



Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 3

*Título: Modelo Basado en Casos para
la planificación de proyectos de
software.*

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

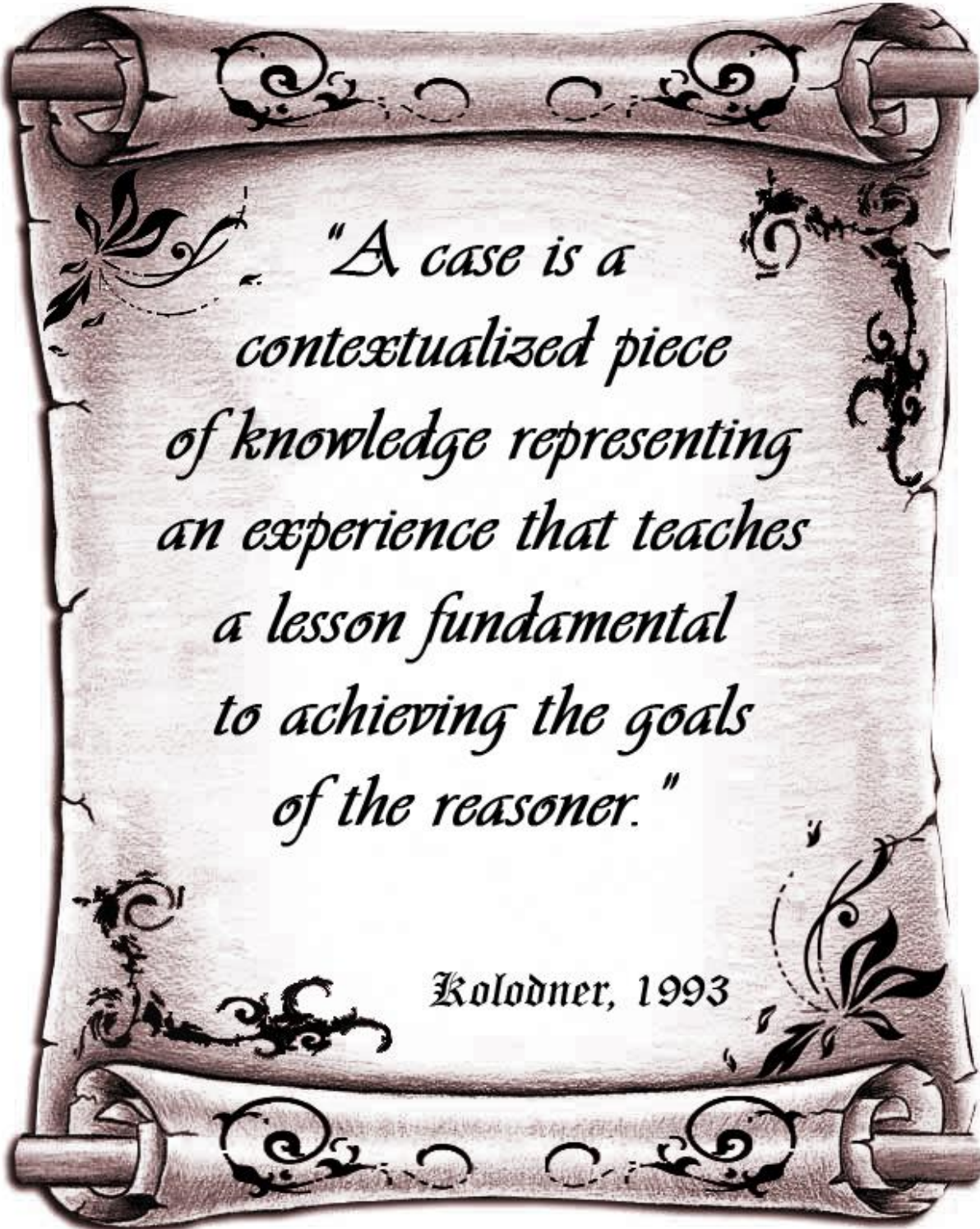
Autores: Yoney González Rodríguez

Roberto Rodríguez Bombalé

Tutor: Ing. Yusel Sablón Fernández

Co-Tutor: Ing. Yenei Yolanda Samada Lorié

Junio 2009



"A case is a contextualized piece of knowledge representing an experience that teaches a lesson fundamental to achieving the goals of the reasoner."

Kolodner, 1993

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Autor: Yoney González Rodríguez

Autor: Roberto Rodríguez Bombalé

Tutora: Yusel Sablón Fernández

Co - Tutora: Yenei Y. Samada Lorie

Yusel Sablón Fernández

Ingeniera en Ciencias Informáticas

Centro de trabajo: Universidad de Ciencias Informáticas

Categoría docente: Instructor recién graduado

Asignatura que imparte: Matemática

Línea de investigación: Asesor de Arquitectura de Información de la Facultad 3

Participación en eventos: Informática 2009, UCIENCIA.

Yenei Yolanda Samada Lorié

Ingeniera en Ciencias Informáticas

Centro de trabajo: Universidad de Ciencias Informáticas

Categoría docente: Instructor recién graduado

Asignatura que imparte: Matemática

Línea de investigación: -

Participación en eventos: Informática 2009.

Agradecimientos

- ◆ *A todas las personas que nunca dijeron no cuando necesitamos de ellos, gracias.*
- ◆ *A nuestras madres, por apoyarnos en todo momento.*
- ◆ *A la Ing. Yusel Sablón Fernández por su entrega en la confección de este trabajo y por ser la mejor tutora.*
- ◆ *A la Ing. Yeneí Y. Samada Lorie por estar presente y por sus consejos constructivos.*
- ◆ *A Dr. Rolando Alfredo Hernández León por su colaboración en el diseño teórico de la investigación.*
- ◆ *Al profesor Yoan Martínez por ayudarnos con el inglés.*
- ◆ *A la Ing. AME que no por ser la última es la menos importante, AME te agradecemos por ser la persona MAS BELLA DEL MUNDO, tú sabes que te mereces esto y mucho más, fuiste pilar fundamental de esta tesis y que aunque te molestamos cantidad nunca fue en vano tu dedicación y tu profesionalidad en el trabajo.*

Dedicatoria

Sé que podrán pasar cientos de años y aun estaría en deuda con la persona que es la realmente heroína de mis metas y mis logros, a quien le agradezco de todo corazón todas las cosas que hizo por mí y que seguro seguirá haciéndolo durante toda su vida.

- ◆ *A mi madre, por guiarme, darme apoyo en esos momentos en que uno se siente mal, por enseñarme siempre que el sacrificio vale el doble y el trabajo te hace mas fuerte día a día. Por todo y mucho mas, gracias mum.*
- ◆ *A mis dos padres, Roberto y Haití, por prepararme para la vida y enseñarme que las cosas hay que ganárselas y que el trabajo es el fruto de tu futuro.*
- ◆ *A mis dos hermanas Daylís y Lisandra que adoro con mi alma y mi corazón, y que espero que siempre sea un ejemplo para ellas.*
- ◆ *A mi abu Noelia por ser su nieto preferido, además de mis otras abuelas de Pinar y de Ciego que adoro muchísimo también.*
- ◆ *A mis dos mejores amigos de años, Dayniel y Dreysis, por nunca fallarme y mostrarme que es ser un amigo; y además de sus familiares por tenerme como si fuera uno más de la familia.*
- ◆ *A mi compañero de tesis Yoney, no solo por la tesis a quien le debo casi todo del trabajo, sino por todos los momentos que pasamos juntos y por escuchar mis consejos cuando más lo necesitaba.*
- ◆ *A Janys, por darme su amor y su cariño y perdonarme errores que otras personas seguro no perdonarían jamás; además de su hermana Hainet y su mamá por tratarme como si fuera de la familia.*
- ◆ *A mi tía Balbina en especial por correr conmigo cuando lo necesito, a Tata y Alcides por su ayuda incondicional, mi tía Dany por su gran conocimiento, mi tía Guigú por ser fanática a ella y mi tía Juana porque la adoro como es. A mi tío Irra, Windo, Cuchi por ser tan especiales siempre.*

- ◆ *A mis primos Pupín, Yosbany, Marelita, Dannellys, Simpson, Daimí, Alcídito, las mellizas, Pachí y otros primos; además de todos mis sobrinos.*
- ◆ *A nuestra tutora y co-tutora por estar siempre cuando más la necesitamos y por darle tantos dolores de cabeza.*
- ◆ *A mis negros del piquete de la Aldea, por ser mis hermanitos de sangre y compartir fiestas, estudios, conciertos, comelatas, dobles, etc. jajajaja.*
- ◆ *A mis compañeros de aula desde el 1er año hasta el último, los quiero a todos, no saben cuánto.*
- ◆ *A mi equipo de fútbol sala por todos estos años juntos de competencia y entrenamientos, en especial a mi DT Gregorio que le agradezco todo lo que me mostro durante todos estos años.*
- ◆ *No se me puede olvidar agradecerle también a mis compañeros de aula en la Lenin, a todos muchas gracias.*
- ◆ *A Jorge Andrews por ser un buen amigo y pensar muchas veces como yo pienso; además de su familia que aprecio y quiero muchísimo.*
- ◆ *A todas las personas de la UCI que conocí durante estos 5 años y me soportaron como soy jajajaja.*
- ◆ *A todos los profesores que me enseñaron, me guiaron y me educaron para llegar hacer un gran estudiante y finalmente, un profesional.*
- ◆ *A la decana Sayda Coello por cuidarme como si fuera su hijo después de mi operación.*
- ◆ *A Lillian Cedeño por tenerme como un hijo propio, donde quieres que esté siempre vivirás en mi corazón.*
- ◆ *En fin, a todas las personas que de una u otra forma incidieron en mi carrera y en mi vida de forma general,*
- ◆ *A todos, sinceramente, muchas gracias.*

Roberto

Como la araña, hay personas que nos negamos a dejar de tejer, aún cuando pudiera parecer mucho más sofisticado vivir sin esperanza. Nuestra cuerda, aunque frágil, puede aún tejerse con optimismo, curiosidad, sorpresa, amor y el sincero deseo de compartir un viaje a las estrellas. Nuestra meta bien vale el esfuerzo, porque no pocas han sido las personas que han aportado un granito de arena en este caso, las cuales merecen ser mencionados, la estrella a la que aspiramos es el fruto de ser grandes y útiles profesionales

Creo firmemente que en el esfuerzo continuo por la realización de todo ser viviente radica nuestra única esperanza.

Este es el singular reto de PERSONA y el solo propósito de toda una vida.

Dedico esta tesis:

- ◆ *Al amor de mi vida, MAMA, por ser la mujer más, pero más BELLA del mundo, todo esto ha sido para ti, por estas a mi lado en todo momento, por ser la luz que ilumina mi camino, por ser simplemente mi mamá.*
- ◆ *A mi gordita linda Yili, la mejor hermana del mundo, un kiero eterno para ti mi vida.*
- ◆ *A todos mis familiares que en conjunto colaboraron a que llegara al final de este camino, todos son un vivo ejemplo para mí, la familia no se escoge pero creo que si tuviera la oportunidad de escoger, sin dudar esta sería nuevamente mi familia. Quiero agradecer en especial a La Gorda (Migue) y a Papí Ferna, por haber sido mis padres en ausencia del biológico.*
- ◆ *A una persona muy especial SELMA, esa persona que no dice nada, pero que con la mirada lo dice todo, te admiro solo por ser siempre tú.*
- ◆ *A mis tías, que son para mí lo MXM, Mimi, Irene, Tía Lela, Tía Tata, Xiomara, Carmen (la loka), Carí (otra loka)... todas están lokas lo que estas dos últimas más.*
- ◆ *A mis abuelos, los que están y los que no, por haberme dado tanto cariño.*
- ◆ *A Bella (la Jefa) y a Argelio, por acogerme como uno más de la casa, hasta en los momentos difíciles.*

- ◆ *Al piquete de los terribles.*
- ◆ *A Mercy por abrirme las puertas de su corazón.*
- ◆ *A Belkís, mi ángel de la guarda por ser la mujer más sincera que conozco, y por hacerme ver lo importante que soy para ella.*
- ◆ *A los amigos de 5 años de universidad, de fiestas, de café, de pístas y noches sin dormir, en especial Ariana, Lisandra, Malenilla (Mi Gitana), Ivón, Idaliana, Ivy Queen, Gustavo, Maylín, Guillermo, Any, Ivet (mi negra linda de cualquier lugar del país porque no tiene sitio fijo), Dainel, Milo, Yasmaly, Yudel, Pipo, Ransel.*
- ◆ *A mis 3 bellezas latinas AME, CHULI, LEYANIS, por estar ahí siempre, por ser mi familia en todo momento, you know, lo último que trajo el barco.*
- ◆ *A mi compañero de tesis Roberto, que aunque hay que torearlo un poco, es un buen amigo, y ha demostrado confianza y entereza por la amistad de varios años.*
- ◆ *A todas las instructoras que me hay acogido como un hijo más, en especial a Mayra (el mangón que me tiene malcriado), Odalis (la china de la sonrisa bonita y la madurez eterna), Made (amor, cariño y el mejor corazón del mundo) y Zule (loka sí, pero es un ángel, lo que no la puede cuquear mucho).*
- ◆ *A el piquete más loko de 5to, la gente que tiene bomba, a la gente de los ranchones, de la Macumba, de los partys y al mejor grupo de la UCI, 3506.*
- ◆ *A Mildre, Tita, María de las Estrellas, a Idalmis, Belkís, María Eugenia por ser un evangelio vivo, heeeey my mother too.*
- ◆ *A mi padre donde quiera que este, gracias a tí y al SQMA.*

Yoney

Resumen

El presente trabajo constituye la propuesta de un Modelo Basado en Casos para la planificación de Productos de Software en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Un estudio previo, enfocado a la incertidumbre existente en la planificación de los productos permitió detectar los factores fundamentales que conllevan a que esta planificación no se acerque a la realidad y no responda a las necesidades objetivas del proceso de desarrollo de un proyecto. El análisis del Razonamiento Basado en Casos en los Sistemas Expertos, la planificación de proyectos así como el estudio de metodologías de desarrollo de software; permitió obtener el conocimiento necesario para poder desarrollar el modelo; el mismo, está conformado por 5 fases fundamentales: representación del conocimiento, recuperación, reutilización, revisión y la retención, estas últimas constituyendo el ciclo de resolución del Modelo Basado en Casos, contribuye a que el proceso de desarrollo de software esté orientado a obtener un producto en tiempo, robusto y con adecuados niveles de calidad. El mismo, ha sido validado por un conjunto de especialistas, obteniendo resultados positivos.

Palabras Claves

Casos, Conocimiento, Razonamiento, Modelo, Sistema, Experto.

Abstract

This work is a proposal of a model Case-based of the software planning products at the University of Informatics Science. A previous study, focused on uncertainty in product planning identifying the main factors associated to this planning that is not close to reality and does not answer the objective needs of the development process of a project. The analysis of Case-Based Reasoning in Expert Systems, the project planning and the study of software development methodologies allowed to obtain necessary knowledge to develop the model. The model is composed of 5 main phases: knowledge representation, recovery, reuse, revision and retention, the latter constituting the cycle of Model-Based Resolution Cases helps the software development process-oriented to get a product in time, strong and suitable levels of quality. It has been validated by a group of specialists with positive results.

Keywords

Cases, knowledge, reasoning, model, expert, system.

| | |
|--|-----------|
| Agradecimientos | V |
| Dedicatoria | VI |
| Resumen | X |
| Abstract | XI |
| Introducción | 2 |
| Capítulo I: Fundamentación Teórica | 9 |
| 1.1 Introducción | 9 |
| 1.2 Inteligencia Artificial | 9 |
| 1.3 Antecedentes de la Inteligencia Artificial | 10 |
| 1.4 Razonamiento Basado en Casos | 12 |
| 1.5 Antecedentes del Razonamiento Basado en Casos | 13 |
| 1.6 Sistemas Expertos | 14 |
| 1.6.1 Restricciones básicas de todo Sistema Experto..... | 18 |
| 1.6.2 Experto humano | 19 |
| 1.6.3 Razones para utilizar un Sistema Experto..... | 20 |
| 1.6.4 Forma en que los usuarios interactúan con los SE..... | 24 |
| 1.6.5 Arquitectura de un Sistema Experto..... | 24 |
| 1.6.6 Aplicación de los Sistemas Expertos..... | 28 |
| 1.6.7 Tipos de Sistemas Expertos..... | 29 |
| 1.6.7.1 <i>Sistemas Expertos Basados en Reglas</i> | 29 |
| 1.6.7.2 <i>Sistemas Expertos Basados en Redes Bayesianas</i> | 31 |
| 1.6.7.3 <i>Sistemas Expertos Basados en Casos</i> | 32 |
| 1.7 Consideraciones principales de los Sistemas Expertos Basados en Casos | 33 |
| 1.8 Denominaciones para el Razonamiento Basado en Casos | 34 |
| 1.8.1 Razonamiento basado en ejemplos..... | 35 |
| 1.8.2 Razonamiento basado en instancias. | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 1.8.3 Razonamiento basado en memoria..... | 36 |
| 1.8.4 Razonamiento Basado en Casos..... | 36 |
| 1.8.5 Razonamiento basado en analogías..... | 37 |
| 1.9 Planificación de proyectos..... | 38 |
| 1.9.1 Estimación de proyectos..... | 41 |
| 1.10 Conclusiones parciales..... | 42 |
| Capítulo II: Modelo Basado en Casos para planificación de proyectos de software | 44 |
| 2.1 Funcionamiento del Razonamiento Basado en Casos..... | 44 |
| 2.1.1 El ciclo del Razonamiento Basado en Casos | 46 |
| 2.1.2 Razonamiento Basado en Casos basado en tareas jerárquicas | 48 |
| 2.2 Precondiciones del Modelo Basado en Casos | 50 |
| 2.3 Principales fases de los SBC..... | 51 |
| 2.3.1 Representación del conocimiento..... | 51 |
| 2.3.1.1 <i>Modelo de memoria dinámica</i> | <i>52</i> |
| 2.3.1.2 <i>Modelo de categorías y ejemplos.....</i> | <i>53</i> |
| 2.3.1.3 <i>Estructura de los casos.....</i> | <i>54</i> |
| 2.3.1.3.1 <i>Rasgo A₁₀ = RUP (Rational Unified Process).....</i> | <i>55</i> |
| 2.3.1.3.2 <i>Rasgo A₁₀ = XP (Extreme Programming).....</i> | <i>57</i> |
| 2.3.1.3.3 <i>Rasgo A₁₀ = MSF (Microsoft Solution Framework).....</i> | <i>57</i> |
| 2.3.2 Métodos de recuperación | 59 |
| 2.3.2.1 <i>Identificación de las características.....</i> | <i>59</i> |
| 2.3.2.2 <i>Coincidencias iniciales</i> | <i>60</i> |
| 2.3.2.3 <i>Selección</i> | <i>63</i> |
| 2.3.3 Métodos de reutilización..... | 64 |
| 2.3.3.1 <i>Copiar</i> | <i>65</i> |
| 2.3.3.2 <i>Adaptar</i> | <i>65</i> |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.4 Métodos de revisión..... | 66 |
| 2.3.4.1 Evaluación de la solución..... | 66 |
| 2.3.4.2 Reparar los errores..... | 67 |
| 2.3.5 Métodos de aprendizaje, retener..... | 68 |
| 2.3.5.1 Extraer..... | 69 |
| 2.3.5.2 Indexar..... | 69 |
| 2.3.5.3 Integrar..... | 70 |
| 2.4 Conclusiones parciales..... | 70 |
| Capítulo III: Validación del Modelo Basado en Casos..... | 71 |
| 3.1 Introducción..... | 71 |
| 3.2 ¿Por qué utilizar el panel de especialistas?..... | 71 |
| 3.3 Definición de indicadores..... | 72 |
| 3.4 Elección de especialistas..... | 73 |
| 3.5 Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios..... | 74 |
| 3.6 Análisis de los resultados..... | 76 |
| 3.7 Conclusiones parciales..... | 80 |
| Conclusiones Generales..... | 81 |
| Bibliografía Referenciada..... | 82 |
| Bibliografía Consultada..... | 84 |
| Anexos..... | 87 |
| Anexo 1..... | 87 |
| Anexo 2..... | 89 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1.1 Diferencias entre un experto y un no experto humano. | 20 |
| Tabla 1.2 Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional. | 20 |
| Tabla 1.3 Comparativa entre un Sistema Clásico y un Sistema Experto. | 21 |
| Tabla 1.4 Diferencias entre un Sistema Experto y un Experto Humano. | 21 |
| Tabla 2.1 Asignación de valores por el Panel de Expertos | 62 |
| Tabla 2.2 Peso de cada rasgo de entrada según especialistas. | 62 |
| Tabla 3.1 Evaluación de los especialistas a las preguntas de la encuesta. | 76 |
| Tabla 3.2 Promedio de evaluación por indicadores | 77 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-----------|
| Figura 1.1 Arquitectura de un Sistemas Expertos | 24 |
| Figura 1.2 Esquema de un Programa Tradicional | 27 |
| Figura 1.3 Esquema de un Sistema Experto | 27 |
| Figura 1.4 Esquema de un Sistema Experto con todos sus componentes. | 28 |
| Figura 1.5 Componentes a tener en cuenta en la planificación | 39 |
| Figura 1.6 Actividades de la Planificación de Proyectos | 40 |
| Figura 2.1 Ciclo del Razonamiento Basado en Casos | 48 |
| Figura 2.2 Cima del Árbol del ciclo del RBC. Fases | 49 |
| Figura 2.3 Estructura de almacenamiento de los casos en la BC, para RUP | 56 |
| Figura 2.4 Estructura de almacenamiento de los casos en la BC, para XP | 57 |
| Figura 2.5 Estructura de almacenamiento de los casos en la BC, para MSF | 58 |
| Figura 2.6 Tareas de la fase de Recuperación del RBC | 59 |
| Figura 2.7 Tareas de la fase de Reutilización del RBC | 64 |
| Figura 2.8 Tareas de la fase de Revisión del RBC | 66 |
| Figura 2.9 Tareas de la fase Retener del RBC | 68 |
| Figura 3.1 Interrelación entre los indicadores definidos y las preguntas del cuestionario | 76 |
| Figura 3.2 Evaluación de indicadores por expertos | 77 |
| Figura 3.3 Evaluación final por indicadores. | 78 |

Introducción

En los últimos tiempos ha tomado auge a nivel internacional, dentro del campo de la Inteligencia Artificial (IA), el Razonamiento Basado en Casos (RBC), tecnología que se utiliza para el desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento y que da lugar a los Sistemas Basados en Casos (SBC). Esta técnica ha sido aplicada con éxito en campos como: Ecología, Diseño, Música, Planificación, Medicina, Aviación, Leyes, etcétera.

Los SBC parten de problemas resueltos en un dominio de aplicación y mediante un proceso de adaptación encuentran la solución a un nuevo problema. Se pretende que un Modelo Basados en Casos para la estimación del tamaño de un producto de software sea un modelo adaptable, capaz de almacenar y reproducir la experiencia acumulada y de asimilar nuevos casos, además de permitir la rapidez y calidad de los diseños de software, y de contribuir a modernizar, racionalizar y hacer más competitivos los departamentos o grupos especializados que se dedican a esta tarea.

