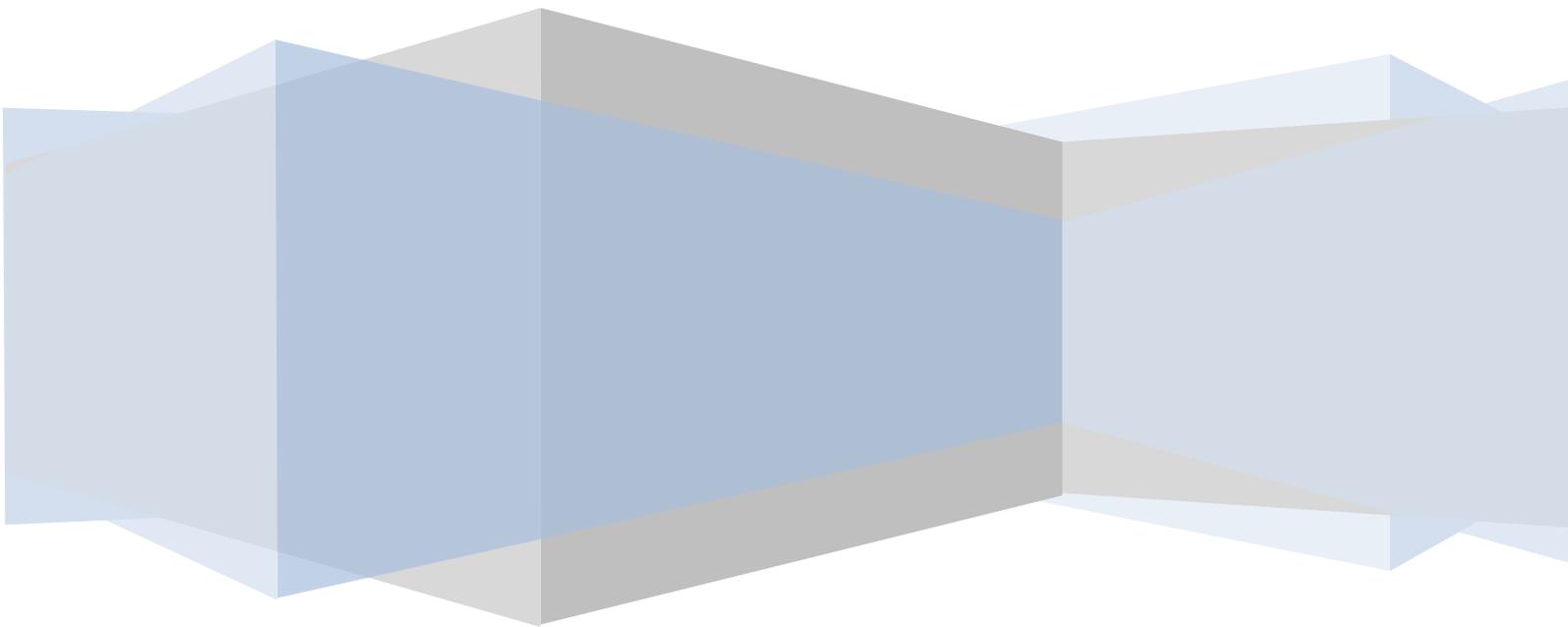


CAPÍTULO 4

Inteligencia Artificial



CAPÍTULO 4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En la actualidad uno de los proyectos más ambiciosos de la informática es la inteligencia artificial, por tal motivo es difícil definir exactamente qué es y los alcances que tiene.

Es de fundamental importancia conocer los orígenes de su nombre, es decir el significado de la palabra inteligencia y así mismo el de la palabra artificial, mismos que según (Arauz, 1998, p. 1) son:

- Inteligencia, es la potencia intelectual, la facultad de conocer o de entender. El grado en que un individuo puede resolver satisfactoriamente una nueva situación o un problema. La inteligencia está basada en el nivel de conocimientos individuales y en la habilidad de manipular y reformular apropiadamente los conocimientos en base a los datos que se proporcionan como requerimientos para resolver algún problema o situación.
- Artificial, es lo hecho por mano y arte del hombre, falso, no natural.

Por otro lado (Zampayo, 2004, p. 10) sugiere también que:

- Inteligencia, es la capacidad de comprender, evocar, movilizar e integrar constructivamente lo que se ha aprendido y de utilizarlo para enfrentarse a nuevas situaciones.
- Artificial, es aquel cuyo producto origen es no natural, sino que fue hecho por la mano o arte del hombre.

El nombre de Inteligencia Artificial como tal, surgió en la conferencia de John McCarthy en 1956 en el Dartmouth College, New Hampshire. En el foro, Marvin Minsky, Claude Shannon y N. Rochester entre otros, discutieron acerca de como simular la inteligencia humana a través de las máquinas.

Ahora bien, según (Gutiérrez, 2006, p.11) la inteligencia artificial 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.

Por otro lado (Bourcier, 2003, p.56) dice que la inteligencia artificial es una rama de la informática que intenta reproducir las funciones cognitivas humanas como el razonamiento, la memoria, el juicio o la decisión y, después, confiar una parte de esas facultades, que se consideramos signos de inteligencia, a los ordenadores.

Conservando el enfoque de los autores anteriores, se puede decir que la Inteligencia Artificial es una disciplina eminentemente tecnológica que persigue la construcción de máquinas y programas capaces de realizar complejas tareas con una habilidad y eficiencia iguales o superiores a las que consigue el ser humano.

En general se puede decir que la inteligencia artificial es aquella disciplina que tiene como objetivo el estudio de la conducta humana, mediante el análisis del comportamiento inteligente del ser humano, mismo que se puede denominar análisis de los procesos cognoscitivos, debido a que estos se enfocan en el estudio de los procesos internos que conducen al aprendizaje.

Se puede decir que en la actualidad la inteligencia artificial es una disciplina fundamental en la ciencia y la tecnología, misma que tras el paso del tiempo ha creado una serie de conocimientos básicos que le permiten emular diversas capacidades del ser humano para exhibir comportamientos inteligentes. Debido a lo anterior se han desarrollado diversos sistemas que tienen por objetivo perfeccionar las distintas capacidades del ser humano con el fin de la reproducción de las mismas.

4.1 Historia de la Inteligencia Artificial

Es de fundamental importancia destacar los acontecimientos y conocer la historia de la Inteligencia Artificial, ya que esta ciencia data desde las principales aportaciones que conllevaron al desarrollo de diversas técnicas de manipulación del conocimiento, se realizaron avances en diversas tareas que se describirán en la siguiente relación de acontecimientos, también es importante destacar que gracias a los avances que llevaron al progreso a la Inteligencia Artificial, se resaltaron nuevas áreas de investigación. Estas áreas incluyen las áreas de percepción (visión y habla) y el lenguaje natural (comprensión, generación, traducción).

Según (Huerta, 2009, p. 18) una vertiente más de las incursiones de la Inteligencia Artificial se ha dado en el desarrollo de sistemas que ayudan a tareas de expertos, en la

resolución de problemas en campos especializados (como en la realización de análisis químicos) en el campo de la ingeniería (diseño, detección de fallos, planificación de manufacturación, etc.), en el análisis científico, en la medicina, en el análisis financiero, etc.

