

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 5**



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

**Análisis de metodologías de desarrollo de  
Software para sistemas expertos:  
Metodologías IDEAL y BGM**

**Autores:** Yudenia Hernández Gallego

Mayelin Jiménez Pupo

**Tutora:** Ing. Yanesky Montero Martínez.

**Ciudad de la Habana, julio del 2008**

**“Año 50 de la Revolución”**

*... "Hacer una investigación significa aprender a poner en orden las ideas propias y a ordenar datos: es una especie de trabajo metódico; supone construir un "objeto" que, en principio sirva también a los demás..."*

*Umberto Eco.*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los \_\_10\_\_ días del mes de \_\_Julio\_\_ del año \_\_2008\_\_.

---

Yudenia Hernández Gallego  
Autor.

---

Mayelin Jiménez Pupo  
Autor.

---

Yanesky Montero  
Tutor.

### AGRADECIMIENTOS

*Queremos agradecer a nuestra Revolución por darnos la oportunidad de estudiar en una universidad de excelencia y en especial a nuestro Comandante Fidel Castro por tener la brillante idea de crearla.*

*A nuestras madres por el apoyo y por confiar en nosotras.*

*A nuestras amistades por estar presente en todos los momentos.*

*A nuestra tutora Yanesky.*

*A todas aquellas personas que de una forma u otra ayudaron a la realización de este trabajo.*

*A todos muchas gracias.*

DEDICATORIA

*A mi abuela, que pesar de no estar presente, siempre ha estado conmigo, sé que es difícil seguir adelante cuando pierdes a uno de tus seres más queridos, por eso quiero decirte*

*que te quiero mucho y pienso mucho en ti, gracias por ser más que una madre.*

*A mi madre, por ser la mejor guía de mi vida, por enseñarme como se elige por el buen camino, eres mi razón de ser.*

*A mi hermana, por ser una de las cositas más importantes que me quedan en la vida, gracias por todo lo que con cariño y con amor has hecho por mí.*

*A mis tías y a mis tíos, porque luchar por mí y por brindarme la mano en todos los momentos difíciles de mi vida.*

*A mi padre, que a pesar de no estar presente en momentos que lo he necesitado, gracias por enseñarme a luchar y tener confianza en mí.*

*A mis primos, porque los quiero mucho.*

*A Yanier, por brindarme su apoyo durante los 5 años, gracias por quererme.*

*A mis amigas Lisy, Annia y en especial a mi compañera de tesis Mayelín, que desde luego este camino me habría resultado mucho más difícil de recorrer sin sus consejos y por todos los momentos vividos, de veras las voy a extrañar.*

*A todas aquellas personas que me apoyaron y confiaron en mí.*

*Yudenia.*

*A mi mamá por estar ahí en todos los momentos de mi vida, a ti que eres lo más grande e importante para mí.*

*A Roberto (Pacho) mi esposo que desde el comienzo de la carrera ha estado apoyándome, dándome aliento y fuerzas para seguir adelante, venciendo con sus buenos consejos cualquier obstáculo.*

*A mi hermano que se ha comportado como un padre, a toda mi familia, que se sientan orgullosos de mí por haber llegado tan lejos.*

*A mis amigas Annia, Hissel y Yudenia mi compañera de tesis que merecen mucho estar en esta dedicatoria ya que fueron partícipes de este logro.*

*Mayelin.*

## RESUMEN

En la actualidad los Sistemas Expertos forman parte de un firme y verdadero avance en la Inteligencia Artificial. Los sistemas expertos son programas que reproducen el proceso intelectual de un experto humano en un campo particular, posibilitando mejorar su productividad, ahorrar tiempo y dinero, conservar sus valiosos conocimientos y difundirlos más fácilmente.

En este trabajo se analizan las metodologías de desarrollo de software para un sistema experto: IDEAL Y BGM, el cual tiene como objetivo realizar una comparación entre las mismas a partir de investigaciones y aplicación a un caso estudio para así obtener la propuesta de cuál sería más apropiada para la realización de SE.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas Expertos (SE), Experto de Campo, Ingeniero de Conocimiento (IC), Metodología, IDEAL, BGM, Base de Conocimiento (BC).

**TABLA DE CONTENIDOS**

**AGRADECIMIENTOS..... II**

**DEDICATORIA..... III**

**RESUMEN..... V**

**INTRODUCCIÓN..... 1**

**CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... 4**

**1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS..... 4**

        1.1.1 Inteligencia Artificial..... 4

        1.1.2 Sistemas Expertos..... 5

**1.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS ..... 6**

**1.3 RAZONES PARA UTILIZAR UN SISTEMA EXPERTO ..... 7**

        1.3.1 Ventajas ..... 7

        1.3.2 Desventajas..... 8

**1.4 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS ..... 8**

**1.5 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS ..... 11**

**1.6 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE PARA SISTEMAS EXPERTOS**  
 ..... 13

        1.6.1 Metodología de Buchanan..... 14

        1.6.2 Metodología de Grover..... 14

        1.6.3 Metodología de Brulé ..... 15

        1.6.4 Metodología de Blanqué y García Martínez (1992)..... 15

        1.6.5 Metodología IDEAL ..... 16

**1.7 ASPECTOS DE COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS IDEAL Y BGM..... 17**

**CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS ..... 19**

**2.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS ..... 19**

**2.2 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA IDEAL ..... 19**

        2.2.1 Fases y Etapas de la metodología Ideal ..... 20

            2.2.1.1 Identificación de la tarea..... 20

            2.2.1.2 Desarrollo de los distintos prototipos ..... 21

            2.2.1.3 Ejecución de la construcción del Sistema Integrado ..... 22

            2.2.1.4 Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo ..... 23

            2.2.1.5 Lograr una adecuada transferencia tecnológica ..... 23

<b>2.3 INTRODUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA BGM</b> .....	24
2.3.1 Etapas de la metodología BGM .....	24
2.3.1.1 Adquisición de Conocimiento.....	24
2.3.1.2 Enunciación de Conceptos .....	25
2.3.1.3 Parametrización de conceptos.....	25
2.3.1.4 Planteo de casualidades.....	26
2.3.1.5 Verificación.....	26
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	28
<b>3.2 METODOLOGÍA BGM</b> .....	28
3.2.1 Primera Etapa: Adquisición de Conocimiento .....	28
3.2.1.1 Descripción del problema .....	28
3.2.2 Segunda Etapa: Enunciación de Conceptos.....	29
3.2.3 Tercera Etapa: Parametrización de Conceptos .....	30
3.2.4 Cuarta Etapa: Planteo de Causalidades .....	31
3.2.5 Quinta Etapa: Verificación .....	33
<b>3.3 METODOLOGÍA IDEAL</b> .....	33
3.3.1 Fase III: Ejecución de la construcción del Sistema Integrado .....	34
3.3.1.1 Requisitos y diseño de la integración con otros sistemas .....	34
3.3.1.2 Implementación y evaluación de la integración.....	34
3.3.1.3 Implementación y evaluación de la integración.....	34
3.3.2 Fase IV: Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo .....	35
3.3.2.1 Definir el mantenimiento del sistema global .....	35
3.3.2.2 Definir el mantenimiento de las bases de conocimientos .....	40
3.3.2.3 Adquisición de nuevos conocimientos .....	41
3.3.3 Fase V: Lograr una adecuada transferencia tecnológica .....	42
3.3.3.1 Organizar la transferencia tecnológica.....	42
3.3.3.2 Completar la documentación del sistema .....	43
<b>CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
<b>4.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	44
<b>4.2 ASPECTOS A COMPARAR</b> .....	44
<b>4.3 ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LAS METODOLOGÍAS</b> .....	45

4.3.1 Aspectos positivos de la aplicación de la metodología IDEAL .....	45
4.3.2 Aspectos negativos de la aplicación de la metodología IDEAL .....	46
4.3.3 Aspectos positivos de la aplicación de la metodología de BGM.....	47
4.3.4 Aspectos negativos de la aplicación de la metodología de BGM .....	47
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA.....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>58</b>

## INTRODUCCIÓN

Varios autores han definido la inteligencia artificial, pero podría decirse que es una rama de la informática que desarrolla procesos que imitan a la inteligencia de los seres vivos. Existen diferentes áreas de aplicación de la IA, una de las más exitosas son los Sistemas Basados en el Conocimientos (SBC) dentro de los que se destacan los sistemas expertos (SE).

Se puede definir un SE, como una aplicación informática que simula el comportamiento de un experto humano, en el sentido de que es capaz de decidir cuestiones, aunque sea en un campo restringido.

Los SE se aplican a una gran diversidad de campos, una de las aplicaciones más importantes tiene lugar en el campo médico, un SE experto de medicina es una aplicación que brinda soporte a un diagnóstico, con el uso de técnicas básicas de representación del conocimiento, deducción y búsqueda de soluciones.

Existen una serie de herramientas llamadas metodologías para el proceso de desarrollo de un SE, estas metodologías son utilizadas por el ingeniero del conocimiento y permiten guiar la construcción de un SE, además de posibilitar una correcta documentación.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), particularmente en la facultad 3, que presenta como línea de investigación y producción el desarrollo de la Inteligencia Artificial, se desarrollan Sistemas Expertos, un ejemplo de esto es el “Diagnóstico y Tratamiento de la hipertensión arterial”, perteneciente al proyecto HIPER WEB, este SE fue realizado en el curso escolar 2006-2007 por los estudiantes Raykenler Izquierdo y René Lazo, para el desarrollo de este sistema no se utilizó ninguna de las metodologías existentes para el proceso de desarrollo de software, se utiliza RUP para la elaboración. (1)

Para la construcción de un Sistema Experto existen varias metodologías entre las que se encuentran la metodología BGM e Ideal. Elegir cuál de ella es la más apropiada ya sea por su facilidad de uso, por su eficacia o por su sencillez, suele ser la primera tarea a la que se debe enfrentar un equipo de desarrollo de este tipo de sistema en la UCI. Por esta razón, desde el año pasado y como parte de una tesis de maestría se ha planteado la necesidad de hacer un estudio crítico de las metodologías

existentes para este tipo de desarrollo, con el fin de caracterizarlas y ofrecer finalmente una propuesta de metodología a usar o quizás proponer una que combine las mejores prácticas de cada una de ellas y supere las principales deficiencias encontradas.

Dada esta problemática el **Problema a resolver** para este trabajo de diploma sería:

¿Cómo posibilitar un estudio comparativo de las metodologías BGM e IDEAL que permita valorar los aspectos de cómo identificar y definir el problema, cómo adquirir conocimiento y cómo formalizar el conocimiento?

El **Título** de la siguiente investigación es Análisis de metodologías de desarrollo de software para un Sistema Experto aplicada a un caso de estudio: Método BGM e IDEAL, la misma está precisamente enfocada a realizar un análisis en la aplicación de las metodologías de BGM e IDEAL para el desarrollo de Sistemas Expertos.

El **Objetivo General** es realizar un análisis comparativo de las mismas a partir de su aplicación a un caso estudio y hacer la propuesta de cuál sería más apropiada para la realización de un SE.

Debido a esto el **Objeto de Estudio** está enmarcado en las metodologías de desarrollo de software BGM e IDEAL para un SE.

Por tanto el **Campo de Acción** de esta investigación es la aplicación de metodologías de desarrollo de software BGM e IDEAL para un SE en la UCI.

Como **Tareas Investigativas** a desarrollar en el presente trabajo de diploma se encuentran:

- ❖ Recopilar bibliografía sobre Sistemas Expertos.
- ❖ Estudiar las principales características de las metodologías usadas para el desarrollo de los mismos.
- ❖ Estudiar las etapas y las fases de las metodologías de desarrollo del software BGM e IDEAL.
- ❖ Aplicar las metodologías a la elaboración del Sistema Experto.
- ❖ Determinar aspectos positivos y negativos del empleo de estas metodologías.
- ❖ Comparar las metodologías de acuerdo a diferentes aspectos.
- ❖ Proponer cuál es más apropiada para la realización de un sistema experto.

Se cuenta con la existencia de otras tesis que están investigando las demás metodologías de desarrollo del software para la construcción de SE.

En el curso escolar 2006-2007 en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se realizó un estudio desarrollado por los autores: Adrianys Hernández Capote e Isabel González Leyva, con el título: *Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto para el diagnóstico médico de las sepsis vaginales*, dicho trabajo utilizó las fases I y II de la metodología IDEAL para la modelación del sistema, representando el conocimiento adquirido mediante reglas de producción, además se creó una Base de Conocimientos para emitir un diagnóstico clínico. En el presente trabajo investigativo se desarrollará las restantes fases de la metodología IDEAL y las etapas de la metodología BGM al caso de estudio obtenido anteriormente: *Diagnóstico Médico de las sepsis vaginales*.

De esta manera este trabajo trata en el **Capítulo 1. Fundamentación Teórica**, lo concerniente al fundamento teórico y estudio del arte de los Sistemas Expertos: su definición, componentes, razones para su utilización, tipos de SE, así como los diferentes campos de aplicación, se abordará además una breve descripción de las metodologías para el desarrollo de SE.

En el **Capítulo 2. Estudio de las metodologías de IDEAL y BGM**, se hará un estudio de cada una de las metodologías que se utilizarán para el análisis, así como una caracterización de cada una de las fases y etapas con que cuenta cada una de ellas.

