51
2.4.2	Java	52

2.5	Plataformas de Desarrollo de Sistemas Multiagentes.....	53
2.5.1	JADE (Java Agent DEvelopment Framework)	54
2.5.2	Plataforma FIPA-OS.....	55
2.6	Lenguajes para el desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento.	55
2.6.1	LISP	55
2.6.2	PROLOG	56
2.7	Conclusiones.	58
CAPÍTULO 3. Diseño de la solución propuesta con PASSI (Process for Agent Societies Specification and Implementation).		59
3.1	Introducción	59
3.2	Modelo de Requerimientos del Sistema	59
3.2.1	Descripción de Entorno.....	59
3.2.2	Descripción de Dominio	60
3.2.3	Identificación de Agentes.....	67
3.2.4	Identificación de Roles	70
3.2.5	Especificación de Tareas.....	73
3.3	Modelo de Sociedades de Agente.....	74
3.3.1	Descripción de la Ontología	74
3.3.2	Descripción de Roles	77
3.3.3	Descripción de Protocolos.....	78
3.4	Modelo de Implementación del Agente.....	79
3.4.1	Definición de Estructura del Agente	79
3.4.2	Descripción de Conducta del Agente	80
3.5	Modelo de Código	82

3.5.1	Biblioteca de Código Reutilizable	82
3.5.2	Perfeccionamiento del Código Básico.....	82
3.6	Modelo de Despliegue	82
3.6.1	Configuración del Despliegue	82
3.7	Conclusiones	83
CAPÍTULO 4.	“Análisis de la factibilidad y Validación de la solución propuesta”.	84
4.1	Introducción	84
4.2	Planificación por Puntos de Función.....	84
4.3	Determinación de los Costos	87
4.4	Beneficios Tangibles e Intangibles.....	91
4.5	Análisis de los Costos y los Beneficios.....	91
4.6	Prueba de Hipótesis.....	92
4.7	Conclusiones.....	95
CONCLUSIONES		96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		98
ANEXOS	105	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Comparación en cuanto a aspectos relacionados con el proceso...	43
Tabla 2.2. Aspectos que toma en cuenta el modelado.....	44
Tabla 2.3. Comparación en cuanto a los conceptos considerados en los Modelos.....	45
Tabla 3.1. Especificación del CU Insertar Rasgos.....	59
Tabla 3.2. Especificación del CU Recibir Diagnóstico Presuntivo.....	59
Tabla 3.3. Especificación del CU Cargar Fichero.....	60
Tabla 3.4. Especificación del CU Salvar Fichero.....	60
Tabla 3.5. Especificación del CU Recibir Tratamiento.....	61
Tabla 3.6. Especificación del CU Obtener Reporte.....	61
Tabla 3.7. Especificación del CU Consultar.....	62
Tabla 3.8. Especificación del CU Obtener Datos Borrosos.....	62
Tabla 3.9. Especificación del CU Clasificar Datos Borrosos.....	63
Tabla 3.10. Especificación del CU Almacenar Hechos Prolog.....	63
Tabla 3.11. Especificación del CU Inferir Diagnóstico Presuntivo.....	64
Tabla 3.12. Especificación del CU Obtener Hechos Prolog.....	64
Tabla 3.13. Especificación del Escenario Consultar.....	69
Tabla 4.1. Planificación: Entradas Externas.....	81

Tabla 4.2. Planificación: Salidas Externas.....	82
Tabla 4.3. Planificación: Consultas Externas (Peticiones).....	82
Tabla 4.4. Planificación: Archivos Lógicos Internos (Ficheros internos).....	82
Tabla 4.5. Planificación: Punto de función.....	83
Tabla 4.6 Planificación: Miles de instrucciones fuentes.....	83
Tabla 4.7 Cálculo del esfuerzo, tiempo de desarrollo, cantidad de hombres y costo.....	84
Tabla 4.8. Costos totales.....	87
Tabla 4.9 Porcentaje de efectividad del diagnóstico realizado.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura de una Solución Cooperativa de Problemas Distribuidos..	13
Figura 1.2 Visión esquemática de un Agente Inteligente.....	15
Figura 1.3. Adquisición del conocimiento a través del Ingeniero de Conocimiento.....	19
Figura 2.1. Modelos de MAS-CommonKADS para la definición del SMA.....	35
Figura 2.2. Modelos y fases en la metodología PASSI.....	39
Figura 2.3 Conjunto de Modelos que tratan con el SMA para Ingenias.....	41
Figura 3.1. Diagrama de Entorno.....	57
Figura 3.2. Diagrama de Descripción de Dominio.....	58
Figura 3.3. Diagrama de Identificación de Agente.....	65
Figura 3.4. Diagrama de Identificación de Roles: Consultar.....	68
Figura 3.5. Diagrama Descripción de Ontología de Dominio.....	72
Figura 3.6. Diagrama Descripción de Ontología de Comunicación.....	73
Figura 3.7. Diagrama Descripción de Roles.....	74
Figura 3.8. Diagrama Descripción de Protocolos.....	75
Figura 3.9. Diagrama Definición de Estructura del SMA.....	76
Figura 3.10 Diagrama Descripción de la Conducta del sistema multiagente.....	77
Figura 3.11 Diagrama de Configuración del Despliegue.....	79

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC) se hacen cada día más importantes en diversas áreas del quehacer humano, debido a su rapidez para analizar, procesar y comunicar grandes cantidades de información. Su avance a lo largo de la historia ha logrado importantes transformaciones sociales, económicas y culturales en la humanidad, a tal punto que la informatización de la sociedad, a escala mundial, es algo que ya se ha hecho imprescindible y con lo que obligatoriamente vivimos.

Hacia la década de los sesenta este impetuoso desarrollo de las TIC experimenta el importante surgimiento de la Inteligencia Artificial (IA), acuñado inicialmente por John McCarthy para definir los métodos algorítmicos capaces de hacer pensar a los ordenadores. Su principal objetivo es hacer las computadoras más inteligentes creando software que imiten las funciones del cerebro en diferentes áreas de aplicación, mostrando un comportamiento similar al humano.

Hacia mediados de los sesentas la IA se convierte en un área en la que se interesan e interactúan especialistas de diversas disciplinas: ingenieros, psicólogos, matemáticos, lingüistas, médicos, entre otros.

A principios de los años ochenta la IA empieza a aplicarse en la solución de problemas reales con la aparición de los sistemas basados en el conocimiento; complejos programas de computador en los que se codifica el conocimiento de expertos en una materia muy concreta, los cuales se declaran como una línea de investigación prioritaria dentro de la Informática. Este conocimiento puede ser representado de diversas maneras, siendo las más difundidas mediante reglas de producción y basado en casos.

Recientemente se han desarrollado variadas técnicas de la Inteligencia Artificial, las cuales han probado que se caracterizan por ser soportes de ayuda poderosos para tomar decisiones en diversas actividades humanas. Estos soportes deben ser capaces de considerar la información cualitativa y a partir de ella diseñar e implementar modelos estadísticos y computacionales que asistan a los decisores en la resolución de los diversos problemas a ser resueltos.

En la actualidad, la IA se está aplicando a numerosas acciones realizadas por los seres humanos y se destacan entre otras, líneas de investigación científicas como la robótica, la visión artificial, técnicas de aprendizaje y la gestión del conocimiento. Estas dos últimas aplicaciones son dirigidas fundamentalmente al campo de las ciencias médicas, debido a que existe una fuerte motivación orientada a la construcción de sistemas de información que incorporen conocimiento, y que permitan a los médicos tomar decisiones eficientes y oportunas en el ámbito de la gestión de la información médica.

Resulta fundamental la integración de diversas técnicas surgidas dentro de la IA para la representación y uso del conocimiento, como son las redes neuronales, la lógica difusa, algoritmos genéticos, los agentes inteligentes en la programación distribuida, sistemas expertos, entre otros; hay que destacar la clara tendencia actual hacia la fusión de estas técnicas pues los problemas del mundo real son lo suficientemente complejos como para que no haya una herramienta única que lo resuelva todo. Todas estas disciplinas tratan el problema de la inteligencia desde puntos de vista, a veces diferentes, en ocasiones paralelos. El proceso hasta lograr el desarrollo de una inteligencia artificial de nivel comparable a la de un ser humano es un largo camino que se prolonga durante muchos años; no obstante, ya se han alcanzado importantes logros.

Uno de los campos de la actividad humana que se ha visto más beneficiado por la informática y las técnicas de la IA es el área de la salud, dando lugar al impetuoso surgimiento de la Informática Médica, situada en la intersección entre la informática y las diferentes disciplinas en la medicina y los cuidados de salud. Consta de un amplio dominio de aplicación en el que las técnicas mencionadas se

aplican tanto al tratamiento de los datos de los pacientes como a los procesos a través de los cuales se desarrollan el diagnóstico y el tratamiento médico, en el uso de dispositivos electrónicos para hacer mediciones, archivos de imágenes, el manejo y el uso ético de la información médica, la enseñanza y la investigación. Su empleo para la solución de los problemas en todas las esferas de las ciencias biomédicas y en la gestión de las instituciones de salud crece a pasos agigantados tanto en países altamente industrializados como los que están en vía de desarrollo.

Cuba, a pesar de la difícil situación económica que presenta, se ha mantenido actualizada en la medida de las condiciones y su desarrollo es reconocido por los especialistas de nivel internacional que tienen oportunidad de conocer nuestro trabajo. Es miembro fundador de la Asociación Mundial de Informática Médica (IMIA), de la cual existe una filial en América Latina (IMIALAT); en nuestro país se han desarrollado Congresos Internacionales de Informática Médica y contamos con una comunidad de individuos e instituciones dedicadas a este quehacer en su más amplia acepción.

En Cuba la informática médica se desarrolla en forma continua y acelerada, cada vez es mayor el número de profesionales interesados en aplicar estas herramientas de trabajo. Es interés de la dirección del estado cubano la informatización de todo el sistema de salud con especial énfasis en la Atención Primaria. La modernización del Sistema Nacional de Salud ha permitido la introducción de tecnologías de punta para servir de apoyo a la asistencia médica cubana. Muchos centros de investigación han dedicado parte de su trabajo a crear tecnología y equipos computarizados de apoyo a la actividad médica, tanto en el mundo del hardware como del software. Se aplican técnicas de IA en la solución de problemas, medios de diagnósticos para el apoyo y la enseñanza de los estudiantes y profesionales de la salud, así como variados tipos de aplicaciones educativas y de gestión en todas las provincias con una interconexión progresiva a cargo de Infomed.

Innumerables han sido los logros alcanzados por la medicina cubana y los esfuerzos realizados por nuestro Estado Socialista para mantener una atención sanitaria a la altura de países desarrollados. A lo largo y ancho del país radican escuelas de medicina donde se forman especialistas de las distintas áreas de salud, altamente reconocidos a nivel internacional por los avances logrados en áreas de la investigación, el conocimiento, y los servicios que estos prestan tanto en nuestro país como en cualquier lugar del mundo.

Uno de las áreas de aplicación más polémicas y difundidas de la Informática es el diagnóstico médico, por las fuertes implicaciones éticas que este puede ocasionar. Este hecho influye en los médicos modificando sus hábitos y su conducta profesional, y crea actitudes proclives en no pocos, de aceptar como infalible cada nueva introducción tecnológica. Sería iluso suponer que la tecnología irrumpe en la sociedad y por lo tanto en la medicina en las últimas décadas. Con la implantación de software que contribuya al diagnóstico, estos sistemas en ningún momento sustituyen o reemplazan la actividad del profesional en sus actividades o la imposición de tratamiento, pues *“la idea no es reemplazar a los seres humanos sino proveerlos de una poderosa herramienta para asistirlos en su trabajo”*.

En las Escuelas de Medicinas se forman médicos, los cuales rotan durante los seis años de estudios por cada una de las diferentes áreas de los centros hospitalarios para su completa formación profesional. Al concluir sus estudios son ubicados en su mayoría en centros de Atención Primaria para ejercer sus primeros conocimientos médicos. Es frecuente que en estos centros tengan que enfrentarse a pacientes con dolencias ginecológicas. Desafortunadamente, estos médicos jóvenes no cuentan con la experiencia adquirida por especialistas en Ginecología para diagnosticar las patologías asociadas a ésta. GINECO¹ es un Sistema informático para el diagnóstico de las enfermedades ginecológicas más comunes, software desarrollado en la provincia de Cienfuegos con una detallada recopilación de información de expertos en el tema. Este sistema fue propuesto por su autor

¹ Fernández Sánchez, “GINECO: Agentes Inteligentes para el Diagnóstico de Patologías Ginecológicas.”

para contribuir al apoyo de estos profesionales en el diagnóstico de esta especialidad.

A pesar de ser esta herramienta un avance en lo que a este tipo de rama se refiere en el país, ha sido criticado por no ser capaz de devolver un Diagnóstico Presuntivo a un médico en su quehacer durante la Atención Primaria, además de no poseer una interfaz acorde a las características de estos por su difícil acceso a la información. También se cuenta con dos sistemas expertos asociados a esta rama: DITRITS (Diagnóstico y Tratamiento de Infecciones de Transmisión Sexual) y DEnt (Diagnóstico de Endometriosis), ambos realizan diagnósticos en el área de la ginecología pero tampoco proveen la predicción del diagnóstico.

El diagnóstico presuntivo no es más que la hipótesis inicial que el médico utiliza para explicar las quejas de una paciente y se deriva de un análisis de los conceptos iniciales (interrogatorio y examen físico); generalmente como resultado, son orientados exámenes complementarios para comprobar las hipótesis antes formuladas. Todo diagnóstico se considera presuntivo hasta tanto no se confirmen sus premisas.

En los centros de Atención Primaria, la obtención de un Diagnóstico Presuntivo es de vital importancia pues el médico debe a partir de los síntomas y signos que refiere la paciente “sospechar” las posibles dolencias e indicar adecuadamente los exámenes complementarios para la certera confirmación. Un diagnóstico presuntivo errado implicaría un diagnóstico final demorado por la necesidad de reconsultar a la paciente en otros centros de salud o con otros médicos. Las consecuencias adversas que pueden aparecer son diversas tanto desde el punto de vista social como el estado de la salud personal del individuo; pues al padecer durante más tiempo una enfermedad ginecológica implica tratamientos y métodos quirúrgicos más invasivos, así como la desvinculación de la vida social y laboral que esta pueda implicar.

A raíz de todo lo expuesto se plantea la siguiente **Situación Problemática:**

En los centros de Atención Primaria abundan médicos muy jóvenes de las escuelas de medicina, y a la vez un gran número de las pacientes que arriban a

las consultas padecen enfermedades ginecológicas. Al enfrentarse a un caso los mismos no cuentan con la experiencia adquirida por especialistas en Ginecología para diagnosticar las patologías asociadas a esta especialidad, les sería muy útil contar con una herramienta que apoyara la efectividad del diagnóstico presuntivo y así contribuir a que las pacientes no se vean afectadas por períodos prolongados sin tratamientos a sus dolencias.

Por lo que se plantea el siguiente **Problema** a resolver:

Ausencia de un sistema informático que permita realizar el diagnóstico presuntivo de las Patologías Ginecológicas más comunes.

Del cual surgen las siguientes **Preguntas de la Investigación**:

- ✓ ¿Se podría definir un sistema informático que permita realizar diagnósticos presuntivos de las patologías ginecológicas más comunes?
- ✓ ¿Será capaz un sistema informático de recomendarle a una paciente un tratamiento acertado para su patología?
- ✓ ¿Se podría confiar en un Diagnóstico Presuntivo que se obtiene a través de un sistema informático?
- ✓ ¿Será posible que una de las metodologías difundidas en la actualidad complete el ciclo de vida del desarrollo del software y modele un Sistema Informático lo más estándar posible?

El **Objeto de Estudio**: Las enfermedades ginecológicas, su diagnóstico y tratamiento. El **Campo de Acción**: El diagnóstico presuntivo de las enfermedades ginecológicas más frecuentes en la provincia de Cienfuegos.

Como **Objetivo General** se planteó:

Implementar un Sistema Informático para el diagnóstico presuntivo de Enfermedades Ginecológicas.

Del mismo se derivan los siguientes **Objetivos Específicos**:

1. Confeccionar el proceso de ingeniería del conocimiento necesario para poder aplicar un sistema basado en el conocimiento.

2. Diseñar la interfaz gráfica de la solución que se propone.
3. Implementar un sistema informático para el diagnóstico presuntivo de patologías ginecológicas.
4. Validar la solución propuesta.

Como **Hipótesis** se plantea que:

Si se confecciona un sistema informático inteligente que obtenga un Diagnóstico Presuntivo de las enfermedades, **entonces** se logra un mejor desempeño en el tratamiento de este tipo de enfermedades en los centros de Atención Primaria aumentando el por ciento de efectividad del diagnóstico realizado.

Donde fueron identificadas los siguientes grupos de **variables**:

X₁: Los Motivos de la Consulta.

X₂: Los Antecedentes.

X₃: Los Síntomas Y Signos.

X₄: El Examen Ginecológico.

Para lograr esta investigación se desarrollaron las siguientes **Tareas Científicas**:

1. Estudio de la actualidad de los Sistemas de Diagnóstico médico en el mundo mediante búsquedas bibliográficas.
2. Estudio del proceso de diagnóstico y tratamiento de las enfermedades ginecológicas en los centros de Atención Primaria.
3. Recopilación del conocimiento y sugerencias médicas a través de entrevistas, encuestas y la literatura científico-técnica sobre el dominio que se aborda.
4. Representación del conocimiento de los expertos médicos mediante reglas de producción.
5. Análisis de las principales técnicas de solución de problemas, herramientas y tecnologías actuales para la implementación del sistema informático.

6. Revisión de las principales metodologías de la ingeniería del software para aplicar a la solución propuesta mediante una búsqueda bibliográfica en cuanto a trabajos comparativos existentes.
7. Aplicación de la metodología propuesta en el diseño de la estructura interna del sistema.
8. Validación de los resultados obtenidos.

Se aplicaron los siguientes métodos teóricos:

1. Inducción – deducción, con el objetivo de estructurar el conocimiento científico a partir de la revisión bibliográfica.
2. Histórico – lógico, para conocer el problema estudiado en su origen y desarrollo; desde el punto de vista de la informática, y de la medicina, así como del empleo de nuevas tecnologías como recurso válido para el diagnóstico.
3. Análisis y síntesis, para poder establecer nexos, comparar resultados, determinar enfoques comunes y aspectos distintivos de los diferentes enfoques estudiados, lo que permite arribar a conclusiones.
4. Enfoque sistémico, para abordar la utilización de un sistema informático en el diagnóstico como parte de un sistema (proceso de diagnóstico de enfermedades) que a su vez forma parte de un sistema más amplio con el cual interactúa, que es sistema de salud.

Se aplicaron los siguientes métodos empíricos:

1. Entrevistas individual: Se le realizó a especialistas en ginecología con el objetivo de conocer sus opiniones acerca del diseño y estructura utilizada en la información médica.
2. Análisis de documentos: estudio bibliográfico y documental, acerca del estado actual de la Ingeniería Orientada a Agentes. Se revisaron diferentes trabajos científicos y se realiza una breve comparación.
3. Criterios de especialistas: Se consultó la opinión de diferentes expertos, que por sus conocimientos y experiencias aportaron grandes ideas a la implementación propuesta, ofreciendo valoraciones y recomendaciones al respecto.

El **valor práctico** está en la implementación de un Sistema informático usando técnicas de la Inteligencia Artificial, en el área del diagnóstico presuntivo ginecológico con la sistematización del conjunto de patologías más frecuentes en dicha especialidad.

Para desarrollar cada uno de estos objetivos se estructuró este documento escrito en 4 capítulos:

En el Capítulo 1, *“Técnicas de la Inteligencia Artificial para el desarrollo de Sistemas Multiagente en función del Diagnóstico Médico”*, se exponen los avances de la Inteligencia Artificial más relevantes que recoge la literatura relacionados con la obtención de modelos, herramientas y metodologías para la construcción de sistemas distribuidos. Se realiza un análisis de las metodologías orientadas a agentes, así como de las técnicas de la IA asociadas al problema.

En el Capítulo 2, *“Metodologías, herramientas y lenguajes a considerar para el desarrollo del sistema”*, se realiza la descripción de las metodologías, herramientas, plataformas y lenguajes utilizados para el desarrollo del sistema propuesto, realizándose un detallado análisis en las metodologías por su escasa estandarización en la actualidad.

En el Capítulo 3, *“Diseño de la solución propuesta con PASSI (Process for Agent Societies Specification and Implementation).”*, se ofrece la aplicación de la metodología seleccionada a través de todas sus etapas y modelos relacionados para obtener la solución que se propone.

En el Capítulo 4, *“Estudio de la factibilidad y Validación de la solución propuesta”*, se describe la factibilidad del sistema teniendo en cuenta el análisis de los costos, beneficios y planificación para el desarrollo de la aplicación propuesta. También se realiza la validación de los resultados mediante una prueba de hipótesis.

CAPÍTULO 1. “Técnicas de la Inteligencia Artificial para el desarrollo de Sistemas Multiagente en función del Diagnóstico Médico”.

1.1 Introducción

La Inteligencia Artificial incluye dentro de sus funciones el desarrollo de sistemas que exhiben un comportamiento inteligente. La creación de los Sistemas Multiagente constituye un ejemplo de esto, donde una de sus principales aplicaciones consiste en el diagnóstico médico. En este capítulo se realiza una detallada descripción teórica de las técnicas de la IA que son utilizadas en este tipo de problema. Además se describen los conceptos principales que son necesarios para comprender el Objeto de Estudio, así como los sistemas existentes en la actualidad.

1.2 Descripción del Dominio

1.2.1 Inteligencia Artificial

La IA ha resultado ser algo mucho más compleja de lo que muchos imaginaron al principio. No existe aún ninguna definición única y rigurosa que cubra adecuadamente todos los aspectos que el término quiere representar.

Elaine Rich la define de la forma siguiente *“la IA es el estudio de cómo lograr que las computadoras hagan cosas que por el momento, las personas hacen mejor. Una computadora encuentra las raíces de una ecuación mucho más rápido y con mayor exactitud que un hombre; sin embargo, el hombre reconoce mucho mejor*

un conjunto de caracteres”². Una definición dada por Winston indica que: “*es el estudio de las ideas que habilitan a la computadora para ser inteligente*”³.

A pesar de la diversidad de definiciones existentes las investigaciones en la IA se realizan con dos propósitos fundamentales, lograr que las computadoras ejecuten tareas que resueltas por humanos solemos llamar inteligentes y comprender los principios que hacen esta inteligencia posible.

1.2.2 Inteligencia Artificial Distribuida

La Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) surge a finales de los años 70 como una nueva rama de la IA que tiene el fin de estudiar sistemas inteligentes formados por un conjunto de varios nodos (sistemas expertos, actores, nodos de proceso o fuentes de conocimiento) que intentan resolver problemas en donde una conducta colectiva es más eficiente que una conducta individual, pues no existe un agente lo suficientemente experto, ni que disponga de todos los recursos o información requeridos para resolver completamente el problema⁴.

Iglesias⁵ define a la Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) como “*aquella parte de la IA que se centra en comportamientos inteligentes colectivos que son producto de la cooperación de diversos agentes*”.

En la investigación de IAD, se identifican dos corrientes:

- 1- La investigación en IAD de granulado fino, modelo de procesamiento paralelo distribuido o modelo neuronal, que se inspira en la organización de las neuronas en el cerebro.

² Rich y Knight, *Inteligencia Artificial*.

³ Rodríguez Elías, “Desarrollo de Sistemas Multiagentes.”

⁴ Colectivo de Autores, “INTELIGENCIA ARTIFICIAL DISTRIBUIDA.”

⁵ Iglesias Fernández, “Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente.”

- 2- El modelo de IAD de granulado grueso es en el cual la resolución de problemas se realiza mediante un colectivo de sistemas inteligentes, también denominados agentes, expertos o fuentes de conocimientos, se distingue por el procesamiento distribuido a nivel macroscópico (tareas) y por tratar en general con un número menor de agentes, más sofisticados.

Debido a que las dos corrientes tratan con problemas a muy diferente nivel de abstracción, estas han crecido como dos subcampos distintos. El mundo de la IAD de granulado grueso (reconocida simplemente por muchos autores como IAD) se divide en dos áreas fundamentales: la Solución Cooperativa de Problemas Distribuidos (SCPD) y la Inteligencia Artificial Paralela (IAP). La SCPD enfoca al análisis de las interacciones cooperativas de un grupo de agentes inteligentes para resolver conjuntamente problemas distribuidos, y está representada en dos vertientes:

- a) Resolución distribuida de problemas (*DPS-Distributed Problem Solving*). En esta área, el trabajo de resolver un problema se divide entre un número de módulos o "nodos" que cooperan, luego el conocimiento acerca del problema y del desarrollo de la solución estará dividido y/o compartido entre los diferentes nodos del sistema.
- b) Sistemas multiagentes (*MAS-Multi Agent System*). En esta área la investigación está relacionada con el comportamiento inteligente coordinado entre procesos computacionales cada uno con un único control y/o intención, o sea, una colección de agentes autónomos e inteligentes, que pueden coordinar sus conocimientos, objetivos, habilidades y planes conjuntamente para efectuar una acción o resolver problemas.

La IAD logra romper con la limitante de tener un solo sistema experto para resolver problemas que son potencialmente más grandes. También resulta una motivación de la IAD lograr entender los fenómenos de la cooperación y de la coordinación de los seres humanos.

Con la distribución se esperan conseguir ventajas como la aceleración, flexibilidad (modificar módulos sin afectar los demás), extensibilidad (se puede extender la capacidad del sistema incluyendo un nuevo experto o la potencia de un sistema puede ser aumentada con varias copias del mismo agente) y seguridad (teniendo varios agentes trabajando en un mismo aspecto de un problema)⁶. Los agentes pueden trabajar en paralelo incrementando la variedad de soluciones y cada uno puede proponer varias soluciones independientes, las cuales podrían ser analizadas (combinadas) por otros agentes. Generalmente se cuenta con un agente facilitador como núcleo central del sistema. El mismo no tiene conocimiento sobre el problema, su función es sólo organizar a los agentes, pues él sabe a quién preguntarle cada funcionalidad. La estructura de un sistema de este tipo puede verse en la **Figura 1.1**.⁷

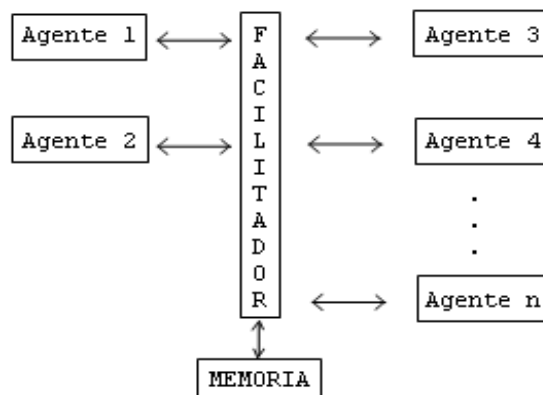


Figura 1.1 Estructura de una Solución Cooperativa de Problemas Distribuidos

Los problemas básicos que tienen que resolver los sistemas de inteligencia distribuida son ante todo, cómo resolver interacciones entre los subproblemas a ser resueltos por los diferentes agentes, posteriormente cómo controlar las actividades entre los agentes para explotar el paralelismo y tercero, cómo integrar los resultados parciales para obtener un resultado global final. Es posible

⁶ Fernández Sánchez, “GINECO: Agentes Inteligentes para el Diagnóstico de Patologías Ginecológicas.”

⁷ Colectivo de Autores, *Introducción a la IA*.

interpretar esta definición como una unidad de trabajo cooperativo de forma que un entorno de software para trabajo cooperativo será un conjunto de herramientas que soporte la cooperación entre un grupo de agentes que resuelvan diferentes tipos de problemas.⁸

1.2.2.1 Sistemas Multiagente

Debido al carácter distribuido de los entornos y a la necesidad de cooperación entre los agentes sobre todo en la solución de problemas complejos, han ido surgiendo métodos que permiten la colaboración de varios agentes para lograr objetivos comunes. Para estos casos surgen los Sistemas multiagente (SMA) dentro de la IAD. Su filosofía de trabajo implica no sólo la comunicación entre agentes sino también lograr una actuación coordinada sobre el entorno. Este hecho aumenta la complejidad del desarrollo de los SMA, ya que obliga a realizar un estudio en todos sus detalles del entorno para detectar que acciones realizadas por un agente pueden afectar a otro y por supuesto al entorno en si.⁹

Existe una diversidad de conceptos asociados a los Sistema Multiagente (SMA). Uno de los más conocidos es que: *un Sistema Multiagente se conoce por un conjunto de agentes autónomos, generalmente heterogéneos y potencialmente independientes, que trabajan en común resolviendo un problema. Estos agentes vinculados con la noción de agente inteligente son capaces de tomar la iniciativa, compartir conocimiento, cooperar y negociar, y comprometerse con metas comunes*¹⁰. Por tanto, un sistema multiagente requiere dos o más agentes, uno autónomo, y al menos una relación entre dos agentes donde uno satisface el objetivo del otro.¹¹

⁸ Fernández Sánchez, “GINECO: Agentes Inteligentes para el Diagnóstico de Patologías Ginecológicas.”

⁹ Alejandro, “TEMA 4: AGENTES INTELIGENTES.”

¹⁰ “Agentes.”

¹¹ Pedro Cuesta Morales, “ISOA.”

La ventaja de los paradigmas multiagente está asociada a su capacidad para modelar el desarrollo de sistemas en entornos complejos y distribuidos (estudio del desarrollo de las comunidades humanas y su comportamiento, estudios sobre comercio electrónico asociados a los valores en bolsa, teoría de juegos, diagnóstico médico, entre otros). Las interacciones más habituales como son informar o consultar a otros agentes les permite «hablar» entre ellos, tener en cuenta lo que realiza cada uno y razonar acerca del papel jugado por los diferentes agentes que constituyen el sistema. La comunicación entre los agentes se realiza por medio de un lenguaje de comunicación de agentes.¹²

Estos sistemas (SMA) considerados como un todo, exhiben características particulares como son: la organización social, cooperación, coordinación, negociación, y control.

1.2.2.2 Agentes Inteligentes

Se pueden encontrar un sinnúmero de definiciones de *agentes*, no existiendo aún un estándar definido internacionalmente.. En la siguiente figura 1.2 se muestra la visión esquemática de una agente inteligente.¹³

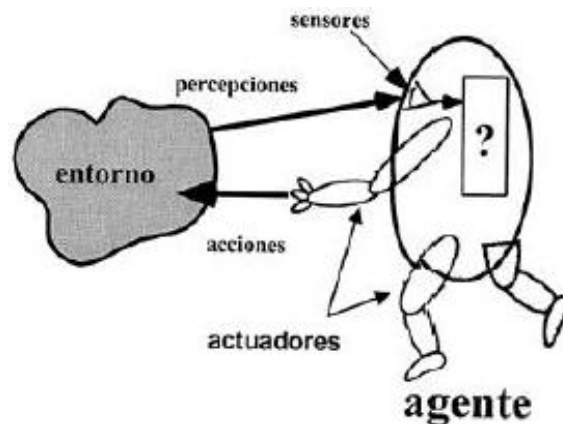


Figura 1.2 Visión esquemática de un Agente Inteligente

¹² Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

¹³ Julián y Botti, “Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial.”

Los agentes inteligentes son agentes de software con la capacidad de tomar decisiones racionales cuando se les presenta una elección. Si un agente inteligente tiene un objetivo, tomará decisiones para seguir el curso de acciones que le conducirá a cumplir el objetivo¹⁴. También podríamos decir que un agente inteligente es una entidad software que, basándose en su propio conocimiento, realiza un conjunto de operaciones para satisfacer las necesidades de un usuario o de otro programa, bien por iniciativa propia o porque alguno de éstos se lo requiere.¹⁵

Un intento para la unificación puede encontrarse en FIPA (*“Foundation for Intelligent Physical Agents”*) donde se define como *una entidad de software con un grupo de propiedades entre las que se destacan ser capaz de actuar en un ambiente, comunicarse directamente con otros agentes, estar condicionado por un conjunto de tendencias u objetivos, manejar recursos propios, ser capaz de percibir su ambiente y tomar de él una representación parcial, ser una entidad que posee habilidades y ofrece servicios, que puede reproducirse, etc.*¹⁶ Las características de agentes que en la literatura se suelen atribuir en mayor o menor grado para resolver problemas particulares son:

- ✓ *Continuidad Temporal*: se considera un agente un proceso sin fin, ejecutándose continuamente y desarrollando su función.
- ✓ *Autonomía*: un agente es completamente autónomo si es capaz de actuar basándose en su experiencia. El agente es capaz de adaptarse aunque el entorno cambie severamente. Por otra parte, una definición menos estricta de autonomía sería cuando el agente percibe el entorno.
- ✓ *Sociabilidad*: este atributo permite a un agente comunicar con otros agentes o incluso con otras entidades.

¹⁴ Abián, “¿TIENEN LOS AGENTES INTELIGENTES CREENCIAS, INTENCIONES Y DESEOS?”

¹⁵ Hípola y Vargas-Quesada, “Agentes inteligentes: definición y topología. Los agentes de información.”

¹⁶ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

- ✓ *Racionalidad*: el agente siempre realiza «lo correcto» a partir de los datos que percibe del entorno.
- ✓ *Reactividad*: un agente actúa como resultado de cambios en su entorno. En este caso, un agente percibe el entorno y esos cambios dirigen el comportamiento del agente.
- ✓ *Pro-actividad*: un agente es pro-activo cuando es capaz de controlar sus propios objetivos a pesar de cambios en el entorno.
- ✓ *Adaptabilidad*: está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- ✓ *Movilidad*: capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática.
- ✓ *Veracidad*: asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.
- ✓ *Benevolencia*: asunción de que un agente está dispuesto a ayudar a otros agentes si esto no entra en conflicto con sus propios objetivos.¹⁷

Comunicación entre Agentes: El problema que surge cuando dos seres inteligentes intentan interactuar es que necesitan normas y un canal de comunicación: deben de utilizar el mismo lenguaje, estar de acuerdo en el significado de los símbolos de ese lenguaje, tener un mecanismo de comunicación para el intercambio de mensajes, no hablar al mismo tiempo, etc. En resumen, debe de existir comunicación.

