

**Universidad Católica "Nuestra Señora de la  
Asunción"**  
**Facultad de Ciencias y Tecnología**  
**Ingeniería Informática**  
**Teoría y Aplicación de la Informática 2**  
**Sistemas Expertos Orientados a Usuarios**

Guillermo Adrián Arce Acosta

Asunción - Paraguay

Octubre - 2015

**Abstract.** Los Sistemas basados en Conocimiento representan un paso delante de los sistemas de información convencionales al pretender representar funciones cognitivas del ser humano como el aprendizaje y el razonamiento. Su orientación es la automatización del análisis de problemas, la búsqueda de soluciones, la toma de decisiones y el empleo de conocimiento especializado en un campo específico de aplicación. Entre los productos más significativos de los Sistemas basados en Conocimiento se encuentran los Sistemas Expertos, los cuales están encargados de representar el conocimiento de los especialistas de una rama en la procura de su aprovechamiento para tareas de diagnóstico, enseñanza y control. La composición de los Sistemas basados en Conocimiento consta de: Un mecanismo de aprendizaje, una base de conocimientos, un motor de razonamiento, y medios de comunicación hombre-máquina.[4]

**Key words:** sistemas expertos, sistema de conocimientos, inteligencia artificial, orientado a objetos, base de datos, base de conocimiento, usuario

## **1 Introducción**

El conocimiento es un activo cada vez mas apreciado por la sociedad contemporánea, sus instituciones académicas, de investigación y producción se esfuerzan en adquirir mas conceptos, desarrollar modernas tecnologías, formular nuevas teorías y aportar significativos descubrimientos e invenciones en los todos los campos de las ciencias con el propósito de proveer un mayor bienestar a la población.

La informática como un campo de la actividad, está dedicada a eficientar el ejercicio de diversas labores, por medio de la representación y empleo de conocimiento específico para la sistematización de las tareas, de tal forma que se realicen con un mayor grado de rapidez, exactitud y simplicidad, contribuyendo a elevar el bienestar de los usuarios. Para ello aplica un enfoque interdisciplinario,

procura mejorar sus instrumentos y metodologías de trabajo, aspira a optimizar cada vez más sus aplicaciones y extender su marco de acción.

Entre sus pretensiones destaca la creación de “sistemas basados en conocimiento” dedicados a una aplicación específica. Para ello, utiliza las aportaciones de la inteligencia artificial en las áreas de aprendizaje, razonamiento, representación de conocimiento y comunicación. Con estos elementos, se procura crear una aplicación mecanizada que almacene, explote y actualice los conocimientos que los especialistas en un campo pueden aportar para la solución de problemas específicos, dando vida a los “sistemas expertos”. [4]

Un Sistema Experto o Sistema (SE) de Tutorización Inteligente (STI) es una aplicación informática que, sobre una Base de Conocimientos (BC), posee información de uno o más expertos, para solucionar un conjunto de problemas en un área específica. La BC es un tipo especial de Bases de Datos (BD) para la gestión del conocimiento, que posee una considerable capacidad de deducción a partir de la información que contiene. La diferencia entre la BD y la BC consiste en que el primero almacena únicamente hechos (afirmaciones que sirven para representar conceptos, datos, objetos, etc.) y las funciones del motor de la BD son las de edición y consulta de los datos. El segundo, puede almacenar además de hechos (base de hechos que describen un problema) un conjunto de reglas. Una regla es una estructura condicional que relaciona lógicamente la información contenida en la parte del antecedente, con otra información contenida en la parte del consecuente. [7]

### 1.1 Marco Teórico

Los sistemas expertos son programas de computación que se derivan de una rama de la investigación informática llamada Inteligencia Artificial (IA). El objetivo científico de la IA es entender la inteligencia. Está referida a los conceptos y a los métodos de inferencia simbólica, o de razonamiento por computadora, y cómo el conocimiento usado para hacer esas inferencias será representado dentro de la máquina.

El término inteligencia cubre muchas habilidades conocidas, incluyendo la capacidad de solucionar problemas, de aprender y de entender lenguajes; la IA dirige todas estas habilidades. La mayoría de los esfuerzos en IA se han hecho en el área de solucionar los problemas, los conceptos y los métodos para construir los programas que razonan acerca de los problemas y que luego calculan una solución.

Los programas de IA que logran la capacidad experta de solucionar problemas aplicando las tareas específicas del conocimiento se llaman Sistemas Basado en Conocimiento o Sistemas Expertos. A menudo, el término sistemas expertos se reserva para los programas que contienen el conocimiento usado por los humanos expertos, en contraste al conocimiento recolectado por los libros de textos. Los términos, sistemas expertos (ES) y sistemas basado en conocimiento (KBS), se utilizan como sinónimos. Tomados juntos representan el tipo más extenso de aplicación de IA. []

El área del conocimiento intelectual humano para ser capturado en un sistema experto se llama el dominio de la tarea. La tarea se refiere a una cierta meta orientada, actividad de solucionar el problema. El dominio se refiere al área dentro de la cual se está realizando la tarea. Las tareas típicas son el diagnóstico, hojas de operación (planning), la programación, configuración y diseño. Un ejemplo de dominio de una tarea es la programación del equipo de un avión.