Año	Descripción
1642	Blaise Pascal, perfecciona la pascalina, una máquina capaz de realizar sencillas operaciones como sumar y restar. Es considerada como la primera calculadora automática mundial.
1694	Gottfried Wilhem Leibniz, perfecciona una computadora con el nombre de “Leibniz”, la cual puede realizar multiplicaciones, por medio de un algoritmo que realiza sumas de manera repetitiva, dicho algoritmo aun es utilizado en algunas computadoras.
1832	Charles Babbage desarrolla la primera computadora mundial que puede ser programada para resolver una amplia variedad de problemas lógicos y computacionales
1879	Frege propone un sistema notacional para el razonamiento mecánico
1943	La base de la Inteligencia Artificial es asentada, gracias a Warren Mc Culloch y Walter Potts, quienes propusieron un modelo de neurona de cerebro humano y animal, esto proporciono una representación simbólica de la actividad cerebral. Tiempo después Norbet Wiener elaboró el campo que llamo “cibernética”, a partir de la cual nace, la inteligencia artificial.
1946	Es desarrollada la primera computadora completamente electrónica y digital programable, llama ENIAC. Fue desarrollada por Jonh Prespert Eckert y Jonh W. Mauchley.
1950	Alan Turing describe los medios para determinar cuando una máquina es inteligente, a lo que se llamo “prueba de Turing”.
1955- 1956	El primer programa de IA, fue escrito por Allen Newell, Herbert Simon y Shaw JC. Demostró teoremas usando una combinación de búsqueda, el comportamiento orientado a objetos, y la aplicación de las normas. Se utilizó una técnica de

	<p>procesamiento de listas en un nuevo lenguaje de programación, IPL (Information Processing Language), este lenguaje siempre utiliza punteros entre piezas de información relacionadas con la memoria asociativa para imitar, y atiende a la creación, modificación y destrucción de estructuras simbólicas que interactúan sobre la marcha.</p>
1956	<p>En el congreso de Dartmouth se llegó a la definición de las presuposiciones básicas del núcleo teórico de la Inteligencia Artificial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
1958	John McCarthy introduce LISP, un primer lenguaje de Inteligencia Artificial.
1960	Se inicia el estudio de las estructuras sintácticas de la computadora y sus relaciones con las estructuras sintácticas del lenguaje humano.
1962	El mundo de los primeros robots industriales es comercializado por una empresa de EE.UU.
1963	Tom Evans, bajo la supervisión de Marvin Minsky, creó el programa, ANALOGY, fue diseñado para resolver los problemas que implicaba la asociación de patrones geométricos.
1963	<p>Marvin Minsky y Seymour Paper, idean el proyecto de micromundos de bloques, mismo que consistía en “representaciones” de laboratorio de la vida real, con un aditivo muy especial, el sujeto que interaccionaría con la realidad sería un ordenador con forma de robot o de simple programa.</p> <p>Se crearon programas capaces de tratar con objetos geométricos (SHRDLU), robots que manejaban cubos (Shakey) y diferentes programas que “entendían” el inglés para sacar de las frases una determinada información (SIR y STUDENT) estos funcionan mediante la comparación de patrones.</p>

1965	Edward Feigenbaum y Robert K. Lindsay construyen en Stanford DENDRAL, el primer sistema experto. Su experiencia fue en el mapeo de la estructura de los productos químicos orgánicos complejos a partir de datos reunidos por los espectrómetros de masas.
1969	Un robot móvil llamado Shakey fue montado en Stanford, este podía navegar en un bloque de ocho habitaciones y seguir instrucciones de una forma simplificada en Inglés.
1970	Fue desarrollado el primer sistema experto comercial "XCON". (Para el experto configurador), desarrollado por John McDermott en la Universidad Carnegie Mellon. Lo desarrollado para una empresa de equipamiento digital, que comenzó a utilizarlo en enero de 1980 para ayudar a configurar los sistemas informáticos, para decidir entre todas las opciones disponibles para su sistema VAX. Se pasó de cerca de 300 que contiene normas en 1979 a más de 3.000 y podría configurar más de 10 sistemas informáticos diferentes.
1975	La medicina se ha convertido en un área importante para las aplicaciones de la investigación en Inteligencia Artificial.
Inicios de 1980	<p>Una sucesión de sistemas expertos fueron construidos y puestos en uso por las empresas. Entre ellas figuran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un torno y un analizador de diagnóstico de molino en la planta de GM en Saginaw utilización de las competencias de Charlie Amble a la escucha de los problemas a partir de sonidos. • Una prospección minera, sistema experto PROSPECTOR consiste en una llamada que se encuentra un depósito de molibdeno; un sistema de Bell, que analizó los problemas en las redes telefónicas, y las soluciones recomendadas. • FOLIO, un asesor de inversión de cartera, y Williard, un meteorólogo de tormentas de gran tamaño. <p>Los grupos de Inteligencia Artificial se formaron en grandes empresas para</p>

	<p>desarrollar sistemas expertos. Los capitalistas de riesgo comenzaron a invertir en el arranque de la IA, y también los académicos se unieron a algunas de estas empresas. 1986 las ventas de hardware basado en IA y el software fueron de \$ 425 millones. Gran parte de los nuevos negocios se desarrollaban en hardware especializado (por ejemplo, las computadoras LISP) y software (por ejemplo, el soporte de sistemas expertos vendido por Teknowledge, IntelliCorp, e Inference) para ayudar a construir mejores y menos costosos sistemas expertos.</p>
1980	<p>Tres sistemas expertos se han fomentado: PIP, CASNET y MYCIN; el proyecto MYCIN produce NeoMYCIN y ONCOCIN, sistemas expertos que incorporan bases jerárquicas de conocimiento; paralelamente nace la ingeniería del conocimiento y aparece XCON primer sistema experto comercial.</p>
1985	<p>La investigación en Inteligencia Artificial comienza a enfocarse hacia arquitecturas paralelas y metodológicas para la resolución de problemas.</p>
1987	<p>Los sistemas expertos basados en reglas empiezan a mostrar los límites de su tamaño comercialmente viable. El sistema experto XCON, había llegado a cerca de 10.000 normas, y fue cada vez más caro de mantener. Los motivos de estos límites incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inflexibilidad de estos sistemas expertos en la aplicación de las normas, y la visión de túnel que implica su conocimiento limitado, que puede dar lugar a conclusiones pobres. Los sistemas expertos no modificaría sus conclusiones lógicas si después da hechos contradictorios. • Los sistemas expertos basados en reglas no podía sacar conclusiones de casos similares en el pasado. Tal razonamiento analógico es un método común usado por los seres humanos. Extracción de los conocimientos de los expertos que la razón analógicamente y convertir ese conocimiento en las normas es problemática. <p>Como las nuevas normas se añaden a los sistemas expertos, se vuelve cada vez más difícil para decidir el orden en que las reglas activas deben ser medidas al respecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas expertos podrían proporcionar respuestas incorrectas a las

