

**Universidad de las Ciencias
Informáticas
Facultad 3**



Título: Análisis de metodologías de desarrollo de software para sistemas expertos: Metodología de Buchanan y Grover.

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

Autores:

Anaelis González Salas.
Angela de Lourdes Echarte Torres.

Tutor:

Ing. Yanesky Montero Martínez.

Asesor:

Ing. Roberto Millet Luaces.

Junio 2008

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 firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Anaelis González Salas

Autor.

Angela de Lourdes Echarte Torres

Autor.

Yanesky Montero

Tutor.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer muy en especial a nuestro comandante FIDEL CASTRO, por tener la brillante idea de crear esta Universidad y a la Revolución por darnos el privilegio de estudiar esta carrera.

A nuestras madres por siempre apoyarnos y confiar en nosotras.

A nuestros amigos y amigas por estar siempre apoyándonos en los buenos y malos momentos.

A nuestra tutora Yanesky.

A nuestro amigo Iván por su gran ayuda.

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

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA.

A mi madre por haber sido la persona que siempre me ha guiado, que lo ha dado todo porque yo estudie. Gracias mamá por enseñarme todas esas cosas y sobre todo por enseñarme que uno no se lo merece todo en la vida. Sin ti no hubiese llegado hasta aquí. Toda tu vida la has dedicado a tus hijos y nos has dado lo mejor de ti. Gracias por todo mamita, yo te quiero mucho.

A mis hermanos Alejandro, Vladimir y Dixon que no nos ha hecho falta tener el mejor de los padres porque me han dado mucho cariño, los quiero mucho.

A mis abuelitos que en paz descasen, a pesar de que ya no están, ustedes fueron mis primeros padres, los que me enseñaron a hablar y caminar. Abuelo, gracias por haberme enseñado la importancia de estudiar y de ser alguien en la vida. El día que cumplí mis trece años es uno de los más importantes en la historia del mundo. Abuelita aunque la vida no cumplió tu sueño de verme graduada, sé que tu alma siempre está a mi lado. Gracias por dejar en mi tanta confianza. Nunca los voy a olvidar.

A todos mis tíos y tías por ayudarme y quererme tanto y en especial a ti tío Pirry por siempre quererme y cuidarme como tu hija, por darme esos consejos y darme esas conversaciones preparándome para la vida.

A Angela mi compañera de tesis por estar ahí siempre que lo necesito, siempre apoyándome, por no dejarme hacer locuras, eres la mejor de las mejores, ojalá y la vida no nos separe para seguir adelante.

A Kenia por ser la mejor amiga del mundo, gracias por todos tus consejos.

A todas mis amigas y amigos que si los menciono a todos nunca terminaría.

A Abel, titi porque te quiero mucho a pesar todas las cosas malas que nos han sucedido. Me has enseñado muchas cosas buenas para la vida. Gracias por quererme y demostrarme que soy alguien importante para ti, y sobre todo por tener esa paciencia. A ti por ser esa persona tan especial en mi vida.

Anaelis.

A mis padres, porque siempre están aquí, en las buenas y en las malas; me educan, me aconsejan, me imparte valores para conducirme correctamente y ofrecerme el sabio consejo en el momento oportuno. En especial a mi mamita que siempre me dio las fuerzas para continuar con mis estudios y por las noches que estuvo pidiendo a Dios para que me cuidara.

A todas aquellas personas que me apoyan, que siempre están conmigo, a mis amigas de la universidad Karina, Yanelis, Nancy, Yadira y en especial Anaelis mi compañera de tesis quienes siempre supieron ser amigas, por ser las mejores amigas del mundo. Ojala y la vida quiera que sigamos cerca para seguir siendo tan buenas amigas y continuar ayudándonos y apoyándonos en todo momento. A mis compañeras de cuarto de mi primer año Yudy, Diana, Vilma y Odalita

A esa persona que llegó a mi vida, le dio luz y sentido, que tantos consejos me dio para que nunca abandonara mi carrera, a esa persona, que tantas veces tuvo que ser mi consejero cuando pensaba que no podía, que se me agotaban las fuerzas y los deseos de seguir estudiando, a ti Omar por ser ese ser tan especial, por ser tu.

A todos los que confiaron en mí, a mi familia por siempre estar pendiente y por confiar en mí.

Gracias a la vida que tengo, por tenerlos a todos ustedes.

A todos ustedes, les dedico este trabajo que es mi mayor esfuerzo y el sueño de cinco años de estudio.

Lurdes.

RESUMEN

El mundo actual se desarrolla en aras de hacer cada vez más fácil, eficiente y sofisticado el trabajo que realiza el hombre, por tanto se desarrollan áreas capaces de hacerlo realidad como es la de la inteligencia artificial. Dentro de la inteligencia artificial se encuentran los sistema experto (SE), que son una clase de programa capaz de manejar problemas que normalmente necesitan de la intervención humana para su resolución.

Los SE son desarrollados con la ayuda de los Experto del Campo que son los que tienen la información de los procesos mentales que le permiten solucionar los distintos problemas y los Ingeniero de Conocimiento que son los encargados de formalizar los conocimiento extraídos de dichos expertos.

El título de la siguiente investigación es “Análisis de metodologías de desarrollo de software para un sistema experto: Metodologías de Buchanan y Grover”, la misma tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de las mismas a partir de su aplicación a un caso estudio y hacer la propuesta de cual sería más apropiada para la realización de un sistema experto.

Las metodologías de educación del conocimiento de SE son herramientas esenciales usadas por el Ingeniero de conocimiento, estas dan pautas de cómo desarrollar un Sistema Experto y permiten detectar problemas para corregirlos a tiempo, evitando así su persistencia en el desarrollo del sistema.

Las Metodologías Grover y Buchanan son unas de las más importantes para el diseño de una Base de Conocimiento (BC). Estas metodologías presentan una serie de ventajas y desventajas que permiten al ingeniero del conocimiento decidir cuál de ellas utilizar para modelar un sistema experto.

PALABRAS CLAVE

Sistemas Expertos (SE), Experto de Campo, Ingeniero de Conocimiento, Metodología, Grover, Buchanan, Base de Conocimiento (BC), Adquisición del Conocimiento (AC), Conceptualización, Formalización, Dominio.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS..... | II |
| DEDICATORIA..... | III |
| RESUMEN..... | V |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPITULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 4 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS..... | 4 |
| 1.1.1. Inteligencia Artificial..... | 4 |
| 1.1.2. Sistemas Basados en el Conocimiento. 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. Limitaciones..... | 8 |
| 1.4. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS..... | 9 |
| 1.5. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS..... | 11 |
| 1.6. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS EN LA MEDICINA..... | 13 |
| 1.7. METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE PARA SISTEMAS EXPERTOS..... | 14 |
| 1.7.1. Metodología de Buchanan..... | 16 |
| 1.7.2. Metodología de Grover..... | 16 |
| 1.8. ASPECTOS DE COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS GROVER Y BUCHANAN..... | 17 |
| 1.9. CONCLUSIONES..... | 18 |
| CAPÍTULO II. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS..... | 19 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS..... | 19 |
| 2.2. ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA DE GROVER..... | 19 |
| 2.2.2. Etapa #1: Definición del dominio..... | 21 |
| 2.2.2.1. Definición de métricas de performance apropiadas y realistas..... | 22 |
| 2.2.3. Etapa #2: Formulación fundamental del conocimiento..... | 24 |
| 2.2.2.1. Ontología de entidades del dominio, relaciones entre objetos (clases) y descripciones objetivas..... | 25 |
| 2.2.4. Etapa # 3: Consolidación del conocimiento basal..... | 27 |
| 2.3. ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA DE BUCHANAN..... | 28 |
| 2.3.1. Etapa #1: Identificación..... | 29 |
| 4.3.1. Etapa #2: Conceptualización..... | 30 |
| 4.3.1. Etapa #3: Formalización..... | 31 |
| 4.3.1. Etapa # 4: Implementación..... | 31 |
| 4.3.1. Etapa # 5: Revisión..... | 32 |
| Capítulo III. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS..... | 33 |
| 3.1. INTRODUCCIÓN..... | 33 |
| 3.2. METODOLOGÍA DE GROVER..... | 33 |
| 3.2.1 Primera etapa: Definición del dominio..... | 33 |
| 3.2.1.1. Descripción del problema..... | 33 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2.1.3. | Glosario de términos, acrónimos y símbolos. | 34 |
| 2.2.2.1. | Identificación de expertos autorizados. | 35 |
| 3.2.1.5. | Descripción de escenarios de ejemplos razonables. | 35 |
| 3.2.2. | Segunda etapa: Formulación fundamental del conocimiento. | 36 |
| 3.2.2.1. | Aplicación de cuestionarios al experto de campo. | 36 |
| 3.2.2.2. | Ontología de entidades del dominio, relaciones entre objetos (clases) y descripciones objetivas. | 37 |
| 3.2.2.3. | Descripción de La Ontología del Dominio (OD). | 37 |
| 3.2.2.4. | Descripción de la Ontología de participantes (OP). | 38 |
| 3.2.2.5. | Descripción de la Ontología de acción (OA). | 39 |
| 3.2.2.6. | Descripción del estado inicial incluyendo un conocimiento estático. | 39 |
| 3.2.2.7. | Conjunto básico de reglas de razonamiento o inferencia. | 40 |
| 3.2.2.8. | Lista de estrategias humanas (meta-reglas) las cuales pueden ser consideradas por los diseñadores. | 40 |
| 3.2.2.9. | Resultados de las aplicaciones de las métricas. | 41 |
| 3.3. | METODOLOGÍA DE BUCHANAN. | 44 |
| 3.3.1. | Etapa de Identificación. | 44 |
| 3.3.2. | Etapa de Conceptualización. | 46 |
| 3.3.3. | Etapa de Formalización. | 47 |
| 3.3.4. | Etapa de Implementación. | 51 |
| | Capítulo IV. oBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS. | 53 |
| 4.1. | INTRODUCCIÓN. | 53 |
| 4.2. | ASPECTOS A COMPARAR. | 53 |
| 4.3. | ASPECTOS CUALITATIVOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODLOGÍA GROVER y BUCHANAN. | 55 |
| 4.3.1. | Ventajas de la aplicación de la metodología de Grover. | 55 |
| 4.3.2. | Desventajas de la aplicación de la metodología de Grover. | 56 |
| 4.3.3. | Ventajas de la aplicación de la metodología de Buchanan. | 56 |
| 4.3.4. | Desventajas de la aplicación de la metodología de Buchanan. | 57 |
| 4.4. | CONCLUSIONES. | 58 |
| | CONCLUSIONES. | 59 |
| | RECOMENDACIONES. | 60 |
| | REFERENCIAS. | 61 |
| | BIBLIOGRAFÍA. | 62 |
| | ANEXOS. | 63 |
| | GLOSARIO. | 68 |

INTRODUCCIÓN

Existen varios autores que han definido la inteligencia artificial, resumiéndose, como aquella ciencia que se ocupa en diseñar sistemas de computación inteligentes que incluye características humanas como la adaptación, el razonamiento, el aprendizaje, etc. Realizan tareas que de ser resuelto por un humano requerirían un comportamiento inteligente.

Se han realizado aportes en distintos campos, aplicando determinadas técnicas de inteligencia artificial brindando a las aplicaciones un mayor realismo. Algunas de estas técnicas han sido los Sistemas Expertos (SE) que constituyen una parte de los llamados Sistemas Basados en el Conocimiento.

Los SE se nombran así, porque imitan el comportamiento del experto en un dominio determinado, del que se tiene un conocimiento específico, limitando los dominios de aplicación, en lugar de ser aplicable o tener conocimiento general de varios dominios. Con los SE se busca una mejor calidad y rapidez en las respuestas dando así lugar a una mejora de la productividad del experto y en ocasiones estos sistemas son usados por ellos mismos.

Existen varias metodologías de educación de conocimiento para la construcción de un sistema experto, las mismas definen una serie de etapas que le permitirán al ingeniero representar el conocimiento adquirido.

En la UCI, la facultada 3 es la encargada del desarrollo de la Inteligencia Artificial como línea de investigación y producción, en la misma se desarrollan Sistemas Expertos, un ejemplo es el “Diagnóstico y Tratamiento de la hipertensión arterial”, trabajo de diploma perteneciente al proyecto HYPER WEB, este SE fue realizado por René Lazo y Raykenler Yzquierdo en el curso escolar 2006-2007, para este sistema no se utilizó ninguna de las metodologías de desarrollo de software de sistemas expertos existentes, utilizando RUP para la elaboración del mismo.(Lazo 2007)

Otro criterio obtenido es el del Dr. Pedro Piñeiro, antiguo vicedecano de producción de dicha facultad, quien asegura que se han realizado otros SE pero como parte de los módulos de proyectos productivos, pero ninguno ha aplicado alguna de estas metodologías de desarrollo de software para sistemas expertos., además de asegurar que en la universidad no se aplican las metodologías de Buchanan y Grover.

Para construir un Sistema Experto existen varias metodologías entre las que se encuentran Buchanan y Grover. Elegir cuál de ellas 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.

Basándonos en esta problemática el Problema a resolver para este trabajo de diploma sería:

No se cuenta con un estudio comparativo de las metodologías de Buchanan y Grover que permita valorar los aspectos de cómo identificar y definir el problema, cómo adquirir conocimiento y cómo formalizar el conocimiento.

El trabajo que se presenta está precisamente enfocado a realizar un análisis en la aplicación de las metodologías de Buchanan y Grover 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 cual sería más apropiada para la realización de un sistema experto.

Debido a esto el **Objeto de Estudio** está enmarcado en las metodologías de desarrollo de software Grover y Buchanan para un SE.

Por tanto el **Campo de Acción** de esta investigación es la aplicación de metodologías de desarrollo de software Buchanan y Grover para un SE en la UCI.

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

- Estudiar las principales características de los Sistemas Expertos.
- Estudiar de las principales características de las metodologías usadas para el desarrollo de los mismos.
- Estudiar de la metodología Buchanan.
- Estudiar de la metodología Grover.
- Aplicar ambas metodologías a un caso estudio real.

- Comparar las metodologías mediante aspectos bien definidos.
- Determinar ventajas y desventajas del empleo de estas metodologías.
- Proponer cual es más apropiada para la realización de un sistema experto.

Se cuenta con el caso de estudio obtenido del Trabajo Investigativo desarrollado en el curso escolar 2006-2007 por los autores Adrianys Hernández Capote y Isabel González Leyva, titulado: *“Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto para el diagnóstico médico de las sepsis vaginales”*, el mismo tenía como objetivo la creación de una base de conocimiento para un SE de diagnóstico médico desarrollada a partir de la metodología IDEAL.

Además existen otras tesis trabajando en paralelo a la presente investigación con otras metodologías de desarrollo de software para sistemas expertos.

De esta manera este Trabajo de Diploma tratará en el **Capítulo 1: Fundamentación Teórica**, lo concerniente al fundamento teórico y estudio del arte de los Sistemas Expertos: definición, características generales, componentes, razones para su utilización, así como los elementos para el desarrollo de los mismos, así como sus áreas de aplicación. Abordará además una breve introducción de las metodologías Buchanan y Grover de desarrollo de Sistemas Expertos.

En el **Capítulo 2: Estudio de las metodologías de Buchanan y Grover**, se hará un estudio de cada una de las metodologías que se utilizará para el análisis, así como una valoración cada una de las etapas con que cuenta cada una de ellas y sus respectivos contenidos.

En el **Capítulo 3: Desarrollo de las metodologías**, se aplicarán ambas metodologías para el caso de estudio real de las *sepsis vaginal* en la UCI. Se llegarán a obtener los resultados de cada metodología por separado, con lo que se determinarán todas las ventajas y desventajas de cada una.

Por último, en el **Capítulo 4: Obtención de los resultados**, se establece una comparación entre las metodologías desarrolladas donde se llega a conclusiones de las ventajas y desventajas de las mismas así como las diferencias existentes entre ellas. También se hace una propuesta de cuál metodología sería la más adecuada para la construcción de un sistema experto.

CAPITULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS

1.1.1. Inteligencia Artificial.

El interesante esfuerzo de la que las computadoras piensen, es decir, en sentido liberal de la palabra que sean capaces de suplir al hombre en algunas de sus actividades, es la primera idea que surge cuando se escucha hablar de la IA, sin tener en cuenta que la automatización de las actividades exactamente vinculadas con el aprendizaje, la solución de problemas y la toma de decisiones, hacen que poco a poco se pueda ir sustituyendo el trabajo manual. La habilidad de construir máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia, es la forma de hacer que la ciencia avance y queden atrás las viejas técnicas de trabajo.

La **inteligencia artificial (IA)** es una ciencia que percibe el estudio para llevar a cabo el desarrollo de aplicaciones que trabajen de manera similar a un ser humano. Además se deriva en una extensa variedad de áreas debido a los amplios beneficios que aporta, siendo las más relevantes el procesamiento de lenguaje natural, la percepción y reconocimiento de patrones, la programación lógica, la robótica y **los sistemas expertos**.(López 2004)

La IA (Galdame; Ayala 2006) es una ciencia que trata el estudio y simulación de actividades intelectuales del hombre como son: percibir, razonar y actuar. Esta ciencia estudia las representaciones y procedimientos de problemas que automáticamente que son resueltos por humanos y se enmarca en explicar y emular el comportamiento inteligente en términos de procesos computacionales.

Como se dijo en la introducción del presente trabajo existen varias definiciones para el concepto de Inteligencia Artificial pero que en resumen se puede considerar como la rama de la ciencia de la computación que alcanza el estudio y desarrollo de varios tipos de sistemas informatizados que siguen alguna forma de inteligencia.

1.1.2. Sistemas Basados en el Conocimiento. Sistemas Expertos.

Para conocer qué es un Sistema Experto, primeramente se deben conocer los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC).

Los SBC son sistemas que resuelven problemas que reúnen e incorporan un conocimiento determinado. Los SBC se pueden clasificar de distintas formas ya sea según de donde provenga la información del conocimiento del dominio que se está tratando, que puede necesariamente o no ser de un experto. (Ayala 2006)

El conocimiento se puede clasificar en conocimiento público, que es el que se encuentra en libros, Internet etc. y en conocimiento privado, que es el que por lo general presenta el experto y no ha sido publicado aún. Cuando el conocimiento ha sido extraído del experto para el desarrollo de un sistema que imite su comportamiento e intente dar las respuestas a determinadas situaciones como la daría el experto, es que estamos en presencia de un Sistema Experto.

Resumiendo, un SE es un **Sistema Basado en el Conocimiento (SBC)** que resulta ser un programa de ordenador que intenta imitar e incluso superar a un experto humano en un ámbito determinado, que es capaz de facilitar recomendaciones deducidas a partir de su conocimiento.

Un sistema experto es capaz de manipular los datos almacenados para dar un resultado inteligente de forma que pueda responder a las preguntas que se puedan hacer en su dominio concreto e incluso a preguntas que no estén especificadas completamente. (Ayala 2006)

Sólo para citar un ejemplo, un Sistema Experto 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.(Castellano 2004)

1.2. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.

Para comprender bien en qué consiste un sistema experto, hay que tener conocimiento de los componentes por los que está formado.

La **Interfaz de Usuario**, es la que permite al usuario la comunicación con el sistema. La interfaz debe de ser amigable en la entrada y salida de información para lograr una mejor utilización y entendimiento del sistema.

La **Base de Conocimiento (BC)** contiene toda la información extraída del experto, es donde se reúnen todos los conocimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema. Se escribe en un lenguaje específico de representación de los conocimientos.

Es la parte del sistema que domina 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 SE 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.

El **Motor de Inferencia** es un programa que emplea los conocimientos para resolver el problema que está especificado. Lo resuelve gracias a los datos que contiene la base de hechos del SE. En este caso, la tarea que lleva a cabo el motor de inferencias es la de seleccionar, validar y activar algunas reglas que permiten obtener finalmente la solución correspondiente al problema planteado.

La **Base de hechos o Base de datos** contiene los hechos que son los que representan la estructura dinámica del conocimiento en el problema que resuelve el sistema. Esta funciona como la memoria de trabajo, ya que al principio del período de trabajo con el sistema la base de hechos dispone únicamente de los datos que le ha introducido el usuario del sistema, pero, a medida que va actuando el motor de inferencias, contiene las cadenas de inducciones y deducciones que el sistema forma al aplicar las reglas para obtener las conclusiones buscadas.

El **Medio de explicación** se encarga de explicar el proceso de razonamiento para tomar una decisión. Este componente responderá a la pregunta ¿cómo? o ¿por qué? cuando ha efectuado una conclusión.

El **Medio de adquisición del conocimiento** es la forma en que los sistemas van incorporando los nuevos conocimientos, en muchas aplicaciones se lleva a cabo de forma automática.

En la figura 1 se muestra la arquitectura y funcionamiento de un SE.

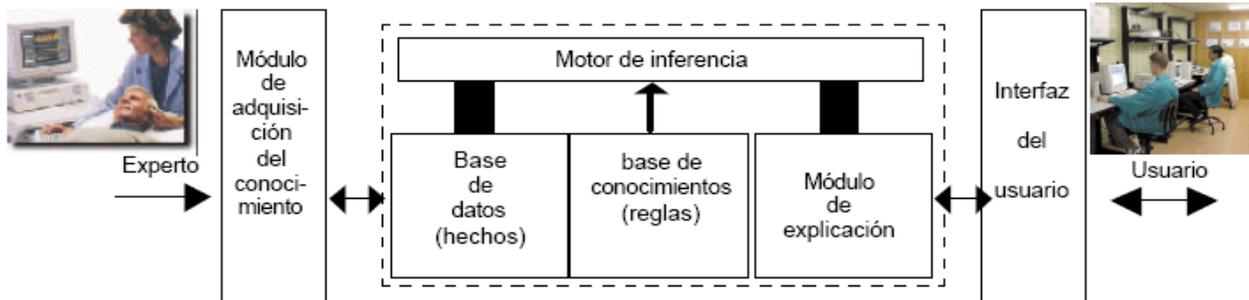


Fig.1. Arquitectura y Funcionamiento de un Sistema Experto.(Ruiz 2004)

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. Limitaciones

- **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.

En la actualidad existen diversos tipos de Sistemas Expertos pero siempre se destacan unos más que otros, entre los cuales se encuentran los basados en reglas, los basados en casos y los basados en probabilidades.

En la vida diaria se encuentran situaciones difíciles y complejas que son representadas por reglas: control de tráfico, de seguridad y transacciones bancarias, son ejemplos de estas situaciones. Una herramienta eficiente para tratar problemas de esta índole son los Sistemas Basados en Reglas. La base de conocimiento de estos sistemas contiene un conjunto de reglas que permiten definir el problema, además de un motor de inferencia que permite aplicar estas reglas y sacar conclusiones, importante paso para la posterior implementación del SE.

Por su parte los sistemas expertos de tipo probabilístico, se basan en la probabilidad como una medida de incertidumbre. Se describen en detalles sus principales componentes, además se basan en la especificación correcta de la función de probabilidad conjunta.

Los SE no son clasificados solamente de esta manera, estos también se clasifican de acuerdo a la función que realizan, clasificaciones que se muestran a continuación:

- **Monitorización**
- **Diseño**
- **Planificación**
- **Control**
- **Simulación**
- **Instrucción**
- **DIAGNÓSTICO**
- **Predicción**
- **Depuración**
- **Reparación**
- **Interpretación.**

La **monitorización** es un caso particular de la interpretación, y consiste en establecer una comparación entre lo que se tiene y los resultados que se esperan obtener, es decir, entre lo actual y lo esperado. Estos SE son tratados como herramientas de diagnóstico.

El **diseño** es el proceso de realizar una descripción específica de un artefacto que satisface un número determinado de características. Los SE en diseño ven este proceso como la búsqueda más óptima y adecuada para la solución de un problema determinado. Se puede concebir de antemano soluciones alternas o generarse las mismas de forma automática a medida que cumplan con los requisitos solicitados por el usuario, esta técnica es reconocida como “generación y prueba”, por lo que esos Sistemas Expertos son conocidos como sistemas de sección.

La **panificación**, como su nombre lo indica no es más que la realización de planes o secuencias de acciones (actividades), además de ser un caso particular de la simulación. La misma persigue el fin de ordenar estas acciones con el propósito de lograr un objetivo global.

Un sistema de **control** participa en la realización de las tareas de interpretación, diagnóstico y reparación de forma secuencial. Con ello se consigue conducir o guiar un proceso o sistema. Estos sistemas son complejos debido a que tienen que manejar un gran número de funciones y factores a considerar. Esta creciente complejidad es otra de las razones por las cuales se deben desarrollar SE.

Crear modelos basados en hechos, observaciones e interpretaciones, sobre la computadora es una técnica que se conoce como **simulación**. Las técnicas tradicionales de simulación requieren el uso de modelos matemáticos y lógicos capaces de describir el comportamiento del sistema.

Un sistema de **instrucción** realizará un seguimiento del proceso de aprendizaje. Su objetivo es detectar errores cometidos por las personas y desarrollar un plan de enseñanza que facilite corregir errores y que sea útil además para el aprendizaje.

El **diagnóstico** es un proceso que se realiza con el objetivo de solucionar un problema que experimenta cambios cuantitativos y cualitativos, estos cambios son los que tienden a darle respuesta a la problemática existente.

El diagnóstico médico por citar un ejemplo, nos permite identificar qué enfermedad padece una persona, los síntomas y signos que presenta, teniendo en cuenta que un síntoma no es exclusivo de una enfermedad.

Precisamente el sistema que se utilizará para el desarrollo de esta investigación es un ejemplo de SE de diagnóstico.

1.5. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

En el epígrafe 1.4 se mencionaron los diferentes tipos de Sistemas Expertos y precisamente en este epígrafe se tratará el tema de las aplicaciones existentes, haciendo un recorrido desde los primeros SE hasta algunos de los más actuales en el mundo y en Cuba, y del período de desarrollo de estos campos.

Los sistemas de **diagnos**is y **depuración** se encuentran presentes en las aplicaciones de diagnóstico médico; ejemplo de ellos es **MYCIN**. El primer Sistema Experto utilizado para la realización de diagnósticos es el **MYCIN**.

Por otra parte encontramos el caso del **DELTA**, sistema experto orientado a la reparación. Este tipo de sistema se utiliza con el fin de localizar problemas complejos y para reparar fallos en equipos electrodomésticos.

Los Sistemas Expertos son buenos para **predecir o pronosticar** resultados futuros a partir del conocimiento que tienen. El sistema **PROSPECTOR** es de este tipo. Fue desarrollado en el 1978 y predecía la posibilidad de encontrar depósitos petróleo, gas natural y helio en una región determinada.

DENDRAL fue el primer sistema experto que se utilizó con propósitos reales y obtuvo cierto éxito entre los químicos y los biólogos, ya que facilitaba enormemente la inferencia de estructuras moleculares.

En los últimos 10 años en el mundo, se han desarrollado diversos sistemas expertos aplicados a diferentes áreas del conocimiento. Generalmente estos sistemas expertos han sido desarrollados principalmente por la metodología IDEAL, por el ambiente ARIES, y por alguna otra de las metodologías de educación del conocimiento conocidas.

En el año 2000 en México se realizó un SE especializado en el diagnóstico del estado nutrimental de naranjos llamado CITRUS. Este permite diagnosticar deficiencias cuando el usuario introduce los datos, a través de preguntas y respuestas. Fue construido en el ambiente ARIES.

Luego de la horrorosa caída de las torres gemelas, en Argentina se construye en el año 2004 un sistema experto capaz de asistir el control de las naves aéreas, específicamente en lo que respecta a la toma de decisiones relativas a la interceptación de dichas naves. Este sistema fue modelado mediante la metodología IDEAL.

Cuba no se ha mantenido ajena a este desarrollo, por lo que en los últimos años se han realizado algunos SE como son el sistema DIAG, capaz de diagnosticar anomalías craneofaciales. Dicho sistema es una herramienta de diagnóstico para ortodoncistas, residentes y estomatólogos dedicados a la ortodoncia y puede también ser empleado como un sistema inteligente para el estudio de la ortodoncia. Para este sistema se utilizó ARIES como ambiente de adquisición del conocimiento.

Otro de los sistemas ha sido DITRITS, un sistema experto realizado en el 2005 para el diagnóstico y tratamiento de Infecciones de Transmisión Sexual, que fue desarrollado por la Universidad de Cienfuegos. Puede ser usado, no sólo en el diagnóstico sino como herramienta de apoyo a la docencia tanto en centros docentes como en centros de asistencia primaria a la población. Fue modelado con RUP.

También se desarrolló el SE para la exploración petrolera, el cual proporciona solución a los problemas de naturaleza heurística engendrados en la exploración geológica.

En la universidad de las Villas se desarrolló SEMIM, sistema experto 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 interfaz amigable 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 UCI se cuenta con el desarrollo de algunos sistemas expertos como el sistema de diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial construido en el 2007 por René Lazo.

Además del sistema de diagnóstico y tratamiento de las Sepsis Vaginales construido por Adrianys Hernández y Isabel González en el mismo año.

La aplicación de un SE se realizará donde no existan algoritmos elaborados o donde los existentes no pueden solucionar algún problema y no existan las teorías completas.

Otro campo para su aplicación ha de ser donde se encuentran las teorías necesarias pero resultan prácticamente imposibles todos los casos existentes mediante algoritmos y en un espacio de tiempo aceptable.

Se requiere del conocimiento adquirido por el experto, ya que es la persona que por su experiencia puede llegar a una solución en un espacio de tiempo razonable. Este conocimiento para ser estructurado e implementado requiere de gran cantidad de trabajo, por lo que sólo valdrá la pena crear un SE cuando el conocimiento pueda ser utilizado durante un tiempo indefinido y que beneficie a un gran número de personas.

1.6. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS EN LA MEDICINA

Los SE tiene su aplicación en diversos campos y/o áreas; la medicina es uno de ellos. Precisamente de un sistema que se aplica en esta rama, es el que se toma de referencia para el desarrollo de esta investigación.

Para la realización de un diagnóstico deben conocerse: los síntomas del paciente, la condición general, la historia clínica y los resultados obtenidos del laboratorio; informaciones imprescindibles que se requieren para la realización del mismo.

Estos datos obtenidos son representados a través de reglas o a través de la experiencia (adquirida de los conocimientos del experto). Primeramente las preguntas son generales con el propósito de reducir el número de enfermedades posibles planteando una hipótesis, y al final las preguntas se realizan para soportar el diagnóstico.

El interrogatorio al paciente es una de las formas más comunes de llegar a obtener un diagnóstico certero y así poder elegir el tratamiento adecuado para el problema que presenta el mismo.

Los sistemas expertos tienen almacenado todo el conocimiento en medios electrónicos, que nunca se deteriorará, muy por el contrario, con la experiencia y el trabajo con el SE se lograrán ingresar nuevas reglas para tratar nuevas enfermedades. A pesar de la precisión de los sistemas expertos, una parte que hace falta para poder respaldar los resultados o para poder llegar a ellas más rápido es la exploración física del paciente, así se comprobará la precisión del sistema.

Las formas de razonamiento diagnóstico tienen similitud con los razonamientos de los sistemas expertos:

Probabilísticas. Se basan fundamentalmente en la frecuencia con que ocurre una determinada enfermedad y tienen en cuenta variables como la edad, el sexo y la probabilidad asociada entre síntomas y enfermedades que presenta el paciente.

Causales. Los datos clínicos o antecedentes se pueden relacionar como los efectos que pueden provocar relaciones fisiopatológicas.

Determinísticos. Son mucho más directos, ya que identificando cada síntoma, se asocia con una regla que lleva directamente hacia el diagnóstico.

Un médico puede utilizar un sistema experto existente para diagnósticos de manera precisa y rápida y encontrar así el tratamiento correcto para cada enfermedad. Los sistemas expertos aplicados en la medicina permiten asegurar un buen diagnóstico en los pacientes, ya que el ser humano puede cometer errores o no considerar algún cuestionamiento o síntoma, lo cual puede afectar al tratamiento.

Es importante destacar que la existencia del sistema experto, ya sea en un hospital o en un centro de salud comunitario, pudiera ahorrar recursos al eliminar trasladarse a otras ciudades para realizar el diagnóstico.