En el **Capítulo 3. Desarrollo de las metodologías**, se aplicará ambas metodologías, es decir la metodología IDEAL y BGM para el caso de estudio real *Diagnóstico Médico de sepsis vaginales en la UCI*. Se llegarán a obtener los resultados de cada metodología por separado, con lo que se determinarán todos los aspectos positivos y negativos de cada una.

Finalmente en el **Capítulo 4. Obtención de los resultados**, se establece una comparación entre las metodologías desarrolladas donde se llega a conclusiones de los aspectos positivos y negativos de las mismas así como las diferencias existentes entre ellas. Además se hace una propuesta de cuál metodología sería la más adecuada para la construcción de un sistema experto.

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS

Desde que naciera la Inteligencia Artificial como tal ciencia, a principios de los 60, hasta la actualidad, se han venido realizando numerosos trabajos, para el desarrollo de los diversos campos que componen la Inteligencia Artificial. De todos esos campos, quizás el que puede tener mayor número de aplicaciones prácticas sea el de los Sistemas Expertos, siendo dichas aplicaciones de utilidad en temas tan variados que pueden ir desde la medicina hasta la enseñanza. Para poder hablar de Sistemas Expertos se debe mencionar la Inteligencia Artificial (IA), por constituir los Sistemas Expertos (SE) un área de aplicación de la misma y por tanto antes de mencionar el concepto y las características principales de ellos se hará una breve introducción a la IA.

#### 1.1.1 Inteligencia Artificial

El existente esfuerzo de hacer que las computadoras piensen, es decir, que tengan mente, o en el sentido liberal de la palabra que sean capaces de sustituir al hombre, es la primera idea que surge cuando se escucha hablar de la IA, sin pensar que la automatización de las actividades que están directamente vinculadas con el aprendizaje, la resolución de problemas y la toma de decisiones, hacen que poco a poco se pueda ir sustituyendo el trabajo manual. El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia, es la forma de hacer que la ciencia evolucione y caduquen las viejas técnicas de trabajo.

La Inteligencia Artificial (IA): es un área de la investigación donde se combinan las computadoras, la fisiología y filosofía, reuniendo varios campos como la robótica y los Sistemas Expertos, los cuales tienen en común la creación de máquinas que pueden "pensar" por medio de algoritmos. (2)

Las diferentes definiciones de la IA coinciden en que su objetivo es duplicar las facultades del comportamiento que atribuimos al ser humano (aprender, tomar decisiones, percibir, razonar y actuar en consecuencia, respuesta flexible a las situaciones, obtener el sentido a mensajes contradictorios o ambiguos, reconocer la importancia relativa de los diferentes elementos de una situación, encontrar

semejanzas en las situaciones a pesar de las diferencias que pueda haber entre ellas, extraer diferencias entre situaciones a pesar de las similitudes que pueda haber entre ellas, manipular objetos, etc.) entendido como ser con capacidad de pensar.

## **1.1.2 Sistemas Expertos**

Antes de que apareciera el ordenador, el hombre ya se preguntaba si se le arrebataría el privilegio de razonar y pensar. En la actualidad existe un campo dentro de la inteligencia artificial al que se le atribuye esa facultad: el de los sistemas expertos (SE).

Estos sistemas también son conocidos como Sistemas Basados en Conocimiento, los cuales permiten la creación de máquinas que razonan como el hombre, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitado. En teoría pueden razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, analista, empresario, etc.) para resolver un problema concreto. Este tipo de modelos de conocimiento por ordenador ofrece un extenso campo de posibilidades en resolución de problemas y en aprendizaje. Su uso se extenderá ampliamente en el futuro, debido a su importante impacto sobre los negocios y la industria.

Sólo para citar un ejemplo, un Sistema Experto (SE) de medicina es una aplicación capaz de dar soporte a un diagnóstico, con el uso de técnicas básicas de representación del conocimiento, deducción y búsqueda de soluciones. Esto va desde sistemas básicos dirigidos al usuario del hogar, hasta proyectos de apoyo a países en desarrollo para auxiliar a médicos generales en el diagnóstico de enfermedades donde los especialistas no se encuentran disponibles. Los casos más avanzados son los sistemas de monitoreo capaces de mantener estable al paciente, manejar los cambios en la condición del paciente y disparar alarmas.

## 1.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Básicamente se puede decir que los sistemas expertos están formados por la base de conocimientos y por el motor de inferencia, aunque generalmente se les añaden más módulos para facilitar su uso y enriquecer su desempeño.

**Base de conocimientos.** Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio, hay que obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos. Una forma clásica de representar el conocimiento en un sistema experto son las reglas. Una regla es una estructura condicional que relaciona lógicamente la información contenida en la parte del antecedente con otra información contenida en la parte del consecuente.

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

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

**Subsistema de explicación.** Una característica de los sistemas expertos es su habilidad para explicar su razonamiento. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y cómo ha llegado a una conclusión. Este módulo proporciona beneficios tanto al diseñador del sistema como al usuario. El diseñador puede usarlo para detectar errores y el usuario se beneficia de la transparencia del sistema.

**Interfaz de usuario.** La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos.

Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño de interfaz de usuario. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de las cuestiones. Esto puede requerir diseñar la interfaz usando menús o gráficos.

A continuación se muestra la figura 1. Arquitectura y funcionamiento de un Sistema Experto.

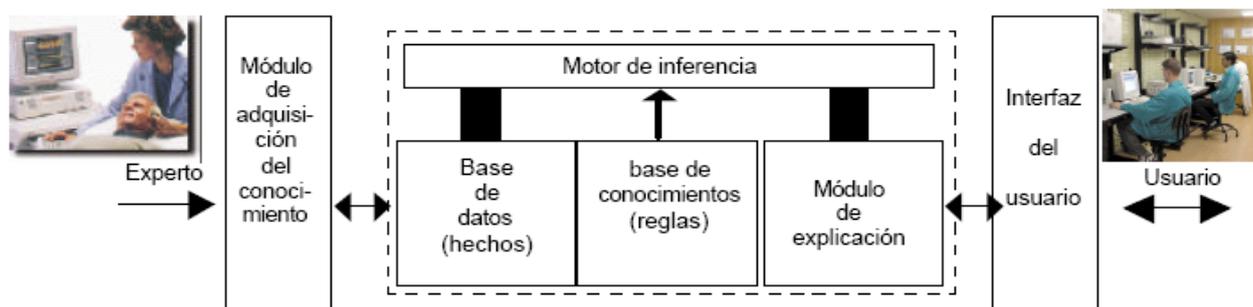


Fig. 1 Arquitectura y funcionamiento de un Sistema Experto. (3)

## 1.3 RAZONES PARA UTILIZAR UN SISTEMA EXPERTO

### 1.3.1 Ventajas

**Mayor disponibilidad:** La experiencia está disponible para cualquier hardware de cómputo adecuado. La experiencia humana es trasladada a medios de mayor disponibilidad.

**Costo reducido:** El costo de poner la experiencia a disposición del usuario se reduce en gran medida.

**Peligro reducido:** Los sistemas expertos pueden unirse en ambientes que podrían ser peligrosos para un humano.

**Permanencia:** La experiencia es permanente. A diferencia de los especialistas humanos que pueden retirarse, renunciar o morir, el conocimiento del SE durará indefinidamente.

**Experiencia múltiple:** El conocimiento de varios especialistas puede estar disponible para trabajar simultánea y continuamente en un problema, en todo momento. En muchos casos, el nivel de conocimiento almacenado en un SE puede exceder al de un solo especialista.

**Mayor confiabilidad:** Al capturar experiencia múltiple en un SE, estos aumentan su confiabilidad. La aplicación de un SE depende en gran medida de la confianza que tenga los usuarios sobre este.

**Explicación:** El SE puede explicar clara y detalladamente el razonamiento que conduce a su conclusión, lo que aumenta la confianza del usuario en la decisión tomada. Un ser humano puede estar cansado, mostrarse renuente o incapaz de hacerlo siempre.

**Respuestas Rápidas:** Muchas veces resulta importante tener en poco tiempo o en tiempo real una solución. Dependiendo de la tecnología utilizada, un Sistema Experto puede responder más rápido y estar más dispuesto que un especialista humano.

**Respuestas Sólidas:** Un SE puede dar respuestas sólidas, completas y sin emociones. Esto puede ser muy importante en tiempo real y en situaciones de emergencia, cuando un ser humano, muchas veces a causa de la presión no trabaja al 100%.

### 1.3.2 Desventajas

**Sentido común:** Para un SE no hay nada obvio. Por ejemplo, un sistema experto sobre medicina podría admitir que un hombre lleva 40 meses de embarazo, a menos que se especifique que esto no es posible.

**Lenguaje natural:** Con un experto humano podemos mantener una conversación informal mientras que con un SE no podemos.

**Capacidad de aprendizaje:** Cualquier persona aprende con relativa facilidad de sus errores y de errores ajenos, que un SE haga esto es muy complicado.

**Perspectiva global:** Un experto humano es capaz de distinguir cuáles son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias.

**Capacidad sensorial:** Un SE carece de sentidos.

**Flexibilidad:** Un humano es sumamente flexible al aceptar datos para la resolución de un problema.

**Conocimiento no estructurado:** Un SE no es capaz de manejar conocimiento poco estructurado.

### 1.4 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Existen diversos tipos de Sistemas Expertos pero siempre en todos los casos algunos se destacan más que otros, así es el caso de los basados en reglas y los basados en probabilidades, los cuales han sido los más estudiados y difundidos. Los SE no son clasificados solamente de esta manera, también existen diferentes tipos de SE que se muestran a continuación:

## **SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN.**

Infieren descripciones de situaciones a partir de observaciones provenientes de sensores ejemplos:

- ❖ Análisis de imágenes.
- ❖ Interpretación de señales de audio, de radar, radio etc.
- ❖ Comprensión de voz.
- ❖ Análisis de tipos de grietas.

## **SISTEMAS DE PREDICCIÓN.**

Infieren las consecuencias probables a partir de un conjunto de situaciones dadas. Predicción:

- ❖ Demográfica.
- ❖ Tráfico.
- ❖ Daños a cosechas por algún tipo de insecto, peste, etc.
- ❖ Conflictos armados basados en informes de inteligencia.
- ❖ Demanda de algún insumo (petróleo, cobre), dada una situación (geopolítica, económica, desarrollo).

## **SISTEMAS DE DISEÑO.**

Desarrollan configuraciones de objetos basados en restricciones o exigencias del problema. Después de construidas, verifican que cumplan las especificaciones.

- ❖ Diseño de circuitos integrados.
- ❖ Diseño de edificios.
- ❖ Creación de moléculas orgánicas complejas.
- ❖ Configuración de equipos computacionales.
- ❖ Planificación.

## **SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN.**

Son sistemas destinados a diseñar planes de acción.

- ❖ Programación de rutas.
- ❖ Programación de robots.
- ❖ Programación de comunicaciones.

- ❖ Programación de experimentos.
- ❖ Creación de planes de vuelo.

## **SISTEMAS DE MONITOREO.**

Comparan el comportamiento de un sistema (observaciones) con comportamiento esperado. A partir de las diferencias sugieren acciones correctivas.

- ❖ Monitorear lecturas de instrumentos para detectar condiciones de fallas de equipos industriales.
- ❖ Detectar condiciones favorables a accidentes.
- ❖ Monitoreo de tráfico aéreo.

## **SISTEMAS DE DEPURACIÓN.**

Sistemas destinados a encontrar los remedios adecuados para el mal funcionamiento.

- ❖ Selección del tipo de mantención necesaria para corregir fallas en cables telefónicos.
- ❖ Elegir el procedimiento de mantención para reparar equipamiento (locomotoras, buses, maquinaria industrial, etc.)
- ❖ Selección de tratamientos de enfermedades vía quimioterapia.
- ❖ Depuración de programas computacionales.

## **SISTEMAS DE REPARACIÓN.**

Sistemas destinados a desarrollar y ejecutar planes para administrar un remedio para algún problema ya diagnosticado.

- ❖ Reparación de automóviles.
- ❖ Reparación de equipos electrónicos.
- ❖ Calibración de instrumentos.

## **SISTEMAS DE INSTRUCCIÓN.**

Sistemas desarrollados para instruir en el aprendizaje independiente.

- ❖ Capacitación de personas sobre la operación de equipamiento.
- ❖ Desarrollo de manuales inteligentes.
- ❖ Manuales de diagnósticos de fallas.
- ❖ Instrucción sobre algún contenido específico.

## **SISTEMAS DE CONTROL.**

Son sistemas destinados a gobernar mediante un control el comportamiento general de un sistema. Interpretan repetitivamente la situación actual, predecir el futuro, diagnosticar las causas de los problemas, formular un plan de remedio y monitorear su ejecución con tal de asegurar el éxito del control. Interactúan con modelos determinísticos provenientes de la teoría de control.

- ❖ Control de procesos productivos.
- ❖ Control de operaciones.

## **SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO.**

Infieren mal funcionamiento de sistemas a partir de observaciones. Relaciona irregularidades del comportamiento observado con causas posibles.

- ❖ Enfermedades a partir de un conjunto de síntomas.
- ❖ Componentes defectuosos de un sistema.
- ❖ Fallas de equipos en procesos productivos.