Los protocolos de interacción entre agentes suelen ser bastante complejos. Cada uno de ellos describe un patrón de comunicación como una secuencia permitida de mensajes entre agentes y las restricciones en el contenido de dichos mensajes.

Una propuesta que se está convirtiendo en un estándar que siguen la mayoría de sistemas de desarrollo de agentes son las descripciones dadas por la organización FIPA, la cual fue creada en 1996 para producir software estándar de sistemas

¹⁷ Julián y Botti, “Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial.”

basados en agentes, heterogéneos e interactuando entre ellos. FIPA ha elaborado una serie de especificaciones que pueden ser usadas con este fin.¹⁸

Semántica y Ontologías: El objetivo de una ontología es el estudio de todas las clases de entidades que conforman nuestro mundo, de la existencia en sí. Así, llamamos una ontología a un catálogo de los tipos de cosas que asumimos que existen en un dominio de interés, desde la perspectiva de una persona que usa un lenguaje con el propósito de hablar acerca de ese dominio. Aunque el término procede de la Filosofía, en los últimos tiempos ha sido reutilizado en el campo de la Inteligencia Artificial y en concreto en los Sistemas Multiagente.

Una ontología es, por tanto, una *“entidad computacional que consiste en un conjunto de información que es útil en el dominio del problema que se está tratando”*. Los agentes intercambiarán información según el formato de los hechos especificados en la misma. La necesidad de utilizarlas viene dada por la complejidad inherente a las aplicaciones desarrolladas en el contexto de los SMA, que hace que se presenten dificultades como la abundancia de comunicación, interoperabilidad de sistemas y plataformas, así como problemas semánticos.

La IA como ya se ha mencionado se encarga de construir agentes inteligentes que posean un nivel de racionalidad, autonomía, percepciones y desempeño o eficiencia hacia un comportamiento apropiado, con la posesión de suficientes conocimientos y experticia humana acerca de un dominio particular. Así mismo cada agente debe poseer estrategias de análisis: métodos de razonamiento y/o aprendizaje para manipular este conocimiento y resolver tales problemas como lo haría el experto humano (gerente, ingeniero, médico, operario, etc.), para esto frecuentemente son usadas importantes técnicas de la IA como son: los sistemas expertos, los sistemas borrosos, las redes neuronales, y los sistemas basados en el conocimiento, entre otros.

¹⁸ Rizo, Llorens, y Pujol, “Arquitectura y Comunicacion entre Agentes.”

1.2.3 Ingeniería del Conocimiento.

La Ingeniería del Conocimiento surge como consecuencia de la necesidad de establecer principios metodológicos y científicos que permitan desarrollar Sistemas de Información Basados en el Conocimiento. Se define como el subcampo de la Inteligencia Artificial concerniente a la adquisición, representación y aplicación de conocimientos, o como la disciplina de la Ingeniería por la cual el conocimiento se integra dentro de un sistema de computador para resolver problemas complejos que normalmente requieren un alto nivel de experiencia humana. Dando esto lugar al surgimiento de los Sistemas Basados en el Conocimiento.

1.2.3.1 Sistemas Basados en el Conocimiento

Los Sistemas Basados en el conocimiento (SBC) son sistemas avanzados de representación y resolución de problemas complejos ya sean semiestructurados o no estructurados. Su uso se puede encontrar en todas las ramas de aplicaciones especiales de los sistemas informáticos donde se requieran prestaciones especiales, sobre todo en aquellas áreas donde el conocimiento de expertos sea el soporte básico como son la medicina, industria, gestión, finanzas, organización empresarial y otros.

La naturaleza del conocimiento que contienen es la mayor parte de las veces derivado de la experiencia acumulada en áreas determinadas y la validación de estos sistemas requiere una metodología diferente a la de los sistemas convencionales dada la característica simbólica (y no numérica) del conocimiento que contienen¹⁹. Existen diversos tipos de SBC como son: Sistemas basados en reglas (SBR), Sistemas basados en Frames, Sistemas basados en Casos (SBCa) y Sistemas basados en Probabilidades.²⁰

¹⁹ Morales, “Ventajas de Sistemas Basados en Conocimiento.”

²⁰ Colectivo de Autores, “Sistemas Basados en el Conocimiento.”

Los Sistemas Expertos (SE) son programas sofisticados de computación que manipulan conocimientos de expertos para resolver, eficiente y efectivamente, problemas de un área específica, tal como lo hacen los expertos humanos²¹; por lo que constituyen SBC. Su finalidad y principal actividad no es copiar los procesos mentales humanos en la manera más fiel, sino lograr las mejores respuestas a preguntas de datos reales.

1.2.3.2 Sistemas Basados en Reglas

Los SBR son unos de los SBC más utilizados actualmente debido a su fácil manejo y representación del conocimiento médico. Los SBCa son realmente ventajosos cuando se posee un elevado número de casos y no siempre encuentra soluciones óptimas. Debido a las características del conocimiento obtenido los SBR resultan más apropiados que los SBCa.

En los SBR la forma de representación del conocimiento usada son las reglas de producción y como método de inferencia utiliza la regla *modus ponens* según²², llamados frecuentemente sistemas de producción; una idea que data de 1943, expresada por E.L. Post.

Las reglas utilizan un formato *If-Then* para representar el conocimiento, la parte *If* de una regla es una condición (también llamada premisa o antecedente), y la parte *Then* (también llamada acción, conclusión consecuente) permite inferir un conjunto de hechos nuevos si se verifican las condiciones establecidas en la parte *If*.

Un sistema de reglas de producción está constituido fundamentalmente por una base de conocimiento, una memoria de trabajo y una máquina de inferencia. El proceso de solución de problemas en un SBR es crear una cadena de inferencias

²¹ Colectivo de Autores, *Introducción a la IA*.

²² Bello, “Aplicaciones de la Inteligencia Artificial.”

que constituye un camino entre la definición del problema y su solución. Esta cadena de inferencias puede construirse por dos vías (direcciones de búsqueda):

1. Comenzar con todos los datos conocidos y progresar hacia la conclusión (*data drive o forward chaining*). Apropiaada cuando hay pocos datos de entrada o la cantidad de conclusiones posibles es grande.
2. Seleccionar una conclusión posible y tratar de probar su validez buscando evidencias que la soporten (*goal drive o backward chaining*). Apropiaada cuando hay pocas conclusiones posibles o los valores de entrada no son adquiridos automáticamente.²³

La **adquisición del conocimiento** es la transferencia de la pericia de las fuentes de conocimiento hacia el Sistema Basado en el Conocimiento; el conocimiento experto por dilucidar es una colección de hechos especializados, procedimientos y reglas sobre el dominio estrecho, en lugar de conocimiento general sobre el dominio o conocimiento de sentido común.

Como hay diferentes fuentes de conocimiento, hay diferentes modos para realizar la adquisición del conocimiento, pueden ser a través del ingeniero de conocimientos, de un programa editor, de un programa de inducción y/o a través de un editor inteligente.

Las **ventajas** de la utilización de los SBR son la modularidad, uniformidad, naturalidad, amplia distribución de conocimiento experto escaso, gran accesibilidad y la preservación del conocimiento experto. Mientras que dentro de sus principales **desventajas** está el encadenamiento infinito, la adición de nuevo conocimiento que pueda resultar contradictorio, visión parcial, se pierde la

²³ García García, “DITRITS Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de las Infecciones de Transmisión Sexual.”

perspectiva global del conjunto de reglas y hay dominios en que las entradas varían mucho y requerirán miles de reglas para considerar todas las situaciones.

Para la construcción de los SBR se tienen las fuentes de conocimiento siguientes: los expertos (casi indispensable), la literatura científico-técnica sobre el dominio de aplicación y ejemplos de problemas con sus soluciones del dominio de aplicación. El papel de los expertos es fundamental, ellos aportan su conocimiento privado y orientan al ingeniero de conocimiento en el estudio de la información científico-técnica y en el análisis de los ejemplos. Decimos expertos y no experto, pues es preferible trabajar con más de un experto.

1.2.4 Sistemas Borrosos.

Los sistemas borrosos constituyen otra de las técnicas utilizadas por los agentes inteligentes en el cumplimiento de sus metas y funcionalidades, estos sistemas cuentan con diversas aplicaciones.

Conceptualmente un conjunto borroso o difuso (“fuzzy”), es un conjunto cuyos elementos pueden estar contenidos parcialmente; la frontera o límite del conjunto es difusa, la transición entre “pertenecer” al conjunto y “no pertenecer” es gradual. El grado de pertenencia de un elemento a este tipo de conjuntos se define por la función de inclusión o pertenencia que da la suficiente flexibilidad como para permitir modelar expresiones lingüísticas no precisas.

Los sistemas basados en lógica borrosa puede decirse que se orientan en la dirección de emular la parte del software del cerebro, tratando de reproducir las capacidades de más alto nivel, especialmente la de razonamiento aproximado.

En el mundo real las cualidades no aparecen perfectamente definidas, no son 0 o 1, sino que resultan más bien imprecisas, borrosas por lo que puede resultar

interesante introducir una lógica que trate de manejar estos conceptos imprecisos.²⁴

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son aplicables a los sistemas borrosos por sus características principales. Una RNA es un modelo computacional que pretende simular el funcionamiento del cerebro a partir del desarrollo de una arquitectura que toma rasgos del funcionamiento de este órgano sin llegar a desarrollar una réplica del mismo. A partir de esta visión del cerebro el modelo computacional desarrollado consiste de un conjunto de elementos (llamados también unidades o celdas), las cuales constituyen neuronas artificiales, que están unidos por arcos dirigidos que le permiten comunicarse. Cada arco tiene asociado un peso numérico W_{ij} que indica la significación de la información que llega por este arco, o sea, la influencia que tiene la activación alcanzada por la unidad U_i sobre la unidad U_j .

El modelo de la neurona define el comportamiento de la misma al recibir una entrada para producir una respuesta, a esta respuesta se le conoce como nivel de activación²⁵. Constituyen en la actualidad un activo campo multidisciplinar, en el que confluyen investigadores procedentes de muy diferentes áreas. Su utilidad abarca campos como el reconocimiento de patrones, previsión y clasificación, puede decirse que las RNA emulan el hardware del cerebro para reproducir algunas de sus capacidades asociadas a la inteligencia, especialmente la que denominamos de bajo nivel.²⁶

Entre las propiedades de las RNA que han llamado la atención se destacan las relativas a su buen rendimiento ante problemas no lineales o datos con mucho «ruido». Por ello han sido aplicadas a problemas como predicción y clasificación (a

²⁴ Martín del Brio y Sanz Molina, *Redes neuronales y sistemas difusos*.

²⁵ De la Fuente, “REDES NEURONALES ARTIFICIALES.”

²⁶ Martín del Brio y Sanz Molina, *Redes neuronales y sistemas difusos*.

través de las llamadas redes hetero-asociativas: perceptrón multi-capas y redes de función base radial), reducción de la dimensionalidad (a través de las llamadas redes auto-asociativas: Hopfield, Kohonen, etc), series temporales, etc. En ²⁷ se realiza un análisis de las RNA como sistemas de clasificación y predicción frente a los métodos tradicionales, mostrando que fundamentalmente las redes Multilayer Perceptrón poseen una mejor capacidad clasificatoria.

1.3 Descripción del Objeto de Estudio.

1.3.1 La Ginecología. Conceptos asociados.

La **Ginecología** es una rama de la medicina que se ocupa de las enfermedades propias de la mujer no embarazada²⁸. Literalmente significa *La ciencia de la mujer*, pero en medicina ésta es la especialidad médica y quirúrgica que trata las enfermedades del sistema reproductor femenino (útero, vagina y ovarios). Algunas definiciones importantes en el dominio tomadas de los diccionarios ²⁹ y ³⁰ son:

Diagnóstico: Identificación de la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus signos y síntomas característicos.

Diagnosticar: Determinar el carácter de una enfermedad y su calificación mediante el examen de sus signos y síntomas característicos.

Diagnóstico Médico: Resultado al que llega un profesional de la Medicina (como Pediatra, Psiquiatra, Neurólogo, entre otros), tras haber realizado diversas pruebas médicas mediante las cuales puede distinguir, de entre otros posibles diagnósticos, el que corresponde al caso en estudio.

²⁷ Pitarque, “Redes neuronales vs modelos estadísticos: simulaciones sobre tareas de predicción y clasificación.”

²⁸ Garza Cantú, “Diccionario de Ginecología.”

²⁹ Colectivo de Autores, “Diccionario de la Lengua Española.”

³⁰ Colectivo de Autores, “Diccionario de la Real Academia de Española.”

Diagnóstico presuntivo: Es una hipótesis que el médico utiliza para explicar las quejas del paciente y que se deriva de un análisis del concepto inicial. Una vez formuladas las hipótesis iniciales, el médico insiste en áreas del interrogatorio, en el examen físico y las investigaciones para confirmar una de las hipótesis y excluir las demás. Todo Diagnóstico es Presuntivo hasta tanto no se confirme.

Anamnesis: Conjunto de los datos clínicos relevantes y otros del historial de un paciente. Es la reunión de datos subjetivos, relativos a un paciente, que comprenden antecedentes familiares y personales, experiencias y, en particular, recuerdos, que se usan para analizar su situación clínica.

Síntoma: Fenómeno revelador de una enfermedad.

Patología: Enfermedad, dolencia.

Examen Físico: es el conjunto de procedimientos o habilidades de la ciencia de la Semiología clínica, que realiza el médico al paciente, después de una correcta anamnesis en la entrevista clínica, para obtener un conjunto de datos objetivos o signos que estén relacionados con los síntomas que refiere el paciente. El Examen Físico complementa al interrogatorio, los signos físicos son “marcas” objetivas y verificables de la enfermedad y representan hechos sólidos e indiscutibles. Su significado es mayor cuando confirman un cambio funcional o estructural ya sugerido por la anamnesis.³¹

1.3.2 Selección de las patologías.

Después de una revisión bibliográfica de la literatura médica^{32 33 34 35 36 37} se encontraron 109 patologías ginecológicas, por lo que se decide aplicar una

³¹ Díaz Novas, Gallego Machado, y León González, “El diagnóstico médico: bases y procedimientos .”

³² Botero, *Obstetricia y Ginecología*{Citation}

³³ Botella Llusia , *Tratado de Ginecología*{Citation}

³⁴ Rigol Ricardo, *Obstetricia y Ginecología*{Citation}

³⁵ {Citation}

³⁶ Colectivo de Autores, *Infecciones de transmisión sexual. Pautas para su tratamiento*{Citation}

encuesta para determinar de ellas cuáles se presentan con más frecuencia, según el criterio de especialistas en Ginecobstetricia. Como la cantidad de patologías encontradas es muy elevada, para pedir un ordenamiento por frecuencia, se necesita algún criterio que las separara, eligiendo la localización, esto permite agruparlas en: *Vulva, Vagina, Urológicas, Cuello uterino, Útero, Trompas y Ovarios* y aquellas que involucraran más de una localización en *Otras enfermedades*.

La encuesta fue realizada a 18 especialistas en Gineco-Obstetricia del Hospital Universitario “Dr. Gustavo Aldereguía Lima”. Para determinar si existe concordancia entre los criterios de los especialistas se utilizó el coeficiente de concordancia de Kendall, que a partir de k ordenamientos permite determinar la asociación entre ellas y además su grado entre k variables semejantes. Para el procesamiento de estas encuestas se utilizó el test no paramétrico de Kendall. Las hipótesis formuladas fueron las siguientes:

H0: los criterios no concuerdan.

H1: los criterios concuerdan

Como la significación de este test resultó menor que la significación escogida, se puede rechazar la hipótesis fundamental, y por tanto asumir que los criterios de los especialistas concuerdan.

Se obtuvo el rango medio por patología, de cada subgrupo se tomaron las más frecuentes, quedando aproximadamente la quinta parte de la muestra.³⁸

1.3.3 Determinación de los rasgos.

Una vez determinadas las patologías que serían tratadas por el Sistema, se efectuó una intensa revisión de la literatura médica para establecer una caracterización de cada una de ellas, teniendo en cuenta cuáles eran los datos de

³⁷ Monif Pilles , *Enfermedades infecciosas en Obstetricia y Ginecología*{Citation}

³⁸ Fernández Sánchez, “GINECO: Agentes Inteligentes para el Diagnóstico de Patologías Ginecológicas.”

la paciente fundamentales para un diagnóstico presuntivo adecuado, los motivos de consulta que hacían sospechar al médico la presencia de esta, los síntomas y signos, los resultados del examen ginecológico y qué complementarios se indicaban.

Hay rasgos que son comunes a varias enfermedades y otros muy específicos asociados a una particularmente. El resultado final de esta caracterización arrojó 451 rasgos, ver Anexo 2. Esta recopilación de rasgos fue revisado por expertos en la especialidad. Los mismos fueron ubicados por las siguientes categorías y subcategorías según criterios de los especialistas:

- Datos Generales de la Paciente (Motivos de la Consulta, Datos Personales y fecha de la Consulta)
- Antecedentes (Antecedentes Familiares, Antecedentes Personales, que pueden ser Sexuales – Menstruales o No Sexuales y Antecedentes Obstétricos.
- Síntomas Y Signos (Síntomas Generales, Síntomas Digestivos, Síntomas Urinarios, Síntomas Mamarios, Síntomas Abdominales, Otros Síntomas Y Signos.
- Examen Ginecológico (Vulva, Especuloscopia, Tacto Vaginal)

1.3.4 Flujo actual del proceso.

En los centros de Atención Primaria laboran en su mayoría jóvenes médicos o estudiantes de medicinas. Es común que estos centros sean frecuentados por pacientes cuyas dolencias constituyen patologías ginecológicas, pues constituyen enfermedades muy comunes en la sociedad actual.

Al enfrentarse a este tipo de casos, dichos médicos no cuentan con la experiencia adquirida por especialistas en Ginecología para diagnosticar las patologías asociadas a ésta, las cuales en su mayoría son simples de diagnosticar y reciben un tratamiento sin mayores complicaciones para su total eliminación.

Dichas pacientes deberían entonces ser remitidas a un Centro Hospitalario que cuente con la presencia de un Especialista en la rama y con los recursos

necesarios para diagnosticarse. En muchas ocasiones esto causa graves molestias a estas mujeres y podría incluso agravarse la enfermedad presentada, a causa de las demoras de tiempo para ser tratada como es debido, así como recibir un tratamiento más agresivo, en ocasiones quirúrgicos y por tanto se verían expuestas a adversas implicaciones tanto personales como sociales.

1.4 Descripción de los sistemas existentes.

1.4.1 Sistemas existentes a Nivel Internacional

Software Integral para consultorios médicos: ActualSoft!

Historia Clínica interactiva integradora de especialidades médicas, diseñada para el especialista y/o médico generalista, en la tarea del seguimiento transversal y longitudinal del paciente, en las áreas de mayor interés de cada especialidad. Incluye especialidades como Pediatría, Neonatología, Ginecología, Cardiología, Odontología, Oftalmología y Alergia e Inmunología. Es compatible 100% con Windows 2000/XP, sin Límite de almacenamiento de Pacientes, ni de registros, soporte Multiusuario en Red, seguridad de Acceso a procesos x restricción de Niveles y claves.

Se trata de un Asistente de Consultorio, destinado a este tipo de centros, clínicas, sanatorios y hospitales, pudiendo ser utilizado simultáneamente, por distintos profesionales, conectados en red entre ellos y la recepción.

Este software consta de importantes funcionalidades en el área de la ginecología, pero no es capaz de realizar un Diagnóstico Presuntivo o definitivo de las patologías en esta importante rama. Además es un software privado, que tiene un precio mínimo de 460 dólares.³⁹

Diagnos^{MD}

³⁹ Actual Plus asistente médico.

Constituye el Primer Programa de Inteligencia Artificial en español aplicado a toda la Medicina. Es una potente herramienta de utilidad continua en la consulta, que ayuda al diagnóstico al combinar un conjunto de datos (síntomas, signos, resultados analíticos anormales, datos de Rx, etc.) con el país, sexo y edad del paciente, ofreciendo con criterio un listado de enfermedades posibles, con potentes herramientas para afinar en el diagnóstico.

Número de enfermedades en algunas de las especialidades: Alergología, 30, Angiología, 50, Cardiología, 85, Dermatología, 280, Equilibrio ácido-base, 22, Endocrinología, 500, Enfermedades infecciosas: Bacterianas, 170, ETS., 45, Fúngicas 63, Hepatitis virales 40, Parasitarias 80, Virales 85, Fertilidad 60, Gastroenterología 350, Ginecología 100, Hematología, 345, Anemias, 125, Coagulación, 90, Trastornos leucocitario 130, Inmunodeficiencias, 45, Intoxicación no medicamentosa, 200, Nefrología 85, Neumología, 54, Neurología, 300, Obstetricia 60, Oftalmología 70, Otorrinolaringología 100, Reumatología 350, etc.

Diagnos^{MD} constituye un paso de avance en la Inteligencia artificial pues ofrece posibilidad de diagnóstico de enfermedades en la Medicina en general, aunque para el caso que se estudia se requieren solo posibilidades de diagnósticos en patologías ginecológicas. No obstante el producto es privado y tiene un precio de 2500 euros además de actualizaciones anuales a pagar, más mantenimiento.⁴⁰

DPI Software (Diagnóstico Por Imágenes)

Pensado en base a los requerimientos de la práctica diaria, DPI es un sistema de computación de última generación destinado a llevar un control total de Centros de Diagnóstico por Imágenes (ecografías, tomografías, radiografías, etc.) tanto de la parte médica como de la contable y comercial.

Brinda rápidos y completos informes sobre: Ecografías, Radiografías, Tomografías, Mamografías, Laboratorios de Análisis Clínicos, Electroencefalogramas, Electrocardiogramas, Cualquier actividad de Diagnóstico

⁴⁰ Colegio de Médicos de Barcelona, *DiagnosMD*.

Médico. Funciona bajo cualquier versión de Windows y es muy fácil de utilizar, por lo que no se requieren conocimientos previos de computación, aunque se ofrece un soporte técnico permanente. La filosofía principal de DPI es automatizar lo más posible el trabajo dentro de un Centro de Diagnóstico por Imágenes, sobre todo al preparar los resultados de los estudios, en los que generalmente se utilizan los mismos protocolos con distintos parámetros.

DPI constituye otra poderosa herramienta que utilizando las posibilidades de las técnicas de la computación realiza diagnóstico de enfermedades, pero se limita al campo del estudio de las imágenes para hacerlo. Además no es un software libre y su precio oscila entre 500 y 1000 dólares.⁴¹

CONSULTA

Sistema Para la Administración de Consultorios Médicos, diseñado para médicos que requieren controlar de manera sencilla y eficiente la información de sus pacientes. Historia Clínica interactiva modular e integradora de especialidades médicas en la tarea del seguimiento transversal y longitudinal del paciente, en las áreas de mayor interés de cada especialidad. Se trata de un Asistente de Consultorio, desarrollado por equipos formados por médicos especialistas y profesionales informáticos, destinado a centros de consultorios, clínicas, sanatorios y hospitales, pudiendo ser utilizado simultáneamente, por distintos profesionales, conectados en red entre ellos y la recepción. Una de las principales características del sistema "CONSULTA" es el control de la Historia Clínica de los pacientes en la cual el médico podrá registrar diferentes datos.⁴²

Este software es incapaz de ayudar al médico en el diagnóstico de enfermedades por lo que no está acorde a la situación problemática presentada. Tampoco sugiere una lista de los tratamientos a dichas dolencias patológicas.

⁴¹ DPI Software.

⁴² CONSULTA.

DPA - Gineco Herramienta exclusivamente diseñada para Ginecología y Obstetrícia

El médico podrá llevar de manera eficaz el control de diagnósticos emitidos al paciente, tales como amenorreas, infecciones, metrorragias, etc. Auscultación interna y externa, calculadora de fechas de ovulación, Registros de Papanicolaou, control Obstétrico. Asimismo, podrá registrar el resultado en caso de embarazo múltiple como son: número de fetos, de placentas, cronicidad, amnionicidad, signo Lambda y Signo T.⁴³

Al igual que CONSULTA, este sistema no es capaz de realizar predicciones en cuanto a diagnósticos, ni proponer exámenes complementarios a las pacientes. Tiene un precio de 6200 dólares por lo que no constituye un software libre.

Guardian System

Este sistema multiagente está diseñado para ayudar a monitorear pacientes que se encuentran en la Unidad de Cuidados Intensivos. El sistema distribuye el monitoreo a través de varios agentes que se dividen en tres clases: de percepción/acción, razonadores y de control. Estos agentes se organizan jerárquicamente y todos cooperan a través del conocimiento compartido en una estructura de datos común.⁴⁴

Guardian System no realiza diagnóstico de enfermedades como se pretende en el desarrollo de la herramienta que se propone, y por tanto tampoco visualiza reportes sobre sus tratamientos. No obstante es un software que utiliza una arquitectura multiagente como la que se pretende utilizar para diagnosticar.

1.4.2 Sistemas existentes en Cuba

GINECO

⁴³ *PC Doctor.*

⁴⁴ Fernández Sánchez, “GINECO: Agentes Inteligentes para el Diagnóstico de Patologías Ginecológicas.”

GINECO constituye un software inteligente para el diagnóstico de las enfermedades ginecológicas más comunes, adaptando el *Modelo Cooperative* en el Diseño del Sistema Multiagente. Generalmente el sistema realiza varias acciones como crear un caso problema, es para cuando decidimos diagnosticar una paciente. También se permite administrar el sistema, manipular los agentes, los tratamiento o simplemente recibir ayuda para trabajar con el sistema.

Para realizar las actividades descritas utiliza las bondades de la tecnología .NET, específicamente el lenguaje C# en la manipulación de fichero XML. Se implementó una arquitectura abierta que permite adicionar nuevos agentes al sistema y fueron utilizados sistemas expertos realizados con antelación para diagnosticar algunas de estas patologías, como fueron: *Diagnóstico y tratamiento del embarazo ectópico*, *Diagnóstico y tratamiento de las infecciones de transmisión sexual*.

A pesar de ser GINECO un gran avance en lo que a desarrollo de software inteligente para el Diagnóstico se refiere en nuestro país, el sistema ha sido severamente criticado por poseer una interfaz muy poco manejable a las características de los médicos. La entrada de datos iniciales es demasiado tediosa, y no es capaz de devolver un Diagnóstico Presuntivo de la paciente, siendo este tipo de diagnóstico una de las funcionalidades de apoyo más esperadas y apreciadas por el personal médico. Sin la obtención de este tipo de diagnóstico, el sistema en centros de Atención Primaria queda prácticamente sin funcionalidad, pues la sugerencia de los exámenes complementarios y de las hipótesis iniciales constituye un apoyo indispensable en el servicio médico primario.

DITRITS

Sistema Experto para el **D**iagnóstico y **T**Ratamiento de Infecciones de Transmisión **S**exual que posibilita el diagnóstico y tratamiento de las Infecciones de Transmisión Sexual y se caracteriza por utilizar un modelo de producción basado en reglas. Por primera vez se obtiene un software de este tipo en la provincia de Cienfuegos que puede ser usado no sólo en los centros de salud y asistenciales sino que puede ser extendido a otros centros afines tanto dentro

como fuera del país y puede ser utilizado como herramienta de apoyo a la docencia.⁴⁵

Este sistema cuenta con una importante recopilación del conocimiento de expertos en enfermedades sexuales, constituyendo esto de gran importancia pues mundialmente son motivo de muerte en la población. A pesar de esto no es capaz de brindar hipótesis al médico acerca de las posibles enfermedades a diagnosticar en caso de no poseer un diagnóstico definitivo, además de limitarse al campo de las enfermedades ginecológicas de transmisión sexual.

DTEnd

Sistema Experto para el **Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis**. Trabajo este que aborda el tema de los Sistemas Expertos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, una de las áreas más interesantes y tratadas en el campo de la Inteligencia Artificial. Presenta el uso de reglas de producción para la construcción de un Sistema Experto destinado al diagnóstico y tratamiento de la Endometriosis. El diagnóstico de esta patología se fundamenta en determinar por los síntomas, signos y exámenes complementarios de la paciente el carácter de la enfermedad y luego brindar el tratamiento. Este sistema permite realizar un diagnóstico médico certero luego de conocer los datos de una paciente.⁴⁶

Al igual que GINECO, este sistema no realiza el diagnóstico presuntivo de la Endometriosis, y su conocimiento se limita solo a una patología específica.

1.5 Conclusiones

Luego de analizar a las principales técnicas de la IA a nivel mundial, así como las características de los sistemas distribuidos se comprobó su actual desarrollo como un paso significativo en la evolución de la programación estructurada y de los

⁴⁵ García García, “DITRITS Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de las Infecciones de Transmisión Sexual.”

⁴⁶ Reyes Chaviano, “DEnT Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis.”

métodos tradicionales. Se constataron las ventajas del uso de un sistema multiagente para la implementación de la solución por ser sistemas flexibles, eficientes y modulares, por lo que se utilizará la solución cooperativa en el diseño del trabajo que se propone. Para representar el conocimiento experto se utilizan las reglas de producción, las cuales constituyen una manera fácil de representar el conocimiento médico y siempre son capaces de devolver un caso óptimo.

Se han descrito brevemente los principales trabajos publicados y puede observarse que otras Universidades y Hospitales, dedican esfuerzos en el desarrollo de la Informática Médica, observándose que aunque han ido cobrando auge últimamente los software inteligentes para el diagnóstico médico, aún no se cuenta con una herramienta que se adapte a nuestro Objeto de Estudio. En nuestro país existe el trabajo de Maestría de diagnóstico médico ginecológico, donde se obtiene el producto GINECO, el cual adolece de importantes críticas. Por lo anteriormente expuesto se propone la realización de este trabajo en función de mejorar la actividad del diagnóstico en nuestro país.

CAPÍTULO 2. “Metodologías, herramientas y lenguajes a considerar para el desarrollo del sistema”.

2.1 Introducción

Con el objetivo de hallar las metodologías, herramientas y lenguajes de programación para darle solución al problema se confecciona este capítulo. En él se realiza una caracterización de los principales avances en cuanto a cada uno de estos aspectos en el mundo. Las metodologías orientadas al diseño de los sistemas multiagentes son analizadas detalladamente debido a su escasa estandarización en este sentido. Finalmente son descritos los principales lenguajes de programación descriptivos y de propósito general, así como las plataformas de desarrollo de agentes más difundidas en la actualidad para su selección.

2.2 Metodologías Orientadas al Desarrollo de Sistemas Multiagentes

La ingeniería de software ha ido desarrollándose y transita por diferentes etapas como son el paradigma orientado a objeto, el estructurado y ha ido evolucionando hasta centrarse en los Agentes Inteligentes. Surge así la Ingeniería de Software Orientada a Agentes que utiliza el enfoque de agentes para la implementación de sistemas de software complejos (distribuidos). Los agentes no dejan de ser software, y como todo proceso para su desarrollo, requiere de Análisis de requerimientos, Especificación de diseño, Pruebas, etc.; por lo que surgen las metodologías para su desarrollo, ya que las tradicionales no tienen en cuenta las necesidades de diseño de estas arquitecturas, como pueden ser la especificación de planificación de tareas, la comunicación mediante lenguajes específicos, la

movilidad del código o la motivación de los componentes del sistema o el tratamiento de las ontologías. Como consecuencia de esto existe un gran auge de trabajos metodológicos en este sentido, no contándose aún con una estandarización de ellas. A continuación se exponen las principales características de las más difundidas en la actualidad, principalmente en cuanto a su aplicabilidad, desarrollo del ciclo de vida, herramienta de soporte y principales críticas realizadas.

2.2.1 MAS-CommonKADS

Esta metodología extiende CommonKADS aplicando ideas de metodologías orientadas a objetos para su trabajo en la producción de SMA. De hecho considera sólo dos agentes básicos: usuario y sistema. MAS-CommonKADS.⁴⁷ Propone siete modelos (figura 2.1) para la definición del sistema: modelo de agentes, modelo de tareas, modelo de la experiencia, modelo de la organización, modelo de coordinación, modelo de comunicación, modelo de diseño.

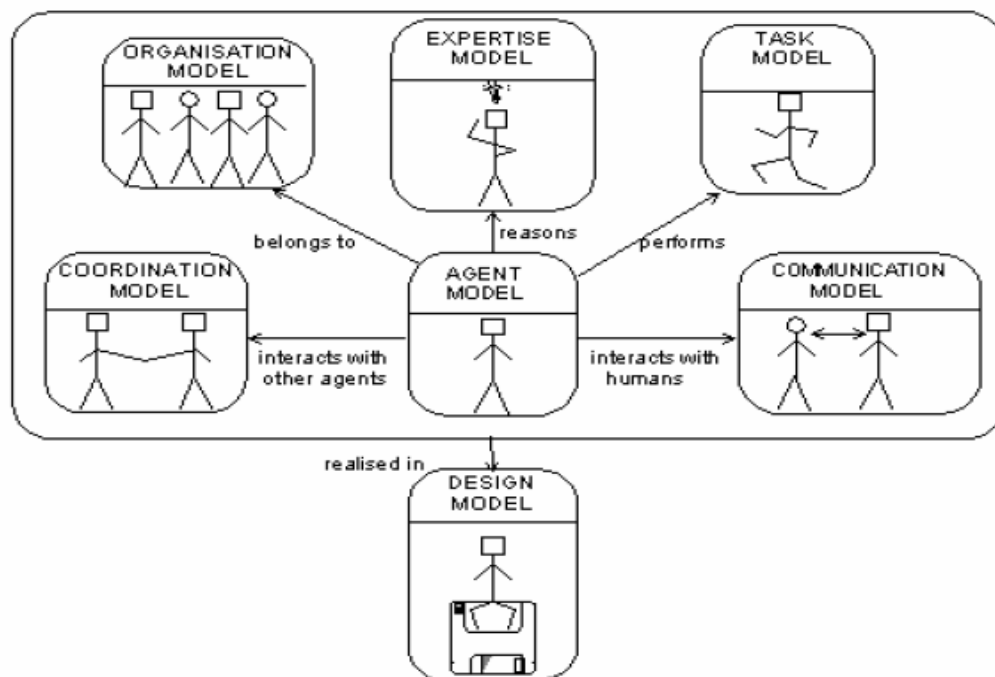


Figura 2.1. Modelos de MAS-CommonKADS para la definición del SMA.