La construcción de un sistema experto se llama ingeniería del conocimiento y sus médicos son los ingenieros del conocimiento. El ingeniero del conocimiento debe cerciorarse de que el ordenador tenga todo el conocimiento necesario para solucionar un problema. También debe elegir una o más formas en las cuales representar el conocimiento requerido en la memoria del ordenador, es decir, él debe elegir una representación del conocimiento. Él debe también asegurarse de que la computadora pueda utilizar eficientemente el conocimiento, seleccionando de un conjunto de métodos de razonamiento. [13]

## 2 Antecedentes

La tecnología representada por los Sistemas Expertos actuales, surge de las técnicas de Inteligencia Artificial han sido objeto de amplias e intensivas investigaciones desde finales de los 50's. Las investigaciones referidas comenzaron en las matemáticas para apoyar el razonamiento simbólico. mediante el uso de IPL, el primer lenguaje simbólico orientado al procesamiento de listas. Más tarde surgió LISP, reconocido como lenguaje artificial.

La investigación en el campo los Sistemas Expertos comenzó a mediados de los años sesenta con un alcance limitado y se orientaron hacia juegos o temas altamente académicos e idealizados. Posteriormente se iniciaron desarrollos en los campos de la medicina, química, industria y la administración. [4]

Los STI comenzaron a desarrollarse en los años setenta y experimentaron su máximo apogeo a mediados de los años ochenta coincidiendo con el auge de los sistemas expertos, aunque se popularizaron durante la década de 1990. Durante la década de 1970 se pusieron en marcha numerosas investigaciones encaminadas al desarrollo de programas informáticos Orientados a la enseñanza bajo el emblema lo que podríamos denominar como Instrucción Facilitada por Computadora (IFC, del inglés Computer Aided Instruction o CAI), Aprendizaje Asistido por Computadora (AAC, del inglés Computer Assisted Learning o CAL) o Entrenamiento Basado en Ordenador (EBC, del inglés Computer Based Training o CBT). Como señala Wu (1993), el inicio del desarrollo de los primeros STI estuvo marcado por el intento de simular el proceso físico de interacción que se establece entre la persona que tutoriza y la que aprende. En concreto, se pretendía simular el proceso comunicativo que se produce en el tutor y el aprendiz en entornos naturales.

Podríamos ubicar el origen de los sistemas informáticos inteligentes orientados a la enseñanza en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT). En este sentido, SCHOLAR podría considerarse como el primer STI que, a su vez, estuvo basado una aplicación conocida como ELIZA diseñada para el estudio

de la comunicación entre persona-máquina basándose en la Terapia Rogeriana. SCHOLAR se diseñó para enseñar geografía del Continente Americano y supuso un salto cualitativamente sustancial entre los sistemas de enseñanza que se basaban en series de preguntas y respuestas pre-diseñadas que hacían el sistema demasiado rígido y que constreñían la creatividad de la persona que aprende; y lo que se denominó como sistemas Orientados a Estructuras de Información (information – structure-oriented systems o ISO), donde el formato de representación de la información permitía al sistema anticipar las respuestas de la persona que aprende y adaptarse a sus necesidades (Carbonell, 1970).

El Sistema WHY es otro ejemplo de la evolución de los tutores inteligentes al auspicio del MIT (Stevens y Collins, 1977). WHY se diseñó para enseñar a interpretar los fenómenos lluviosos en términos causales. El sistema se concibió para hacer reflexionar a los usuarios del sistema en términos socráticos; esto es, desafiaba al educando con preguntas que minaban creencias erróneas reconduciéndolo a la construcción del conocimiento por medio de ejemplos contrafactuales y preguntando por causas generales e intermedias. mas clásicos Orientados a Marcos Apriorísticos (ad hoc-frame-oriented systems o AFO), donde el proceso [8]

Los Sistemas Expertos se emplean para ejecutar una variedad de tareas que en el pasado solamente podían llevarse a cabo por un número limitado de personas expertas. A través de la aplicación de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA), los Sistemas Expertos captan el conocimiento básico que permite a una persona desempeñarse como un experto frente a problemas complicados.

En el futuro, a medida que se produzcan nuevas arquitecturas de equipos que soporten de una manera directa la ejecución de Sistemas Expertos y se perfeccione la tecnología de Inteligencia Artificial, es razonable esperar un desarrollo de sistemas que se aproximen asintóticamente al comportamiento humano en muchas áreas. El desarrollo de tales sistemas nos permitirá ofrecer soluciones técnicas más completas y alimentar nuestro conocimiento del proceso del pensamiento humano. Por esta razón, los Sistemas Expertos constituyen el nivel especializado en la representación y explotación de aplicaciones basadas en conocimiento. [4]

### 3    Sistemas basados en conocimiento

#### 3.1    Alcance de los sistemas de información

Los sistemas de información mecanizados son concebidos e implementados como instrumentos que procesan información con el propósito de:

- Apoyar la toma de decisiones.
- Contener “conocimiento técnico”.
- Reducir a un grado mínimo el error humano.
- Automatizar las operaciones repetitivas.
- Transmitir información dentro de la organización.
- Reducir el tiempo de realización de las operaciones.
- Bajar costos.

- Facilitar la tarea del usuario.
- Ofrecer información: completa, eficiente, veraz, oportuna.
- Manipular grandes volúmenes de información.
- Satisfacer las necesidades del usuario.

### 3.2 Extensión a los sistemas basados en conocimiento

Los sistemas basados en conocimiento se consideran una extensión - un paso tecnológico - de los sistemas de información cuyos alcances y complejidad son mayores. Entre sus propósitos destacan:

- Aprender.
- Evolucionar.
- Adaptar.
- Razonar.
- Tomar decisiones.
- Contener conocimiento empírico, mundano y del lenguaje
- Analizar problemas.
- Generar alternativas de solución.
- Emular al experto humano.
- Generar conocimiento a partir del que ya se posee.