Este último es un ejemplo de sistema que se utilizará para el desarrollo de esta investigación. Los SE de diagnóstico son un proceso que se realiza con el objetivo de solucionar un problema que experimenta cambios cualitativos y cuantitativos, permite identificar que enfermedad tiene la persona y los síntomas que presenta , teniendo en cuenta que un síntoma no es exclusivo de una enfermedad.

## **1.5 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS**

En el capítulo anterior se mencionaron los diferentes tipos de SE. De forma resumida en este capítulo se expondrán algunos ejemplos de aplicaciones de SE. Así se podrá tener una idea, de para qué sirve y en qué materias se aplica un Sistema Experto.

Entre los diferentes tipos de sistemas expertos mencionados en el epígrafe anterior los más exitosos son los de **diagnos****is**, **pronóstico**, **planificación**, **reparación**, **diseño** y **control**.

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

Los sistemas de **diagnosis** y depuración se encuentran presente en las aplicaciones de diagnóstico médico como es el ejemplo de **MYCIN y TROPICAID**. **MYCIN** es el primer Sistema Experto utilizado en la realización de diagnósticos, iniciado por Ed Feigenbaum y posteriormente desarrollados por E.Shortliffe y sus colaboradores. **TROPICAID** es otro SE utilizado en este campo de la medicina y su función es obtener información adicional sobre los medicamentos más usados.

Por otra parte **DELTA**, es un sistema que ayuda a los mecánicos en el diagnóstico y reparación de locomotoras diesel eléctricas, DELTA no sólo da consejos expertos, sino que también presenta informaciones por medio de un reproductor de vídeo.

Los SE son buenos para **predecir o pronosticar** resultados futuros a partir del conocimiento que poseen.

El SE **PROSPECTOR**, de gran éxito, se desarrolló en 1978. Este quizás impulsó más la carrera por desarrollar mejores Sistemas Expertos, dado que su misión era predecir la posibilidad de encontrar depósitos de minerales en una región en concreto.

**DENDRAL** fue el primer sistema experto en ser utilizado para propósitos reales, al margen de la investigación computacional, y durante aproximadamente 10 años (1965 a 1975), el sistema tuvo cierto éxito entre químicos y biólogos, ya que facilitaba enormemente la inferencia de estructuras moleculares.

En los últimos años en el mundo se han desarrollado una serie de Sistemas Expertos que han sido construidos principalmente por la metodología Ideal, y por alguna otra de las metodologías de educación del conocimiento conocidas, por ejemplo en la Universidad Autónoma Chapingo en México, se elaboró un sistema experto computarizado especializado en el diagnóstico del estado nutrimental de naranjos llamados CITRUS, para lo cual se utilizó el ambiente de construcción ARIES.

En Cuba el uso de las tecnologías de la información y la comunicación está revolucionando la forma de aprender, enseñar y jugar de las nuevas generaciones y las organizaciones modernas, tanto es así que se ha producido un enorme avance en la creación de sistemas expertos , se desarrolló el prototipo

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

inicial de un Sistema Experto con el nombre DIAG para el diagnóstico de un grupo de anomalías cráneo-faciales comúnmente encontradas en la clínica, el cual es comparable y en algunos casos superior a los métodos tradicionales empleados, él mismo se implementó utilizando el medio ambiente del Sistema Aries, concha (Shell) desarrollada por el Laboratorio de Inteligencia Artificial y Análisis Exploratorio de datos de la Academia de Ciencias de Cuba.

Por otra parte se crea un SE de ayuda al mantenimiento de osciloscopios analógicos llamado SEMIN en la Universidad de La Villas, este fue desarrollado para la búsqueda metódica de fallas en algunos modelos de osciloscopios analógicos muy concretos, este sistema permite que personas con conocimientos básicos pero inexpertas en la práctica del mantenimiento correctivo, puedan consultar un programa sencillo, didáctico y con interface amistosa que hace accesible el criterio experto de varios especialistas, para agilizar la solución de las fallas y reincorporar de nuevo al instrumento en servicio.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), actualmente se cuenta con el sistema experto desarrollado por un estudiante en el año 2007, acerca de diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial, y con el sistema de diagnóstico y tratamiento de las Sepsis Vaginales.

Se puede afirmar que hoy en día constituye el diagnóstico médico el área de mayor éxito y se considera que cada vez es mayor el número de usuarios que utilizan sistema expertos, en diversos campos, tales como en el análisis financiero, interpretación de imágenes, pronóstico de tiempo, auditoría e impuestos, planeación de operaciones, diseño de redes, etc.

### **1.6 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE PARA SISTEMAS EXPERTOS**

Existen varias metodologías de educación del conocimiento para la construcción de sistemas informáticos expertos, estas metodologías son de gran importancia, son herramientas utilizadas por el ingeniero del conocimiento que le dan pautas para la realización de un sistema experto, además permiten una correcta documentación y detectan problemas durante el desarrollo, evitando así errores.

### 1.6.1 Metodología de Buchanan

En la adquisición de conocimiento (de distintas fuentes: libros, expertos) el ingeniero de conocimiento procede a través de una serie de etapas para producir un SE.

Se destacan 6 etapas fundamentales:

- ❖ Identificación
- ❖ Conceptualización
- ❖ Formalización
- ❖ Implementación
- ❖ Testeo
- ❖ Revisión del prototipo

Para obtener un mejor visión de estas etapas, observar la representación detallada de su ciclo de vida. (Ver Anexo 1)

La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el Ingeniero de Conocimiento y el Experto de Campo.

### 1.6.2 Metodología de Grover

La metodología de Grover (1983) se concentra en la definición del dominio (Conocimiento, referencias, situaciones y procedimientos), en la formulación del conocimiento fundamental (reglas elementales, creencias y expectativas) y en la consolidación del conocimiento de base (revisión y ciclos de corrección).

Se distinguen tres etapas:

- ❖ Definición del dominio.
- ❖ Formulación del conocimiento fundamental.
- ❖ Consolidación del conocimiento Basal.

Esta metodología tiene consigo la representación de su ciclo de vida y el ciclo de revisión y mejoramiento, lo que posibilita un mejor entendimiento de las etapas mencionadas anteriormente. (Ver Anexo 2 y 3)

### **1.6.3 Metodología de Brulé**

La realización de los Sistemas Expertos en ocasiones no es realizada de una forma correcta, pues no se le da la debida importancia a la construcción del sistema informático. Es por esto que en la mayoría de los casos el problema se centra en la construcción del software y no en la adquisición del conocimiento.

Esta metodología consta de 7 etapas fundamentales:

- ❖ Pre-planeamiento.
- ❖ Diseño y especificación.
- ❖ Desarrollo temprano.
- ❖ Implementación.
- ❖ Evaluación.
- ❖ Supervisión.
- ❖ Mantenimiento.

La característica más importante es la obtención de documentación que puede reemplazar parcialmente al experto, y servir a los diseñadores y usuarios como medio de documentación y referencia.

### **1.6.4 Metodología de Blanqué y García Martínez (1992)**

El método BGM desarrollado por Blanqué y García Martínez [García Martínez, 1992]

Esta metodología consta de 5 etapas:

- ❖ Adquisición del conocimiento.
- ❖ Enunciación de conceptos.
- ❖ Parametrización de conceptos.

- ❖ Planteo de causalidades.
- ❖ Verificación.

### 1.6.5 Metodología IDEAL

Este método fue desarrollado por Pazos [1996] en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. El nombre de esta metodología viene dado por las fases de su desarrollo.

- ❖ Identificación de las tareas.
- ❖ Desarrollo de los prototipos.
- ❖ Ejecución de la construcción del sistema integrado.
- ❖ Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo.
- ❖ Lograr una adecuada transferencia tecnológica.

Consta de las siguientes fases:

Fase I. Identificación de la tarea

1. Plan de requisitos y adquisición de conocimientos.
2. Evaluación y selección de la tarea.
3. Definición de las características de la tarea.

Fase II. Desarrollo de los prototipos

1. Concepción de la solución.
2. Adquisición y Conceptualización.
3. Formalización y definición de arquitectura.
4. Implementación del prototipo.
5. Validación y evaluación del prototipo.

Fase III. Ejecución de la construcción del sistema integrado

1. Requisitos y diseño de la integración.
2. Implementación y evaluación del sistema integrado.
3. Aceptación del sistema por el cliente.

Fase IV. Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo

4. Definir el manteniendo global del sistema.
5. Definir el mantenimiento de la base de conocimientos.
6. Adquisición de nuevos conocimientos y actualización del sistema.

Fase V. Lograr una adecuada transferencia tecnológica

1. Organizar la transferencia tecnológica.
2. Completar la documentación del SBC construido.

### 1.7 ASPECTOS DE COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS IDEAL Y BGM

En los próximos capítulos se realizará un análisis comparativo entre las metodologías IDEAL y BGM, en este capítulo se tomarán una serie de aspectos que estas metodologías deben cumplir para dicho estudio. Este análisis tiene como objetivo obtener los aspectos positivos y negativos que permitirán a los desarrolladores decidir cuál metodología es la más apropiada para la construcción de un SE.

#### **Aspectos a tener en cuenta:**

Cómo identifica y define el problema, en este aspecto se tendrá en cuenta los siguientes atributos:

- ❖ Participantes:
  - ◆ Experto.
  - ◆ Ingeniero de conocimiento.
  - ◆ Usuario
- ❖ Estudio de los recursos disponibles.
- ❖ Definición de objetivos o tareas a resolver.
- ❖ Alcance del problema.
- ❖ Documentación.

Cómo adquirir conocimiento, para realizar este importante paso se deben de analizar los aspectos que permitirán realizar una valoración de esta actividad.

- ❖ Aplicación de métodos de adquisición del conocimiento:
  - ◆ Entrevistas.
  - ◆ Cuestionarios.
  - ◆ Encuestas

## CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

- ❖ Documentación de los conceptos extraídos.
- ❖ Creación de artefactos.

Cómo formalizar el conocimiento, para realizar el mismo se tienen en cuenta:

- ❖ Participación del experto del área.
- ❖ Selección del lenguaje apropiado.
- ❖ Definición de reglas de razonamiento.
- ❖ Revisión de escenarios seleccionados por el experto.
- ❖ Documentación de este proceso.
- ❖ Creación de un prototipo de base del conocimiento.
- ❖ Aplicación de métricas.

La comparación se tienen en cuenta a partir de que si las metodologías cumple o no con los aspectos anteriormente mencionados.

## CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS

### 2.1 INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS

En este capítulo se realizará el estudio de las fases y etapas de las metodologías de educación del conocimiento para la construcción de sistemas expertos: IDEAL y BGM.

### 2.2 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA IDEAL

Este método fue desarrollado por Pazos [1996] en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. El nombre de esta metodología viene dado por las fases de su desarrollo. La metodología IDEAL cuenta con la ventaja de tomar los puntos fuertes de todas sus antecesoras, incorpora un ciclo de vida en espiral cónico en tres dimensiones y se ajusta a la tendencia del software actual.

En la figura 2 y 3 se muestran las diferentes visiones del ciclo de vida de la metodología IDEAL.

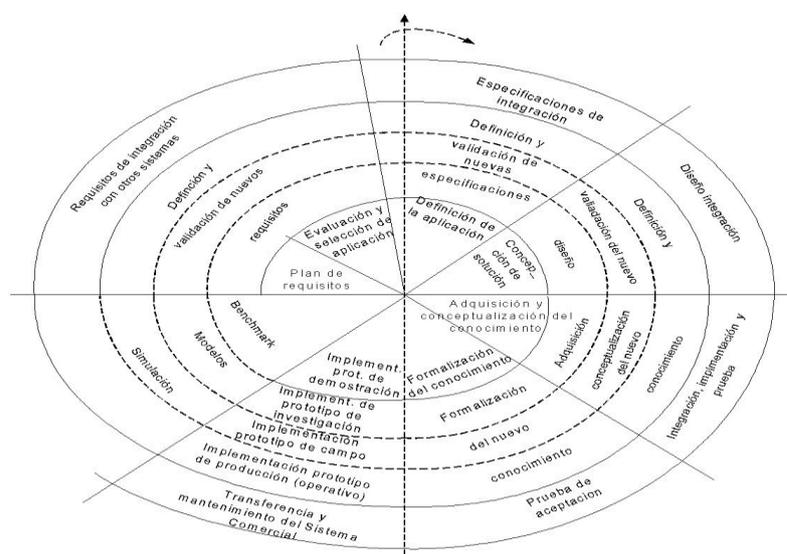


Fig. 2 Visión desde arriba del ciclo de vida de la metodología IDEAL. (4)

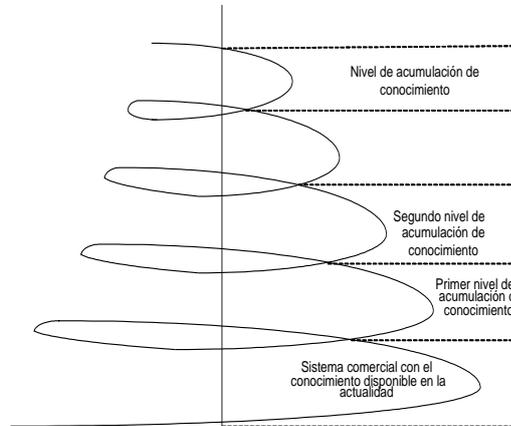


Fig. 3 Visión lateral del ciclo de vida de la metodología IDEAL. (4)

### 2.2.1 Fases y Etapas de la metodología Ideal

#### 2.2.1.1 Identificación de la tarea

Esta fase considera la definición de los objetivos de la aplicación y, en base a ellos, determinar si la tarea es susceptible de ser tratada con la tecnología de Ingeniería del Conocimiento. En caso afirmativo, se definen las características del problema y se especifican los requisitos que enmarcarán la solución del problema. Para ello, esta fase se divide en las tres etapas siguientes:

**Plan de requisitos y adquisición de conocimientos:** Se identifican las necesidades del cliente describiendo cuáles son los objetivos del sistema, qué informaciones se van a obtener y suministrar, funcionalidades a exigir y requisitos necesarios para alcanzar todo ello. Para confeccionar el plan de requisitos es necesario comenzar con la adquisición de conocimientos, entrevistándose con directivos, expertos y usuarios. La adquisición profunda se llevará a cabo en la fase II.