	<p>preguntas con respuestas fuera de su conocimiento. Este comportamiento se denomina "fragilidad".</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas expertos no pueden compartir sus conocimientos entre ellos porque realmente no tienen ningún sentido de las palabras que manipular, y las mismas palabras en diferentes sistemas expertos no pueden utilizarse de la misma manera. • Los sistemas expertos no pueden aprender, es decir, no pueden establecer la correspondencia y las analogías entre los objetos y las clases de objetos.
1990	<p>Se han creado empresas sobre Inteligencia Artificial y el modelo conexionista empieza a cobrar mayor fuerza como paradigma frente al modelo de procesamiento simbólico, a partir del Primer Congreso Internacional sobre Redes Neuronales.</p> <p>Los grandes avances en todos los ámbitos de la IA, con manifestaciones importantes en el aprendizaje de las máquinas, tutoriales inteligentes, razonamiento basado en casos, la planificación multi-agente, la programación, el razonamiento incierto, minería de datos, comprensión del lenguaje natural y la traducción, la visión, la realidad virtual, juegos y otros temas.</p>
1997	<p>El programa de ajedrez Profundo Azul gana al actual campeón mundial de ajedrez, Garry Kasparov, en un partido muy reñido. El primer lugar oficial es Robo-Copa del partido de fútbol de mesa con los partidos de 40 equipos de robots que interactúan y más de 5000 espectadores</p>
1999	<p>Sony Corporation presentó el AIBO, un perro robot mascota que entiende 100 comandos de voz, su visión del mundo es a través de un ordenador, aprende y madura. AIBO es un acrónimo de Inteligencia Artificial robot, Aibo, y también significa "amor" o "archivo adjunto" en japonés.</p> <p>Un sistema de inteligencia artificial, Remote Agent, se le da el control primario de una nave espacial por primera vez. Durante dos días corriendo Remote Agent en el equipo a bordo de Deep Space 1. El objetivo de los sistemas de control consiste en proporcionar a un costo menor, mayor control de la Tierra. En la actualidad la difícil</p>

	<p>tarea de control de la nave se realiza por medio de un equipo de ingenieros de la nave espacial. Compartir el control a bordo con sistemas de inteligencia artificial permitirá a estas personas controlar más las naves espaciales.</p>
2000	<p>Las mascotas robot interactivas (también conocido como "juguetes inteligentes") están disponibles comercialmente, haciendo realidad la visión del siglo 18.</p> <p>Cynthia Breazeal en el MIT publica su disertación sobre las máquinas Sociable, describiendo Kismet, un robot con una cara que expresa emociones.</p> <p>El robot Nomad explora las regiones remotas de la Antártida en busca de muestras de meteoritos.</p>
1990's y 2000's	<p>Existen varias aplicaciones de la Inteligencia artificial, aunque no todas estas aplicaciones funcionan tan bien como se desea, pero se están mejorando continuamente. Estas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en el software de programación para crear automáticamente una mejor planificación del un proyecto. • Avanzado software de aprendizaje que funciona como tutor humano en la enseñanza uno-a-uno con cada estudiante. • Programas de reconocimiento de voz continua que precisa a su vez la voz en texto. • Software para gestionar la información de personas, encontrar sólo los documentos necesarios de inmediato, de entre millones de documentos, y automáticamente se resumen los documentos mediante sistemas de reconocimiento del rostro. • Máquinas de lavar que se ajustan automáticamente a las diferentes condiciones para lavar la ropa mejor. • Software que mejora la predicción de los ingresos diarios y las necesidades de personal para una empresa. • Sistemas de detección de fraude de crédito • Ayuda de los sistemas de escritorio que ayudan a encontrar la respuesta

	<p>correcta a la pregunta de cualquier cliente, de manera más rápida.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compras de robots en la web. • Herramientas de minería de datos, E-mail y filtros. • Los sistemas automatizados de asesoramiento que personalizan sus respuestas. <p>Muchos comercializadores de dichos productos y servicios no están identificando el uso de la inteligencia artificial en sus productos y servicios. Probablemente no lo están haciendo así porque "inteligencia artificial" no se percibe al vender, mientras que brinda soluciones inteligentes para el problema de un cliente.</p>
2002	iRobot, fundada por investigadores de la MIT Laboratorio de Inteligencia Artificial, presenta Roomba, una aspiradora robot de limpieza. Para el año 2006, dos millones se habían vendido.
2004	<p>La Defense Advanced Projects Agency (DARPA), la organización central de investigación del Departamento de Defensa de Estados Unidos, patrocinó el primer DARPA Grand Challenge, un concurso de autónomos (sin conductor) de los vehículos.</p> <p>En julio, investigadores de la Universidad Californiana de Pasadena, en Estados Unidos, consiguieron registrar las señales que emiten las neuronas relacionadas con la planificación de los movimientos del cuerpo en monos, y decodificarlas usando un ordenador.</p>
2006	El 26 de enero de 2006, Sony anunció que dejaría el AIBO
2009	<p>En Febrero de 2009, desarrollaron un sistema que permite registrar el estado emocional de niños autistas. Nilanjan Sarkar (uno de sus creadores). En Marzo de 2009, Investigadores de la Universidad de Brown, en Estados Unidos, crearon un robot que puede seguir y obedecer los gestos humanos en cualquier entorno, en exteriores e interiores. Y a principios de Julio de 2009, se creaba un robot con una capacidad de visión casi humana (semejante descubrimiento podría pronto impulsar la creación de máquinas capaces de moverse en espacios abarrotados).</p>
2010	Novena Conferencia Internacional Mexicana de la Inteligencia Artificial, celebrada

en Pachuca, México; en esta se cubrieron todas las áreas de la IA, tales como: (Sistemas Expertos y sistemas basados en conocimiento, Representación del Conocimiento y Gestión de adquisición del conocimiento multi-agente de Sistemas Distribuidos y AI, Organizaciones Inteligentes ,Procesamiento del Lenguaje Natural ,Interfaces inteligentes: Multimedia, Realidad Virtual, visión por Computador y Procesamiento de Imágenes, Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos, Lógica Difusa, Aprendizaje Automático, Reconocimiento de formas, Revisión de creencias, Razonamiento cualitativo, Incertidumbre y Razonamiento Probabilístico, Razonamiento Basado en Modelo, Razonamiento no-monotónico, Razonamiento de Sentido Común, Razonamiento Basado en asuntos temporales y razonamiento espacial, Programación con Restricciones, Lógica de Programación, Automatizado de Teorema Proving, Robótica, Planificación y Programación, Sistemas Inteligentes Híbridos, Bioinformática y Medicina Aplicaciones, Cuestiones metodológicas y filosóficas de la gripe aviar, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Minería de datos)
--

Tabla 10. Historia de la Inteligencia Artificial

A continuación se presentan las técnicas de la Inteligencia Artificial.