### 3.3 Propiedades de los sistemas basados en conocimiento

Entre las características más relevantes de los sistemas basados en conocimiento están:

- Procedimientos no algorítmicos.
- Manejo de incertidumbre.
- 0 , 1 ó múltiples soluciones.
- Conocimiento técnico y científico..
- Busca generar la solución “óptima”
- Manipulación de conocimiento no monotónico.
- Procesos interactivos.
- Aprendizaje de los fracasos.
- Empleo de métodos para la representación del conocimiento.
- Capacidad para explicar su propio razonamiento, cuestionamiento y emisión de conclusiones.
- Uso de búsquedas heurísticas
- Representación de conocimiento especializado del campo de aplicación.
- Pueden utilizar razonamiento con base en probabilidades, creencias, pertenencias y suposiciones.
- Procesamiento simbólico.
- Utilizan sistema de mantenimiento de la verdad para afirmaciones y negaciones cambiantes.
- Datos cualitativos más que cuantitativos.

### 3.4 Tipos de aplicaciones de los sistemas basados en conocimiento

El ámbito de aplicación de los sistemas basados en conocimiento incluye:[4]

- Lenguaje natural.
- Realidad virtual.
- Redes neuronales.
- Juegos.
- Sistemas expertos.
- Robótica.
- Sistemas de planeación.
- Reconocimiento de imágenes.
- Traductores.
- Solución de problemas.
- Sistemas evolutivos.
- CAM Manufactura. Llevado a máquinas de control numérico.
- Aprendizaje.
- Sistemas Tutoriales.

## 4 Sistemas Expertos

En los últimos años, la investigación en IA aplicada ha logrado éxitos considerables. Entre los más significativos de estos éxitos -y AI que ha atraído tanto para negocios y los intereses de investigación desde mediados de la década de 1960, es el desarrollo de potentes programas informáticos nuevos conocidos como sistemas expertos o sistemas basados en el conocimiento.

Estos programas están diseñados para presentar y aplicar conocimiento de los hechos y las reglas extraídas de expertos en áreas específicas a resolver problemas complejos. Esta área de concentrados de investigación de IA en la construcción de software de alto rendimiento que utiliza programación simbólica para replicar el conocimiento, el razonamiento, y las habilidades lingüísticas de la gente en el profesional especializado dominios.

Estos sistemas basados en el conocimiento son diferente de las técnicas de programación convencionales utilizados para crear los grandes sistemas de procesamiento de datos que comúnmente asociar con los ordenadores. Por medio de complejo algoritmos, sistemas convencionales recogen y procesan grandes volúmenes de datos objetivos para construir bases de datos de información. Por el contrario, los sistemas basados en el conocimiento combinan hechos, especializada el conocimiento y el juicio de los expertos, así como cualquier incertidumbres relativas a los conocimientos disponibles.

A pesar de que numerosos usos para los sistemas expertos son ahora se considera factible para muchos dominios de la experiencia, estos sistemas no están actualmente en uso extenso (esta situación está cambiando rápidamente en algunos campos) ni están en el de dominio público. [1]

#### 4.1 Definición

Un Sistema Experto es un sistema computacional que adquiere conocimiento especializado en un campo específico para explotarlo mediante métodos de razonamiento que emulan el desempeño del experto humano en la solución de problemas. Generalmente un Sistema Experto puede comprender:

- Amplio conocimiento específico a partir del campo de interés
- Aplicación de técnicas de búsqueda y heurísticas.
- Habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de los actuales y de las experiencias obtenidas durante su operación.
- Procesamiento simbólico.
- Capacidad para explicar su propio razonamiento.
- Empleo de diversas técnicas de solución de problemas.

Para destacar la naturaleza de un Sistema Experto, se debe apreciar los rasgos del experto humano: Él es una persona competente en un área determinada del conocimiento que cuenta con un largo periodo de preparación y práctica, la cual al aprovecharse se traduce al siguiente desempeño en comparación con otra persona no especializada como se aprecia en la tabla:

Actividad	Experto	No experto
Tiempo de resolución de problemas de su área	Grande	Pequeño
Eficacia	Alta	Baja
Organización	Alta	Baja
Posee estrategias y tácticas	Si	No
Búsqueda de soluciones	Heurística	No heurística
Cálculos aproximados	Si	No

Tabla 1. Ventajas que poseen los expertos sobre los que no lo son.

En su desempeño los Sistemas Expertos, deben resolver los problemas como lo hacen sus símiles humanos, es decir en menor tiempo, con mayor eficacia y precisión. [4]

#### 4.2 Componentes

Cada sistema experto consiste de dos partes principales: la base del conocimiento; y el razonamiento, o motor de inferencia.

La base del conocimiento de los sistemas expertos contiene el conocimiento efectivo y heurístico. El conocimiento efectivo es el conocimiento del dominio

de la tarea que se comparte ampliamente, encontrado típicamente en libros de textos.

El conocimiento heurístico es el conocimiento menos riguroso, más experimental, más crítico del funcionamiento. En contraste con el conocimiento efectivo, el conocimiento heurístico raramente se discute y es en gran parte individualista. Es el conocimiento de la buena práctica, del buen juicio y del razonamiento admisible en el campo. Es el conocimiento que es la base del " arte de buen inferir".