**Evaluación y selección de la tarea:** Esta etapa conforma el estudio de viabilidad. Esta etapa es fundamental para evitar a priori fallos detectados en la aplicación práctica de esta tecnología.

**Definiciones de las características de la tarea:** Aquí, se establecen las características más relevantes asociadas con el desarrollo de la aplicación. Una definición de la aplicación desde el punto de vista del sistema. Es decir, una especificación técnica completa emitida por el IC. Se debe llevar a cabo una especificación inicial de los siguientes tipos de requisitos: funcionales, operativos, de interfaz, de soporte, criterios de éxito, casos de prueba o juego de ensayo. Recursos, materiales y humanos para desarrollar el SE. Análisis de costes/beneficios y evaluación de riesgos, hitos y calendario. En esta fase los expertos, usuarios y directivos, consiguen perfilar el ámbito del problema; definir funcionalidades, rendimiento, e interfaces. Analizar el entorno de la tarea y del riesgo de desarrollo del SE. Todo ello hace que el proyecto se justifique, y asegura que los IC y los clientes tengan la misma percepción de los objetivos del sistema.

### 2.1.1.2 Desarrollo de los distintos prototipos

Esta fase concierne al desarrollo de prototipos que permiten definir y refinar las especificaciones del sistema. A continuación se describen los prototipos de: investigación, campo y operación, que son sucesivos refinamientos cada uno del anterior.

**Concepción de la solución:** Produce un diseño general del sistema prototipo. El IC y el experto estudian las especificaciones parciales del sistema y el plan del proyecto y, en base a ellos, producen un diseño general.

**Adquisición y conceptualización de los conocimientos:** La adquisición, tanto en la extracción de los conocimientos públicos (libros, documentos, manuales de procedimientos, etc.) como en la educación de los conocimientos privados de los expertos, se alterna con la conceptualización para modelar el comportamiento del experto. La conceptualización permite entender el dominio del problema a partir de la información obtenida en la etapa de adquisición.

**Formalización de los conocimientos:** Se seleccionan los formalismos para representar los conocimientos que conforman la conceptualización obtenida, y el diseño detallado del SE. Este último es en una estructura modular del sistema que incorpora los conceptos que participan en el prototipo.

## CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS

---

Se establecen los módulos que definen el motor de inferencias, la base de conocimientos, interfaces (de usuario y a otros sistemas), etc.

**Implementación:** Si en la etapa anterior se seleccionó una herramienta de desarrollo adecuada y el problema se ajusta a ella y viceversa, la implementación es inmediata y automática. En otro caso, es necesario programar, al menos, parte del SBC.

**Validación y evaluación:** La fiabilidad es el punto más sensible de todo SE y por tanto su punto crítico dado que estos sistemas están contruidos para contextos en los que las decisiones son, en gran medida, discutibles. Sin embargo, existen técnicas que permiten realizar esta validación de una forma razonablemente satisfactoria. Para ello, se deben realizar las siguientes acciones: casos de prueba o juego de ensayo que, a modo de Test de Turing, permiten comparar las respuestas de los expertos frente a las del sistema y ver si hay discrepancias o no. Ensayo en paralelo que es una consecuencia del anterior y consiste en que los expertos usen rutinariamente el SE desarrollado para ver las discrepancias entre ambos.

**Definición de nuevos requisitos, especificaciones y diseño:** Los SBC se construyen de forma incremental, generando primero un prototipo de investigación, que se convierte en un prototipo de campo para, finalmente, resultar un prototipo de operación. Esta etapa se corresponde con la definición de los requisitos, especificaciones y diseño del siguiente prototipo, que para ser construido deberá pasarse, de nuevo, por las etapas II.1 a II.5. Esta fase acaba con la obtención del sistema experto completo.

Las etapas 2 a 6 se repiten para cada prototipo.

### 2.2.1.3 Ejecución de la construcción del Sistema Integrado

La fase III consta de:

**Requisitos y diseño de la integración con otros sistemas:** Es el estudio y diseño de interfaces y puentes con otros sistemas hardware y software.

**Implementación y evaluación de la integración:** Su fin es desarrollar, utilizando técnicas de IS, los requisitos de la etapa anterior. Esta etapa implementa la integración del SE con los otros sistemas hardware y software, para conseguir un sistema final.

**Aceptación por el usuario del sistema final:** Es la última prueba de aceptación por los expertos y usuarios finales, que debe satisfacer todas sus expectativas y exigencias, tanto en lo concerniente a su fiabilidad como eficiencia.

### 2.2.1.4 Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo

Trata del mantenimiento del sistema, dadas las características específicas de los SBC, el mantenimiento perfectivo es esencial, puesto que, además del aumento de funcionalidades, efectúa la incorporación de nuevos conocimientos que, sin duda, se van a generar por el propio uso del SBC. Este mantenimiento viene reflejado en el ciclo de vida en la tercera dimensión de la espiral troncocónica. En este el análisis de protocolos, como forma de adquisición de conocimientos, es imprescindible.

**Definir el mantenimiento del sistema global:** Esta etapa emplea las técnicas de IS, definiendo el mantenimiento que se llevará a cabo igual que en cualquier otro tipo de sistema.

**Definir el mantenimiento de las bases de conocimientos:** Existen diversas técnicas para el mantenimiento de bases de conocimiento.

**Adquisición de nuevos conocimientos:** Diseñar protocolos para que cuando aparezcan nuevos conocimientos, puedan captarse y registrarse. Se deben establecer métodos para actualizar el sistema incorporando los conocimientos adquiridos.

### 2.2.1.5 Lograr una adecuada transferencia tecnológica

Se encarga de la transferencia tecnológica. Cualquier sistema necesita, para su correcta implementación y uso rutinario, una adecuada transferencia de manejo. No resulta lo mismo cuando el sistema es usado por sus constructores que por los usuarios del mismo. El único modo de eliminar

## CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS

---

estas diferencias es mediante una meticulosa transferencia tecnológica, que engloba las dos etapas siguientes:

**Organizar la transferencia tecnológica:** Meticulosamente mediante entrenamiento en sesiones de tutoría entre los diseñadores y los usuarios que sirvan tanto para explicar el manejo del propio sistema como para manejar y entender la documentación del mismo.

**Completar la documentación del sistema:** desde el dossier técnico al manual del usuario, que deben incorporar todas las peculiaridades de su uso de una forma amigable para el usuario final a quien debe ir dirigido.

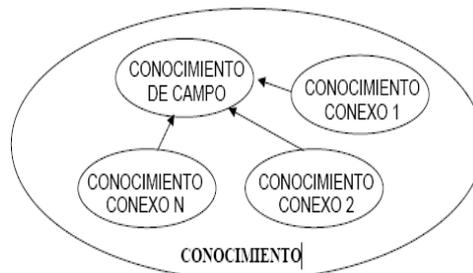
### 2.3 INTRODUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA BGM

El método BGM fue desarrollado por Blanqué y García Martínez [García Martínez, 1992] .La característica más importante es la etapa de planteo de causalidades, ya que los grafos de causalidades son una excelente herramienta para la representación del conocimiento previo a la formalización de reglas y la verificación, ya que compara el procedimiento que realiza el experto de campo con el que realizará el sistema; pudiendo establecer la performance del sistema.

#### 2.3.1 Etapas de la metodología BGM

##### 2.3.1.1 Adquisición de Conocimiento

Esta etapa consiste en pedirle al experto de campo que hable sobre el conocimiento involucrado, recordándole al experto que el ingeniero de conocimiento es lego en el tema. El conocimiento asociado a un dominio que tiene un experto puede visualizarse mediante la siguiente figura.



**Fig. 4 Conocimiento del experto asociado a un dominio. (5)**

El conocimiento de campo ocupa una parte del conocimiento del experto, este conocimiento tiene conexos otros conocimientos que permiten que el experto lo articule, estos conocimientos conexos no son específicos del dominio de aplicación pero tienen que ver con él, es decir, hacen al sentido común necesario para aplicar esa área de conocimiento. Este conocimiento conexo también debe ser incluido en la BC. Este conocimiento es el que resulta de pedirle al experto de campo que piense su exposición para personas que desconocen el tema, así se fuerza inconscientemente al expositor a explorar en busca de conocimiento conexo, o sea, conocimiento para no especializados en el tema.

### **2.3.1.2 Enunciación de Conceptos**

En esta etapa se debe tomar nota de los conceptos más frecuentemente utilizados. Esto se logra observando la recurrencia del experto de campo sobre determinadas ideas, en esta etapa, la experiencia ha demostrado la conveniencia de mostrar una lista de tales conceptos al experto de campo y que él realice una clasificación del tipo:

- Conceptos primarios y secundarios
- Conceptos primarios, vinculantes y secundarios.

### **2.3.1.3 Parametrización de conceptos**

Parametrizar los conceptos involucrados. Estos parámetros suelen estar asociados a valores tales como:

- ❖ Presencia / Ausencia
- ❖ Mucho / Poco / Nada
- ❖ Alto / Bajo / Medio
- ❖ Verdadero / Falso
- ❖ Valores de confianza
- ❖ Valores Estadísticos, Probabilísticos
- ❖ Resultados numéricos de expresiones aritméticas o lógicas

EL trabajo del ingeniero de conocimiento consistirá en descubrir tales valores en el discurso del experto de campo, y llegado el caso, plantearle si tales valores le parecen aceptables o si es necesario considerar modificaciones.

### 2.3.1.4 Planteo de casualidades

Establecer relaciones de causalidad entre los conceptos mencionados y redactar las reglas asociadas. Una de las reglas que suelen aparecer con más frecuencia en el trabajo del ingeniero de conocimiento, tiene la siguiente forma:

SI  $A_1 \Delta \dots \Delta A_n$  ENTONCES  $C_1 \vee \dots \vee C_m$

Donde

$A_i$  es un antecedente

$C_i$  es un consecuente

$\Delta$  es un operador lógico

$\vee$  es el disyuntor

Este tipo de reglas merecen nuestra atención porque suelen expresar dos tipos de problemas:

a)  $C_i \cap C_j \neq \vee$  con  $i \neq j$

En este caso es razonable pensar que existe un consecuente  $C$  tal que  $C = C_i \vee C_j$ . El trabajo del ingeniero de conocimiento consistirá descubrir tal consecuente  $C$

b)  $C_i \cap C_j = \vee$  con  $i \neq j$

En este caso el problema es más grave ya que si  $C_i \cap C_j = \vee$  para  $i \neq j$  luego podemos afirmar que  $C_i$  pertenece al complemento de  $C_j$  y que  $C_j$  pertenece al complemento de  $C_i$  de lo que se deduce que  $C_i$  está en la negación de  $C_j$  y que  $C_j$  está en la negación de  $C_i$ ; y esto es equivalente a afirmar una contradicción, lo que constituye una inconsistencia (por definición).

### 2.3.1.5 Verificación

Verificar la aceptabilidad de las reglas con el experto de campo. Esto se realizará usando casos de testeo que sean considerados típicos, se compararán los resultados con los dados para esos mismos casos por los expertos humanos, y en base a esa comparación, se decidirá si modificar, eliminar, o aceptar las reglas involucradas. Se usarán casos de la bibliografía proporcionada para producir los

## CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS

---

testeos iniciales. Se utilizarán casos extremos para testear, verificar la consistencia y ampliar la base de conocimiento, si es posible. Se usarán casos de testeo típicos para generar grupos adicionales de casos, variando ciertos aspectos de los primeros. Se verificará la aplicabilidad del modelo, corriendo el prototipo, o el sistema experto en paralelo con expertos humanos (diferentes de aquellos con los cuales se realizó el sistema) en situaciones reales, y se llevarán estadísticas acerca de su comportamiento, tratando de detectar posibles problemas conceptuales a partir del análisis de las respuestas.

### CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrollará las metodologías de BGM e IDEAL aplicadas al caso de estudio Diagnóstico Médico de las sepsis vaginal en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

#### 3.2 METODOLOGÍA BGM

La metodología BGM desarrollada por Blanqué y García Martínez [García Martínez, 1992] que se describe a continuación consta de 5 etapas:

##### 3.2.1 Primera Etapa: Adquisición de Conocimiento

La adquisición del conocimiento constituye un largo proceso donde el ingeniero del conocimiento comienza por realizar una serie de reuniones con los expertos para determinar los requisitos funcionales del sistema experto, así como las necesidades de los usuarios del futuro sistema.