Una vez probada la aplicabilidad en el comienzo del desarrollo de un software de un Modelo Basado en Casos (CBR), es cuando comienza a utilizarse para resolver decisiones empresariales de diverso tipo.

Hoy día, es una prioridad del estado cubano lograr que la informática se convierta en una de las ramas más productoras de la sociedad, pues a lo largo de estos años se ha venido creando nuevas empresas productoras de software dedicadas principalmente a informatizar varios sectores de la sociedad cubana de manera acelerada. Los objetivos de estas empresas son principalmente comercializar e implementar software y servicios que les permitan a las entidades organizar y gestionar adecuadamente sus recursos. Entre estas instituciones se encuentran: Desoft, Softel, el Instituto Central de Investigaciones Digitales (ICID) y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Esto es un ejemplo de lo que se está haciendo para lograr dicho objetivo (Velázquez y otros, 2008).

La estimación de proyectos de software es una actividad que aunque es crucial dentro del ciclo de vida de cualquier proyecto, resulta normalmente costosa de realizar con buenas prácticas en su totalidad a los ojos de las áreas comerciales de

la empresa de desarrollo y de las expectativas del cliente. Pero por otra parte, las consecuencias de estimar pobremente un proyecto, son mucho más costosas que lo que se invierte en un buen proceso de estimación ejecutado desde el principio.

En la UCI existen técnicas desarrolladas desde su inicio hasta el presente para la estimación de proyectos de software. Estas técnicas requieren del cumplimiento de una adecuada metodología de desarrollo que disminuya progresivamente la incertidumbre sobre los proyectos y la recolección de datos históricos sobre la ejecución de estos.

Las teorías y técnicas relacionadas con la estimación de proyectos de software están directamente asociadas con conceptos estadísticos: las mediciones de los proyectos de software desde los aspectos de productividad, la complejidad e índices de errores hacen parte de la base de conocimiento que la UCI debe tener para poder pronosticar su capacidad de afrontar situaciones similares en nuevos desarrollos.

Desafortunadamente el estudio de la incertidumbre, no es algo que la UCI pueda fácilmente cuantificar; por esta razón la mayoría de los métodos de estimación toman como referencia al cono de la incertidumbre. Sin embargo, no son propiamente las técnicas de estimación como tal las que disminuyen la incertidumbre. Si se mira de cerca técnicas como los Puntos de Función o Puntos de Caso de Uso, los insumos que son necesarios para poder ejecutarlas son artefactos que deben ser producidos en etapas de alta importancia dentro del ciclo de vida del desarrollo de software como lo son el análisis y el diseño. El principal reto de la estimación de proyectos de software se encuentra entonces en la reducción de la incertidumbre, contando con suficiente información acerca de lo que se necesita construir.

Así pues el Razonamiento Basado en Casos es un tipo de Sistema Experto (SE). Un Sistema Experto, desde el punto de la Inteligencia Artificial, es un sistema que intenta imitar el comportamiento de un ser humano experto en alguna temática, es decir, imitan las actividades de un ser humano para intentar resolver los problemas de distinta índole. (Aamodt, et al., 1994)

Un producto de software basado en casos contará con un grupo de características operativas que deberán simular un Sistema Experto, este será capaz de soportar los

cambios y de adaptarse a nuevos entornos; por tanto, aspectos como la corrección, la fiabilidad, la eficiencia, la seguridad, la facilidad de uso y de mantenimiento, la reusabilidad y la portabilidad, entre otros, forman parte de los requisitos que deberá cumplir para brindar una estimación con menores probabilidades de incertidumbre.

La facultad 3 tiene definido dos polos productivos el primero Gestión de Gubernamental y el segundo Informática Jurídica, ambos polos están formados por tres proyectos cada uno, a continuación se especifican los proyectos.

Polo: Gestión Gubernamental

Convenio Cuba – Venezuela (CCV).

Sistema de Gestión de Proyectos (SIGESPRO).

(SINAPSIS).

Polo: Informática Jurídica

Sistema de Gestión Fiscal (SGF).

Tribunales Populares Cubanos (TPC).

Sistema Autónomo de Registros y Notarías (SAREN).

Como caso de estudio se tomaron los resultados obtenidos de una encuesta aplicada por los autores a 3 proyectos de la Facultad 3.

Evidenciándose lo siguiente:

Proyecto Sistema Autónomo de Registros y Notarías (SAREN).

Conociéndose ya el alcance del proyecto se realizó la planificación inicial del mismo, se estimaron los recursos humanos y físicos que se necesitaban para desarrollar el software y se valoró 1 año de duración para el proyecto.

La duración final del proyecto en su primera iteración fue de 3 años por algunas de las siguientes razones:

- Era uno de los primeros proyectos de la universidad y la experiencia en la producción era casi nula.
- La gerencia cambió 7 veces en Venezuela y el negocio cambiaba con el nuevo gerente de la aplicación.

- Se realizó una mala captura de requisitos, producto a que se hizo en un tiempo menor al que se requería para esta actividad.
- Al ir desarrollándose el producto el alcance del proyecto aumentó, por lo que los recursos humanos y físicos con los que se contaban eran escasos para el desarrollo del software.

Proyecto Sistema de Gestión Fiscal (SGF).

Conociéndose ya el alcance del proyecto se realizó la planificación inicial del mismo, se estimaron los recursos humanos y físicos que se necesitaban para desarrollar el software, se determinó que el proyecto estuviese compuesto por 8 subsistemas, cada uno de ellos compuesto por una determinada cantidad de módulos; se valoró que el subsistema Gestión de Cuadro y Personal de Apoyo (GCPA) durara 4 meses, este a su vez contenía a 6 módulos.

La duración del subsistema GCPA fue de aproximadamente 1 año en su primera iteración, por algunas de las siguientes razones:

- Se necesitó un mayor esfuerzo de los analistas del proyecto ya que los asuntos fiscales son difíciles de entender, y el personal encargado de la elicitación de requisitos no comprendía bien el negocio.
- Se realizaron estimaciones sin tener datos históricos, existía poca experiencia en el área de estimación de proyectos.
- Las entrevistas con el cliente fueron escasas, estos no tenía bien definido las funcionalidades que deseaban en el sistema.
- La dirección del proyecto no tenía el rendimiento de los estudiantes que conformaban el equipo de desarrollo.
- Se contaba al inicio con 30 PC y un grupo reducido de estudiantes, desde el inicio esto fue insuficiente para el desarrollo del proyecto, cuantías que tuvieron que aumentar más tarde debido a la complejidad del proyecto.

Proyecto Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), este proyecto ya terminó su proceso de desarrollo por eso no está incluido en los proyectos actuales que se mencionan anteriormente.

Conociéndose ya el alcance del proyecto se realizó la planificación inicial del mismo, se estimaron los recursos humanos y físicos que se necesitaban para desarrollar el software, se determinó que el proyecto contaría con 4 módulos y se valoró 7 meses de duración para el proyecto.

El último despliegue de la aplicación que genera el proyecto se terminó a finales del año pasado, la duración final del proyecto fue de 2 años por algunas de las siguientes razones:

- Existía poca disponibilidad de profesores y los estudiantes todos de tercer año asumieron el proyecto.
- Los estudiantes que asumieron el desarrollo del proyecto tenían poca experiencia en la producción de software.
- A la captura de requisitos no se le dedicó el tiempo que necesitaba, por lo que no se realizó correctamente, propiciando atraso en el desarrollo posterior del proyecto y nuevos cambios en los requisitos que ya habían sido capturados.

En los tres proyectos que se escogieron como muestra existen problemas con la planificación, es evidente que existen dificultades comunes que propician este atraso: el poco tiempo que se dedica a la elicitación de requisitos conlleva a que estos no estén capturados correctamente, los recursos físicos que se tenían disponibles no eran suficientes y se necesitaba más manos de obra en el equipo de desarrollo. De lo anterior se induce que existe una incertidumbre en la estimación del tiempo que se le dedica a cada actividad en el proceso de desarrollo de software, se puede notar que los recursos humanos y físicos que se planificaron en todos los casos anteriores eran menos de lo que se necesitaba.

Al analizarse la anterior **situación problemática** se determinó que el **problema** que se enfrenta en esta investigación es: ¿Cómo disminuir el grado de incertidumbre en la planificación de proyectos de software en la facultad 3?

Los Procesos de Planificación de Software constituyen el **objeto de estudio** y se ha delimitado como **campo de acción** el estudio de casos de Planificación utilizando Inteligencia Artificial.

El **objetivo general** de la investigación es Proponer un Modelo Basado en Casos para la planificación de proyectos de software en la facultad 3 para disminuir el grado de incertidumbre en la misma.

La **hipótesis** del trabajo es: Si se desarrolla un Modelo Basado en Casos para la planificación de proyectos de software contribuirá a disminuir la incertidumbre en la planificación de los proyectos.

Los **objetivos específicos** son:

1. Realizar un estudio del estado del arte de los procesos de planificación de proyectos utilizando IA.
2. Elaborar un Modelo Basado en Casos para la planificación de proyectos de software.
3. Validar la propuesta utilizando un método de consulta de especialistas.

Las **tareas de la investigación**:

1. Realización del estudio de estado del arte de la estimación en los casos de planificación vinculado a la inteligencia artificial.
2. Definición de la estructura del Modelo Basado en Casos.
3. Definición de los parámetros de entrada del Modelo Basado en Casos.
4. Adaptación de las fases conocidas del sistema basado en casos al problema de la investigación.
5. Elaboración del Modelo Basado en Casos que permita estimar productos de software.
6. Aplicación de una encuesta a especialistas para comprobar o evaluar la validez del modelo propuesto.
7. Realización del análisis de resultados para verificar la efectividad del modelo propuesto.

En el Capítulo I se proporciona una introducción a los fundamentos de los sistemas basados en conocimientos, las etapas de que se compone, sus aplicaciones y luego se analiza enfocado a la industria de software partiendo de sus antecedentes, o sea,

de cómo fue surgiendo a medida que se fue desarrollando dicha industria. Se trata los sistemas basados en casos a nivel de la organización y de proyectos de software realizados en la misma. Se sintetizan las características fundamentales de los sistemas considerados como los más importantes aplicados al desarrollo de software.

En el capítulo II se propone el Modelo Basado en Casos, este está formado por 5 fases fundamentales, la primera de estas es la representación del conocimiento, la próxima fase es la recuperación, la tercera es la reutilización, la fase que continúa se denomina revisión, y la fase final es retener o aprendizaje como también se le conoce; el objetivo de las fases es identificar los casos candidatos a ser soluciones, determinar el óptimo y aprender de las soluciones que se obtengan. Las cuatro últimas fases forman el ciclo de resolución del Modelo Basado en Casos.

En el capítulo III se expone la validación del modelo con especialistas en el tema, que han dado un criterio acertado sobre el mismo, lo que da la posibilidad de que el modelo pueda ser aplicable.

Capítulo I: Fundamentación Teórica.

1.1 Introducción.

Este capítulo tiene como objetivo fundamental, tratar diferentes aspectos que sirven de soporte teórico para el desarrollo de la solución que se propone (Modelo Basado en Casos para la planificación de Productos de Software). En este capítulo se afronta los conceptos fundamentales de los Sistemas Basados en Conocimiento específicamente del Razonamiento Basado en Casos así como modo de funcionamiento y características fundamentales, abordando los diferentes pasos que es necesario seguir con los Sistemas Basados en el Conocimiento. Esto permitirá realizar un análisis y poder demostrar por qué se elige el Razonamiento Basado en Casos dentro de los Sistemas Basados en Casos.

1.2 Inteligencia Artificial.

En la bibliografía consultada los autores no evidenciaron la existencia de una definición concreta de IA, pero la mayoría de los autores coinciden en que es, en esencia, lograr que una máquina tenga inteligencia propia, es decir: *“La IA es una de las áreas más fascinantes y con más retos de las ciencias de la Computación ya que ha tomado a la inteligencia como la característica universalmente aceptada para diferenciar a los humanos de otras criaturas ya sean vivas o inanimadas, para construir programas o computadoras inteligentes (De Ávila Ramos).”*

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

Pero sea cual sea el concepto, la Inteligencia Artificial está orientada a conseguir que las máquinas realicen trabajos donde se aplique la inteligencia, el razonamiento y el conocimiento de un ser humano, para ello es necesario conocer como fue la evolución de los Sistemas Expertos y el surgimiento del Razonamiento Basado en Casos dentro del campo de la IA.

1.3 Antecedentes de la Inteligencia Artificial

El hombre ha soñado con crear máquinas con inteligencia propia desde hace mucho tiempo, muestra de esto pueden ser: el mito del coloso de Rodas entre los griegos, las estatuas parlantes del Medioevo, el androide de Von Kempel en que jugó al ajedrez con Napoleón, y el motor analítico de Charles Babbage que calculaba logaritmos (Elguea); sin embargo estos intentos resultaron infructuosos, hasta 1943 cuando la base de la Inteligencia Artificial fue asentada, gracias a Warren Mc Culloch y Walter Pitts, quienes propusieron un modelo de neurona de cerebro humano y animal. Estas neuronas nerviosas informáticas proporcionaron una representación simbólica de la actividad cerebral.

Un tiempo después, Nobert Wiener tomó estas y otras ideas y las elaboró dentro de un mismo campo que se llamó Cibernética, a partir de la cual nacería, la Inteligencia Artificial. (Elguea)

Un evento que marcó en forma definitiva el ingreso de la Inteligencia Artificial en las Ciencias, fue el congreso en Dartmouth en 1956 en la cual se llegó a la definición de las presuposiciones básicas del núcleo teórico de la Inteligencia Artificial (Elguea):

- El reconocimiento de que el pensamiento puede ocurrir fuera del cerebro, es decir, en máquinas.
- La presuposición de que el pensamiento puede ser comprendido de manera formal y científica.
- La presuposición de que la mejor forma de entenderlo es a través de computadoras digitales.

En la década de los 50, hubo dos corrientes de investigación tras la propuesta de Alan Turing sobre la inteligencia de las máquinas en su artículo Maquinaria Computacional e Inteligencia, la primera corriente fue fundada por John Von Neuman, quien trató de hacer analogías del cerebro humano y construyó a partir de esto las computadoras. Así, construyó varias máquinas que tomaban como base los conocimientos que hasta ese entonces existían sobre el cerebro humano, y diseñó los primeros programas que se almacenaban en la memoria de una computadora.

La otra corriente fue la que inició Mc Culloch, quien decía que las leyes que gobiernan al pensamiento deben buscarse entre las reglas que gobiernan a la información y no entre las que gobiernan a la materia. Es decir, que a diferencia de Von Neuman, quien trataba de imitar las condiciones físico-químicas del cerebro, Mc Culloch se centró más en la forma en que el cerebro procesa la información.

El trabajo realizado por Mc Culloch, quien se unió a Walter Pitts fue el primer trabajo de IA, y aportó conocimientos sobre la fisiología básica y el funcionamiento de las neuronas en el cerebro, el análisis formal de la lógica proposicional de Russell y Whitehead y la teoría de computación de Turing. Ambos propusieron un modelo constituido por neuronas artificiales, en el que cada una de ellas se caracterizaba por estar encendida o apagada; el encendido se daba como respuesta a la estimulación producida por una cantidad suficiente de neuronas vecinas.

Una vez que se sentaron las bases de la IA, los investigadores de dicha ciencia se mostraron optimistas sobre el futuro de la nueva ciencia que acababa de nacer.

Herbert Simon en 1958 predijo que en un lapso de 10 años una computadora llegaría a ser campeona de ajedrez, y que sería posible realizar mediante la máquina la demostración de un nuevo e importante teorema matemático. Sin embargo, el obstáculo que enfrentó la mayoría de los proyectos de investigación en IA consistió en que aquellos métodos que demostraban funcionar en uno o dos ejemplos sencillos, fallaban rotundamente cuando se utilizaban en problemas más variados o de mayor dificultad. (Russell, y otros)

La mayoría de los primeros programas de IA se basaban en la presentación de las características básicas de un problema y se sometían a prueba diversos pasos, hasta que se llegara a encontrar aquella combinación de estos que produjeran la solución esperada. Sin embargo, si una combinación sencilla no llegaba a la solución del problema a resolver, los primeros programas de IA no eran capaces de probar con combinaciones más complejas, por lo que se limitaban a mostrar un mensaje indicando que el problema no se podía resolver, cuando lo que en verdad sucedía era que el programa no estaba dotado con la suficiente inteligencia para resolver dicho problema.

La naturaleza de la resolución de problemas durante la primera década de la investigación de IA residía en un mecanismo de búsqueda de propósito general en el que se entrelazaban pasos de razonamiento elementales para encontrar así soluciones completas. A estos procedimientos se les han denominado métodos débiles, debido a que la información sobre el dominio con que cuenta es débil. El programa DENDRAL de Buchann constituye uno de los primeros ejemplos de este enfoque. Fue diseñado en Stanford, donde Ed Feigenbaum, Bruce Buchanan y Joshua Lederberg colaboraron en la solución del problema de inferir una estructura molecular a partir de la información proporcionada por un espectrómetro de masas. El programa se alimentaba con la fórmula elemental de la molécula ($C_6H_{13}NO_2$). La primera versión del programa generaba todas las posibles estructuras que correspondieran a la fórmula, luego predecía el espectro de masa que se observaría en cada caso, y comparaba estos con el espectro real. Así fue como comenzaron los primeros desarrollos e investigaciones sobre la Inteligencia Artificial.

Aunque desde los inicios de la IA los programas creados intentaron simular el razonamiento humano, las formas que utilizaron para representar el mismo no fue la más adecuada, el razonamiento elemental fue una de las formas para encontrar soluciones completas en los comienzos de esta ciencia. Althoff comienza a estudiar el Razonamiento Basado en Casos, ya que si el objetivo que perseguía la inteligencia artificial era razonar como los humanos, la mejor forma era realizarlo como lo hacen los mismos.

1.4 Razonamiento Basado en Casos

El Razonamiento Basado en Casos es el proceso de solucionar nuevos problemas basándose en las soluciones de problemas anteriores (Arraíz, 2000). Un mecánico de automóviles que repara un motor porque recordó que otro auto presentaba los mismos síntomas está usando Razonamiento Basado en Casos. Un abogado que apela a precedentes legales para defender alguna causa está usando Razonamiento Basado en Casos. También un ingeniero cuando copia elementos de la naturaleza, está tratando a esta como una base de datos de soluciones (Althoff, y otros, 1999). El Razonamiento Basado en Casos es una manera de razonar haciendo analogías.

Científicos, Médicos, entre otros, han argumentado que el Razonamiento Basado en Casos es más que un método poderoso para el razonamiento de computadoras, sino que es usado por las personas para solucionar problemas cotidianos. Más radicalmente se ha sostenido que todo Razonamiento es Basado en Casos porque está basado en la experiencia previa.

Es necesario situar el contexto por el que gira el Razonamiento Basado en Casos para poder realizar una primera aproximación al tema y poder comprender el por qué de su utilización.

El Razonamiento Basado en Casos es un tipo de Sistema Experto, estos son sistemas que pretenden imitar el comportamiento de un experto humano en alguna temática. El Sistema Experto para lograrlo básicamente intentará imitar el comportamiento que seguiría el propio humano; es decir, su objetivo sería llegar a la misma conclusión que llegaría el humano y así poder dar solución al problema después de un análisis exhaustivo.

1.5 Antecedentes del Razonamiento Basado en Casos

El Razonamiento Basado en Casos tiene sus raíces en el trabajo de Roger Schank y sus estudiantes en la universidad de Yale a principio de la década de los 80. El modelo de memoria dinámica de Schank fue la base de los tempranos sistemas CBR (Razonamiento Basado en Casos): Janet Kolodner's CYRUS y Michael Lebowitz's IPP.

Otra escuela de Razonamiento Basado en Casos también emergió en la década del 80, investigando los asuntos tales como razonamiento basado en casos en el razonamiento legal, el razonamiento basado en la memoria que es una manera de razonar con ejemplos en las máquinas masivamente paralelas, y combinaciones de razonamiento basado en casos con otros métodos de razonamiento.

En los años 90, el interés en Razonamiento Basado en Casos creció en la comunidad internacional, según lo evidenciado por el establecimiento de una conferencia internacional sobre el Razonamiento Basado en Casos en 1995, así como europeo, alemán, británicos, el italiano, y otros talleres de Razonamiento Basado en Casos.

La tecnología RBC produjo numerosos casos de éxito. El primero fue en un sistema llamado Lockheed's CLAVIER utilizado para presentar a las piezas compuestas que se cocerán en un horno industrial de convección.

El Razonamiento Basado en Casos está siendo utilizado intensamente en aplicaciones de ayuda de escritorio como Compaq SMART system. Hay numerosas herramientas de soporte de decisiones basadas en RBC disponibles comercialmente incluyendo:

- k-Commerce de eGain (formerly Inference Corporation)
- Kaidara Advisor de Kaidara (formerly AcknoSoft)
- SMART de Illation.

A través de este análisis del significado del tema que se va a investigar, se puede comenzar por la historia del Razonamiento Basado en Casos dentro de la Inteligencia Artificial, como base del fundamento del razonamiento que utilizan los Sistemas Expertos, así como ha ido evolucionando a lo largo de los años hasta la actualidad.

1.6 Sistemas Expertos

Se puede decir que los Sistemas Expertos son el primer resultado operacional de la Inteligencia Artificial, pues logran resolver problemas a través del conocimiento y raciocinio de igual forma que lo hace el experto humano (Bregón, y otros, 2005).

Un Sistema Experto, es básicamente un programa de computadora basado en conocimientos y razonamiento que lleva a cabo tareas que generalmente sólo realiza un experto humano (Parsaye, y otros); es decir, es un programa que imita el comportamiento humano en el sentido de que utiliza la información que le es proporcionada para poder dar una opinión sobre un tema en especial.

Otros autores lo definen como sigue: *“un Sistema Experto es un programa de computadora interactivo que contiene la experiencia, conocimiento y habilidad propios de una persona o grupos de personas especialistas en un área particular del conocimiento humano, de manera que permitan resolver problemas específicos de esa área de manera inteligente y satisfactoria (De Miguel González). La tarea principal de un SE es tratar de aconsejar al usuario (Schildt).”*

En el Congreso Mundial de IA Feigenbaum se definió a los SE como:

“Un programa de computador inteligente que usa el conocimiento y procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir la intervención de un experto humano para su resolución.”

Sin embargo con los avances conseguidos hasta ahora esta definición ha cambiado, actualmente un SE define de la siguiente manera:

“Un SE es un sistema informático que simula los procesos de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito (Aamodt, y otros, 1994).”

Se puede agregar otro concepto actual, dado por la Asociación Argentina de Inteligencia Artificial:

“Los Sistemas Expertos permiten el desarrollo de otros sistemas que representan el conocimiento como una serie de reglas. Las distintas relaciones, conexiones y afinidades sobre un tema pueden ser compiladas en un Sistema Experto pudiendo incluir relaciones altamente complejas y con múltiples interacciones (Lafacu).”

Los usuarios que introducen la información al SE son en realidad los expertos humanos, y tratan a su vez de estructurar los conocimientos que poseen para ponerlos entonces a disposición del sistema. Los SE son útiles para resolver problemas que se basan en conocimiento (Criado Briz).

Las características principales de este tipo de problemas, según algunos autores, son (Criado Briz):

- Utilizan normas o estructuras que contengan conocimientos y experiencias de expertos especializados.
- Se obtienen conclusiones a través de deducciones lógicas.
- Contienen datos ambiguos.
- Contienen datos afectados por factores de probabilidad.