La representación del conocimiento formaliza y ordena el conocimiento. Una representación ampliamente usada es la regla de producción, o simplemente regla. Una regla consiste en: una parte SI, y otra parte ENTONCES (también llamada como una condición y una acción). Las listas de partes SI son un conjunto de condiciones en una cierta combinación lógica. La porción del conocimiento representado por la regla es relevante a la línea del razonamiento que es convertido si la parte SI de la regla está satisfecha; por lo tanto, la parte ENTONCES puede ser concluida, o su acción de solucionar el problema ser tomada. En los sistemas expertos en que el conocimiento se representa en forma de regla se llaman: sistemas basados en reglas.

Otra representación ampliamente usada, llamada la unidad (también conocida como marco, esquema, o estructura de la lista) se basa sobre una vista más pasiva del conocimiento. La unidad es un enlace del conocimiento simbólico asociado acerca de una entidad que se representará. Típicamente, una unidad consiste en una lista de las características de la entidad y de los valores asociados para esas características.

Puesto que cada dominio de la tarea consiste en muchas entidades que están sujetas en varias relaciones, las características también se pueden utilizar para especificar relaciones y los valores de estas características son los nombres de otras unidades que se conectan según las relaciones. Una unidad puede también representar el conocimiento de un " caso especial " de otra unidad, o algunas unidades pueden ser " partes " de otra unidad.

El modelo para solucionar el problema, o el paradigma, ordena y controla los pasos de progresión tomados para solucionar el problema. El paradigma implica el encadenamiento de las reglas de SI - ENTONCES (IF-THEN) para formar una línea de razonamiento. Si el encadenamiento empieza con un conjunto de condiciones y se mueve hacia una cierta conclusión, se llama el método de encadenamiento delantero o hacia adelante. Si la conclusión se sabe (por ejemplo, una meta que se logrará) pero el camino a esa conclusión no se sabe, entonces se debe razonar al revés, y el método se llama de encadenamiento posterior o hacia atrás. Estos métodos para solucionar el problema se construyen en módulos de programas llamados motores de la inferencia o los procedimientos de la inferencia, que manipulan y utilizan el conocimiento de la base de conocimiento para formar una línea del razonamiento.

La base de conocimiento que una persona experta utiliza es lo que él aprendió en la escuela, de colegas y a partir de años de la experiencia. Probablemente cuanto más experiencia tiene, más grande es su conocimiento almacenado. El



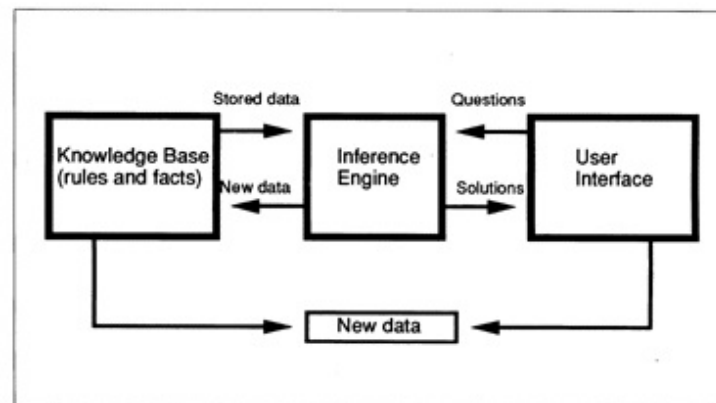


Figure 1. The basic architecture of an expert system

conocimiento le permite interpretar la información en su base de datos ayudándolo en diagnósticos, diseño y análisis.

Aunque un sistema experto consiste fundamentalmente en una base de conocimiento y un motor de inferencia, un par de otras características vale la pena mencionar: razonamiento con incertidumbre, y la explicación de la línea del razonamiento.

El conocimiento es casi siempre incompleto e incierto. Para tratar el conocimiento incierto, una regla puede tener asociado a ella un factor de confianza o un peso. El conjunto de métodos para usar el conocimiento incierto conjuntamente con datos inciertos en el proceso del razonamiento se llama razonamiento con incertidumbre. Una subclase importante de los métodos por razonar con incertidumbre se llama " lógica difusa (fuzzy logic)," y los sistemas que los utilizan se conocen como " sistemas difusos. "

En las aplicaciones expertas de un sistema incierto o el conocimiento heurístico (como los seres humanos lo hacemos) su credibilidad está a menudo en duda (al igual que en el caso con seres humanos). Cuando una respuesta a un problema es cuestionable, queremos saber el análisis razonado. Si el análisis razonado parece probable, tendremos que creer la respuesta. La mayoría de los sistemas expertos tienen la capacidad de contestar a las preguntas de la forma: " ¿por qué es la respuesta X? " Las explicaciones pueden ser generadas rastreando la línea del razonamiento usada por el motor.

El componente más importante de cualquier sistema experto es el conocimiento. El poder de los sistemas expertos reside en la alta calidad específica del conocimiento que contienen acerca del dominio de la tarea. Los investigadores de IA continuarán explorando y agregando al repertorio actual de métodos de representación y de razonamiento del conocimiento. Pero en el conocimiento reside el poder. Debido a la importancia del conocimiento en los sistemas expertos los métodos de adquisición de conocimiento son de vital importancia para romper el embotellamiento de la adquisición del conocimiento, en la codificación y la representación de una gran infraestructura del conocimiento. [13]

### 4.3 Cualidades

Entre los rasgos más relevantes de los Sistemas Expertos destacan:[4]

- El proceso de buscar los conocimientos apropiados y a partir de éstos deducir nuevos conocimientos constituye un elemento clave del procesamiento de un Sistema Experto.
- Capacidad de representación simbólica del conocimiento y razonamiento.
- Referencia a un dominio de conocimiento técnico y altamente especializado.
- Capacidad de proceder heurísticamente más que algorítmicamente en la búsqueda de soluciones.
- Está obligado a explicar sus razonamientos, preguntas y conclusiones.
- Alto grado de efectividad en la resolución de problemas.
- Genera múltiples soluciones por contemplar varias hipótesis.
- Puede usar datos erróneos, reglas inciertas, manejo de incertidumbre.
- Emplea generalmente interfaz de lenguaje natural.
- Interacción con el humano o con el medio que controlan.