1.7. METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE PARA SISTEMAS EXPERTOS.

La **metodología** es la teoría de los procedimientos generales de investigación que describen las características que adopta el proceso general del conocimiento científico y las etapas en

que se divide dicho proceso, desde el punto de vista de su producción y las condiciones en las cuales debe hacerse.(Guevara 1977)

Existen varias metodologías de educación del conocimiento para la construcción de sistemas expertos, ejemplo de ello: la Metodología de Brule y Blanqué-García Martínez, con estas metodologías se está realizando una investigación que junto a esta, persigue el objetivo de brindar un mayor conocimiento de la aplicación de las mismas en la universidad.

Para desarrollar un sistema experto, el ingeniero del conocimiento ha de tener en cuenta una serie de pasos que le permitirá modelar el conocimiento adquirido. Primeramente identificar y analizar el problema que se plantea, definir si al mismo se le puede dar solución a partir de reglas y de la experiencia con que él cuenta. Este conocimiento posteriormente es representado simbólicamente por un programa computacional capaz de proporcionar recomendaciones a partir del conocimiento recopilado por el experto en el área. En la figura 2 se muestran de forma general las etapas de una metodología de desarrollo de un SE.(Ayala 2006)



Fig. 2 Etapas generales de una metodología de desarrollo de SE.

1.7.1. Metodología de Buchanan.

Esta metodología se basa principalmente en la adquisición de conocimiento extraído de distintas fuentes: libros o de la experiencia adquirida por los años de trabajo y desempeño del experto en un área determinada. El ingeniero del conocimiento a través de una serie de etapas bien definidas procede al desarrollo e implementación del SE.

En Buchanan se destacan 5 etapas fundamentales las cuales se mencionan a continuación:

1. Identificación.
2. Conceptualización.
3. Formalización.
4. Implementación.
5. Revisión.

1.7.2. Metodología de Grover

La metodología de Grover (1983) se concentra fundamentalmente en la realización de una detallada Definición del dominio, que no es más que definir conocimientos, referencias, situaciones y procedimientos, en La formulación del conocimiento fundamental, conocimiento que es representado a través de reglas elementales con la expectativa de lograr con ellas una correcta base del conocimiento, y en la consolidación basal del conocimiento, es decir, en la revisión sistemática y corrección del prototipo de SE que se está desarrollando.(Grover 1983)

Grover propone una serie de etapas que permiten desarrollar el proceso de adquisición del conocimiento, las mismas van acompañadas de una detallada documentación que reemplazan parcialmente al experto.

Las etapas que a continuación se exponen representan las 3 etapas de la metodología de Grover:

1. Definición del dominio.
2. Formulación del conocimiento fundamental.
3. Consolidación del conocimiento Basal.

1.8. ASPECTOS DE COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS GROVER Y BUCHANAN.

Para la realización en próximos capítulos de un estudio comparativo entre estas metodologías se tomarán en cuenta una serie de aspectos que cada una de las metodologías de educación del conocimiento debe de cumplir. Con este análisis se persigue obtener un conjunto de ventajas y desventajas que les permitan al ingeniero de conocimiento y a los diseñadores tomar la decisión de cuál de ellas es la más apropiada para la construcción de un sistema experto.

- 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.
 - 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 ontología.

- 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 van a cumplir o no con los aspectos anteriormente mencionados.

1.9. CONCLUSIONES

En este capítulo se hizo una fundamentación teórica y un estudio del arte referente a los sistemas expertos, como programas que aplican la inteligencia artificial y las metodologías para el desarrollo de los mismos.

Los SE son máquinas que reúnen conocimientos expertos y que a su vez son capaces de dar un resultado inteligente basados en el conocimiento adquirido de los expertos del campo.

Actuar de manera metódica es avanzar con una luz que guía los pasos; es poder prevenir, aunque no asegurar totalmente el encuentro de verdades, pues todo conocimiento, como todo método, es perfectible.

Los SE de diagnóstico son capaces de superar al experto humano ya que estos no pierden la memoria y están programados con una secuencia de pasos lógicos para resolver cada problema es cuestión.

Los SE de diagnóstico son capaces de acumular el conocimiento adquirido por los expertos humanos y al mismo tiempo sustituirlos de modo que un mayor número de usuarios pueda usarlo.

Se realiza una introducción a las metodologías de Buchanan y Grover, Metodologías que en próximos capítulos se desarrollarán aplicadas a la base del conocimiento extraída del caso de estudio al que se hace referencia.

CAPÍTULO II. ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS.

2.1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS METODOLOGÍAS.

En el presente capítulo se realizará el estudio de dos de las metodologías de educación del conocimiento para la construcción de sistemas expertos, las mismas son: la metodología de Grover y la metodología de Buchanan.

Las metodologías de prototipación son herramientas esenciales usadas por el Ingeniero en conocimiento, ya que dan pautas de cómo desarrollar un Sistema Experto y permiten detectar problemas para corregirlos a tiempo, evitando así su permanencia en posteriores etapas del desarrollo.

2.2. ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA DE GROVER.

La metodología de Grover [1982] 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)(Grover 1983).

El problema de la limitada disponibilidad de un sistema donde el experto es único e indispensable y que no puede separarse de sus tareas cotidianas es un problema que el ingeniero del conocimiento debe resolver. El experto del campo es una persona muy importante en el proceso de toma de decisiones, a pesar de no poder dedicarle meses al desarrollo de un sistema experto. El aprovechar el tiempo disponible de un ingeniero de conocimiento, permite producir un modelo más óptimo y eficiente.

Esta metodología cuenta de 3 etapas y en cada una de ellas se desarrollan una serie de pasos que a continuación se ponen a su disposición.

2.2.1. Ciclo de adquisición de conocimiento.

Muchas técnicas de adquisición de conocimiento son intuitivas y de práctica. La producción de una serie de documentos que representan la adquisición del conocimiento es una de las novedades que propone y se introducen en esta metodología. Es una documentación que

reemplaza parcialmente al experto y facilita a los diseñadores y usuarios de un medio de comunicación y referencia al desarrollar el SE.(Grover 1983)

La adquisición del conocimiento se formula y desarrolla en tres etapas: definición del dominio, formulación fundamental del conocimiento y la consolidación basal del conocimiento.

Los documentos que se elaboran, contienen los resultados obtenidos a lo largo del trabajo, y le permiten a los involucrados en el desarrollo del sistema contar con un conjunto de experiencias documentadas, organizadas y actualizadas sobre las cuales se basarán para llevar a cabo la implementación del sistema. A continuación se muestran métodos de adquisición del conocimiento:

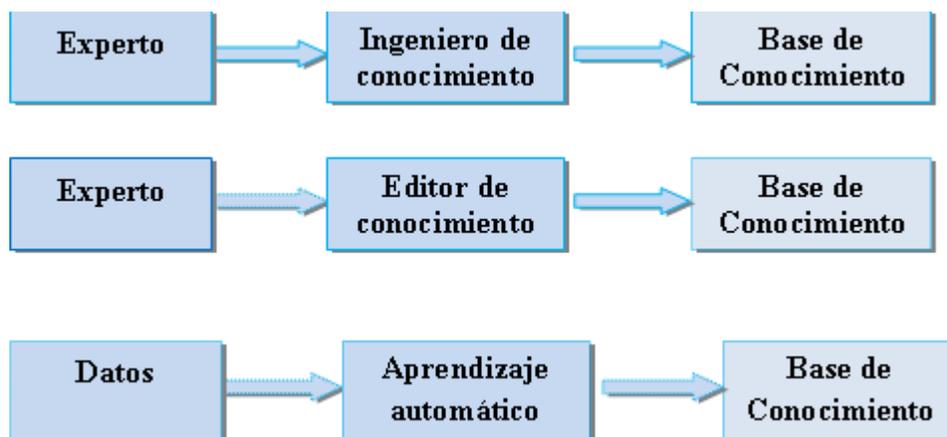


Fig.3 Técnicas de adquisición del conocimiento

En la Figura 4 se puede observar el ciclo de vida de esta metodología. Se representa además cada una de las fases y los pasos que se realizan en cada una de ellas.

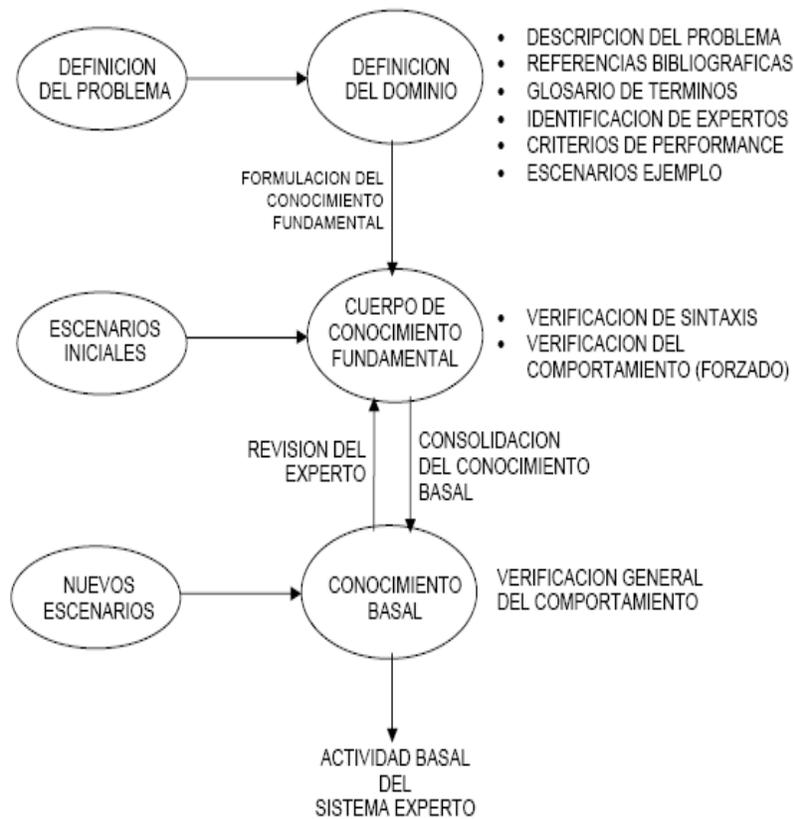


Fig. 4 Ciclo de vida metodología de Grover(Grover 1983).

2.2.2. Etapa #1: Definición del dominio.

La **definición del dominio** es la primera etapa de la metodología de Grover. Después que el problema es definido por el usuario, la primera fase de adquisición de conocimientos consiste en un cuidadoso entendimiento del dominio. El objetivo fundamental de esta etapa consiste en realizar una cuidadosa interpretación del problema y documentarla, elaborando un Manual de Definiciones del Dominio que permite lograr un entendimiento del conocimiento fundamental del problema en el que se enmarca.

Contenidos de la definición del dominio.

- Descripción general del problema que se presenta.
- Bibliografía de los documentos referenciados.
- Glosario de términos, acrónimos y símbolos.
- Identificación de expertos autorizados.

- Descripción de escenarios de ejemplos razonables.
- Definición de métricas de rendimiento apropiadas y realistas.

2.2.2.1. Definición de métricas de performance apropiadas y realistas.

Las métricas son un conjunto de procedimientos que permiten obtener información y evaluar los sistemas basados en conocimiento. Encontrar métricas útiles para evaluar el funcionamiento de un sistema en su totalidad a menudo resulta difícil. Son de gran utilidad para generar una evaluación, así como el alcance que tendrá el proyecto en que se está trabajando.

Un elemento fundamental de este proceso es la Base de Conocimiento, por lo que las métricas de SE, se deberán basar principalmente en los elementos esenciales en este caso: conceptos, atributos y reglas.

Las métricas permiten entender, controlar, predecir y probar el desarrollo de software y para darle mantenimiento al mismo. (Pollo 2007)

Los objetivos de las métricas para Sistemas Expertos son:

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

Métricas de madures.

El proceso y el producto son los elementos fundamentales de las técnicas de medición. Realizar una medición permite estimar y predecir, calcular y comparar el producto. Estas acciones son imprescindibles en la Ingeniería en Conocimiento.(Pollo 2007)

Métrica Número 1: cantidad de Conceptos, cantidad de Reglas o cantidad de atributos.

Contabiliza conceptos, reglas y atributos.

Persigue el objetivo de medir la complejidad del dominio del problema.

Los valores deberán ir creciendo a lo largo del proyecto, excepto en las etapas finales del mismo, en las que debe converger a un valor.

Si los valores resultantes son bajos (pocos conceptos, reglas o atributos), se puede decir que el área del problema es simple o no se tiene mucho conocimiento de los conceptos del dominio.

Si resultan valores Altos (muchos conceptos reglas o atributos), el dominio con que se cuenta es complejo o simplemente se tiene mucho conocimiento del dominio.

Métrica Número 2: cantidad de Conceptos en una Regla / cantidad de Conceptos.

Si el resultado obtenido luego de aplicar esta métrica converge a uno (el proyecto se encuentra en estado de madurez).

Decrece cuando se descubren conceptos que no se involucran con ninguna regla de la Base del Conocimiento.

Se dice que crece si se incorpora un concepto a una regla.

Si no converge a uno, se encuentra frente a la pérdida de conocimientos o se tienen conceptos en la Base de Conocimientos que no se están utilizando y no son importantes.

Si su valor es próximo a uno, podemos decir que la Base de Conocimientos es madura.

Si los valores que resultan de esta métrica son bajos, se perdió conocimiento.

Si los valores que resultan de esta métrica son altos, se sabe bastante sobre los conocimientos o se tienen pocos conceptos sin importancia en la Base de Conocimiento.

Métrica Número 3: cantidad de Atributos en una Regla / cantidad de Atributos.

Es más sencillo hallar conceptos que atributos, los cuales se encuentran a medida que son usados, por lo tanto es difícil usarlos como una medida de madurez.

Si los valores obtenidos son muy bajos, se le debe prestar mayor atención, ya que el mismo es un indicador o alarma de posibles problemas en el desarrollo.

Métrica Número 4: cantidad de Conceptos / cantidad de Reglas.

Varios conceptos deben contribuir al menos a la creación de un conjunto de reglas.

Si se posee un buen conocimiento sobre las relaciones en el dominio, esta métrica estará por debajo de 1.0.

En dominios altamente relativos será muy por debajo de 1.0.

Si se posee una Base de Conocimientos madura se pueden obtener valores altos al principio.

Si los valores son Bajos (que existen varias reglas), se conocen las relaciones del dominio teniendo una Base de reglas madura, con varias relaciones y reglas redundantes.

Si los valores son Altos (que existen pocas reglas), las reglas del dominio no se conocen mucho, o el dominio no es muy maduro, o bien, sólo existen conocimientos de escaso interés.

Métrica Número 5: Promedio de Atributos por Concepto.

Indicador de complejidad del dominio: valor alto (cada concepto posee varios atributos e indica un dominio más complejo)

Se puede utilizar como una métrica de madurez.

A medida que se descubren nuevos atributos y conceptos en el desarrollo del producto el valor puede variar. Y con esto el valor decrecerá.

Cuando la Base de Conocimientos se encuentre en forma madura, convergerá al final del proyecto.

Si los valores resultantes son Bajos (pocos atributos por conceptos), el dominio del problema es simple, o existen varios conceptos con pocos atributos en el dominio. De lo contrario (muchos atributos por conceptos) el dominio es grande o complejo, o simplemente existen pocos conceptos con muchos atributos relacionados.

Las fuentes de referencia son frecuentemente suficientes para introducir al ingeniero de conocimiento al dominio, en particular, las fuentes gubernamentales tienen gran volumen de documentos útiles, a pesar de no ser fácilmente accesibles.

2.2.3. Etapa #2: Formulación fundamental del conocimiento.

En la segunda fase de Adquisición de Conocimientos, se revisan los escenarios seleccionados por el experto que satisfacen los siguientes cinco criterios de conocimiento “fundamental”: el más nominal, el más esperado, el más importante, el más arquetípico y el mejor entendido. Esta revisión forma una base para determinar el performance mínimo, realizar el testeo y efectuar la corrección y determinar las capacidades del sistema experto que pueden ser expandidas y sujetas a experimentación. (Grover 1983)

Durante esta etapa de Formulación del Conocimiento Fundamental, se pueden aplicar distintos enfoques de entrevistas al experto.

En esta etapa se identifican los contenidos siguientes:

- Se define en léxico ya que el lenguaje utilizado en el área del conocimiento es distinto a la lengua materna y dicha área tiene un lenguaje técnico particular. O sea un lenguaje informal para un entendimiento común entre las partes implicadas en el desarrollo del sistema.
- Una definición de fuentes de entrada.
- Una descripción del estado inicial incluyendo un conocimiento estático.