Con base en lo anterior, algunos investigadores de IA señalan que un SE debe cumplir con las siguientes características (Rolston):

- Tener un amplio conocimiento específico del área de especialización.
- Aplicar técnicas de búsqueda.
- Tener soporte para Análisis Heurístico.
- Poseer habilidad para inferir nuevos conocimientos ya existentes.
- Tener la capacidad de procesar símbolos.
- Tener la capacidad para explicar su propio razonamiento.

La creación de un Sistema Experto tiene ventajas muy claras, facilitar el trabajo de los expertos en calidad y rapidez de las respuestas brindadas. Es indudable que con la paulatina popularización de los medios informáticos y su continua implantación en la sociedad, han provocado que muchas personas busquen estas soluciones para enmendar los problemas cotidianos, que les hagan recomendaciones, etc.

Los sistemas imitan las actividades de un ser humano para solucionar problemas de distinta índole y no necesariamente debe ser de Inteligencia Artificial. Se dice también que un SE basa en el conocimiento declarativo (hechos sobre objetos, situaciones) y el conocimiento de control (información sobre el seguimiento de una acción).

Los Sistemas Expertos permiten a las empresas otorgar estos servicios sin la necesidad que exista una persona físicamente que lo haga, con lo que supone una reducción de los costes importante. Por otro lado, la información con la que se encuentran delante los Sistemas Expertos va creciendo cada día, y esto trae como consecuencias en muchos de los casos que el tratamiento de la información sea lento y en muchos de los casos intratables, no por la dificultad del problema que se intenta resolver, sino por la gran cantidad de datos de entrada que tienen. Como se puede ver en todos estos casos el Sistema Experto resulta de una enorme utilidad.

Se tendría que analizar cuáles son los elementos necesarios para que un Sistema Experto sea realmente útil y una herramienta efectiva tanto en la propia interacción con el usuario como la calidad de la respuesta aportada por el mismo.

Se considera entonces que todo Sistema Experto tendría que reunir dos cualidades claramente diferenciadas (Aamodt, y otros, 1994):

- De un lado debería de ser capaz de explicar sus propios razonamientos, es decir, aquel conjunto de reglas o pasos que utiliza el experto ir deduciendo diferentes hechos hasta llegar a una conclusión final.
- Por otro lado, no se ha mencionado una de las cualidades innatas que tienen los seres humanos y que gracias a ella han ido mejorando a lo largo de la historia y es la adquisición de nuevos conocimientos.

Siendo tal la importancia en los seres humanos no podría serlo menos en los Sistemas Expertos, ya que sin la adquisición de nuevos conocimientos a partir de las soluciones que el mismo aporta, puede que se obtenga un sistema de una gran calidad en la actualidad, pero la gran velocidad a la que avanza actualmente el mundo y con estas tecnologías, harían que rápidamente este se quedase obsoleto y por lo tanto resultará inútil. Para solucionar estos problemas los expertos recurren a mecanismos de razonamiento que sirven para modificar los conocimientos anteriores.

Viendo esto se puede llegar a la conclusión de que los Sistemas Expertos, en muchos campos no intentan sustituir a los expertos humanos, sino que lo que se persigue es realizar con más rapidez y eficacia todas las tareas que realiza.

Debido a esto en la actualidad se están mezclando diferentes técnicas o aplicaciones aprovechando las ventajas que cada una de estas ofrece para poder tener empresas más seguras.

Los Sistemas Expertos están integrados por una base de conocimiento que es donde se recoge el conocimiento que posee el experto acerca del tema, en el caso del SE está dado en dependencia del campo para el que fue diseñado.

Se observa claramente que si se pretendiera abarcar una gran cantidad de temas de conocimiento, aumentaría considerablemente la base de conocimiento provocando o bien que el tamaño de la información lo hiciese intratable, o por otro lado que el ser coherentes con el tamaño utilizado, llevase a penalizar la cantidad de conocimiento que se tiene del tema y por lo tanto, obtener como resultado un experto mediocre.

Por otro lado cuenta con una base de hechos que será donde se irán almacenando todas aquellas deducciones que se vayan realizando en el proceso de inferencia.

Una vez que se tienen estos dos elementos (base de conocimientos, base de hechos), el siguiente paso lógico es tener un elemento que se encargue de a partir de los hechos y del conocimiento ir generando conclusiones, es decir, más hechos, para ir siguiendo un proceso de razonamiento que le lleve a la solución final; se deduce de esta forma entonces al motor de inferencia. Se puede definir como el elemento que modela el razonamiento humano. Por último se cuenta con la interfaz del usuario. Este, dado que no es un elemento puramente del sistema de razonamiento, tiene una gran importancia, ya que será la puerta de entrada del sistema. Su importancia recae principalmente en la forma que tendrá de recoger la información del usuario, ya que si la información recogida no es la adecuada, por muy buen motor de inferencia y reglas que se tengan, el resultado no será satisfactorio. Es por eso de la importancia de esta interfaz.

Habiendo definido qué es un Sistema Experto y las partes que lo componen, el siguiente paso lógico sería comentar qué tipos de sistemas existen y más concretamente qué tipo de sistema deductivo se utilizará para poder resolver la problemática planteada, pero antes se expondrá las condiciones básicas que debe cumplir todo sistema experto.

1.6.1 Restricciones básicas de todo Sistema Experto.

Solucionar un problema que tome a un humano entre 5 minutos y 5 horas: Esta restricción sería pasada con técnicas declarativas y un mejoramiento de la tecnología computacional. No hay nada malo en resolver los problemas en forma declarativa, sino que parece que no vale la pena el esfuerzo. Aún cuando el hardware y el control del razonamiento mejoren sustancialmente, sería necesario demasiado tiempo computacional para solucionar estos problemas. (Aamodt, y otros, 1994)

Experiencia existente: Esto seguramente es imposible de concretar porque cada ser humano se especializa en algún tema y es imposible reunir todo eso en una máquina, por lo que se puede educar a la máquina hasta cierto punto en cada tema. (Aamodt, y otros, 1994)

Dominio restringido: En esta parte es que los Sistemas Expertos no tienen escapatoria. La gente es increíblemente buena en los dominios del sentido común

que dependen de un conocimiento global del mundo. Y es aquí donde la tecnología de la Inteligencia Artificial no puede comportarse de igual manera, al no poder retener las ideas como un todo. Los Sistemas Expertos no tienen ni idea cuándo los límites de sus conocimientos han sido alcanzados. (Aamodt, y otros, 1994)

Especializarse en un área del conocimiento y tratar de simular el pensamiento de un humano es lo que se persigue con los Sistemas Expertos, sin obviar que deben aprender de las experiencias, para que su utilidad no sea nula en el futuro, pero ¿Por qué utilizar un SE si ya tenemos un experto humano?

1.6.2 Experto humano

Un experto humano es una persona que es competente en un área determinada del conocimiento o del saber. Un experto humano es alguien que sabe mucho sobre un tema determinado y que puede dar un consejo adecuado. Esta experiencia sólo se adquiere tras un largo aprendizaje y a base de mucha experiencia. (Brian, y otros) Los expertos humanos tienen las siguientes características generales:

- Son personas raras, tanto por su escaso número como su comportamiento poco ortodoxo e incomprensible frente a los problemas con los que se enfrentan.
- Son caros por dos motivos: por su escaso número y por necesitar un largo período de aprendizaje.
- No están siempre disponibles, pues son humanos y cuando se jubilan o mueren se llevan con ellos todos sus conocimientos. Es por eso que tradicionalmente están acompañados de un aprendiz.
- Hay expertos que tienen mal carácter, son informales o poco comunicativos, lo que a veces les hace antipáticos.

La forma más rápida de formar a un experto es mediante el aprendizaje formal o académico (conocimiento profundo) en un principio, y posteriormente un aprendizaje informal o práctico (conocimiento informal). (Sánchez y Beltrán)

Es por eso que se decide utilizar el sistema experto, su perdurabilidad, sí tiene un buen motor de inferencia que utilice un potente Razonamiento Basado en Casos sería indefinida, y con ciertas ventajas sobre un programa tradicional.

1.6.3 Razones para utilizar un Sistema Experto.

A continuación se muestra una comparación entre un experto y un no experto humano lo que aporta una mejor visualización de las características específicas que posee un experto humano.

| | EXPERTO | NO EXPERTO |
|------------------------|------------|---------------|
| Tiempo de Resolución | Pequeño | Grande |
| Eficacia Resolutiva | Alta | Baja |
| Organización | Alta | Baja |
| Estrategias y Tácticas | Sí | No |
| Búsqueda de Soluciones | Heurística | No Heurística |
| Cálculos Aproximados | Sí | No |

Tabla 1.1 Diferencias entre un experto y un no experto humano.

En la siguiente tabla se expone una comparación entre un Sistema Experto y un experto tradicional en la que se exponen aspectos comparativos de tipo funcional y estructural de los mismos.

| | SISTEMA EXPERTO | PROGRAMA TRADICIONAL |
|----------------|------------------------------|-------------------------|
| Conocimiento | En programa e independiente | En programa y circuitos |
| Tipo de datos | Simbólicos | Numéricos |
| Resolución | Heurística | Combinatoria |
| Def. problema | Declarativa | Procedimental |
| Control | Independiente. No secuencial | Dependiente. Secuencial |
| Conocimientos | Imprecisos | Precisos |
| Modificaciones | Frecuentes | Raras |
| Explicaciones | Sí | No |
| Solución | Satisfactoria | Óptima |
| Justificación | Sí | No |
| Resolución | Área limitada | Específico |
| Comunicación | Independiente | En programa |

Tabla 1.2 Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional.

Se continúa la comparación del Sistema Experto con el programa tradicional pero esta vez referente a las funcionalidades y opciones que brinda el Sistema Experto sobre el programa tradicional.

| SISTEMA EXPERTO | PROGRAMA TRADICIONAL |
|--|--|
| Conocimiento y procesamiento combinados en un programa | Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento |
| No contiene errores | Puede contener errores |
| Una parte del Sistema Experto consiste en el módulo de explicación | No da explicaciones, los datos sólo se usan o escriben |
| Los cambios son tediosos | Los cambios en las reglas son fáciles |
| El sistema sólo opera completo | El sistema puede funcionar con pocas reglas |
| La ejecución usa heurísticas y lógica | Se ejecuta paso a paso |
| Necesita información completa para operar | Puede operar con información incompleta |
| Representa y usa datos | Representa y usa conocimiento |

Tabla 1.3 Comparativa entre un Sistema Clásico y un Sistema Experto.

Esta vez la comparación es entre dos expertos, con la diferencia de que uno es humano y otro es un propio sistema, en el que resaltan las ventajas de un SE sobre un experto humano.

| | SISTEMA EXPERTO | EXPERTO HUMANO |
|------------------------------|-----------------|--------------------|
| Conocimiento | Adquirido | Adquirido + Innato |
| Adquisición del conocimiento | Teórico | Teórico + Práctico |
| Campo | Único | Múltiples |
| Explicación | Siempre | A veces |
| Limitación de capacidad | Sí | Sí, no evaluable |
| Reproducible | Sí, idéntico | No |
| Vida | Infinita | Finita |

Tabla 1.4 Diferencias entre un Sistema Experto y un Experto Humano.

En una situación ideal, un Sistema Experto es tal, que se comporta de la misma forma que lo haría un experto humano sobre lo que se ha construido el sistema, presentando ciertas ventajas respecto al humano. La potencia de un Sistema Experto se basa más en una gran cantidad de conocimientos que en un formalismo deductivo muy eficaz.

Un Sistema Experto no es un sistema pensado para reemplazar al experto humano sino un sistema pensado para ayudar al experto humano en la toma de decisiones y además supone una descarga del experto en el trabajo rutinario y, por lo tanto, la reducción de sus problemas. Entonces se puede ultimar que los Sistemas Expertos ofrecen ayuda para:

- Evitar fallos en labores rutinarias complejas.
- Ampliar de forma más rápida los conocimientos de los especialistas.
- Diagnosticar fallos con mayor rapidez.
- Conseguir tareas de planificación más completas y consistentes.

Los Sistemas Expertos han demostrado ser herramientas muy útiles en gran cantidad de situaciones.

Las ventajas o razones que suponen el uso de un Sistema Experto han motivado el enorme crecimiento de este campo. Algunas de estas ventajas se exponen a continuación (Aamodt, y otros, 1994):

- Con la ayuda de un Sistema Experto, personas con poca experiencia pueden resolver problemas que requieren un conocimiento especializado. De esta forma, se incrementa el número de personas con acceso a un conocimiento experto.
- Los Sistemas Expertos pueden obtener conclusiones y resolver problemas de forma más rápida que los expertos humanos. Por tanto, los Sistemas Expertos son de gran valor en las situaciones donde el tiempo juega un papel crítico.
- Los Sistemas Expertos razonan en base a conocimientos adquiridos y no tienen sitio para la subjetividad: siempre obtienen la misma respuesta a partir de los mismos datos.

- En algunos casos, la complejidad de un problema hace que un experto humano no pueda obtener una conclusión. Debido a la capacidad de los ordenadores de procesar una gran cantidad de información, y de realizar un gran número de operaciones en poco tiempo, los Sistemas Expertos pueden obtener conclusiones realistas en situaciones donde los expertos humanos no pueden.
- El uso de Sistemas Expertos es especialmente recomendado en las siguientes situaciones:
 - Cuando los expertos humanos en una determinada materia son escasos, los Sistemas Expertos pueden recoger y difundir su conocimiento.
 - En situaciones complejas, donde la subjetividad humana puede llevar a conclusiones erróneas.
 - Cuando sea muy elevado el volumen de datos que ha de considerarse para obtener una conclusión.
 - En situaciones deterministas, en las que las conclusiones se obtienen aplicando un conjunto de reglas dado.

Otras de las ventajas que proporcionan los SE son (Sánchez y Beltrán):

- Están siempre disponibles a cualquier hora del día y de la noche, y de forma permanente.
- Pueden duplicarse (lo que permite tener tantos SE como se necesiten).
- Pueden situarse en el mismo lugar donde sean necesarios.
- Permiten tener decisiones homogéneas efectuadas según las directrices que se les fijen.
- Son fáciles de reprogramar.
- Pueden perdurar y crecer en el tiempo de forma indefinida.
- Pueden ser consultados por personas u otros sistemas informáticos.

Algunos Sistemas Expertos, entre ellos los sistemas tradicionales, suministran contestaciones en términos de medidas fiables; propagando a través del programa grados de certidumbre asociados a partes de información.

Otra razón es la de la explicación de las soluciones obtenidas, ya que en cuanto a la forma de utilización de un Sistema Experto, se debe producir una comunicación entre el usuario y el sistema de forma que el usuario reclama al sistema soluciones a problemas mientras que el sistema reclama al usuario datos para poder encontrar soluciones.

Además, el sistema no se debe limitar a proponer soluciones, sino que debe poder mostrar cómo ha llegado a la solución y dar respuestas a preguntas del tipo ¿Qué pasaría sí?, pero para esto se necesita conocer el sistema y hasta que punto un usuario puede interactuar con él.

1.6.4 Forma en que los usuarios interactúan con los SE

El usuario de un SE puede estar operando en cualquiera de los siguientes modos:

VERIFICADOR. El usuario intenta comprobar la validez del desempeño del sistema.

TUTOR. El usuario da información adicional al sistema o modifica el conocimiento que ya está presente en el sistema.

ALUMNO. El usuario busca rápidamente desarrollar pericia personal relacionada con el área específica mediante la recuperación de conocimientos organizados y condensados del sistema.

CLIENTE. El usuario aplica la pericia del sistema a tareas específicas reales.

1.6.5 Arquitectura de un Sistema Experto

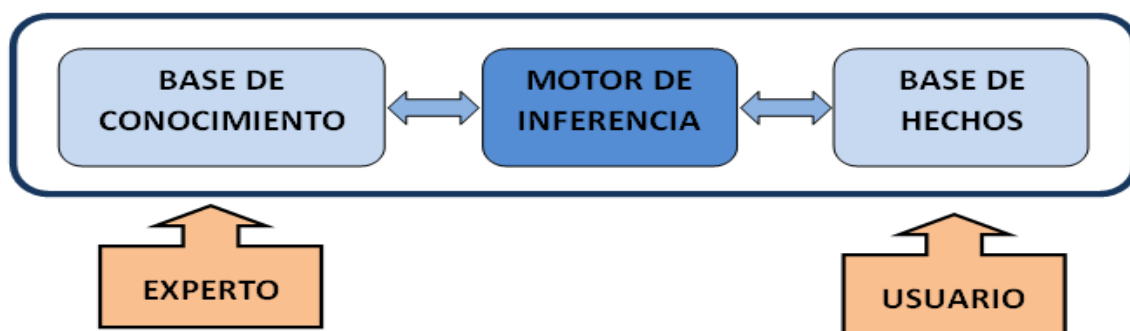


Figura 1.1 Arquitectura de un Sistema Experto

Se define a continuación las partes de la arquitectura de un Sistema Experto, así como el rol que ocupa cada una y su integración en conjunto.

BASE DE CONOCIMIENTOS

Es una estructura de datos que contiene una gran cantidad de información sobre un tema específico, generalmente introducida por un experto en dicho tema (se puede asociar a una memoria permanente), sobre el cual se desarrolla la aplicación. Este conocimiento lo constituye la descripción de:

- Objetos a tener en cuenta y sus relaciones
- Casos particulares o excepciones y diferentes estrategias de resolución con sus condiciones de aplicación (meta - conocimiento, es decir, conocimiento sobre el conocimiento).

BASE DE HECHOS

Es una memoria auxiliar que contiene a la vez los datos sobre la situación concreta en la cual se va a realizar la aplicación (hechos iniciales que describen el enunciado del problema a resolver) y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del procedimiento de deducción. Esta base (memoria temporal) no se conserva (salvo por necesidades del usuario) y depende exclusivamente de la situación estudiada.

MOTOR DE INFERENCIA

Es el núcleo del Sistema Experto, ya que pone en acción los elementos de la base de conocimientos para construir los razonamientos. Ejecuta las inferencias (deducciones) en el curso del proceso de resolución, bien sea por modificación, bien por adjunción de los elementos de la base de hechos. Frente a una situación dada, detecta los conocimientos que interesan, los utiliza, los encadena, y construye un plan de resolución independiente del dominio y especificidad del caso tratado. Aunque el motor de inferencia, sea un programa procedimental, la forma en que utiliza el conocimiento nunca está prevista por el programador.

Las categorías de Mecanismos de Inferencia son:

Determinismo: Lo inferido es una verdad universal.

Probabilístico: Son predicciones o probabilidades que no siempre son ciertas (se elige la probabilidad de mayor valor). Por ejemplo: las respuestas a la prevención de abandonos de los cursos de bachillerato, dadas por un sociólogo son tan sólo probabilidades, que pueden o no ser acertadas.

Además de estos tres elementos, se incluyen módulos de interface, indispensables para asegurar el diálogo entre el hombre y la máquina.

INTERFACE DE USUARIO

También denominado sistema de consulta. Es el que gobierna el diálogo entre el usuario y el sistema. Su objetivo es el de permitir un diálogo en un lenguaje casi natural con la máquina. Además, este módulo traduce el español (o cualquier otra lengua) al lenguaje interno y viceversa. Esta interface comunica al motor de inferencia las consultas del usuario y a este último los resultados de la consulta. Y a la inversa, permite, igualmente obtener el enunciado del problema inicial y los objetivos a alcanzar así como la consulta a la base de conocimiento.

MODULO DE EXPLICACIONES

Permite trazar el camino tomado en el razonamiento (inferencias efectuadas). Este módulo aporta una ayuda considerable al informático para refinar la gestión del motor de inferencia y le es igualmente útil al experto, en la construcción y verificación de la coherencia de la base de conocimiento y explica, también, al usuario, cómo ha deducido tal hecho y por qué plantea tal cuestión.

MÓDULO DE ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

El conocimiento puede introducirse por el experto o por el ingeniero de conocimiento (en este caso el módulo puede contener funciones de interface con el usuario) o provenir directamente de sensores, bases de datos, u otros software. Debe recibir el conocimiento, verificar la verosimilitud de este, organizar la coherencia de la base de conocimientos y transformar los datos en conocimientos incorporados al sistema.

Estos módulos no tienen ninguna influencia sobre el valor de los razonamientos del Sistema Experto, pero juegan, sin embargo, un papel indispensable en la rendición de cuentas, que es accesible a los usuarios. Si bien estos módulos no existen en

todos los Sistemas Expertos, o están organizados de diferentes formas, la función que realizan es de todo punto indispensable en estos sistemas.

La unión del motor de inferencia y de las interfaces, forma lo que se denomina sistema esencial o más sencillamente una herramienta software de ayuda al desarrollo de los Sistemas Expertos. Basta administrarle una experiencia específica para hacerle competente en un dominio cualquiera. De hecho, la constitución de la base de conocimiento sigue siendo, a pesar de ello, larga y delicada, puesto que es necesario extraer el conocimiento del experto y transferirlo al Sistema Experto.

Este proceso constituye de por sí un nuevo dominio de investigación independiente, la cognimática. A las personas que realizan este proceso se les denomina cognimáticos o ingenieros de conocimiento. Una Comparación entre un Sistema Experto y un programa tradicional sería la siguiente:

Un programa tradicional puede esquematizarse de la siguiente manera:



Figura 1.2 Esquema de un Programa Tradicional

Mientras que un Sistema Experto estaría definido de la siguiente forma:

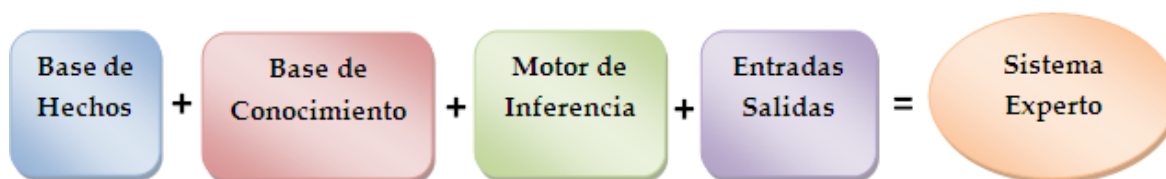


Figura 1.3 Esquema de un Sistema Experto

Del esquema se desprende que la base de hechos es en un Sistema Experto, lo que los datos son en un programa tradicional. De la misma manera la base de conocimientos reemplaza al algoritmo y el motor de inferencia es el programa.