### 4.4 Áreas de desarrollo

Entre los campos donde se aplican los Sistemas Expertos destacan:

- Medicina. Gran parte de los Sistemas Expertos que se han desarrollado se aplican en el área de la medicina, donde su función es realizar diagnósticos de enfermedades basados en el cálculo de probabilidades.
- Finanzas. Es un campo importante debido a las grandes inversiones realizadas por entidades financieras, bancarias y aseguradoras.
- Industria: El reto de los Sistemas Expertos industriales se centra en la necesidad de que se comuniquen con dispositivos sensores, bases de datos, dispositivos de mando y accionamiento en tiempo real.
- Electrónica. Se orientan al diseño, diagnóstico y reparación. El uso de Sistemas Expertos se debe a la creciente complejidad de los circuitos y al gran número de parámetros a considerar en los mismos.
- Militar. En actividades de monitoreo, diseño, planeación, educación y control.
- Aeronáutica. Orientado al control de la posición de los satélites y la interpretación de sus imágenes.
- Agricultura. Diagnóstico y tratamiento de tierras, control de plagas y creación de nuevos herbicidas.
- Arqueología. Para determinar la antigüedad de los restos arqueológicos, composición de las piedras.
- Geología. Se emplea en la exploración de suelos, búsqueda de recursos, etc.
- Meteorología. Se aplica en la previsión meteorológica, control y administración de recursos hidrográficos.
- Química. Estudio de las propiedades de compuestos, interpretación de los resultados obtenidos en los análisis,
- planificación de los procesos de síntesis.

[4]

#### 4.5 Investigación en sistemas expertos

Las categorías básicas de la investigación en sistemas basados en el conocimiento incluyen: representación del conocimiento, uso del conocimiento (o solución de problemas), y adquisición del conocimiento (es decir, el aprendizaje y descubrimiento del mecanismo).

- Representación del Conocimiento: En la representación del conocimiento, los asuntos claves son los conceptos, lenguajes y estándares para la representación del conocimiento. Hay muchas partes implicadas en el progreso de los sistemas expertos: definir los problemas encontrados en la búsqueda del conocimiento; desarrollo de la infraestructura para construir y compartir grandes bases de conocimiento; y acumulado de un gran cuerpo del conocimiento, por ejemplo, conocimiento del sentido común o ingeniería y conocimiento técnico.
- Uso del Conocimiento: El uso del conocimiento, o el solucionar problemas, implica esfuerzos de la investigación para el desarrollo de nuevos métodos para las diferentes clases de razonamiento, tales como razonamiento analógico, razonamiento basado en la teoría de las probabilidades y la teoría de la decisión, y razonamiento de ejemplos del caso. La primera generación de los sistemas expertos fue caracterizada porque las bases del conocimiento eran estrechas y, por lo tanto, el funcionamiento era frágil. Cuando el límite del conocimiento de un sistema fue atravesado, el comportamiento del sistema pasa muy rápido de extremadamente competente a incompetente. Para superar tal fragilidad, los investigadores ahora están concentrados en razonar modelos, principios y causas. Así, el sistema basado en el conocimiento no tendrá que saber todo acerca de un tema, como era, pero puede razonar con una base más amplia de conocimiento usando los modelos, los principios y la causalidad.
- Adquisición del Conocimiento: La búsqueda para una gran base de conocimiento afronta el problema del acceso a las bases de conocimiento distribuidas que implican sistemas expertos múltiples. El esfuerzo de desarrollar la infraestructura necesitó obtener el acceso a un área de la investigación llamada compartir el conocimiento. La meta de esta área de la investigación es superar el aislamiento de los sistemas expertos de la primera generación, que raramente intercambiaron cualquier conocimiento. Por lo tanto, las bases de conocimiento que fueron construidas para los sistemas expertos en los años 80 no acumularon.
- Otras áreas de la investigación: Una aplicación importante de la investigación de los sistemas expertos implica los métodos para razonar con datos inciertos y conocimiento incierto. Uno de los métodos más adoptados se llama "lógica difusa (fuzzy logic)" o "razonamiento borroso", especialmente en Japón. Recientemente, ha venido en escena el asunto de la investigación de las redes neuronales, redes de componentes distribuidos que funcionaban en paralelo para tomar decisiones. Los enlaces entre la tecnología de las redes neuronales y la tecnología de los sistemas expertos se están aplicando. Finalmente, la investigación explora el uso de los nuevos métodos paralelos de computación

para la puesta en práctica de los sistemas expertos y de los sistemas avanzados basados en conocimiento. La pregunta es, ¿cuál será el impacto de tales actividades de la computación en paralelo del alto rendimiento en las técnicas de los sistemas expertos?

#### 4.6    Lenguajes de Programación

La hipótesis fundamental del funcionamiento de IA es que el comportamiento inteligente se puede describir exactamente como la manipulación del símbolo y se puede modelar el proceso de símbolo con las capacidades de la computadora.