4.2 Técnicas de la Inteligencia Artificial

Según (Arauz, 1998, p. 1) una técnica de la Inteligencia Artificial es un método que utiliza conocimiento representado de tal forma que:

- Representa generalizaciones
- Es comprendido por las personas que lo proporcionan

- Se puede modificar fácilmente
- Puede usarse en gran cantidad de situaciones

Desde el punto de vista de la Ingeniería la Inteligencia Artificial utiliza diversas herramientas en la solución de problemas, estas herramientas se presentan en distintas técnicas, mismas que proveen elementos fundamentales en las áreas de la Inteligencia Artificial, entre las técnicas básicas podemos citar:

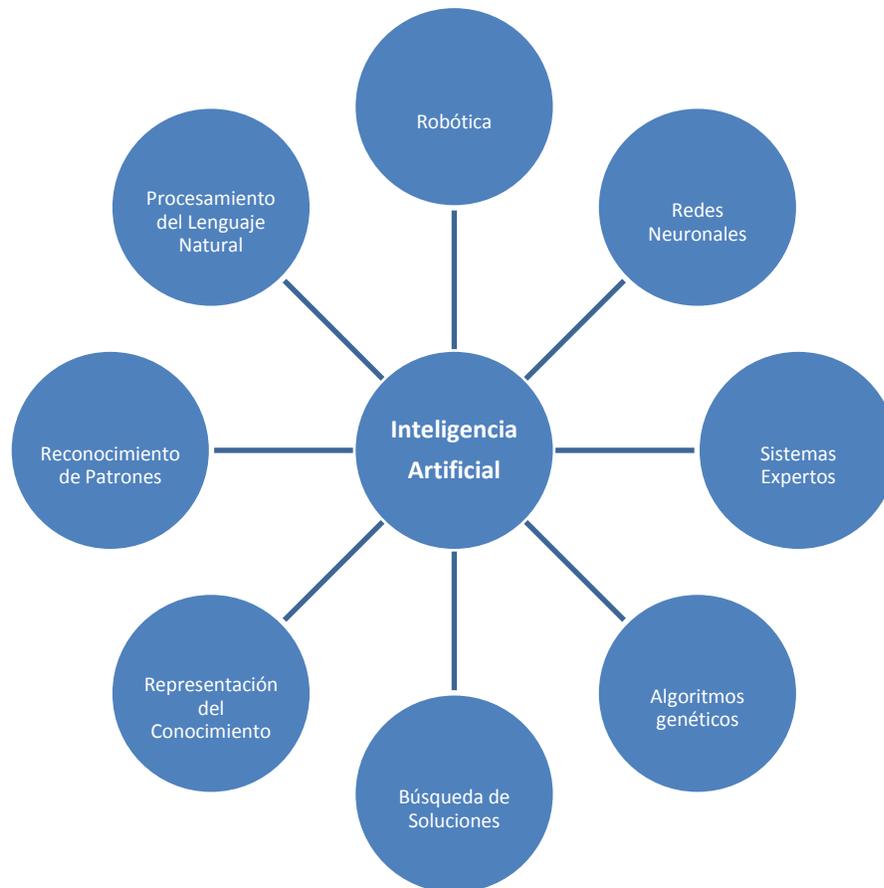


Figura 24. Técnicas de la IA.

- **Búsqueda de soluciones**

Las búsquedas proporcionan una forma de resolver los problemas en los que no se dispone de un método más directo como una estructura con técnicas directas existentes según (Arauz, 1998, p. 4).

Por otro lado, según (Medrano, 2001, p.3) indica que en la Inteligencia Artificial es fundamental considerar la búsqueda heurística como una de las formas más eficientes en la

solución de problemas, la búsqueda heurística, es utilizada para escoger una ramificación con mayor posibilidad de éxito y acotar así el número de soluciones exploradas. Cuando se tienen problemas complejos y se está realizando una búsqueda en el espacio de soluciones, se encuentra que cada vez que se toma una decisión se abren nuevas posibilidades para futuras decisiones. Estos problemas pueden representarse como un árbol de posibilidades, con nodos conectados mediante líneas o bien con métodos que buscan sistemáticamente todas las posibilidades, pero la manera más eficiente es la búsqueda heurística, ya que sus reglas están basadas en la información de la estructura y naturaleza del problema, limitando de esta manera la posibilidad de fracaso.

Según (Barceló, 2005, p. 17) la heurística se podría definir como el conjunto de criterios, métodos o principios que se utilizan para encontrar, entre varios cambios posibles, cuál o cuáles son los más efectivos para obtener un objetivo determinado.

Por tanto, se puede decir que la técnica de búsqueda de soluciones en la resolución de problemas de manera general tiene por objetivo central encontrar los mecanismos de deducción, buscar soluciones que proporcionen la resolución de un problema cuando no se tiene un método directo.

- **Representación del conocimiento**

Según (Arauz, 1998, p.4) el uso del conocimiento proporciona una forma de resolver problemas complejos explotando las estructuras de los objetivos involucrados. El agente que actúa inteligentemente requiere tener una representación del ambiente sobre el que actúa, o por lo menos de los aspectos que son relevantes para resolver un problema.

La IA utiliza diferentes sistemas para la representación del conocimiento e implícitamente las posibilidades que ofrece la utilización de dichos sistemas.

Es fundamental distinguir diversas formas de conocimiento, según el problema a solucionar, siendo los principales:

- Conocimiento general, leyes que cumplen sobre un conjunto de objetos. Puede presentarse como fórmulas matemáticas o lógicas, o de manera informal, el lenguaje hablado / escrito; sin embargo, la informalidad y la imprecisión obstaculizan la automatización del uso del conocimiento.

- Conocimiento procedural, secuencias de acciones a seguir, se pueden representar mediante diagramas de flujo, algoritmos, etcétera.
- Conocimiento factual, hechos.
- Metaconocimiento, conocimiento sobre el conocimiento. Puede ser una forma extremadamente importante de conocimiento, sobre todo en sistemas que aprenden.

Según (Barceló, 2005, p. 18) lo que se persigue no son sólo estructuras de datos que proporcionen un sistema de representación efectiva y eficiente de conocimientos, sino también qué conocimiento se tiene que representar en cada utilización particular.

Un sistema de representación de conocimientos se expone a la resolución de problemas anexos como:

- a) La extracción del conocimiento de quién lo posee
- b) Su formalización de un determinado sistema de representación
- c) Si hace falta, la posibilidad de crear el mencionado conocimiento o modificar el conocimiento existente gracias a la interacción del sistema de IA con el entorno en un mundo cambiante

Ahora bien, (Zampayo, 2004, p. 63) dice que la representación del conocimiento en una computadora, consiste en encontrar una correspondencia entre el “cuerpo del conocimiento” y un “sistema simbólico” que lo denote o le haga referencia y que además, permita solucionar problemas con base de dicha correspondencia. Es decir, se trata de formalizar y estructurar el “conocimiento” para que una computadora pueda trabajar con él, por tal motivo dicho proceso también recibe el nombre de formalismo.