Muchos investigadores hacen representaciones visuales de los componentes de un SE. Por ejemplo, Luis Javier De Miguel González muestra un diagrama de un SE conectando todos sus elementos de la siguiente forma:

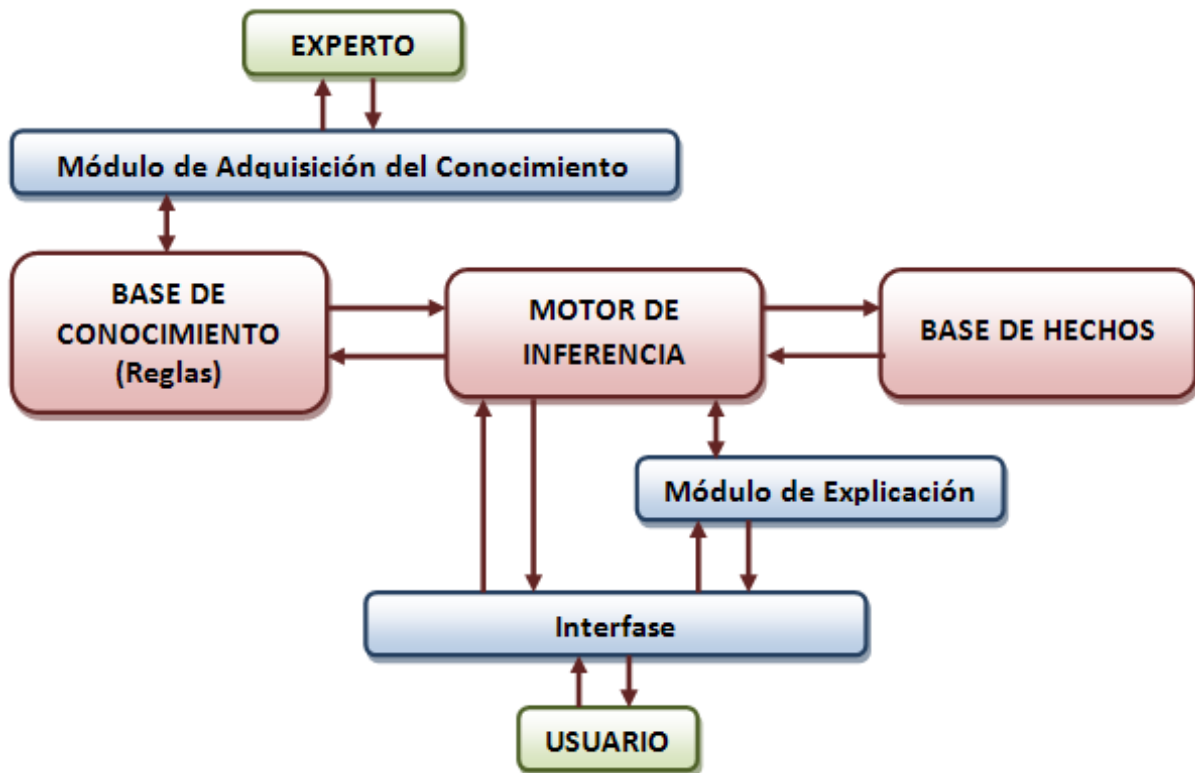


Figura 1.4 Esquema de un Sistema Experto con todos sus componentes. (De Miguel González)

El Sistema Experto en su conjunto no es más que la unión completa y necesaria de partes y componentes que interactúan entre sí para simular de la mejor forma el razonamiento, y aplicarlo en un área determinada del saber, estos pueden ser utilizados con un fin en dependencia del conocimiento que posean.

1.6.6 Aplicación de los Sistemas Expertos

En el campo de la medicina pueden clasificarse estos programas en:

- Métodos de contestación prefijada, formados por algoritmos aritméticos lógicos, en los cuales el control y el conocimiento están juntos y están escritos en lenguajes procedimentales.
- Métodos estadísticos que se clasificaban en Bayesianos, de análisis discriminantes y análisis secuencial.

Las industrias también hacen uso de los SE y los aplican principalmente en el diagnóstico de control de calidad, la detección y actuación en caso de alarmas y emergencias, entre otros.

La electrónica, la informática y las telecomunicaciones son campos que no han dejado pasar desapercibido la utilidad de los Sistemas Expertos y también los utilizan en el diseño de circuitos de alto grado de integración, en los sistemas inteligentes de autodiagnóstico contenidos, en la configuración de equipos y sistemas, en el control de redes de comunicación por mencionar algunos ejemplos.

Otros campos en los que los Sistemas Expertos tienen un protagonismo notable son la Robótica, la Aeronáutica, la Agricultura, la Arqueología, el Derecho, la Educación, la Geología, la Meteorología, la Química, el Transporte, las Ventas, Contabilidad, entre otros.

Uno de los campos en los que los SE expertos tienen una buena aplicación es la Informática. Los autores en la bibliografía consultada no encontraron referencias de que SE que utilicen el Razonamiento Basado en Casos estén desarrollados con el fin de utilizarlos en la planificación de proyectos, específicamente en el área de la estimación de productos de software.

Todos los Sistemas Expertos no son iguales, y no basan su resolución en el mismo principio, es por ello que antes de elegir cual se utilizará, se debe estudiar las características del área del conocimiento donde el Sistema Experto será el protagonista, pues todos no utilizan la misma analogía y la forma de inferir las soluciones utiliza técnicas específicas en cada caso.

1.6.7 Tipos de Sistemas Expertos

1.6.7.1 Sistemas Expertos Basados en Reglas

Los Sistemas Expertos Basados en Reglas utilizan para el proceso de inferencia un conjunto de reglas que constituyen la base de conocimiento del experto. Este conjunto de reglas pueden ser activadas a medida que las condiciones son evaluadas positivamente y su utilización implica la creación de nuevos hechos. Este proceso permitirá a partir de unos hechos iniciales desarrollar un proceso deductivo que concluirá el momento en que no quede ninguna otra regla por utilizar. Para realizar este tipo de tratamiento es posible hacerlo de dos maneras diferentes, por un lado realizarlo desde las evidencias hasta los objetivos o por otro lado en orden

inverso que sería comenzar desde el objetivo hasta llegar al conjunto de evidencias que lo han provocado.

En situaciones complejas, incluso verdaderos expertos pueden dar información inconsistente por ejemplo, reglas inconsistentes y/o combinaciones de hechos no factibles.

Por ello, es muy importante controlar la coherencia del conocimiento tanto durante la construcción de la base de conocimiento como durante los procesos de adquisición de datos y razonamiento. Si la base de conocimiento contiene información inconsistente por ejemplo, reglas y/o hechos, es muy probable que el sistema experto se comporte de forma poco satisfactoria y obtenga conclusiones absurdas.

El objetivo del control de la coherencia consiste en ayudar al usuario a no dar hechos inconsistentes, por ejemplo, dándole al usuario las restricciones que debe satisfacer la información demandada y evitar que entre en la base de conocimiento cualquier tipo de conocimiento inconsistente o contradictorio.

El control de la coherencia debe hacerse examinando la coherencia de las reglas y la de los hechos.

La construcción de un Modelo Basado Reglas para que produzca conclusiones satisfactorias necesitaría:

1. La creación de reglas consistentes por parte de un experto o especialista en la planificación de proyectos, incluyendo todos los caminos posibles que pueda tomar una solución.
2. Controlar la coherencia del conocimiento en la construcción de la Base de Conocimientos.
3. Controlar la coherencia durante los procesos de adquisición de datos y razonamiento.

Es muy difícil pronosticar el camino que tomará una determinada solución debido a la gran cantidad de información que se debe tener en la base de conocimientos, además uno de los problemas de este tipo de lógica es la propagación de la incertidumbre, cada sentencia o hecho debe estar acompañado de una incertidumbre o factor de certeza y cuando se combinan varios hechos ha de darse a

las conclusiones obtenidas una medida de su incertidumbre. Sin embargo, el problema principal es que aunque se conozca la medida de incertidumbre asociada con las premisas, las conclusiones pueden tener, en teoría, un número infinito de valores inciertos. Además, si se permite la posibilidad de reglas inciertas la cosa se complica aún más.

1.6.7.2 Sistemas Expertos Basados en Redes Bayesianas

Este otro tipo de Sistema Experto basa su funcionamiento como su nombre propio indica en las redes bayesianas. Así pues se trata de un modelo probabilístico que relaciona un conjunto de variables aleatorias mediante un grafo dirigido. El motor de inferencia que utiliza para procesar las evidencias se basa en la teoría de probabilidades y más concretamente con el teorema de Bayes. Este método es especialmente una herramienta extremadamente útil en la estimación de probabilidades ante nuevas evidencias.

Las redes bayesianas constituyen una alternativa a los árboles de decisión por permitir la representación de modelos. Las redes bayesianas se basan en los fundamentos de la teoría de la probabilidad y permiten combinar el juicio del experto con las fuentes de datos disponibles, y realizar inferencia entre cualquier subconjunto de variables.

La construcción de un Modelo Basado en Redes Bayesianas para que produzca conclusiones satisfactorias necesitaría:

1. Una distribución condicional de probabilidades para cada nodo x dado su conjunto de padres.
2. El análisis probabilístico detallado de al menos un experto para crear un grafo dirigido, acíclico y conexo, más una distribución de probabilidad sobre sus variables que permita la solución correcta de los problemas presentados.

Es engorroso encontrar la probabilidad de una determinada secuencia de símbolos, por lo que no sería factible aplicar un Modelo Basado en Redes Bayesianas, puesto que basa su resolución en teorías probabilísticas y se necesita uno o varios expertos que apliquen al modelo correctamente los conceptos básicos de la probabilidad y sus hipótesis para garantizar la reducción de la incertidumbre.

1.6.7.3 Sistemas Expertos Basados en Casos

Este último tipo de Sistema Experto es el que basa su funcionamiento en casos, será el que los autores utilizarán en este trabajo para proponer el Modelo Basado en Casos. Es importante este primer capítulo del trabajo para hacer ver el contexto en que se encuentra este tipo de Sistema Experto y poder entender con mayor profundidad el modo con el que trabaja.

A grandes rasgos, este tipo de sistema basa su funcionamiento en experiencias anteriormente vividas, ya sea por el propio sistema o bien por la persona experta, y a partir de este conocimiento de vivencias realizar una asociación con estas experiencias para extraer una solución de esto (Aamodt, y otros, 1994).

Los SE Basados en Casos basan su solución en problemas que ya han ocurrido en el pasado para encontrar soluciones al problema actual, consta de un motor de inferencia que modela el proceso del razonamiento humano y son capaces de utilizar conocimiento específico de experiencias previas para poder resolver un problema actual.

El Razonamiento Basado en Casos es un tipo de SE y se implementa mediante el siguiente ciclo:

- Captura del problema o caso actual con sus características.
- Recupera los casos similares y se encuentra el más parecido al problema a solucionar.
- Reutiliza información de la BC con base en el caso recuperado y se propone una solución al problema nuevo.
- Revisa la solución propuesta.
- Retiene aprendiendo del problema actual para poder utilizarlo en el futuro.

Como se puede ver de los tres métodos existentes, este es el que más se asemeja al modo de pensar que tienen los seres humanos. Además de acuerdo a las características que tiene la UCI de ser una universidad vinculada totalmente a la producción se cuenta con los casos necesarios para alimentar la Base de conocimientos que posee el propio modelo y los casos serían los propios proyectos ya finalizados y sus atributos las variables históricas de los mismos.

Si se analiza la forma de pensar de los niños pequeños, el tipo de razonamiento que utilizan es el basado en las experiencias que le proporciona su trato con el medio.

Un ejemplo relacionado con esto sería cuando un niño está en la cocina y toca una olla que está en el fuego y se quema, este habrá adquirido una nueva experiencia. Si otro día ve una olla en el fuego ya no la tocará porque tendrá esa experiencia. Aun así podría tener la experiencia de ver a su madre coger esa olla con los paños de cocina.

De todo ese conjunto de experiencias el niño la siguiente vez que quisiese tocar una olla sabría que si lo quiere hacer tendría que hacerlo con paños para no quemarse. (Aamodt, y otros, 1994)

Este es un claro ejemplo del funcionamiento del Razonamiento Basado en Casos. Se puede ver como el niño pequeño a través de vivencias anteriores, tanto si son errores como aciertos, adquiere unas experiencias que utilizará cuando tenga que enfrentarse a una nueva situación y que constituirán su nueva base de razonamiento. Esto es una pequeña introducción del funcionamiento.

La utilización de los Sistemas Expertos Basados en Casos es la más adecuada a la UCI, puesto a que es una universidad que dirige sus esfuerzos a la producción, como consecuencia de ello ya existe una experiencia en la construcción de software, por lo que se contaría con una información suficiente para nutrir la Base de Conocimiento del modelo que se propone aplicado ya en un Sistema Experto Basado en Casos.

1.7 Consideraciones principales de los Sistemas Expertos Basados en Casos

Este sistema de razonamiento se basa en una unidad mínima llamada caso. Un caso se puede definir como una representación de una experiencia anterior, una vivencia.

Una buena analogía sería utilizando reglas, se podría describir este caso como un conjunto de reglas relacionadas con una experiencia. Debe quedar claro que las reglas por sí solas no tienen significado, ya que es en el conjunto de la experiencia donde está la mínima expresión. Si solamente se vieran y analizaran las reglas por sí solas de esta experiencia, se tendría delante entonces un Sistema Experto.

El conocimiento representa un conjunto de hechos que han transcurrido en la experiencia. Una parte de estos hechos corresponden al contexto en el que transcurre la experiencia.

Este contexto en el Sistema Experto también tiene mucha importancia ya que en el proceso de inferencia puede ser utilizado. Un ejemplo que ilustra esto, basado en el ejemplo del niño sería que su madre le hubiese dicho que no tocarse la olla antes de quemarse. De este contexto bien se podría deducir en otros casos que siempre hay que hacer caso a las madres porque tienen razón (Althoff, y otros, 1999).

Las experiencias que se tienen en el sistema no se refieren a cualquier experiencia si no solo a aquellas que aportan alguna información sobre el tema tratado por el Sistema Experto, además de no repetir experiencias ya existentes con el mismo contexto, ya que no aportan nueva información al sistema.

Finalmente se tiene que lo que indica que el uso de los casos persigue directamente la consecución de los objetivos del razonamiento, que como en cualquier Sistema Experto, es la consecución de una conclusión que dependiendo del tipo de problema puede ser muy variado.

El Razonamiento Basado en Casos, como su nombre lo indica sienta las bases de su razonamiento en los propios casos, pero esta no es la única denominación que existe de los mismos pues existen varios términos para referirse al propio RBC.

1.8 Denominaciones para el Razonamiento Basado en Casos

A lo largo de la caracterización que se ha hecho del Razonamiento Basado en Casos se ha podido observar que el principal objetivo que se persigue es identificar el problema con el que el mismo se presenta, y para ello es necesario encontrar uno o varios casos anteriores a este, que proporcionen la solución para el caso en el que se investiga.

Una vez que se haya encontrado la solución será posible añadir este último caso dentro de la base del conocimiento del sistema. Para realizar este proceso, es necesario saber muchas cosas, como por ejemplo en qué parte del proceso debe estar centrada la atención, entre otros.

La forma en que se desarrollará el razonamiento depende de cómo se elija cualquiera de estas consideraciones. El problema que se evidencia al analizar el paradigma del Razonamiento Basado en Casos es que existe una gran cantidad de métodos para organizar, utilizar e indexar el conocimiento que se tiene del mundo, que en este proceso se hace a través de los casos.

Como ya se había comentado anteriormente los casos deben ser almacenados como unidades de conocimiento. Para indexar esta gran cantidad de casos se puede utilizar un vocabulario prefijado o bien cualquier palabra del propio vocabulario, dependiendo de lo extenso que sea el vocabulario necesario en el contexto del problema.

Así pues, la solución para un caso es extraída directamente de otras experiencias, casos, que se almacenan en la base de conocimiento, aunque también pueden usarse diversos casos para extraer la solución del que se está trabajando.

Se puede comenzar a intuir que cuando se habla de Razonamiento Basado en Casos, se está generalizando mediante este término todos aquellos métodos que se utilizan para crear un Sistema Experto a partir de la filosofía del uso de casos.

Los autores utilizan el término de Razonamiento Basado en Casos para referirse a este problema, existen multitud de otros términos que son usados para definir, si no bien el mismo problema exactamente, problemas que se puedan considerar semejantes y por lo tanto son términos equivalentes a utilizar el de Razonamiento Basado en Casos. A continuación se detallará las diferentes denominaciones para definir este problema, con las particularidades que presenta cada una.

1.8.1 Razonamiento basado en ejemplos.

Este término se utiliza para hacer hincapié en que los casos que están almacenados en la base de conocimiento son realmente ejemplos de que ha sucedido en diferentes contextos al realizar un conjunto de acciones.

El problema aquí es determinar al insertar un nuevo ejemplo si este resulta ser la extensión de un ejemplo ya existente en el sistema, o por lo contrario, si se corresponde con un nuevo ejemplo, el cual hay que añadir a la base de conocimiento, ya que no se corresponde con un conocimiento anterior.

Se puede ver que este problema básicamente es un problema de clasificación en el que hay que situar correctamente el nuevo ejemplo (Aamodt, y otros, 1994).

1.8.2 Razonamiento basado en instancias.

Este término hace referencia a una especialización del anterior. La mayor diferencia que existe es que hace especial hincapié en el análisis sintáctico del razonamiento.

El problema que existe principalmente en este tipo de razonamiento es la dificultad de guiar el proceso de asociación del caso del que previamente se parte con aquel que está en la base de conocimiento.

Este tipo de razonamiento lo que intenta es compensar la falta de guía para llegar al caso que es conocido y se encuentra en la base de conocimiento del sistema. Para ello se utilizan un gran número de instancias para dirigir el razonamiento. La representación de estas instancias es normalmente en forma de vectores. Este tipo de razonamiento ha sido estudiado recientemente por los investigadores Kibler y Aha (Aamodt, y otros, 1994).

1.8.3 Razonamiento basado en memoria.

Este término enfatiza en ver la colección de casos como una gran memoria, viendo entonces el razonamiento como un proceso de acceso y búsqueda en esta memoria. La organización de la memoria y su acceso sería la parte central del Razonamiento Basado en Casos. Este tipo de técnicas se ven beneficiadas por las técnicas de procesamiento paralelo, cosa que los diferencia del resto de soluciones. Así pues el acceso y el guardado se basan básicamente en criterios puramente sintácticos, es decir, en cómo está escrito algo y no el significado del mismo (Aamodt, y otros, 1994).

1.8.4 Razonamiento Basado en Casos.

Aunque se utiliza el término de Razonamiento Basado en Casos como un término genérico en todo el documento, típicamente este método tiene una serie de características que lo distinguen del resto y que vale la pena comentar.

Se comenzará comentando que cuando se habla de caso se da por hecho que este poseerá un cierto grado de riqueza en la información que contiene, es decir la

descripción de la experiencia está perfectamente descrita y se intenta que no falte información en su descripción, además es necesario que toda esta información que contiene posea un cierto grado de organización que permita su rápido entendimiento y sobretodo llegar a la información necesaria rápidamente minimizando acceder a información no necesaria.

Por otro lado, se cuenta con otra particularidad y es la capacidad que existe para modificar o adaptar este caso a una solución cuando se está solucionando un problema en un contexto diferente.

Además como se había comentado cuando se analizaba la descripción del significado, es muy importante el contexto del conocimiento, concretamente la riqueza con el que estará descrito, su representación y el rol que tenga con el conocimiento principal; resulta evidente que a un mayor conocimiento del contexto las conclusiones que se podrán obtener del razonamiento serán mejores.

Como contrapartida de esto, el exceso de información puede provocar que sea demasiado lento en el proceso de razonamiento. Es por eso que es necesario buscar un término medio entre estos dos términos (Aamodt, y otros, 1994).

1.8.5 Razonamiento basado en analogías.

Este término muchas veces es usado como sinónimo del Razonamiento Basado en Casos debido a que tiene las mismas características que el anterior. Aun así tiene una serie de particularidades que lo hacen diferente. Destacar en primer lugar que a diferencia del anterior este permite la caracterización de métodos para solucionar problemas basados en casos que están en la base de conocimiento pero que tienen un dominio diferente.

Para entenderlo mejor se puede utilizar el ejemplo del niño y la olla y observar que este caso podría ser extrapolado a otro contexto como puede ser que el niño estuviese en el campo y su madre le advirtiese de algo. Se evidencia que los contextos son totalmente diferentes, pero aún así existen las suficientes conexiones, en este caso la madre, que permite formalizar un razonamiento del nuevo caso sobre el caso preexistente.

El estudio sobre este tipo de razonamiento se encuentra en el estudio del reuso de los casos existentes en la base de conocimiento y su reuso, proceso que recibe el nombre del problema de mapeado, que básicamente consiste en encontrar la manera de transferir o mapear la solución que presenta alguna analogía (llamada fuente) con el problema que se está tratando (llamado objetivo) (Aamodt, y otros, 1994).

Los propios problemas de planificación que se presentan en el proceso de desarrollo de software y la posibilidad de solucionar problemas actuales basándose en problemas ya resueltos mediante la utilización del Razonamiento Basado en Casos, contribuyó a la elaboración de un MBC para la Planificación de Proyectos en la Facultad 3, pero antes fue necesario el estudio de los procesos que provocan el alto grado de incertidumbre en la etapa de planificación.

1.9 Planificación de proyectos.

La planificación de un proyecto debe afrontarse de manera adecuada para que al final del mismo se pueda hablar de éxito. No se trata de una etapa independiente abordable en un momento concreto del ciclo del proyecto.

No se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc. Se debe tener claro que sí se puede hablar de una etapa de planificación, llamada así porque aglutina la mayor parte de los esfuerzos para planificar todas las variables que se darán cita; cada vez que se intenta prever un comportamiento futuro y se toman las medidas necesarias, se está planificando.

La planificación correcta de un proyecto es una de las áreas más fundamentales al momento de realizar un desarrollo cualquiera, ya que principalmente permite dar no sólo fechas al proyecto, sino estudiar detenidamente su alcance, su factibilidad y permite distribuir los recursos lo más acorde posible a las necesidades del mismo.

Existen dos grandes fases en las que la planificación cobra el máximo protagonismo. (Getec)

- La primera es necesaria para estudiar y establecer la viabilidad de un proyecto, ya sea interno o externo a la organización. Hay que hacer los

correspondientes estudios técnicos, de mercado, financieros, de rentabilidad... así como una estimación de los recursos necesarios y los costes generados. Todo ello constituye el elemento fundamental en el que se apoya el cliente (que puede ser la propia organización en el caso de proyectos internos) para decidir sobre la realización o no del proyecto.

- La segunda fase importante de planificación tiene lugar una vez se ha decidido ejecutar el proyecto. Ahora es el momento de realizar una planificación detallada punto por punto. Uno de los errores más importantes y graves en gestión de proyectos es querer arrancar con excesiva premura la obra, sin haber prestado la atención debida a una serie de tareas previas de preparación, organización y planificación que son imprescindibles para garantizar la calidad de la gestión y el éxito posterior.

Planificar es armonizar dos tipos de elementos muy diferentes entre sí:

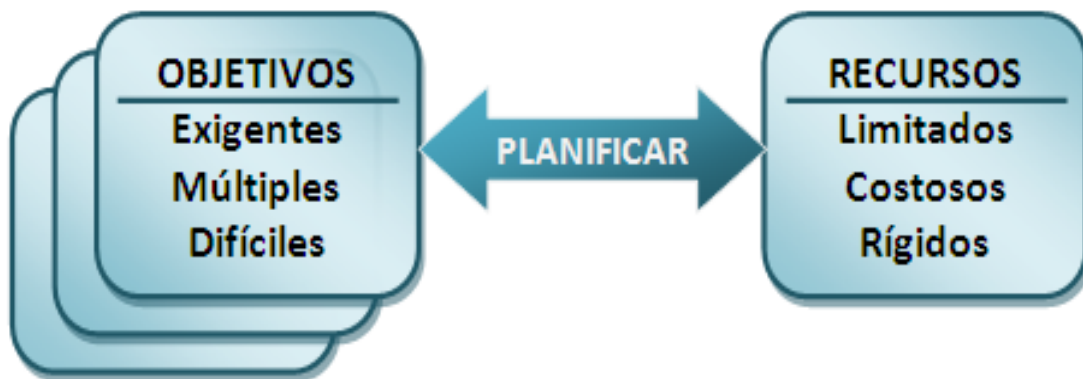


Figura 1.5 Componentes a tener en cuenta en la planificación

Al hilo de lo señalado al principio, la planificación de los proyectos debe estar afectada de un notable grado de agilidad y dinamismo, no es razonable planificar un proyecto y pensar que esa planificación es ya definitiva e inmutable.