⁴⁷ Pavón Mestres, “Modelos y Arquitecturas de Agentes.”

MAS-CommonKADS ha sido aplicada con éxito en la optimización de sistemas industriales, la automatización de asistentes de reservas de vuelos y el desarrollo de sistemas de comercio electrónico⁴⁸. Cuenta con un modelo completo e independiente para la fase de diseño, sumado a una clara descripción de las relaciones de entrada-salida entre los siete modelos de la metodología y a la definición de un ciclo de vida específico, lo cual la convierte en una metodología robusta y coherente. Al igual que RUP (Rational Unified Process), es iterativa, lo cual facilita el refinamiento tanto del análisis como del diseño. La herramienta de desarrollo propuesta es AgentEditor. En el modelado incluye la modelación del ambiente, de la Inteligencia, la Interacción, la Organización y de las Ontologías⁴⁹. Utiliza UML (Unified Model Language) como lenguaje de modelado⁵⁰. Dentro del ciclo de vida desarrolla la fase de Conceptualización donde se debe comprender el sistema que desea el cliente, los objetivos que debe satisfacer y los actores que interactúan con el sistema, en el Análisis, se determinan los requerimientos funcionales del sistema y la fase de Diseño donde se determinan la arquitectura interna de los agentes y la del sistema⁵¹.

La división que realiza en 7 modelos distintos parece un poco secuencial y artificial en tanto no se observa una forma intuitiva y razonable de ir obteniendo estos modelos. El proceso no parece funcionar de forma iterativa, lo que no resulta lógico, puesto que todas las creaciones necesitan ir añadiendo detalles de forma progresiva.

Partir de la orientación a objetos y extender para crear orientación a agentes como hace MAS-CommonKADS, así como otras muchas metodologías, tiene tintes de ser un camino erróneo, el paradigma de agentes engloba al de objetos, pero es algo más que una simple extensión del mismo. Diseñar mediante agentes implica

⁴⁸ Gómez Sanz, “Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agentes.”

⁴⁹ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

⁵⁰ Pedro Cuesta Morales, “ISOA.”

⁵¹ Henderson Sellers y Giorgini, “Appropriate methodologies for constructing agent-oriented systems.”

un gran salto cualitativo en la forma de pensar, pudiendo asimilarse como proporcional al salto que hay desde la programación estructurada a la orientación a objetos, y eso debería verse también reflejado en el modelo.⁵²

En cuanto a su alcance, a diferencia de RUP es una metodología de conceptualización, análisis y diseño; no abarca completamente etapas anteriores y posteriores a ambas, por lo que en las etapas del ciclo de vida está muy débil. Su principal inconveniente es que el nivel de detalle alcanzado en la descripción no es realizable sin el apoyo de herramientas de soporte, el proceso es demasiado costoso y dado a errores. A pesar de estos inconvenientes, MASCommonKADs constituye un ejemplo a seguir en lo que a metodologías se refiere. Es exhaustiva como pocas a la hora de detallar el sistema y además es consecuente con que el proceso de desarrollo en la mayoría de los casos es más complejo que un conjunto de pasos.⁵³

2.2.2 MASE (Multi-agent systems Software Engineering)

La metodología fue desarrollada en el Air Force Institute of Technology y trata de cubrir todas las etapas en el proceso de construcción de un SMA, partiendo de la especificación del mismo hasta su implementación. Dispone de un lenguaje de especificación basado en UML+OCL (Object Constraint Language), lo que evidencia mucho acercamiento a los conceptos orientados a objetos.⁵⁴

MASE es iterativa, el diseñador se mueve libremente entre pasos y etapas. MASE parte del paradigma orientado a objetos y asume que un agente es sólo una especialización de un objeto. Los agentes no son considerados entes autónomos, proactivos y sociales, sino simples procesos que se comunican para conseguir el objetivo global del sistema. La especialización consiste en que se coordinan unos con otros vía conversaciones y actúan proactivamente para alcanzar metas

⁵² Gallego Durán, Llorens Lar, y Rizo Aldegue, *Breve análisis de algunas metodologías de diseño de SMA*.

⁵³ Gómez Sanz, “Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agentes.”

⁵⁴ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

individuales y del sistema. En MASE los agentes son sólo una abstracción conveniente, que puede o no poseer inteligencia.⁵⁵

Como producto de sus etapas se esperan diagramas de clases de agentes, roles jugados y se identifican conversaciones entre los mismos; descomposición del sistema (agente) en subsistemas (componentes del agente) e interconexión de los mismos (definición de la arquitectura del agente mediante componentes); diagramas UML de despliegue para indicar cuántos agentes habrá en el sistema y de qué tipo.

El proceso de desarrollo en MASE es un conjunto de pasos, la mayoría de los cuales se ejecutan dentro de la herramienta que soporta MASE, AgentTool. La misma permite generar código automáticamente a partir de la especificación del sistema⁵⁶. Al igual que PASSI son las únicas metodologías de las estudiadas que proponen una etapa de despliegue.⁵⁷

Hasta ahora en MASE sólo considera sistemas estáticos no móviles, aunque es una de las alternativas más completas de todas las consideradas en este trabajo. Todo el proceso de desarrollo está bien descrito y detallado, los modelos gráficos tienen una expresividad adecuada y están muy bien coordinados, y todo en su conjunto está basado en ideas de agentes muy semejantes a la arquitectura BDI (*Believes, Desieres, Intentions*). Su herramienta de apoyo permite trabajar con todos los modelos de forma gráfica e interactiva, además de ser capaz de convertir modelos de análisis en modelos de diseño.

Luego de un estudio práctico se comprobó que MASE propone la etapa de implementación pero no la desarrolla, aunque sus herramientas de desarrollo generan código fuente y no cubre a plenitud las etapas del ciclo de vida de Requisitos y Prueba. El ciclo de vida de MASE es iterativo por todas las fases, pero no permite ir incrementando funcionalidades. El protocolo de comunicación

⁵⁵ Gallego Durán, Llorens Lar, y Rizo Aldeguer , *Breve análisis de algunas metodologías de diseño de SMA*.

⁵⁶ Gómez Sanz, “Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agentes.”

⁵⁷ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

entre los agentes es sólo definido por el usuario. De forma general puede ser valorada de buena, aunque adolece en el modelado de la inteligencia, las ontologías, la organización y el Ambiente que es algo crucial.

Esta metodología se trata de un trabajo realizado por la fuerza aérea de los Estados Unidos, lo que significa que parte de la información relevante del mismo podría no estar disponible públicamente⁵⁸.

2.2.3 PASSI (Process for Agent Societies Specification and Implementation).

PASSI es una metodología que va desde los requerimientos hasta el código, paso por paso, para el diseño y desarrollo de un SMA. Integra el diseño de modelos y conceptos que vienen de la ingeniería de software orientada a objeto y un acercamiento a la IA. Usa UML, aunque para soportar algunos problemas específicos relacionados a la naturaleza del SMA también usa AUML (Agent Unified Model Language). Ha evolucionado de un largo período de construcción teórica y experimentos para convertirse en un acercamiento más amplio a dicha disciplina que abarca una arquitectura de visión flexible y un modelado extenso del dominio y de la ontología. Tiene 5 modelos y 12 pasos (Figura 2.2), concernientes a diferentes niveles de diseño, para el proceso de construcción de un SMA.

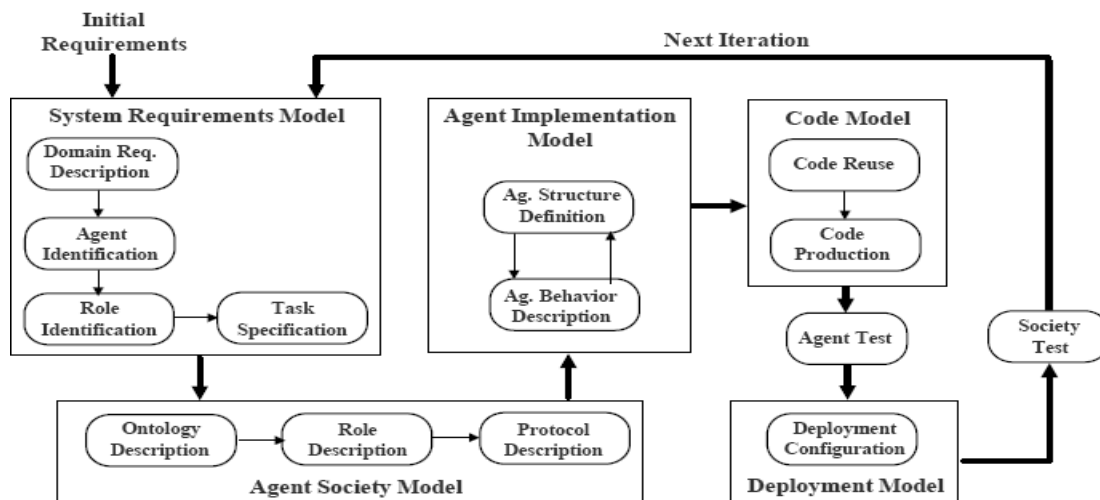


Figura 2.2. Modelos y fases en la metodología PASSI

⁵⁸ Henderson Sellers y Giorgini, “Appropriate methodologies for constructing agent-oriented systems.”

Sus modelos y fases abarcan una representación de los requerimientos, punto de vista social, solución de arquitectura, reutilización y producción de código y configuración del despliegue del sistema. El proceso de diseño es soportado por el PTK (PASSI ToolKit), el cual agrega una extensión al Rational Rose y una herramienta para la reutilización de patrones de agentes.

En PASSI, un agente es una instancia de una clase agente y cada uno tiene una representación del mundo en términos de una ontología. Además, cada uno puede emprender varios roles funcionales durante la interacción con otros agentes para lograr sus metas. Un rol es una colección de tareas realizadas siguiendo sub-metas u ofreciendo algunos servicios a otros miembros de la sociedad.

PASSI se caracteriza por un doble nivel de iteración⁵⁹. Es general y puede ser aplicada en diferentes ambientes de implementación de agente, su herramienta de desarrollo cubre todas las etapas de desarrollo. Es de destacar que en sus modelos se refleja la Ontología, las interacciones y el Ambiente; y a su vez la interacción humana es modelada a través de un actor. Hay que destacar que PASSI incluye todas las etapas del ciclo de vida del software aunque la de requisitos y prueba, no son desarrolladas del todo. Como plataforma de desarrollo propone a JADE y FIPA-OS. El protocolo de comunicación es predefinido y sustenta cualquier tipo de cooperación.

De forma general desde un punto de vista teórico, es una metodología bastante acabada, aunque adolece de algo muy importante el modelado de la inteligencia y la organización. PASSI es tentativa en cuanto a la madurez de la herramienta CASE, la facilidad de uso de las mismas y además por la buena valoración que tiene en los aspectos de la vista de modelado.⁶⁰

Entre los rasgos más apreciados, podemos listar: la facilidad de transición para los diseñadores que vienen del mundo Orientado a Objetos (OO), desde que los conceptos iniciales de PASSI fueron adoptados para el análisis de los requisitos,

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

que es muy común en ese contexto; las diversas vistas que permiten un fácil análisis de los sistemas complejos de muchos aspectos diferentes; el apoyo de una herramienta de diseño específica (PTK, un complemento para Rational Rose), y los modelos reutilizables que permiten un desarrollo rápido de los SMA. Los ambientes de implementación que hemos usado eran basados en la arquitectura de FIPA, de acuerdo con el objetivo de adoptar los estándares siempre que sea posible.

Excluyendo PASSI, ninguna de las otras metodologías tratadas aquí especifican esto el modelado de la Ontología. Hay que destacar que se propone que luego del modelo de código se debe hacer una prueba de agente y luego del modelo del despliegue se debe hacer una prueba de sociedad, lo que en ambos casos sólo dice que estas pruebas se deben hacer pero no cómo, ni que artefactos obtener.

2.2.4 INGENIAS.

INGENIAS fue desarrollada por GRASIA, un grupo de investigación del Departamento de Sistemas Informáticos y Programación de la Universidad Complutense de Madrid. INGENIAS parte del paradigma OO, asume a AUML como lenguaje de modelado, y en ella los agentes deben tener metas y estados. El método de desarrollo de SMA los concibe como la representación computacional de un conjunto de modelos (Figura 2.3), donde cada uno de estos modelos muestra una visión parcial del SMA.

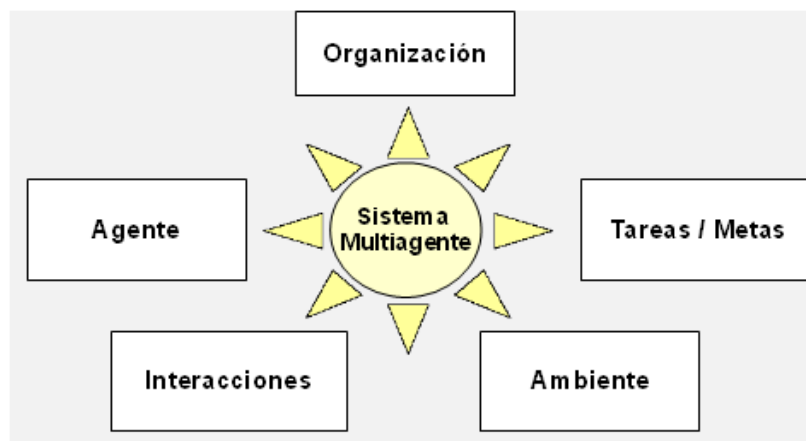


Figura 2.3 Conjunto de Modelos que tratan con el SMA para Ingenias.

Un agente aquí es un programa que sigue el principio de racionalidad y eso procesa el conocimiento. El principio de racionalidad dice que un agente ejecutará esas acciones que lo hacen lograr sus metas⁶¹. El punto de vista del agente se preocupa por la funcionalidad de cada uno: el propósito (qué metas un agente se compromete a seguir), responsabilidades (qué tareas tiene que ejecutar), y capacidades (qué roles juega).

INGENIAS modela algunas partes de la inteligencia, pero los pasos no quedan claros; el entorno, la interacción y la organización quedan claramente modelados en ella. Cubre en su ciclo de vida las etapas de Análisis, Diseño e Implementación, aunque esta última no la desarrolla del todo.

La ejecución de actividades para producir modelos se basa en INGENIAS IDK (Ingenias Development Kit), una herramienta para modelado visual, que almacena la especificación del sistema utilizando XML, además de generar código, editor de modelos, generación de código y de documentación.

Luego de realizar un estudio práctico se ve que su primera fase está centrada a la captura de requisitos y que tiene una fase centrada en la generación de código. INGENIAS dispone de una cantidad ingente de entidades y relaciones. Su uso mediante la herramienta de soporte INGENIAS IDE, se facilita pero se sigue requiriendo que el desarrollador revise la documentación de la tesis para entender qué hace cada entidad y cuál es el propósito de cada relación. El proceso de generación de código es un poco más flexible, los desarrolladores pueden configurarlo a voluntad y adaptarlo a sus necesidades sin tener que modificar la herramienta de análisis/diseño.

Es independiente de la plataforma de trabajo y el protocolo de comunicación. También es un poco tentativa en cuanto a la madurez de la herramienta CASE, la

⁶¹ Henderson Sellers y Giorgini, “Appropriate methodologies for constructing agent-oriented systems.”

facilidad de uso de las mismas y además por la buena valoración que tiene ambas en los aspectos de la vista de modelado.⁶²

Las fases de pruebas e implementación no se han incluido. La fase de pruebas según el autor, no tiene por qué ser diferente de la del software convencional, sin embargo, esto no parece ser así porque el comportamiento de un SMA es emergente y por tanto difícil de pronosticar.

INGENIAS obvia el modelado de las ontologías y le falta fortalecer las etapas del ciclo de vida, pero tiene fortalezas en los demás aspectos. Ha sido aplicada en interfaces inteligentes, procesos de negocios, entre otros. En cuanto a la valoración subjetiva de la completitud de los flujos de trabajos, en todos los casos fue valorado de regular, ya que de una forma u otra faltan artefactos para completar los flujos de trabajo, estas características diferentes se pueden determinar por el desarrollo del caso de estudio⁶³.

El proceso de desarrollo que propone es excesivo cuando se trata de desarrollos reducidos, da la impresión de dedicarse exclusivamente a desarrollos de gran tamaño⁶⁴. En el momento, no soporta el despliegue o el diagrama de componentes en su versión actual. En cambio, delega estas tareas a las existentes herramientas de desarrollo UML. INGENIAS es una metodología que no es ágil y robusta, no soporta estructuras dinámicas ni sistemas abiertos, agentes móviles y ontologías.⁶⁵

2.2.5 Selección de la Metodología a utilizar.

Las cuatro metodologías descritas son importantes contribuciones al desarrollo de los SMA, no obstante poseen fortalezas y debilidades. A continuación se presenta una tabla comparativa en cuanto a los aspectos relacionados con el proceso.

⁶² Gallego Durán, Llorens Lar, y Rizo Aldeguer, *Breve análisis de algunas metodologías de diseño de SMA*.

⁶³ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

⁶⁴ Gómez Sanz, “Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agentes.”

⁶⁵ Henderson Sellers y Giorgini, “Appropriate methodologies for constructing agent-oriented systems.”

Tabla 2.1. Comparación en cuanto a aspectos relacionados con el proceso.

Aspectos a Evaluar/Metodologías	MAS-CommonKADS	MASE	PASSI	INGENIAS
Etapas del Ciclo de Vida	Conceptualización, Análisis y Diseño	Requisitos *, Análisis y Diseño	Requisitos, Análisis, Diseño, Despliegue e Implementación	Requisitos, Análisis, Diseño e Implementación
Ciclo de Vida	Cíclico orientado a riesgos	Iterativo	Iterativo e Incremental	Iterativo e Incremental
Fácil de entender	Alto	Alto	Alto	Alto
Usabilidad de la metodología	Medio	Alto	Alto	Alto
Antecedentes	Ingeniería del Conocimiento + algunos conceptos OO	OO	OO	OO
Tamaño del SMA	No especificado	≤ 10	No especificado	No especificado
Sistemas abiertos	No	No	No	No
Naturaleza del Agente	Heterogénea	No especificada pero posible heterogénea	Heterogénea	Agentes con metas y estados

Tabla 2.2. Aspectos que toma en cuenta el modelado

Toma en cuenta el modelado de...	MAS-CommonKADS	MaSE	PASSI	INGENIAS
Ambiente	Si	No	Si	Si
Inteligencia	Si	No	No	Poco
Interacción	Si	Si	Si	Si
Organización	Si	No	No	Si
Ontologías	Si	No	Si	No

Según las Tablas 2.1 y 2.2 ninguna de estas cuatro metodologías modela sistemas abiertos, lo cual constituye una deficiencia en todas ellas.

Hasta el momento podemos ver que MASE no tiene un ciclo de vida tan sólido como las restantes metodologías. La etapa de Requisitos es pobre y termina en el diseño aunque su herramienta de desarrollo permite generar código automáticamente. En sus modelos no se detallan ni el ambiente, la inteligencia, organización u ontologías, por lo que necesita enriquecerse en este sentido.

MAS-CommonKADS posee igualmente un ciclo de vida que deja mucho por deseñar en comparación con las potencialidades de la metodología, pues se considera la más robusta de todas. En sus modelos podemos encontrar la mayoría de los conceptos más importantes dentro del paradigma de agentes. Ella junto con PASSI e Ingenias serán comparadas en cuanto a los conceptos que tratan sus modelos detalladamente como en el libro⁶⁶.

Tabla 2.3. Comparación en cuanto a los conceptos considerados en los Modelos

CONCEPTOS	MAS-CommonKADS	PASSI	INGENIAS
Sistemas de Metas	Casos de Metas	-	Modelo de Tareas y Metas

⁶⁶ Ibid.

Sistemas de Tareas/Comportamiento	Modelo de Tareas	Modelo de Requerimientos del Sistema	Modelo de Tareas y Metas
Escenario de CU	Casos de Uso	Modelo de Requerimientos del Sistema	Diagrama de Casos de Uso
Roles	-	Modelo de Requerimientos del Sistema, Modelo de la Sociedad de Agentes	Modelo de Agente, Modelo de Organización y Modelo de Interacción
Conceptualización del Dominio	Modelo de experiencia	Modelo de la Sociedad de Agentes	
Metas/Tareas del Agente	Modelo de Agentes	Modelo de Requerimientos del Sistema	Modelo de Agente
Asignación de Roles al Agente	Modelo de Agentes	Modelo de la Sociedad de Agentes	Modelo de Agente
Creencias/Conocimientos del Agentes	Modelo de Experiencia	Modelo de Implementación del Agente	
Capacidades/Servicios del Agente	Modelo de Agentes, Modelo de la Organización	Modelo de la Sociedad de Agentes	
Razonamiento del Agente para solucionar métodos	Modelo de experiencia	Modelo de Implementación del Agente	Modelo de Agente
Percepción del	Como eventos		

Agente	del Diagrama de Transición de Estados en el Modelo de Coordinación		
Arquitectura del Agente	Modelo de Diseño	Modelo de Implementación del Agente	
Conocimiento del Agente	Modelo de Coordinación	Modelo de Requerimientos del Sistema	Modelo de Interacción
Protocolos de Interacción	Modelo de Coordinación	Modelo de Sociedad del Agente	Modelo de Interacción
Contenido del intercambio de mensajes	Modelo de Coordinación	Modelo de Implementación del Agente	Modelo de Interacción
Arquitectura del sistema	Modelo de Coordinación	Modelo de Implementación del Agente	Modelo de la Organización
Estructura organizacional/ Relaciones sociales entre agentes	Modelo de Coordinación	-	Modelo de la Organización
Recursos del ambiente/Facilidad	Modelo de Coordinación, Modelo de Diseño	-	Modelo del Ambiente
Relaciones de agregación de	Modelo de la Organización	-	-

agentes			
El Despliegue de instancias de Agentes	-	Modelo de Despliegue	-

Se han tratado aquí aspectos esenciales en lo que se refiere a modelado de agentes. Primeramente en MAS-CommonKADS, sus siete modelos conceptualizan detalladamente el sistema como se muestra en la tabla anterior, pero no logran una relación detallada y lógica entre ellos. Por otra parte las principales debilidades son sus limitaciones soportando las etapas de diseño, prueba e implementación.

PASSI e INGENIAS parecen ser ambas las mejores propuestas, aunque se ha demostrado que poseen aspectos negativos. Ninguna de las dos modela sistemas abiertos, ni son robustas y ágiles, en cambio PASSI soporta agentes móviles y las ontologías al contrario de INGENIAS. En la Tesis de maestría⁶⁷ se realiza una comparación desde el punto de vista práctico de ambas metodologías, entre sus principales conclusiones estaban que en INGENIAS:

- La herramienta CASE cubre todas las etapas de desarrollo que desarrolla la metodología, incluso se comprobó que posee una etapa de implementación.
- Los agentes deben tener metas y estados, y el concepto de autonomía es bastante amplio, permitiendo una serie de atributos como son autonomía, sociabilidad, reactividad, proactividad, inteligencia, entre otros.
- La apreciación de la completitud de los modelos son evaluados de regular.
- No modela la interacción humana, ni las ontologías

En cuanto a PASSI:

- Su herramienta cubre todas las etapas y es de fácil manejabilidad.
- Propone a JADE y FIPA-OS como plataformas de desarrollo
- Se modela la interacción humana como un actor

⁶⁷ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

- Sustenta cualquier tipo de comunicación
- Es la única que considera el modelado de las Ontologías.

En ⁶⁸ se realiza una evaluación donde están ambas metodologías. Se puede ver que son realmente muy similares y que adolecen en los mismos aspectos generalmente. INGENIAS no posee buen soporte para las etapas de prueba y despliegue, mientras que PASSI adolece en el grado de implicación del usuario. Generalmente ambas son buenas propuestas; pero considerando que PASSI fue evaluada de Bien en la evaluación práctica de ⁶⁹ y que tiene como plataforma de desarrolla a JADE, ya seleccionada para desarrollar el SMA que se propone. Además el PTK, utiliza al Rational Rose, herramienta ampliamente conocida por sus potencialidades en el mundo de la Ingeniería del Software, fue seleccionada como la metodología para desarrollar el sistema multiagente que le dará solución al problema planteado.

2.3 Lenguajes de Modelado.

2.3.1 UML (Unified Modeling Language)

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML - Unified Modeling Language) es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un producto de software que responde a un enfoque orientado a objetos. Este lenguaje fue creado por un grupo de estudiosos de la Ingeniería de Software formado por: Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1995. Desde entonces, se ha convertido en el estándar internacional para definir organizar y visualizar los elementos que configuran la arquitectura de una aplicación orientada a objetos.⁷⁰

⁶⁸ Sturm, Shehory, y Dori, “Methodologies evaluation.”

⁶⁹ Moreno Espino, “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”

⁷⁰ Ferrá Grau, “Desarrollo orientado a objetos con UML..”

UML está consolidado como el lenguaje estándar en el análisis y diseño de sistemas de cómputo. Mediante UML es posible establecer la serie de requerimientos y estructuras necesarias para plasmar un sistema de software previo al proceso intensivo de escribir código. UML posee más características visuales que programáticas, que facilitan a integrantes de un equipo multidisciplinario participar e intercomunicarse fácilmente, siendo estos analistas, diseñadores, especialistas de área y programadores.⁷¹

2.3.2 AUML (Agent Unified Modeling Language)

Los sistemas multiagentes son a menudo caracterizados como extensiones de los sistemas orientados a objetos. Esto ha traído consigo problemas a los desarrolladores a la hora de capturar los rasgos que son inherentes a los sistemas distribuidos usando las herramientas de objetos. Con este fin surge el lenguaje unificado de modelado de agentes (AUML)⁷². AUML surge extendiendo UML con nuevas abstracciones, y enfocándola en los problemas de ambientes distribuidos. Este nuevo lenguaje ha demostrado ser muy bueno modelando las interacciones entre protocolos y componentes, a pesar de que falla en el modelado de las organizaciones estructurales y de las reglas⁷³.

2.4 Lenguajes de propósito general para la implementación del sistema propuesto.

2.4.1 Borland C++ Builder v 6.0

C++ es un lenguaje de programación diseñado a mediados de los años 1980 por Bjarne Stroustrup. La intención de su creación fue el extender al exitoso lenguaje de programación C con mecanismos que permitan la manipulación de objetos. En ese sentido, desde el punto de vista de los lenguajes orientados a objetos, el C++

⁷¹ “Porque es importante UML?. .”

⁷² “Agent UML.”

⁷³ Zabalegui, “Metodología GAIA. Desarrollo de Sistemas Multiagentes.”

es un lenguaje híbrido. Posteriormente se añadieron facilidades de programación genérica, que se sumó a los otros dos paradigmas que ya estaban admitidos (programación estructurada y la programación orientada a objetos). Por esto se suele decir que el C++ es un lenguaje *multiparadigma*. C++ permite trabajar tanto a alto como a bajo nivel.

Este lenguaje de programación orientado a objetos, puede ser utilizado para realizar consultas a bases de datos como Oracle, SQL-Server, SyBase, etc. Aunque C++ introduce nuevas palabras clave y operadores para manejo de clases, algunas de sus extensiones tienen aplicación fuera del contexto de programación con objetos (fuera del ámbito de las clases), de hecho, muchos aspectos de C++ que pueden ser usados independientemente de las clases. Las aplicaciones creadas en C++ solo funcionan sobre la plataforma de trabajo Windows.

Borland C++ Builder, es un ambiente de desarrollo rápido de aplicaciones muy flexible. Constituye una potente herramienta para el desarrollo de aplicaciones en C++ ofreciendo un entorno visual de desarrollo. Permite la importación de código C++ existente. Posee una gran cantidad de clases y objetos reusables. Es una herramienta de propósito general y existe mucha documentación referente a esta programación.⁷⁴

2.4.2 Java

Java es un lenguaje de programación de propósito general, orientado a objetos, que fue introducido por Sun Microsystems en 1995, y diseñado en principio para el ambiente distribuido de Internet. Pero lo que hace de Java un concepto diferente es que, es también un entorno para la ejecución de programas, englobado en la llamada máquina virtual de Java. Este entorno es un software que permite que las aplicaciones escritas en Java se ejecuten en cualquier ordenador,

⁷⁴ “Borland C++ Builder.”

independientemente del sistema operativo y de la configuración de hardware utilizados (lenguaje *multiplataforma*).

La tecnología Java está compuesta básicamente por 2 elementos: el lenguaje Java y su plataforma. Con plataforma nos referimos a la máquina virtual de Java (JVM - Java Virtual Machine).

Consiste en pequeñas rutinas o programas que pueden ser exportables y ejecutados a Internet, capaces de operar sobre casi cualquier plataforma a través de un navegador. Sus principales cualidades son la universalidad, transportabilidad, o independencia de plataforma, seguridad, adaptación a redes (y en particular a Internet), sencillez y orientación a objetos.

Posee las bibliotecas estándar de funciones y métodos de Java (definidas en su API, Application Programming Interface) que facilitan la programación de multitud de acciones complejas (desarrollo de interfaces gráficas, multimedia, multitarea, interacción con bases de datos, etc.). Ningún otro lenguaje (ni compilado ni interpretado) dispone como Java de una cantidad tan grande de funciones accesibles en cualquier plataforma sin necesidad de cambiar el código fuente⁷⁵.

Eclipse es una plataforma de desarrollo open source basada en Java, su código fuente fue puesto a disposición de los usuarios. En sí mismo Eclipse es un marco y un conjunto de servicios para construir un entorno de desarrollo a partir de componentes conectados (plug-in). Hay plug-ins para el desarrollo de Java (JDT Java Development Tools) así como para el desarrollo en C/C++, COBOL, entre muchos otros.⁷⁶

2.5 Plataformas de Desarrollo de Sistemas Multiagentes.

A la hora de desarrollar un SMA se considera el desarrollo de un sistema de software a partir de la utilización una plataforma que sirve de base a la

⁷⁵ Enjolras, “Beneficios del uso de JAVA en las aplicaciones modernas de Bibliotecas.”

⁷⁶ Gutierrez, “Tutorial de Eclipse y Java.”

construcción del SMA, dicha plataforma proporciona servicios básicos de comunicación, gestión de agentes y una arquitectura de agente. A continuación se describen dos de las más difundidas.

2.5.1 JADE (Java Agent DEvelopment Framework)

JADE es un framework completamente implementado en lenguaje java. Simplifica la creación de Sistemas Multiagente a través de un middleware de código abierto y libre que proporciona tanto un entorno de desarrollo como un entorno de ejecución para la realización y mantenimiento de los SMA. El entorno de desarrollo está formado por una serie de librerías en Java que permiten la implementación de agentes de manera limpia e independiente de la plataforma sobre la que se va a ejecutar. El entorno de ejecución permite a los agentes de software existir y comunicarse entre ellos. Proporciona una serie de herramientas gráficas fáciles de utilizar e interpretar que permiten al desarrollador controlar y depurar a los agentes en tiempo real⁷⁷.

JADE está basada en las especificaciones FIPA, y como tal debe tener unos aspectos que debe cumplir toda plataforma de agentes que sea FIPA complaint, y estos son el AMS, DF, agentes y la definición de un protocolo que permita intercambiar mensajes entre agentes, estos mensajes son comúnmente llamados los ACL (Agent Communication Language). Es una plataforma probada y sobre la cual se han desarrollado aplicaciones.

Los requerimientos mínimos para su uso es la versión 1.4 de Java (JRE o JDK). JADE es un software libre distribuido bajo los términos de la licencia LGPL (General Public License Version 2).⁷⁸

⁷⁷ Arias et al., “Diseño y Desarrollo de Mecanismos de Razonamiento Multi-Agente para la Negociación de Energía Eléctrica Utilizando JESS Y JADE.”

⁷⁸ “JADE Home.”

2.5.2 Plataforma FIPA-OS

FIPA-OS, es una herramienta multiplataforma por encontrarse implementada en el lenguaje de programación Java, lo que permite que los diferentes agentes accedan a la red interna a través de diferentes sistemas operativos. Además esta herramienta cumple satisfactoriamente más que cualquiera con las especificaciones FIPA, ya que esta fue diseñada desde un comienzo para satisfacer a este estándar y se encuentra disponible como código abierto. Su arquitectura es orientada a componentes, lo que permite el reemplazo de algunos de sus componentes, así como la adición de nuevos.⁷⁹

Los componentes encapsulan un conjunto de funcionalidades relacionadas que permiten programar agentes usando la alternativa propuesta por Nortel Networks, la cual consiste en dividir la funcionalidad de un agente en unidades más pequeñas llamadas tareas⁸⁰. Presenta una estructuración de código por tareas, lo que implica una depuración de código sencilla.

2.6 Lenguajes para el desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento.

Para el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento se utilizan diversos lenguajes de programación específicos de la inteligencia artificial, actualmente los más utilizados son LISP y PROLOG.

2.6.1 LISP

El nombre LISP, abreviatura de List-Processing es uno de los más utilizados desde los comienzos de la I.A. Se trata de uno de los lenguajes de alto nivel más antiguos, creado en 1950 en el MIT por John McCarthy. Es un lenguaje cuya principal estructura de datos son las listas, aún cuando se han ido incorporando otras estructuras más sofisticadas como pueden ser los objetos.