- Un conjunto básico de razones y reglas de análisis.
- Una lista de estrategias humanas (meta-reglas) las cuales pueden ser consideradas por los diseñadores del sistema experto como reglas a incluir en la base de conocimiento.
- Se realizar un análisis antológico.

2.2.2.1. Ontología de entidades del dominio, relaciones entre objetos (clases) y descripciones objetivas.

Se puede entender a las ontologías como el resultado de aplicar sobre un dominio un método para obtener una representación formal de los conceptos que contiene y las relaciones que existen entre los mismos.(Ayala 2006)

La ontología constituye la representación formal por medio de un modelo donde se modela el conocimiento de un dominio dado. En un sistema experto la ontología constituye el corazón ya que esta recoge todos los conceptos del dominio que se esté considerando. A la vez un análisis ontológico clarifica la estructura del conocimiento. Para hacer el análisis de la ontología de un sistema experto se puede dividir en varias partes como son: ontología del dominio, ontología de participantes y ontología de acción.(Baldo 2005)

Ontología del dominio (OD).

Un sistema experto se basa en un dominio en particular donde existe un equipo de desarrollo que se encarga de capturar el conocimiento. La ontología del dominio reside en descubrir los conceptos y atributos así como la relación existente entre ellos, y las restricciones particulares que se plantean en el dominio en particular.

Ontología de participantes (OP).

Para el desarrollo y puesta en práctica de un sistemas experto de necesitan individuos para desempeñar roles específicos y estos se denominan participantes. La ontología de participantes se muestra en la figura 5 y representa los miembros, donde un individuo es un miembro, un grupo es un Miembro y el mismo está compuesto por miembros.



Fig. 5. Ontología de los Participantes en su mínima expresión. Los rectángulos representan entidades, las líneas punteadas relaciones y las flechas la relación “es-un”. (Baldo 2005)

Ontología de acción (OA).

Los participantes de un equipo de desarrollo llevan a cabo las acciones que se desarrollan dentro de un dominio particular. La ontología de acción está diseñada para capturar el conocimiento proporcionado por los participantes para realizar la conceptualización del dominio. La figura 6 representa la Ontología de Acción para un dominio dado.

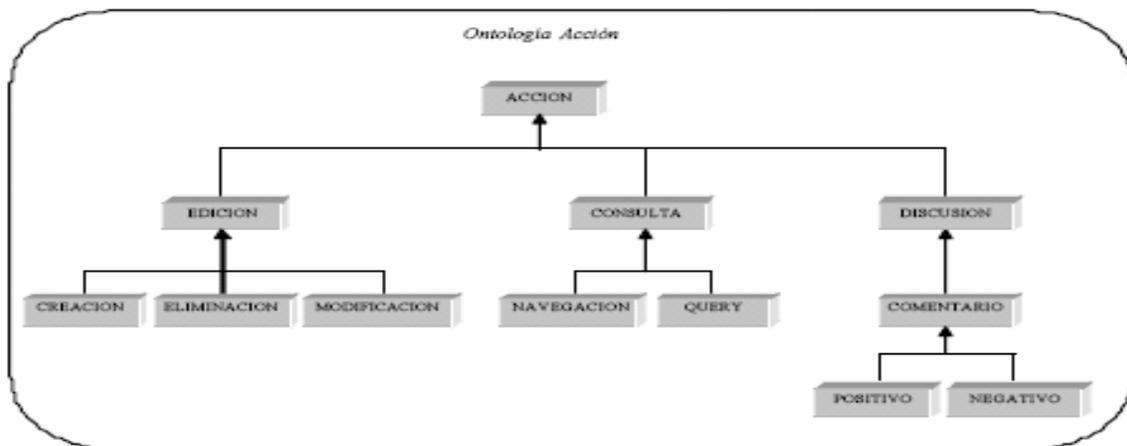


Fig. 6 Representación gráfica de la Ontología Acción. (Baldo 2005)

Las acciones son realizadas por los integrantes del equipo de desarrollo sobre algún componente del dominio. Estos componentes pueden ser conceptos (clases), axiomas,

atributos, relaciones o instancias pertenecientes a la OD., En la figura 7 se representa cómo queda conformada la interrelación entre las distintas ontologías.

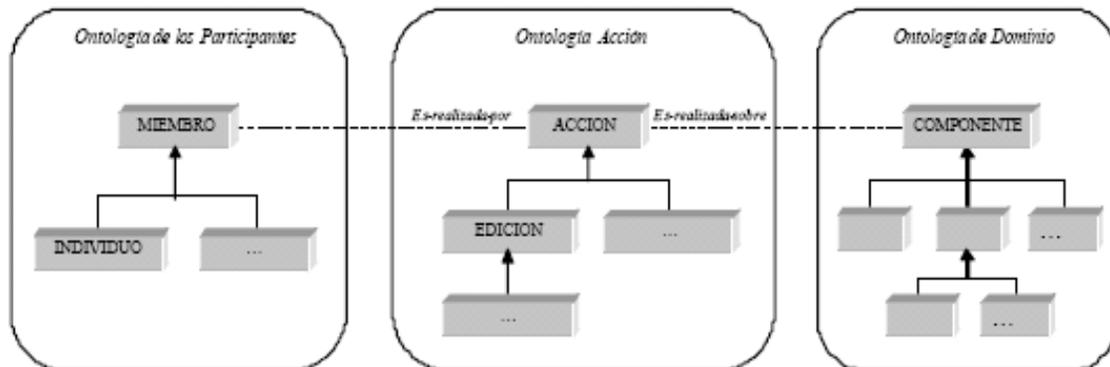


Fig.7 Ontología Acción y su interrelación con OP y OD.(Baldo 2005)

2.2.4. Etapa # 3: Consolidación del conocimiento basal.

En la figura 8 se muestra el último paso que se realiza en esta metodología: el ciclo de revisión y mejoramiento del conocimiento aducido. La actividad basal puede ser definida como el comportamiento del sistema, en un SE esto se refiere a que todos los componentes operacionales están desarrollados, pero no cuentan con la amplitud y profundidad que la versión final necesita. El conocimiento basal, es el conjunto de reglas y definiciones adecuadas para producir esta actividad.

La reconstrucción de reglas permite realizar una revisión apropiada al sistema. Consultar otros expertos con el fin de realizar una nueva revisión, permite detectar fallas existentes como el trabajo realizado en las distintas piezas de conocimiento.

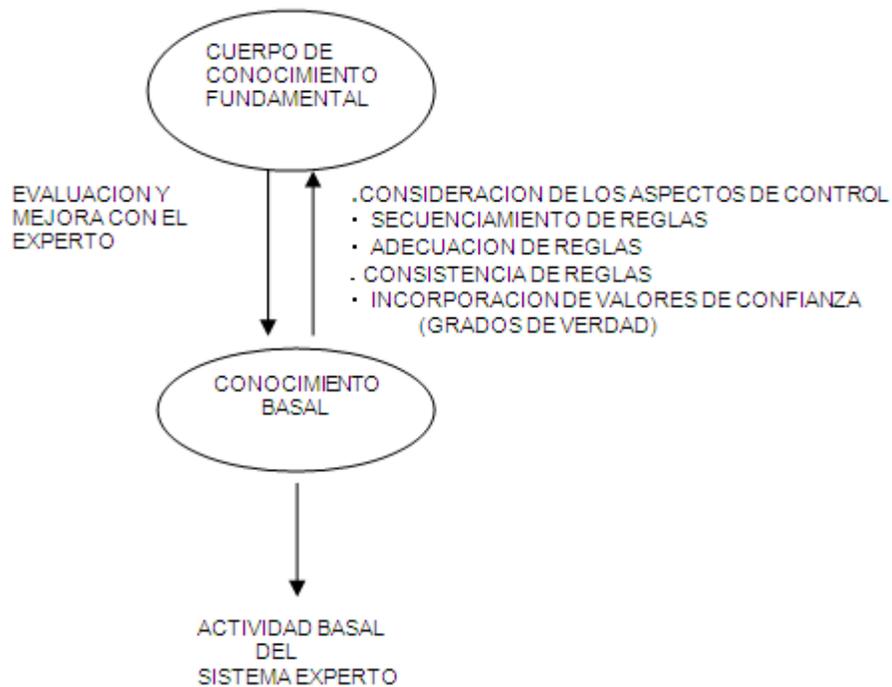


Fig. 8 Ciclo de revisión y mejoramiento de Grover(Grover 1983).

2.3. ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA DE BUCHANAN.

La metodología de Buchanan se desarrolla en cinco etapas fundamentales, que son: Identificación, Conceptualización, Formalización, Implementación y Prueba.

En esta metodología se establece una constante relación entre el Ingeniero del Conocimiento (persona encargada de conducir la entrevista con el experto y modelar el dominio) y el Experto en el Campo (persona de la cual se extraen todos los conocimientos) resulta ser la característica más importante ya que permite detectar errores a tiempo. En la figura número 9 se representa gráficamente el ciclo de vida de la metodología.

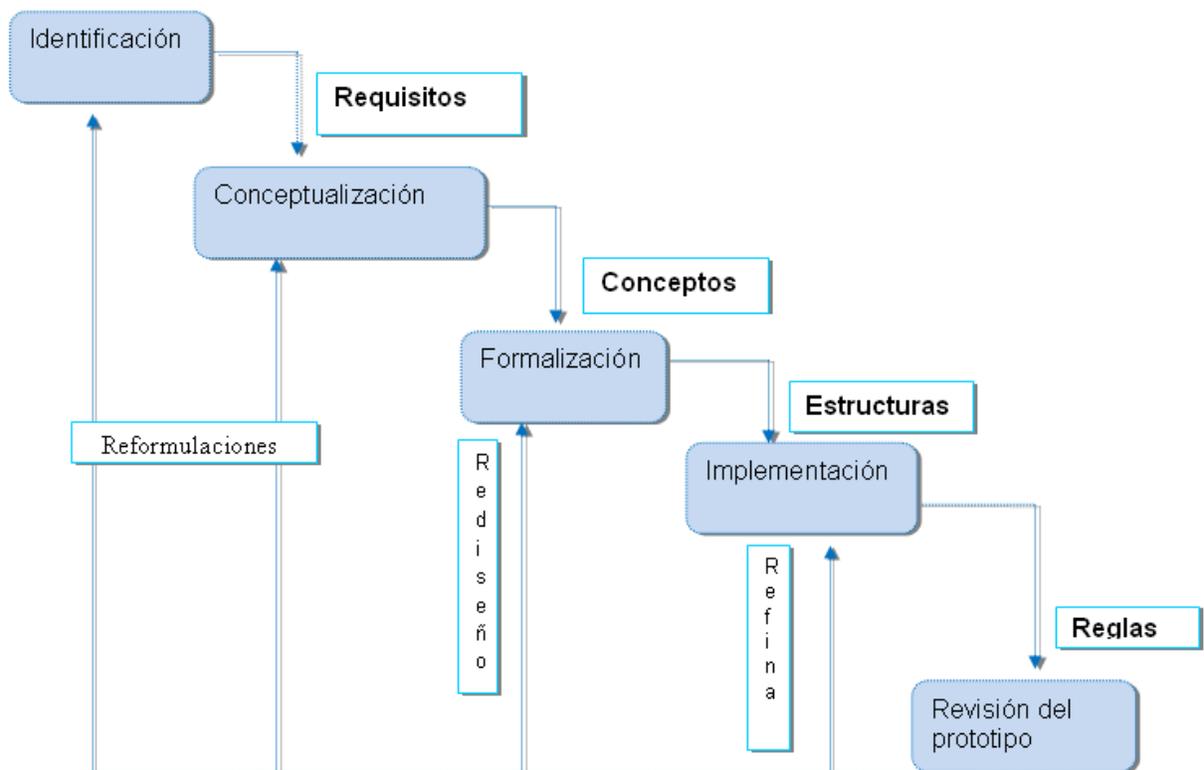


Fig. 9 Ciclo de vida de la metodología de Buchanan.

2.3.1. Etapa #1: Identificación.

En esta etapa el objetivo principal es reconocer los aspectos importantes del problema.

Participantes, que son todas las personas que se involucran con el sistema:

- Expertos del dominio
- Ingenieros de conocimiento
- Usuarios

Características del problema:

- Tipo
- Subtarear
- Terminología

Recursos disponibles:

- Fuentes de conocimiento
- Recursos computacionales
- Tiempo de desarrollo
- Financiación

Metas:

- Formalización del conocimiento del experto
- Distribución de experiencia
- Formación de nuevos expertos

Abarca desde los distintos tipos de búsqueda de información ya sea de libros, artículos, personas familiarizadas con el tema y un experto en el campo dispuesto a colaborar con el sistema, Así como las tareas y funciones que debe de realizar el sistema experto. En esta etapa primeramente se define el problema informalmente, luego de hacer un estudio de los recursos disponibles, se define el alcance que puede llegar a tener el sistema según estos, entonces se delimita el problema que se puede resolver específicamente.

4.3.1. Etapa #2: Conceptualización.

Después de que se ha definido correctamente el problema a resolver y se tiene en cuenta que la información necesaria para la construcción del sistema experto, tiene que ser extraída del experto del área, que es quien conoce el dominio correspondiente, se comienza a extraer el conocimiento que posee dicho experto. El ingeniero del conocimiento por su parte presta atención a la estructura y las estrategias básicas, así como qué hechos se establecen primero y tipos de preguntas que utiliza el experto para resolver el problema, luego procede a hacer un análisis para determinar los conceptos que se requieren para realizar las tareas que debe cumplir el sistema.

Esta etapa se centra en una búsqueda de conceptos que representen el conocimiento del experto, se organiza el conocimiento según un esquema conceptual del dominio y se identifica el flujo de información durante el proceso de resolución de problemas.

4.3.1. Etapa #3: Formalización.

Es en esta etapa donde se analizan las etapas precedentes y se formaliza el conocimiento extraído del experto. Aquí el ingeniero del conocimiento hace un estudio y selecciona estructuras apropiadas y convenientes para la construcción del sistema experto en particular.

También se formaliza el diagrama de información conceptual, extrayendo las reglas que describan el conocimiento del experto y los elementos subproblemas, que es una especificación parcial para pasar a construir un prototipo inicial de la base de conocimiento.

Se define la estructura del conocimiento, la cual indica las tareas y términos que se deben utilizar; y la estrategia, que determina cómo y cuándo el sistema experto debe establecerla.

En la formalización se realiza un proceso de traducción de conceptos claves, subproblemas y características de flujo de información. Se construyen las representaciones formales basadas en herramientas de desarrollo y esquemas de ingeniería del conocimiento.

4.3.1. Etapa # 4: Implementación

La etapa de implementación del sistema se basa en la formulación de reglas, formulación de la estructura de control y obtención de un prototipo. A medida que se realice la implementación se van comprobando los siguientes aspectos:

1. Que el formalismo usado es el conveniente para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.
2. Que las características específicas de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto.
3. Que la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto.
4. Que las reglas reflejen asociaciones y métodos que son usados por el experto y los modelos aceptables de dichos métodos.

Luego de la obtención del prototipo el ingeniero del conocimiento debe mostrar las reglas definidas y los resultados obtenidos al usar dichas reglas para que el experto manifieste su opinión sobre la representación y soluciones.

4.3.1. Etapa # 5: Revisión

Después de que ya se tiene un prototipo funcional del sistema experto, entonces se comienza un ciclo de revisión del mismo. La revisión tiene como objetivo principal buscar todos los posibles errores y anomalías que se hayan podido cometer durante todo el desarrollo.

La revisión se lleva a cabo mediante un proceso de refinamiento y rediseño que incluye los siguientes aspectos:

- Depuración de la base de conocimiento.
- Refinación de reglas.
- Rediseño de la estructura del conocimiento.
- Reformulación de conceptos básicos.
- Críticas y sugerencias de los expertos.

Otro de los objetivos de esta etapa es la incorporación de información adicional que haya proporcionado el experto. También se consultan otros expertos para verificar si se pueden hacer correcciones y ampliaciones.

En esta etapa se deben realizar varios ciclos de revisión haciendo posible que el prototipo del sistema sea más completo, eficiente y aplicable cada vez.