En casi todos los casos, la realidad no coincide exactamente con lo previsto, por lo que es necesario ir haciendo ajustes periódicos.

La planificación es una herramienta para la gestión y la toma de decisiones, no para imaginar en un primer momento una evolución que posteriormente el tiempo se encargará de demostrar que estaba equivocada. Se muestra el conjunto de

actividades que se desarrollan en el proceso de planificación en la figura que se muestra a continuación.



Figura 1.6 Actividades de la Planificación de Proyectos (Criado Briz)

Aunque existen técnicas de planificación muy avanzadas y elaboradas, la adecuada planificación se basa, ante todo, en una actitud de anticipación que no es sino una evidente manifestación del sentido común.

Utilizar los Sistemas Expertos para resolver problemas es una técnica que se está utilizando con resultados satisfactorios pero cada área del conocimiento donde se utilice tiene obstáculos que el propio Sistema Experto debe tratar de resolver por las características específicas del campo al que se vaya a especializar el conocimiento de la base de conocimiento del Sistema Experto; los problemas que presentan la planificación mediante SE son los siguientes (Getec):

- Existen consecuencias no previsibles, de forma que hay que explorar y explicar varios planes.
- Existen muchas consideraciones que deben ser valoradas o incluirles un factor de peso.
- Suelen existir interacciones entre diversos planes subjetivos, por lo que deben elegirse soluciones de compromiso.

- Trabajo frecuente con incertidumbre, pues la mayoría de los datos con los que se trabaja son más o menos probables pero no seguros.
- Es necesario hacer uso de fuentes diversas tales como bases de datos.

1.9.1 Estimación de proyectos

Es una pequeña planeación sobre qué es lo que va a ser el proyecto. Una de las actividades cruciales del proceso de gestión del proyecto del software es la planificación. Cuando se planifica un proyecto de software se tiene que obtener estimaciones de esfuerzo humano requerido, de la duración cronológica del esfuerzo humano requerido, de la duración cronológica del proyecto y del costo.

Pero en muchos de los casos las estimaciones se hacen valiéndose de la experiencia pasada como única guía. Si un proyecto es bastante similar en tamaño y funciona un proyecto pasado es probable que el nuevo proyecto requiera aproximadamente la misma cantidad de esfuerzo, que dure aproximadamente lo mismo que el trabajo anterior.

Pero qué pasa si el proyecto es totalmente distinto entonces puede que la experiencia obtenida no sea lo suficiente.

Se han desarrollado varias técnicas de estimación para el desarrollo de software, aunque cada una tiene sus puntos fuertes y sus puntos débiles, todas tienen en común los siguientes atributos.

1. Se ha de establecer de antemano el ámbito del proyecto.
2. Como bases para la realización de estimaciones se usan métricas del software de proyectos pasados.
3. El proyecto se desglosa en partes más pequeñas que se estiman individualmente.

Ahora bien, en el principio el costo del Software constituía un pequeño porcentaje del costo total de los sistemas basados en computadoras. Hoy en día el software es el elemento más caro de la mayoría de los sistemas informáticos.

Un gran error en la estimación del costo puede ser lo que marque la diferencia entre beneficios y pérdidas, la estimación del costo y del esfuerzo del software nunca será

una ciencia exacta, son demasiadas las variables: humanas, técnicas, de entorno, políticas, que pueden afectar el costo final del software y el esfuerzo aplicado para desarrollarlo.

Para realizar estimaciones seguras de costos y esfuerzos tienen varias opciones posibles (Getec):

- Deje la estimación para más adelante (obviamente se puede realizar una estimación al cien por cien fiable después de haber terminado el proyecto).
- Base las estimaciones en proyectos similares ya terminados.
- Utilice técnicas de descomposición relativamente sencillas para generar las estimaciones de costos y esfuerzo del proyecto.
- Desarrolle un modelo empírico para el cálculo de costos y esfuerzos del software.

Desdichadamente la primera opción, aunque atractiva no es práctica, pues para qué estimar algo que ya tiene un fin.

La Segunda opción puede funcionar razonablemente bien si el proyecto actual es bastante similar a los esfuerzos pasados y si otras influencias del proyecto son similares. Las opciones restantes son métodos viables para la estimación del proyecto de software. Desde el punto de vista ideal, se deben aplicar conjuntamente las técnicas indicadas usando cada una de ellas como comprobación de las otras.

Antes de hacer una estimación, el planificador del proyecto debe comprender el ámbito del software a construir y generar una estimación de su tamaño.

1.10 Conclusiones parciales

- El análisis del estado del arte permitió definir al Modelo Basado en Casos como el más apropiado para ser aplicado en la estimación de los productos de software, debido a que este no solo busca la reducción de la incertidumbre de los métodos tradicionales, sino proyectos con una mejor planificación proporcionando el desarrollo exitoso de futuros software, con costos cada vez menores y permitiendo aumentar las ganancias de la empresa.

- El estudio de los Sistemas Expertos dentro de la Inteligencia Artificial permitió identificar el Razonamiento Basado en Casos como el método de conocimiento y funcionamiento de los propios Sistemas Expertos, encaminado así el Modelo Basado en Casos que se propone en la investigación a dar cumplimiento a las metas de planificación y estimación de los productos de software.
- Se estudió el comportamiento de los Sistemas Expertos basados en casos, lo que permitió conocer las características que debía tener un Modelo Basado en Casos para la estimación de un producto de software.
- El análisis de la Planificación de Proyectos dentro de la Gestión de Proyectos de Software, permitió definir un conjunto de actividades dirigidas a desarrollar una estimación correcta de un producto de software, así como puntualizar las denominaciones de los Sistemas Basados en Casos.

Capítulo II: Modelo Basado en Casos para planificación de proyectos de software

2.1 Funcionamiento del Razonamiento Basado en Casos

Hasta ahora lo que se ha hecho ha sido en primer lugar la visualización del contexto en el que transcurre el desarrollo de este problema, para luego continuar con una mejor caracterización de qué era realmente el Razonamiento Basado en Casos a partir de su definición.

El siguiente paso lógico sería describir con mayor profundidad cómo es el proceso de desarrollo de este tipo de razonamiento y qué es lo que se hace en cada uno de los pasos del mismo. En la Inteligencia Artificial, existen multitud de técnicas para implementar una misma cosa.

Este caso no es una excepción y se cuentan con diversas maneras de hacerlo, los autores han decidido utilizar las que se enumeran a continuación:

- Un modelo de proceso en forma de ciclo.
- Un método estructurado en tareas.

A continuación se procede a describir los dos modelos de una forma más rigurosa y en profundidad, no sin antes añadir que estos dos modelos resultan ser complementarios entre sí y representan dos vistas diferentes del Razonamiento Basado en Casos, es decir, dos formas diferentes de ver este mismo problema.

La primera de ellas se basa en los modelos dinámicos en lo que se hace es dividir el problema inicial en subproblemas, comprobando las dependencias que existen entre ellos y los productos que resultan de su unión. Es decir, estos problemas son resueltos secuencialmente en forma de ciclo hasta llegar al final del mismo ciclo.

Por otro lado, el segundo método que se basa en una descomposición en diferentes tareas, en el que dar solución supone resolver esos métodos que serán la base para resolver aquellos métodos de los cuales son dependientes.

Así pues en este caso los subproblemas pueden ser resueltos en cualquier orden mientras los métodos dependientes de este problema hayan sido resueltos con anterioridad.

Antes de realizar una explicación más exhaustiva de las fases del Razonamiento Basado en Casos es necesario saber cuáles son las desventajas y ventajas que se evidencian al usar esta técnica.

Sus desventajas son (Aamodt, y otros, 1994):

- El proceso de extracción de conocimiento es difícil.
- Su construcción requiere de habilidades especiales.
- Normalmente son lentos e incapaces de acceder a grandes cantidades de información.
- Son difíciles de mantener.

Estas desventajas no deben ser un freno a la hora de decidirse por usar el Razonamiento Basado en Casos, para ellas hay formas o métodos de programación dentro del mismo modelo para minimizar estos obstáculos.

Los beneficios que se muestran a continuación son fuertemente un impulso para construir un SE que utilice el RBC pues son bien claras y las ventajas que proporcionan solucionan la problemática planteada:

Sus ventajas son (Aamodt, y otros, 1994):

- No requiere de un modelo explícito del dominio y el proceso de extracción se reduce a juntar casos históricos.
- Su construcción se reduce a identificar atributos relevantes con los cuales describir los casos.
- Puede empezar con unos cuantos casos y elimina el que el sistema sea completo.
- Permite dar explicaciones.
- Usan técnicas de base de datos para manipular grandes volúmenes de información.
- El Razonamiento Basado en Casos puede aprender adquiriendo nuevos conocimientos como casos haciendo su mantenimiento más fácil.
- Pueden ir creciendo reflejando la experiencia acumulada.

2.1.1 El ciclo del Razonamiento Basado en Casos

En el proceso de dividir el Razonamiento Basado en Casos en diferentes subprocesos se encuentra el ciclo que lo conforma, este puede ser dividido en 4 procesos claramente diferenciados (Althoff, 1989) (Althoff, y otros, 1999):

1. RECUPERAR los casos similares al que se analiza.
2. REUTILIZAR la información y el conocimiento que se tiene en este caso para resolver el problema.
3. REVISAR la solución propuesta.
4. RETENER las partes de esta experiencia que puedan ser útiles para la resolución de futuros problemas.

Cuando el Sistema Experto se encuentra delante de un nuevo problema para el cual hay que dar una solución lo primero que tiene que hacer dado ese determinado problema es, recordar los casos relevantes que pueden solucionarlo. Estos casos relevantes tendrán que ser una selección de aquellos casos de los que se dispone en la base de conocimiento del Sistema Experto.

Se expone para este caso un ejemplo diferente al del niño y la madre. Por ejemplo, se da la siguiente situación; Aragonés quiere preparar el siguiente partido de la selección española para la Eurocopa. Y la experiencia más relevante que él puede recordar es aquella en la cual España ganó su primera Eurocopa, de lo cual hace muchos años. El caso de recuerdo de Aragonés estaría compuesto por todo lo que se hizo en aquel momento para ganar la Eurocopa (táctica, equipos, etc.) que hizo que ganaran, así como las decisiones que fue tomando a medida que iban avanzando en la eliminatoria (Aamodt, et al., 1994).

Una vez que se tenga este conjunto de casos que guardan una serie de similitudes con el caso para el cual hay que proponer una solución lo que se tiene que hacer es adaptar la solución de todos esos problemas, en su globalidad o solamente en alguna de las partes que le interese al SE para transformar el contexto de esos problemas en el problema que se tienen actualmente.

En el ejemplo que se comentaba anteriormente: Aragonés tendría que adaptar la experiencia que tenía de aquel equipo, cambiar los jugadores por los que ahora

tiene y modificar las cualidades que tienen los equipos con los que está emparejados. Con todo esto ya se obtendría una primera versión de la solución. Aún así es necesario probar la solución en el mundo real o en una simulación y si es necesario revisarla (Aamodt, et al., 1994).

Con esto lo que se quiere decir es que este es un proceso circular en el que se reutilizan diversos casos de la base de conocimiento, se revisa la solución y si no es factible se vuelve a modificar con la inclusión o la eliminación de los casos que fuesen incorrectos o añadiendo aquellos que faltasen para perfeccionar la solución.

Continuando con el ejemplo de España en la Eurocopa esto significaría que Aragonés iría probando alineaciones y a medida que se comenzaran a perder partidos el entrenador iría modificando las alineaciones según los criterios que fuesen utilizados en la Eurocopa que se ganó. Finalmente el último paso es la retención (Aamodt, et al., 1994).

Después de que la solución haya sido adaptada satisfactoriamente para solucionar el problema dado, se almacenaría la experiencia resultante como un nuevo caso en la memoria.

En el caso particular del juego se almacenaría la experiencia resultante de haber jugado el partido y las conclusiones a las que ha llegado.

Tanto si ha ganado como si ha perdido. Se podrá recordar que uno de los intereses del Razonamiento Basado en Casos reside no solo en recordar los casos resultantes que hayan sido acierto sino aquellos en que se ha fallado, ya que con estos se mejorará el razonamiento del Sistema Experto pues cuando se tenga que llevar a cabo un tipo de razonamiento similar se sabrá que no se tiene que seguir esa línea de razonamiento ya que lleva a un resultado incorrecto.

A continuación en la siguiente imagen se ilustra cómo se lleva a cabo el ciclo del Razonamiento Basado en Casos:

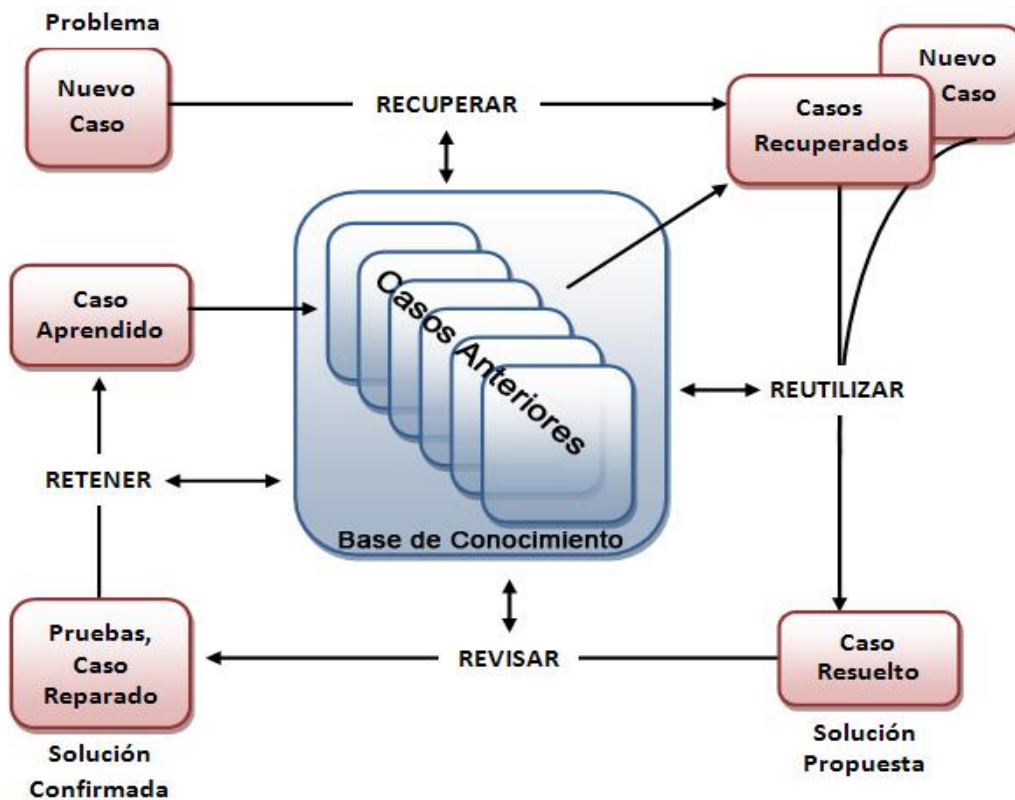


Figura 2.1 Ciclo del Razonamiento Basado en Casos (Un sistema de Razonamiento Basado en Casos para la clasificación, 2005)

A través de esta imagen se puede ver con mayor claridad el ciclo que sigue este sistema de razonamiento y sobretodo es importante destacar el carácter central que tiene la base de conocimiento. Queda muy patente en este esquema cómo cualquiera de las etapas guardan una estrecha relación con el conocimiento existente y destacar también cómo el último paso reside en añadir el nuevo caso que se ha generado dentro de la base de conocimiento para poder utilizarlo en futuros razonamientos. Destacar también que la influencia que tiene esta base de conocimiento puede ser variable, de la poca influencia a la mucha influencia según el método de Razonamiento Basado en Casos que se decida utilizar.

2.1.2 Razonamiento Basado en Casos basado en tareas jerárquicas

El proceso que se ha expuesto anteriormente en forma de ciclo tiene por objetivo enfatizar el carácter secuencial que tienen sus pasos. Para una mayor descomposición y descripción de los 4 pasos que anteriormente se han mencionado, se utilizará una visión del problema en forma de tareas donde cada paso o subproblema, es visto como un objetivo que tiene que alcanzar el Razonamiento

Basado en Casos. Mientras que en el proceso anterior se contaba con una vista global, externa, de lo que estaba sucediendo en cada uno de los pasos que se daban en el proceso de razonamiento, tener una vista orientada a las diferentes tareas que se tienen permiten describir con un nivel de detalle superior lo que está sucediendo y los mecanismos utilizados desde la perspectiva del Razonamiento Basado en Casos.

En el nivel de la base de conocimientos, el Sistema Experto es visto como un agente que tiene unas metas que conseguir, que es dar una solución, y los medios de los que dispone para llegar a dicha solución. La descripción puede ser hecha desde tres perspectivas diferentes:

- Las tareas que tiene que desarrollar el sistema.
- Los métodos que utiliza para llegar al objetivo
- Dominio de la base de conocimiento del sistema.

Las tareas persiguen el objetivo del sistema, y estas tareas están elaboradas a partir de la aplicación de uno de los métodos existentes en el sistema. Pero hay que tener en cuenta que para que un método pueda alcanzar la resolución de una tarea es necesario que todas aquellas tareas de las que dependa hayan sido realizadas. Entonces se puede ver cómo el marco de trabajo está fuertemente influenciado por esta base de conocimiento. En la imagen que se muestra a continuación se expone parte del árbol del ciclo del Razonamiento Basado en Casos, se exponen las 4 fases fundamentales y más adelante se muestran las diferentes uniones existentes entre diferentes tareas que son representadas por nexos de unión entre ellos, nexos que reciben el nombre de descomposición de tareas.

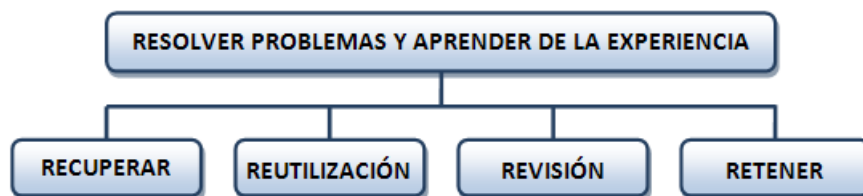


Figura 2.2 Cima del Árbol del ciclo del RBC. Fases

Lo primero que llama la atención es que el objetivo principal que se encuentra en la raíz del árbol es el objetivo final del razonamiento que es la resolución del problema.

Así pues no es de extrañar encontrarse en la parte inferior los 4 pasos en los que se había descompuesto el ciclo de resolución del Razonamiento Basado en Casos.

Como se puede observar a simple vista, en estos dos métodos que se acaban de explicar se hace patente la gran diferencia que existen entre ambos métodos que se han descrito, mientras en uno se tiene que ir siguiendo cada uno de los pasos descritos, en este se puede ir realizando los pasos que se quieran a medida que se disponga de la información necesaria, que puede venir directamente de la base de conocimiento o como resultado de otro proceso.

En este ejemplo se puede apreciar más claramente cómo se realiza con esta visión ya que se tienen los diversos conjuntos de tareas y estas se van agrupando progresivamente para obtener como resultado final la resolución del problema que se desea.

2.2 Precondiciones del Modelo Basado en Casos

Alcance

- Desarrollado para su aplicación en la planificación de proyectos de software.
- Adaptable a cualquier metodología de desarrollo.
- Aplicable además a proyectos de cualquier tamaño.

Objetivo

- Contribuir a la reducción de la incertidumbre en la planificación de proyectos de software.

Principios

- Eficiencia.
- Flexibilidad.
- Orientado a la reducción de la incertidumbre en la planificación.
- Enfocado a la planificación de proyectos.

Premisas

- Efectiva y detallada elicitación de requisitos.
- Personal mínimo capacitado en técnicas de planificación y estimación.
- Contar con un banco de software desarrollados previamente.

2.3 Principales fases de los SBC

Ya se ha analizado con profundidad todo el proceso de cómo llevar a cabo el Razonamiento Basado en Casos, sería importante analizar todos aquellos problemas que existen para llevar a cabo una correcta implementación y la forma más eficaz para solucionarlos. Como ya se puede intuir, estos problemas se encontrarán principalmente en dos partes claramente diferenciadas, por un lado se tendrán todos aquellos elementos que se relacionen con el mantenimiento de la base de conocimiento, y por otro lado aquellos elementos relacionados con la línea de razonamiento a seguir. En el fondo son dos problemas bastante relacionados ya que necesitan el uno del otro para alcanzar la solución final.

A continuación se procede a describir cada uno de los problemas con las posibles soluciones para evitarlos.

2.3.1 Representación del conocimiento

Hasta este momento no se había mencionado en ningún lugar cómo se iba a organizar la representación de los casos, y ciertamente esta es una de las partes más importantes de la utilización de este sistema, ya que según la organización que se haya elegido esto condicionará en gran medida la eficiencia que tendrá el Sistema Experto y como consecuencia de esto la calidad de la solución que se obtendrá; es por eso que este apartado es merecedor de una atención especial.

El Razonamiento Basado en Casos depende de la estructura de almacenado de los casos. Como un problema es solucionado mediante experiencias anteriores, el proceso de búsqueda y unión entre este caso solución y el caso que se está intentando solucionar tiene que ser necesariamente eficiente.

El principal problema que se afronta es decidir cuáles serán los elementos que se almacenarán en el caso, encontrando una estructura apropiada para hacerlo. Además será necesario decidir una estructura en la que se almacenará el conjunto de casos, es decir, cómo se procederá a la organización de los casos que conforman la base de conocimiento, así como su indexación, dos de las características más importantes para asegurar un rápido acceso a los casos.

Finalmente quedaría el problema de integrar este paquete de casos dentro del modelo de la base de conocimiento de manera que este conocimiento pueda ser incorporado al sistema y accedido por el resto del Sistema Experto. Una vez definida la problemática que se presenta, es necesario describir alguna manera para solucionar estos problemas. En este caso básicamente se evidencian dos posibles implementaciones: un modelo de memoria dinámica desarrollado por Schank y Kolodner y el modelo de categorías y ejemplos de Porter y Bareiss.

2.3.1.1 Modelo de memoria dinámica

La idea básica de este modelo consiste en organizar todos aquellos casos que comparten un conjunto de propiedades bajo una estructura más general, llamada episodio generalizado. Un episodio generalizado (EG) contiene tres tipos diferentes de objetos: normas, casos e índices.

- Las normas son las características comunes de todos los casos que comparten las mismas características, es decir, bajo el mismo EG.
- Los casos son los propios casos estudiados hasta el momento.
- Los índices son aquellas características, que diferencian los casos que forman un EG.