El proceso de adquisición de conocimiento utilizado podemos dividirlo en 2 tareas fundamentales:

1. Extracción del conocimiento a partir de documentación disponible, entiéndase: revistas, conferencias, libros, etc.
2. Educción del conocimiento a partir de los expertos (Realización de interrogatorios iniciales). (6)

Las entrevistas, cuestionarios y encuestas realizadas le permitieron al ingeniero de conocimiento introducirse en el dominio que abarcará el sistema para así poder ser capaz de desarrollar un estudio para de esta forma determinar si la tarea puede ser tratada mediante la ingeniería del conocimiento. En las primeras reuniones se buscan adquirir conocimientos generales del marco problemático a resolver.

##### 3.2.1.1 Descripción del problema

El problema que a continuación se describe es extraído del caso de estudio que se está analizando. La sepsis vaginal es una de las principales causas de consulta ginecológica en los servicios médicos de la

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

---

Universidad de las Ciencias Informáticas. Para la realización del diagnóstico, el médico utiliza los conocimientos adquiridos en los libros de medicina y de la experiencia acumulada en sus años de trabajo para diagnosticar una enfermedad determinada, así como para aplicar un tratamiento específico en correspondencia con la enfermedad. El problema radica, entonces, en cómo representar este conocimiento.

El estudio de la documentación existente referente a las sepsis vaginales, su manifestación y cuadro clínico ha permitido aprender de estas enfermedades, así como asimilar el proceso de diagnóstico de las mismas, lo que ha favorecido la interrelación con los expertos. Un paso importante en esta etapa es la educación del conocimiento donde se obtiene conocimiento privado de los expertos. La educación es básicamente el proceso de interacción con un experto humano para construir un Sistema Experto.

En dichos cuestionarios se obtuvieron conocimientos relacionados con las tareas llevadas a cabo por el experto para dar solución al problema. Además se identificaron cada una de las características que permitieron distinguir una enfermedad de otra.

Una vez concluidas las entrevistas con los expertos se pudo llegar al objetivo del SE el cual, debe servir de apoyo en la consulta de ginecología en el trabajo con las pacientes, debe ser capaz de emitir un diagnóstico médico a partir del conjunto de síntomas y signos del paciente, emitirá diagnóstico médico a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio y diagnosticará tres enfermedades: La Candidiasis Vulvovaginal, La Trichomoniasis y la Vaginosis Bacteriana; dichas enfermedades son las más características en las féminas de la universidad.

### **3.2.2 Segunda Etapa: Enunciación de Conceptos**

Esta etapa es de suma importancia ya que con la obtención de los conceptos fundamentales dado por el experto de campo, el ingeniero de conocimiento desarrollará una buena BC. Aquí se debe tomar nota de los conceptos más frecuentemente utilizados. Esto se logra observando la recurrencia del experto de campo sobre determinadas ideas, en esta etapa, la experiencia ha demostrado la

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

---

conveniencia de mostrar una lista de tales conceptos al experto de campo y que él realice una clasificación del tipo:

- Conceptos primarios, vinculantes y secundarios.

A continuación se muestran los conceptos principales que el experto de campo considera de interés a la hora de establecer un diálogo con el equipo de trabajo encargado de desarrollar el SE.

**Coloración de la secreción:** Permite caracterizar una secreción.

**Sepsis vaginal:** Secreciones vaginales causadas por agentes patógenos en la vagina

**Prueba de las aminas (Test de amina):** Permite demostrar la existencia de gardnerellas en las muestras vaginales.

**Secreción (Leucorrea):** Presencia de flujo vaginal.

**PH vaginal:** Grado de acidez de la vagina.

**Microorganismos:** Organismos pluricelulares y microscópicos causantes de las infecciones vaginales.

**Síntomas:** Es la referencia subjetiva que da un paciente por la percepción o cambio que puede reconocer como anómalo o causado por un estado patológico o enfermedad.

**Candidiasis Vulvovaginal:** Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociado a la existencia de la cándida albicas en las muestra vaginales.

**Vaginosis bacteriana:** Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociada a la existencia de gardnerella en las muestras vaginales.

**Trichomoniasis:** Enfermedad causante del flujo vaginal en las mujeres.

### **Conceptos Primarios:**

Sepsis vaginal, Candidiasis Vulvovaginal, Vaginosis bacteriana, Trichomoniasis, Microorganismos.

### **Conceptos vinculantes:**

Síntomas, Secreción

### **Conceptos secundarios:**

Coloración de la secreción, Prueba de las aminas, PH vaginal

### **3.2.3 Tercera Etapa: Parametrización de Conceptos**

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

---

En esta etapa se parametrizarán cada uno de los conceptos involucrados. Estos parámetros suelen estar asociados a valores tales como:

- ❖ Presencia / Ausencia
- ❖ Mucho / Poco / Nada
- ❖ Alto / Bajo / Medio
- ❖ Verdadero / Falso
- ❖ Valores de confianza
- ❖ Valores Estadísticos, Probabilísticos
- ❖ Resultados numéricos de expresiones aritméticas o lógicas.

El trabajo del ingeniero de conocimiento consistirá en descubrir tales valores en el discurso del experto de campo, y llegado el caso, plantearle si tales valores le parecen aceptables o si es necesario considerar modificaciones. Ya que estos ayudarán a la exactitud del diagnóstico que ofrecerá el sistema para cualquiera de estas enfermedades Candidiasis Vulvovaginal, Vaginosis bacteriana, Trichomoniasis.

**Coloración de la secreción:** Blanca, Verde, Gris, Amarilla

**Sepsis vaginal:** Moderada, Escasa, Abundante

**Prueba de las aminas:** + (positivo), - (negativo)

**Secreción:** Si, No

**PH vaginal:** el PH puede ser PH >4.5, PH<6.5, PH>7, PH <6.5, PH<4.5

**Microorganismos:** Trichomonas, Células guías, Cándida

**Síntomas:** Secreción, Flujo vaginal

**Candidiasis Vulvovaginal:** Flujo blanco, espeso, grumoso, Irritación local

**Vaginosis bacteriana:** Mal olor u olor a pescado en la vagina y una secreción vaginal clara, blanca como la leche o gris.

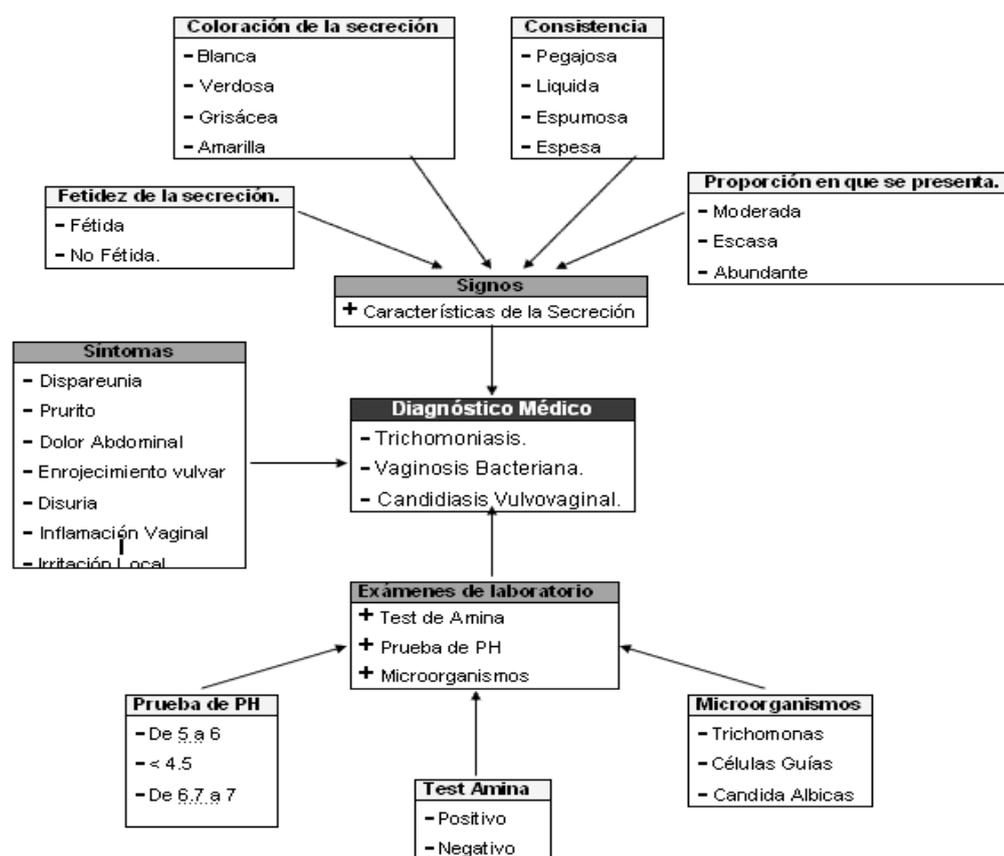
**Trichomoniasis:** Flujo vaginal amarillo espumoso asociado a ardor, prurito vaginal.

### 3.2.4 Cuarta Etapa: Planteo de Causalidades

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

En esta etapa se establecen relaciones de causalidad entre los conceptos mencionados y luego de esto se redactan las reglas asociadas. La misma es la más importante ya que los grafos de causalidades son una excelente herramienta para la representación del conocimiento previo a la formalización de reglas y la verificación. Es la más importante porque sin la elaboración de las reglas de producción, no se logrará el funcionamiento del SE, ya que el mismo no debe dar la solución más óptima, pero si debe ser capaz de dar todas las posibles soluciones con sus respectivos grados de certeza. Y para ello la existencia de esta etapa.

La figura 5 muestra el diagrama conceptual que establece las relaciones de los principales conceptos obtenidos por los expertos.



**Fig. 5 Relaciones de los principales conceptos obtenidos por los expertos.**

La base de conocimiento consta de 220 **reglas** las cuales relacionan 24 hechos dinámicos entrados por teclado, está diseñada para que el sistema identifique tres enfermedades: la Candidiasis

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

---

Vulvovaginal, la Trichomoniasis y la Vaginosis Bacteriana. Cada uno de los síntomas y signos de los pacientes fueron representados en las reglas. A continuación se muestran algunas de las reglas de la base de conocimiento. (6)

1. Candidiasis vulvovaginal: secreción, secreción vaginal blanca, células levaduriformes, prueba de amina con resultado negativo, valores del ph < 4.5.
2. Vaginosis bacteriana: secreción, secreción vaginal blanca, prueba de amina con resultado positivo, células guías.
3. Trichomonas vaginales: secreción, secreción vaginal blanca, trichomonas, prueba de amina con resultado positivo.

### 3.2.5 Quinta Etapa: Verificación

Concluido todos los pasos para la construcción del SE, se verifica la aceptabilidad de las reglas con el experto de campo realizando diagnósticos para cualquiera de estas enfermedades Vaginosis Bacteriana, Trichomonas vaginales, Candidiasis vulvovaginal y comparando el resultado de los mismos con las reglas de la BC. También se pueden utilizar de los laboratorios los resultados archivados en otros exámenes realizados, a estos archivos se puede acceder para probar el sistema.

De esta forma se analiza estas reglas tomadas del experto y se comparan con los resultados del diagnóstico de los mismos, en base a la comparación (aparición de diferentes signos y síntomas) se modifican, eliminan o se aceptan y en casos muy extremos se pasa a modificar la BC si es posible. Sería de gran ayuda la elaboración de una nueva etapa donde se verifique la implementación del sistema.

### 3.3 METODOLOGÍA IDEAL

Las fases I y II de esta metodología fueron desarrolladas en el trabajo de diploma del curso 2006-2007 con el título Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto para el diagnóstico médico de las sepsis vaginales y en este epígrafe se continuará con el estudio de las siguientes fases.

### 3.3.1 Fase III: Ejecución de la construcción del Sistema Integrado

#### 3.3.1.1 Requisitos y diseño de la integración con otros sistemas

Para la realización de esta etapa se debe conocer los requisitos y diseño que se utilizaron para la construcción del caso de estudio, en este sistema se utilizó IDEAL como metodología de desarrollo del software para la modelación del sistema, se representó el conocimiento adquirido mediante reglas de producción. Con la conceptualización y la Formalización del conocimiento, unido a la implementación de diferentes hechos dinámicos, se creó una exitosa Base de Conocimientos que utiliza el mecanismo de inferencia de Prolog. (6)

#### 3.3.1.2 Implementación y evaluación de la integración

En esta etapa no se realiza ninguna implementación, sólo se definen los pasos para la integración del lenguaje Prolog con otros sistemas, por lo que el caso de estudio está construido en Prolog y el intérprete utilizado es Win Prolog 4040, no posee una interfaz amigable, por eso es recomendable vincularlo con otros lenguajes.

#### 3.3.1.3 Implementación y evaluación de la integración

Se debe saber que el lenguaje lógico Prolog está compuesto por tres tipos de instrucciones (hechos, reglas y consultas), los hechos y las reglas se programan en un fichero de .pro o .pl. En el caso de estudio se usará .pro, luego lo primero que definir las reglas y los hechos.

Para poder llamar este lenguaje desde otros lenguajes y lograr mayor rapidez es necesario tener los archivos compilados: .plm. Estos archivos se generan al compilar el .pro. Posteriormente se enlaza con las librerías deseadas generando un archivo .xpl que es él que se usará finalmente por otros lenguajes de Programación.