CAPÍTULO III. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS.

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrollarán las metodologías de Grover y Buchanan, (metodologías de educación del conocimiento para el diseño de la base del conocimiento de SE) aplicadas al caso de estudio real “*Diagnóstico de las sepsis vaginales en la Universidad de las Ciencias Informáticas*”.

3.2. METODOLOGÍA DE GROVER

3.2.1 Primera etapa: Definición del dominio

Después que el usuario define cuál es el problema, la primera fase de adquisición del conocimiento consiste en realizar un cuidadoso entendimiento del dominio. El objetivo principal de la etapa de definición del dominio es la de obtener un *Manual de Definición del Dominio*, con el que se pretende lograr un entendimiento del conocimiento fundamental del problema en que está enmarcado.

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 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.

3.2.1.3. Glosario de términos, acrónimos y símbolos.

En esta etapa se identifican los conceptos que son de sumo interés para un mejor entendimiento entre el experto del área y el Ingeniero del conocimiento que resulta ser el artefacto Manual de Definición de Dominio que se genera; el mismo se muestra en la tabla 1.

| Concepto | Función |
|----------------------------|--|
| Candidiasis Vulvovaginal | Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociado a la existencia de la candida albicans en las muestra vaginales |
| Cervicitis | Infección del cuello del útero. |
| Cervicitis | Infección del cuello del útero. |
| Coloración de la secreción | Permite caracterizar una secreción. |
| Gardnerellas | Es un bacilo implicado en la enfermedad denominada vaginosis bacteriana, caracterizada por un desequilibrio en la flora saprófita normal de la vagina con una disminución de Lactobacillus y un sobrecrecimiento poblacional de Gardnerella vaginalis y otras bacterias aerobias y anaerobias. |
| Microorganismos | Organismos unicelulares y microscópicos causantes de infecciones (vaginales en este caso). |
| Mobiluncus | Género de bacterias gram negativas, anaerobias en forma de bastoncillos. Sus organismos se encuentran en la vagina humana. |
| Neutrófilos | Tipo de glóbulo blanco que no se colorea bajo tinciones ácidas ni básicas. |
| PH vaginal | Grado de acidez de la vagina |
| Prueba de las aminas | Permite demostrar la existencia de gardnerellas en las muestras vaginales. |
| Secreción | Presencia de flujo vaginal |
| Sepsis vaginal | Secreciones vaginales causadas por agentes patógenos en la vagina |
| Signos | Características que presenta la secreción. |
| 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. |
| Trichomoniasis | Enfermedad causante del flujo vaginal en las mujeres. |

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

Tabla. 1 Manual de definición de dominio.

2.2.2.1. Identificación de expertos autorizados.

En este campo el experto autorizado es el Especialista en Ginecología que es la persona que reúne los conocimientos específicos necesarios para determinar la enfermedad según los síntomas y pruebas realizadas a los pacientes.

Para la realización de este SE, se cuenta con la experiencia de los siguientes:

- Especialista en Ginecología del centro médico de la Universidad de las Ciencias Informáticas: Marisol González Vigoa.
- Técnica de Laboratorio del Centro de y Epidemiología de San Antonio de Río Blanco: Maritza Flores Castro.
- Técnicas del laboratorio de Microbiología de La Universidad de las Ciencias Informáticas: Rosario Acosta Echevarría y Suleydis Caballero López.

3.2.1.5. Descripción de escenarios de ejemplos razonables.

Las secreciones vaginales normales se caracterizan por ser: inodoras, claras, viscosas, PH ácido menor que 4,5, no contienen neutrófilos y no fluyen durante el examen con espéculo. Anatómicamente la cercanía del ano a la uretra y vagina favorece la contaminación fecal y urinaria. En las niñas puede existir una secreción vaginal fisiológica en el momento del nacimiento, y en la mujer durante algunas etapas del ciclo menstrual, relacionado con el coito, durante el embarazo y la lactancia.

Las mujeres generalmente se quejan de secreción vaginal sólo cuando se modifican sus características en cuanto a cantidad, color y olor o cuando sienten prurito o molestias. El síntoma de secreción vaginal se presenta en las mujeres cuando tienen vaginitis (infección en la

vagina), cervicitis (infección del cuello del útero) o ambas. Cabe diferenciar estas dos afecciones porque la cervicitis provoca complicaciones graves.

3.2.2. Segunda etapa: Formulación fundamental del conocimiento

La formulación del conocimiento es la segunda fase de adquisición del conocimiento de la metodología de Grover, en esta etapa se revisan los escenarios seleccionados por el experto para satisfacer los criterios.

3.2.2.1. Aplicación de cuestionarios al experto de campo.

Se llevarán a cabo reuniones con los expertos (utilizando un lenguaje común, siendo este un léxico seleccionado), con las cuales se persigue tener un acercamiento a la tarea que realiza el experto, sin caer en casos específicos, así como reunir conocimientos del dominio.

Las preguntas que guiarán la realización de los cuestionarios aplicados son:

- ¿En qué consiste la actividad que desarrolla el experto?
- ¿En qué ámbito se lleva a cabo dicha actividad?
- ¿Cómo se lleva a cabo la tarea?
- ¿A qué estará orientada la tarea del sistema experto?

Posteriormente se procede al análisis de la sesión llevada a cabo, donde se enumeran los conceptos deducidos del interrogatorio, así como los conocimientos adquiridos. Por último se evaluará la sección para determinar si se cumplieron los objetivos propuestos con la misma. Estos cuestionarios fueron realizados anteriormente por el trabajo que realizó la Base de Conocimiento, que se utiliza para la realización de esta investigación. Estos cuestionarios aplicados, arrojaron una serie de definiciones y conceptos que le permitirán al ingeniero del conocimiento establecer un lenguaje común con el experto del área. Además de permitirle conocer una serie de conocimientos importantes que le servirán para representar las reglas que conformarán la BC.

Los conceptos que a continuación se muestran son los elementos fundamentales para la construcción de la base de conocimiento a partir de reglas de análisis, ya que forman un conjunto de entradas que permitirán la definición de las mismas.

Características de la secreción: La coloración de las secreciones así como la consistencia de las mismas permiten relacionarla con una enfermedad determinada.

Conjunto de síntomas: Cada enfermedad tiene asociado un conjunto de síntomas determinados.

Conjunto de microorganismos: Los microorganismos permiten afirmar la existencia de una enfermedad determinada.

Valor del TEST de amina: Prueba de laboratorio que es básica para la confirmación de la vaginosis bacteriana.

Acidez de la vagina: Cada enfermedad presenta un valor de PH característico.

3.2.2.2. Ontología de entidades del dominio, relaciones entre objetos (clases) y descripciones objetivas.

Para formalizar el conocimiento del equipo de desarrollo es una buena opción el análisis ontológico, ya que clarifica la estructura de conocimiento. Considerando un dominio particular, la ontología es el corazón de cualquier sistema de representación de conocimiento para ese dominio. Existen diferentes ontologías como Ontología de Dominio, Ontología de los Participantes y Ontología Acción.

3.2.2.3. Descripción de La Ontología del Dominio (OD).

La ontología del dominio es donde se reúne el conocimiento particular para el diagnóstico de las sepsis vaginales. Son las relaciones que existen entre los signos, síntomas y exámenes del laboratorio para proceder al diagnóstico. En la figura 10 se representa gráficamente esta ontología.

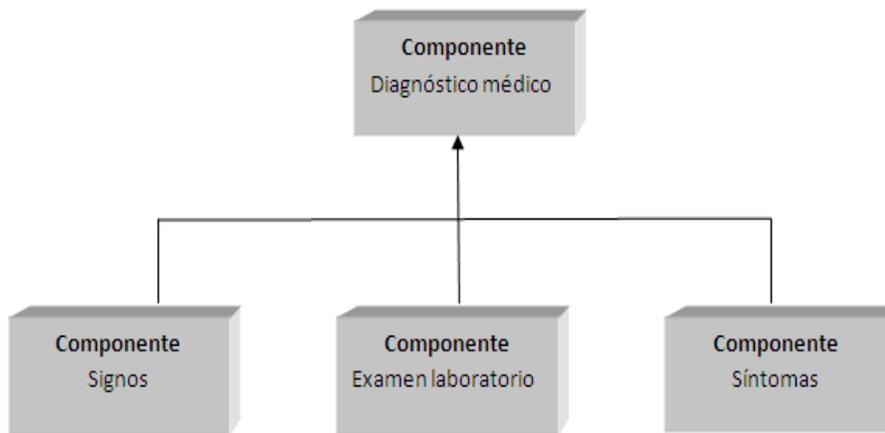


Fig. 10 Representación de la ontología de dominio.

3.2.2.4. Descripción de la Ontología de participantes (OP).

A continuación en la figura 11 se explica la relación que existe entre los grupos que intervienen en el desarrollo de un SE, en este caso es el Sistema Experto de Diagnóstico Médico de las Sepsis Vaginales.

El experto del área es la persona que cuenta con el conocimiento adquirido en libros o de sus años de trabajo para diagnosticar el tipo de enfermedad que el SE va a detectar, el mismo, en conjunto con el ingeniero de conocimiento son los principales miembros que intervienen en la realización del SE. El usuario final (la persona que se va a ser beneficiada con el producto), tendrá la posibilidad de visitar el centro médico y obtener sus resultados sin tener que esperar por el laboratorio de conocimiento “Fundamental”, mencionados en el capítulo anterior.

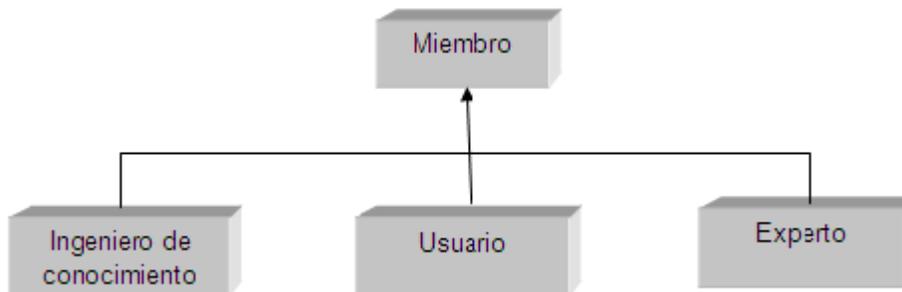


Fig. 11 Representación de la ontología de participantes.

3.2.2.5. Descripción de la Ontología de acción (OA).

Para la construcción de un SE se llevan a cabo una serie de acciones por parte de las personas involucradas en la realización del mismo. Estas acciones están enfocadas principalmente al diagnóstico médico donde se encuentran la consulta al paciente y los exámenes del laboratorio, adquisición y formalización del conocimiento.

En la figura 12 se muestra la estructura de la ontología de acción para el caso del diagnóstico médico.

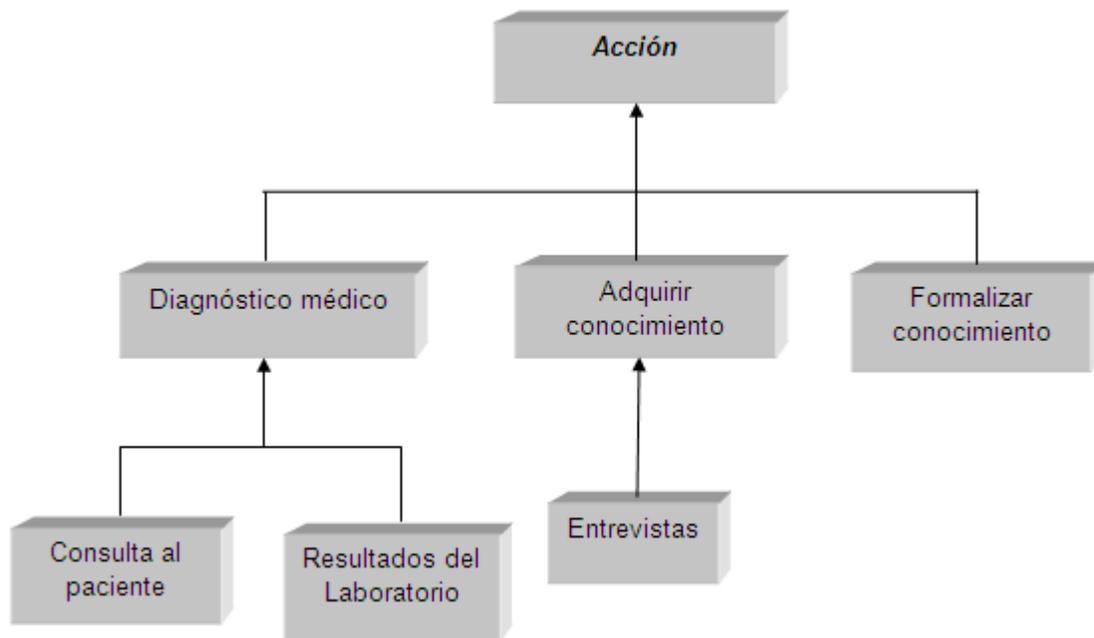


Fig. 12 Representación gráfica de la Ontología Acción.

3.2.2.6. Descripción del estado inicial incluyendo un conocimiento estático.

Los documentos consultados para el estudio de la metodología de Grover, no especifican cuál es el objetivo que se persigue con este paso, es decir se considera insuficiente la información que se ofrece del mismo en estos documentos consultados, lo que imposibilita el desarrollo de este aspecto.

3.2.2.7. Conjunto básico de reglas de razonamiento o inferencia.

Las reglas de razonamiento permiten obtener valores de verdad a partir de valores de verdad probados. Enmarcándose en el dominio de las *Sepsis Vaginales*, donde existe una gran cantidad de conclusiones posibles, se propone usar el **encadenamiento hacia delante** como regla de razonamiento ya que el mismo se enmarca en la búsqueda de reglas a partir de los antecedentes, entonces quedaría de la siguiente manera.

SI (síntomas, signos, exámenes de laboratorio) **ENTONCES** se concluye una enfermedad determinada.

Con esta forma de razonamiento se posibilita que atendiendo a la mayor cantidad y exactitud de atributos entonces seleccione la regla más apropiada para la ejecución ya que el objetivo del sistema experto es que a partir de una serie de preguntas para identificar los síntomas, signos y resultado de los exámenes del laboratorio entonces concluya alguna de las enfermedades propuestas.

3.2.2.8. Lista de estrategias humanas (meta-reglas) las cuales pueden ser consideradas por los diseñadores.

Las metas-reglas son reglas sobre el dominio que se encargan de cómo mejorar la facilidad y el rendimiento del sistema.

A continuación se listan algunas de las metas-reglas propuestas para esta base de conocimiento.

SI el microorganismo detectado son células levaduriformes **ENTONCES** debe recurrir primero a las reglas que diagnostican la candidiasis vaginal.

SI el resultado de la prueba de amina es positiva y el PH > 4.5 **ENTONCES** primeramente ir a las reglas que diagnostican vaginosis bacteriana:

SI la enfermedad es vaginosis bacteriana y hay reglas que mencionan que la prueba de amina es positiva y en otra el PH > 4.5, **ENTONCES** primero analizar las reglas que mencionan las prueba de amina positiva.

SI presenta microorganismo presente es Trichomonas **ENTONCES** ir a las reglas que diagnostican trichomoniasis vaginal.

SI se ha culminado alguna de las enfermedades y para esta no se ha cumplido correctamente una regla **ENTONCES** el sistemas debe de mandar una alarma.

3.2.2.9. Resultados de las aplicaciones de las métricas.

En la adquisición del conocimiento se obtuvieron como resultado final un conjunto de 11 conceptos, 39 atributos y 223 reglas. Con estos datos se van aplicar una serie de métricas capaces de evaluar el estado del sistema experto.