Un índice apuntará más directamente a un episodio más generalizado o directamente a un caso. Estos índices están formados por dos partes, el nombre del índice y el valor del índice.

Es fácil ver que toda la base de conocimiento que está formada por los casos es una red que va discriminando entre los diferentes casos, donde cada nodo del grafo es una generalización del episodio. También se puede observar cómo cada pareja de valores de los índices apunta de una generalización de un episodio a otra. Luego se puede apreciar cómo este esquema que se plantea es redundante ya que existen múltiples caminos hacia un caso en particular o a un EG.

Cuando se tiene una descripción de un nuevo caso y además se tiene que realizar la búsqueda de la mejor coincidencia con otro, el caso que nos dan de entrada es introducido en la parte superior de la estructura donde se almacena la información, comenzando por el nodo principal. El proceso de búsqueda es similar tanto para la

recuperación del caso como para el almacenamiento. Lo que sigue a esto es un paso bastante lógico y consiste en que cuando una o varias de las características del caso coinciden con una o varias de las de algún EG, el caso inicial del que se parte es discriminado basándose en las características no comunes. Es decir, lo que se hace es ir bajando el caso por el árbol que se tiene hasta llegar a alguna de las hojas.

Durante el proceso de guardado de un nuevo caso, cuando alguna característica del caso coincide con alguna característica de algún caso existente, un nuevo episodio general es creado, siendo entonces los dos casos discriminados indexándose debajo de índices diferentes debajo de este episodio. En el caso de que durante el almacenaje de este caso, dos de los casos o dos de los EG terminaran con el mismo índice, una nueva generalización sería automáticamente creada. Entonces se puede ver de dónde viene el nombre del método, recayendo en esta característica dinámica de recolocación de la memoria a medida que se van introduciendo nuevos casos.

Por lo que respecta a la recuperación de los casos una vez dentro de la estructura, el funcionamiento consiste en buscar dentro del EG que tenga más normas en común con la descripción del problema; esto resulta lógico teniendo en cuenta la descripción que se había dado de que era una norma.

Los índices que compartan este mismo EG, son entonces revisados con el objetivo de buscar aquel caso que contenga la mayoría de las características problemáticas. Por otro lado, el almacenaje de un nuevo caso es realizado siguiendo la misma estructura pero añadiendo antes dinámicamente los nuevos episodios si son necesarios. Esto provocará que fácilmente ocurra un gran crecimiento del número de índices debido al incremento del número de casos, es por eso que muchos sistemas que utilizan esta estructura imponen límites a la generación de los índices para los casos.

2.3.1.2 Modelo de categorías y ejemplos

La filosofía básica de este método consiste en entender los casos como ejemplos del mundo real, no como simples conceptos. En el mundo real no todas las características de los objetos tienen la misma importancia, hay algunas que tienen más peso que otras en la descripción de los mismos, y lo que este modelo intenta

destacar es esto. Además estos ejemplos pueden ser categorizados, es decir, se pueden organizar según las categorías a las cuales pertenece. La base de hechos se encuentra dentro de una red estructurada por categorías, casos y apuntadores a índices.

Tal como se ha definido se tiene que cada caso está asociado a una categoría determinada y los índices, teniendo la misma definición que en el modelo anterior, son de tres tipos:

- Índices que unen las características de los problemas con los casos o las categorías.
- Las uniones entre diferentes casos vecinos, entendiendo por vecinos aquellos casos que solo varían en unas pocas características.
- Aquellos que representan la unión entre las categorías y los casos asociados a esas categorías.

Como se puede ver es bueno destacar que las características no solamente pueden estar vinculadas a los ejemplos sino que también a las propias características, siendo entonces estas características comunes para todos los ejemplos que formen parte de esa categoría.

Encontrar un caso en la base de conocimientos que coincida con la descripción del mismo se hace mediante la combinación de las características de la entrada y seleccionando aquellas que sean de la misma categoría, teniendo en cuenta que para seleccionar la categoría el sistema se tendrá que basar en aquella categoría que tenga más características en común con el caso del cual se parte.

Para almacenar un nuevo caso lo que se debe hacer es buscar uno que coincida con el que se introduce, utilizando para ello los índices. Si el caso que se encuentra, solamente tiene pequeñas diferencias con el que ya existe, no hay necesidad de guardarlo o bien se pueden unir las características de ambos; sí no se encuentra ningún caso, el nuevo caso se introducirá dentro de la base de hechos.

2.3.1.3 Estructura de los casos

Ya sea un método o el otro el problema que resolverá el Sistema Experto será cómo clasificar un software, conociendo previamente algunos de sus atributos o rasgos

que influyen en ello. En los casos se almacenarán los datos de cada producto de software, estos a su vez en la base de conocimiento del propio Sistema Experto.

Los casos representan a un problema en cuestión, en el modelo específico que proponen los autores representarán un producto de software.

Esta serie de características o rasgos, que pueden ser valores de entradas, propios del caso a tratar u otros que el sistema inferirá como parte del proceso a desarrollar.

2.3.1.3.1 Rasgo A_{10} = RUP (*Rational Unified Process*)

A continuación se especifican los nombres que corresponden a cada rasgo dentro de un caso.

- ❖ A_1 : Cantidad total de casos de uso.
- ❖ A_2 : Cantidad de casos de uso de alta complejidad
- ❖ A_3 : Cantidad de casos de uso de complejidad media.
- ❖ A_4 : Cantidad de casos de uso de baja complejidad.
- ❖ A_5 : Prestaciones del Entorno de Desarrollo, en un dominio de [1...10].
- ❖ A_6 : Experiencia del equipo de desarrollo, en un dominio de [1...10].
- ❖ A_7 : Subsistemas implementados.
- ❖ A_8 : Cantidad de módulos desarrollados.
- ❖ A_9 : Total de horas hombres disponibles para el producto de software.
- ❖ A_{10} : Metodología de desarrollo utilizada (RUP, XP, MSF, etc.).
- ❖ A_{11} : Paso (rango de diferencia entre los casos a comparar).
- ❖ A_{12} : Grado de certidumbre (grado de adaptación alcanzada por el caso)
- ❖ A_{13} : Cantidad total de líneas de código.
- ❖ A_{14} : Recursos humanos utilizados.
- ❖ A_{15} : PC requeridas para el desarrollo del proyecto.
- ❖ A_{16} : Costo financiero total del producto de software en \$.
- ❖ A_{17} : Costo de los recursos humanos utilizados.

- ❖ A_{18} : Costo de los recursos físicos utilizados.
- ❖ A_{19} : Otros costos utilizados en el proyecto.
- ❖ A_{20} : Tamaño del proyecto.
- ❖ A_{21} : Tiempo de duración de proyecto de software.
- ❖ A_{22} : Tiempo de duración de la fase de Inicio.
- ❖ A_{23} : Tiempo de duración de la fase de Elaboración.
- ❖ A_{24} : Tiempo de duración de la fase de Construcción.
- ❖ A_{25} : Tiempo de duración de la fase de Transición.
- ❖ A_{26} : Horas hombres requeridas en la fase de Inicio.
- ❖ A_{27} : Horas hombres requeridas en la fase de Elaboración.
- ❖ A_{28} : Horas hombres requeridas en la fase de Construcción.
- ❖ A_{29} : Horas hombres requeridas en la fase de Transición.

De los rasgos definidos anteriormente los rasgos desde A_1 a A_{11} representan los valores de entrada y lo que oscilan entre A_{13} y A_{29} son los rasgos de salida.

Dentro de los valores que se definen anteriormente, hay algunos valores de salida que pueden variar de acuerdo al valor que tenga el parámetro de entrada (A_{10}), pues la representación que se hace corresponde a un caso que utilice RUP como metodología de desarrollo de software, constituyendo así los valores de salida desde A_{22} hasta A_{29} características distintivas de esta metodología.

En la figura que se muestra a continuación se muestra gráficamente la estructura que tendrá un caso en el modelo.

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 | A_7 | A_8 | A_9 | A_{10} |
| A_{11} | A_{12} | A_{13} | A_{14} | A_{15} | A_{16} | A_{17} | A_{18} | A_{19} | A_{20} |
| A_{21} | A_{22} | A_{23} | A_{24} | A_{25} | A_{26} | A_{27} | A_{28} | A_{29} | |

Figura 2.3 Estructura de almacenamiento de los casos en la Base de Conocimiento, para RUP

A continuación se ejemplifican cuáles son los rasgos de los casos que cambian en dependencia de la metodología que se utilice y como se organizan los mismos en el Sistema Experto.

2.3.1.3.2 Rasgo $A_{10} = XP$ (Extreme Programming)

En caso de que (A_{10}) corresponda a un software en el que se haya utilizado **XP** las variables comprendidas entre A_{22} y A_{29} el sistema las interpretará de la siguiente forma:

- ❖ A_{22} : Tiempo de duración de la fase de Planificación.
- ❖ A_{23} : Tiempo de duración de la fase de Diseño.
- ❖ A_{24} : Tiempo de duración de la fase de Desarrollo.
- ❖ A_{25} : Tiempo de duración de la fase de Pruebas.
- ❖ A_{26} : Horas hombres requeridas en la fase de Inicio.
- ❖ A_{27} : Horas hombres requeridas en la fase de Elaboración.
- ❖ A_{28} : Horas hombres requeridas en la fase de Construcción.
- ❖ A_{29} : Horas hombres requeridas en la fase de Transición.

De la misma forma para este caso los rasgos desde A_1 a A_{11} representan los valores de entrada y los que oscilan entre A_{13} y A_{29} son los rasgos de salida, adquiriendo los nuevos valores definidos para esta metodología desde A_{22} y A_{29} .

En la figura que se muestra a continuación se muestra gráficamente la estructura que tendrá un caso en nuestro modelo.

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 | A_7 | A_8 | A_9 | A_{10} |
| A_{11} | A_{12} | A_{13} | A_{14} | A_{15} | A_{16} | A_{17} | A_{18} | A_{19} | A_{20} |
| A_{21} | A_{22} | A_{23} | A_{24} | A_{25} | A_{26} | A_{27} | A_{28} | A_{29} | |

Figura 2.4 Estructura de almacenamiento de los casos en la Base de Conocimiento, para XP

2.3.1.3.3 Rasgo $A_{10} = MSF$ (Microsoft Solution Framework)

En caso de que (A_{10}) corresponda a un software en el que se haya utilizado **XP** las variables comprendidas entre A_{22} y A_{29} el sistema las interpretará de la siguiente forma:

- ❖ A_{22} : Tiempo de duración de la fase de Estrategia y alcance.
- ❖ A_{23} : Tiempo de duración de la fase de Planificación y Prueba de Concepto.

- ❖ A_{24} : Tiempo de duración de la fase de Estabilización.
- ❖ A_{25} : Tiempo de duración de la fase de Despliegue.
- ❖ A_{26} : Horas hombres requeridas en la fase de Estrategia y alcance.
- ❖ A_{27} : Horas hombres requeridas en la fase de Planificación y Prueba de Concepto.
- ❖ A_{28} : Horas hombres requeridas en la fase de Estabilización.
- ❖ A_{29} : Horas hombres requeridas en la fase de Despliegue.

De la misma forma para este caso los rasgos desde A_1 a A_{11} representan los valores de entrada y los que oscilan entre A_{13} y A_{29} son los rasgos de salida, adquiriendo los nuevos valores definidos para esta metodología desde A_{22} y A_{29} .

En la figura que se muestra a continuación se muestra gráficamente la estructura que tendrá un caso en nuestro modelo.

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 | A_7 | A_8 | A_9 | A_{10} |
| A_{11} | A_{12} | A_{13} | A_{14} | A_{15} | A_{16} | A_{17} | A_{18} | A_{19} | A_{20} |
| A_{21} | A_{22} | A_{23} | A_{24} | A_{25} | A_{26} | A_{27} | A_{28} | A_{29} | |

Figura 2.5 Estructura de almacenamiento de los casos en la Base de Conocimiento, para MSF

La variable A_{10} puede tomar cualquier valor, solo habría que definirlo cuando se realice el ciclo completo del modelo, de la misma forma que A_{10} en los ejemplos especificados anteriormente toma un valor que se define como metodología a utilizar, lo haría con otras metodologías de desarrollo que se utilizan en el proceso de desarrollo de software, quedaría entonces los rasgos desde A_1 a A_{12} como valores de entrada y los que oscilan entre A_{22} y A_n como rasgos de salida, adquiriendo los nuevos valores definidos para esta metodología desde A_{22} hasta A_n ello según las fases que tenga la metodología asignada del rasgo A_{10} .

El rasgo A_{12} no se considera un atributo de entrada, tampoco uno de salida, este atributo es un valor que el sistema lo calcula automáticamente utilizando la fórmula 1, esta fórmula es la encargada de calcular el grado de certidumbre, este valor define la certeza con cuál certeza el caso solución es más semejante al nuevo.

2.3.2 Métodos de recuperación

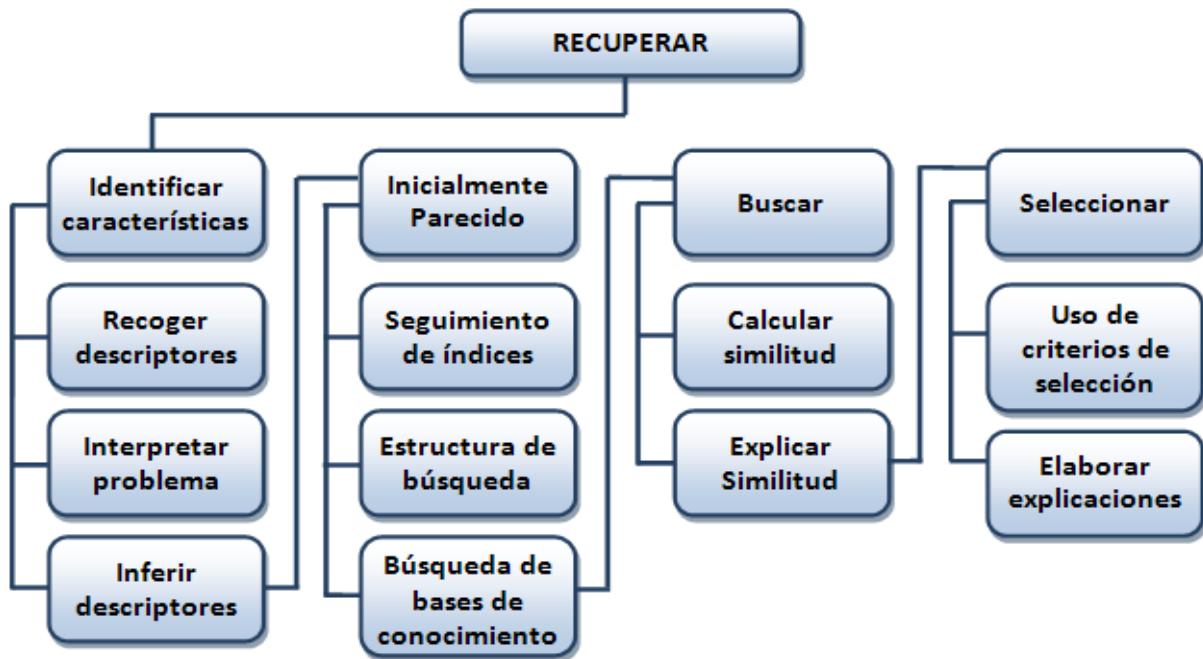


Figura 2.6 Tareas de la fase de Recuperación correspondientes al árbol del RBC

El proceso de recuperación comienza con una descripción parcial del problema de entrada, teniendo como objetivo de la etapa de recuperación dar como respuesta un conjunto de casos, los cuales presenten un mayor número de similitudes con el caso inicial, es decir que tengan las características más parecidas posibles con el caso inicial. El proceso de identificación comienza básicamente con una serie de descripciones del problema que serán la base a partir de la cual se buscará alguna similitud con algún caso existente en la base de conocimiento.

A continuación se describen las diferentes etapas en que se puede dividir la recuperación de los casos que componen la base de conocimiento.

2.3.2.1 Identificación de las características

Para la identificación de un problema en primer lugar, como ya se ha dicho es necesario conocer unas primeras descripciones del problema, pero normalmente, y especialmente en los casos en que se tratan problemas relacionados con grandes cantidades de conocimiento, es necesario una visión más cercana al problema, que permita entender el mismo. Para ello es necesario que se proporcione no solamente

una descripción del problema principal a resolver sino también una descripción de todos aquellos elementos importantes del contexto de los problemas.

2.3.2.2 Coincidencias iniciales

El trabajo de encontrar una buena asociación entre un caso de la base de conocimiento y el problema que se plantea puede ser dividido en dos subprocesos diferentes: un proceso inicial donde se buscan posibles candidatos, y un segundo proceso donde se seleccionan de todos esos candidatos los más adecuados. En primer lugar, para encontrar ese conjunto de casos que tengan alguna coincidencia con el problema, hay que basarse en las descripciones del problema inicial, así como en las características que poseen cada uno de los casos almacenados. Existen principalmente tres maneras de recuperar un caso o un conjunto de casos: siguiendo la indexación directa que marcan los punteros hacia las características del caso, buscando dentro de la estructura indexada, o buscando un modelo de caso dentro de la base de conocimiento.

El modelo utilizará la ecuación 1 para calcular el grado de certeza de la solución que se propone, es decir, el grado de certidumbre.

$$\beta(N, A) = \sum_{i=1}^n w_i * sim_a(N_i, A_i) \quad (1)$$

Donde N representa el caso nuevo a clasificarse, A representa el caso almacenado en la base de casos, w_i el peso de cada rasgo (significación) y sim_a el valor de la función de comparación por cada rasgo de los casos a evaluar. La sumatoria recorre los n atributos por cada uno de los casos almacenados en la base de casos.

Para determinar cuáles casos son relevantes, dada la entrada de un nuevo caso es necesario emplear una función de comparación por cada rasgo del caso, con los del caso entrante. Un rasgo o atributo del caso, es la representación de cada característica de dicho caso, los rasgos pueden ser valores numéricos (enteros reales), simbólicos, booleano, etc. Una función comparará rasgos del mismo tipo,

cualitativos o cuantitativos. La función de comparación para rasgos cuyo dominio es un intervalo numérico se muestra en la ecuación 2, mientras que en la ecuación 3 se muestra la función de comparación para atributos numéricos.

$$sim(x_a, q_a) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_a = q_a \\ 1 - \frac{x_a - q_a}{max - min} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

Donde max y min son los valores máximo y mínimo respectivamente que admite el atributo a. esta función será utilizada para comparar los atributos A_5 y A_6 .

Función paso con paso definible.

$$sim(x_a, q_a) = \begin{cases} 1 & \text{si } |x_a - q_a| < \text{paso} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (3)$$

Donde paso es un valor definido por el usuario y representa el rango de diferencia que tendrán los rasgos a comparar, o sea, el límite de cuán disímiles pueden ser estos rasgos. Esta función se propone para los otros atributos. En ambas funciones se define a x_a como atributo del caso entrante; q_a el atributo del caso encuestado en la base de conocimiento.

El peso de cada rasgo de los casos puede ser determinado por disímiles vías. Se ha utilizado para ello una técnica denominada Panel de Expertos. Esta técnica se desarrolla siguiendo un conjunto de pasos:

1. Selección de un grupo de expertos.
2. Se escogerán un conjunto de disciplinas o competencias, los cuales, para el sistema que se desarrolla, no son más que los atributos de entrada o rasgos que definen los casos (m = cantidad de rasgos).
3. Cada experto otorgará una orden de prioridad (1... m).
4. Calcular la sumatoria de los diferentes órdenes de prioridad, dados por cada experto para cada rasgo, lo cual se define por T_i y este valor será inversamente proporcional al grado de importancia de cada rasgo.

Con el objetivo de obtener pesos con valores entre 0 y 1 para cada atributo y teniendo en cuenta además, que a menor valor de T_i le corresponde un mayor peso, se propone la fórmula siguiente.

$$W_i = \frac{1 - \frac{T_i}{\sum T_i}}{i - 1} \quad (4)$$

Los valores asignados a cada rasgo por el panel de expertos se muestran a continuación.

| ATRIBUTOS | E ₁ | E ₂ | E ₃ | E ₄ | E ₅ | E ₆ | Total(T _i) |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| Cantidad total de casos de uso | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 9 |
| Cantidad de casos de uso de alta complejidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 15 |
| Cantidad de casos de uso de complejidad media | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 31 |
| Cantidad de casos de uso de baja complejidad | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 46 |
| Prestaciones del Entorno de Desarrollo, en un dominio de [1...10] | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 12 |
| Experiencia del equipo de desarrollo, en un dominio de [1...10] | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 34 |
| Subsistemas implementados | 10 | 10 | 9 | 11 | 9 | 10 | 59 |
| Cantidad de módulos desarrollados | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 56 |
| Total de horas hombres disponibles para el producto de software | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 44 |
| Metodología de desarrollo utilizada | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 11 | 65 |
| Paso (rango de diferencia entre los casos a comparar) | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 25 |

Tabla 2.1 Asignación de valores por el Panel de Expertos

Los valores que se obtuvieron para cada rasgo como resultado de evaluar los datos proporcionados por el panel de expertos evaluados en la fórmula son:

| Rasgos | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | A ₆ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| W _i | 0.09772 | 0.09621 | 0.09217 | 0.08838 | 0.09696 | 0.09141 |

| Rasgos | A ₇ | A ₈ | A ₉ | A ₁₀ | A ₁₁ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| W _i | 0.08510 | 0.08586 | 0.08889 | 0.08359 | 0.09369 |

Tabla 2.2 Peso de cada rasgo de entrada según expertos.

Los casos que se extraigan, tienen que tener características en común con el problema que se pretende solucionar, y como resulta evidente, los casos que tengan gran parte de sus características en común serán los mejores candidatos para ser seleccionados, pero dependiendo de la estrategia estos no serán los únicos candidatos seleccionados, pudiendo serlo también aquellos casos que tengan un conjunto de características en común con el problema.

2.3.2.3 Selección

Después de haber realizado una búsqueda más o menos exhaustiva sobre el conjunto de casos para extraer aquellos casos que presentasen más características en común, ha llegado el punto en que será necesario seleccionar de este conjunto de candidatos aquellos casos más propensos a ser una buena solución para el problema.

Muchas veces la mejor coincidencia entre el caso y el problema es determinada por una reevaluación de la primera selección que se le hizo. Esto se hace con el objetivo de buscar posibles explicaciones de por qué se hizo esa selección, es decir se busca la manera de justificar esas elecciones. Si los motivos que se dieron no son lo suficientemente poderosos como para mantener ese caso como posible resultado, este es descartado y se continúa con el resto de casos existentes en el sistema.

Este proceso de elección es más elaborado que el anterior, principalmente porque en el anterior el conjunto de casos que tenían que ser comprobados era muy superior al actual y por lo tanto las comprobaciones a realizar eran menores, pero con un conjunto de casos más pequeño es posible realizar unas pruebas más exhaustivas.

El proceso de selección normalmente genera una serie de consecuencias de la elección de cada caso, consecuencias que luego pueden ser reevaluadas. Así mismo, en este proceso de selección los casos son puntuados según su mejor

similitud con el problema inicial o no, siendo esta una manera ya de ordenarlos según su adecuación para resultar futuros candidatos finales. Otros criterios que se utilizan en este proceso de selección es el discriminar el hecho de que alguna característica determinada no sea igual, etc.