Para poder vincular las instrucciones Prolog con Java es necesario adicionarle al CLASSPATH la ruta \\sapis\java20 de la instalación de Prolog. Este directorio contiene un conjunto de clases indispensables para el llamado *Logic Server*. Este *Logic Server* utiliza JNI (Java Native Interface) para comunicarse con un dll de Prolog. Luego incluir en el path del sistema, el directorio **bin** de la instalación de Prolog SET PATH=c:\.bin de tal forma que el sistema pueda encontrar el dll del servidor lógico cuando la clase elaborada lo llame.

Con todos estos pasos se obtiene el código Prolog compilado y enlazado, además de que el programa en Java está listo para usar las funciones del *Logic Server* que permiten llamar las instrucciones de Prolog.

Queda solamente hacer el código en Java. Luego se observa que se han usado algunas funciones de la clase *LogicServer*. Primero que todo se ha de instanciar el *LogicServer* e inicializarlo mediante su método correspondiente. A continuación se carga mediante el método Load propio de *LogicServer* el archivo compilado y linkado de prolog (.xpl).

La plataforma .NET tiene su propia máquina virtual llamado el Common Language Runtime (CLR). La interfaz principal para el CLR es la dll que se encuentra en la carpeta **bin**. Por tanto para poder usarla hay que adicionar su referencia a nuestro proyecto. Con esta dll y el archivo compilado .xpl ya se puede hacer el proyecto en cualquier lenguaje de esta plataforma.

En el caso de C# la utilización de los métodos de la clase *LogicServer* es muy similar a la de Java.

### 3.3.2 Fase IV: Actuación para conseguir el mantenimiento perfectivo

En esta fase se describen algunas consideraciones sobre la problemática de conseguir el mantenimiento perfectivo del sistema dado las características de dicho SE.

#### 3.3.2.1 Definir el mantenimiento del sistema global

Primeramente la pregunta a formular es la siguiente: ¿Cómo debe mantenerse el software para preservar su fiabilidad? Las principales dificultades que hacen que la respuesta a esta pregunta no sea fácil y esté muy condicionada son: la existencia de los llamados legacy code (código heredado), problemas inherentes al mantenimiento del software y efectos secundarios o laterales no previstos ni deseados.

El SE con el paso de los años, su código se convertirá en un **código heredado** es decir, código de aplicaciones desarrolladas hace algún tiempo, con técnicas y herramientas en desuso y probablemente por personas que ya no pertenecen al colectivo responsable en este momento del mantenimiento del software concreto. En muchas ocasiones, la situación se complicará porque el código heredado fue objeto de múltiples actividades de mantenimiento. La opción de desechar este software y reescribirlo para adaptarlo a las nuevas necesidades tecnológicas o a los cambios en la especificación es muchas veces inadecuada por la gran carga financiera que supuso el desarrollo del software original y la

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

---

necesidad económica de su amortización. Los problemas específicos del mantenimiento de código heredado han sido caracterizados en las llamadas **Leyes del Mantenimiento del Software**.

**Continuidad del Cambio:** El SE es un programa utilizado en un entorno del mundo real y por lo tanto está destinado a cambiar, en caso contrario, será utilizado cada vez menos en dicho entorno (tan pronto como un programa ha sido escrito, está ya desfasado).

Las razones que conducen a esta afirmación son varias:

- ❖ A los usuarios se les ocurren nuevas funcionalidades cuando comienzan a utilizar el software.
- ❖ Nuevas características en el hardware pueden permitir mejoras en el software.
- ❖ Se encuentran defectos en el software que deben ser corregidos.
- ❖ El software debe instalarse en otro sistema operativo o máquina.
- ❖ El software necesita ser más eficiente.

**Incremento de la Complejidad:** A la par que los cambios transforman el SE, su estructura se hará progresivamente más compleja salvo que se haga un esfuerzo activo para evitar este fenómeno. Esto significa que al realizar cambios en el SE (excluyendo el mantenimiento preventivo), la estructura de dicho SE se hace más compleja cuando los programadores no pueden o no quieren usar técnicas de ingeniería del software.

**Evolución del Programa:** La evolución de un programa, y en este caso el SE es un proceso autorregulado. Las medidas de determinadas propiedades (tamaño, tiempo entre versiones y número de errores) revelan estadísticamente determinadas tendencias e invariantes.

**Conservación de la Estabilidad Organizacional:** A lo largo del tiempo de vida de este sistema, la carga que supone el desarrollo de dicho programa es aproximadamente constante e independiente de los recursos dedicados.

**Conservación de la Familiaridad:** Durante todo el tiempo de vida de un producto software, es decir del SE, el incremento en el número de cambios incluidos con cada versión (release) es aproximadamente constante.

Además de las dificultades de mantenimiento que señalan las leyes anteriores, existen otros problemas clásicos que complican el mantenimiento de nuestro Sistema Experto y que son debidos a la propia naturaleza del proceso: los problemas de carácter técnico y de gestión.

### ❖ De carácter técnico tenemos:

**Ausencia metodológica:** A menudo, el mantenimiento es realizado de una manera ad hoc en un estilo libre establecido por el propio programador. No en todas las ocasiones esta situación es debida a la falta de tiempo para producir una modificación diseñada cuidadosamente. **Prácticamente todas las metodologías se han centrado en el desarrollo de nuevos sistemas y no han tenido en cuenta la importancia del mantenimiento. Por esta razón, no existen o son poco conocidos los métodos, técnicas y herramientas que proporcionan una solución global al problema del mantenimiento.**

**Tendencia a la desestructuración:** Cambio tras cambio, los programas tienden a ser menos estructurados. Esto se manifiesta en una documentación desfasada, código que no cumple los estándares, incremento en el tiempo que los programadores necesitan para entender y comprender los programas o en el incremento en los efectos secundarios producidos por los cambios. Todas estas situaciones implican casi siempre unos costes de mantenimiento de Software (MS) muy altos.

**Disminución de la comprensibilidad:** Es muy habitual que los sistemas que están siendo sometidos a mantenimiento sean cada vez más difíciles de cambiar. Esto se debe al hecho de que los cambios en un programa por actividades de mantenimiento dificultan la posterior comprensión de la funcionalidad del programa (por ejemplo, el programa original puede basarse en decisiones de programación no documentadas a las que no puede acceder el personal de mantenimiento). En estas situaciones, es normal que el software no pueda ser cambiado sin correr el riesgo de introducir efectos laterales no deseados debidos a interdependencias entre variables y procedimientos que el mantenedor no ha detectado.

**Poca participación de los usuarios:** La falta de una metodología adecuada suele conducir a que los usuarios participen poco durante el desarrollo del sistema software. Esto tiene como consecuencia

que, cuando el producto se entrega a los usuarios, no satisface sus necesidades y se tienen que producir esfuerzos de mantenimiento mayores en el futuro.

### ❖ **Problemas de gestión:**

Además de los problemas de carácter técnico anteriores, también pueden existir problemas de gestión. Muchos programadores consideran el trabajo de mantenimiento como una actividad inferior menos creativa que les distrae del trabajo. Esta visión puede verse reforzada por las condiciones laborales y salariales y crea una baja moral entre las personas dedicadas al mantenimiento. Como resultado de lo anterior, cuando se hace necesario realizar mantenimiento, en vez de emplear una estrategia sistemática, las correcciones tienden a ser realizadas con precipitación, sin pensarse de forma suficiente, no documentadas adecuadamente y pobremente integradas con el código existente. No es extraño, pues, que el propio mantenimiento conduzca a la introducción de nuevos errores e ineficiencias que conducen a nuevos esfuerzos de mantenimiento con posterioridad.

Una de las principales dificultades para conseguir el mantenimiento del caso de estudio, y en particular de este SE es el riesgo del llamado efecto bola de nieve, de manera que los cambios producidos por una petición de mantenimiento introducen efectos secundarios que implicarán nuevas peticiones de mantenimiento en el futuro. Estos efectos secundarios suponen nuevos defectos que aparecen como consecuencia de las modificaciones realizadas.

Según las consecuencias que se derivan, los **efectos secundarios** del MS son de tres clases:

**Las modificaciones en el código fuente** que tienen una mayor probabilidad de inducir a nuevos errores son:

- ❖ Cambios en el diseño que suponen muchos cambios en el código.
- ❖ Eliminación o modificación de un subprograma.
- ❖ Eliminación o modificación de una etiqueta.
- ❖ Eliminación o modificación de un identificador.
- ❖ Cambios para mejorar el rendimiento.
- ❖ Modificación de la apertura/cierre de ficheros.
- ❖ Modificación de operaciones lógicas.

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS

---

Todos los desarrolladores de software han sufrido en algún momento los problemas originados por olvidar añadir un ";" o por confundir un signo de puntuación con otro. Las consecuencias de estos despistes pueden ser muy importantes y sirven para corroborar que los efectos secundarios por cambios en el código son difíciles de prever.

**Los efectos secundarios sobre los datos** pueden aparecer debido a los siguientes cambios:

- ❖ Redefinición de constantes locales o globales.
- ❖ Modificación de los formatos de registros o archivos.
- ❖ Cambio en el tamaño de una matriz u otras estructuras similares.
- ❖ Modificación de la definición de variables globales.
- ❖ Reinicialización de indicadores de control o punteros.
- ❖ Cambios en los argumentos de los subprogramas.

Para reducir esta clase de efectos secundarios es importante una correcta documentación de todos los datos, incluyendo tablas de referencias cruzadas datos-procesos. Las estructuras de datos constituyen una parte fundamental y básica en cualquier producto software, por lo que cualquier cambio que se produzca en ellas puede conducir a fallos importantes del sistema.

Los cambios que con mayor probabilidad pueden **producir efectos secundarios sobre la documentación** son:

- ❖ Modificar el formato de las entradas interactivas.
- ❖ Nuevos mensajes de error no documentados.
- ❖ Tablas o índices no actualizados.
- ❖ Texto no actualizado correctamente.

Los efectos secundarios de documentación se producen cuando los cambios sobre el código de una aplicación no se reflejan en la documentación de diseño y/o en la documentación de usuario. Si la documentación técnica no se corresponde con el estado actual del software, se producirán efectos secundarios debidos a una incorrecta caracterización de las propiedades de dicho software. Por otro lado, la estima que los usuarios tendrán del producto software se reducirá considerablemente si comprueban que la documentación no se adapta a los ejecutables.

### 3.3.2.2 Definir el mantenimiento de las bases de conocimientos

Las métricas son un conjunto de procedimientos que nos permiten obtener información y evaluar los sistemas basados en el conocimiento. A menudo es difícil encontrar métricas útiles para evaluar el funcionamiento global de un sistema. Son de gran utilidad para generar conocimiento de la evolución y alcance del proyecto en el cual nos encontramos.

La Base de Conocimientos es un elemento fundamental en este proceso. Por lo tanto las métricas de sistemas expertos se deberían basar principalmente en sus elementos esenciales (conceptos, atributos, reglas, etc)

Las métricas son un buen medio para entender, controlar, predecir y probar el desarrollo de software y el mantenimiento del mismo.

Los objetivos de las métricas para Sistemas Expertos son:

- ❖ Entender qué ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento.
- ❖ Controlar qué es lo que ocurre en nuestros proyectos.
- ❖ Mejorar los procesos y los productos.

Trataremos la metodología y utilización de las métricas de calidad y de madurez.

#### **Métricas de calidad**

Son formas de medir la calidad de los conocimientos educidos del experto. Es decir, que el conocimiento experto se haya codificado correctamente en una Base de Conocimiento, la cual probablemente producirá errores si el conocimiento experto es incorrecto, por lo tanto es importante validarlo detrás de la Base de Conocimiento. Esto es particularmente importante porque hay varias maneras en las cuales los errores pueden arrastrarse en el conocimiento sobre el cual se construye un sistema experto.

Algunos de estos errores pueden ser:

- ❖ El experto está equivocado o sus conocimientos son anticuados; de hecho, todos los expertos son probablemente incorrectos o anticuados en algunos tópicos.
- ❖ La base de conocimiento estaba correcta cuando fue escrita, pero el conocimiento ha cambiado.
- ❖ El ingeniero del conocimiento entendió mal al experto.
- ❖ Los errores fueron introducidos en momento en el cual se realizó el mantenimiento del sistema.

La calidad es en general difícil de medir debido a la dificultad de cuantificarla. Aún si podemos generar una función para describir calidad, puede ser igualmente difícil cuantificar los componentes.

Predecir la confiabilidad requiere conocimiento de una amplia variedad de situaciones, que son difíciles de capturar sin un cuerpo grande de datos empíricos. Debido a estos factores difíciles de cuantificar, la tarea de construir una métrica de calidad es muy laboriosa.

### Métricas de Madurez

El proceso y el producto son los elementos fundamentales de las técnicas de medición. Realizar una medición permite estimar y predecir, calcular y comparar, estas acciones son imprescindibles en la Ingeniería en Conocimiento.

#### 3.3.2.3 Adquisición de nuevos conocimientos

A continuación se propone algunas **soluciones** para mejorar el mantenimiento de este SE. Las diversas propuestas para resolver este problema pueden dividirse en dos categorías:

- ❖ **Soluciones Técnicas** (herramientas y Metodologías).
- ❖ **Soluciones de Gestión** (organizativas):
  - ◆ Mejora de los recursos dedicados al mantenimiento.
  - ◆ Gestión de la calidad.
  - ◆ Gestión estructurada del proceso (Metodologías).
  - ◆ Organización del equipo humano.

- ◆ Documentación de los cambios.