⁷⁹ Colectivo de Autores, “FIPA-OS Developers Guide.”

⁸⁰ Bourke, “FIPA-OS Agent Tasks.”

Tiene como ventaja el manejo de sus estructuras a muy alto nivel lo que facilita la implementación rápida de los modelos y su facilidad de modificación. Como desventaja está su relativa lentitud frente a lenguajes de propósito general como C. La mayoría de las primeras herramientas de desarrollo de sistemas basados en el conocimiento fueron escritas en LISP y, en la actualidad, conviven con otras que se han desarrollado en C++.⁸¹

A lo largo de los últimos años se han desarrollado muchos dialectos, por ejemplo MACLISP, COMMONLISP, INTERLISP, ZETALISP, donde el COMMONLISP se está imponiendo cada vez más como estándar.

Un componente importante de un sistema LISP es la gestión dinámica de la memoria. El sistema administrará el espacio en la memoria para las listas en constante modificación, sin que el usuario lo deba solicitar. Además un sistema LISP abarca bastante más que el solo intérprete del lenguaje LISP. Consta de algunos cómodos módulos que ofrecen ayuda en el desarrollo y control del progreso en programas, como son el Editor, el File-System y el Trace.⁸²

2.6.2 PROLOG

PROLOG es la abreviatura de PROgramación LÓGica, con lo que se hace mención a la procedencia del lenguaje. Es una realización de lógica de predicados, como lenguaje de programación. Fue creado por Alain Colmenauer en la Universidad de Marsella en 1972. Se trata de un lenguaje declarativo frente a los lenguajes de programación más usuales que son los procedurales.

Los lenguajes declarativos, a diferencia de los procedurales, no describen secuencialmente el algoritmo de resolución del problema, sino que se limitan a describir los hechos conocidos y las relaciones existentes entre ellos. Los lenguajes procedurales están orientados al "cómo" mientras que los declarativos

⁸¹ “Lenguajes y generadores de sistemas basados en el conocimiento.”

⁸² García García, “DITRITS Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de las Infecciones de Transmisión Sexual.”

están orientados al "qué". Es el lenguaje declarativo, en el caso que nos ocupa PROLOG, quien a partir de los datos introducidos deduce nuevos hechos y resuelve el problema automáticamente.

PROLOG tiene incluido, por tanto, un *Motor de Inferencia* que se encarga de realizar búsquedas en su base de hechos. Programar con PROLOG consiste en acertar hechos sobre objetos y preguntar al sistema sobre sus relaciones.

Como una especie de semiestándar se han establecido el DECsystem-10 PROLOG de Edimburgo y el PROLOG descrito en el libro "PROGRAMMING IN PROLOG" de W.F.Clocksinn y C.S.Melish. La mayoría de los dialectos PROLOG se basan en este y contienen el DECsystem-10 PROLOG en su ámbito lingüístico. Existen numerosas extensiones y compiladores de Prolog: Aquarius Prolog, GNU Prolog, Beta-Prolog, BinProlog.⁸³

Amzi Prolog

Amzi! Prolog + Logic Server hace fácil integrar componentes basados en reglas con Windows, Linux, Sun Solaris, HP/UX y otras aplicaciones. Este componente posee un servidor lógico (Logic Server) que puede incrustarse en un lenguaje de alto nivel como un modulo más y así permitir crear un entorno para llamar predicados extendidos que servirán para realizar la integración entre el lenguaje de alto nivel y el prolog.

Amzi provee las herramientas clásicas de línea de comandos y un Entorno de desarrollo interactivo (IDE), basado en el proyecto Open Source Eclipse, que integra un editor de código, listener, depurador, compilador y motor de tiempo de ejecución.

Posee una clase Java que encapsula el servidor lógico del Amzi para la utilización en aplicaciones java; la misma cuenta con todos los métodos necesarios para gestionar la información necesaria.⁸⁴

⁸³ Ibid.

⁸⁴ “Amzi Prolog Home.”

2.7 Conclusiones.

Luego de realizar un estudio detallado de las principales metodologías en el desarrollo de sistemas multiagentes se ha seleccionado la metodología PASSI para modelar el sistema, pues aunque posea algunas desventajas, no deja de ser completa. Cubre todas las etapas del ciclo de vida del software, posee una herramienta de soporte bien aceptada por los desarrolladores y es compatible con la Plataforma de Desarrollo JADE ya seleccionada; además sus modelos utilizan las potencialidades de UML y AUML para modelar sus diagramas.

Se han expuesto las características por las cuales se ha seleccionado a Java como lenguaje de programación, así como a JADE para establecer al sistema multiagente. Para realizar el proceso de inferencia de la base de conocimientos Amzi Prolog es usado por las facilidades de comunicación con aplicaciones java, y la disponibilidad de una clase con las principales funcionalidades implementadas.

CAPÍTULO 3. Diseño de la solución propuesta con PASSI (Process for Agent Societies Specification and Implementation).

3.1 Introducción

PASSI ha evolucionado de un largo período de construcción teórica y experimentos en el desarrollo de aplicaciones orientadas a agentes; posee importantes características como una arquitectura de visión flexible y un modelado extenso del dominio y de la ontología. En este capítulo se aplica esta metodología en la construcción y el diseño del sistema multiagente que se propone, desarrollando los cinco modelos que la conforman. Su herramienta Passi Tool Kit (PTK), plugin del Rational Rose, servirá de guía en la confección de todos los artefactos que la conforman.

3.2 Modelo de Requerimientos del Sistema

3.2.1 Descripción de Entorno

La Descripción del Entorno constituye el primer modelo de PASSI, y a su vez proporciona una visión del sistema al máximo nivel de abstracción mediante un Diagrama de Casos de Uso utilizando la notación UML. Constituye el punto de partida de la descripción funcional del sistema⁸⁵. En el mismo se identificaron los actores internos y externos del mismo, considerándolo como un todo único, aquí representado por el Caso de Uso Diagnóstico Presuntivo ginecológico. Fueron

⁸⁵ Colectivo de Autores, “TUTORIAL PTK 1.1.0.”

identificados dos actores principales, el Usuario, que representa a la interacción del sistema con el entorno, y el Amzi Prolog .

Context Diagram

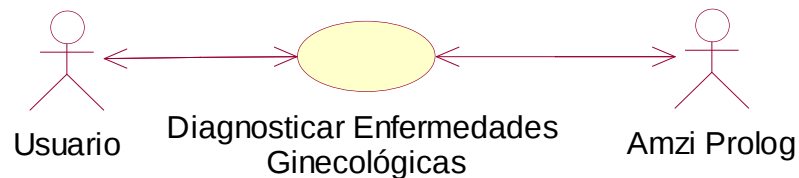


Figura 3.1. Diagrama de Entorno.

Como DPEG no trata niveles de usuarios, el actor Usuario puede ser interpretado como cualquier interacción del sistema con el entorno, sin importar clasificación, por lo que se tratará a este nivel de abstracción en las restantes fases.

Amzi Prolog constituye la interacción del sistema con un Recurso Externo, en este caso el Servidor Lógico de Prolog, que se encarga de las actividades de inferencia, o cualquier otra manipulación de las reglas y hechos de Prolog.

3.2.2 Descripción de Dominio

Esta fase es una descripción funcional de Casos de Uso del sistema usando los diagramas y estereotipos del Unified Model Language (UML). Aquí son descritos los requerimientos funcionales del sistema mediante en una serie jerárquica de Diagramas de Caso de Uso. El diagrama obtenido en esta fase constituye el punto de partida de desarrollo del sistema en la identificación de los agentes involucrados en la solución. La herramienta PTK supone, en esta etapa, identificar a cada Caso de Uso con el nombre del agente responsable. Como consecuencia el siguiente diagrama (Diagrama Identificación de Agente) es generado de manera automática.

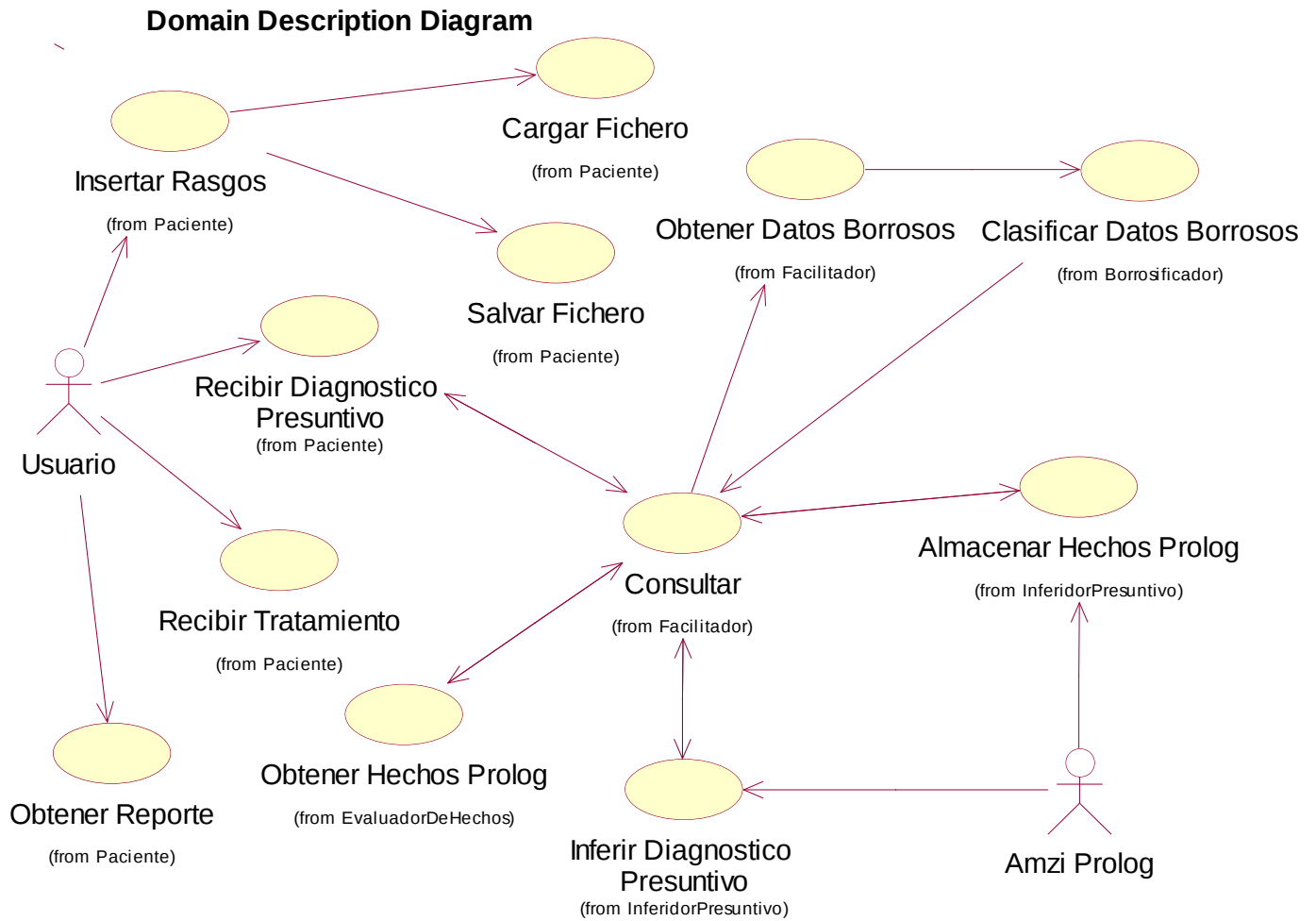


Figura 3.2. Diagrama de Descripción de Dominio.

Los Casos de Uso identificados aquí fueron:

1. Insertar Rasgos
2. Recibir Diagnóstico Presuntivo
3. Cargar Fichero
4. Salvar Fichero
5. Recibir Tratamiento
6. Obtener Reporte
7. Consultar
8. Obtener Datos Borrosos

9. Clasificar Datos Borrosos
10. Almacenar Hechos Prolog
11. Inferir Diagnóstico Presuntivo
12. Obtener Hechos Prolog

A continuación se realizará una breve descripción de los funcionalidades identificadas anteriormente:

Tabla 3.1. Especificación del CU Insertar Rasgos.

Caso de Uso: Insertar Rasgos		
Descripción:	Este CU es responsable de obtener toda la información brindada por el Usuario. Esta información será almacenada según la estructura de clases definida en la Ontología utilizada para la comunicación, y será validada según los criterios predefinidos.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Insertar Rasgos 2. CU Insertar Rasgos	1. CU Cargar Fichero 2. CU Salvar Fichero

En los Anexos del 17 al 20 se muestran algunos ejemplos de los prototipos del sistema que responden a este caso de uso.

Tabla 3.2. Especificación del CU Recibir Diagnóstico Presuntivo.

Caso de Uso: Recibir Diagnóstico Presuntivo	
Descripción:	Este CU es el encargado de solicitar una consulta según los datos de la paciente que ya han sido insertados, en caso contrario no será posible su ejecución, además de visualizar los resultados obtenidos de la Inferencia. Este CU constituye la interfaz del usuario con los mecanismos internos de la

	gestión de los datos de la consulta a realizarse.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Recibir Diagnóstico Presuntivo 2. CU Consultar	1. CU Consultar 2. CU Recibir Diagnóstico Presuntivo

En el Anexos 21 se muestra el prototipo que devuelve el diagnóstico presuntivo.

Tabla 3.3. Especificación del CU Cargar Fichero.

Caso de Uso: Cargar Fichero		
Descripción:	Este CU tiene como objetivos obtener todos los datos de una paciente, previamente consultada en DPEG y cargarlos en el sistema. Se realiza una completa gestión de la estructura de un fichero xml, para obtener los datos necesarios.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Cargar Fichero	1. CU Insertar Rasgos

Tabla 3.4. Especificación del CU Salvar Fichero.

Caso de Uso: Salvar Fichero		
Descripción:	El CU Salvar Fichero se encarga de realizar una salva de todos los datos que se le han introducido previamente al sistema, así como de los obtenidos a través de una petición de consulta realizada.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante

	1. CU Insertar Rasgos	1. CU Salvar Fichero
--	-----------------------	----------------------

Tabla 3.5. Especificación del CU Recibir Tratamiento.

Caso de Uso: Recibir Tratamiento		
Descripción:	Esta funcionalidad del sistema se encarga de Visualizar los Tratamientos de las enfermedades que diagnostica DPEG, en formato Web con HTML. Se realizan descripciones y sugieren tratamientos a seguir. En caso de ya haber sido diagnosticada la paciente de alguna patología, se cargará la página del tratamiento correspondiente.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Recibir Tratamiento	1. CU Consultar

Ver Anexo 22 del prototipo donde se visualizan los tratamientos solicitados.

Tabla 3.6. Especificación del CU Obtener Reporte

Caso de Uso: Obtener Reporte		
Descripción:	Este CU se encarga de Obtener un Reporte con todos los datos de la consulta activa. Los rasgos analizados, así como el resultado del diagnóstico serán desplegados en el informe y a la vez brinda la posibilidad de salvar en diferentes formatos como PDF y HTML.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Obtener Reporte	1. CU Insertar Rasgos

En el Anexo 24 se muestra un breve ejemplo de un reporte solicitado.

Tabla 3.7. Especificación del CU Consultar

Caso de Uso: Consultar		
Descripción:	El CU Consultar es uno de los más importantes en el sistema pues se encarga de coordinar la consulta de una paciente. Mediante el se integran acciones como son solicitar la clasificación de los datos borrosos, la solicitud de evaluar los hechos en prolog, así como el almacenamiento y la inferencia del conocimiento.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Recibir Diagnóstico Presuntivo 2. CU Consultar 3. CU Consultar 4. CU Consultar 5. CU Consultar	1. CU Consultar 2. CU Obtener Datos Borrosos 3. CU Almacenar Hechos Prolog 4. CU Inferir Diagnóstico Presuntivo 5. Obtener Hechos Prolog

Tabla 3.8. Especificación del CU Obtener Datos Borrosos

Caso de Uso: Obtener Datos Borrosos		
Descripción:	El CU Obtener Datos Borrosos se encarga de obtener a raíz de los rasgos insertados de la paciente los datos borrosos que necesitan ser clasificados.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante

	1. CU Consultar 2. CU Obtener Datos Borrosos	1. CU Obtener Datos Borrosos 2. CU Clasificar Datos Borrosos
--	---	---

Tabla 3.9. Especificación del CU Clasificar Datos Borrosos

Caso de Uso: Clasificar Datos Borrosos		
Descripción:	Este CU se encarga de clasificar los datos de la consulta activa que son borrosos y necesitan ser clasificados.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Obtener Datos Borrosos	1. CU Clasificar Datos Borrosos

Tabla 3.10. Especificación del CU Almacenar Hechos Prolog

Caso de Uso: Almacenar Hechos Prolog		
Descripción:	El CU Almacenar Hechos Prolog se encarga de insertar en la base de conocimientos de prolog los hechos que contienen los datos de los rasgos médicos de la consulta activa.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Consultar	1. CU Almacenar Hechos Prolog

Tabla 3.11. Especificación del CU Inferir Diagnóstico Presuntivo

Caso de Uso: Inferir Diagnóstico Presuntivo		
Descripción:	Este CU a través de la conexión del servidor lógico que se utiliza, tiene el objetivo de realizar el proceso de inferencia para obtener el Diagnóstico Presuntivo de la paciente que se está consultando.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Consultar	1. CU Inferir Diagnóstico Presuntivo

Tabla 3.12. Especificación del CU Obtener Hechos Prolog

Caso de Uso: Obtener Hechos Prolog		
Descripción:	El CU Obtener Hechos Prolog se encarga de evaluar todos los rasgos de la consulta activa y crear los hechos en prolog, que más tarde serán utilizados en Amzi Prolog.	
Comunicaciones:	Iniciador	Participante
	1. CU Consultar	1. CU Obtener Hechos Prolog

3.2.3 Identificación de Agentes

Según PASSI, es posible ver a un Agente como un Caso de Uso o un Paquete de Casos de Uso provenientes del diagrama de la fase anterior. Las funcionalidades son agrupadas según diferentes criterios que dan lugar a los agentes. De esta forma, cada paquete define las funcionalidades de un agente específico. Las

relaciones entre los CU del mismo agente siguen la sintaxis usual y estereotipos de UML; pero las relaciones entre CU de diferentes agentes son estereotipadas como comunicación, dirigidas del iniciador hacia el participante. Este diagrama, organizado por paquetes, es automáticamente generado por el PTK.

Agent Identification Diagram

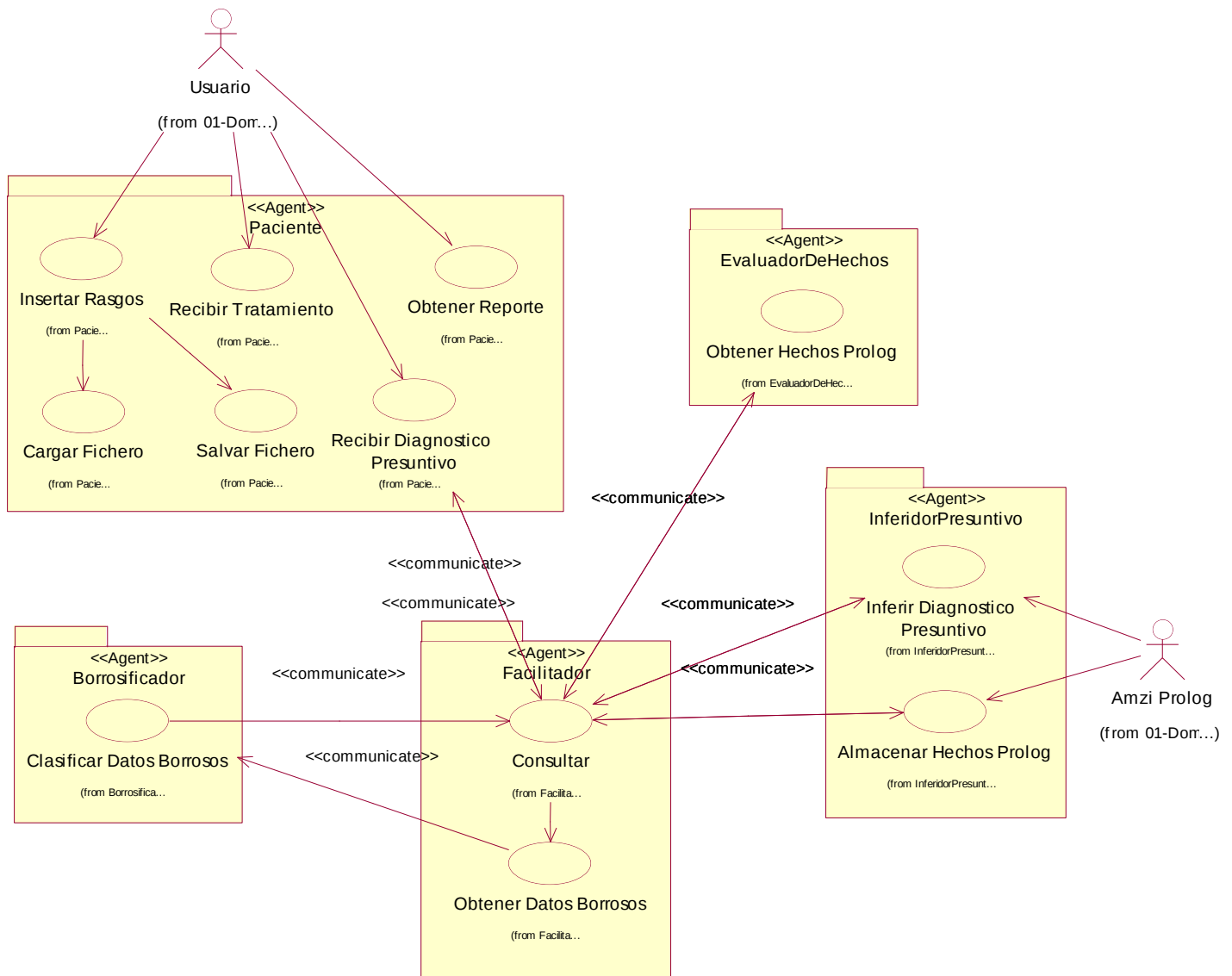


Figura 3.3. Diagrama de Identificación de Agente.

En esta fase fueron identificados cinco agentes participantes en el proceso de diagnóstico.

Agente 1. Interfaz Paciente

Este agente incorpora los siguientes CU:

1. Insertar Rasgos
2. Recibir Diagnóstico Presuntivo
3. Cargar Fichero
4. Salvar Fichero
5. Recibir Tratamiento
6. Obtener Reporte

El criterio seguido en esta agrupación fue principalmente los CU a través de los cuales el Usuario interactúa con el Sistema. Por ello se propone un agente que modere esta interacción, y que responda por las validaciones a nivel de interfaz de toda la información que circule entre el Sistema y el Usuario. El resto de los componentes de este agente identificado serán expuestos a lo largo de este capítulo.

Agente 2. Facilitador

Este agente incorpora los siguientes CU:

1. Consultar
2. Obtener Datos Borrosos

El agente Facilitador fue propuesto pues es el encargado de coordinar el funcionamiento de una Consulta a través de un modelo cooperativo de comunicación. Es el responsable de comunicarse con los restantes agentes de sistema para realizar una Consulta.

Agente 3. Evaluador De Hechos

Este agente incorpora los siguientes CU:

1. Obtener Hechos Prolog

Este agente es el encargado de confeccionar la estructura de los hechos en prolog a través de una detallada evaluación de todos los rasgos obtenidos.

Agente 4. Borrosificador

Este agente incorpora los siguientes CU:

1. Clasificar Datos Borrosos

El agente Borrosificador se encarga de la clasificación de los hechos borrosos que han sido identificados, mediante el entrenamiento de redes neuronales.

Agente 5. Inferidor Presuntivo

Este agente incorpora los siguientes CU:

1. Inferir Diagnóstico Presuntivo
2. Almacenar Hechos Prolog

Ambos casos de uso fueron agrupados pues son los que hacen uso del servidor lógico Amzi Prolog, en la inserción y manipulación de la base de conocimientos.

3.2.4 Identificación de Roles

En la Identificación de Roles se exploran las responsabilidades de cada agente y se identifican todos los roles posibles que pueden jugar. Esto se realiza a través de escenarios, que no son más que caminos, que definen las diferentes conductas del sistema. Los escenarios son descritos a través de Diagramas de Secuencia, donde un agente puede jugar uno o varios roles, y cada interacción representará una comunicación entre los agentes. A cada escenario identificado del Sistema Multiagente corresponde un diagrama, los cuales se corresponden al flujo normal de eventos del camino que se trate; suponiendo con ello la realización satisfactoria de las tareas involucradas. El alcance de la misma es modelar el ciclo de vida de cada agente, identificando los Roles que él puede jugar, las colaboraciones que necesita, y las comunicaciones en que participa.

En DPEG fue identificado sólo un escenario principal (Figura 3.4) que es la capacidad de Consultar del sistema multiagente que se está modelando.

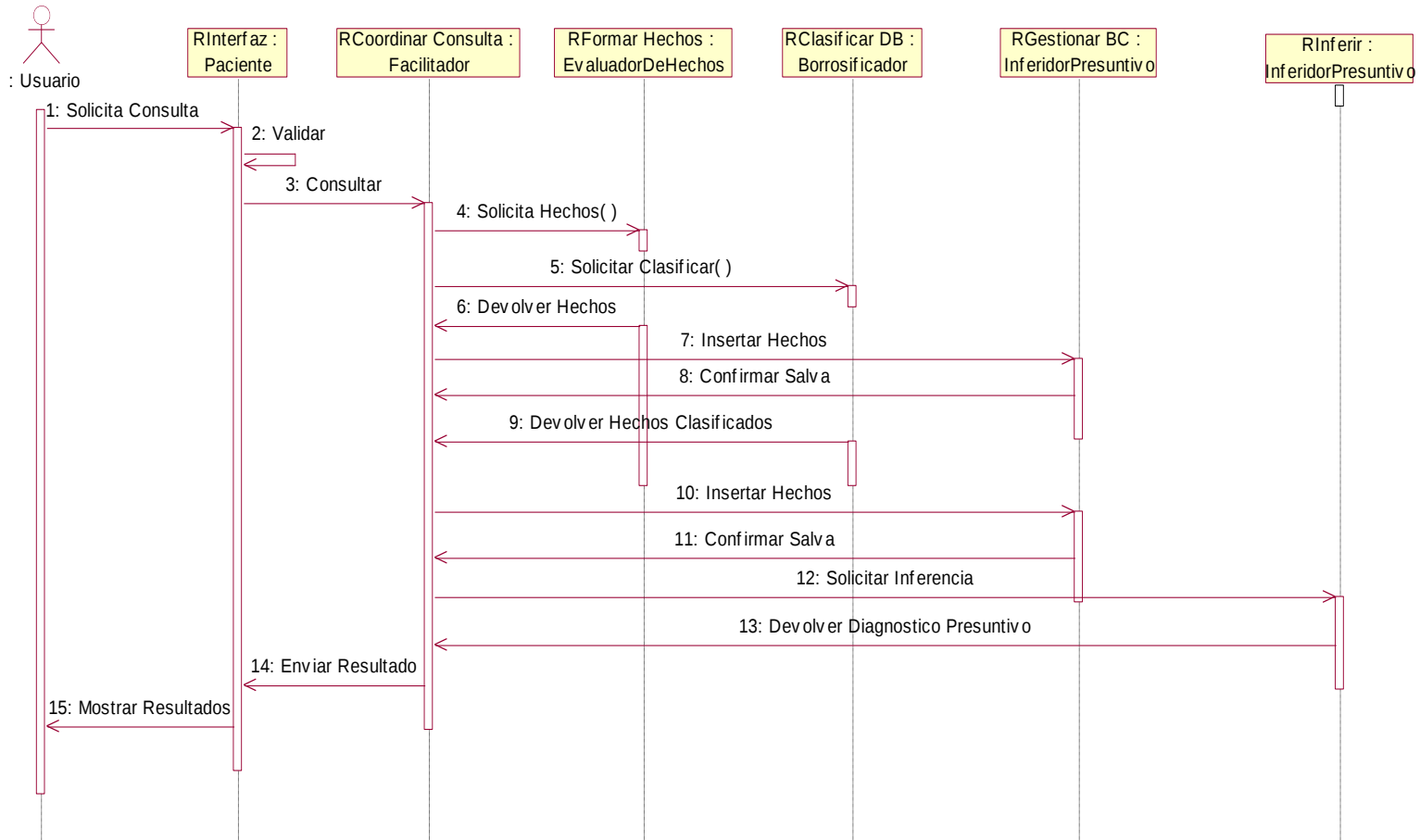


Figura 3.4. Diagrama de Identificación de Roles: Consultar.

De los agentes propuestos se Identificaron los siguientes Roles:

Agente 1. Interfaz Paciente

1. RInterfaz

Agente 2. Facilitador

1. RCoordinar Consulta

Agente 3. Evaluador De Hechos

1. RFormar Hechos

Agente 4. Borrosificador

1. RClasificar DB

Agente 5. Inferidor Presuntivo

1. RGestionar BC

2. RInferir

Tabla 3.13. Especificación del Escenario Consultar.

Escenario: Consultar	
Descripción:	Este escenario muestra el curso normal que sigue una Consulta en el sistema desde que el usuario entra los datos y la solicita hasta que se le muestran los resultados de la inferencia que finalmente constituye el Diagnóstico Presuntivo.
CU Asociados:	Recibir Diagnóstico Presuntivo, Consultar Obtener Datos Borrosos Clasificar Datos Borrosos Almacenar Hechos Prolog Inferir Diagnóstico Presuntivo Obtener Hechos Prolog
Roles Asociados	Descripción
Rol RInterfaz (Agte. Interfaz Paciente)	Este rol es encargado de proporcionar la comunicación entre usuario y sistema. Sus principales actividades son mostrar, recepcionar y validar información.
RCoordinar Consulta (Agte. Facilitador)	Se encarga de coordinar la consulta dentro del sistema distribuido, solicitando las tareas necesarias para completar un Diagnóstico Presuntivo. Sus principales actividades son solicitar la clasificación de los datos borrosos, la

	evaluación de los hechos prolog, la gestión de la base de conocimiento, así como ordenar la inferencia de los datos.
RFormar Hechos (Agte. Evaluador De Hechos)	El objetivo de este rol es obtener los hechos en prolog a través de la evaluación detallada de cada rasgo de entrada. Su actividad principal es la de Formar hechos prolog.
RClasificar DB (Agte. Borrosificador)	Este rol se encarga de realizar la clasificación de los datos borrosos que puedan existir como consecuencia de la entrada de datos iniciales del sistema, esto se realiza mediante la utilización de redes neuronales. Sus principales actividades son la de entrenar las redes necesarias y clasificar los datos borrosos.
RGestionar BC (Agte. Inferidor Presuntivo)	El objetivo de este rol es el de realizar la gestión de la base del conocimiento almacenada, pues se realizan actividades como la inserción de datos, la actualización, entre otras.
RInferir (Agte. Inferidor Presuntivo)	Este rol es uno de los más importantes pues se encarga del proceso de inferencia del sistema para devolverle a la paciente un diagnóstico presuntivo. Sus principales actividades son Inferir y Devolverle los Datos a la paciente.

3.2.5 Especificación de Tareas

Esta etapa especifica a través de Diagramas de Actividad las capacidades de cada agente, su alcance es modelar el ciclo de vida de cada agente, reflejando las colaboraciones que necesita, y a las comunicaciones en que participa. Este

diagrama se obtiene a partir del Diagrama Identificación de Roles explorando todos los escenarios en los que participa el agente. A cada agente le pertenece un diagrama con todas sus tareas desglosadas y relacionadas, el mismo contiene dos calles: la primera con una colección de actividades que simbolizan las tareas del propio agente, mientras que la segunda contiene actividades que representan a los otros agentes entrelazados⁸⁶. Para cada Agente propuesto se identificaron las tareas correspondientes (ver Anexos del 3 al 7).

3.3 Modelo de Sociedades de Agente

Este nivel modela las interacciones sociales y dependencias entre los agentes involucrados en la solución. Las fases de este nivel son las siguientes:

3.3.1 Descripción de la Ontología

Esta fase describe el conocimiento atribuido a agentes individuales y a sus interacciones mediante el uso de Diagramas de Clase. Un sistema basado en agentes puede archivar sus reglas semánticas a través de ontologías explícitas, o terminologías y teorías específicas del dominio. Para detallar la ontología resultante de la solución se introduce esta etapa que posee dos diagramas.