Al final de la aplicación de este paso se observan un conjunto de casos que serán los que han sido seleccionados para ser reutilizados, es decir, para ser utilizados en la fase de elaboración de una solución para el problema de entrada que se planteaba.

Es importante que como resultado de este proceso de selección, los casos resultantes sean lo suficientemente similares a los objetivos requeridos por el problema, ya que si este proceso no es todo lo adecuado que se quisiese, en siguientes pasos los resultados que se obtendrían no serían tan buenos como los deseados.

2.3.3 Métodos de reutilización

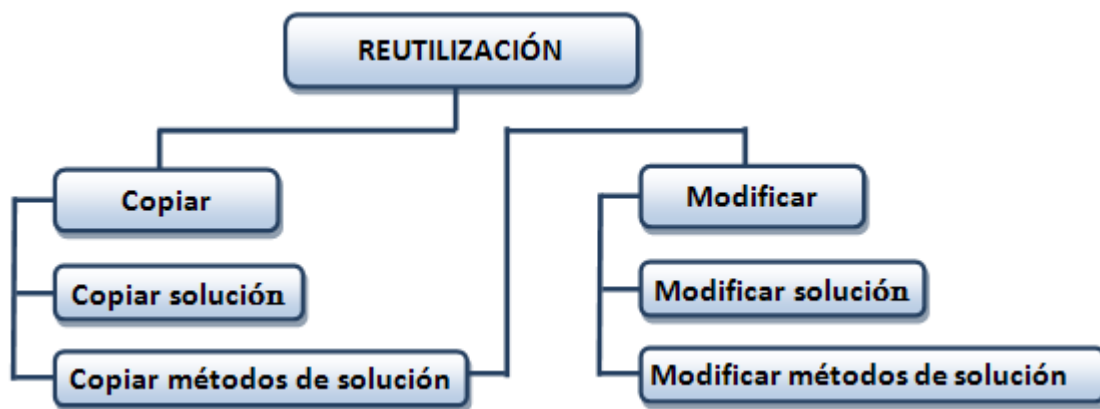


Figura 2.7 Tareas de la fase de Reutilización correspondientes al árbol del RBC

La reutilización de los casos tiene mucha importancia ya que con una correcta implementación de esta técnica, permite mejorar la forma en que se aprovechan las características que tienen los casos y por lo tanto mejorará la forma en que se construye la solución final del problema.

La reutilización de los casos recuperados se fundamenta básicamente en dos aspectos:

- Las diferencias entre el caso recuperado de la base de conocimientos y el nuevo caso.
- Qué parte del caso recuperado de la base de conocimiento puede ser utilizado en el nuevo caso.

Para todo esto existen una serie de técnicas que se describirán a continuación que permitirán mejorar la forma en que se reutilizan los casos existentes en el sistema.

2.3.3.1 Copiar

En los procesos de clasificación más simples lo que se hace en primer lugar, es una abstracción de las características del caso que se quiere reutilizar desechando toda aquella información no relevante. Todas estas características son copiadas al nuevo caso que se está construyendo. Como se puede ver es un método muy sencillo pero hay que tener en cuenta varias cosas como son las diferencias entre los dos casos y que muchas veces no se pueden copiar directamente algunas características sin antes adaptarlas. Este proceso de adaptación se verá a continuación.

2.3.3.2 Adaptar

Existen dos maneras diferentes para reusar los casos, o bien reusar directamente toda la solución del caso en el que el sistema se basa o bien reutilizar el método que se utilizó para llegar a la solución de ese caso, es decir la manera en que se consigue llegar a esa solución. Resulta evidente que en la reutilización de un caso, este caso no es el mismo que se intenta solucionar actualmente y por lo tanto las soluciones que se tienen en la base de conocimiento no serán en la mayoría de los casos soluciones que ofrece el SE para solucionar el nuevo. ¿Qué no se pueda aplicar las características del caso que se tiene en la base de conocimiento sobre el nuevo caso? - sí que se puede adaptar estas para el nuevo caso mediante una operación de adaptación.

Estas operaciones tienen que ser organizadas de alguna manera, y una manera de hacerlo es indexándolas mediante las diferencias entre los dos casos.

2.3.4 Métodos de revisión

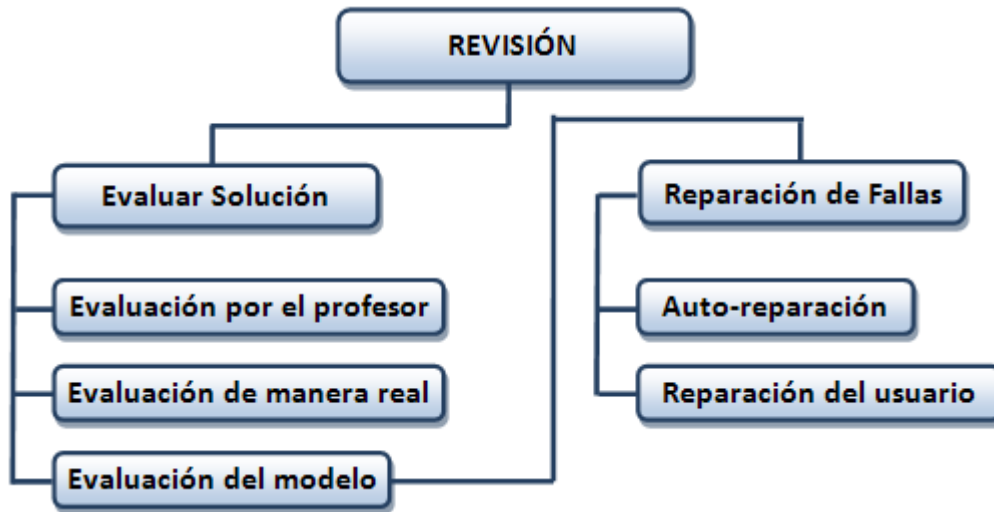


Figura 2.8 Tareas de la fase de Revisión correspondientes al árbol del RBC

Otra de las cosas importantes en el proceso de construcción de la solución es la validación de que la solución que se ha construido sea realmente correcta y solucione el problema planteado. Estos sistemas no solo se basan en las soluciones correctas que se proporcionan, sino que las soluciones incorrectas también son introducidas en la base de conocimiento como ejemplo de errores, de manera que el sistema no vuelva a generar soluciones con ese error y permitir mejorar la calidad de las soluciones. Esta fase es lo que se llama revisión y básicamente se puede dividir en 2 etapas:

- Evaluar la solución generada, si esta es correcta el sistema la añade a la base de conocimientos.
- Si la solución generada es incorrecta el sistema soluciona los problemas que esta tenga y aprende de este error.

A continuación se describe de una manera más detalla cada uno de estos procedimientos.

2.3.4.1 Evaluación de la solución

La evaluación de la solución se realiza aplicando la propia solución en el mundo real, es decir, probando que sucedería si se aplicara la solución obtenida en el contexto que se produciría el problema. Es evidente que la solución no tiene por qué probarse

directamente sobre el mundo real, sino que este mundo puede simularse y recoger los datos que se obtienen de esta simulación.

El tiempo que tarda ver los resultados de la prueba pueden variar dependiendo del contexto en el que se encuentre, pero lo que sí es cierto es que el resultado que se obtiene de estas pruebas, es la veracidad de la solución obtenida, es decir, si ha sido correcta o no. Para ello se tienen que comparar los valores obtenidos como solución de la aplicación en el contexto con los valores que se esperaba obtener, ya sea el correcto funcionamiento de un sistema o la correcta solución de un problema.

Por lo tanto como resultado final de esta evaluación se obtendrá si la solución propuesta se ha comportado como se esperaba en el contexto de pruebas.

El Modelo Basado en Casos que se propone evalúa la solución a través de una variable denominada A_{12} = Grado de Certidumbre (grado de adaptación alcanzada por el caso) este valor se obtiene a partir del cálculo automático que realiza el sistema utilizando la fórmula 1, el valor de este atributo oscilará entre 0 y 1, los casos que obtengan un valor comprendido en el rango $[0; 0,4]$ tienen un bajo grado de certidumbre, los que oscilen en el rango $(0.4; 0.7]$ tienen un grado de certidumbre medio y los que oscilen en el rango de $(0.7; 1]$ tienen un alto grado de certidumbre.

2.3.4.2 Reparar los errores

Una vez hecha la evaluación de la solución el siguiente paso lógico consiste en la reparación de los errores que pudiese tener la solución respecto a los datos que proporcionó la experimentación.

Como ya se ha comentado antes en el proceso de corrección de los errores no solamente se persigue la corrección de los propios errores que presenta la solución, sino que lo que se persigue es añadir un nuevo caso al sistema pero en este caso referenciado como error. Esto en el fondo también es un conocimiento, ya que ayudará al Sistema Experto en la toma de futuras decisiones permitiendo que el sistema no vuelva a cometer los mismos errores.

Estos casos en futuros razonamientos no podrán ser considerados como posibles soluciones sino que tendrán que ser considerados como soluciones no válidas, es decir si en el proceso de razonamiento se llegase a una de estas soluciones, no

haría falta continuar con el proceso de validación de la solución ya que directamente se podría llegar a la conclusión que es una solución incorrecta.

Además no es solo eso sino que estos casos erróneos pueden ayudar a dirigir la línea de razonamiento hacia nuevas soluciones que antes no podrían haber sido alcanzadas.

En el ejemplo que se exponía anteriormente de Luís y la Eurocopa, un ejemplo de reparar errores sería por ejemplo poner a Cesc a jugar el primer partido y ver como no su desempeño no es el esperado, entonces viendo esto el entrenador aprende que Cesc no está en su mejor momento y decide que en el segundo tiempo juegue otro en su lugar.

En este caso se ve que la solución que había obtenido del proceso de razonamiento la había puesto en práctica sobre un caso real, teniendo en primera mano cuáles son los resultados obtenidos de ese experimento, y pudiendo aprender de esos errores.

2.3.5 Métodos de aprendizaje, retener

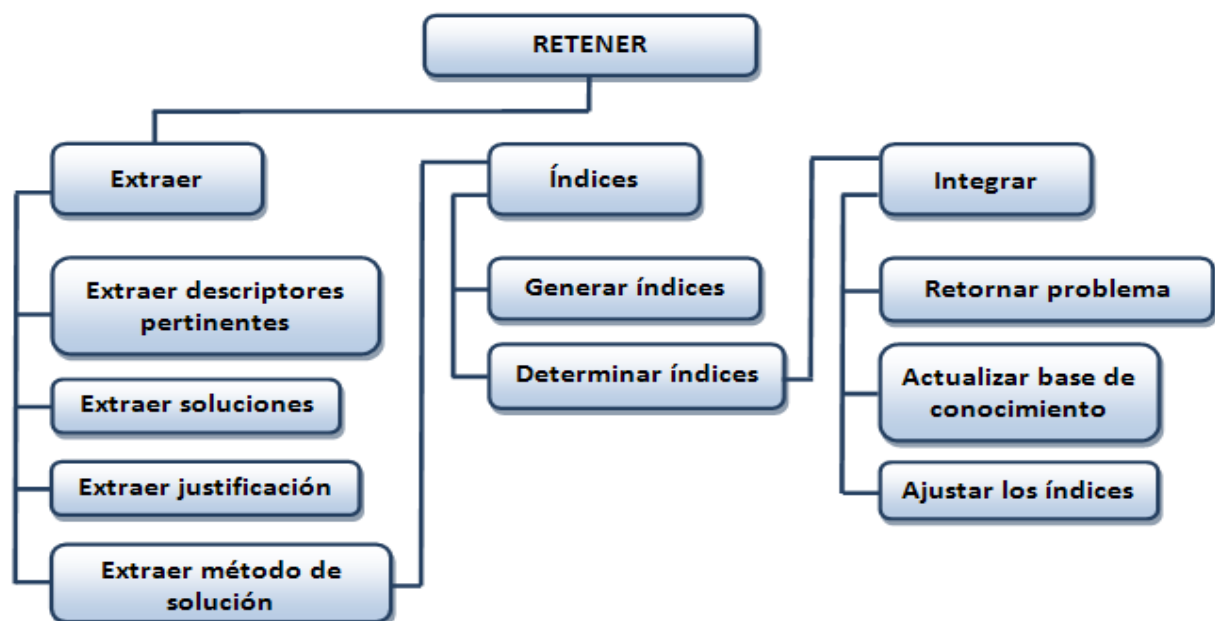


Figura 2.9 Tareas de la fase Retener correspondientes al árbol del RBC

La línea de aprendizaje del Razonamiento Basado en Casos es realmente la parte más importante del sistema, no solo porque es la encargada de ampliar la base de conocimiento del sistema, sino también porque constituye realmente la parte que

permitirá al sistema evolucionar y seguir creciendo, ya que sin esta parte, aún teniendo el mejor sistema basado en el razonamiento este sistema tendría pocos días de vida ya que no sería capaz de aprender y a poco que cambiasen las cosas externas a su conocimiento no sería capaz de resolverlas adecuadamente. A continuación se presentan los diversos pasos que se dan en este proceso de aprendizaje.

2.3.5.1 Extraer

En el Razonamiento Basado en Casos la base de conocimiento es actualizada cuando el problema se ha resuelto. Si el problema ha sido resuelto mediante el uso de un caso anterior, un nuevo caso será construido o bien el viejo caso sobre el cual se había obtenido la solución será generalizada para contener este nuevo caso. Si el problema ha sido solucionado por otros métodos, incluyendo la comunicación con el usuario, un nuevo caso sería generado. En cualquier caso, se necesita saber qué se utiliza como fuente de conocimiento a guardar en la base de conocimiento. La descripción del problema, así como la solución del problema son los candidatos lógicos, pero una explicación u otro tipo de justificación de por qué la solución obtenida es la solución del problema pueden ser perfectamente incluidos en el nuevo caso. Por ejemplo en CASEY las explicaciones también son incluidas en los casos y posteriormente usadas en la modificación de la solución.

CASEY es un SE que utiliza el RBC, usa la estructura de explicación que antes se había mencionado para buscar otros estados dentro del modelo de diagnóstico que expliquen el por qué de los datos de entrada del problema, con el objetivo de haber resuelto estas preguntas después de haber encontrado una mejor solución.

2.3.5.2 Indexar

El problema de la indexación es uno de los problemas más importantes dentro del Razonamiento Basado en Casos. Es necesario decidir qué tipo de indexación se va a utilizar para futuros accesos a los casos almacenados en la base de conocimiento, de manera que esos accesos puedan ser realizados de manera sencilla. La indexación directa, como se había mencionado anteriormente, se salta el último paso, pero aún así todavía quedaría el problema de identificar qué tipo de indexador

utilizar. Esto sería un problema de adquisición de este conocimiento, problema que tiene que ser analizado como parte del análisis de la base de conocimiento. Una solución trivial para este problema sería utilizar directamente todas las características de los índices.

2.3.5.3 Integrar

Este es el paso final en el proceso de adquisición de nuevo conocimiento en la base de conocimiento. Si no se ha tenido que realizar ningún caso o reindexación se tratará de dejar la base de conocimiento tal y como estaba ya que no habría sido necesario realizar ninguna modificación. Si se ha tenido que modificar la indexación de algún caso de los que se encontraban en la base de conocimiento, se tendrán que integrar estas modificaciones dentro de la base de conocimiento. Este proceso de integración dentro de la base de conocimiento de las modificaciones se tiene que realizar con la máxima atención posible, ya que el resultado final tiene que ser la de una base de conocimiento que continúe estando correctamente indexada para que permita próximos accesos a la misma.

2.4 Conclusiones parciales.

- Se propuso el ciclo que está incluido en las fases de resolución del funcionamiento de los sistemas basados en casos como guía de solución a la reducción de la incertidumbre en la Planificación de Proyectos.
- Se definieron un conjunto de ecuaciones matemáticas que junto a las evaluaciones del panel de experto permitieron obtener las similitudes entre los rasgos del nuevo caso y los casos de la base de conocimiento propiciando la correcta solución por el SE.
- Se propusieron tareas concretas para ordenar los pasos lógicos que debe seguir el SE que utiliza el Razonamiento Basado en Casos para llegar a la solución óptima.
- Se logró desarrollar de manera general un Modelo Basado en Casos que con su correcto diseño e implementación contribuirá a disminuir el grado de incertidumbre en la planificación en los proyectos de software de la UCI.

Capítulo III: Validación del Modelo Basado en Casos.

3.1 Introducción

Luego de presentar la propuesta del Modelo Basado en Casos para la estimación del tamaño de un producto de software en los proyectos productivos de la UCI se hace necesario validar la completitud y eficacia del mismo. En este sentido se consulta a un grupo de personas que posean conocimientos en relación al entorno en el que se desarrolla la investigación, aplicándoles una encuesta que recoja aspectos que permitan evaluar el proceso.

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

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

3.2 ¿Por qué utilizar el panel de especialistas?

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

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

1. No existen datos históricos con los que trabajar. Un caso típico de esta situación es la previsión de implantación de nuevas tecnologías.

2. El impacto de los factores externos tiene más influencia en la evolución que el de los internos. Así, la aparición de una legislación favorable y reguladora y el apoyo por parte de algunas empresas a determinadas tecnologías pueden provocar un gran desarrollo de estas que de otra manera hubiese sido más lento.
3. Las consideraciones éticas o morales dominan sobre las económicas y tecnológicas en un proceso evolutivo. En este caso, una tecnología puede ver dificultado su desarrollo si este provoca un alto rechazo en la sociedad (un ejemplo se evidencia en la tecnología genética, que ve dificultado su avance por los problemas morales que implica la posibilidad de manipulación del genotipo).

Los métodos de expertos tienen las siguientes ventajas:

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

3.3 Definición de indicadores

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

A₁: Importancia o necesidad del modelo.

A₂: Consistencia de la estructura del modelo.

A₃: Nivel de completitud del modelo.

A₄: Grado de utilidad del modelo.

A₅: Nivel de vinculación del modelo para la planificación del software.

A₆: Eficacia del modelo.

Una vez definidos los criterios a evaluar, se procederá a la selección del grupo de especialistas que desarrollarán la evaluación. Para ello se tendrá en cuenta la experiencia profesional en el campo de la planificación de proyectos y el conocimiento de los Sistemas Expertos basados en casos, así como la independencia del experto respecto a la evaluación del modelo, ya que el evaluador no debe ser juez y parte del diseño del modelo, también debe tener la capacidad de escuchar a los demás y de tener una mente abierta para favorecer el clima del trabajo

3.4 Elección de especialistas

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

Teniendo en cuenta todas estas características anteriormente expuestas se seleccionó el grupo de especialistas siguiente:

Ing. Ameirys Betancourt Vázquez, Ingeniera en Ciencias Informáticas de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Líder de Proyecto del proyecto Tribunales Populares Cubanos de la facultad 3, con 4 años de experiencia en la producción.

Ing. Neysis Hernández Díaz, Ingeniera en Ciencias Informáticas de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Planificadora del proyecto Sistema de Gestión de Datos Geológicos (SGDG) de la facultad 9, con 1 año y tres meses de experiencia.

Dr. Pedro Yobanis Piñero Pérez, Director del Centro de Base de Datos.

Ing. Yanisleidy Barroso Benitez, Ingeniera en Ciencias Informáticas de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Líder de Proyecto del proyecto Sistema de Gestión Fiscal (SGF) de la facultad 3, con 2 años de experiencia.

Ing. Yaumarys Pino Cueto, Ingeniera en Ciencias Informáticas de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Líder de Proyecto del proyecto Sistema Autónomo de Registros y Notarias (SAREN) de la facultad 3, con 4 año de experiencia.

3.5 Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios

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

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

1. ¿Considera necesario la aplicación del modelo en la planificación de los productos de software?

Muy necesario Bastante necesario Necesario Poco necesario
Innecesario

2. ¿Considera que la estructura del modelo es la adecuada?

Muy adecuada Bastante adecuada Adecuada Poco adecuada
Inadecuada

3. ¿En qué medida las fases, tareas y métodos definidos en el modelo garantizan que se reduzca la incertidumbre en la planificación de los proyectos?

Muy alta Alta Media Baja Muy baja

4. ¿Qué grado de utilidad le confiere al funcionamiento del modelo?

Muy útiles Bastante útiles Útiles Poco útiles Inútiles

5. ¿Existe una correcta relación entre las tareas y métodos definidos y el objetivo de resolución dentro de cada fase del modelo?

Muy alta Alta Media Baja Muy baja

6. ¿Considera que si se aplica un Sistema Experto que utilice este modelo se realizará una mejor planificación del proyecto?

Muy vinculado Bastante vinculado Vinculado Poco vinculado Desvinculado

7. ¿Considera que los rasgos definidos como parámetros de entrada constituyen características mínimas necesarias para lograr que el modelo produzca un resultado óptimo?

Todos Muchos Algunos Pocos Ninguno

8. ¿En qué medida usted considera que los rasgos definidos como parámetros de salida constituyen información importante en la planificación del proceso de desarrollo de software?

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

9. ¿En qué medida considera que el Razonamiento Basado en Casos basado en tareas jerárquicas hace que el modelo alcance el objetivo del propio razonamiento?

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

10. ¿En qué medida considera que con un Sistema Experto construido que utilice este modelo se hará una mejor asignación de los recursos?

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

11. ¿Qué beneficios considera traería consigo la aplicación del proceso?

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

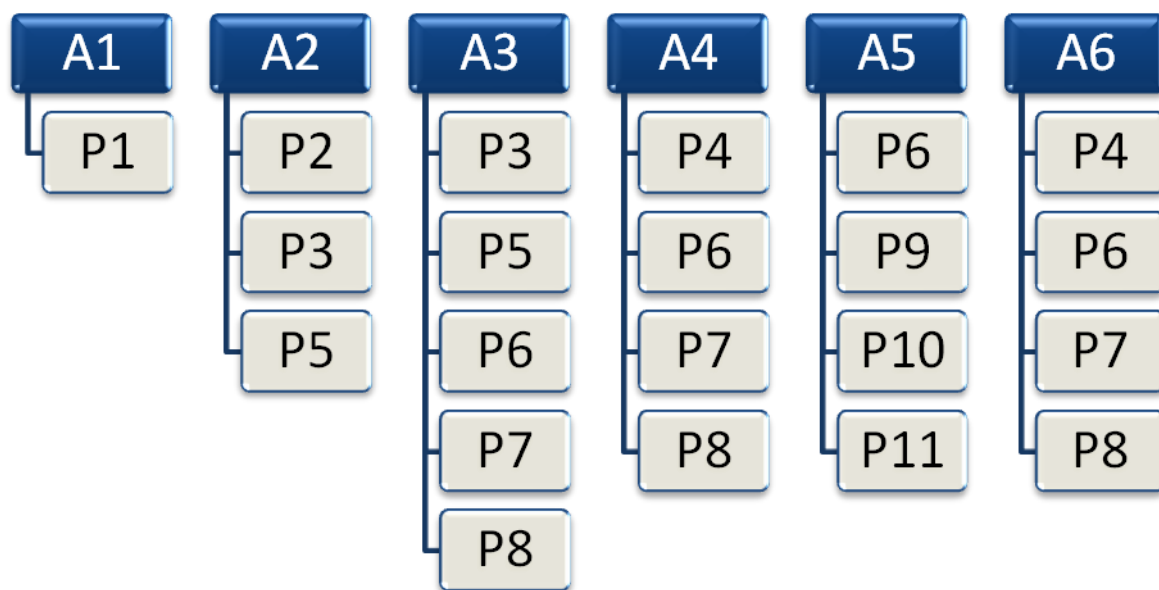


Figura 3.1 Interrelación entre los indicadores definidos y las preguntas del cuestionario

3.6 Análisis de los resultados

Para el análisis y procesamiento de los resultados inicialmente se escogió un rango de evaluación [1; 5] para cada una de las preguntas del cuestionario anterior, donde 5 representa la evaluación máxima. Los resultados de la encuesta aplicada aparecen recogidos en la *tabla 3.1* que se muestra a continuación:

| Preguntas | Ameirys Betancourt | Neysis Hernández | Pedro Y. Piñero | Yanisleidy Barroso | Yaumarys Pino |
|-----------|--------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------|
| P1 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| P2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| P3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| P4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| P5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| P6 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| P7 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| P8 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| P9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| P10 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 |

Tabla 3.1 Evaluación de los especialistas a las preguntas de la encuesta.