En los años 50 los lenguajes de programación especiales fueron inventados para facilitar la manipulación del símbolo. El más destacado se llama LISP (LISt Processing). Debido a su elegancia y simple flexibilidad, la mayoría de los programas de investigación de IA se escriben en LISP, pero las aplicaciones comerciales se han alejado del LISP.

A principios de los años 70 otro lenguaje de programación de IA fue inventado en Francia. Se llama PROLOG (PROgramming in LOGic). El LISP tiene sus raíces en un área de las matemáticas, PROLOG en otra. PROLOG consiste en las declaraciones que son hechos (afirmaciones), reglas (de la inferencia) y preguntas.

Los programas escritos en PROLOG tienen comportamiento de gobernar los sistemas bases similar a los escritos en el LISP. PROLOG, sin embargo, no se convirtió inmediatamente en un lenguaje opcional para los programadores de IA. A principios de los años 80 fue impulsado por el aviso de Japón que utilizaría este lenguaje de programación para el proyecto de la Quinta Generación de Sistemas Informáticos; Fifth Generation Computing Systems (FGCS). [13]

#### 4.7    Aplicaciones

El espectro de aplicaciones de la tecnología de los sistemas expertos a los problemas industriales y comerciales es tan amplio debido a la fácil caracterización del desafío. Las aplicaciones encuentran su perfil en la mayoría de las áreas del trabajo del conocimiento. Las aplicaciones se agrupan en siete clases importantes.

1. Diagnóstico y localización de averías de dispositivos y de sistemas de todas las clases Esta clase abarca los sistemas que deducen incidentes y sugieren las acciones correctivas para un dispositivo o un proceso que funciona incorrectamente. El diagnóstico médico era una de las primeras áreas del conocimiento a las cuales la tecnología de los Sistemas Expertos (SE) fue aplicada, pero el diagnóstico de sistemas dirigidos sobrepasó rápidamente el diagnóstico médico. Probablemente, hay más aplicaciones de diagnóstico de Sistemas Expertos que de cualquier otro tipo. El problema de diagnóstico se puede manifestar, en resumen, como: dado la evidencia que se presenta, cuál es el problema / razón / causa subyacente?

2. Planeamiento y programación Los sistemas que caen en esta clase analizan un conjunto de una o más metas potencialmente complejas y obran recíprocamente para determinar un conjunto de acciones para lograr esas metas, y/o proveen el orden temporal detallado de esas acciones considerando el personal, el material y otros apremios. Esta clase tiene gran potencial comercial. Los ejemplos implican la programación de vuelos, el personal y las puertas de una línea aérea; la programación del departamento de empleo de la fábrica; y las hojas de operación (planning) de proceso de la fabricación.

3. Configuración de objetos manufacturados La configuración, por el cual una solución a un problema se sintetice de un conjunto dado de elementos relacionados por un conjunto de apremios, es históricamente una de las aplicaciones de los sistemas expertos más importante. Las aplicaciones de la configuración fueron iniciadas por las compañías de computadoras como medio para facilitar la fabricación de las minicomputadoras. La técnica ha encontrado su forma de uso en muchas industrias diferentes, por ejemplo, construcción modular, fabricación, y otros problemas que implicaban diseño y la fabricación compleja de la ingeniería.

4. Toma de Decisión Financiera La industria de los servicios financieros ha sido un usuario vigoroso de las técnicas de los Sistemas Expertos. Los programas consultivos se han creado para asistir a banqueros en la determinación de si hacer préstamos a los negocios y a los individuos. Las compañías de seguro han utilizado los sistemas expertos para evaluar el riesgo presentado por el cliente y determinar un precio para la aplicación típica del seguro; en los mercados financieros está en la negociación de la moneda extranjera.

5. Publicación del Conocimiento Ésta es una aplicación relativamente nueva, pero también es un área potencialmente delicada. La función primaria del sistema experto es entregar el conocimiento que es relevante al problema del usuario, en el contexto del problema del usuario. Los dos sistemas expertos más extensamente distribuidos en el mundo están en esta categoría. El primero es un consejero que aconseja al usuario con el uso gramatical apropiado en un texto. El segundo es un consejero de impuesto, que acompaña un programa de preparación de impuesto y aconseja al usuario en la estrategia y táctica de impuesto, y la política de impuesto individual.

6. Vigilancia y control del proceso Los sistemas que caen en esta clase analizan datos en tiempo real de los dispositivos físicos con la meta de advertir las anomalías, predecir las tendencias, y controlar la corrección del optimizador y del incidente. Los ejemplos de sistemas en tiempo real que vigilan activamente los procesos se pueden encontrar en las industrias de la siderurgia y de la refinación del petróleo.

7. Diseño y fabricación Estos sistemas asisten al diseño de dispositivos y de procesos físicos, extendiéndose del diseño conceptual del alto nivel de entidades

abstractas a la configuración de los procesos de la fabricación. [13]

Entre las aplicaciones limitadas, los sistemas expertos se han utilizado para ayudar a los analistas financieros que invierten dinero y para ayudar a los ingenieros en el diseño de productos. Algunos de los sistemas expertos más conocidos se han utilizado como herramientas de diagnóstico en la profesión médica (internista y MYCIN), para los análisis químicos (DENDRAL), por investigaciones penales por el FBI (LITTLE FLOYD), para diversas aplicaciones militares estratégicas, como herramientas de exploración en la prospección de minerales (PROSPECTOR) (Duda y otros, 1981), y para los análisis de registros de pozos de Schlumberger (de echados ASESOR) (Baker, 1984).