A continuación se presenta una tabla con los conceptos y atributos adquiridos para la representación del conocimiento.

| Conceptos | Atributos |
|------------------------------|---|
| Diagnóstico médico. | - Trichomoniasis. -Vaginosis bacteriana -Candidiasis vulvovaginal |
| Signos | - Característica de la secreción. |
| Síntomas | - Dispareunia - Purito - Dolor abdominal - Enrojecimiento vulvar - Disduria - Inflamación vaginal - Irritación local. - Dolor durante la relación sexual |
| Examen del laboratorio. | -Test de amina -Prueba de PH -Microorganismo |
| Coloración de la secreción | - Blanca - Verdosa - Grisácea - Amarilla |
| Consistencia de la secreción | - Pegajosa - Líquida - Espumosa -Espesa |
| Fetidez de la secreción | -Fétida - No Fétida |
| Proporción presentada | -Moderada |

| | |
|----------------|---|
| | -Escasa - Abundante |
| Prueba de PH. | -de 5 a 6 -<4.5 -de 6.7 a 7 |
| Test anemia | -Positivo -negativo |
| Microorganismo | -Trichomonas -Células Guías -Cándidas albicans -Cándidas grabata -Células levaduriformes -Mobiluncos |

Tabla. 2 Relación de concepto atributo

Métrica Número 1: Cantidad de Conceptos, Cantidad de Reglas y Cantidad de Atributos.

Los conceptos utilizados para la métricas son los conceptos que van a estar implicados en las reglas.

| | |
|------------------------------|------------|
| Cantidad de Conceptos | 11 |
| Cantidad de Atributos | 39 |
| Cantidad de reglas | 220 |

Con la aplicación de esta métrica se obtiene como resultado la contabilización de las reglas, atributos y conceptos con que cuenta la base del conocimiento. Esta arroja como resultado la complejidad del dominio. Debido a la cantidad de reglas presentes se concluye que tiene un alto grado de conocimiento del dominio.

Métrica Número 2: Cantidad de Conceptos en una Regla / Cantidad de Conceptos.

| | |
|--|-------------|
| Cantidad de Conceptos en reglas | 5 |
| Cantidad de Conceptos | 11 |
| Resultados | 0.45 |

En la aplicación de esta métrica se obtienen valores medios, por lo que no se puede decir que se tiene poco o bastante sobre el conocimiento del dominio. Si en este dominio aumenta la

cantidad de conceptos en reglas entonces convergería a uno y se pudiera decir que la base del conocimiento logra una mayor madurez, por otra parte si los que aumentarían fuesen los conceptos el resultado convergería a cero se pudiera decir que ha perdido conocimiento o que hay conceptos que no son importantes en la base del conocimiento.

Métrica Número 3: Cantidad de Atributos en una Regla / Cantidad de Atributos.

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Cantidad de Atributos en regla | 5 |
| Cantidad de Atributos | 39 |
| Resultados | 0.12 |

En la aplicación de esta métrica se obtienen bajos valores, por lo que se puede decir que existe probabilidad de que existan problemas en el desarrollo del sistema a que se vaya a implementar.

Métrica Número 4: Cantidad de Conceptos / Cantidad de Reglas.

| | |
|------------------------------|-------------|
| Cantidad de Conceptos | 11 |
| Cantidad de Reglas | 220 |
| Resultados | 0.05 |

En la aplicación de esta métrica se obtiene un valor muy por debajo de uno, por lo que se dice que se conocen las relaciones del dominio teniendo una Base de reglas madura, con varias relaciones y reglas redundantes.

Métrica Número 5: Promedio de Atributos por Concepto

| | |
|------------------------------|-------------|
| Cantidad de Atributos | 39 |
| Cantidad de Conceptos | 11 |
| Promedio | 3.54 |

Al aplicar esta métrica se obtienen valores los cuales pueden dar idea de que es un dominio poco complejo o que se debe de hacer una revisión porque se pueden haber quedado atributo fuera de consideración.

Se considera que las métricas constituyen una parte importante que debería ser considerada en todo proceso de desarrollo de sistemas expertos, puesto que con ellas se puede evaluar tanto la calidad como la evolución de los conocimientos que el sistema posee y adquiere.

3.3. METODOLOGÍA DE BUCHANAN

3.3.1. Etapa de Identificación.

En esta primera etapa se identifican los participantes, así como los roles que van a desarrollar, los recursos y fuentes del conocimiento. Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos. Además se identifican por parte del experto los objetivos y características del problema informalmente.

En esta etapa el experto de campo y el ingeniero de conocimiento definen el alcance del sistema experto, es decir, qué problemas va a resolver concretamente el sistema experto después de que el ingeniero del conocimiento haya realizado un estudio de los recursos con que se cuenta.

Participantes:

Dentro del equipo de desarrollo de software se encontrarán un grupo de personas encargadas de construir el sistema experto, estos van a ser los **ingenieros del conocimiento**.

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

Se integran a la realización de este SE los **expertos** en el campo: la Especialista en Ginecología del centro médico de la Universidad de las Ciencias Informáticas: Marisol González Vigoa, además de la Técnica de Laboratorio del Centro de Higiene y Epidemiología de San Antonio de Río Blanco: Maritza Flores Castro, técnicas del laboratorio de Microbiología de La Universidad de Ciencias Informáticas Rosario Acosta Echevarría y Suleydis Caballero López.

Usuarios: Pueden ser los que van operar la aplicación y los clientes de la aplicación.

Descripción del problema a resolver

El problema que se describe es el planteado en la tesis referenciada, de la cual se toma la ingeniería del conocimiento para desarrollar esta investigación.

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

Objetivos:

Este sistema debe de cumplir con los siguientes objetivos:

- El sistema debe ser capaz de diagnosticar la trichomoniasis, la vaginosis bacteriana y la candidiasis vulvovaginal.
- El diagnóstico debe ser realizado a partir del conjunto de signos y síntomas del paciente.
- El sistema debe ser capaz de diagnosticar aún sin tener los resultados del laboratorio.
- El sistema debe servir de apoyo en la consulta de ginecología para el trabajo con las pacientes.

El diagnóstico médico certero se realizara a partir de los resultados del laboratorio, esta es la **característica principal** con la que el sistema debe de cumplir.

Recursos:

Medios: los medios tangibles, díganse personas y recursos; los intangibles, o sea información y soporte.

Si para la realización de este sistema se cuenta con los medios tangibles e intangibles suficientes para el desarrollo del mismo tales como: computadoras y el personal capacitado para llevar a cabo este trabajo.

En la UCI normalmente se ponen los recursos en función de lo que haga falta hacer, por lo que al tener los recursos necesarios para resolver el problema, entonces queda definido específicamente el problema que se quería resolver anteriormente. Por el contrario si los medios necesarios están disponibles entonces se pasa hacer un análisis de que problema es el que se puede responder.

3.3.2. Etapa de Conceptualización.

Luego del proceso identificación se procede a la Conceptualización que constituye la segunda etapa de la metodología de Buchanan, la cual consiste básicamente en analizar los conceptos vertidos por el experto del área.

Estos conceptos se toman en cuenta con sumo interés, pues el experto del área es quien conoce en detalle los fundamentos particulares del tema a investigar.

El ingeniero del conocimiento primeramente debe tener en cuenta las preguntas que realiza el médico a sus pacientes para luego comenzar, extraer los conceptos y conocimientos suficientes para el perfecto desarrollo y funcionamiento del sistema experto.

Preguntas que hace el médico:

¿Qué se síntomas presenta?

¿Presenta dolor?

¿Presenta enrojecimiento?

¿Tiene secreción?

¿Qué color tiene la secreción?

¿En que constancia se presenta la secreción?

Según las respuestas del paciente, el médico ordena los exámenes de laboratorio para hacer el diagnóstico de alguna enfermedad en caso de que presente.

A continuación se muestran los principales conceptos extraídos del experto que dan paso a la construcción del diagrama conceptual del dominio.

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

Secreción: Presencia de flujo vaginal.

Coloración de la secreción: Permite caracterizar una secreción.

Test de amina: Prueba de laboratorio realizada para confirmar la existencia de *Gardnerella*.

Células guías: Células epiteliales encontradas en las muestras vaginales.

PH vaginal: Grado de acidez de la vagina.

Microorganismos: Organismos unicelulares y microscópicos (causantes en este caso 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.

Signos: Referido a las características de las secreciones vaginales.

Candidiasis vulvovaginal: Enfermedad causante de flujo vaginal en las mujeres, asociado a la existencia de la *Candida 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.

3.3.3. Etapa de Formalización.

La etapa de formalización persigue el fin de expresar los conocimientos sobre el problema y su resolución en estructuras que puedan ser representadas en una computadora para su posterior utilización.

Recibe el nombre de formalismo de representación de las diferentes estructuras que permiten expresar formalmente los conocimientos de un dominio.

El formalismo utilizado para representar el conocimiento en el presente trabajo de diploma es un sistema de producción. La arquitectura de un sistema de producción está compuesta por tres elementos básicos: la base de hechos, la base de reglas y la estrategia de control. La base de conocimientos del sistema esta conformada por la base de hechos y la base de reglas.

El ingeniero del conocimiento reconoce los pasos a seguir por el experto que se grafican y explican a continuación:

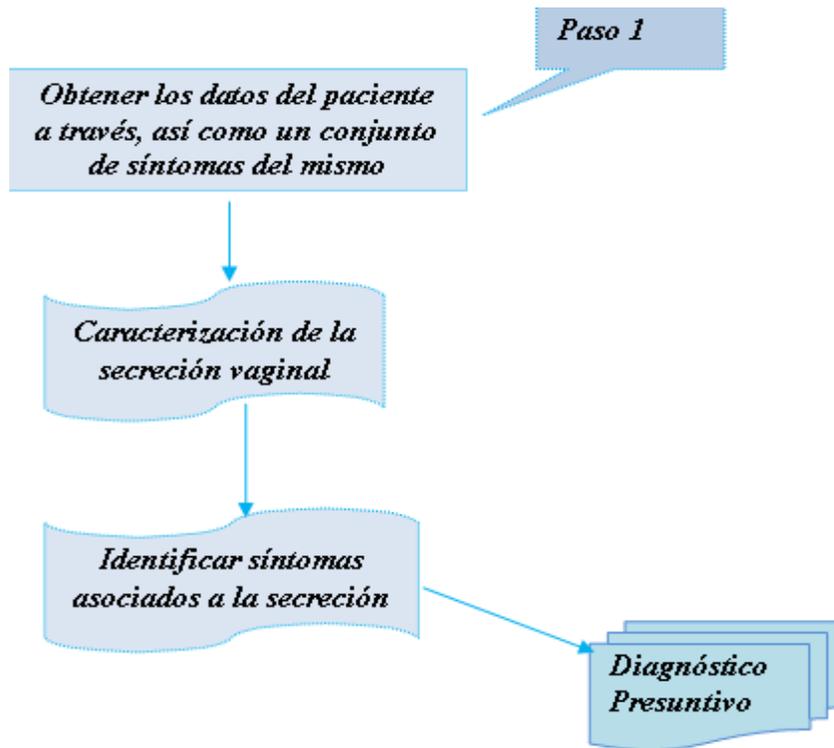


Fig. 13 Obtención del diagnóstico presuntivo.

El primer paso que se muestra en la figura 13 tiene como objetivo obtener los datos del paciente así como el conjunto de síntomas del mismo el cual esta ordenado por un conjunto de subpasos a seguir como son: caracterización de la secreción vaginal e identificación de los síntomas asociados a la secreción. El experto analiza el conjunto de síntomas presentados por el paciente arribando a conclusiones referente a la enfermedad que este puede padecer y da un diagnóstico inicial que luego es confirmado por los exámenes de laboratorio. Este primer paso se conoce como un diagnóstico presuntivo.

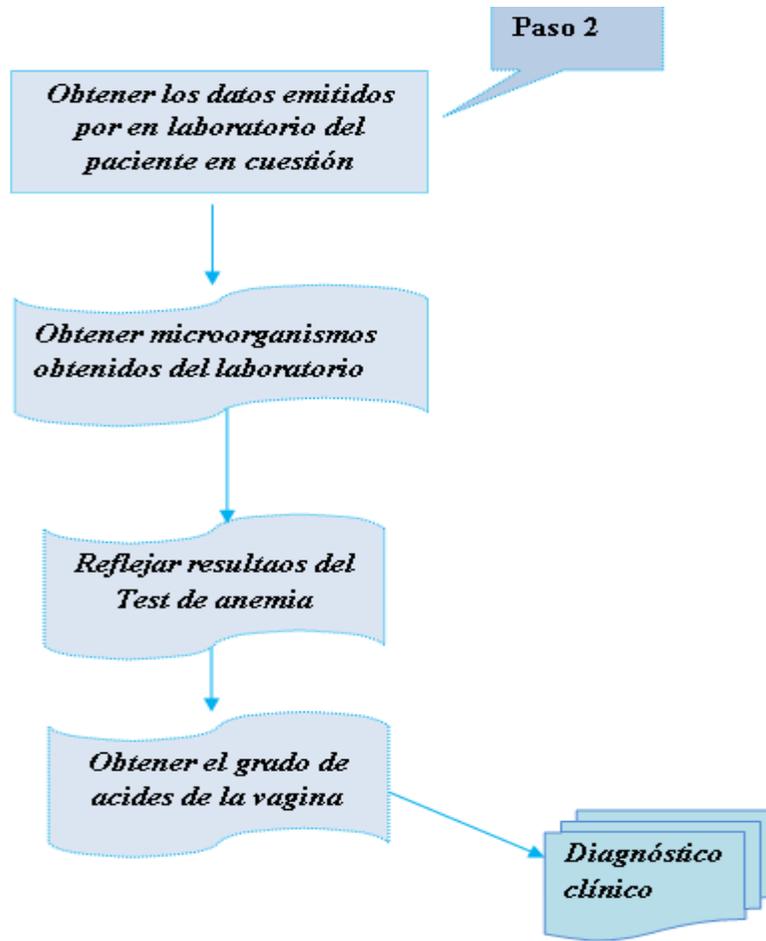


Fig. 14 Obtención del diagnóstico clínico.

El segundo paso como se muestra en la figura 14 es obtener los resultados emitidos en el laboratorio del paciente en cuestión que está ordenado por un conjunto de subpasos a seguir como son: obtener la relación de microorganismos obtenidos en el examen de laboratorio, reflejar el resultado del test de amina aplicado en el laboratorio y obtener el grado de acidez de la vagina. El experto obtiene el dominio del conjunto de exámenes realizados en el laboratorio necesarios para dar el diagnóstico. Este segundo paso se conoce como un Diagnóstico Clínico.

Con el análisis de los diagnósticos presuntivo y clínico se obtienen los conocimientos para llegar al diagnóstico médico general que se reconoce como la estrategia básica que usa el experto cuando desarrolla su tarea. En la Figura 15 se muestra el proceso.



Fig. 15 Obtención del Diagnóstico Médico.

Cada uno de los síntomas y signos de los pacientes fueron representados en las reglas. A continuación se muestran tres de las reglas de la base de conocimiento.

La primera regla permite el diagnóstico de la candidiasis vulvovaginal

- **SI** presenta (secreción vaginal blanca, células levaduriformes, prueba de amina negativa y PH vaginal) **ENTONCES** presenta candidiasis vulvovaginal.

La segunda regla permite el diagnóstico de la vaginosis bacteriana,

- **SI** presenta (secreción vaginal blanca, prueba de amina positiva y células guías) **ENTONCES** presenta vaginosis bacteriana.

La tercera regla permite el diagnóstico de la trichomoniasis.

- **SI** presenta (secreción vaginal amarilla y *Trichomonas*) **ENTONCES** presenta trichomoniasis.

En esta etapa se tiene como resultado el diagrama de información conceptual y los elementos subproblemas son una especificación parcial para construir un prototipo de base de conocimiento.

La figura 16 muestra el diagrama conceptual que ha sido generado a partir de los conocimientos reunidos de los expertos.