Una vez recogidos estos resultados se promediaron para cada indicador las preguntas correspondientes de manera que se obtuviera un valor lo más representativo posible y cercano a la evaluación máxima. Los resultados de este paso se muestran en la tabla 3.2 expuesta a continuación.

| Indicadores | Ameirys Betancourt | Neysis Hernández | Pedro Y. Piñero | Yanisleidy Barroso | Yaumarys Pino |
|-------------|--------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------|
| A1 | 4.00 | 5.00 | 3.00 | 5.00 | 5.00 |
| A2 | 4.00 | 4.00 | 3.00 | 4.00 | 3.33 |
| A3 | 3.80 | 4.20 | 3.00 | 4.00 | 3.80 |
| A4 | 4.00 | 4.50 | 3.00 | 4.00 | 4.25 |
| A5 | 4.33 | 4.33 | 3.33 | 4.00 | 4.00 |
| A6 | 4.00 | 4.50 | 3.00 | 4.00 | 4.25 |

Tabla 3.2 Promedio de evaluación por indicadores

En la *figura 3.2* que aparece a continuación se representan los datos de la tabla anterior para una mejor visualización de los resultados.

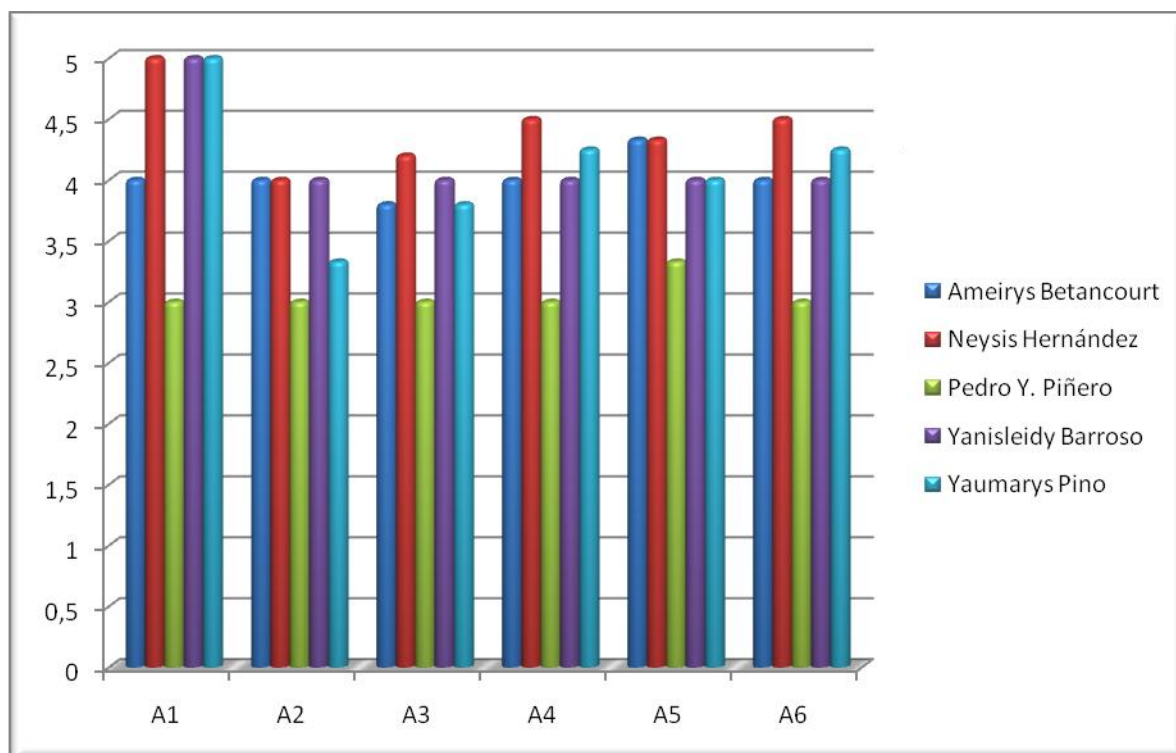


Figura 3.2 Evaluación de indicadores por especialista.

En la figura anterior se evidencia los resultados de las respuestas de la encuesta de cada especialista de acuerdo a los indicadores que se definieron, los especialistas emitieron un criterio positivo en todos los casos, con esta encuesta se pudo comprobar teóricamente que es necesaria la utilización del modelo, su estructura es correcta, es de gran utilidad en la planificación de los proyectos de software y garantizaría en cierta medida la reducción de la incertidumbre de la planificación en los proyectos.

Para adjudicarle una evaluación final a cada indicador se calculó el promedio a partir de la evaluación dada por los especialistas. Los resultados se muestran en la *figura 3.3*.

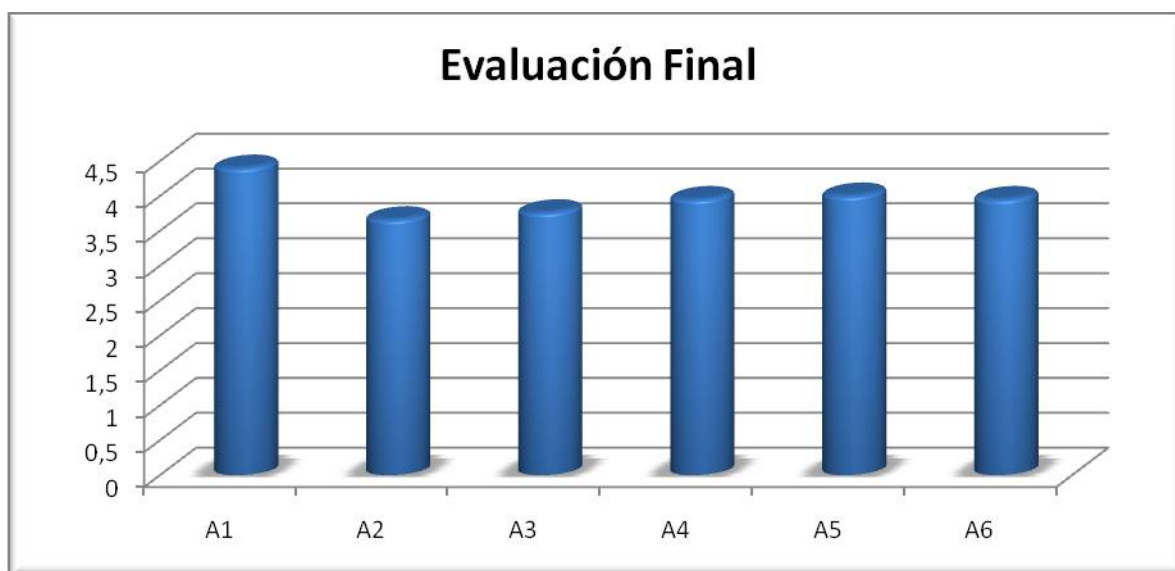


Figura 3.3 Evaluación final por indicadores.

De manera general se puede constatar que todos los indicadores tienen una evaluación superior a 3.6 puntos, lo que evidencia el grado de calidad y eficiencia del MBC, corroborando nuevamente que reduciría gradualmente la incertidumbre en la planificación en los proyectos de software. Adicionalmente a cada una de las respuestas los especialistas hicieron algunas observaciones que favorecen y reafirman la validez de la propuesta. Estas se resumen a continuación:

- ❖ En cuanto a la importancia del modelo coincidieron en que: Todos los productos de software necesitan de una planificación para un correcto progreso del proceso de desarrollo del mismo, por lo tanto, todo software necesita el uso de

técnicas y métodos de planificación y estimación, he aquí la utilidad del modelo que se propone.

- ❖ Respecto a la estructura se señaló que: La estructura del modelo es compleja, este puede variar los atributos que se definen, ya sean los de entrada o los de salida en dependencia de los intereses que se persigan con la aplicación del modelo. Además señalan que el modelo está estructurado lógicamente correcto pero que pueden agregárseles otros detalles para lograr el perfeccionamiento del mismo.
- ❖ Refiriéndose a los elementos que conforman el proceso expresaron:
 - Si bien los atributos definidos pueden cambiar o ampliarse según las características del proyecto, para los objetivos planteados el modelo incluye las condiciones necesarias para contribuir a la reducción de la incertidumbre en la planificación en los proyectos de software de la UCI.
 - Las fases describen cada una de las tareas necesarias para lograr el objetivo final del modelo que es resolver un problema determinado y aprender del mismo.
 - El ciclo del Razonamiento Basado en Casos incluye todos los pasos necesarios para que el modelo encuentre la solución óptima dentro de la base de conocimientos.
- ❖ Como beneficios de la propuesta resaltaron los siguientes:
 - Mejor planificación de los productos de software garantizando que el proceso de desarrollo del Software transcurra como es debido sabiendo qué hacer, en qué momento y cómo hacerlo para obtener cuáles resultados.
 - Reducción de la incertidumbre en la planificación y estimación de los proyectos de software en la UCI.
 - Permitirá regular y asignar eficazmente los recursos físicos y humanos necesarios para el desarrollo del proceso de construcción del software.
 - Reduce la demora y el costo del proceso de estimación del proyecto.

- Garantiza a los usuarios un rango de tiempo real en el que pueda estar listo el producto.

3.7 Conclusiones parciales

Al finalizar este capítulo se ha podido arribar a las siguientes conclusiones:

- Se recogieron datos cualitativos y cuantitativos que garantizan la validez del modelo para ser utilizado en la planificación de los productos de software.
- A pesar de contar con señalamientos en pro de mejorar el modelo, se evidenció con la validación que el Modelo Basado en Casos definido es lo bastante abarcador y necesario como para adjudicarle un mayor grado de certidumbre a los productos que se elaboran en los proyectos productivos de la UCI, contribuyendo ello directamente en la calidad del producto.

Conclusiones Generales

Con la realización de este trabajo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. En el transcurso del estudio del estado del arte se evidenció la aplicación de los Sistemas Expertos Basados en Casos en áreas de la Informática, pero no se encontró un sistema que se utilice específicamente en la planificación de los proyectos de software.
2. Se constataron deficiencias en la planificación y estimación de recursos, costo y tiempo de los proyectos en la UCI.
3. La creación del Modelo Basado en Casos contribuye, con su uso, a lograr una planificación real de los productos de software.
4. La validación de la propuesta a partir de las valoraciones recogidas a un grupo de especialistas en el tema, constató la aplicación y efectividad del modelo.

Evidenciándose que:

La aplicación del Modelo Basado en Casos favorece la obtención de productos de software de forma eficiente, logrando proyectos introducidos en tiempo, con calidad y disminuyendo en gran medida la incertidumbre en la planificación.

Bibliografía Referenciada

1. **Aamodt, Agnar y Plaza, Enric. 1994.** *"Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches"*. s.l. : No 1, 1994.
2. **Althoff, KD. 1989.** *Knowledge acquisition in the domain of CNC machine centers; the MOLTKE approach. In John Boose, Brian Gaines, Jean-Gabriel Ganascia.* Paris : s.n., 1989.
3. **Althoff, Klaus Dieter, Bergmann, Ralph y Karl, L. 1999.** *Case-Based Reasoning Research and Development: Proceedings of the Third International Conference on Case-Based Reasoning.* Berlín : Springer Verlag, 1999.
4. **Brian, Keith y Brain, Steven.** *Inteligencia en el dragón.*
5. **Criado Briz, José Mario.** Ingenieroseninformatica. *Introducción a los Sistemas Expertos.* [En línea] [Citado el: 10 de 11 de 2008.] http://www.ingenieroseninformatica.org/recursos/tutoriales/sist_exp/index.php.
6. —. worldonline. *Sistemas Expertos.* [En línea] [Citado el: 23 de 10 de 2008.] <http://home.worldonline.es/mariocr/>.
7. **De Ávila Ramos, Jorge.** *Sistemas Expertos. Sistemas Expertos.* [En línea] [Citado el: 2 de 11 de 2008.] http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/sist_expe/.
8. **De Miguel González, Luis Javier.** cartif. *Técnicas de mantenimiento predictivo industrial basadas en sistemas expertos.* [En línea] [Citado el: 11 de 11 de 2008.] <http://www.cartif.es/mantenimiento/expertos.html>.
9. **Elguea, Javier.** hemerodigital. *Inteligencia artificial y psicología: la concepción contemporánea de la mente humana.* [En línea] [Citado el: 11 de 11 de 2008.] http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES/itam/estudio/estudio10/sec_16.html.
10. **Getec.** getec. *Gestión de Proyectos.* [En línea] [Citado el: 20 de 1 de 2009.] <http://www.getec.etsit.upm.es/docencia/gproyectos/planificacion/planificacion.htm>.
11. **Hurtado Vega, José de Jesús.** itlp. *Inteligencia Artificial.* [En línea] <http://www.itlp.edu.mx/publica/boletines/actual/inteligencia.html>.
12. **Jacobson, Ivar. 1999.** *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.* Madrid, España : s.n., 1999.

13. **Kendall, Kendall &. 1997.** *Análisis y diseño de sistemas.* 1997.
14. **Lafacu.** Lafacu. *Asociación Argentina de Inteliogencia Artificial. Glosario.* [En línea] [Citado el: 20 de 11 de 2008.] http://www.lafacu.com/apuntes/ingenieria/asocoacion_argentina_de_inteligencia_artificial/asocoacion_argentina_de_inteligencia_artificial.html.
15. **Parsaye, Kamran, y otros.** *Intelligent Databases.*
16. *Propuesta de una estrategia de Aseguramiento de la Calidad para el proyecto CCV para su segunda fase.* **Velázquez Alvarez, Raúl y Rodríguez Martínez, Olga Lidia. 2008.** La Habana : s.n., 2008.
17. *Retribución y competencias: ¿Cómo garantizar su éxito?* **Arráiz, José Ignacio. 2000.** 2000, Capital Humano No 133 .
18. **Rolston, David W.** *Principios de la inteligencia artificial.*
19. **Russell, Stuart y Norving, Peter.** *Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno.*
20. **Sánchez y Beltrán, Juan Pablo.** *Sistemas expertos: Una metodología de programación.*
21. **Santos, Ernesto. 1980.** *Procesamiento de Datos.* s.l. : Ediciones Macchi, 1980.
22. **Schildt, Herbert.** *Utilización de C en Inteligencia Artificial.*
23. **Senn, James A. 1992.** *Análisis y Diseño de Sistemas de Información.* s.l. : McGrawHill, 1992.
24. *Ten Ways to Identify Services.* **Hubbers, Jan-Willem, Ligthart, Art y Terlouw, Linda.** The SOA Magazine.
25. *Un sistema de razonamiento basado en casos para la clasifcación.* **Bregón, Anibal, y otros. 2005.** 84-9732-449-8, Burgos : TAMIDA, 2005.

Bibliografía Consultada

1. **ANGULO Usategui José María y Anselmo del Moral Bueno.** *Guía fácil de la Inteligencia Artificial.* Editorial Paraninfo. Segunda Edición. Madrid, 1994.
2. **BONSÓN Enrique.** *Tecnologías Inteligentes para la Gestión Empresarial.* Alfaomega – Rama. Primera edición. México, 1999.
3. **BRATKO Ivan.** *Prolog programming for Artificial Intelligence.* Addison Wesley. Segunda Edición. New York, 1990.
4. **CONTRERAS Carlos.** *INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.* [URL\(www.gdl.uag.mx/66/0ia.htm\)](http://www.gdl.uag.mx/66/0ia.htm).
5. **CRIADO Briz José Mario.** *Sistemas Expertos.* URL (<http://home.worldonline.es/jmariocr/>). 2002.
6. **DÍEZ Vegas Francisco Javier.** *Sistema Experto Bayesiano para Ecocardiografía.* URL(<http://www.ia.uned.es/~fdiez/tesis/tesis.html>), 22-Feb-1999.
7. **GONZÁLEZ Ayala Luis Enrique.** *Sistemas Expertos.* URL(<http://www.prodigyweb.net.mx/enrayala/Sistemas.htm>)
8. **HARMON Paul y Curtis Hall.** *Intelligent Software Systems.* Editorial John Wiley & Sons Inc. Primera edición. New York, 1993.
9. **HASEMER Tony y John Domingue.** *Common LISP Programming for Artificial Intelligence.* Addison Wesley. Primera edición. New York, 1989.
10. **HOPGOOD Adrian.** *Knowledge – Based Systems for Engineers and Scientists.* Editorial CRC. Primera edición. Londres, 1993.
11. **KANDEL Abraham.** *Fuzzy Expert Systems.* Editorial CRC. Primera edición, Londres, 1992.

12. **MARTÍNEZ De Ibarreta León, Francisco Javier.** *Sistemas Expertos: Áreas de Aplicación.* URL(www.geocities.com/SiliconValley/Way/7788/SISEXP.HTM). 1-Abr-1994.
13. **RICH Elaine y Kevin Knight.** *Artificial Intelligence.* Mc GrawHill. Segunda edición. México, 1991.
14. **ROLSTON, David W.** *Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos.* Traductor: Alfonso Pérez Gama. McGraw Hill. Primera edición. México, 1992.
15. **ROSS Rita.** *Historia de los Sistemas Expertos.* URL(www.monografias.com/trabajos10/exper/exper.shtml).
16. **SAMPER Márquez Juan José.** SISTEMAS EXPERTOS. EL CONOCIMIENTO AL PODER. URL(www.psycologia.com/articulos/ar-jsamper01.htm). 2002.
17. **SÁNCHEZ Tomás Antonio.** *Aplicación de los Sistemas Expertos en Contabilidad.* URL(<http://ciberconta.unizar.es/Biblioteca/0002/Sanchez95.html#CONTABILIDAD>). 1990.
18. **SCARABINO Juan Carlos.** *Sistemas Expertos: Aspectos técnicos.* URL(<http://ciberconta.unizar.es/LECCION/sistexpat/INICIO.HTML>).
19. **SCHILD T Herbert.** *Utilización de C en Inteligencia Artificial.* Traductor: José Andrés Moreno Ruiz. Mc GrawHill. Primera edición. México, 1989.
20. **SELL Peter.** *Sistemas Expertos para principiantes.* Traductor: Hugo Villagómez Velásquez. Noriega Editores. Primera edición. México, 1989.
21. **TELLO Ernest.** *Object Oriented Programming for Artificial Intelligence.* Addison Wesley. Primera edición. New York, 1989.
22. **TRAMULLAS y Kronos Jesús.** *Recuperación de Información y Sistemas Expertos.* URL(<http://www.tramullas.com/nautica/documatica/3-8.html>).
23. **VALDIVIA Rosas David.** *Sistemas Expertos.* URL(<http://www.fortunecity.com/skyscraper/romrow/207/se/Portada.html>).

24. **WALKER Adrian, Michael Mc Cord, John Sowa y Walter Wilson.** *Knowledge – Based Systems and Prolog.* Addison Wesley. Segunda Edición. New York, 1990.

25. **WINSTON Patrick Henry.** *Artificial Intelligence.* Addison Wesley. Tercera edición. California, 1992.

Anexos

Anexo 1

Encuesta a líderes de proyecto para determinar y conocer como se realiza el proceso de estimación del software.

Estimado(a):

La presente encuesta forma parte de la aplicación del Método de Valoración de Especialistas. Con este fin solicitamos su valiosa colaboración, y de antemano le aseguramos, que sus opiniones se tendrán en cuenta para aplicación del Modelo Basado en Casos para la estimación de productos de software.

Muchas Gracias.

Nombre y Apellidos: _____

Fecha de graduación: _____

Puesto de trabajo actual: _____

Proyecto a que pertenece: _____

Calificación profesional: Ingeniero___ Licenciado en Educación___ Máster___
Doctor___

Años de experiencia realizando estimaciones en productos de software:_____

Categoría Docente:

Prof. Instructor___ Prof. Asistente___ Prof. Auxiliar___ Prof. Titular___

Prof. Adjunto___.

Cuestionario:

1. Seleccione en una escala del 1 – 5 el valor que corresponda con el grado de conocimientos que usted posee acerca de la estimación de productos de software; considerando 1 como no tener ningún conocimiento y 5 el de pleno conocimiento de la problemática tratada.
2. ¿Qué importancia le confieren a la estimación de proyectos?

3. ¿En qué etapa del proceso de desarrollo de software ubican la estimación del producto?
4. ¿Cuáles son los métodos de estimación que se han utilizados en la estimación de dicho producto de software?
5. ¿Cuáles son los indicadores que se afectan si no se realiza una correcta estimación?

¿Qué diferencia se experimenta entre lo estimado y lo real que ha durado el producto de software?

Anexo 2

Encuesta a expertos en la planificación de proyecto específicamente en la estimación de productos de software para determinar el peso de cada rasgo de acuerdo a un conjunto de atributos de entrada o rasgos que definen un caso.

Estimado(a):

La presente encuesta forma parte de la aplicación del Método de Valoración de Especialistas. Con este fin solicitamos su valiosa colaboración, y de antemano le aseguramos, que sus opiniones se tendrán en cuenta para aplicación del Modelo Basado en Casos para la estimación de productos de software.

Muchas Gracias.

Nombre y Apellidos: _____

Fecha de graduación: _____

Puesto de trabajo actual: _____

Proyecto a que pertenece: _____

Calificación profesional: Ingeniero___ Licenciado en Educación___ Máster___
Doctor___

Años de experiencia realizando estimaciones en productos de software:___

Categoría Docente:

Prof. Instructor___ Prof. Asistente___ Prof. Auxiliar___ Prof. Titular___

Prof. Adjunto___.

Cuestionario:

- Otorgue en una escala del 1 – 10 un valor a cada rasgo según la importancia que deba tener en la estimación de un producto de software a su consideración; considerando 1 de mayor importancia y 10 de menor importancia.

| ATRIBUTOS | VALOR |
|-----------|-------|
|-----------|-------|

| | |
|---|--|
| Cantidad total de casos de uso | |
| Cantidad de casos de uso de alta complejidad | |
| Cantidad de casos de uso de complejidad media | |
| Cantidad de casos de uso de baja complejidad | |
| Prestaciones del Entorno de Desarrollo, en un dominio de [1...10] | |
| Experiencia del equipo de desarrollo, en un dominio de [1...10] | |
| Subsistemas implementados | |
| Cantidad de módulos desarrollados | |
| Total de horas hombres disponibles para el producto de software | |
| Grado de certidumbre (grado de adaptación alcanzada por el caso) | |
| Paso (rango de diferencia entre los casos a comparar) | |