Por otro lado, (Barceló, 2005, p. 16) dice que la técnica de la IA es obtener una adecuada representación simbólica del conocimiento aplicando los diversos mecanismos como son:

- *Inferencia simbólica*, incluye mecanismos de deducción típicos que incluyen la deducción también llamada inferencia lógicamente correcta, amparada en una serie de reglas como:

- ✓ *El modus ponens*, esta regla de inferencia establece que si es cierta una implicación y además es cierto su antecedente, entonces su consecuente es necesariamente verdadero.
 - ✓ *La instanciación universal*, que nos indica que si algo es cierto para todos los elementos de un conjunto, también es cierto para cada caso particular.
 - ✓ *Inducción*, misma que se define como el razonamiento a partir de hechos particulares o casos individuales, para llegar a una conclusión general
 - ✓ *El Modus tollens*, esta regla de inferencia dice que si una implicación es verdadera y además es falso su consecuente, entonces su antecedente será necesariamente falso.
- *Representación del conocimiento*, el fin de la representación de conocimiento es organizar la información sobre el dominio o tema a tratar, de tal manera que el programa de la Inteligencia Artificial puede acceder fácilmente la información para hacer decisiones, planear, reconocer objetos y situaciones , analizar, sacar conclusiones y otras funciones cognitivas.

Este elemento de la Inteligencia Artificial especifica que una buena representación debe tener las siguientes características:

- ✓ Hace explícitas las cosas relevantes
- ✓ Deja expuestas las restricciones inherentes al problema
- ✓ Representa toda la información necesaria
- ✓ Es concisa
- ✓ Es transparente

Ahora bien, la representación del conocimiento se puede realizar mediante esquemas de representación, dentro de estos, la Inteligencia Artificial utiliza las reglas de producción, las redes semánticas y los marcos de representación.

Según (Arauz, 1998, p.1) el uso del conocimiento proporciona una forma de resolver problemas complejos explotando las estructuras de los objetos involucrados. El

agente que actúa “inteligentemente” requiere para ello tener una representación del ambiente sobre el que actúa, o por lo menos de los aspectos de ella que son relevantes para resolver el problema.

Se puede decir, que la representación del conocimiento consiste en la elaboración de métodos y técnicas cada vez más eficientes que permitan organizar los conocimientos que el sistema en cuestión utilizará para poder brindar solución a la diversa gama de problemas que se presenten.

- **Reconocimiento de patrones**

Según (Vázquez, 2009, pág. 12) trata de diferentes técnicas de clasificación para identificar los subgrupos con características comunes en cada grupo, y con el grado de asociación se obtiene una conclusión diferente. Los algoritmos desarrollados en esta área son herramientas útiles en otros campos como en el reconocimiento de lenguaje natural, la visión por computadora, reconocimiento de imágenes, reconocimiento de señales, el diagnóstico de fallos de equipos, el control de procesos, etcétera.

De manera general se puede decir que el reconocimiento de patrones consiste en medir el parecido entre formas y su comparación cuantitativa, es decir, es un método formal para medir el parecido o similitud entre dos formas, o fenómenos que representan cierta regularidad.

- **Procesamiento del lenguaje natural**

Según (Huerta, 2009, p. 29) el lenguaje natural, también llamado lenguaje ordinario, es el que utiliza una comunidad lingüística con el fin primario de la comunicación, y se ha construido con reglas y convenciones lingüísticas y sociales durante el período de constitución histórica de nuestra sociedad. Es decir a través del lenguaje natural surge el fenómeno de la comunicación y por ende es una forma de transmitir el conocimiento.

El procesamiento del lenguaje natural dentro de la IA consiste en:

- Procesamiento del lenguaje escrito, requiere el conocimiento léxico, sintáctico y semántico de las palabras, y del mundo real.

- Procesamiento del lenguaje real, requiere conocimientos de fonología y de la información para manejar ambigüedades que se presenten en el habla; también requiere de los conocimientos para el procesamiento de lenguaje escrito.

Se puede decir que el procesamiento del lenguaje natural es una de las técnicas más interesante en la IA, ya que tiene por objetivo estudiar el lenguaje de los seres humanos para poder acceder desde a una computadora hasta todo tipo de seres inteligentes.

- **Robótica**

Dentro de las técnicas de la IA la robótica es de las más beneficiadas, debido a que tiene por objetivo la construcción de robots inteligentes capaces de funcionar con autonomía.

Según (Huerta, 2009, p. 29) la robótica se ocupa de tareas motrices y perceptuales, es decir la robótica es la conexión inteligente entre la percepción y la acción.

La construcción de robots autónomos se realiza teniendo presente ciertas capacidades como lo son:

- La percepción básica, misma que implica la visión, la capacidad de identificar y reconocer sonidos, la habilidad de identificar olores y el sentido del tacto.
- La función motriz, comprende la habilidad de moverse en forma autónoma y la manipulación de símbolos.

Por otro lado, (Zampayo, 2004, p. 15) refiere que la robótica tiene por objetivo diseñar y desarrollar máquinas que sean capaces de realizar procesos mecánicos y manuales mediante la interacción de un sistema de control y un sistema sensorial con el que cuentan, permitiendo así, responder a los cambios que surgen en el entorno del mundo real.

Podemos decir que dentro del ámbito de la robótica es de fundamental importancia el desarrollo que fomente la evolución de robots, para que estos puedan recibir y emitir comunicación, comprender lo que pasa en el entorno, formular y ejecutar planes, así como poder motorizar sus operaciones, es decir la robótica debe permitir el aumento de la habilidad y la autonomía de los mecanismo que se construyen en este ámbito.

Respecto a los robots (Arauz, 1998, p. 25) dice que un robot inteligente es capaz de:

- Recibir comunicación
- Comprender un entorno mediante el uso de modelos
- Formular planes
- Ejecutar planes
- Motorizar su operación

Los robots son principalmente máquinas con manipuladores multifuncionales reprogramables que permiten realizar una gran variedad de tareas automáticamente. De manera general un robot consta de:

- Uno o más manipuladores (brazos)
- Efectos finales (manos)
- Un controlador
- Sensores que proporcionan información sobre el entorno y retro-información sobre la ejecución de tareas

Se puede concluir que la robótica ha sido parte del crecimiento en aplicaciones industriales, ya que ha permitido conseguir una mayor productividad, para reducir costos, para suplir mano de obra especializada, para proporcionar flexibilidad en procesos de fabricación por lotes, etcétera.

- **Redes neuronales**

Según (Vázquez, 2009, p. 14) son sistemas compuestos por estructuras de red con un gran número de conexiones entre diferentes capas de procesadores, los cuales a su vez tienen asignadas diferentes funciones, dentro de dichos procesadores se efectúa una labor de aprendizaje por la reproducción de las salidas de un conjunto de señales de entrenamiento.

Se puede decir que las redes neuronales constituyen una tecnología, la cual trata con éxito algunos problemas clásicos de la IA, haciendo énfasis en el reconocimiento de formas y de la palabra hablada.

Por otro lado, según (Zampayo, 2004, p. 51) las redes neuronales son sistemas de cómputo distribuidos y paralelos inspirados en la estructura del cerebro humano. El cerebro humano consta de miles de millones de neuronas; cada una conectada a miles de otras neuronas en una estructura distribuida, con paralelismo masivo. Este tipo de estructura otorga al cerebro una gran ventaja en la mayoría de las capacidades perceptivas, motrices y creativas.