3.3.1.1 Descripción de la Ontología de Dominio

Este Diagrama describe la ontología del dominio que representa a las entidades a través de las clases. Del nivel de descripción obtenido en el Modelo de Requerimientos del Sistema, se obtiene una serie de clases clasificadas en términos de conceptos, acciones y predicados, que representan todos los diversos conceptos con que interactúan los agentes identificados. Las acciones representan, a grandes rasgos, las principales funcionalidades de los conceptos; mientras que los predicados hacen referencia a expresiones alternativas, que definen posibles cursos y que tienen un papel relevante para la arquitectura identificada. Debido a la gran cantidad de información que se transmite entre los

⁸⁶ Ibid.

diferentes tipos de agentes el diagrama fue dividido en varios subdiagramas (ver Anexos del 8 al 11)

Domain Ontology Description Diagram

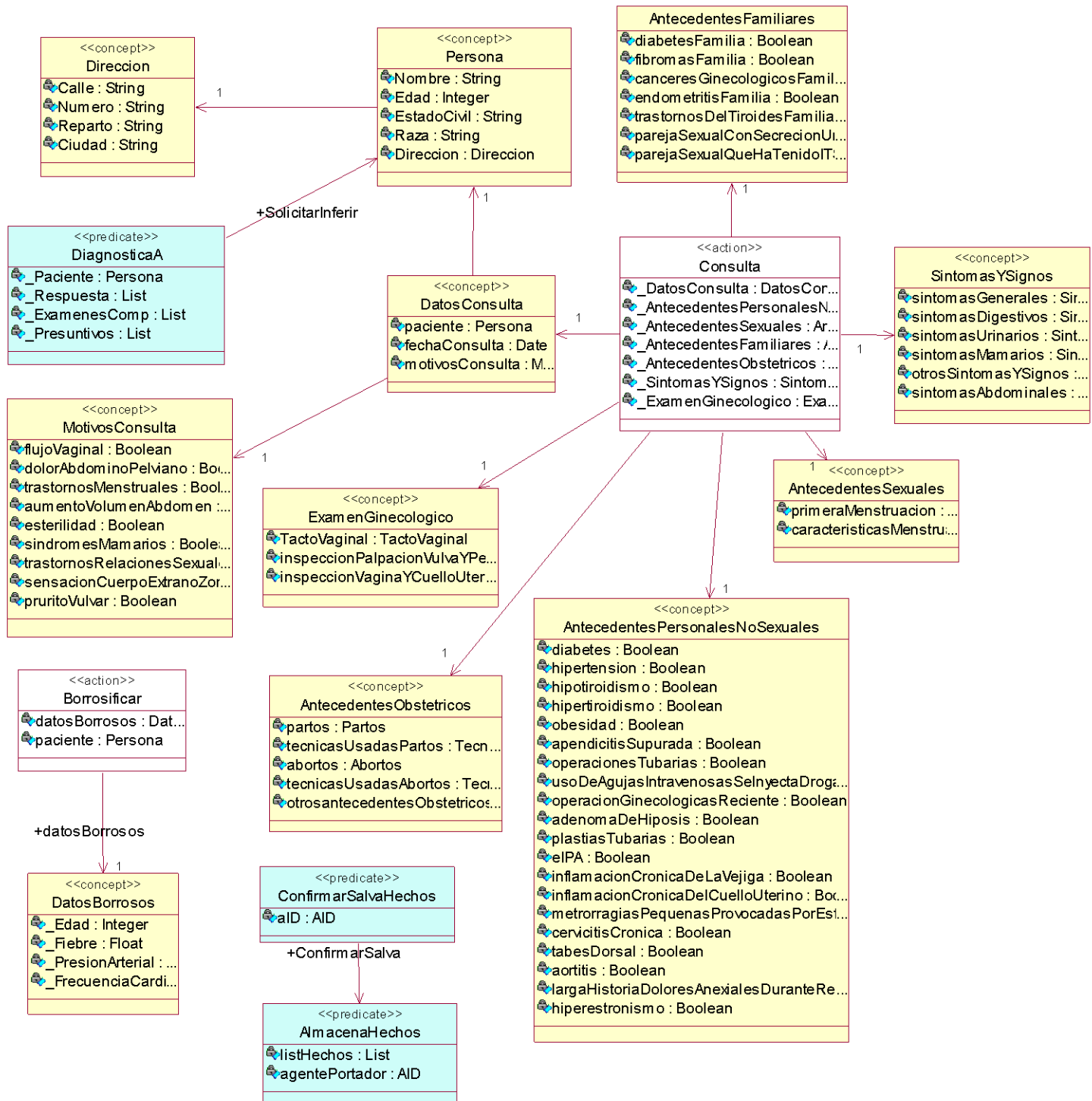


Figura 3.5. Diagrama Descripción de Ontología de Dominio.

3.3.1.2 Descripción de la Ontología de Comunicación

Este diagrama se enfoca en el conocimiento de los agentes y sus relaciones comunicativas. Para cada comunicación es imprescindible especificar tres elementos: ontología, lenguaje y protocolo de interacción. Los lenguajes y protocolos de interacción son, en mayoría estandarizados por FIPA. La ontología, al relacionarse estrictamente al problema, será definida como consecuencia de la propia aplicación. Permite la definición simultánea de dos elementos relacionados: el conocimiento del agente y su especificación de comunicaciones.

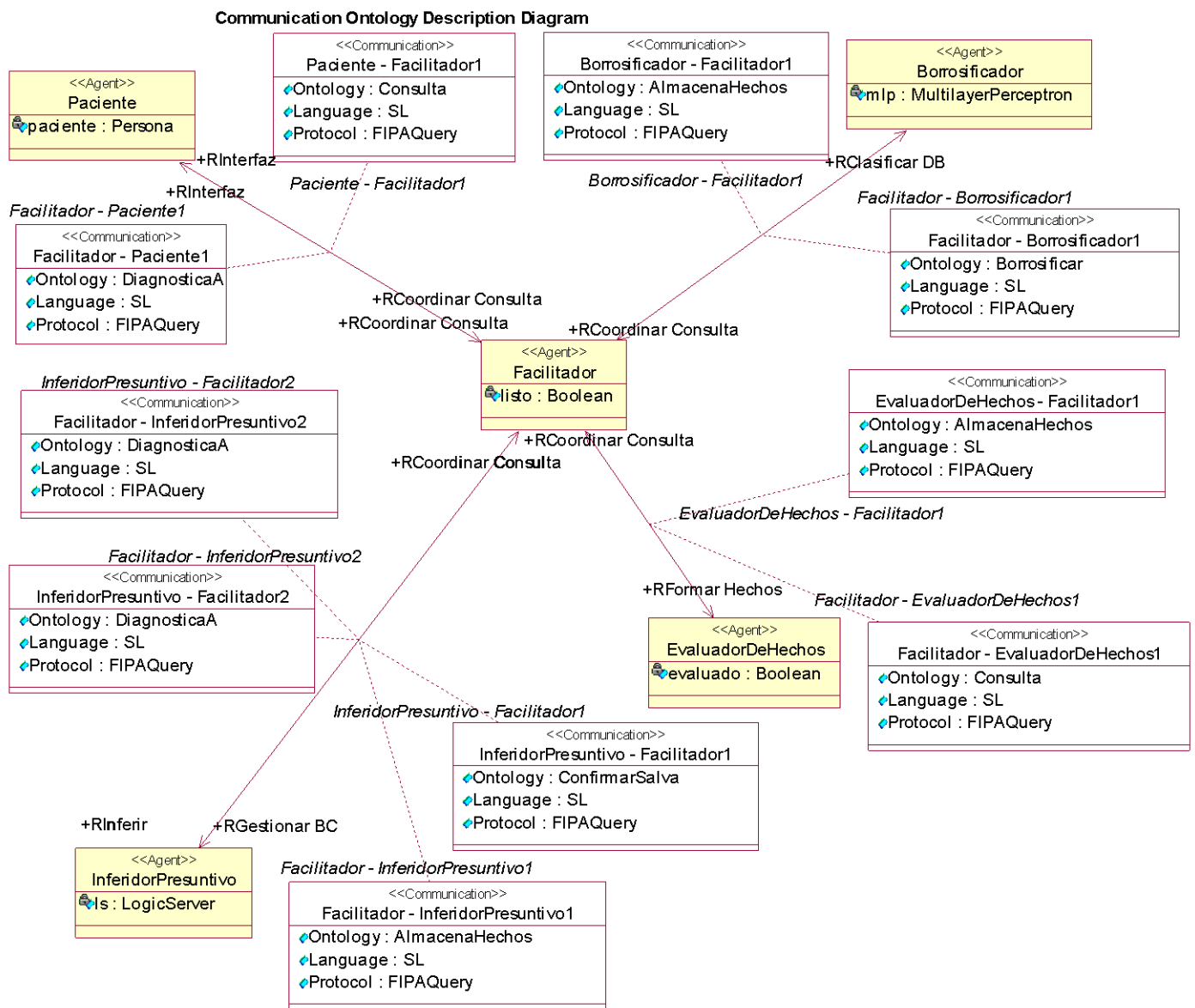


Figura 3.6. Diagrama Descripción de Ontología de Comunicación

3.3.2 Descripción de Roles

Un Diagrama de Paquetes es el resultado de esta etapa. En estas clases correspondientes a cada rol se introducen las tareas que el rol en sí debe efectuar. De igual forma se especifican las dependencias entre los diversos roles, y se establecen las comunicaciones entre roles de diferentes agentes como se especifica en el Diagrama Descripción de Ontología de Comunicación.

Parte de este diagrama es generado automáticamente por PTK, o sea, los paquetes que representan a los agentes, y los diversos roles que se identificaron en la fase Identificación de Roles.

Se identifican aquí algunas relaciones adicionales que expresen los siguientes tipos de dependencia: Dependencia de servicio, Dependencia de recurso y Dependencia Suave de Servicio/Recurso.

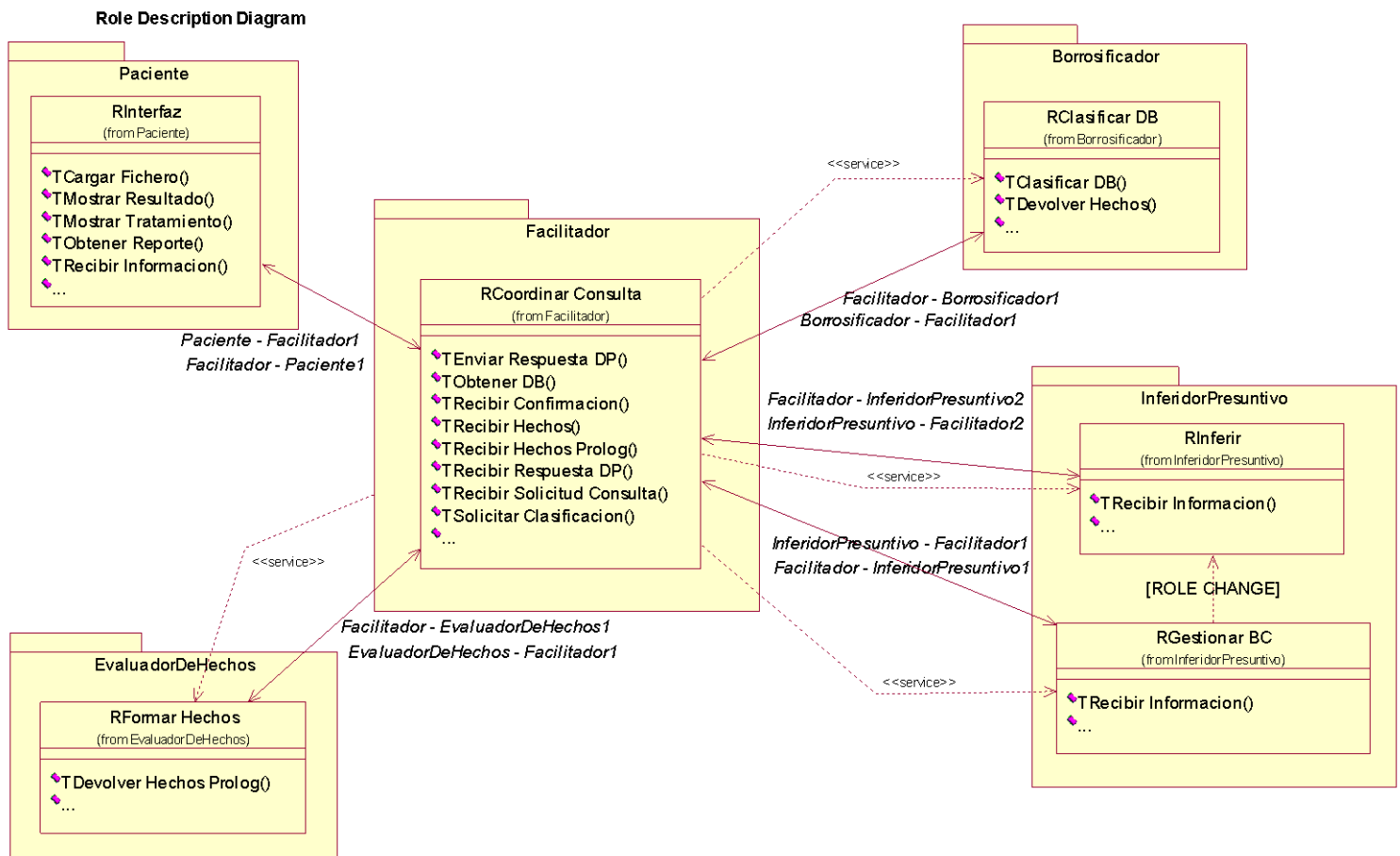


Figura 3.7. Diagrama Descripción de Roles

3.3.3 Descripción de Protocolos

Esta fase especifica la gramática de cada protocolo de comunicación en términos de “actos del habla” mediante el uso de Diagramas de Secuencia. Los protocolos seleccionados para moderar la comunicación entre los agentes fueron FIPA-Request y FIPA-Query⁸⁷. A continuación se presenta el diagrama de secuencia correspondiente al primer protocolo utilizando notación AUML.

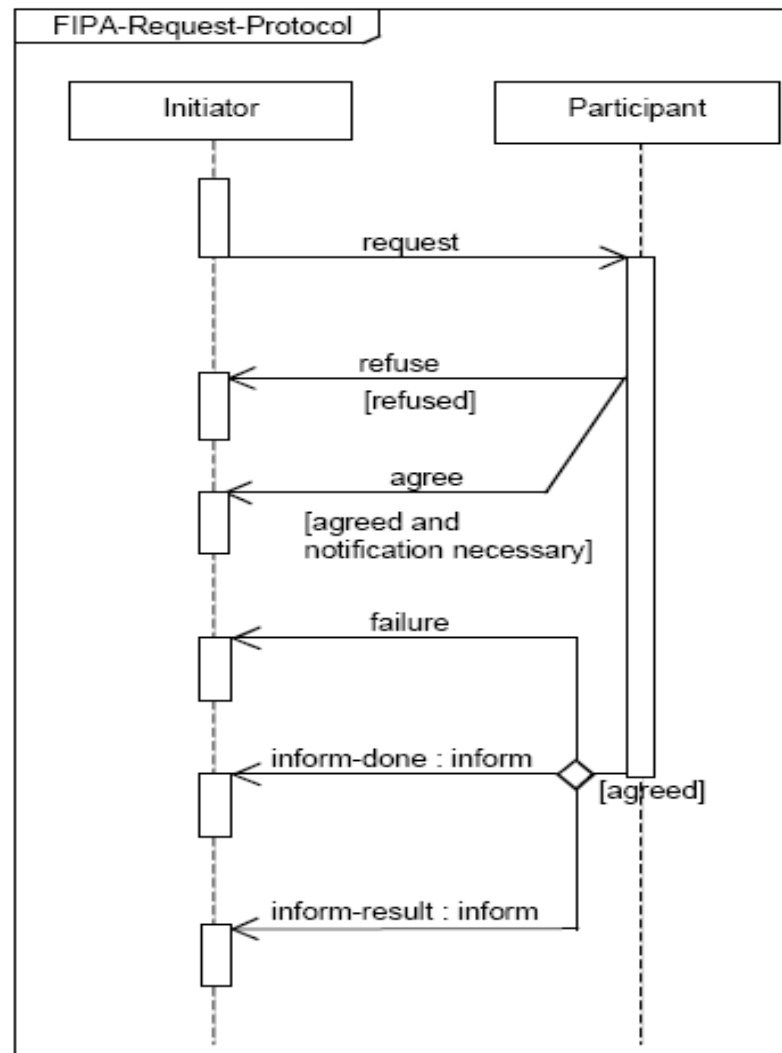


Figura 3.8. Diagrama Descripción del Protocolo FIPA-Request

⁸⁷ FIPA Specifications.

3.4 Modelo de Implementación del Agente

3.4.1 Definición de Estructura del Agente

En esta fase se describe la estructura de las clases de agente mediante el uso de Diagramas de Clases convencionales generando dos diagramas:

3.4.1.1 Definición de Estructura del SMA

Este diagrama representa la estructura del SMA mediante un diagrama de Clases, donde cada una simboliza un agente. El conocimiento de cada agente puede representarse mediante compartimientos de atributos (como se vio en el Diagrama de Ontología), considerando el uso de compartimientos de operaciones para la identificación de las tareas del agente.

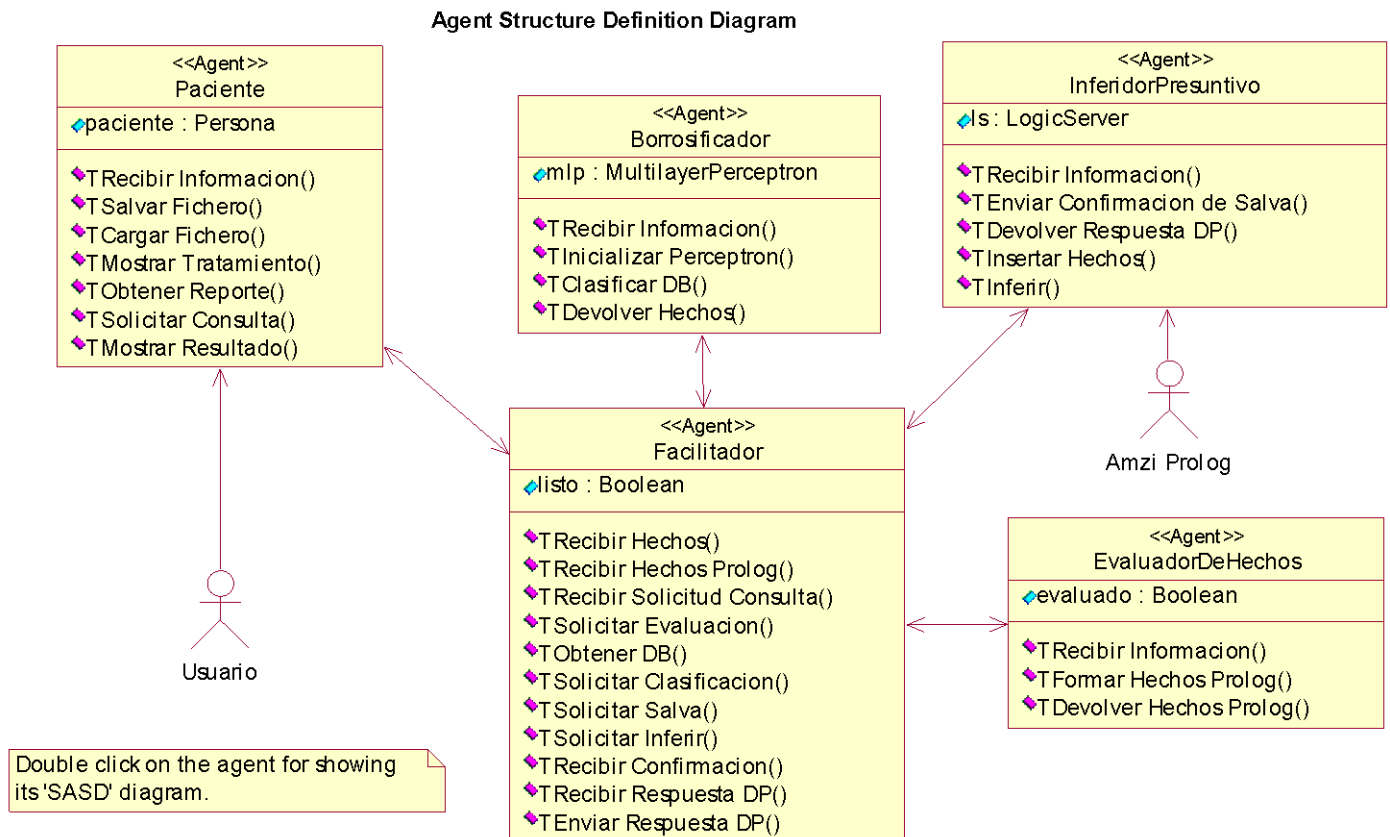


Figura 3.9. Diagrama Definición de Estructura del SMA

3.4.1.2 Definición de Estructura del Agente Simple

Se ilustra la estructura interior del agente a través de las clases que lo constituyen, o sea, la clase principal del agente y las clases internas que identifican sus tareas. Se utiliza un Diagrama de Clase para cada agente, declarando los métodos y atributos del mismo, y las clases responsables de las tareas. Los Anexos del 12 al 16 describen la estructura de cada uno de los agentes.

3.4.2 Descripción de Conducta del Agente

Esta etapa consta de dos Diagramas de Clases subdivididos lógicamente, donde el correspondiente al SMA diseña el flujo de eventos por invocación de los métodos e intercambio de mensajes, mientras que el referente al agente en particular, especifica los métodos anteriores.

3.4.2.1 Descripción de Conducta del SMA

Se muestra el flujo de eventos entre y dentro de las clases de los agentes principales y sus clases internas (representando sus tareas) mediante uno o más Diagramas de actividad. Se debe diseñar una calle para cada agente y para cada tarea. Las actividades dentro de la calle indican los métodos de la clase relacionada. Se establecen transiciones usuales de la norma de UML para significar cualquier evento o invocación de métodos.

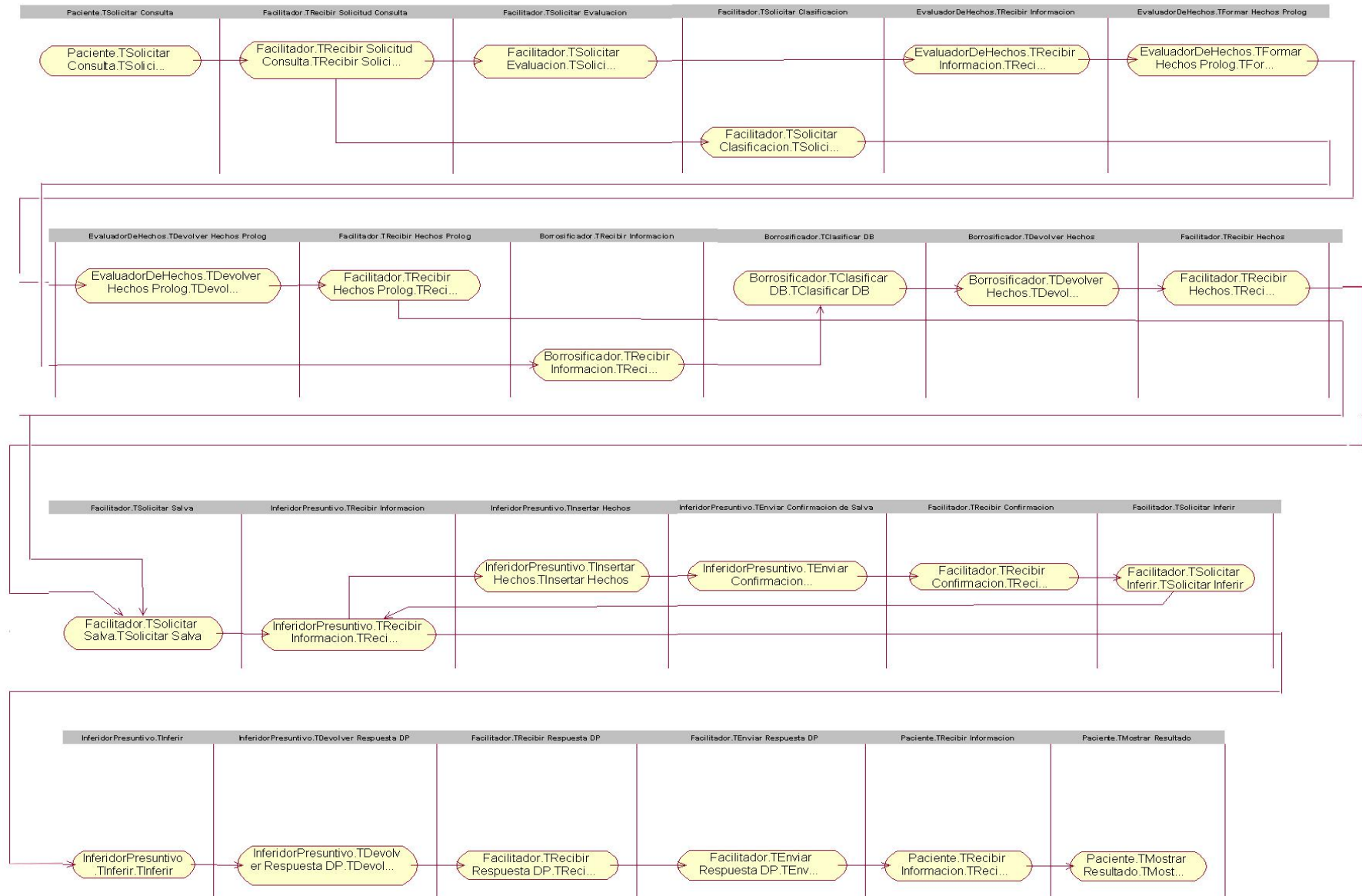


Figura 3.10 Diagrama Descripción de la Conducta del sistema multiagente

3.4.2.2 Descripción de Conducta del Agente Simple

En esta se incorpora la implementación de los métodos introducidos en los Diagramas Definición de Estructura del agente. La manera de describirlo es libre; o sea, la más apropiada a consideración del diseñador. Esta fase no ha sido desarrollada pues no se corresponde con los objetivos propuestos.⁸⁸

3.5 Modelo de Código

3.5.1 Biblioteca de Código Reutilizable

En esta fase se trata de rehusar patrones existentes de agentes y tareas. Aquí se realiza la implementación de las Interfaces de las clases cada uno de los agentes identificados. La herramienta realiza la generación del código, permitiendo redefinir los métodos necesarios.

3.5.2 Perfeccionamiento del Código Básico

En esta fase, más bien convencional, se realiza la modificación del código fuente.

3.6 Modelo de Despliegue

Este nivel constituye un modelo de la distribución de las partes del sistema, a través de unidades de procesamiento de hardware; y su migración entre las mismas. Incorpora una única fase.

3.6.1 Configuración del Despliegue

Esta etapa describe la asignación de agentes a las unidades físicas de procesamiento disponibles y cualquier restricción en la migración y movilidad mediante el uso de Diagramas de Despliegue. Esta fase es la respuesta a la necesidad de detallar la posición de los agentes en sistemas distribuidos o en contextos de agentes móviles. Aquí se describen donde se localizan los agentes y

⁸⁸ Pérez, “Evaluación de la Metodología PASSI en un Caso de Estudio.”

qué unidades de procesamiento necesitan para la comunicación entre sí. En este diagrama es posible especificar los dispositivos de hardware usados por los agentes (sensores y efectores), y los modos de comunicación entre agentes en unidades de procesamiento diferentes (por ejemplo, redes por cable o inalámbricas).

Como nuestros agentes no van a ser objetos de movilidad y todos ellos se encuentran en el mismo PC, el Diagrama de Despliegue quedaría de la siguiente forma:

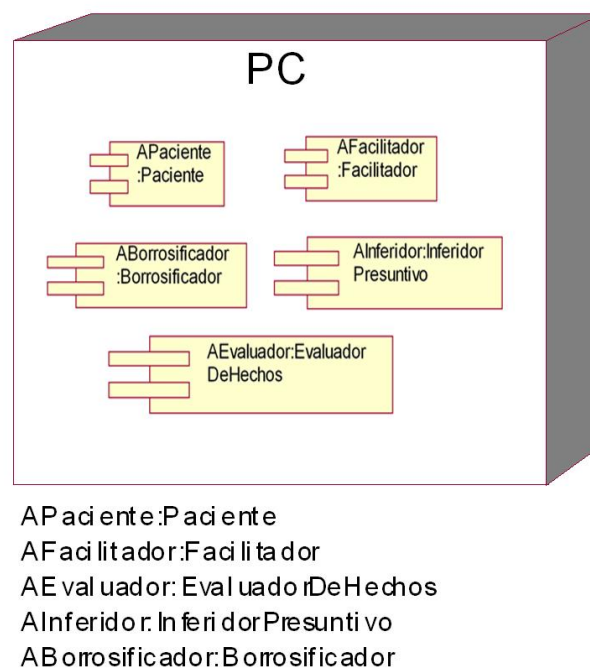


Figura 3.11 Diagrama de Configuración del Despliegue

3.7 Conclusiones

En el desarrollo de este capítulo se realizó el diseño de la construcción del sistema multiagente propuesto a través de la metodología PASSI. A pesar de sus debilidades se obtuvo una detallada descripción en las fases de diseño y modelado de la Ontología a un significativo nivel de detalle. Se obtuvieron cinco agentes participantes de la sociedad luego de agrupar los requerimientos funcionales atendiendo a criterios de agrupación diferentes. Finalmente la herramienta utilizada ha cumplido con los objetivos esperados satisfactoriamente.

CAPÍTULO 4. “Análisis de la factibilidad y Validación de la solución propuesta”.

4.1 Introducción

El estudio de la factibilidad del producto de software es abordado en este capítulo, donde se ofrece una descripción de la planificación de este proyecto, así como los costos asociados al mismo. También se muestran los beneficios tangibles e intangibles que surgirían con su implementación y finalmente se realiza un análisis entre los costos y los beneficios para llegar a la conclusión de si resulta factible o no el desarrollo del sistema que se propone.

Es necesario para la realización de un proyecto estimar el esfuerzo humano, el tiempo de desarrollo que se requiere para la ejecución del mismo y también su costo. Estas estimaciones pueden realizarse a través del método de puntos de función del modelo de COCOMO II (Constructive Cost Model).

Además se realiza una Prueba de Hipótesis para la validación del resultado propuesto con el software. Para lograr esto se calcula la muestra en función de lograra un mínimo error en los cálculos realizados.⁸⁹

4.2 Planificación por Puntos de Función

La técnica de puntos de función fue introducida por Albrecht ⁹⁰ y su propósito es medir el software cualificando la funcionalidad que proporciona externamente,

⁸⁹ Boehm, *Software Engineering Economics*.

⁹⁰ Albrecht, *Measuring Application Development Productivity*.

basándose en el diseño lógico del sistema. Para realizar el cálculo de los costos de desarrollo del sistema se deben obtener primero las instrucciones fuentes. Analizándose para esto las cantidades de entradas, salidas, peticiones, archivos lógicos e interfaces externas preliminares que tiene el sistema. Para calcular la cantidad de instrucciones fuentes hay que tener en cuenta también que la conversión al Java y Prolog, lenguajes seleccionados para implementar la aplicación, es de **63** y **69** puntos respectivamente. Después de este estudio se llegó a los siguientes resultados:

Tabla 4.1. Planificación: Entradas Externas

Nombre de la entrada externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Insertar Datos Generales	3	11	Medio
Modificar Datos generales	3	11	Medio
Eliminar Datos generales	3	11	Medio
Insertar Motivos de consulta	1	9	Bajo
Modificar Motivos de consulta	1	9	Bajo
Eliminar Motivos de consulta	1	9	Bajo
Insertar Antecedentes	3	81	Alto
Modificar Antecedentes	3	81	Alto
Eliminar Antecedentes	3	81	Alto
Insertar Síntomas Y Signos	6	67	Alto
Modificar Síntomas Y Signos	6	67	Alto
Eliminar Síntomas Y Signos	6	67	Alto
Insertar Examen Ginecológico	3	85	Alto
Modificar Examen Ginecológico	3	85	Alto
Eliminar Examen Ginecológico	3	85	Alto

Tabla 4.2. Planificación: Salidas Externas

Nombre de la salida externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Mostrar Diagnóstico Presuntivo	1	3	Alto
Mostrar Reporte Consulta	2	323	Alto

Tabla 4.3. Planificación: Consultas Externas (Peticiones)

Nombre de la petición	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Mostrar Tratamiento	1	3	Bajo
Mostrar Ayuda	1	1	Bajo

Tabla 4.4. Planificación: Archivos Lógicos Internos (Ficheros internos)

Nombre del fichero interno	Cantidad de records	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Almacenar Consulta XML	1	320	Media
ginecologo.pro	1	320	Media

Tabla 4.5. Planificación: Punto de función

Elementos	Bajos	X Peso	Medios	X Peso	Altos	X Peso	Subtotal puntos función
Ficheros lógicos internos	0	7	2	10	0	15	20
Ficheros de interfaces externas	0	5	0	7	0	10	0

Entradas externas	3	3	9	4	36	6	261
Salidas externas	0	4	0	5	3	7	21
Peticiones	2	3	0	4	0	6	6
Total (Puntos de función Desajustados)							308

Tabla 4.6 Planificación: Miles de instrucciones fuentes

Características		Valor
Puntos de función desajustados		308
Lenguaje	Java	Prolog
Instrucciones fuentes por puntos de función	63	69
Por ciento de la aplicación en cuanto a requerimientos funcionales	80%	20%
Instrucciones fuentes	15523,20	4250,40
Total de Instrucciones fuentes	19773,60	

Miles de instrucciones fuentes = 19773,60

4.3 Determinación de los Costos

Tabla 4.7 Cálculo del esfuerzo, tiempo de desarrollo, cantidad de hombres y costo.