En esta fase se explicaron los problemas que existen para conseguir el mantenimiento del sistema global y se llegó a la conclusión que se hace necesario el empleo de metodologías, si puede ser, específicas para el proceso de mantenimiento del software, se hace necesaria la existencia de herramientas, muchas metodologías han fracasado por no disponer de herramientas que permitan su automatización, además hacen falta medidas para poder tomar decisiones, se debe disponer también de métricas que permitan medir los aspectos de interés en el mantenimiento y utilizar técnicas de Control y Gestión de la Calidad (Gestión de Riesgos, Gestión de Configuraciones, Auditoría).

### **3.3.3 Fase V: Lograr una adecuada transferencia tecnológica**

Esta fase se encarga de la transferencia tecnológica. Cualquier sistema necesita, para su correcta implantación y uso rutinario, una adecuada transferencia de manejo. No resulta lo mismo cuando el sistema es usado por sus constructores que por los usuarios del mismo. El único modo de eliminar estas diferencias es mediante una meticulosa transferencia tecnológica.

#### **3.3.3.1 Organizar la transferencia tecnológica**

La transferencia tecnológica se organiza mediante el entrenamiento entre los diseñadores y los usuarios que sirvan para explicar el manejo del sistema como para manejar y entender la documentación del mismo, en nuestro caso de estudio existe una gran relación entre el ingeniero del conocimiento, el experto (médico) y/o los demás usuario del sistema, ya que el primer paso consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema. Precisamente en la primera fase de un proyecto, es de vital importancia delimitar el marco del trabajo. Aquí se incluye ya el usuario posterior, o un representante del grupo de usuarios. Una vez delimitado el dominio, se procede a engrosar el sistema con los conocimientos del experto. El experto debe comprobar constantemente si su conocimiento ha sido transmitido de la forma más conveniente. El ingeniero del conocimiento es responsable de una implementación correcta, pero no de la exactitud del conocimiento. La

responsabilidad de esta exactitud recae en el experto. No siempre se verá, ni es de estricta obligación que se vea la separación entre el usuario, el experto y el ingeniero del conocimiento, puede que exista casos donde los papeles se inviertan, es decir, que el experto puede que actúe en algún momento como usuario, pero sin embargo, la separación entre experto e ingeniero del conocimiento permanece, por regla general, inalterada.

En el caso de estudio primeramente el ingeniero del conocimiento comienza por realizar una serie de reuniones con los expertos para determinar los requisitos funcionales del sistema experto, así como las necesidades de los usuarios del futuro sistema. Las primeras entrevistas le permiten el ingeniero de conocimiento introducirse en el dominio que abarcará el sistema para así poder ser capaz de desarrollar un estudio de viabilidad para determinar si la tarea puede ser tratada mediante la ingeniería del conocimiento. En las primeras reuniones se buscan adquirir conocimientos generales del marco problemático a resolver así como afianzarse con la terminología del dominio. La interrelación con los expertos favorece el estudio de la documentación existente referente a las sepsis vaginales, su manifestación y cuadro clínico que ha permitido aprender de estas enfermedades, así como asimilar el proceso de diagnóstico de las mismas.

### **3.3.3.2 Completar la documentación del sistema**

En esta fase debe incorporarse todas las peculiaridades del uso del sistema de una forma amigable para el usuario final a quien debe ir dirigido. En el caso de estudio se creó una exitosa Base de Conocimientos que utiliza el mecanismo de inferencia de Prolog, para emitir un diagnóstico clínico dando solución a la problemática planteada. (6)

### CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza la comparación entre las metodologías desarrolladas anteriormente para definir los aspectos positivos y negativos de cada una, que le permitan al ingeniero del conocimiento definir cuál es la metodología apropiada a la hora de crear un Sistema Experto.

#### 4.2 ASPECTOS A COMPARAR

En la comparación de estas metodologías se deben tener en cuenta una serie de aspectos que cada una debe cumplir, aspectos que fueron mencionados en el Capítulo 1. En esta comparación se le van a dar valores de 1 a aquellos aspectos con los que cumplan las metodologías y 0 con los que no cumplan.

Cómo identifica y define el problema.							
Metodologías	Participantes			Estudio de los recursos disponibles.	Alcance del problema.	Definición de objetivos o tareas a resolver.	Documentación.
	Experto	Usuario	IC				
IDEAL	1	1	1	1	1	1	1
BGM	1	1	1	0	1	1	1

## CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

<b>Aspectos: Cómo Adquirir conocimiento.</b>					
Metodologías	Aplicación de métodos de adquisición del conocimiento			Documentación de los conceptos extraídos	Creación de artefactos
	Entrevistas	Cuestionarios	Encuestas		
IDEAL	1	1	1	1	1
BGM	1	1	1	1	1

<b>Aspectos: Formalización del conocimiento.</b>						
Metodologías	Participación del experto	Selección del lenguaje apropiado.	Definición de reglas de razonamiento.	Documentación de este proceso.	Creación de un prototipo de base del conocimiento.	Aplicación de métricas
IDEAL	1	1	1	1	1	1
BGM	1	0	1	0	1	0

Al terminar la comparación de estas metodologías por lo aspectos seleccionados, se obtienen una serie de criterios que permitirán determinar los aspectos positivos y negativos de estas metodologías.

### 4.3 ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LAS METODODOLOGÍAS

#### 4.3.1 Aspectos positivos de la aplicación de la metodología IDEAL

Entre los aspectos positivos que proporciona el uso de esta metodología se encuentran:

## CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

---

- ❖ Esta metodología toma los puntos fuertes de sus antecesoras.
- ❖ Hace un estudio de la viabilidad, por lo que verifica si la tarea es plausible, justificable, adecuada y procura garantizar su éxito.
- ❖ Permite una constante interacción entre el ingeniero del conocimiento y el experto durante el desarrollo del sistema experto.
- ❖ Propone un grupo de artefactos que facilitan la comprensión de las tareas desarrolladas por el sistema.
- ❖ Las fases de adquisición del conocimiento, conceptualización y formalización constituyen los pilares fundamentales en esta metodología permitiendo la creación en etapas tempranas de un prototipo que gradualmente converge al sistema final.
- ❖ Se ejecuta la construcción del sistema integrado, vinculando el lenguaje utilizado para la construcción del sistema experto con otros lenguajes que facilita obtener una interfaz amigable.
- ❖ Define diferentes técnicas para conseguir el mantenimiento perfectivo del sistema y el de la base de conocimientos.
- ❖ Organiza una adecuada transferencia tecnológica, por lo que se explica la relación existentes entre los participantes del SE.
- ❖ Posee una serie de fases y etapas que permiten una adecuada documentación no solo del caso de estudio como tal, sino también del sistema.
- ❖ Utiliza métricas para el mantenimiento de la base de conocimientos.
- ❖ La metodología IDEAL incorpora un ciclo de vida en espiral cónico en tres dimensiones y se ajusta a la tendencia del software actual de:
  - ◆ Ser reutilizable.
  - ◆ Ser integrable.
  - ◆ Poseer requisitos abiertos.
  - ◆ Diversidad de Modelos computacionales

### 4.3.2 Aspectos negativos de la aplicación de la metodología IDEAL

A pesar que la metodología IDEAL proporciona una serie de aspectos positivos también cuenta con **aspectos negativos** tales como:

## CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

---

- ❖ La creación en etapas tempranas de un prototipo dificulta el desarrollo de las demás fases que componen esta metodología, por lo que muchos sistemas expertos y en particular nuestro caso de estudio han logrado el prototipo con las fase I y II, esto hace que no se logre los objetivos de las restantes fases como por ejemplo la integridad del sistema y el mantenimiento perfectivo del mismo.
- ❖ Existe poca documentación acerca de las fases III, IV y V.

### 4.3.3 Aspectos positivos de la aplicación de la metodología de BGM

Entre los principales **aspectos positivos** de la metodología de BGM se tienen:

- ❖ Tiene una buena ubicación por su contenido y significado la etapa de adquisición de conocimiento, no se obtendrá un buen sistema si antes no se elabora una amplia documentación, que servirá para la elaboración de la BC.
- ❖ Posibilita al ingeniero del conocimiento tener una primera visión de la BC, para luego realizar la implementación del sistema.
- ❖ Aumenta la efectividad de las reglas dividiendo conceptos generales en conceptos más específicos.
- ❖ Elabora un prototipo del sistema con una BC confiable.
- ❖ Permite una constante relación entre el ingeniero del conocimiento y el experto de campo, lo cual es de gran importancia, pueden detectar errores y proponer mejoras en cada parte del ciclo de vida del desarrollo del sistema.
- ❖ Se generan artefactos que muestran al usuario el trabajo que se está realizando.

### 4.3.4 Aspectos negativos de la aplicación de la metodología de BGM

- ❖ Esta metodología no hace un análisis de los recursos que se necesitan para construir el sistema, ni de los que se tienen disponibles, esto dificulta el desarrollo del sistema.
- ❖ No existe una verificación de la implementación del sistema por lo que no se conoce si este obtendrá un buen funcionamiento.
- ❖ No realiza mantenimiento perfectivo del sistema.
- ❖ Tiene muy poca documentación esto conlleva a desconocer la importancia que proporciona su aplicación a diferentes Sistemas Expertos.

## CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

---

Estas metodologías poseen una serie de aspectos positivos y negativos, pero se hace necesario analizarlas para llegar a obtener cuál de ellas es la más adecuada para la construcción del SE, aunque estas requieren para su aplicación de características compatibles con el sistema experto que se desea realizar, por ejemplo:

En la UCI generalmente se incorporan las herramientas en función de resolver los problemas existentes dentro del centro, en este caso se recomienda el empleo de la metodología de BGM, la misma no realiza un estudio detallado de las herramientas disponibles, esto facilita a los desarrolladores ganar en tiempo y por lo tanto agilizar el proceso. Por otra parte si el sistema experto fuese construido en un centro o por un grupo de desarrollo que no cuente con las facilidades computacionales se recomienda el empleo de la metodología IDEAL que le permitirá realizar un análisis y valoración de las herramientas y lenguajes a utilizar.

Si se desea la creación temprana de un prototipo que gradualmente converge al sistema final, se recomienda la utilización de la metodología IDEAL, esta metodología logra en las fases de Adquisición del conocimiento, Conceptualización y Formalización la obtención de un prototipo. Por otra parte si se desea un prototipo con una fiable base de conocimientos, se debe utilizar la metodología BGM, la misma realiza una verificación detallada de las reglas de producción.

Para la realización del caso de estudio *Diagnóstico médico de las sepsis vaginales*. Se recomienda la aplicación de la metodología IDEAL, la misma proporciona en etapas tempranas la obtención de un prototipo, mediante la integración con otros sistemas ofrece mejoras a los servicios con los que se cuentan actualmente, permite lograr un entorno de reutilización de información, con el objetivo de que a la hora de comenzar con el proceso de creación de un nuevo sistema se evite trabajo redundante y partir de algún modelo apropiado sobre el que se haya trabajado con anterioridad, de esta forma podría incrementarse la eficiencia del proceso al reducirse las labores de síntesis iniciales, posibilita la obtención de información y evaluación del funcionamiento del sistema, específicamente para la base de conocimientos mediante la utilización de un conjunto de métricas, posee una diversidad de herramientas que mejoran su productividad, tanto del ingeniero de software en particular, como la del desarrollo en general, produce a lo largo de todo el ciclo de vida del desarrollo una transferencia de conocimientos hacia el usuario, por lo que todas las partes implicadas intercambian información libremente, con la participación del usuario las necesidades evolucionan constantemente y adquiere

## CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

---

una porción de las tareas más importantes que realizan las metodologías creadas antes de su surgimiento. Mientras que la metodología BGM no realiza un análisis de los recursos (herramientas, lenguajes de programación) que se necesitan, ni de los que se tienen disponibles para la construcción del sistema y tampoco verifica su implementación, todo esto trae consigo dificultades para el desarrollo y funcionamiento del mismo.

### CONCLUSIONES

En el presente trabajo de diploma se logró dar cumplimiento a todos los objetivos propuestos para el desarrollo de la investigación científica.

Se realizó un profundo estudio de las metodologías para la construcción de SE como son las metodologías de IDEAL y BGM, paso importante para su posterior desarrollo aplicado al caso de estudio real: *Diagnóstico Médico de las sepsis vaginales en la Universidad de las Ciencias Informáticas*.

Se obtuvo con la aplicación de estas metodologías un conjunto de aspectos positivos y negativos de las mismas, los cuales deben de tenerse en cuenta para seleccionar cuál es la más apropiada para el desarrollo de un SE, llegando a la propuesta de que la metodología IDEAL es la más indicada para la realización del caso de estudio.

### RECOMENDACIONES

Después de completado exitosamente el final de la investigación quedan abiertas las siguientes líneas de desarrollo como recomendación para próximos cambios o actualizaciones:

Obtención de una nueva metodología a partir de las premisas analizadas, con las fases de la metodología IDEAL y los aspectos positivos que proporciona BGM.

Realizar un estudio de las metodologías a utilizar para los diferentes tipos de sistema expertos existentes.

Cuando se vaya a decidir por una de estas metodologías para la construcción de sistemas expertos de diagnóstico médico se recomienda la utilización de la metodología IDEAL por los resultados obtenidos en dicha investigación, no obstante para la creación de los diferentes tipos de sistemas expertos existentes se exhorta el análisis de los aspectos positivos y negativos obtenidos en este trabajo para seleccionar cuál de ellas es compatible con las características de los mismos.