Las redes neuronales almacenan la información de manera distinta que las computadoras tradicionales. Los conceptos se representan como patrones de actividad entre varias neuronas, de modo que son menos susceptibles a averías de la máquina. Una de las ventajas de utilizar las redes neuronales es que pueden seguir funcionando aunque se destruyan algunas de sus neuronas, esto es atribuido a su estructura de red.

Sin embargo, (Huerta, 2009, p. 23) dice que ante las dificultades de imitar algunas funciones del cerebro humano, las nuevas arquitecturas para redes neuronales se han inspirado en hechos que conciernen al tratamiento de grandes cantidades de información procedente de los sentidos, la memoria, la capacidad de aprendizaje y la capacidad de procesamiento de información a gran velocidad. En términos prácticos, las arquitecturas de las redes neuronales pueden usarse para tareas como la visión; mecanismos de aprendizaje para el reconocimiento de voz, de forma que sus resultados alimenten programas simbólicos de la IA.

- **Algoritmos genéticos**

Los algoritmos genéticos son los que tratan de emular el proceso de selección natural, mediante el cual los individuos aptos logran sobrevivir y logran que sus mejores características para se mantengan en las generaciones posteriores. Según (Huerta, 2009, p. 27), un algoritmo genético normalmente trabaja sobre la representación de una posible

solución a un problema dado (casi siempre cadena finita), y sobre ella se aplican operadores genéticos para combinar las bondades de las soluciones mediante la reproducción. Para medir la oportunidad de solución se crea una función de aptitud que califica a las soluciones propuestas.

Se puede considerar a estos algoritmos, como un procedimiento de búsqueda y optimización, basado en mecanismos genéticos de selección natural de los seres vivos. Según (Vázquez, 2009, p. 14) el funcionamiento de dichos algoritmos es la evolución a partir de una población que ofrece soluciones candidatas a un problema para mejorar las soluciones existentes y generar nuevas, las cuales son evaluadas por una función de ajuste.

Por otro lado (Arauz, 1998, p. 22) nos dice que la aplicación más común de los algoritmos genéticos ha sido la solución de optimización, en donde han demostrado ser eficientes y confiables.

Antes de aplicar esta técnica es importante tomar en cuenta el espacio de búsqueda, la aptitud para indicar la eficiencia de las respuestas y sobre todo hay que verificar que las soluciones puedan codificarse de una manera que resulte fácil de interpretar para la computadora.

Una de las características de los algoritmos genéticos es que tiene la capacidad de “castigar” las malas soluciones, y de “premiar” a las buenas, de forma que estas últimas se propaguen con mayor rapidez. Por tal motivo es importante verificar que nuestro sistema es apto para aplicar dicha técnica.

- **Sistemas expertos**

Los sistemas expertos también son denominados sistemas basados en el conocimiento, dichos sistemas almacenan el conocimiento de expertos para un campo determinado y la solución se da mediante deducción lógica de conclusión, lo anterior se realiza desarrollando un software que imite el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema.

Por otro lado, (Vázquez, 2009, p. 12) dice que los sistemas expertos estudian la simulación de los procesos intelectuales de los expertos humanos que les permiten

interactuar con objetos del mundo real y llevar a cabo tareas de forma precisa, rápida y cómoda, semejantes a las tareas propias de un ser humano por medio del procesamiento de información y las técnicas para la solución de problemas.

De manera más práctica, (Salazar, 1999, p. 12) establece que un sistema experto es un programa de computadora que aplica conocimiento e inferencias para resolver problemas que requieren de un experto humano, dicho de otra manera, es un programa de computadora interactivo que incorpora juicios (opiniones), experiencias, reglas de evaluación, intuición y otras habilidades para poder proveer asesoría inteligente sobre diversas tareas, mismas que resuelven problemas complejos empleando modelos de razonamiento humano, para llegar a soluciones idénticas a las que podría llegar un experto humano que se enfrentara al mismo problema.

Los sistemas expertos proporcionan a los usuarios conclusiones técnicas sobre materias especializadas. Un problema clave en el desarrollo de sistemas expertos es encontrar la forma de representar y usar el conocimiento que los humanos expertos en esas materias poseen y usan, debido a que el conocimiento de los expertos es a menudo impreciso, dudoso o anecdótico. Lo anterior se concluye en el hecho de que es necesario utilizar sistemas basados en conocimiento experto, es decir un sistema experto, el cual en términos generales es usado para describir una amplia gama de sistemas de computación más avanzados como son:

- Sistemas interactivos de soporte a las decisiones
- Sistema de información ejecutiva
- Sistema de información para la administración
- Sistemas de soporte ejecutivo

La gente involucrada en el desarrollo de un sistema experto según

(Arauz, 1998, p. 17) es:

- *Experto del dominio*, es una persona que posee las habilidades y el conocimiento necesario para solucionar un problema específico más eficientemente que la mayoría de las personas.
- *Ingeniero de conocimiento*, es la persona que diseña, construye y prueba un sistema experto. El ingeniero debe buscar revelar los conceptos claves del problema y los métodos de solución del problema usados por el experto humano. En particular el ingeniero de conocimiento debe elegir la mejor técnica para representar el conocimiento y las estrategias de inferencia.
- *Usuario final*, es el individuo quien eventualmente estará trabajando con el sistema. La aceptación final del sistema dependerá en gran medida del ajuste que presente el sistema a las necesidades del usuario final.

Los sistemas expertos son de gran utilidad para la resolución de problemas que se basan en el conocimiento. Las características principales de este tipo de problemas según (Gutiérrez, 2006, p. 16) son:

- 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 a lo anterior, en el ámbito de la IA se dice que un sistema experto debe cumplir con las siguientes características:

- 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 para procesar símbolos
- Tener capacidad para explicar sus propio razonamiento

También es fundamental conocer la estructura básica de un sistema experto, la cual se puede observar en la siguiente imagen:

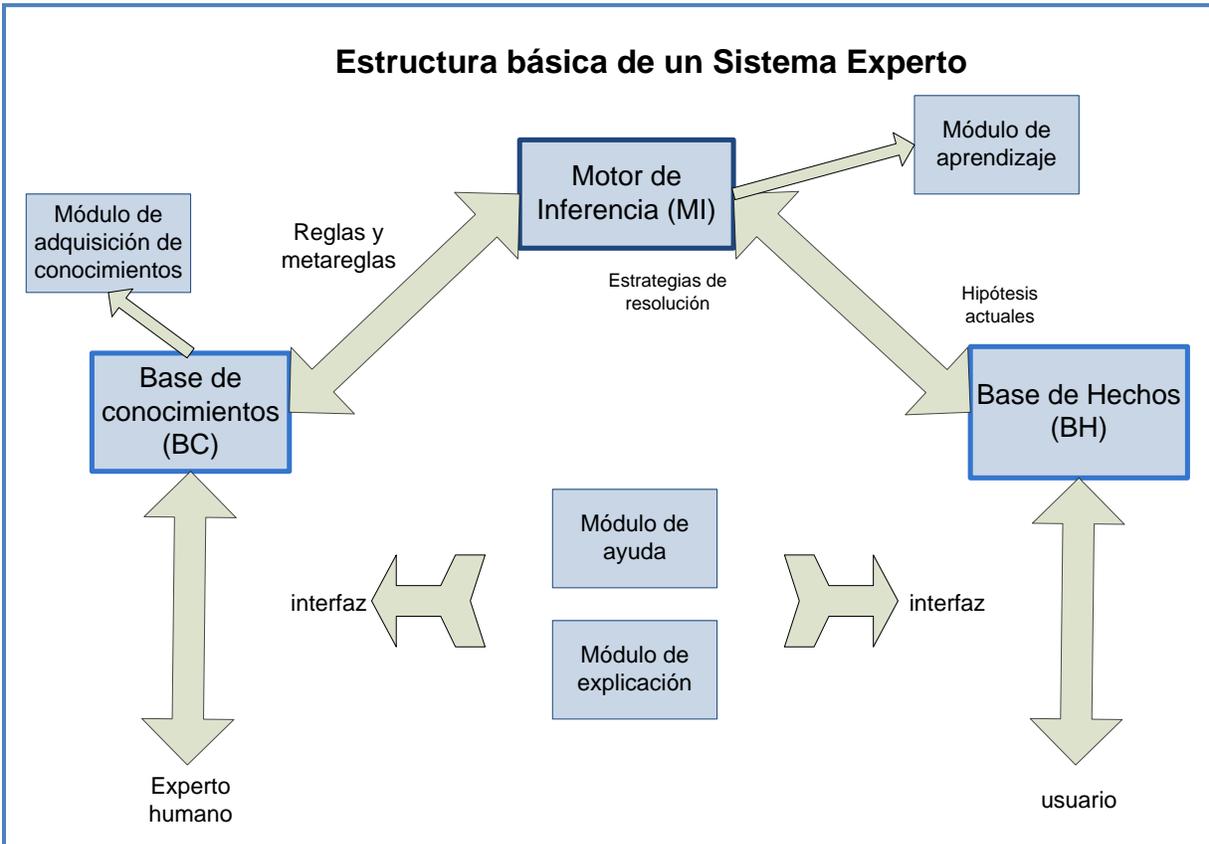


Figura 25. Estructura básica de un SE

De la imagen anterior se percibe que los procedimientos capaces de razonar se implementan dentro del motor de inferencias y por ende los conocimientos se almacenan en la base de conocimientos y hechos. Es necesario también contar con interfaces que permitan el acceso al sistema, tanto del experto humano que alimenta la base de conocimientos como del usuario del sistema experto que proporciona los hechos que determinan una utilización concreta del sistema experto.

Según (Barceló, 2005, p. 26), El esquema anterior se conforma de los siguientes elementos:

- **La base de conocimientos**, es la memoria a largo plazo del sistema experto y contiene las reglas y metarreglas que resumen el conocimiento del experto humano sobre el dominio del problema. Las metarreglas indican el orden o la preferencia de uso de las reglas que describen el conocimiento del experto. La base de conocimientos almacena datos basándose en diferentes reglas:
 - ✓ Reglas antecedente-consecuencia, que son del tipo *si todos los antecedentes son ciertos, entonces todas las consecuencias son ciertas*
 - ✓ Reglas de condición-acción, son del tipo *si todas las condiciones son ciertas, entonces se tienen que ejecutar todas las acciones*
 - ✓ Reglas inexactas, son del tipo *si todos los antecedentes son ciertos, entonces la consecuencia es cierta con un determinado grado de certeza*

- **La base de hechos**, es la memoria a corto plazo, o bien memoria de trabajo, almacena tanto los hechos proporcionados por el usuario, y que describen la situación concreta analizada, como los hechos nuevos que el propio sistema va obteniendo.

- **El motor de inferencia** contiene el mecanismo de razonamiento que sigue el sistema experto: deducción, inducción, estrategias de búsqueda de soluciones, etc. Es decir, el motor de inferencia, aplica las reglas contenidas en la base de conocimientos sobre la base de hechos, obteniendo un nuevo conocimiento, que se incorpora también a la base de hechos y es objeto, a su vez, de la aplicación de reglas reunidas en la base de conocimientos. Se puede decir que el motor de inferencia combina los hechos y las reglas para obtener nuevos hechos. El razonamiento que utiliza un motor de inferencias puede utilizar diversos razonamientos:
 - ✓ *Razonamiento por encadenamiento hacia adelante*, es un procedimiento gobernado por los datos, en el que se parte de los hechos conocidos y, con el uso de las reglas, se van deduciendo nuevos hechos

- ✓ *Razonamiento por encadenamiento hacia atrás*, se trata de un procedimiento de búsqueda dirigido por el intento de afirmar un objetivo concreto que se intenta demostrar de acuerdo con los hechos y reglas disponibles
- ✓ *Razonamiento exacto*, cuando las reglas pueden ser inexactas, el motor de inferencia debe saber tratar con los factores de certeza para así comprender el factor de certeza de la solución propuesta. Esto se hace utilizando leyes de lógica difusa y de probabilidad
- **Los usuarios**, también parte del esquema anterior, pueden desempeñar diversa tipología, dependiendo del grado de complejidad de un sistema experto y de la gran diversidad de aplicaciones que puede llegar a realizar, según (Salazar, 1999, p.14) los usuarios pueden clasificarse en:
 - ✓ Verificador, intenta comprobar la validez del desempeño del sistema
 - ✓ Tutor, se da información adicional al sistema o se modifica el contenido que ya está presente en el sistema
 - ✓ Alumno, se busca rápidamente desarrollar la habilidad personal relacionada con el área específica mediante la recuperación de conocimientos organizados y condensados en el sistema
 - ✓ Cliente, se aplica la habilidad del sistema para realizar tareas específicas reales
- **El módulo de explicación**, justifica o índica el razonamiento que conduce a las conclusiones o recomendaciones tomadas por el SE, un SE debe diseñarse con la capacidad de explicar el razonamiento que nos lleva a una conclusión.
- **El contexto**, es la base de datos global y en ella se representa el estado actual de los problemas específicos que se están resolviendo, ya que su contenido cambia dinámicamente e incluye información proporcionada por el usuario sobre el problema y los resultados obtenidos por el sistema.

- **El módulo de adquisición de conocimiento**, sirve para modificar o actualizar la base de datos de conocimientos debido a que desafortunadamente en muchas áreas complejas el conocimiento crece y cambia constantemente.
- **El módulo de ayuda e interfaz**, permite al usuario utilizar el SE con eficiencia y facilidad, además de ofrecer un medio para interactuar con dicho sistema. Lo anterior puede incluir procesadores de lenguaje natural, menús, ventanas múltiples, iconos y gráficas.
- **El módulo de aprendizaje**, este módulo tiene por objetivo contribuir en la construcción y el razonamiento de la base de conocimientos, el aprendizaje es mecánico ya que el sistema genera nuevos conocimientos en forma automática y se basa en generalizaciones deducidas de experiencias anteriores.