Otras aplicaciones de las ciencias de la tierra de Baroid 's Mudman, utilizado para el diagnóstico de perforación problemas y para aplicaciones de perforación de barro (Tecnología del Mar, 1,986); PROB WELL de AMOCO, usado para diagnosticar problemas con la producción de los pozos de petróleo; y varios prototipo sistemas expertos construidos por el USGS para microcomputadoras. Uno está diseñado para la clasificación de sedimentaria cuencas para la evaluación de recursos de petróleo (muPETROL) (Miller, 1986, 1987b, c) y la otra es una versión abreviada de PROSPECTOR, llamado muPROSPECTOR (McCammon y otros, 1984; McCammon, 1.986, 1.990). [1]

Mientras que las técnicas de los sistemas expertos maduraron a la tecnología de la información estándar en los años 80, el aumento de la integración de la tecnología de los sistemas expertos con la tecnología de la información convencional creció en importancia.

Temprano en su historia, las herramientas de los sistemas expertos comerciales fueron escritas sobre todo en lisp y PROLOG, pero la tendencia ha estado actualmente más a los lenguajes convencionales tales como C.

Finalmente, la conexión de los sistemas expertos a las bases de datos que son manejadas por métodos y grupos convencionales de la tecnología de la información es esencial y ahora es una característica estándar de todos los sistemas expertos. [13]

Sin embargo, son pocos los sistemas expertos que, en la actualidad presentan usos que se aplican a las ciencias de la tierra, están disponibles para uso público. [1]

#### 4.8 Interacción con el usuario

Sobre todo, los beneficios de los Sistemas Expertos (ES) a los usuarios finales incluyen:

- Una aceleración del profesional humano o del trabajo semi profesional, típicamente por un factor de diez y a veces por un factor de cien o más.
- Dentro de las compañías, ahorros de costo internos importantes. Para los sistemas pequeños, los ahorros están a veces en los diez o los centenares de miles de dólares; pero para los sistemas grandes, a menudo en los diez millones de dólares y tan arriba como centenares de millones de dólares. Estos ahorros de costo son como resultado de la mejora de calidad, una motivación importante para emplear la tecnología de los Sistemas Expertos.

- Calidad mejorada de la toma de decisión. En algunos casos, la calidad o la corrección de las decisiones evaluadas después de la comprobación del hecho mejora alrededor de diez veces.
- Preservación de la experiencia. Los sistemas expertos se utilizan para preservar conocimientos técnicos en organizaciones, para capturar el experiencia de los individuos que se están retirando y para preservar conocimientos técnicos corporativos para poderlos distribuir extensamente a otras fábricas, oficinas o plantas de la compañía.

[13]

A continuación se mostrará un ejemplo sobre el uso de un sistema experto. La interacción entre los usuarios y el sistema experto es apoyado a través de una amigable interfaz gráfica de usuario en ejecución en este caso, bajo entorno Windows. La Figura 2 muestra la corriente pantalla principal del sistema en el que las diferentes opciones (o botones) se muestran. La opción "Examinar Disponible Majors" permite los usuarios ver todas las carreras disponibles en la actualidad y todo su datos (es decir, la biblioteca de Grandes Ligas disponibles). El usuario puede ver el manual de usuario y obtener más ayuda sobre el uso del sistema por clic en el botón "Ayuda", o salir del sistema seleccionando la Botón "Salir". La opción principal es "Nueva consulta" a partir del cual el usuario se dirige a varias pantallas sucesivas pidiendo datos del estudiante solicitadas por el sistema (Figura3).



Fig. 2: The main screen of the ES



Fig. 3: Sample user data input screen

Después de todas las pantallas de entrada de datos del usuario, al usuario se le pide que responda a varias preguntas sucesivas a través de la cual las habilidades y preferencias del usuario se extraen como se muestra en la Figura 4 y La Figura 5.

Al final de la consulta, la ES se presenta la lista de mayores sugeridas (una lista clasificada) y la lista de permitidos mayores como se muestra en la Figura

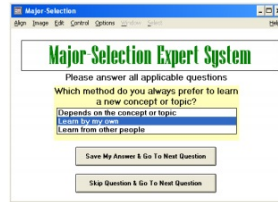


Fig. 4: Sample question screen for determining the user's skills



Fig. 5: Sample question screen for determining the user's preferences

6. La presentación de ambas listas en un único pantalla da una especie de "explicación" para el usuario ya que el el usuario puede reconocer fácilmente a los mayores que fueron excluidos de la lista de los mayores permitidos basado en sus / sus habilidades y preferencias (detectados a partir de las respuestas de los usuarios). El usuario puede obtener más detalles sobre los resultados de la consulta haciendo clic en "View Permitidos Majors "para ver todos sus datos y habilidades requeridas y valores de preferencias (es decir, una explicación más detallada al usuario para entender la lista clasificada presentado de mayores sugeridas).[2]

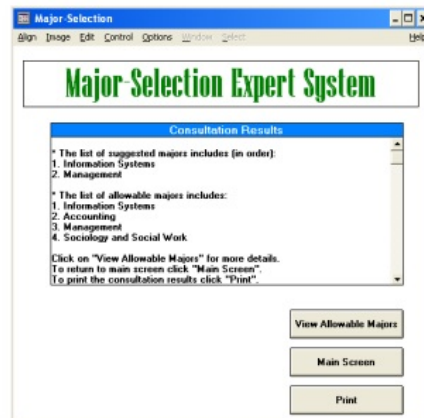


Fig. 6: Sample consultation result screen



## 5 Conclusión

La inteligencia artificial en la actualidad presenta múltiples aplicaciones en distintos ámbitos de las actividades comerciales, militares y de la vida en sociedad

La IA y los SE como campo de aplicación particular, facilitan a quienes deben decidir abordar tareas poco estructuradas. Los SE manejan diferentes niveles de conocimiento y heurística de los humanos mas expertos y especializados, y las capacidades de estos sistemas son, además de necesarias, demandadas por la sociedad de hoy.