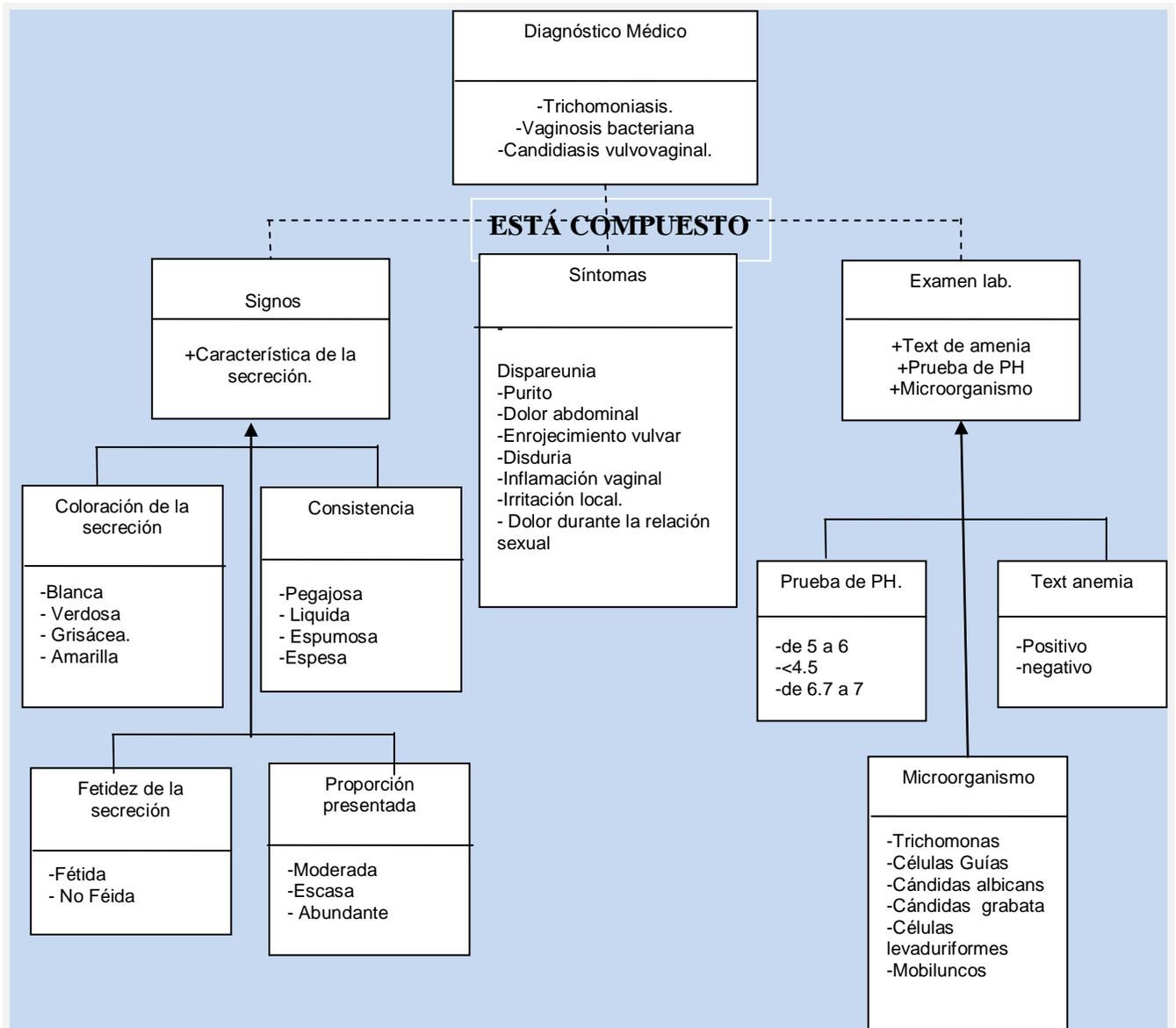


Fig. 16. Diagrama conceptual.

3.3.4. Etapa de Implementación.

En esta etapa el ingeniero de conocimiento debe formalizar el conocimiento obtenido del experto. Esta tarea implica definir qué arquitectura permitirá una mejor organización del conocimiento. Es necesario elegir la organización, lenguaje y medio ambiente de programación adecuados para la aplicación particular.

Se sugiere el lenguaje Prolog en su versión LPA WinProlog para representar la Base de Conocimiento, ya este lenguaje cuenta con una máquina de inferencia como estrategia de control.

La base de conocimiento está diseñada para que el sistema identifique tres enfermedades: La candidiasis vulvovaginal, la trichomoniasis y la vaginosis bacteriana.

El ingeniero de conocimiento, a medida que se desarrolla el prototipo, deberá saber representar el formalismo de los conceptos capturados del experto del campo para que la máquina de inferencia los sepa interpretar de la forma correcta, así como las características particulares que debe cumplir el sistema.

CAPÍTULO IV. OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS.

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se establece una comparación entre las metodologías desarrolladas, con el objetivo de encontrar ventajas y desventajas que le permitan al ingeniero del conocimiento definir cuál es la metodología que va utilizar para construir un SE.

Para desarrollar un sistema experto se debe tener idea de algún modo de adquirir y diseñar el conocimiento, por lo que se acude a usar metodologías de desarrollo como herramientas de apoyo para la captura del conocimiento.

Con el desarrollo de ambas metodologías para un caso de estudio Diagnóstico de las sepsis vaginales en la UCI, se pueden proceder a comparar los resultados obtenidos por cada una de ellas.

4.2. ASPECTOS A COMPARAR.

Para la comparación de estas metodologías se deben tener en cuenta una serie de aspectos que cada una de las metodologías de educación del conocimiento debe de cumplir, aspectos que fueron expuestos 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.

| Aspectos: Cómo identifica y define el problema | | | | | | | |
|---|---------------|---------|------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------|
| Metodologías | Participantes | | | Estudio de los recursos disponibles | Define objetivos | Define alcance del problema | Documentación |
| | Entrevista | Usuario | Ing. | | | | |
| Buchanan | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Grover | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Tabla. 3 Comparación de las metodologías por el aspecto cómo identificar y definir el problema

| Aspectos: Cómo Adquirir conocimiento | | | | | |
|---|---------------------------------|---------------|-----------|-------------------------|-----------------|
| Metodologías | Método de adquirir conocimiento | | | Documenta los conceptos | Crea artefactos |
| | Experto | Cuestionarios | Encuestas | | |
| Buchanan | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Grover | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla. 4 Comparación de las metodologías por el aspecto cómo adquirir conocimiento

| Aspectos: Formalización del conocimiento | | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------|------------------|------------------------|--|------------------------|----------------------|------------------------|
| Metodologías | Participa el experto | Lenguaje apropiado | Define ontología | Reglas de razonamiento | Revisa escenarios seleccionados por el experto | Documenta este proceso | Crea prototipo de BC | Aplicación de métricas |
| Buchanan | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Grover | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabla. 4 Comparación de las metodologías por el aspecto cómo formalizar el conocimiento.

Luego de concluida la comparación de ambas metodologías por lo aspectos seleccionados, se han obtenido un serie de valoraciones y criterios que permitirán determinar las ventajas y desventajas de estas metodologías. Estos criterios obtenidos se exponer a continuación.

Para construir un Sistema Experto que se utilizará en un lugar donde con cuenta con una permanencia estable del Experto se recomienda el uso y aplicación de la metodología de Grover, la misma brinda una documentación detallada que le permitirá a cualquier persona hacer uso de sistema.

En la universidad generalmente los recursos se ponen en función de resolver los problemas existentes dentro del centro, en este caso se recomienda el empleo de la metodología de Grover, la misma no realiza un estudio de los recursos disponible, lo que le facilita a los desarrolladores agilizar el proceso de desarrollo y ganar en tiempo. Por otra parte si el sistema experto fuese construido en un centro o por un grupo de desarrollo que no cuente con las facilidades de computacionales se recomienda el empleo de la metodología de Buchanan que le permitirá realizar un análisis y valoración de sus recursos.

4.3. ASPECTOS CUALITATIVOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODLOGÍA GROVER y BUCHANAN.

Al decidir cuál de estas dos metodologías es la más adecuada para la construcción de un sistema experto, se debe tener en cuenta cuáles pueden ser las ventajas y desventajas que proporciona el uso de las mismas.

4.3.1. Ventajas de la aplicación de la metodología de Grover.

Entre las principales ventajas de esta metodología se pueden mencionar:

La metodología de Grover define una serie de etapas, propone con énfasis una documentación de los procesos que se realizan, los cuales reemplazan parcialmente al experto y sirven de medio de comunicación y referencia entre los usuarios y los diseñadores del Sistema Experto.

En Grover se lleva a cabo el contenido de la ontología que es el corazón del sistema experto, este importante esquema se divide en tres partes: una es la ontología de dominio que es donde se captura el conocimiento y las restricciones que plantea el dominio en particular, una ontología de participantes en la cual se recogen todos los individuos que tienen relación con el desarrollo del sistema y la ontología de acción que es la representación de las acciones que desarrollan los participantes. Estas ontologías tienen una interrelación entre si, ya que todas las acciones son realizadas por los participantes y a la vez todo gira alrededor del dominio en que se trabaja y permiten al ingeniero del conocimiento tener una guía de qué es lo que se quiere hacer y cómo es que se logra.

Grover propone la definición de una serie de métricas de performance para ser aplicadas a lo largo de todo el desarrollo del sistema experto, que permiten comprobar la calidad y madurez del producto, teniendo en cuenta el grado de conocimiento del dominio, la probabilidad de que

existan problemas en el desarrollo del sistema a implementar, así como el grado la madurez de las reglas y su complejidad.

4.3.2. Desventajas de la aplicación de la metodología de Grover.

Aunque son grandes las ventajas que proporciona esta metodología, no se puede dejar de lado las desventajas que se pueden presentar:

La metodología de Grover se basa sólo en tres etapas, en las cuales se acumula mucho contenido a desarrollar, por lo que a veces trae dificultad al desglosar todo este contenido para desarrollarlo.

También en esta metodología no se hace un análisis de los recursos que se necesitan para construir el sistema, ni de los que se tienen disponibles, lo que puede dificultar el desarrollo del sistema.

Debido a la poca documentación y conocimiento de la aplicación de esta metodología hay aspectos de su contenido que no se pueden desarrollar, por ejemplo: cuando en la etapa de Formulación fundamental del conocimiento se hace referencia a una descripción del estado inicial incluyendo un conocimiento estático, no se puede desarrollar ya que no existe una explicación concreta del objetivo que persigue con este paso.

4.3.3. Ventajas de la aplicación de la metodología de Buchanan.

Entre las principales ventajas de la metodología de Buchanan se tienen:

La metodología de Buchanan se desarrolla en 5 etapas bien definidas, lo que posibilita que esté más detallado el contenido que a ella corresponda, permitiendo realizar con mayor claridad y profundidad los escenarios que se manifiestan en cada etapa.

Hace una análisis de de los recursos disponibles para la realización del sistema experto.

Permite la creación en etapas tempranas de un prototipo del sistema que converge gradualmente al Sistema Final.

La misma permite una constante relación entre el ingeniero del conocimiento y el experto del área, lo cual es de gran importancia ya que se pueden detectar errores y proponer mejoras en cada parte del ciclo de vida del desarrollo del sistema.

4.3.4. Desventajas de la aplicación de la metodología de Buchanan

Aunque son grandes las ventajas, no hay que dejar de lado las desventajas que se pueden presentar:

En esta metodología el problema a resolver siempre va a estar en correspondencia con los recursos con que cuenta el equipo de desarrollo para implementar un sistema y no soluciona el problema que se presenta si no se dispone de los recursos necesarios.

No se cuenta con una documentación que le permita al ingeniero del conocimiento almacenar toda la información recogida del experto, por lo que se pueden producir pérdidas de las mismas, además de no generarse artefactos que le muestren al usuario el trabajo que se está realizando.

En la tabla 6 se recogen de forma resumida las ventajas y desventajas que se presentaron en las metodologías.

| Metodologías | Ventajas | Desventajas |
|--------------|---|---|
| Grover | <ul style="list-style-type: none">- Resuelve el problema que se plantea.- Genera artefactos.- Estudia la ontología.- Aplica métricas.- Sustituye parcialmente al experto.- Es documentada. | <ul style="list-style-type: none">- Pocas etapas.- Poca información del contenido. |
| Buchanan | <ul style="list-style-type: none">- Propone una serie de etapas bien definidas.- Obtiene un prototipo en etapas tempranas.- Constante interrelación con el experto del | <ul style="list-style-type: none">- Resuelve el problema en función de los recursos disponibles.- No es documentada. |

| | | |
|--|--------|--|
| | campo. | |
|--|--------|--|

Tabla. 6 Ventajas y desventajas de las metodologías de Buchanan y Grover.

Luego de establecer las comparaciones entre las metodologías y analizar las ventajas y desventajas que proporcionan cada una de ellas, este trabajo propone la utilización de la metodología de Grover para el desarrollo de sistemas expertos en la Universidad de las Ciencias Informáticas, principalmente para los SE de diagnóstico.

4.4. CONCLUSIONES.

En este capítulo se realizó un estudio comparativo de las metodologías que permiten definir las ventajas y desventajas de su uso, así como las diferencias existentes entre las mismas. Con los resultados obtenidos a partir del análisis realizado en este capítulo, se puede asegurar que la metodología de Grover es más eficiente que la metodología de Buchanan para el desarrollo de un Sistema Experto, ya que la misma genera una serie de artefactos, define una ontología que resulta ser el corazón de un sistema experto, además de definir una serie de métricas que permiten medir la calidad y madurez del sistema que se está modelando.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de diploma se le dio cumplimiento a todos los objetivos propuestos para el desarrollo de la investigación. Los conocimientos adquiridos en el estudio de los Sistemas Expertos y de la Metodología de Grover y Buchanan fueron expuestos de forma explícita en el desarrollo de la investigación.

Se realizó un profundo estudio de las Metodologías de desarrollo de Software para sistemas expertos, como son las metodologías de Buchanan y Grover, paso importante para su posterior desarrollo aplicado al caso de estudio real: *“Diagnóstico de las sepsis vaginales en la Universidad de las Ciencias Informáticas.”*

Con la aplicación de estas metodologías se obtuvo como resultado final de este trabajo de diploma un conjunto de ventajas y desventajas, las mismas deben de tenerse en cuenta para seleccionar una de estas metodologías estudiadas para modelar un sistema experto, llegando a la propuesta de que la metodología de Grover es la más indicada para realizar el diseño de una base de conocimientos de un sistema experto.

En Buchanan la etapa de Adquisición del Conocimiento, Conceptualización y Formalización constituyen los pilares fundamentales, permitiendo la creación en etapas tempranas de un prototipo de sistema que converge gradualmente al Sistema Final.

Grover es una metodología que propone con énfasis una documentación de los procesos, los cuales reemplazan parcialmente al experto y sirven de medio de comunicación y referencia entre los usuarios y los diseñadores.

RECOMENDACIONES

Una vez arribado exitosamente al final de la investigación, con el consecuente cumplimiento de sus objetivos mediante las tareas planteadas, se recomienda que:

- Cuando se vaya a decidir por una de estas metodologías lo hagan por Grover, ya que posee un conjunto de ventajas que le permiten un mejor desarrollo y aplicación.
- Se proponga mejoras a las metodologías con el objetivo de eliminar las desventajas que estas presentan, para así posibilitar su buena aplicación.
- Se proponga una nueva metodología a partir de las premisas analizadas, con las fases de Buchanan y las ventajas que proporciona Grover.

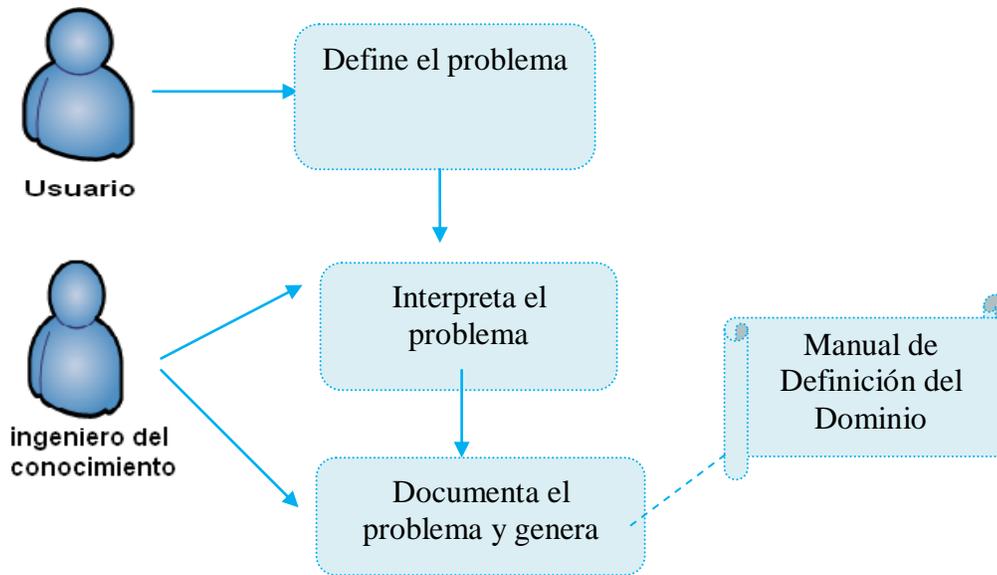
REFERENCIAS

1. Ayala, A. P. (2006). Sistemas basados en Conocimiento: Una Base para su Concepción y Desarrollo.
2. Baldo, G. (2005). Acciones como fuente de conocimiento de una comunidad.
3. Castellano, J. M. (2004). Inteligencia Artificial.
4. Grover, M. (1983). A pragmatic knowledge acquisition methodology.
5. Guevara, L. L. d. (1977). Metodología de la investigación Científica.
6. Lazo, R. (2007). El modelo de diseño del sistema Hyperweb. Módulos de Tratamiento Farmacológico y Configuración. , UCI.
7. López, R. H. (2004). Áreas de aplicación para inteligencia artificial, sistemas expertos, redes neuronales y algoritmos genéticos.
8. Pollo, M. F. (2007). Métricas de la Ingeniería en Conocimiento.
9. Ruiz, M. E. (2004). Sistema experto para la realización del diagnóstico de la Parálisis Facial con electromiografía: PARFAC.