Según (Arauz, 1998, p. 18) los sistemas expertos tienen diversas aplicaciones, tales como:

- *Análisis e interpretación*, se utiliza para analizar grandes cantidades de información y proporcionar alguna recomendación
- *Predicción*, los SE son utilizados para predecir resultados o deducir consecuencias futuras basándose en datos y hecho
- *Diagnóstico y depuración*, los SE pueden utilizarse para detectar errores y sugerir acciones correctivas
- *Control*, los SE se utilizan para el control de procesos
- *Diseños*, se refiere a la nueva creación de un producto, dispositivo o procedimiento
- *Planificación*, se utiliza para construir una serie de acciones que llevan al cumplimiento de una meta
- *Enseñanza*, un SE puede utilizarse para la enseñanza del conocimiento almacenado

Los sistemas expertos pueden ser de dos tipos, deterministas mismos que cuentan con una fácil explicación y con las implicaciones deseadas y tienen como desventajas un motor de inferencia lento y la dificultad de propagar la incertidumbre, por otro lado,

también existen los sistemas expertos de tipo estocástico, que tiene la ventaja de tener un motor de inferencias rápido, lo que permite un aprendizaje paramétrico fácil y la propagación de la incertidumbre de manera eficiente. Este tipo de sistemas expertos tienen como desventaja un elevado número de parámetros e implicaciones superfluas.

Las diferencias entre los dos tipos de sistemas expertos radican en la estructura de cada uno de sus elementos, las cuales según (Vázquez, 2009, p. 23) son:

Sistema experto	Base de conocimiento	Motor de inferencia	Módulo de explicación	Adquisición del conocimiento	Módulo de aprendizaje
Determinista	Abstracto: estructura probabilística Concreto: hechos	Evaluación de probabilidades condicionales	Basado en probabilidades condicionales	Espacio probabilístico. Parámetros.	Cambio en la estructura del espacio probabilístico
	Abstracto: reglas Concreto: hechos	Encadenamientos hacia adelante y hacia atrás	Basado en reglas activas	Reglas. Factores de certeza	Nuevas reglas. Cambio en los factores de certeza.

Tabla 11. Diferencias entre SE deterministas y estocásticos

Dependiendo del grado de dificultad con el que cuente un sistema experto, este puede clasificarse en tres categorías:

- *Asistente*, es un pequeño sistema basado en conocimientos que realiza un subconjunto de tareas de una tarea experta, valioso económicamente pero técnicamente limitado
- *Colega*, es un sistema de tamaño mediano basado en conocimientos que realiza una parte significativa de una tarea experta

- *Experto*, es un sistema grande basado en conocimientos que se acerca al nivel de desempeño del experto humano dentro de un campo particular

Cuando ya se ha determinado el tipo de sistema experto a desarrollar, se procede con la siguiente metodología que según (Salazar, 1999, p. 22) son los pasos principales para el desarrollo de un SE:

1. Selección de un lenguaje de programación, ambiente integrado de desarrollo o esqueleto de programación (Shell)
2. Selección de las técnicas para la representación del conocimiento y para el mecanismo de inferencia
3. Análisis, adquisición y conceptualización del conocimiento para crear la base de conocimientos (BC)
4. Formalización y creación de la BC
5. Desarrollo del prototipo
6. Evaluación y revisión del SE
7. Afinamiento de la interfaz del usuario
8. Mantenimiento y actualización del sistema

La metodología anterior ha dado pauta a la creación de diversos SE que hoy en día pueden ser de gran ayuda a la sociedad en general, dentro de los SE famosos, se pueden mencionar:

- **MYCIN**, lo desarrolló Shortliffe en la Universidad de Stanford y se ocupa del **diagnóstico de infecciones de la sangre y su terapia**. Utiliza reglas de tipo lógico, su motor de inferencia es por encadenamiento hacia atrás (*backward chaining*) e, incluso, es capaz de utilizar factores de certeza.
- **MACSYMA** trata el **cálculo diferencial e integral** con un motor de inferencia compuesto por una serie de funciones implementadas directamente en Lisp.

- **PROSPECTOR** se ocupa de la **prospección y evaluación de yacimientos de minerales**, particularmente cobre y uranio. Utiliza la inferencia probabilística.
- **DENDRAL** es capaz de **analizar la estructura molecular de un compuesto** a partir del espectrograma de masa y otros datos. Su motor de inferencia usa el mecanismo de *generate and test*, que consiste en generar casos posibles y comprobar si cumplen todas las condiciones.
- **XCON** el primer sistema experto utilizado en el ámbito comercial. Se utilizó en la firma DEC para la **configuración de los sistemas DEC/VAX** y lo desarrolló J. McDermott, de la Universidad de Carnegie-Mellon. Utiliza un motor de inferencia con encadenamiento hacia delante (*forward chaining*) y es **operativo** desde 1981.

Es fundamental conocer la importancia de utilizar un sistema experto, dentro de las cuales se pueden destacar en primera instancia la disponibilidad, ya que un sistema experto está disponible las 24 horas del día, los 365 días del año y durante todo *el tiempo que se decida*.

Es importante también que se pueden crear un número ilimitado de sistemas expertos, a diferencia de los expertos humanos, ya que sobre estos no se puede tener la decisión de creación, y muchos menos de muerte, a diferencia de los sistemas expertos mismos que también tienen conocimientos que pueden ser copiados y almacenados fácilmente.

Por otro lado en un sistema experto no radica la falta de personalidad, y esto es un gran avance a diferencia de un experto humano, ya que este no siempre suele ser agradable a todos los usuarios, y por lo mismo pueden presentarse ciertas inexactitudes de los conocimientos proporcionados al usuario.

Y por último, es importante tener presente que un sistema experto puede duplicarse de manera fácil y eficiente, ya que solo basta con copiar el sistema de una computadora a otra, y por lo contrario un experto humano no tiene esta facilidad de duplicidad y también este requiere de un mayor tiempo para convertirse en un especialista y/o adquirir los conocimientos necesarios para convertirse en un experto.

Aunque es necesario contemplar también que existen ciertas limitaciones y problemas en el desarrollo de los SE, según (Barceló, 2005, p. 36) son:

- La dificultad en la adquisición de los conocimientos obtenidos por el experto humano, no siempre suficientemente colaborador y motivado.
- Una aplicación efectiva que continúa siéndolo sólo en dominios aún muy restringidos.
- Un comportamiento muy frágil cerca de las fronteras del dominio, y una gran dificultad para que el sistema detecte el desbordamiento de su ámbito de competencia.
 - ✓ La obtención de explicaciones no siempre relevantes.
 - ✓ Las serias limitaciones por razones de eficiencia que obligan a restringir el número de reglas.
 - ✓ Las limitaciones implícitas a la potencialidad de las técnicas actuales de representación del conocimiento.
 - ✓ La escasa capacidad de los sistemas expertos actuales para el aprendizaje, la generalización y el razonamiento por analogía.

También es un problema la dificultad adicional de la integración de los sistemas expertos y, en general, de los sistemas derivados de la IA, con la informática tradicional, hasta ahora gestora y depositaria de los “hechos”.