Cálculo de:	Valor	Justificación
RCPX	1.00	El sistema posee una complejidad moderada y una confiabilidad igualmente evaluada. (Nominal)
RUSE	1.07	Durante todo el desarrollo se implementa gran

		cantidad de patrones de código e interfaces del lenguaje y la plataforma que se desarrollan (Alto)
PDIF	1.00	No presenta grandes dificultades ni restricciones (Nominal).
PERS	0.83	El personal está completamente apto para cumplir con los objetivos propuestos y hay muy poco movimiento del mismo. Existe buena comunicación en el equipo (Alto)
PREX	1.00	El equipo tiene dominio del lenguaje de programación, plataforma y herramientas utilizadas con una experiencia de 1 año aproximadamente. (Nominal)
FCIL	0.87	Se utilizan importantes herramientas como Eclipse tanto para el desarrollo de Prolog y Java, la plataforma de desarrollo JADE y la herramienta CASE Rational Rose. (Alto)
SCED	1.00	Fueron impuestas moderadas restricciones en al grupo de desarrollo. (Nominal)
PREC	3.72	El equipo de desarrollo posee una comprensión considerable de los objetivos del producto, no tiene experiencia en la realización de software de este tipo. (Nominal)
FLEX	3.04	El sistema cuenta con poca flexibilidad de en cuanto a los requerimientos establecidos no pudiéndose, solo es un poco flexible en cuanto a las especificaciones de la interfaz (Nominal)

TEAM	1.10	El equipo de desarrollo de software mantiene alto nivel de cohesión y cooperación para lograr los objetivos propuestos. (Muy Alto)
RESL	4.24	Teniendo en cuenta el polémico campo de estudio que se está tratando, se cuenta con algunos factores de riesgos. (Nominal)
PMAT	6.24	El sistema cuenta con poco tiempo de vida por lo que se considera poco avanzado en este sentido. (Bajo)

Multiplicador de esfuerzos

7

$$EM = \prod_{i=1}^7 E_{mi} = RCPX * RUSE * PDIF * PERS * PREX * FCIL * SCED$$

$$EM = 1.00 * 1.07 * 1.00 * 0.83 * 1.00 * 0.87 * 1.00 = 0.772647 \approx 0.77$$

Factores de escala

$$SF = \sum SFi = PREC + FLEX + RESL + TEAM + PMAT$$

$$SF = 3.72 + 3.04 + 1.10 + 4.24 + 6.24 = 18.34$$

Valores de los coeficientes

$$A = 2,94 \quad B = 0,91 \quad C = 3,67 \quad D = 0,24$$

$$E = B + 0,01 * SF = 0,91 + 0,01 * 18,34 = 1,0934$$

$$F = D + 0,2 * (E - B) = 0,24 + 0,2 * (1,0934 - 0,91) = 0,27668$$

Esfuerzo

$$PM = A * (MF)^E * EM = 2,94 * (19,77)^{1,0934} * 0,77 = 59,14 \text{ (hombres mes)}$$

Cálculo del tiempo de desarrollo

$$TDEV = C * PM^F = 3,67 * (59,14)^{0,27668} * 0,77$$

$$TDEV = 8,73 \text{ (mes)}$$

Cálculo de la cantidad de hombres

$$CH = PM / TDEV$$

$$CH = 59,14 / 8,73 = 6,77$$

Recalculando

$$CH = PM / TDEV$$

$$3 = 59,14 / TDEV$$

Considerando que las dos tutoras forman parte del equipo de desarrollo.

$$TDEV = 19,71 \approx 20 \text{ meses.}$$

Costo - Se asume como salario promedio mensual **\$275.00**

$$CHM = 3 * \$275.00 = \$825.00$$

$$\text{Costo} = CHM * PM = \$825.00 * 59,14 = \$48790,50$$

Los costos en los que se incurriría de desarrollarse el sistema serían

Tabla 4.8. Costos totales

Cálculo de:	Valor
Esfuerzo(PM)	59,14
Tiempo de desarrollo	20 meses
Cantidad de hombres	3 hombres
Costo	\$ 48790.50
Salario medio	\$ 275.00
RCPX	1.00
RUSE	1.07

PDIF	1.00
PREX	1.00
FCIL	0.87
SCED	1.00

4.4 Beneficios Tangibles e Intangibles

Cualquier proyecto que se desarrolle genera beneficios tangibles e intangibles. Dentro de los beneficios tangibles podemos decir que con la implantación de DPEG la consulta del médico en la Atención Primaria resulta de más ayuda a las pacientes pues de aquí obtendría un diagnóstico presuntivo sin tener que acudir a otro tipo de personal médico, disminuyendo también las horas-médicos constituyendo esto un beneficio social. También DPEG posibilita reportes de la consulta que pueden ser impresos o salvados en ficheros para posteriores consultas por lo que implica ahorro en arriendo de oficinas. Como beneficios intangibles podemos identificar los siguientes. El médico posee mejor calidad de la información al poseer con la ayuda del sistema propuesto, así como mejorar las condiciones de trabajo siendo más comodidad la recepción de la información.

4.5 Análisis de los Costos y los Beneficios.

El aumento de mujeres con patologías ginecológicas en los últimos años crece considerablemente, su control es decisivo para mejorar la salud reproductiva y en general de la mujer, y representa uno de los grandes desafíos de la salud pública contemporánea. Esta aplicación constituye el primer producto cubano para el diagnóstico presuntivo de enfermedades ginecológicas. Su utilización garantizará el diagnóstico rápido y certero de estas patologías tanto a profesionales especializados, como a graduados y estudiantes en Medicina, lo cual constituye un logro en la salud pública cubana, dotando a nuestros médicos de una herramienta de apoyo al diagnóstico. Adicionalmente DPEG se convierte en un entrenador en el dominio de aplicación, puede ser usado por profesores en el dominio de aplicación como herramienta de ayuda a la docencia y es posible

incorporarlo como una técnica de auto-aprendizaje y de auto evaluación del conocimiento.

Este sistema, como resultado del presente trabajo de diploma, no implica costo alguno para cualquier centro o entidad donde se pretenda implantar el software, sin embargo, al desarrollo de todo producto informático va asociado un costo y su justificación económica viene dado por los beneficios tangibles e intangibles que este produce. Fue calculado el costo del proyecto que asciende a \$48790.50 aplicando el método de COMOMO II.

4.6 Prueba de Hipótesis.

En el Cuerpo de Guardia del Hospital General Universitario “Dr. Gustavo Aldereguía Lima”, de Cienfuegos, durante los meses de marzo, abril y mayo del 2008. Con el fin de obtener el tamaño de la muestra (n) se procede a realizar un muestreo probabilístico, de manera que en la población todos tengan la misma posibilidad de seleccionarse, es aquí a donde acuden finalmente las pacientes con dolencias ginecológicas de toda la provincia, para lo cual se realiza un Muestreo Aleatorio Simple o al Azar de pacientes que realmente están con alguna dolencia ginecológica.

En este período se estima la asistencia a este centro de unas 300 mujeres con dolencias ginecológicas. Los casos médicos de estas pacientes poseen los datos de entrada del software, así como el diagnóstico real de cada uno de estos. Para el cálculo del tamaño de la muestra de los casos que se van a procesar se utiliza la siguiente fórmula:⁹¹

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq} \quad \text{Donde:}$$

n: Tamaño de la muestra.

⁹¹ Cortés Cortés y Iglesias León, *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*.

N: Tamaño de la población.

p: Proporción de elementos que cumplen la condición.

q: 1- p Proporción de elementos que no cumplen la condición.

D = $\alpha^2/4$, siendo α el error permitido por el investigador.

Las proporciones **p** y **q** son iguales a 0.5 para lograr obtener el mayor valor de **n**. El número de elementos de la población **N** es 300, como ya se mencionó. El valor de α el error permitido en esta selección para lo cual se le dará un valor de 0.05, y **N** es el Tamaño de la población. Con estos datos sustituidos en la fórmula anterior se obtiene que el número de diagnósticos a ser procesados es:

n = 171.624, aproximadamente 172 casos.

Se realiza un experimento que consiste en realizar el diagnóstico presuntivo de **n** = 172 casos, utilizando al software propuesto, **DPEG**. Las pruebas del experimento son independientes, y en cada prueba solo hay dos posibles resultados: éxito o fallo. El éxito se obtiene cuando se realiza un diagnóstico correcto, y el fallo corresponde a un diagnóstico incorrecto.

Declaración de la variable

x: cantidad de casos procesados en el software DPEG con diagnóstico correcto (# de éxitos en la muestra).

$x \sim B(n, P)$ La variable sigue una distribución Binomial con parámetros **n** y **P**.
Donde:

n: Tamaño de la muestra

P: Probabilidad de ocurrencia de un éxito, cuando se obtiene un diagnóstico correcto (Efectividad del software).

Como resultado del experimento el software diagnostica correctamente a 158 casos mientras que no lo hace en los restantes 14, para un 91,86% de efectividad en el diagnóstico realizado.

Tabla 4.9 Porcentaje de efectividad del diagnóstico realizado

	Diagnóstico software	Diagnóstico médico
% de efectividad	91.86%	75%

Por estudios anteriores⁹² la efectividad del diagnóstico realizado es del 75% (o sea, una probabilidad de éxito de 0,75).

Prueba de Significación Estadística para una muestra

➤ Dócima para la proporción

Se plantea la siguiente hipótesis:

$H_0: P \leq 0.75$ Donde la probabilidad de diagnóstico correcto utilizando el software DPEG es menor o igual que el obtenido por estudios anteriores. Por tanto se debe seguir diagnosticando por los métodos anteriores.

$H_1: P > 0.75$ Donde la probabilidad de diagnóstico correcto utilizando el software DPEG es mayor que el obtenido por estudios anteriores. Por tanto es factible diagnosticar utilizando el software desarrollado.

Región Crítica para la Dócima

Corresponde Rechazar H_0 si $U > Z_\alpha$ donde $Z_\alpha = 1,645$.

Siendo U : Estadígrafo de la Dócima

$$U = \frac{x - n \cdot P_0}{\sqrt{n \cdot P_0 \cdot q_0}} \quad \text{Donde:}$$

x : Número de éxitos en la muestra.

n : Tamaño de la muestra.

$P_0=0,75$ (Probabilidad de éxito con la que se está comparando)

$q_0 = 1 - P_0 = 1 - 0,75 = 0,25$

Cálculo del Estadígrafo

⁹² Botero, *Obstetricia y Ginecología*.

$$x = 158 \text{ casos}$$

$$n = 172$$

$$P_0 = 0,75$$

$$q_0 = 0,25$$

$$U = \frac{158 - 172 \cdot 0,75}{\sqrt{172 \cdot 0,75 \cdot 0,25}} = \frac{29}{5,68} = 5.1056 \approx 5.11$$

Interpretación de los Resultados

Como resultado de la Dócima realizada se obtuvo que H_0 se rechaza (**5,11 > 1,645**), o sea se acepta la hipótesis alternativa H_1 . Por tanto, podemos decir que la probabilidad de diagnóstico correcto utilizando el software **DPEG** para el diagnóstico presuntivo ginecológico es mayor que el obtenido por los métodos anteriores. Por tanto es factible diagnosticar utilizando el software desarrollado.

4.7 Conclusiones.

En este capítulo se realizó el estudio de factibilidad correspondiente al sistema, obteniéndose como resultado un costo total del proyecto de \$48790.50 a desarrollar por tres hombres en un tiempo de 20 meses de trabajo. Se realizó además el análisis entre los costos y los beneficios que reporta la aplicación concluyendo que DPEG es factible y socialmente útil al estado actual de los centros de Atención Primaria.

Se comprobó que el software posee un 91.86% de efectividad en el diagnóstico que realiza, por lo que logra superar a los expertos en el tema en más de un 16%, convirtiendo a DPEG en una poderosa herramienta de apoyo a los profesionales de la salud.

CONCLUSIONES

Durante el diseño y la implementación de DPEG como sistema informático, basado en una arquitectura de agentes inteligentes para el diagnóstico presuntivo de enfermedades ginecológicas en la provincia Cienfuegos; se han arribado a las siguientes conclusiones:

La ingeniería del conocimiento permitió recopilar todo el conocimiento necesario para definir el conjunto de patologías ginecológicas identificadas y los rasgos predictores que las caracterizan. Este conocimiento permitió definir la sociedad de agentes y la estrategia de cooperación mediante el uso de un *Facilitador*. Codificar el conocimiento de expertos médicos mediante reglas de producción resultó apropiado y de fácil representación para el dominio del problema.

La interfaz gráfica se diseñó según los criterios y las características de los principales usuarios del software logrando un rápido acceso a la información.

Se decidió implementar una arquitectura distribuida atendiendo a la problemática a resolver, como resultado de la consulta del estado actual de la Solución Cooperativa de Problemas Distribuidos y los Sistemas multiagentes. La combinación de la herramienta (Eclipse) y lenguajes utilizados (Java y Prolog) dio lugar a un producto informático con una interfaz agradable a los profesionales de la salud, capaz de realizar el diagnóstico presuntivo.

En la validación realizada se comprobó que DPEG devuelve un resultado altamente confiable a los usuarios logrando mejorar el porcentaje de efectividad del diagnóstico de un experto (75%) a 91.8%. Igualmente se demostró la factibilidad del mismo.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido el Sistema multiagente para el diagnóstico presuntivo de enfermedades ginecológicas en la provincia de Cienfuegos nos permitimos recomendar:

Poner en uso a DPEG en el diagnóstico estas patologías en nuestra provincia, comenzando por los centros de Atención Primaria, así como el departamento de Ginecología y Epidemiología del Hospital Provincial “Dr. Gustavo Aldereguía Lima”.

Generalizar de igual manera el contenido de este trabajo utilizándolo con los fines para los que fue diseñado no sólo en nuestra provincia sino en cualquier centro afín del país y/o fuera de él.

Continuar desarrollando el módulo de explicación, incorporando al sistema razonamiento basado en casos, para lograr un sistema híbrido que posea ambas representaciones del conocimiento. Así como incorporar la incertidumbre al conocimiento acumulado por los expertos.

Utilizar el sistema propuesto con una arquitectura distribuida, para ir añadiendo paulatinamente agentes de software implementados capaces de realizar diagnósticos finales de las patologías propuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abián, Miguel Ángel. “¿TIENEN LOS AGENTES INTELIGENTES CREENCIAS, INTENCIONES Y DESEOS?” *Web Semántica*, Junio 2008.
<http://www.wshoy.sidar.org/index.php?2008/06/23/43-tienen-los-agentes-inteligentes-creencias-intenciones-y-deseos>.

Actual Plus asistente médico. <http://www.actualsoft.com.ar/plus.htm>.

“Agenda Agentes Inteligentes Definición de agente tipo de agente,” Junio 2008.
www.dis.eafit.edu.co/cursos/st725/material/lect_intro04.pdf.

“Agent UML,” Junio 2009. <http://www.auml.org/>.

Albrecht, A. J. *Measuring Application Development Productivity*. Applications Development Symposium, Monterrey., 1979.

Alejandro. “TEMA 4: AGENTES INTELIGENTES,” 2008.

“Amzi Prolog Home.” *Amzi!*, Diciembre 2005. <http://www.amzi.com>.

Arias, Francisco Javier, Jorge Alejandro Marulanda, Julián Moreno, y Demetrio Arturo OValle. “Diseño y Desarrollo de Mecanismos de Razonamiento Multi-Agente para

la Negociación de Energía Eléctrica Utilizando JESS Y JADE.” *Avances en Sistemas e Informática*, 2006.

Bello, R. “Aplicaciones de la Inteligencia Artificial.” Universidad de Guadalajara, Jalisco, 2006.

Boehm, Barry. *Software Engineering Economics*, 2005.

“Borland C++ Builder,” 2009. www.functionx.com/bcb/index.htm.

Botella Llusíá , José. *Tratado de Ginecología*. Revolucionaria. Cuba, 1983.

Botero, Jaime. *Obstetricia y Ginecología*. 3ra. Colombia: Carvajal, 1987.

Bourke, I. “FIPA-OS Agent Tasks.” Nortel Network Corporation, Enero 2006. http://fipa-os.sourceforge.net/docs/presentations/FIPAOS_Agent_Tasks.pdf.

Colectivo de Autores. “Diccionario de la Lengua Española.” España, 2002. <http://www.wordreference.com>.

---. “Diccionario de la Real Academia de Española.” España, 2001. <http://www.rae.es/rae.html>.

---. “FIPA-OS Developers Guide.” Nortel Networks Corporation, Enero 2006. <http://fipa-os.sourceforge.net/docs/>.

---. *Infecciones de transmisión sexual. Pautas para su tratamiento*. MINSAP, 2004.

---. "INTELIGENCIA ARTIFICIAL DISTRIBUIDA." Unversidad Nacional de Colombia, 2005.
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001394/docs_curso/capitulo1/leccion1.1.htm.

---. *Introducción a la IA*, 2008.

---. "Sistemas Basados en el Conocimiento." México, 2009.
hera.ittoluca.edu.mx/~mlezcanob/IA/Conferencias/Conferencia06.doc.

---. "TUTORIAL PTK 1.1.0," 2003. www.pa.icar.cnr.it/passi/Tools/PTK/ptk.htm.

Colegio de Médicos de Barcelona. *DiagnosMD*. <http://www.diagnos98.com/>.

CONSULTA. España. <http://articulo.mercadolibre.com.co/>.

Cortés Cortés, Manuel E. , y Miriam Iglesias León. *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Ciudad del Carmen, México: UNACAR, 2005.

De la Fuente, María Jesús. "REDES NEURONALES ARTIFICIALES," 2007.

Díaz Novas, José, Bárbara Gallego Machado, y Aracelis León González. "El diagnóstico médico: bases y procedimientos ." *Rev Cubana Med Gen Integr* , 2006.
http://bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol22_1_06/mgi07106.htm.

DPI Software. GB system. <http://gbsystems.com/dpi>.

Enjolras, Maryvonne. "Beneficios del uso de JAVA en las aplicaciones modernas de Bibliotecas," Mayo 2008. http://fesabid98.florida-uni.es/Comunicaciones/m_enjolras.htm.

Fernández Sánchez, Karina. "GINECO: Agentes Inteligentes para el Diagnóstico de Patologías Ginecológicas." Maestría, Universidad Central de Las Villas (UCLV), 2006.

Ferrá Grau, Xavier. "Desarrollo orientado a objetos con UML.," Mayo 15, 2008. <http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.asp> .

FIPA Specifications, 2009. <http://www.fipa.org/specs/fipa00029/SC00029H.pdf>.

Gallego Durán, Francisco José, Faraón Llorens Lar, y Ramón Rizo Aldeguer . *Breve análisis de algunas metodologías de diseño de SMA*. Universidad de Alicante, Mayo 2008. www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/AIW/docs/SMA.pdf .

García García, Maribel. "DITRITS Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de las Infecciones de Transmisión Sexual." Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, 2005.

Garza Cantú, Dr. Jesús María. "Diccionario de Ginecología." México, 2000. http://www.ginecologomx.com/terminos_de_ginecologia/index.html.

Gómez Sanz, Jorge J. "Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agentes." *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial.*, 2003.

Gutierrez, Juan. "Tutorial de Eclipse y Java." Universidad de Valencia, 2009.

Henderson Sellers, Brian, y Paolo Giorgini. "Appropriate methodologies for constructing agent-oriented systems." *Agent-Oriented Methodologies*, Julio 2008.
www.open.org.au/Conferences/oopsla2004/AO.html .

Hípola, Pedro, y Benjamín Vargas-Quesada. "Agentes inteligentes: definición y topología. Los agentes de información." *El Profesional de la Información* (Abril 2004).

Iglesias Fernández, Carlos Ángel. "Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente." Doctoral, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, 1998.

"JADE Home," Mayo 2009. <http://jade.tilab.com/>.

Julián, V., y V. Botti. "Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial." *Revista Novática de la Asociación de Técnicos de Informática*, Junio 8, .

"Lenguajes y generadores de sistemas basados en el conocimiento," Junio 2009.
<http://www.csi.map.es/csi/silice/Sgexpt4.html>.

Martín del Brio, Bonifacio, y Alfredo Sanz Molina. *Redes neuronales y sistemas difusos*. 2da. Alfaomega.

Monif Pilles , R.G. *Enfermedades infecciosas en Obstetricia y Ginecología*. Revolucionaria. Cuba, 1985.

- Morales, Eduardo . “Ventajas de Sistemas Basados en Conocimiento,” Junio 2005.
<http://ccc.inaoep.mx/~emorales/Cursos/RdeC/node26.html>.
- Moreno Espino, Maily. “Metodologías Orientadas a Agentes: un estudio comparativo.”
Maestría, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE), 2007.
- Pavón Mestres, Juan. “Modelos y Arquitecturas de Agentes.” *Grupo de Agentes de Software: Ingeniería y Aplicaciones*, Junio 2008. <http://grasia.fdi.ucm.es>.
- PC Doctor. <http://www.pcdoctor.com.mx/>.
- Pedro Cuesta Morales. “Ingeniería de Software Orientada a Agentes.” *Sistemas Multiagente*, Mayo 2008. <http://sistemasmultiagente.blogspot.com>.
- Pérez, Rolando. “Evaluación de la Metodología PASSI en un Caso de Estudio.”
Diplomado, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE), 2006.
- Pitarque, Alfonso. “Redes neuronales vs modelos estadísticos: simulaciones sobre tareas de predicción y clasificación.” www.uv.es/revispsi/articulos3.98/pitarque.pdf.
- “Porque es importante UML? .,” Mayo 2009.
<http://www.osmosislatina.com/lenguajes/uml/basico.htm> ,15 de mayo de 2008.
- Reyes Chaviano, Kenia. “DENT Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Endometriosis.” Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, 2007.

Rich, Elaine, y Kevin Knight. *Inteligencia Artificial*. 2da. Capítulo 1 y 22. España: McGraw-Hill, 1994.

Rigol Ricardo, Orlando. *Obstetricia y Ginecología*. Ciudad de la Habana: Pueblo y Educación, 1983.

Rizo, Ramón, Faraón Llorens, y Mar Pujol. "Arquitectura y Comunicacion entre Agentes," 2006. www.dccia.ua.es/dccia/inf/assignaturas/AI/docs/ACA.pdf.

Rodríguez Elias, Dr. Oscar Mario. "Desarrollo de Sistemas Multiagentes," Mayo 2005. http://omarioel.googlepages.com/Agentes_4.ppt.

Sturm, A., O. Shehory, y D. Dori. "Methodologies evaluation" presented at the Budapest Meeting. Budapest, 2005. www.pa.icar.cnr.it/cossentino/al3tf3/docs/aose-evaluation.ppt.

Zabalegui, Fco. Javier. "Metodología GAIA. Desarrollo de Sistemas Multiagentes," 2007. www.dia.fi.upm.es/~phernan/AgentesInteligentes/presentaciones/gaia.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Patologías que diagnostica DPEG

1. Virus de Inmunodeficiencia Humana
2. Sífilis
3. Gonorrea
4. Vaginosiis Bacteriana
5. Bartholinitis
6. Folliculitis
7. Quiste de la Glándula de Bartholin
8. Cistocele
9. Intertrigo
10. Rectocele
11. Prolapso
12. Vulvitis
13. Trichomoniasis
14. Candidiasis
15. Herpes Genital
16. Condiloma
17. EIPA
18. Hepatitis B
19. Granuloma Inguinal
20. Cervicitis

Anexo 2. Rasgos que trata DPEG para diagnosticar y los hechos (Prolog)

Descripción del Rasgo	Hechos generados
Datos de la Paciente	
Fecha de Consulta	fechaConsulta(n,'2005/12/21').
No Historia Clínica	historiaClinica(n,'1111110').
Edad	edad(n,'52').
Dirección	direccion(n,'No. 6401 Pastorita').
Estado Civil	estadoCivil(n,'Casada').
Raza	raza(n,'Blanca').
Motivos de Consulta	
Flujo o Leucorrea	flujoVaginal(n).
Dolor abdomino pelviano	dolorAbdominoPelviano(n).
Trastornos menstruales	trastornosMenstruales(n).
Aumento del volumen del abdomen	aumentoVolumenAbdomen(n).
Esterilidad	esterilidad(n).
Síndromes mamarios	sindromesMamarios(n).
Trastornos de las relaciones sexuales	trastornosRelacionesSexuales(n).
Sensación de cuerpo extraño en la zona vulvovaginal	sensacionCuerpoExtranoZonaVulvovaginal(n).
Prurito vulvar	pruritoVulvar(n).
Antecedentes	
Antecedentes Familiares	
Diabetes	diabetesFamilia(n).
Fibromas	fibromasFamilia(n).
Cánceres ginecológicos	canceresGinecologicosFamilia(n).

Endometritis	endometritisFamilia(n).
Trastornos del tiroides	trastornosDelTiroidesFamilia(n).
Pareja sexual con secreción uretral	parejaSexualConSecrecionUretral(n).
Pareja sexual que ha tenido ITS	parejaSexualQueHaTenidoITS(n).
Antecedentes Personales No Sexuales	
Diabetes	diabetes(n).
Hipertensión	hipertension(n).
Hipotiroidismo	hipotiroidismo(n).
Hipertiroidismo	hipertiroidismo(n).
Obesidad	obesidad(n).
Apendicitis supurada	apendicitisSupurada(n).
Operaciones tubarias	operacionesTubarias(n).
Uso de agujas intravenosas (se inyecta droga)	usoDeAgujasIntravenosasSeInyectaDroga(n).
Operación (s) ginecológicas recientes	operacionGinecologicasReciente(n).
Adenoma de hipósis	adenomaDeHiposis(n).
Plastias tubarias y de esterilización quirúrgica o laparoscópica	plastiasTubarias(n).
EIPA	eIPA(n).
Inflamación crónica de la vejiga	inflamacionCronicaDeLaVejiga(n).
Inflamación crónica del cuello uterino	inflamacionCronicaDelCuelloUterino(n).
Metrorragias pequeñas provocadas por esfuerzos	metrorragiasPequenasProvocadasPorEsfuerzos(n).
Cervicitis crónica	cervicitisCronica(n).
Tabes dorsal	tabesDorsal(n).
Aortitis	aortitis(n).

Larga historia de dolores anexiales exacerbados durante los días que preceden y acompañan a las reglas	largaHistoriaDoloresAnexialesDuranteReglas(n).
Hiperestronismo	hiperestronismo(n).
Antecedentes Personales Sexuales - Menstruales	
→ Características de la Menstruación	
Fecha de última menstruación	fechaUltimaMenstruacion(n,'2005/12/15').
Aspecto	aspectoMenstruacion(n,'Roja').
Con coágulos	conCoagulosMenstruacion(n).
Manifestaciones dolorosas	manifestacionesDolorosasMenstruacion(n).
Menstruación retrógrada	menstruacionRetrograda(n).
Fórmula menstrual	duracionMenstruacion(n,'5').
Fórmula menstrual	frecuenciaMenstruacion(n,'30').
→ Relaciones sexuales	
Frecuencia Semanal	frecuenciaRelacionesSexuales(n,'Semanal')
→ ITS	
VIH	vihPositivo(n).
Gonorrea	gonorrea(n).
Sífilis	sifilis(n).
Herpes genital	herpesGenital(n).
Granuloma inguinal	granulomaInguinal(n).
Condilomas	condilomas(n).
Candidiasis	candidiasis(n).
Trichomoniasis	trichomoniasis(n).
Vaginitis	vaginitis(n).

Vaginosis bacteriana	vaginosisBacteriana(n).
Hepatitis B	hepatitisB(n).
→ Anticonceptivos	
DIU	dIU(n).
Orales	orales(n).
Inyectables	inyectables(n).
Implantes	implantes(n).
Permanentes	permanentes(n).
Condón	condon(n).
Diafragma	diafragma(n).
Espermizadas	espermizadas(n).
Otros	otrosAnticonceptivos(n).
→ Características Relaciones Sex	
Con orgasmos	conOrgasmos (n).
Dolorosas	relacionesSexualesDolorosas(n).
Inicio temprano de la actividad sexual con coitos	inicioTempranoActividadSexualConCoitos(n).
Durante la menstruación	duranteLaMenstruacion(n).
No protegidas	noProtegidas(n).
Mal uso del condón	malUsoDelCondon(n).
Más de una pareja en los últimos 3 meses	masDeUnaParejaEn3Meses(n).
Nueva pareja en los últimos 3 meses	nuevaParejaEn3Meses(n).
Metrorragias pequeñas provocadas por coito	metrorragiasPequenasProvocadasPorCoito(n).
Antecedentes Obstétricos	

→ Partos	
No	noPartos(n,'5').
Eutócicos	partosEutocicos(n,'1').
Fecha de último parto	fechaUltimoParto(n,'2005/12/08').
→ Técnicas usadas en los Partos distócicos	
Cesárea	cesarea(n).
Fórceps	forceps(n).
Espátulas	espatulas(n).
→ Abortos	
No	noAbortos(n,'6').
Abortos espontáneos	abortosEspontaneos(n,'1').
Fecha de último aborto	fechaUltimoAborto(n,'2004/12/21').
→ Técnicas usadas en los Abortos	
Complicaciones post interrupción de embarazo	interrupcionRecienteEmbarazoEvolucionAnormal(n).
Legrado	legrado(n).
Regulación menstrual	regulacionMenstrual(n).
Método de Rivanol	metodoDeRivanol(n).
Medicamentoso	abortoPorTecnicaMedicamentosa(n).
→ Otros Antecedentes Obstétricos	
Ectópicos	ectopicos(n).
Infertilidad	infertilidad(n).
Síntomas Y Signos	
→ Generales	

Presión arterial: Normal	presionArterial(n,'Normal').
Frecuencia cardíaca: Normal	frecuenciaCardiaca(n,'Normal').
Estado general: No afectado	estadoGeneral(n,'No afectado').
Fiebre	fiebre(n).
Somnolencia	somnolencia(n).
Sudoración	sudoracion(n).
Sed	sed(n).
Frialdad	frialdad(n).
Palidez en piel y mucosas	palidezPielMucosas(n).
Fatiga	fatiga(n).
Decaimiento	decaimiento(n).
Cefalea	cefalea(n).
Prurito	prurito(n).
Malestar general	malestarGeneral(n).
Escalofríos	escalofrios(n).
→ Digestivos	
Vómitos	vomitos(n).
Diarreas	diarreas(n).
Acidez	acidez(n).
Dolor	dolorDigestivo(n).
Disfagia	disfagia(n).
Pirosis	pirosis(n).
Cólicos	colicos(n).
Náuseas	nauseas(n).

Hematemesis	hematemesis(n).
Enterorragia	enterorragia(n).
Aerogastria	aerogastria(n).
Aerocolia	aerocolia(n).
Constipación	constipacion(n).
Melena	melena(n).
→ Urinarios	
Dolor	dolorUrinario(n).
Incontinencia urinaria	incontinenciaUrinaria(n).
Orinas turbias	orinasTurbias(n).
Disuria	disuria(n).
Hematuria	hematuria(n).
Polaquiuria	polaquiuria(n).
Uretrorragia	uretrorragia(n).
Micción entrecortada	miccionEntrecortada(n).
→ Mamarios	
Aumento del volumen de las mamas	aumentoVolumenMamas(n).
Secreción	secrecionCalostral(n).
Tumoración (s)	tumoracionMamas(n).
→ Otros síntomas y signos	
Erupciones en la piel	erupcionesEnLaPiel(n).
Úlceras en la garganta	ulcerasEnLaGarganta(n).
Dolor de garganta	dolorDeGarganta(n).
Coloración amarilla de piel y mucosas	coloracionAmarillaPielMucosas(n).

Adenopatía regional	adenopatíaRegional(n).
Linfadenopatía inguinal	linfadenopatíaInguinal(n).
Rash maculo-papulo-escamoso no pruriginoso en plantas y palmas	rashMaculoPapuloEscamosoNoPruriginoso(n).
Expulsión en forma de pedazos enteros de mucosa	expulsionEnFormaDePedazosEnterosDeMucosa(n).
Expulsión con la primera sangre de la menstruación de un molde de la mucosa	expulsionConPrimeraSangreMenstruaciónMoldeMucosa(n).
Síndrome violento dismenorréico (como un cólico uterino)	síndromeViolentoDismenorreico(n).
Irritabilidad rectal y/o irradiado a vagina, periné y muslos	irritabilidadRectalIrradiadoVaginaPerineMuslos(n).
Dolor que coincide con el momento de la menstruación o unos días antes	dolorQueCoincideConMomentoMenstruación(n).
Dolor en la parte inferior de la espalda	dolorParteInferiorEspalda(n).
Edema e insuficiencia venosa en los miembros inferiores	edemaInsuficienciaVenosaMiembrosInferiores(n).
→ Abdominales	
Presión abdominal	presiónAbdominal(n).
Dolor en bajo vientre: Intenso	dolorBajoVentre(n).
Respiración abdominal ausente o disminuida	respiraciónAbdominalAusente(n).
Respiración abdominal ausente o disminuida	respiraciónAbdominalDisminuida(n).
Dolor a la descompresión	dolorDescompresiónAbdomen(n).
Globuloso y distendido	abdomenGlobulosoDistendido(n).
La palpación superficial y profunda es dolorosa	palpaciónSuperficialProfundaDolorosa(n).
Dolor abdominal	dolorAbdominal(n).

Timpanismo aumentado	timpanismoAumentado(n).
Matidez	matidez(n).
Ruidos hidroaereos normales	ruidosHidroaereosNormales(n).
Ruidos hidroaereos aumentados	ruidosHidroaereosAumentados(n).
Ruidos hidroaereos ausentes	ruidosHidroaereosAusentes(n).
Examen Ginecológico	
→ Vulva	
Edema de la vulva	edemaDeLaVulva(n).
Enrojecimiento intenso de la vulva	enrojecimientoIntensoVulva(n).
Pequeñas placas blanquecinas (y/o exudado purulento)	pequenasPlacasBlanquecinas(n).
Zona de dermatitis en la cara interna de los muslos	zonaDermatitisCaraInternaMuslos(n).
Prurito intenso	pruritoIntenso(n).
Retención de las secreciones en la región vulvar y en los pliegues interlabiales	retencionSecresionesRegionVulvarPlieguesInterlabiales(n).
Lesiones ulcerativas de carácter serpeginoso y confluyente, de coloración pálida y fondo amarillo caseoso que se desprende	lesionesUlcerativasDeCaracterSerpeginosoConfluyente(n).
Corrosión de algunas zonas de la vulva, todo en dirección al periné o a las fosas isquiorrectales	corrosionDeAlgunasZonasDeLaVulva(n).
Grandes alteraciones de carácter flemoso	grandesAlteracionesCaracterFlemoso(n).
Zona de color cárdeno-azulado	zonaDeColorCardenoAzulado(n).
A nivel del labio menor se observa un edema localizado hacia la región posterior	aNivelLabioMenorEdema(n).
La mucosa del labio inflamado es roja, edematosa y exquisitamente dolorosa	mucosaLabioInflamadoRojaEdematosaDolorosa(n).