,

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

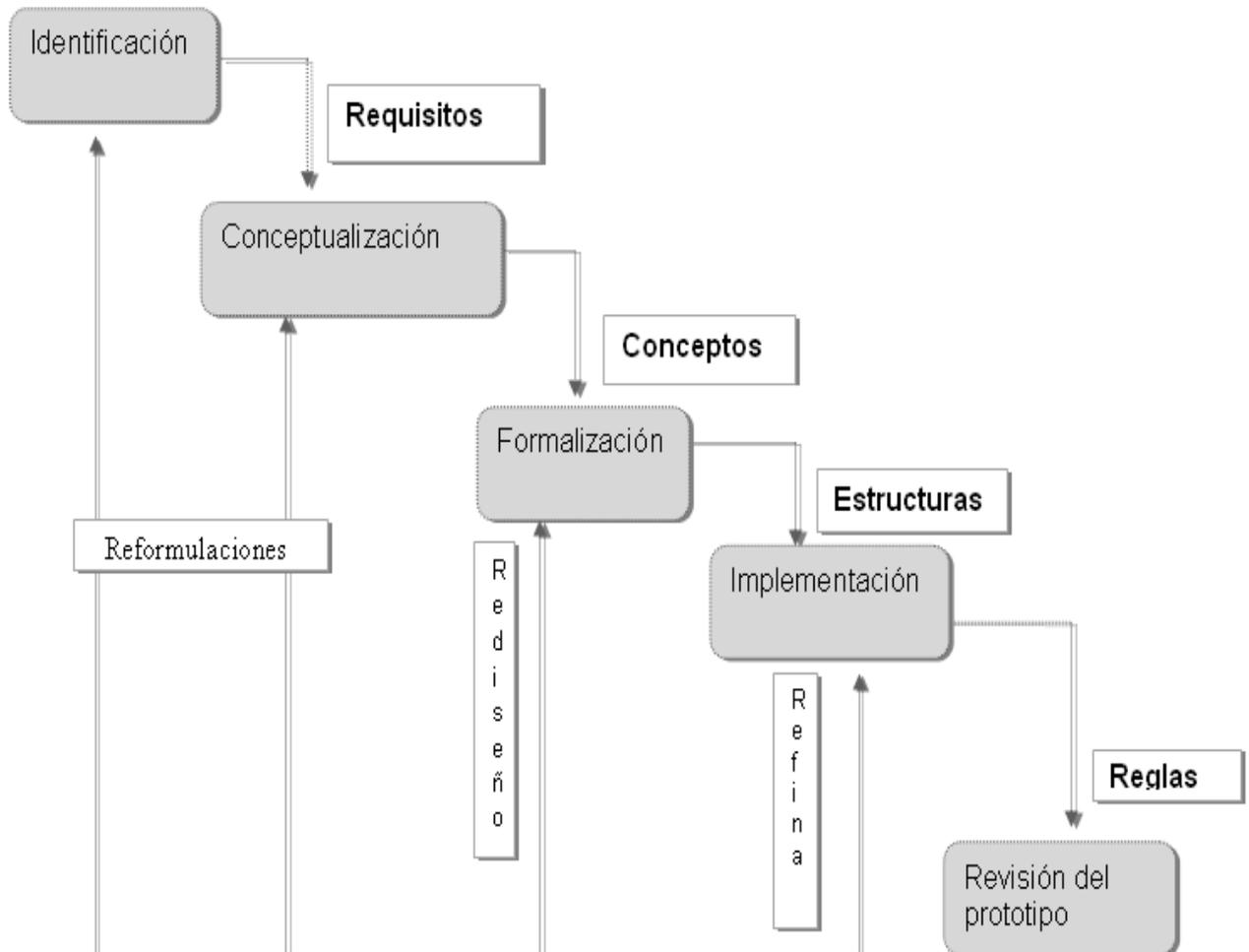
1. **González Salas, Anaelis y Echarte Torres, Angela de Lourdes.** *Análisis de metodologías de desarrollo de software para sistemas expertos: Metodología de Buchanan y Grover.* 2008.
2. **REYES. J. M. C.** *artificial.* 2004.
3. **Ruiz, M.E.** *Sistema experto para la realización del diagnóstico de la Parálisis Facial con electromiografía: PARFAC.* 2004.
4. **García Martínez, Dr. Ramón y Brito, M. Ing. Paola.** *Sistemas Automático de Diagnóstico y Detección de Fallas I.* . Buenos Aires : s.n.
5. **García Martínez, Ramón, ROSSI, Bibiana y BRITOS, Paola.** *METODOLOGIAS DE EDUCACIÓN DE CONOCIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE SISTEMAS INFORMATICOS EXPERTOS.* 1994.
6. **Hernández Capote, Adrianys y González Leyva, Isabel.** *Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto de Diagnóstico Médico de las Sepsis Vaginales.* 2007.

### BIBLIOGRAFÍA

1. **González Salas, Anaelis y Echarte Torres, Angela de Lourdes.** *Análisis de metodologías de desarrollo de software para sistemas expertos: Metodología de Buchanan y Grover.* 2008.
2. **REYES. J. M. C.** *artificial.* 2004.
3. **Ruiz, M.E.** *Sistema experto para la realización del diagnóstico de la Parálisis Facial con electromiografía: PARFAC.* 2004.
4. **García Martínez, Dr. Ramón y Brito, M. Ing. Paola.** *Sistemas Automático de Diagnóstico y Detección de Fallas I.* . Buenos Aires : s.n.
5. **García Martínez, Ramón, ROSSI, Bibiana y BRITOS, Paola.** *METODOLOGIAS DE EDUCACIÓN DE CONOCIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE SISTEMAS INFORMATICOS EXPERTOS.* 1994.
6. **Hernández Capote, Adrianys y González Leyva, Isabel.** *Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto de Diagnóstico Médico de las Sepsis Vaginales.* 2007.
7. **Ruiz, Francisco y Polo, Macario.** Alarcos. *Mantenimiento del Software.* [En línea] 2000-2001. <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/mso/>.
8. **Pollo Cattaneo, Ing. Maria Florencia.** *Métricas en la Ingeniería en Conocimiento.*
9. **Ochoa, María A., Britos, Paola V. y García-Martínez, Ramón.** *Una Protofase de Entendimiento del Negocio para Metodologías de Desarrollo de Sistemas.* Buenos Aires : s.n.
10. **Hernández E, Germán Ricardo.** *PROLOG:REFLEXIONES SOBRE SU POTENCIAL EDUCATIVO.*
11. **Domingo CARRILLO, José.** *METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS.* MADRID : s.n., 1987.
12. **Degl'Innocenti, A., y otros.** *SISTEMA EXPERTO EN ANÁLISIS DE FALLAS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN.*
13. **Chapa, S.** *Arquitectura de Sistemas Expertos.* *Arquitectura de Sistemas Expertos.* [En línea] [http://delta.cs.cinvestav.mx/~schapa/red/intro\\_lm/node46.html](http://delta.cs.cinvestav.mx/~schapa/red/intro_lm/node46.html).
14. **Castro, G.** *Tendencias de los Sistemas Expertos.* *Tendencias de los Sistemas Expertos.* [En línea] [http://www.netmedia.info/netmedia/articulos.php?id\\_sec=32&id\\_art=2255](http://www.netmedia.info/netmedia/articulos.php?id_sec=32&id_art=2255).
15. **Carballo, Lorena.** *Revisión de metodologías para el desarrollo de Sistemas Expertos, Inteligencia Artificial I.*
16. **Capella, Ramón Trias.** *Inteligencia artificial en medicina. Estado actual y perspectivas.*

17. **Canca, J.** Sistemas Expertos. *Sistemas Expertos.* [En línea]  
<http://www.esi2.us.es/~dco/sistemas.htm>.
18. **Blanchard, Benjamin S.** *Ingeniería de Sistemas.*
19. **Arrúa, Luciana y Meza Fernaández, Eduardo.** *Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Redes Neuronales.* 2003.

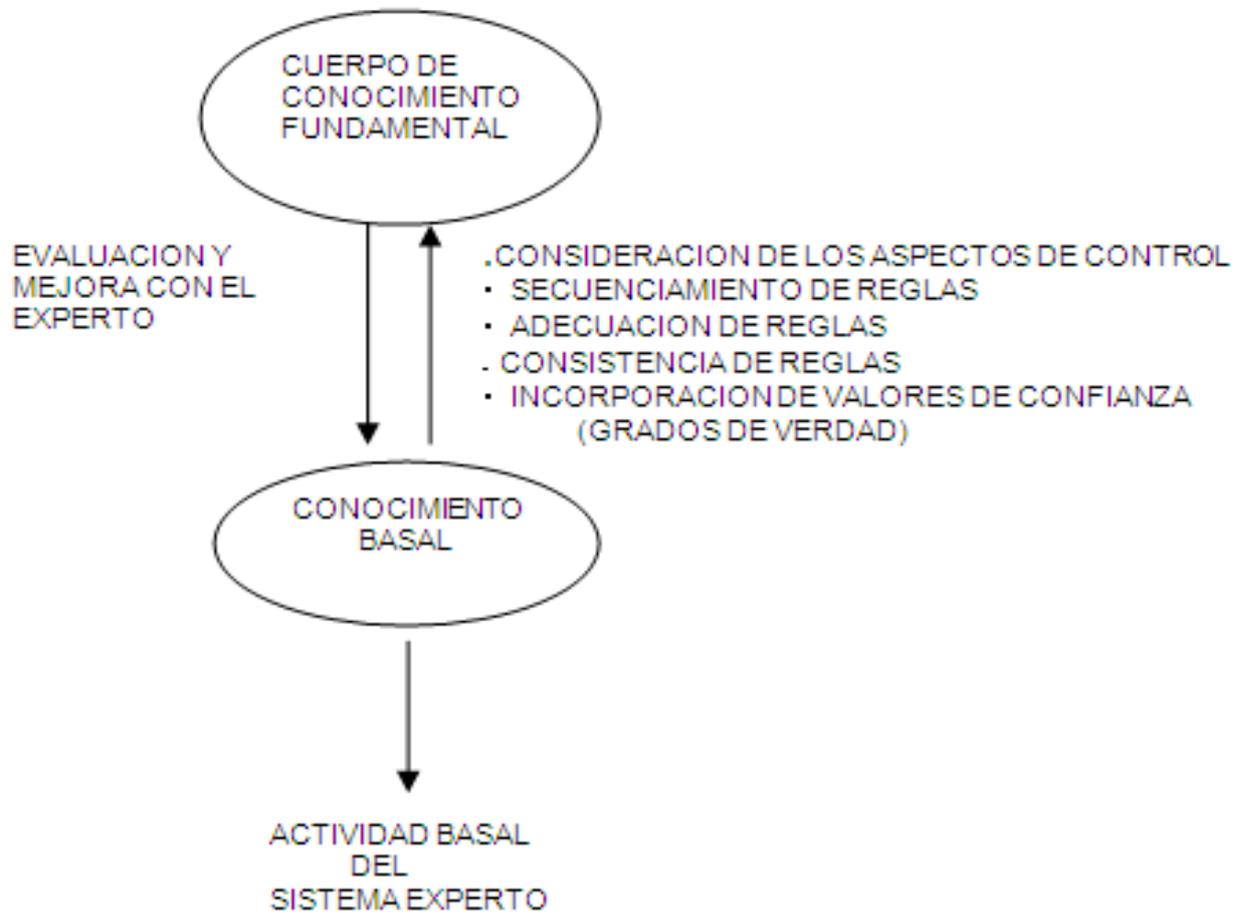
## ANEXOS



**Anexo 1. Ciclo de vida de la metodología de Buchanan.**



Anexo 2. Ciclo de vida metodología de Grover.



**Anexo 3. Ciclo de revisión y mejoramiento de Grover.**

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Equipo de miembros:** Personas involucradas con el desarrollo del proceso.

**Experto:** Es la persona de la cual se extraen todos los conocimientos. Su sabiduría es valiosa para el sistema.

**Ingeniero del conocimiento:** Es la persona encargada de modelar la habilidad en el dominio y el que conduce la entrevista con el experto.

**Líder del equipo:** Es el principal responsable del diseño del SE. Con frecuencia es un miembro del equipo técnico. De la organización del diseño.

**Metodología:** Conjunto de métodos que siguen una investigación científica.

**Microorganismos:** Organismos unicelulares y microscópicos (causantes de las infecciones vaginales en este caso).

**Células guías:** Células epiteliales encontradas en las muestras vaginales.

**Síntomas:** Es la referencia subjetiva que da un paciente por la percepción o cambio que puede reconocer como anómalo o causado por un estado patológico o enfermedad.

**Sistemas expertos:** Es una clase de programa capaz de manejar problemas que normalmente necesitan de la intervención humana para su resolución.

**Signos:** Características que presenta la secreción.

**Candidiasis Vulvovaginal:** Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociado a la existencia de la candida albicans en las muestra vaginales.

**Vaginosis bacteriana:** Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociada a la existencia de gardnerella en las muestras vaginales.

**Trichomoniasis:** Enfermedad causante del flujo vaginal en las mujeres.

**Candidiasis Vulvovaginal:** Existencia de la cándida albicas en las muestra vaginales.