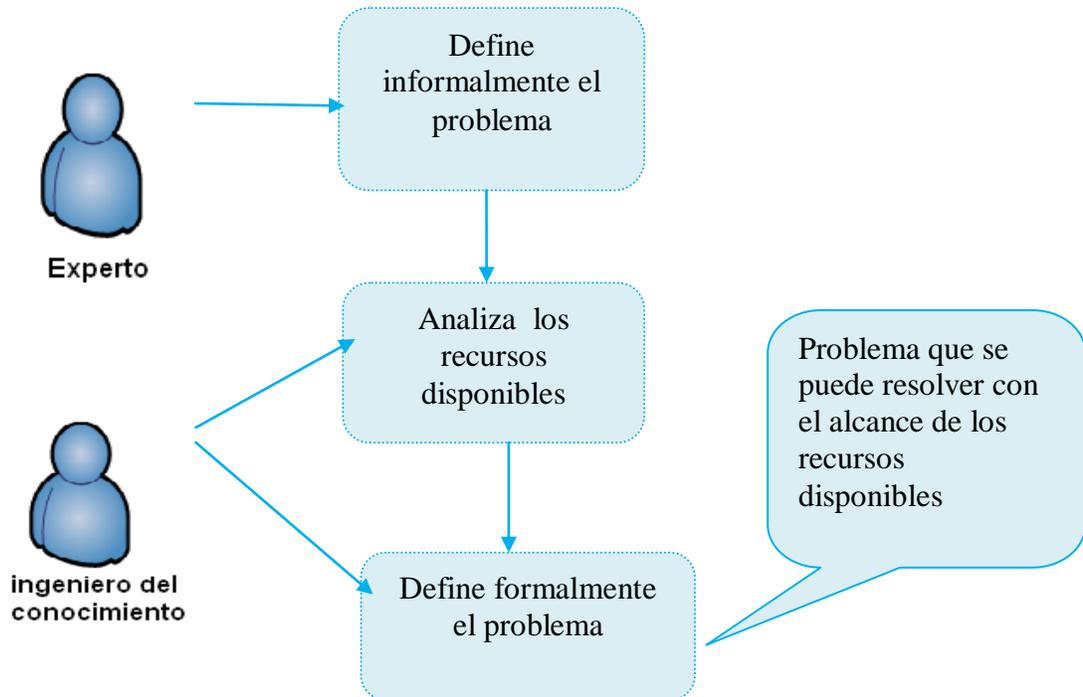
BIBLIOGRAFÍA

1. Autores, C. D. British Computer Society: Specialist Group on Expert System. Computer Society Workshop. 1987.
2. Castillo, E. Y. A., E. Sistemas Expertos: Aprendizaje e incertidumbre. Paraninfo. 1989.
3. Castillo, J. M. G., A. S. H. Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. 2000.
4. Cepeda. D. L. M. Inteligencia Artificial.
5. Céspedes Gamboa LR, Ballester Real RF, Oliva Martínez L. Sepsis neonatal – sepsis vaginal materna. Multimed. # 4. 2003.
6. Delahaye, J. P. Formal Methods in Artificial Intelligence. Eyrolles. Paris, 1986. 001.535.
7. Fernández, C. A. I. Sistemas Basados en Conocimientos, 1999. [Disponible en: <http://www.gsi.dit.upm.es/~cif/cursos/ssii/clips99.pdf>.
8. González, J. L. Utilización de los sistemas expertos en entomología. 1990.
9. Grover M.1983. A Pragmatic Knowledge Acquisition Methodology. Proceedings VIII IJCAI. Estados Unidos.
10. Gutiérrez, J.M. Modelos de redes probabilísticas en sistemas expertos.1998.
11. Hernández C.A., G.L.I. Ingeniería del Conocimiento de un Sistema Experto de diagnóstico médico de las Sepsis Vaginales. 2007.
12. López, A. V. Aplicaciones de la inteligencia artificial en problemas de producción 2007. [Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/apliintarti.htm>.
13. Marcelo, F. R. Métrica de calidad de Sistemas Basados en Conocimiento.
14. Saavedra, R, J. M. Sistemas expertos.2006.
15. Samper, M. J. Introducción a los sistemas expertos.

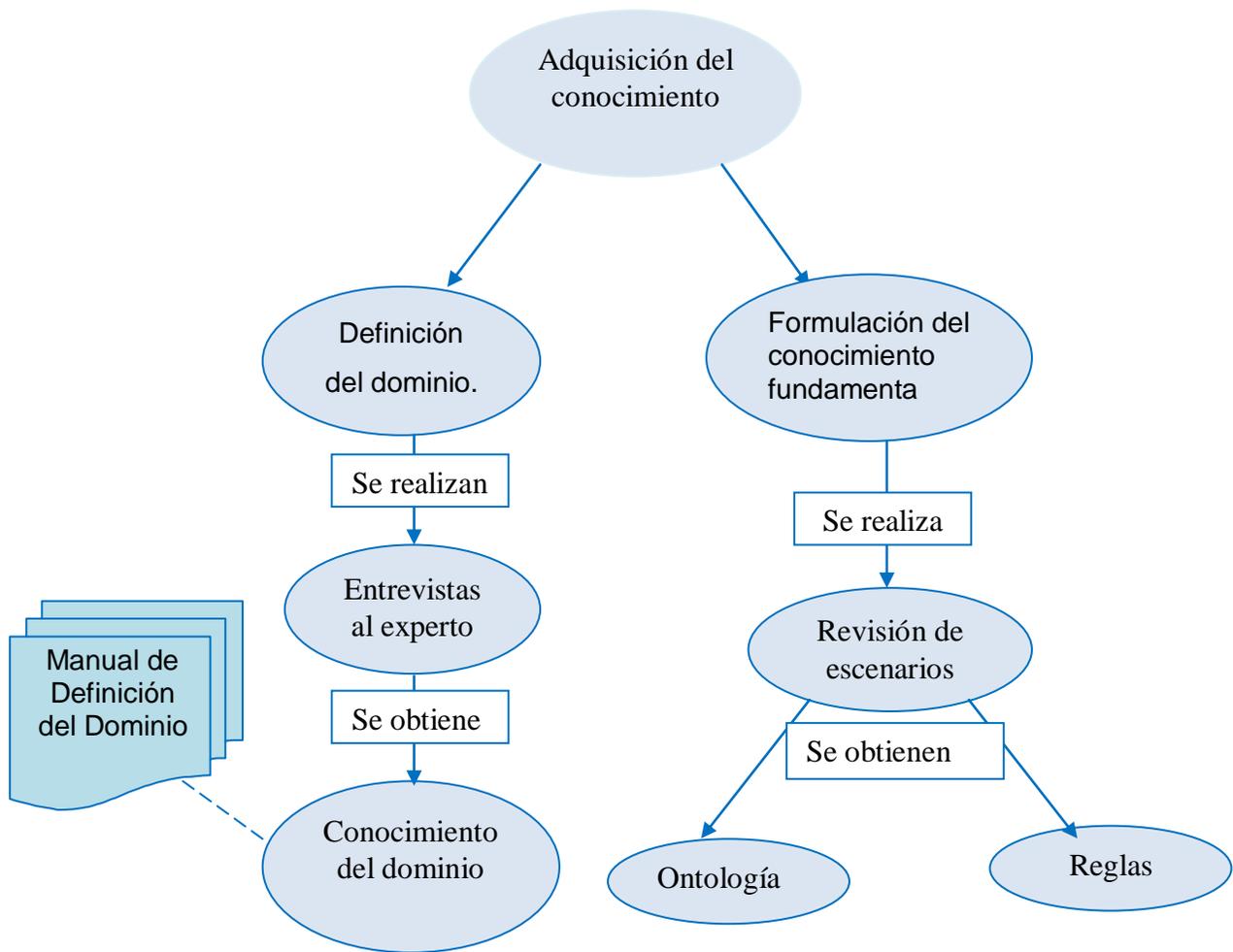
ANEXOS



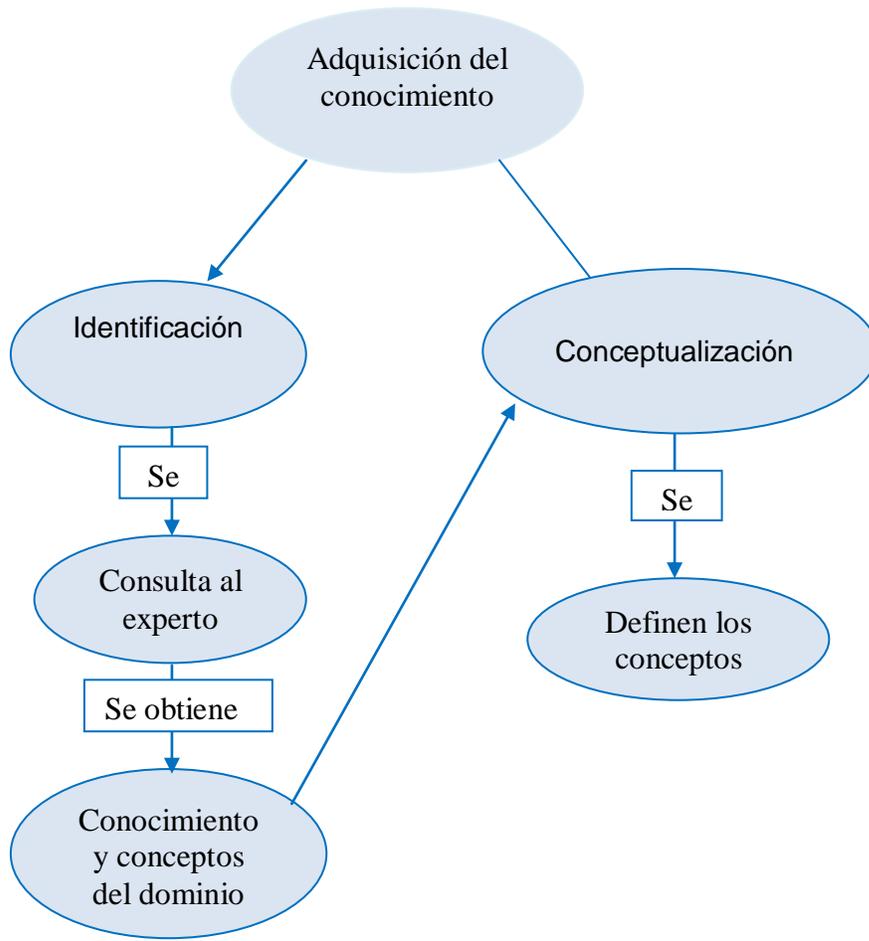
Anexo 1 Secuencia de pasos a seguir Grover para de identificar el problema.



Anexo 2 Secuencia de pasos a seguir Buchanan para identificar el problema.



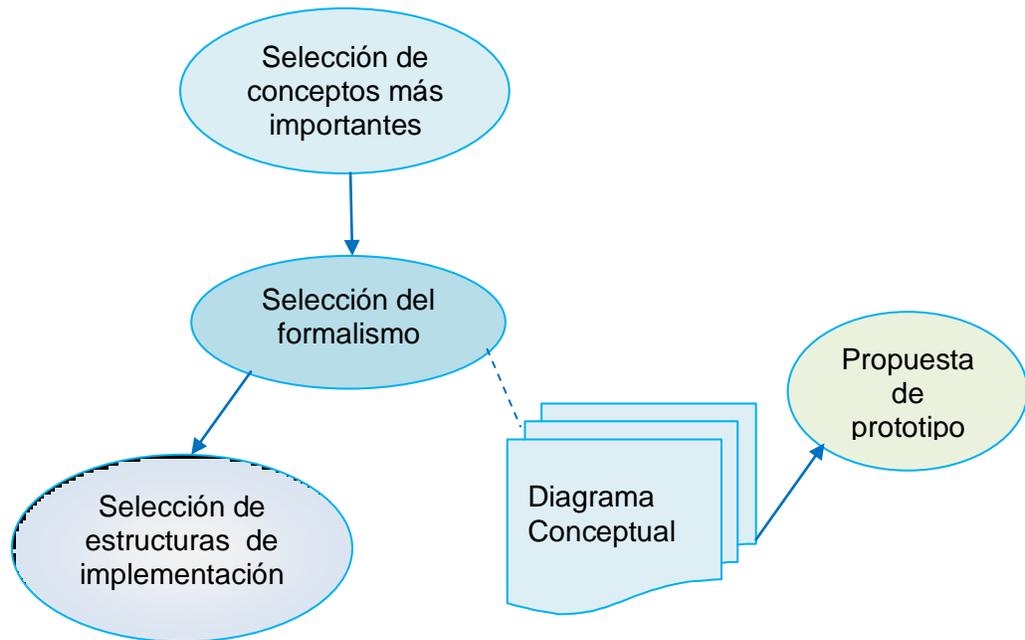
Anexo 3 Representación de la Adquisición del dominio en Grover.



Anexo 4 Representación de la Adquisición del dominio en Buchanan.



Anexo 5 Representación de la Formalización del Conocimiento en Grover.



Anexo 6 Representación de la Formalización del Conocimiento en Buchanan.

Entrevista realizada al Ingeniero René Lazo.

1. ¿Conoce usted algún sistema experto realizado en la facultad?

R/ Si. Mi tesis fue hacer un sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la Hipertensión Arterial. Perteneciente al proyecto HIPER WEB.

2. ¿Aplicó alguna metodología de desarrollo de software para sistemas expertos?

R/ NO.

3. ¿Y cómo lo hizo?

R/ Aplicando algoritmos que generaran reglas hasta que lo hiciera de forma lógica.

4. ¿Conoce de la aplicación de las metodologías de desarrollo de software para SE, como son Buchanan y Grover, aquí en la UCI?

R/ Aquí en la UCI no se aplican estas metodologías para desarrollar sistemas expertos.

5. ¿Cree interesante el uso de estas metodologías para la construcción de SE en la universidad?

R/ Si, sería muy importante la aplicación de metodologías para el diseño de la base del conocimiento de sistemas expertos.

Entrevista realizada al Doctor en Inteligencia Artificial Pedro Piñero antiguo Vicedecano de producción de la Facultad 3.

1. ¿En la facultad tres se han realizado Sistemas Expertos?

R/ SI

2. ¿Cuáles han sido estos?

R/ Se ha realizado sistemas expertos pero como parte de módulos de grandes proyectos.

3. ¿Han utilizado alguna metodología de desarrollo de software para sistemas expertos?

R/ No.

4. ¿Conoce las metodologías Buchanan y Grover de desarrollo de sistemas expertos?

R/ Sólo las vi una vez, pero no las he estudiado, ni aplicado y tampoco conozco de su aplicación. Además en la UCI no se utilizan.

GLOSARIO

Biunívoca: Una correspondencia biunívoca es simplemente una correspondencia de un elemento de un cierto conjunto con uno y sólo uno de otro conjunto.

Endocervicitis: Inflamación de la membrana mucosa del cérvix en el útero.

Endocérvix: Es la porción del cuello uterino que se encuentra inmediatamente después del orificio cervical externo. Esta constituido por un epitelio cilíndrico secretor de moco, formando una capa de células única.

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).

Ontología: Rama de la metafísica que estudia la naturaleza de la existencia.

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 *Candida albicans* en las muestra vaginales.