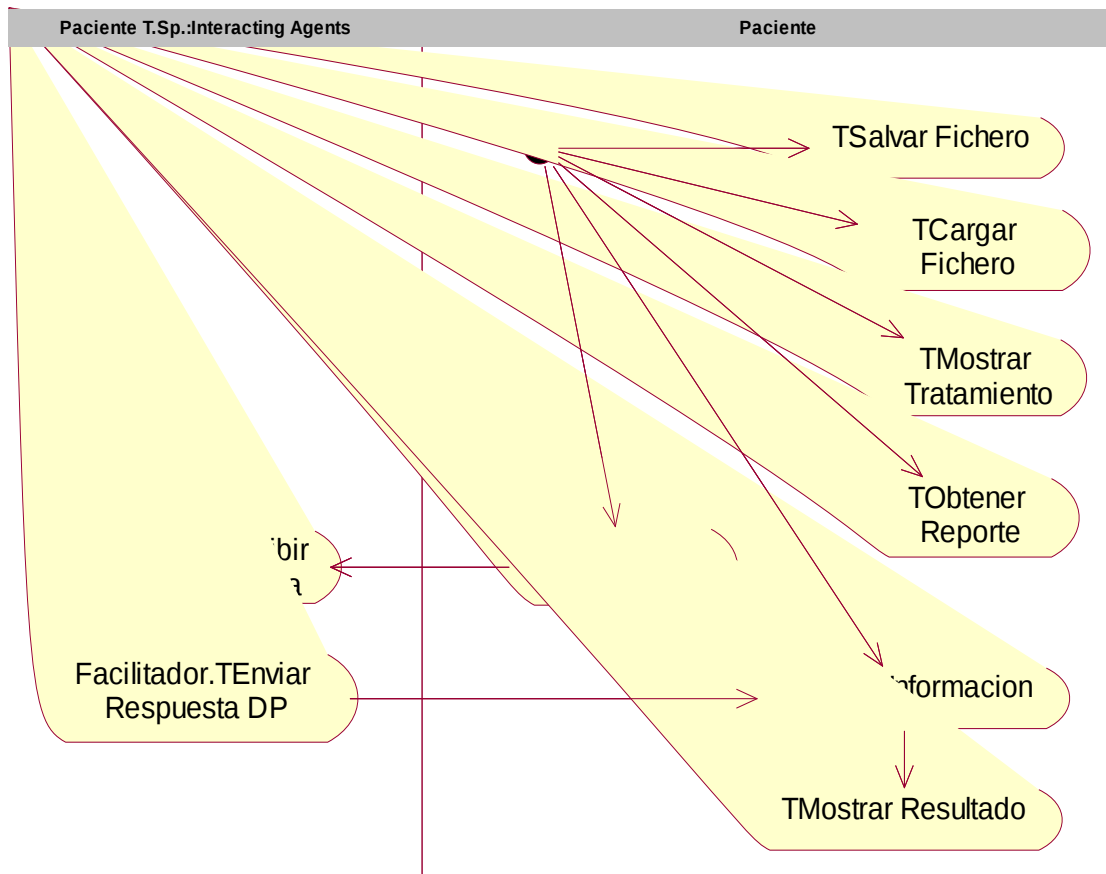
espontáneamente y a la palpación	rosa(n).
Secreción purulenta por el labio	secrecionPurulentaLabioVulva(n).
Tumoración renitente en tercio inferior de labio mayor	tumoracionRenitenteEnTercioInferiorLabioMayor(n).
Dermatosis de carácter inflamatorio superficial localizada en los pliegues	dermatosisCaracterInflamatorioSuperficialLocalizadaEnPliegues(n).
Dermatosis favorecida por la fricción, el calor local, la humedad y la irritación por acumulación de detritos	dermatosisFavorecidaPorFriccion(n).
Zona rojo húmeda, macerada, con erupciones simétricas en hoja de libro	zonaRojoHumedaMaceradaConErupciones(n).
Al abrir el pliegue llama la atención la forma oval que sigue el eje mayor del pliegue y en el borde se observan vesículo-pústulas	abrirPliegueAtencionFormaOval(n).
Vesículas frágiles que se rompen y dan origen a áreas erosivas eritematosas húmedas	vesiculasFragilesQueSeRompen(n).
Placas limitadas por un collarete epidérmico descamante	placasLimitadasPorCollareteEpidermicoDescamante(n).
Lesiones que en su vecindad presentan micropústulas	lesionesEnVecindadPresentanMicropustulas(n).
Abseso y/o necrosis del folículo pilosebáceo, el cual drena por el vértice de una lesión inflamatoria y profundamente dolorosa, en forma de una masa amarilla verdosa alargada	absesoNecrosisFoliculoPilosebaceo(n).
Mucopus cervical	mucopusCervical(n).
Úlceras	ulcera(n).
Condilomas planos	condilomasPlanos(n).
Presencia de vesículas dolorosas llenas de fluido en forma de ramillete de uvas	presenciaDeVesiculasRamilleteDeUvas(n).
Aparición de tumores de aspecto	aparicionDeTumoresEnFormaDeColiflor(n).

verrugoso que han aumentado en forma de coliflor	
Chancro	chancro(n).
Eritema y escoriaciones	eritemaYEscoriaciones(n).
Lesiones mucocutáneas simétricas, difusas o focales	lesionesMucocutaneasSimetricasODifusasOFocales(n).
Lesiones gomatosas	lesionesGomatosas(n).
Maniobra de Valsalva	
Prolapso donde aparece la cara anterior de la vagina con la vejiga detrás	prolapsoVaginaVejigaDetras(n).
Prolapso donde aparece la cara posterior de la vagina con el recto detrás	prolapsoVaginaRectoDetras(n).
Útero descendido, con el hocico de tenca que no sale más allá del plano de la vulva	uteroDescendidoQueNoSaleMasPlanoVulva(n).
Útero que asoma por los genitales externos y está colocado en un plano más adelantado que la vulva	uteroAsomaGenitalesExternosEnPlanoMasAdelantadoVulva(n).
Todo el útero está situado en un plano más anterior que el de los genitales externos	todoUteroSituadoPlanoAnteriorGenitalesExternos*/(n).
→ Especuloscopia	
Nódulo carnososo, inodoro y que sangra fácilmente	noduloCarnosolInodoroSangraFacilmente(n).
Sangramiento uterino tipo manchas	sangramientoUterinoTipoManchas(n).
Sangramiento uterino tipo manchas	ligeroSangramientoUterino(n).
Sangramiento profuso post coito	sangramientoProfusoPostCoito(n).
Sangrado vaginal anormal	sangradoVaginalAnormal(n).
Sangramiento en cualquier momento del ciclo	sangramientoEnCualquierMomentoDelCiclo(n).
Cuantía: Intenso	sangramientoCuantia(n,'Intenso ').

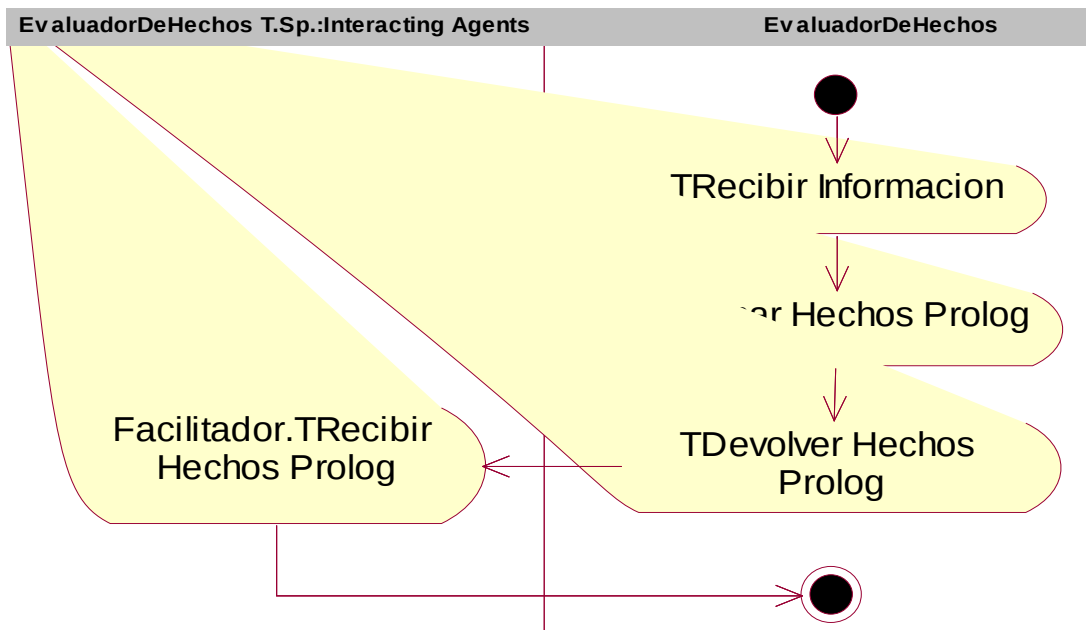
Aspecto: Rojo	sangramientoUAspecto(n,'Rojo').
Cuello uterino violáceo	cuelloUterinoViolaceo(n).
Cuello uterino friable	cuelloUterinoFriable(n).
Cervix lacerado	cervixLacerado(n).
Secreción purulenta a través del canal endocervical	secrecionPurulentaATravesCanalEndocervical(n).
Salida del epitelio cilíndrico por fuera del orificio cervical externo	salidaEpitelioCilindricoFueraDelOrificioCervical(n).
Desgarro en sentido transversal o estrellado del cuello uterino	desgarroSentidoTransversalEstrelladoCuelloU(n).
Desgarro que alcanza el fondo de saco lateral	desgarroAlcanzaFondoSacoLateral(n).
Tumoración rojiza, pediculada que sale por el orificio cervical externo	tumoracionRojizaPediculadaSaleOrificioCervical(n).
Inflamación vaginal	inflamacionVaginal(n).
Secreción vaginal grumosa como leche cortada	secrecionVaginalGrumosaComoLecheCortada(n).
Secreción vaginal gris mal oliente (olor a pescado) y espumoso	secrecionGrisMalolienteOlorPescadoHomon(n).
Secreción vaginal mal oliente, profusa, amarillo verdoso y espumoso	secrecionVagMalolienteAmarilloVerdoso(n).
Lesiones punteadas en cuello o vagina (como la fresa)	lesionesPunteadasCuelloOVaginaFresa(n).
Tumoraciones vegetantes en cuello y/o vagina	tumoracionesVegetantesCuelloVagina(n).
Tumoraciones quísticas de pared vaginal	tumoracionesQuisticasParedVaginal(n).
→ Tacto Vaginal	
Aumento del volumen del útero	aumentoVolumenUtero(n).
Reblandecimiento del útero	reblandecimientoUtero(n).

Lateralización o desplazamiento del útero a uno u otro lado de la línea media	lateralizacionDesplazamientoUtero(n).
Útero doloroso a la movilización	uteroDolorosoMovilizacion(n).
Útero de forma, tamaño y consistencia normal	uteroFTCNormal(n).
Útero en anteversión	uteroEnAnteversion(n).
Útero en retroversión	uteroEnRetroversion(n).
Fondo de Saco de Douglas sensible	fondoSacoDouglasSensible(n).
Fondo de Saco de Douglas abombado	fondoSacoDouglasAbombado(n).
Fondo de Saco de Douglas doloroso	fondoSacoDouglasDoloroso(n).
Cuello uterino doloroso a la movilización	cuelloUterinoDoloroso(n).
Cuello uterino doloroso a la movilización	dolorALaMovilizacionDelCuello(n).
Cuello de múltipara	cuelloDeMultipara(n).
Cuello de nulípara	cuelloDeNulipara(n).
Cuello blando	cuelloBlando(n).
Cuello de consistencia normal	cuelloDeConsistenciaNormal(n).
Desgarro cervical	desgarroCervical(n).
Anejo(s) engrosado(s)	anejoEengrosado(n).
Anejo(s) doloroso(s)	dolorALaPalpacionDeAnejos(n).
Anejo(s) doloroso(s)	anejoDoloroso(n).
Tumoración anexial	tumoracionAnexial(n).
Tumoración anexial sólida	tumoracionAnexialSolida(n).
Tumoración anexial renitente	tumoracionAnexialRenitente(n).
Tumoración anexial amorcillada	tumoracionAnexialAmorcillada(n).
Tumoración anexial bilateral	tumoracionAnexialBilateral(n).
Sensibilidad a lo largo de los ligamentos útero-sacros, en la superficie posterior del útero y en el Douglas	sensibilidadLigamentosUteroSacrosSuperficiePosteriorUteroDouglas(n).

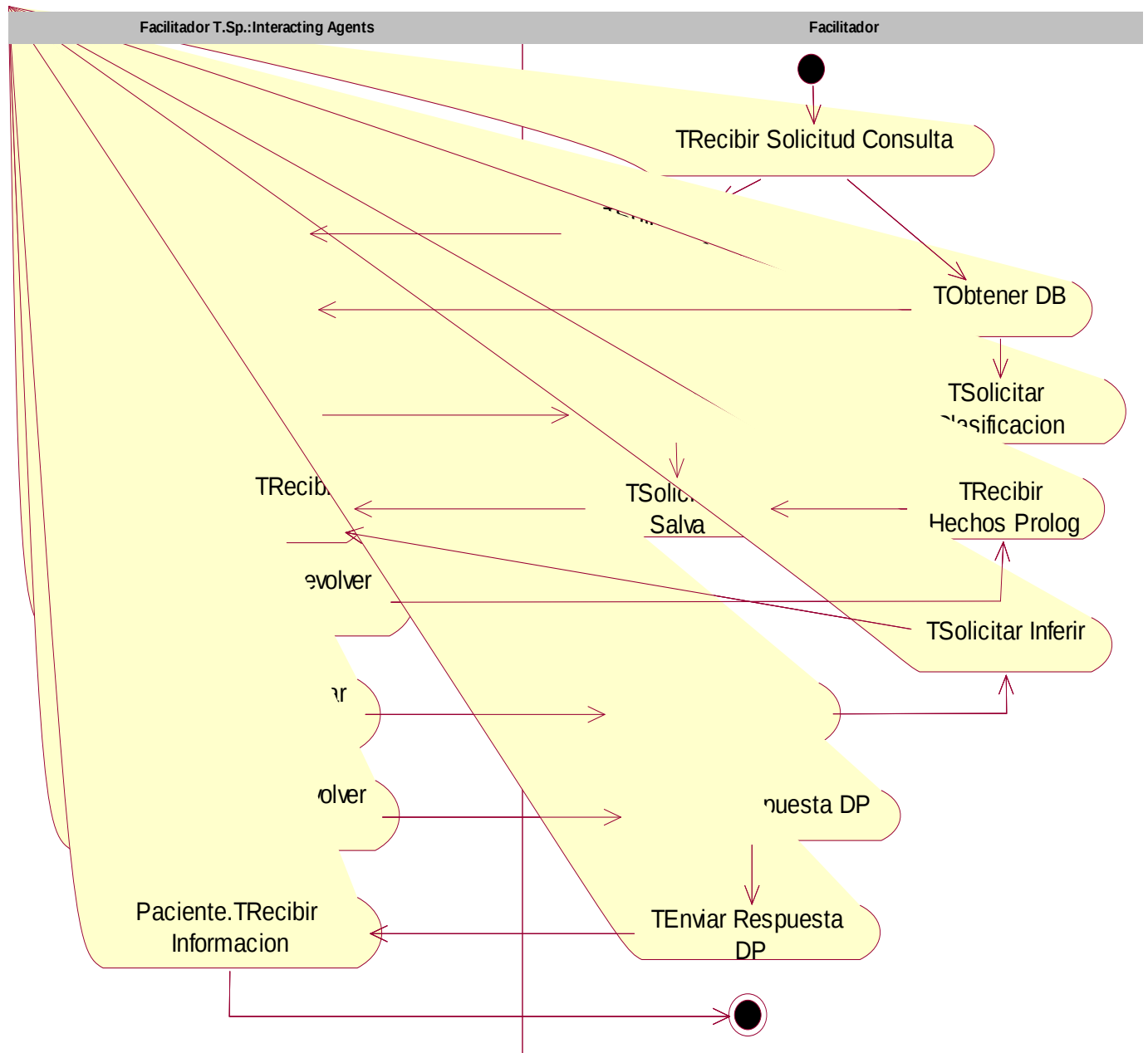
Anexo 3. Diagrama Especificación de Tareas: Agente Interfaz Paciente.



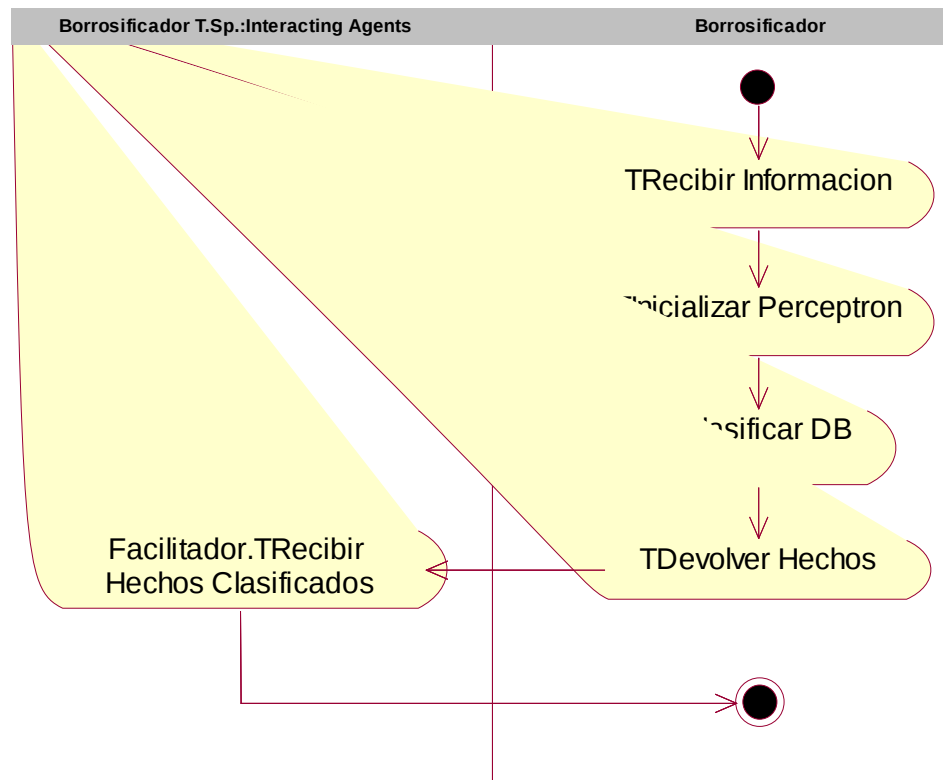
Anexo 4. Diagrama Especificación de Tareas: Agente Evaluador De Hechos.



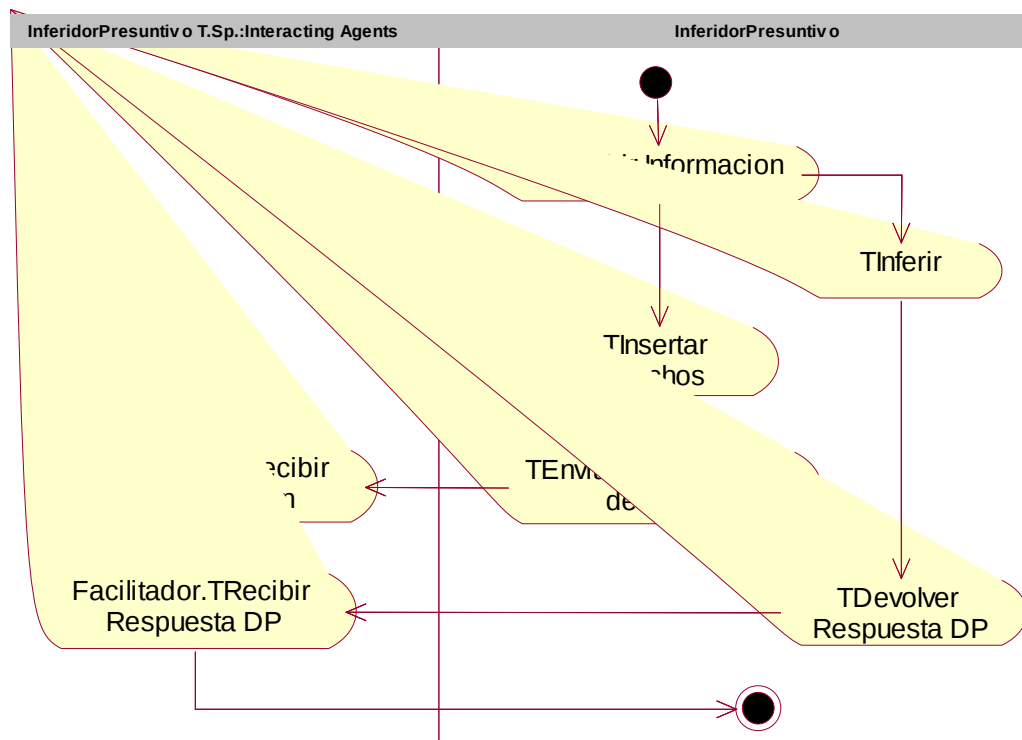
Anexo 5. Diagrama Especificación de Tareas: Agente Facilitador



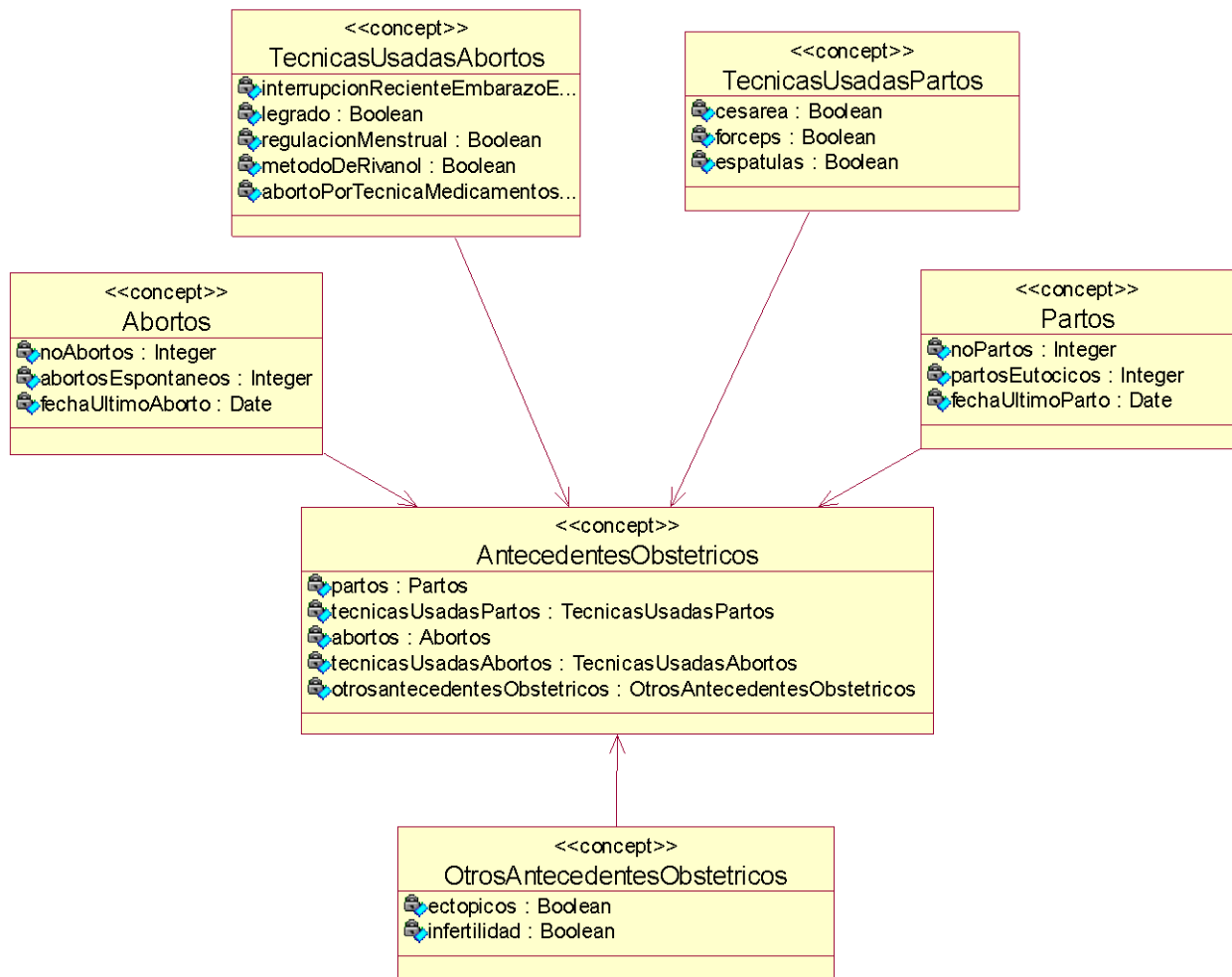
Anexo 6. Diagrama Especificación de Tareas: Agente Borrosificador



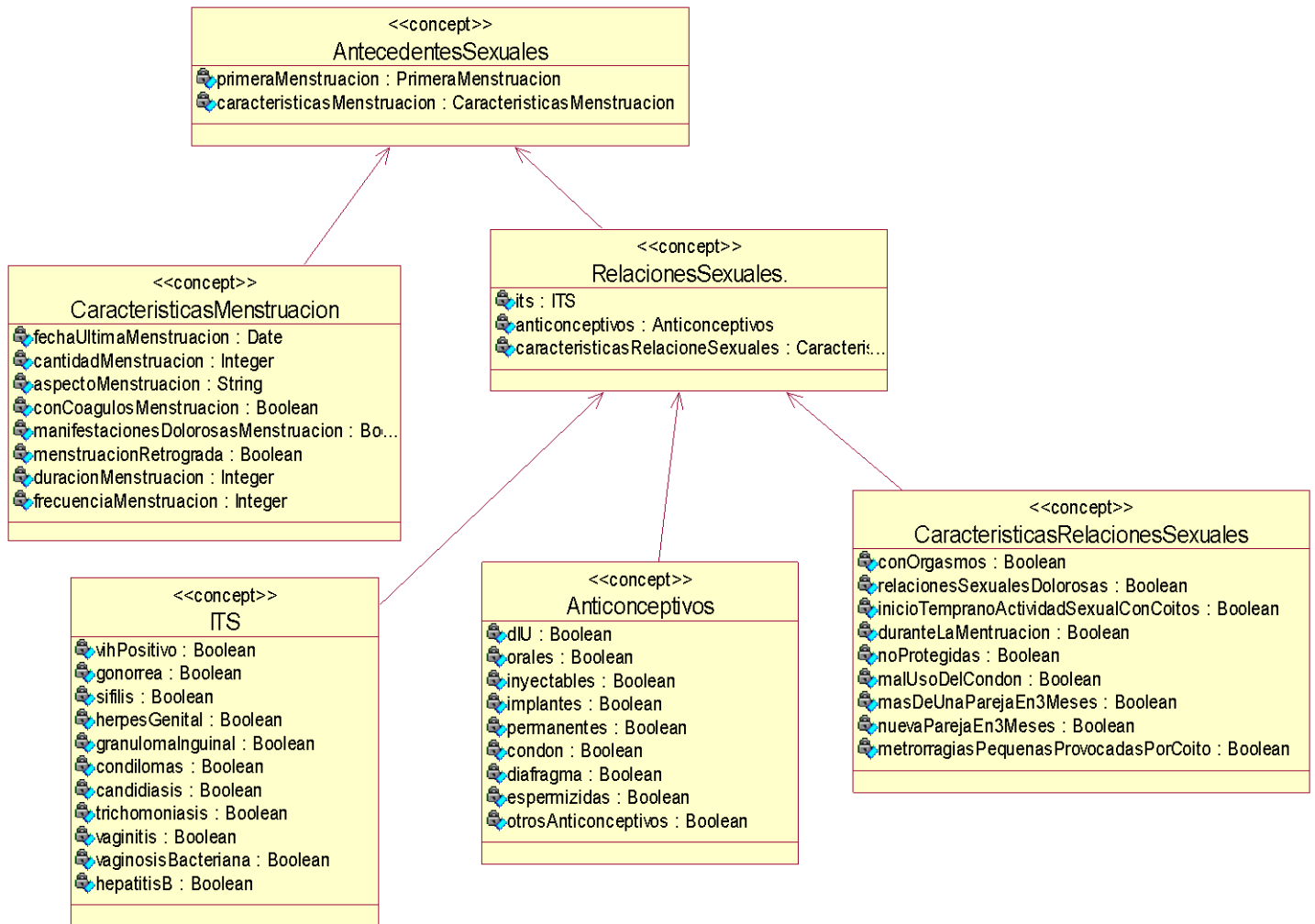
Anexo 7. Diagrama Especificación de Tareas: Agente Inferidor Presuntivo



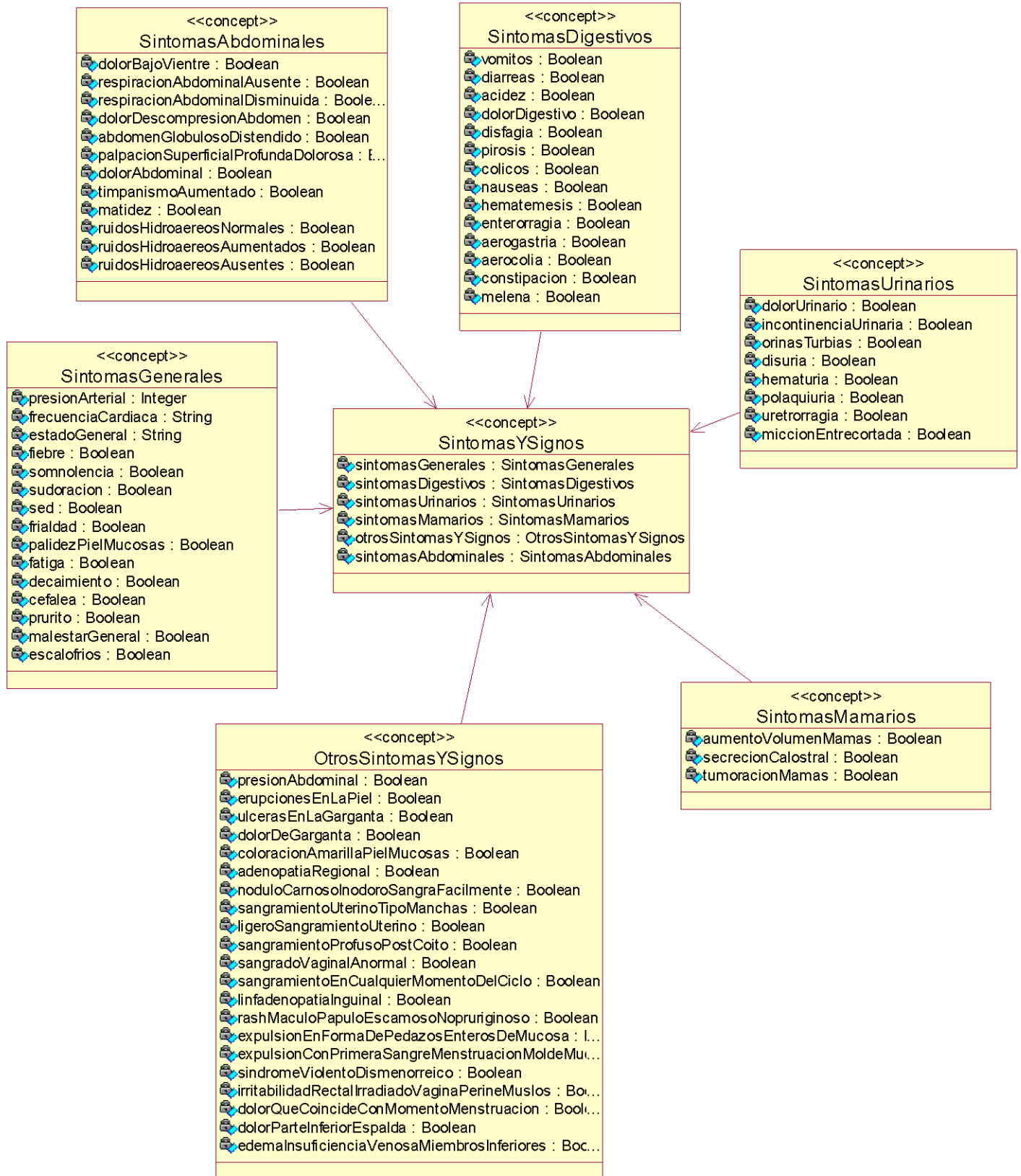
Anexo 8. Subdiagrama Ontología de Dominio: Antecedentes Obstétricos