El usuario es rebasado en su capacidad de buscar, seleccionar y asimilar la información y conocimiento realmente útil a partir del universo a su alcance; haciéndose necesario la ayuda de herramientas que puedan interpretar sus requerimientos, hacer la investigación necesaria y filtrar el acervo disponible, presentando únicamente aquello que es relevante. Esta es una labor apropiada para aplicaciones tales como "data warehouse" (almacén de datos) y sistemas expertos, que al conjugarse, revelan al personal de realizar complejas labores de tratamiento de datos, información y conocimiento sobre grandes volúmenes, brindándole los elementos debidamente seleccionados en forma resumida.

Estos sistemas muestran un nivel de competencia equiparable al de los mejores expertos humanos, siendo la tendencia en su utilización a servir como complementos en los procesos de toma de decisión, por lo que hablar de una sustitución del ser humano sería exagerado. La importancia de los SE viene determinada por permitir un mejor conocimiento de los problemas, documentarlos, modificarlos y estructurarlos, esto posibilitaría dedicar a los expertos los casos más importantes e incluso superar las limitaciones del razonamiento humano. Sería equivalente a tener una cantidad limitada, pero extensa, de conocimiento humano trabajando en conjunto respecto a un problema específico. Todo esto conlleva a un "producto" de mayor calidad, pero quedan cuestiones críticas de la tecnología, como son el mantenimiento y actualización del sistema, la integración con otros equipos convencionales, la automatización de procesos de ingeniería del conocimiento o aprendizaje automático, y sobre todo, la verificación y validación del conocimiento, que supone un problema bastante importante debido a que la información será utilizada por las personas para tomar decisiones no menores.

Es importante observar que, cada vez toma mayor fuerza el diseño de sistemas de tamaño pequeño y mediano, que funcionando sobre operadores personales y desarrollados con ayuda de herramientas, sirven para resolver problemas concretos no muy complejos, o para estudiar la aplicabilidad de la ingeniería del conocimiento. El desarrollo de estos sistemas pequeños o medianos apunta a ser el futuro de los sistemas expertos, sobre todo si ellos logran incidir en la plataforma móvil.

## References

1. Betty M. Miller, Object-Oriented Expert Systems and Their Applications to Sedimentary Basin Analysis , Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, US Government Printing Office, WASHINGTON, 2012.

2. M. Ayman Al Ahmarr, A Prototype Rule-based Expert System with an Object-Oriented Database for University Undergraduate Major Selection , International Journal of Applied Information Systems (IJAIS) – ISSN : 2249-0868, 1993.
3. Dattatraya Vishnu Kodavade, Shaila Dinakar Apte, A Universal Object Oriented Expert System Frame Work for Fault Diagnosis , International Journal of Intelligence Science, 2012, 2, 63-70, 2012.
4. Alejandro Pena Ayala, Sistemas basados en Conocimiento: Una Base para su Concepción y Desarrollo , INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, México, 2006.
5. Elena Smirnova, Krisztian Balog, A User-Oriented Model for Expert Finding , Department of Computer and Information Science, Norwegian University of Science and Technology, Norway, 2011.
6. Ramon Garcia Martinez, Paola Veronica Britos, Ingenieria de Sistemas Expertos , Nueva Libreria S.R.L., 2004.
7. Héctor A. Tabares-Ospina, Duvan A. Monsalve-Llano, Daniel Diez-Gomez, Modelo de Sistema Experto para la Selección de Personal Docente , Tecno. Lógicas, ISSN 0123-7799, No. 30, enero-junio de 2013, pp. 51-70, 2012.
8. Jorge López Puga, Juan García García, Sistemas de Tutorización Inteligente Basados en Redes Bayesianas , Revista Electrónica de Metodología Aplicada, Vol. 13 n° 1, pp. 13-25, 2008.
9. Enrique Ariel SIERRA, Alejandro HOSSIAN, Ramón GARCIA-MARTÍNEZ, SISTEMAS EXPERTOS QUE RECOMIENDAN ESTRATEGIAS DE INSTRUCCIÓN. UN MODELO PARA SU DESARROLLO , Universidad Nacional del Comahue , Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
10. Prof. Jose Manuel Gutierrez, Sistemas Expertos Basados en Reglas, Dpto. de Matemática Aplicada. Universidad de Cantabria.
11. Zulma Cataldi , Fernando J. Lage, SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES ORIENTADOS A LA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN , EDUTEC. Revista Electronica de Tecnologia Educativa. ISSN: 1135 - 9250, 2009.
12. Jose Maria Lindo, Una Introduccion a los sistemas expertos en la empresa , Facultad de Ciencias Economicas y Empresariales de la Universidad de Valladolid, 1991.
13. Pignani Juan Manuel, Sistemas Expertos, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.
14. Enrique Vílchez Quesada, SISTEMAS EXPERTOS PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA MATEMÁTICA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR, CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA, 2007.
15. Bruno López Takeyas, INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, 2007.