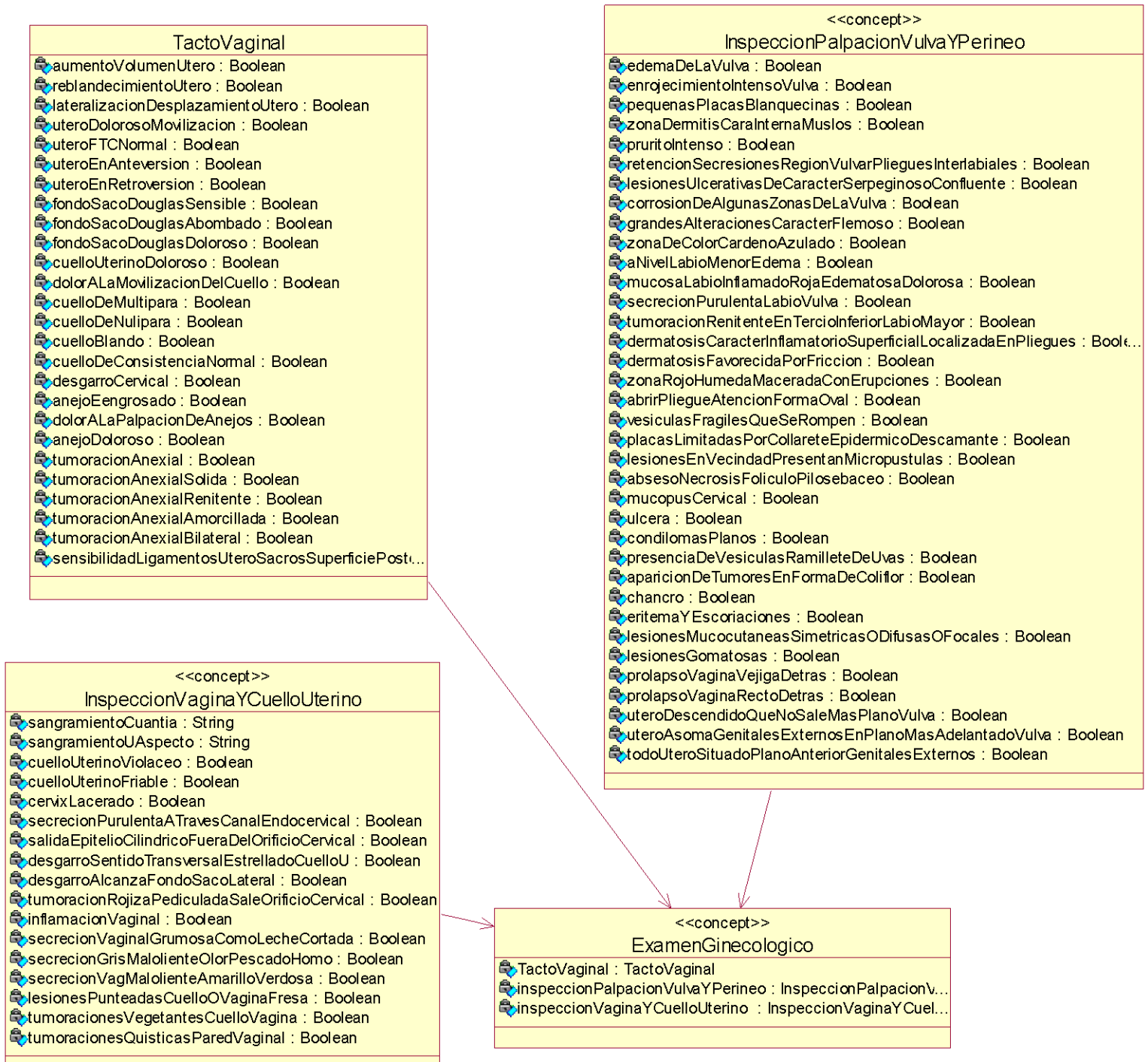
Anexo 9. Subdiagrama Ontología de Dominio: Antecedentes Sexuales



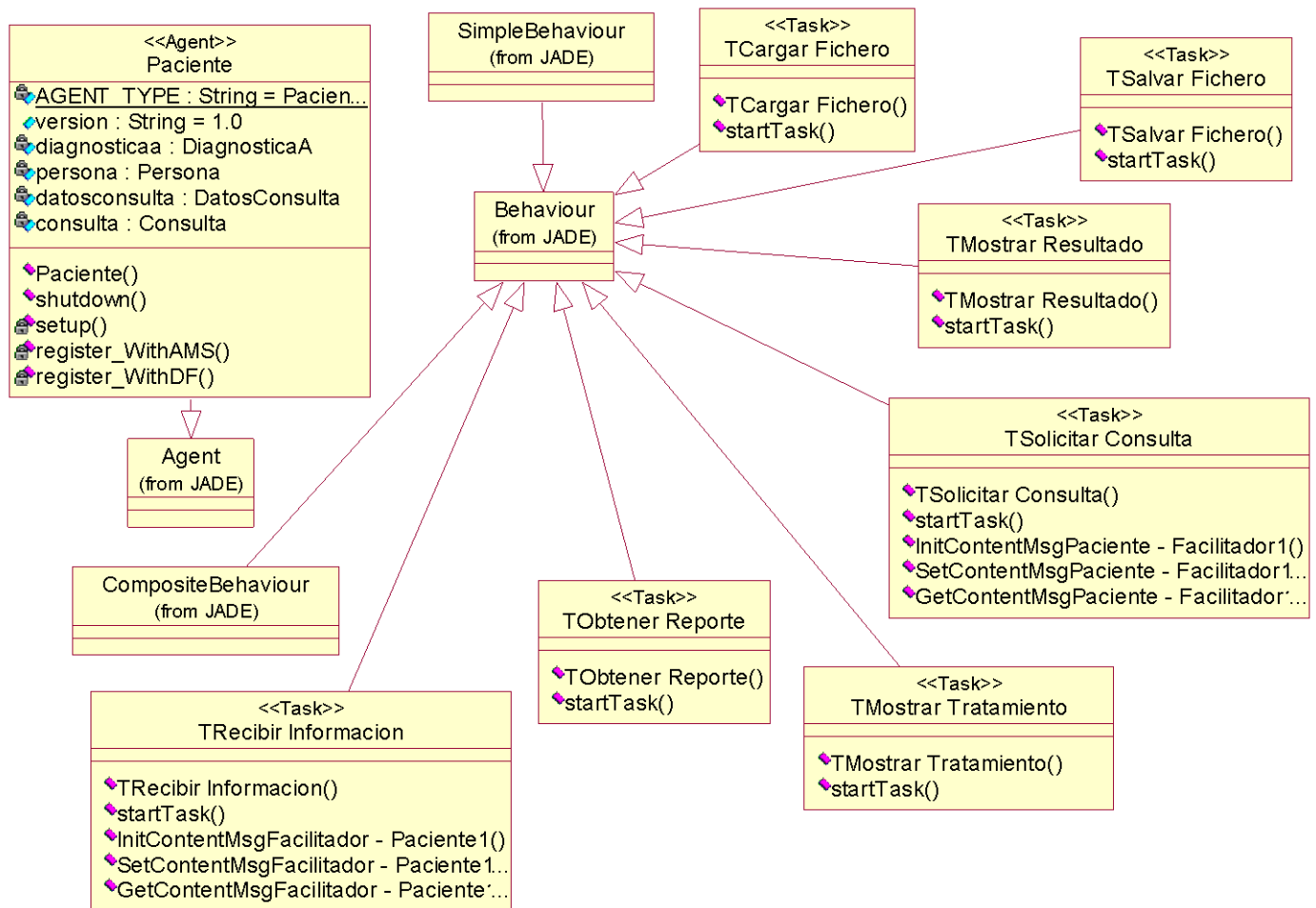
Anexo 10. Subdiagrama Ontología de Dominio: Síntomas Y Signos



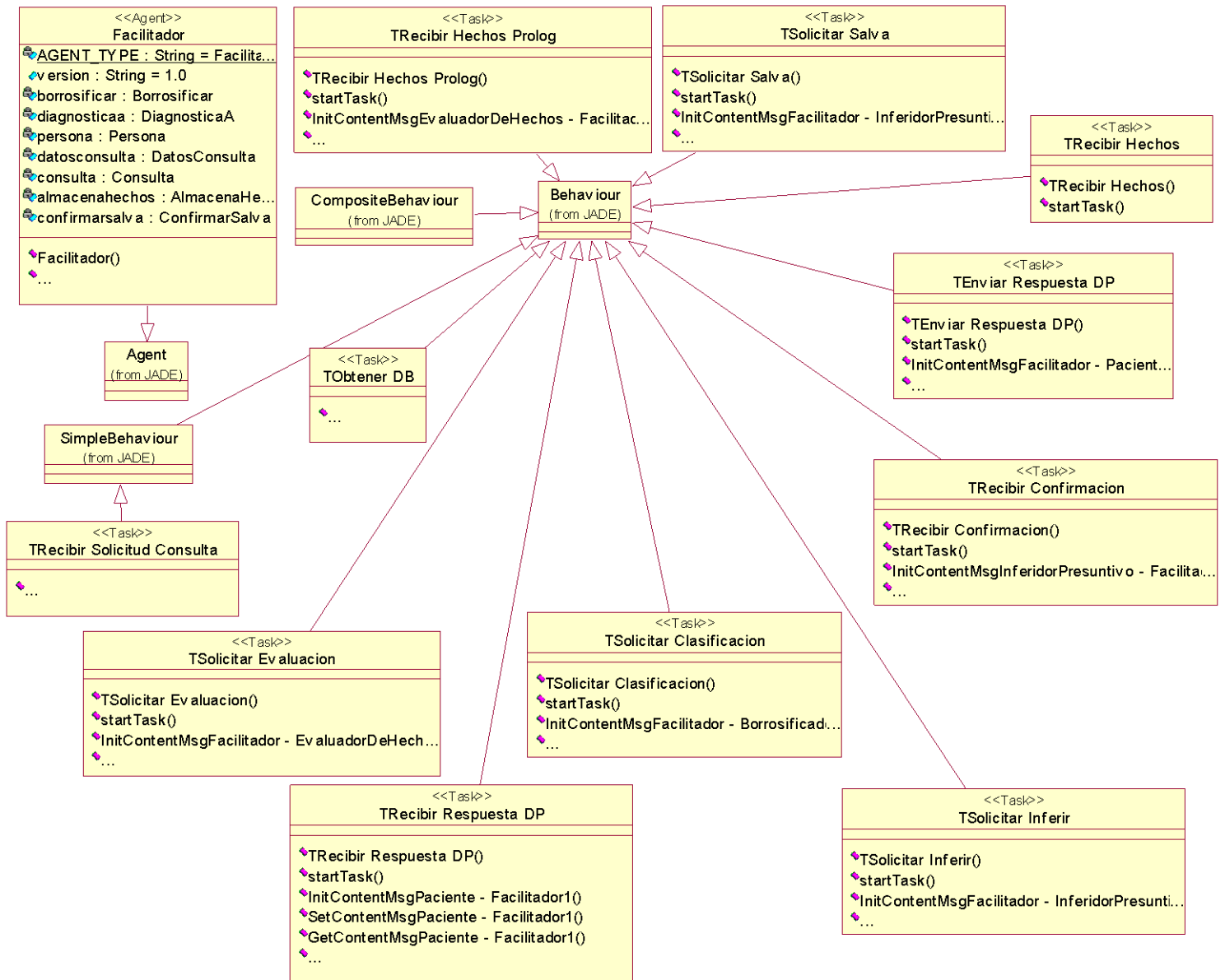
Anexo 11. Subdiagrama Ontología de Dominio: Examen Ginecológico



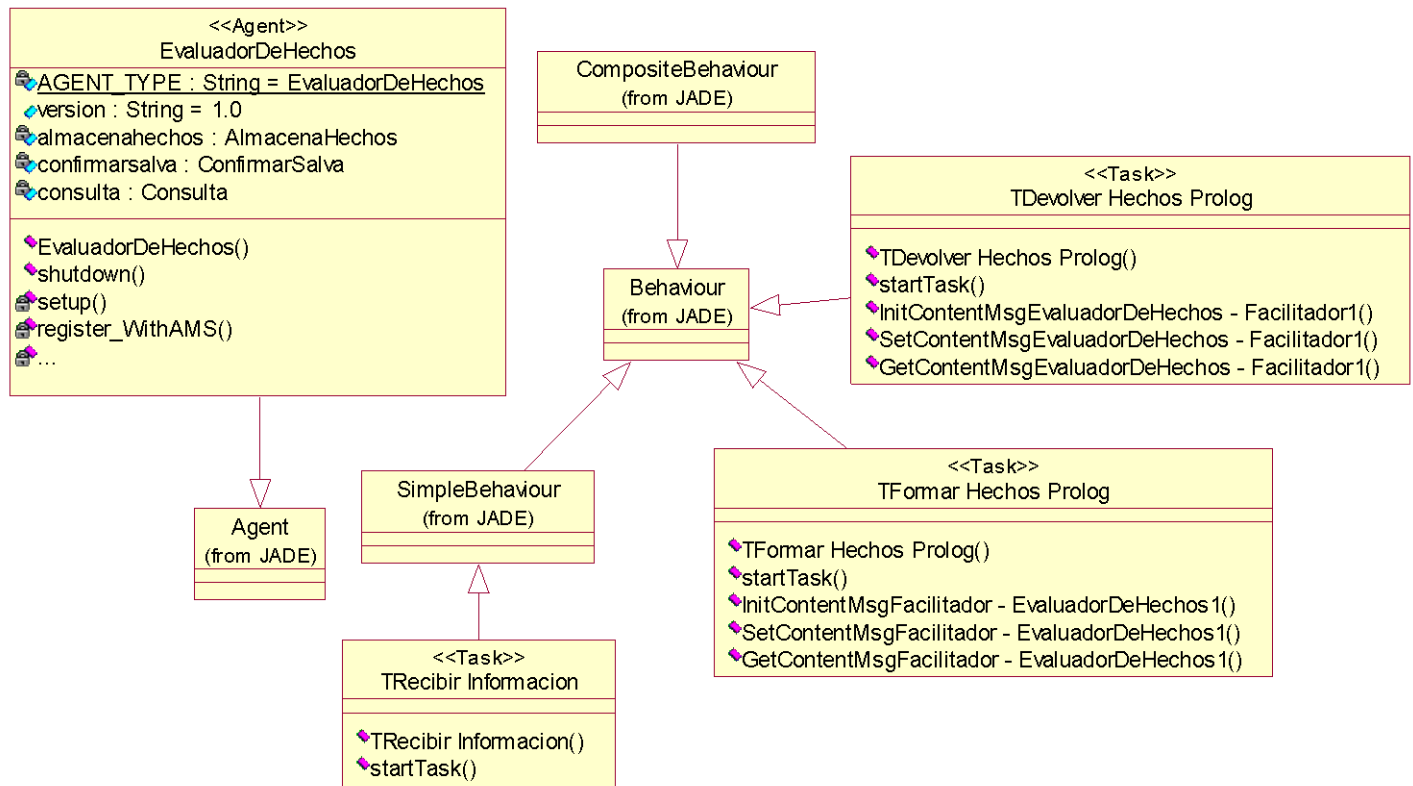
Anexo 12. Diagrama Definición de Estructura Agente: Interfaz Paciente



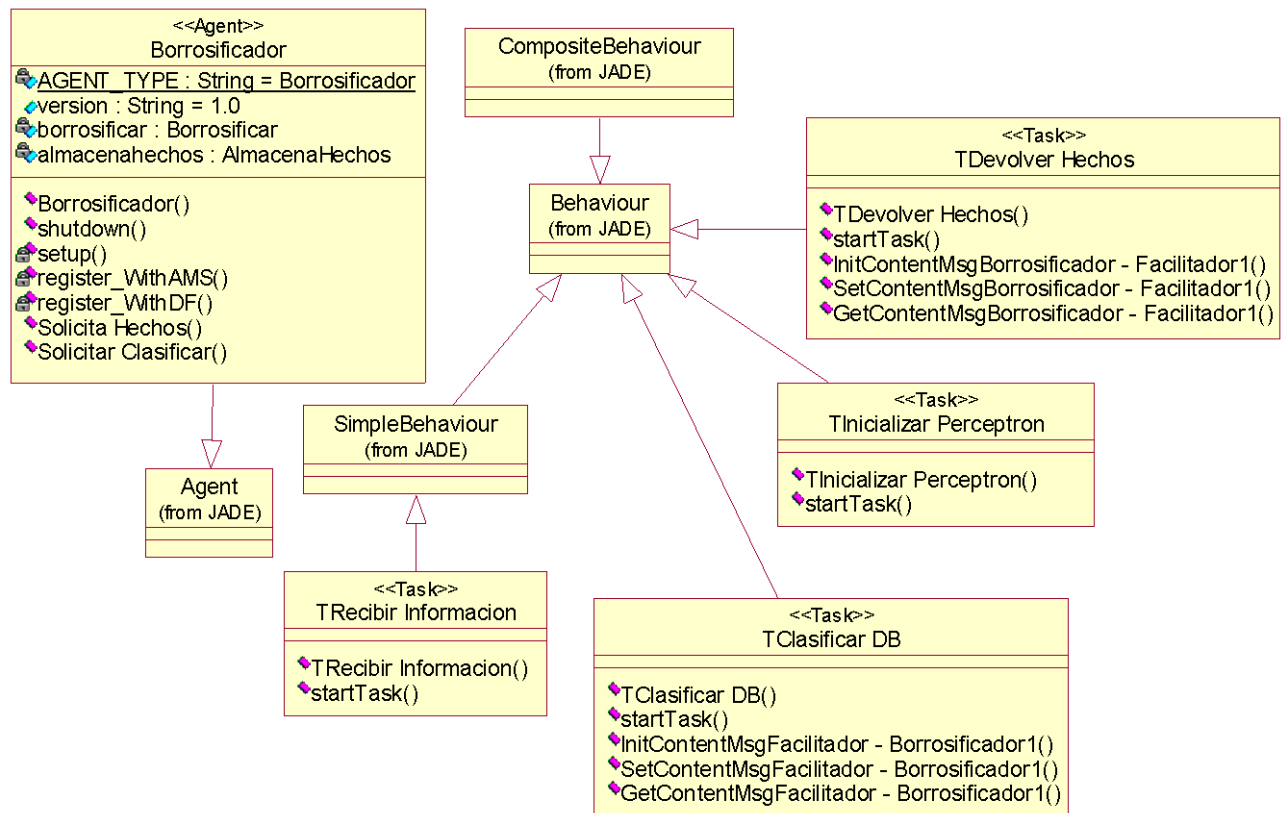
Anexo 13. Diagrama Definición de Estructura Agente: Facilitador



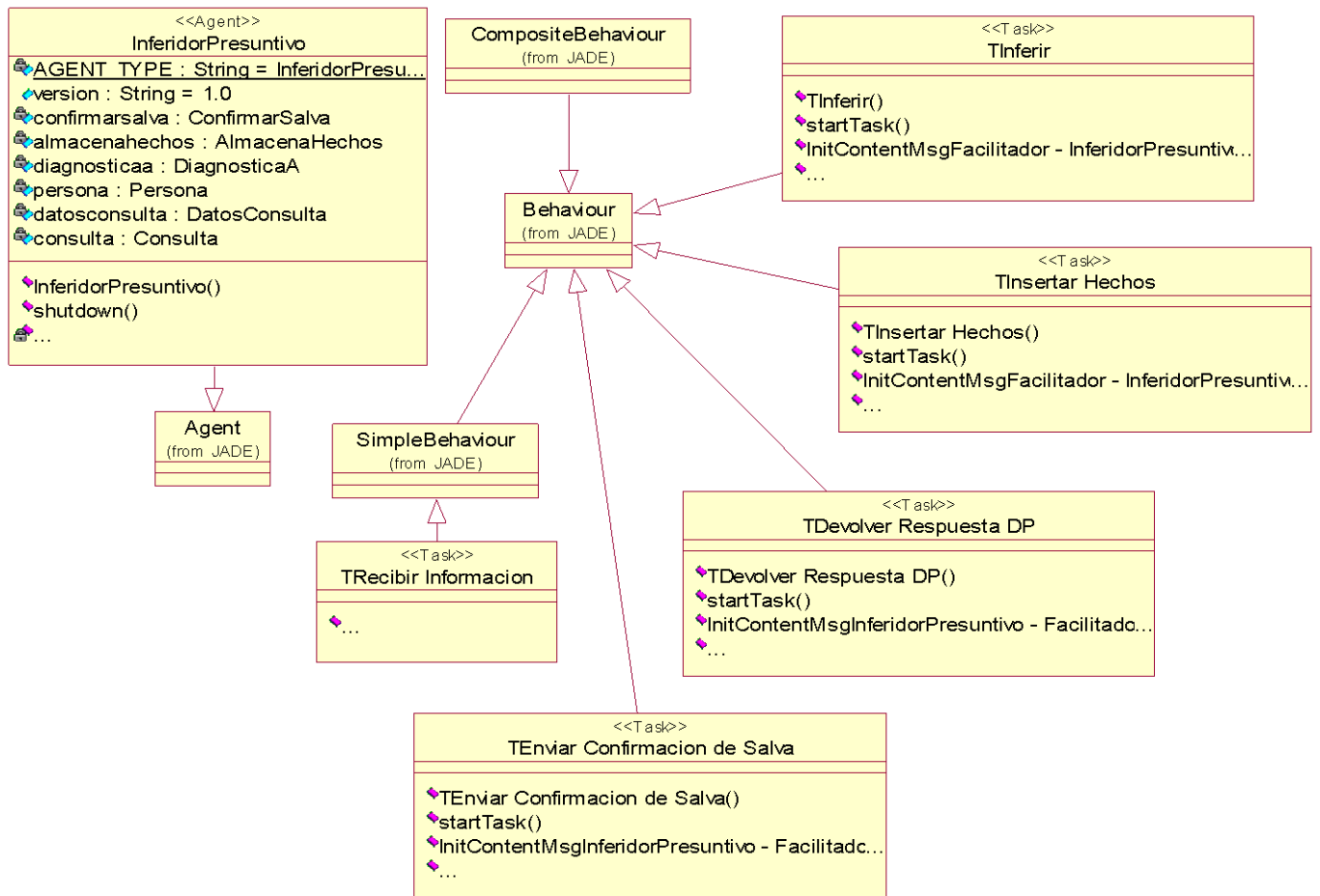
Anexo 14. Diagrama Definición de Estructura Agente: Evaluador De Hechos



Anexo 15. Diagrama Definición de Estructura Agente: Borrosificador



Anexo 16. Diagrama Definición de Estructura Agente: Inferidor Presuntivo



Anexo 17. Entrada de Datos: Datos Generales de la Paciente.

The screenshot shows the DPEG software interface. On the left is a sidebar with a tree view containing 'Datos de la Paciente' (checked), 'Motivos de la Consulta', 'Antecedentes' (with sub-items: Familiares, Personales, Obstétricos), 'Síntomas Y Signos', and 'Examen Ginecológico' (with sub-items: Vulva, Especuloscopia, Tacto Vaginal). Below the tree are buttons for 'Consultar', 'Tratamiento', and 'Reporte'. The main window is titled 'Datos Generales De La Paciente'. It contains two sections: 'Datos de la Paciente' and 'Dirección Particular'. The 'Datos de la Paciente' section has fields for 'Nombre(s):', 'Apellidos:', 'Edad:' (with value 23), 'Estado Civil:' (dropdown: -Seleccione-), 'Raza:' (dropdown: -Seleccione-), 'Fecha de la Consulta' (dropdown: 16 de junio de 2009), and 'No Historia Clínica' (checkbox). The 'Dirección Particular' section has fields for 'Calle', '#', 'Reparto', and 'Ciudad'. A circular icon of a person in a blue shirt and tie is on the right.

Anexo 18. Entrada de Datos Antecedentes Personales Sexuales Menstruales.

The screenshot shows the DPEG software interface with the 'Antecedentes Personales Sexuales - Menstruales' form selected. The sidebar is the same as in Anexo 17. The main window has a title bar 'Antecedentes Personales Sexuales - Menstruales' and two tabs: 'Anticonceptivos' and 'ITS'. The 'Anticonceptivos' tab is active. It contains two sections: 'Características de la Menstruación' and 'Características de las Relaciones Sexuales'. The 'Características de la Menstruación' section has fields for 'Fecha de última menstruación:' (dropdown: 16 de junio de 2009), 'Dolorosa' (checkbox), 'Retrógrada' (checkbox), 'Con coágulos' (checkbox), 'Fórmula menstrual:' (text field with '/'), and 'Aspecto' (dropdown: -Seleccione-). The 'Características de las Relaciones Sexuales' section has checkboxes for 'Con orgasmos', 'No protegidas', 'Dolorosas', 'Durante la menstruación', 'Mal uso del condón', 'Más de una pareja en los últimos 3 meses', 'Metrorragias pequeñas provocadas por coito', 'Inicio temprano de la actividad sexual con coitos', and 'Nueva pareja en los últimos 3 meses'. There is also a field for 'Frecuencia Semanal de la Relaciones Sexuales:'.

Anexo 19. Entrada de Datos: Síntomas Y Signos

DPEG

Archivo Ayuda

- ✓ Datos de la Paciente
- ✓ Motivos de la Consulta
 - Antecedentes
 - ▼ Familiares
 - ▼ Personales
 - ▼ Obstétricos
 - ✓ Síntomas Y Signos
 - Examen Ginecológico
 - ▼ Vulva
 - ▼ Especuloscopia
 - ▼ Tacto Vaginal
- Consultar
- Tratamiento
- Reporte

Síntomas Y Signos...

Seleccione la Región para Introducir los Síntomas Y Signos

Síntomas Digestivos

Generales

Estado general: -Seleccione- ▼

Presión Arterial: /

Frecuencia cardíaca:

Temperatura Corporal: .

☐ Somnolencia
 ☐ Sed

☐ Palidez en piel y mucosa
 ☐ Cefalea

☐ Sudoración
 ☐ Decaimiento

☐ Fatiga
 ☐ Friealdad

☐ Escalofríos
 ☐ Malestar general

☐ Prurito

Anexo 20. Entrada de Datos: Examen Ginecológico de la Vulva

DPEG

Archivo Ayuda

- ✓ Datos de la Paciente
- ✓ Motivos de la Consulta
 - Antecedentes
 - ▼ Familiares
 - ▼ Personales
 - ▼ Obstétricos
 - ✓ Síntomas Y Signos
 - Examen Ginecológico
 - ▼ Vulva
 - ▼ Especuloscopia
 - ▼ Tacto Vaginal
- Consultar
- Tratamiento
- Reporte

Examen Ginecológico De la Vulva

VULVA

▼ Lesiones ▼ Prolapso ▼ Dermatitis ▼ Secreción ▼ Color ▼ Tumorcación ▼ Placas

☐ Edema
 ☐ Chancro

☐ Prurito Intenso
 ☐ Úlceras

☐ Eritema y escoriaciones
 ☐ Condilomas planos

☐ Grandes alteraciones de carácter flemoso

☐ Corrosión de zonas de la vulva, en dirección al periné o a las fosas isquiorrectales

☐ A nivel del labio menor se observa un edema localizado hacia la región posterior

☐ Mucosa del labio inflamado es roja, edematosa y dolorosa

☐ Al abrir el pliegue llama la atención la forma oval que sigue el eje mayor del pliegue y en el bor... se observan vesículo-pústulas.

☐ Vesículas frágiles que se rompen y dan origen a áreas erosivas eritematosas húmedas y profundamente dolorosa, en forma de una masa amarilla alargada.

☐ Vesículas dolorosas llenas de fluido en forma de ramillete de uvas

☐ Abseso y/o necrosis del folículo pilosebáceo, y drena por el vértice de una lesión inflamatoria

Anexo 21. Resultados: Diagnóstico Presuntivo

The screenshot shows a software window titled "DPEG" with a menu bar containing "Archivo" and "Ayuda". On the left is a sidebar with a tree view of medical categories: "Datos de la Paciente", "Motivos de la Consulta", "Antecedentes" (with sub-items "Familiares", "Personales", "Obstétricos"), "Síntomas Y Signos", and "Examen Ginecológico" (with sub-items "Vulva", "Especuloscopia", "Tacto Vaginal"). Below the tree are three buttons: "Consultar", "Tratamiento", and "Reporte". The main area on the right is titled "Diagnóstico PRESUNTIVO" and contains the following text:

HA SIDO DIAGNOSTICADA DE:
Vaginitis

LOS POSIBLES DIAGNOSTICOS SON:
Vih
Granuloma Inguinal
Candidiasis
Vaginosis Bacteriana
Hepatitis B
Trichomoniasis
granuloma inguinal
Gonorrea

DEBE REALIZARSE LOS SGTES EXAMENES COMPLEMENTARIOS:
Vih
Presencia De Cuerpos De Donovan
Antigeno De Superficie
Exudado Vaginal ConCultivo
Exudado Vaginal Simple

Anexo 22. Mostrar Tratamiento: Cistocele

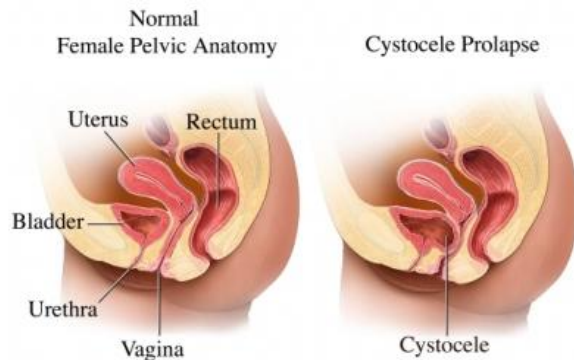
DPEG - Cistocele

CISTOCELE (Hernia de la Vejiga)

Descripción

Un cistocele ocurre cuando parte de la vejiga sobresale en la vagina a través de la *fascia*, o tejido conectivo, que separa a la vagina de la vejiga. Una protuberancia de este tipo se llama un *prolapso*. Las mujeres que tienen un cistocele pueden experimentar síntomas como incontinencia por estrés (fuga de la orina), dolor durante la relación sexual y una sensación de que algo está sobresaliendo de la vagina.

Los cistocelos involucran a la vagina, la vejiga, y a los músculos y tejidos que separan y soportan a la vejiga y a la vagina.



Tratamiento

El tratamiento puede ser conservador (no hacer nada) en los casos de cistocele pequeño (grado I) o quirúrgico (colpoperineorrafia) en los casos de cistocele más severo (grado II y grado III). Si el cistocele no provoca molestias se puede recomendar solamente evitar la realización de esfuerzos o la colocación de un pesario (dispositivo que impide la salida de la vejiga). Existen pesarios de varias formas y tamaños con la finalidad de elegir el que sea mas confortable para la paciente. En las mujeres que han llegado a la menopausia se puede recomendar la utilización de estrógenos para ayudar a mantener la fuerza de los músculos de alrededor de la vagina. La paciente debería ser informada sobre las ventajas y los posibles riesgos de tomar estrógenos.

- V.I.H
- SIFILIS
- GONORREA
- VAGINOSIS BACTERIANA
- BARTHOLINITIS
- FOLICULITIS
- QUISTE DE LA GLANDULA

DE BARTHOLIN

- CISTOCELE
- INTERTRIGO
- RECTOCELE
- PROLAPSO
- VULVITIS
- TRICHOMONIASIS
- CANDIDIASIS
- HERPES GENITAL
- CONDILOMA
- EIPA
- HEPATITIS B
- GRANULOMA INGUINAL
- CERVICITIS

DPEG - Software construido para contribuir al desarrollo médico ginecológico.

DPEG - Diagnóstico Presuntivo de Enfermedades Ginecológicas
Copyright © Universidad de Cienfuegos, Cuba

Anexo 23. Mostrar Ayuda de DPEG

Acerca De DPEG...

DPEG

A Continuación se realizará una descripción de las principales Secciones en una Consulta del sistema:

Datos Generales Aquí se recogen los siguientes datos: Nombre y apellidos de la paciente, Edad, Fecha de Consulta y el Número de historia clínica.

De estos datos, para realizar un diagnóstico eficiente con este programa, usted sólo necesita llenar la edad, la que es importante porque puede determinar un factor de riesgo. El resto de los datos serán utilizados solamente para llenar posteriormente una plantilla con todo lo que la paciente presentó. Fecha de consulta: Es la fecha en que la paciente se presenta, es decir, el día en que se realiza el diagnóstico.

Motivos de Consulta son: Flujo Vaginal, Dolor en la parte baja del abdomen, Dolor durante las relaciones sexuales, Presencia de lesiones genitales y Sangramiento no asociado a la menstruación.

Anamnesis son los Antecedentes, divididos en Familiares, Personales y Obstétricos. Para atender a un paciente, sea cual sea su enfermedad, es necesario conocer sus síntomas y signos. Los síntomas se obtienen al preparar la historia clínica y los signos se detectan al examinar

Desde el comienzo, es imprescindible entender que, aunque se tenga mucha experiencia en el tema, entrevistar a las personas que tiene síntomas de ITS es diferente. Esto se debe a que los síntomas están en la zona genital y a las personas les hace sentirse incómodas; esto a su vez podría llevar al paciente a no dar toda la información por considerarla delicada o a tener dificultad para responder con exactitud las preguntas del personal de salud.

Es frecuente, sobre todo en mujeres, que los portadores de ITS no tengan síntomas y propague la infección de forma silente. Esto complica aún más los programas de atención, porque se necesitan de intervenciones particulares para la detección de las personas asintomáticas.

El Examen Complementario debe ser realizado por el médico para obtener los rasgos referentes al étero, Especuloscopia y el Tacto Vaginal.

El Diagnóstico es Presuntivo por lo que la paciente deberá realizarse los correspondientes exámenes complementarios para verificar el mismo, en caso de no ser diagnosticado completamente.

- V.I.H
- SIFILIS
- GONORREA
- VAGINOSIS BACTERIANA
- BARTHOLINITIS
- FOLICULITIS
- QUISTE DE LA GLANDULA DE BARTHOLIN
- CISTOCELE
- INTERTRIGO
- RECTOCELE
- PROLAPSO
- VULVITIS
- TRICHOMONIASIS
- CANDIDIASIS
- HERPES GENITAL
- CONDILOMA
- EIPA
- HEPATITIS B
- GRANULOMA INGUINAL
- CERVICITIS

 DPEG - Software construido para contribuir al desarrollo médico ginecológico.

DPEG - Diagnóstico Presuntivo de Enfermedades Ginecológicas
Copyright © Universidad de Cienfuegos, Cuba

DPEG
Copyright © Universidad de Cienfuegos, Cuba Dayessi Díaz Gómez

Anexo 24 Mostrar Reporte**viernes 17 abril 2009****1**

CONSULTA DE GINECOLOGIA

Datos Generales Paciente:	Nombre:	Dayana
	Apellidos:	Ramos
	Edad:	19
	Estado Civil:	Casada
	Raza:	Blanca
	Dirección:	direccion vieja
	Fecha de la Consulta	Fri Apr 17 00:00:00
Antecedentes Personales Sexuales:	Edad de la Primera Menstruación:	10
	Cantidad de Días de la Primera Menstruación:	1
	Aspecto de la Primera Menstruación:	Rojo
	Fecha De la Ultima Menstruación	Fri Apr 17 00:00:00
	Cantidad de Días de la menstruación:	1