

INTELIGENCIA ARTIFICIAL en México



U.T.M.
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

en México

*Fernando Galindo Soria • Juan Manuel Ibarra Zannatha • Warren R. Greiff
Felipe Lara Rosano • Pablo Noriega B. V. • Adolfo Guzmán Arenas
José Negrete Martínez • Lucía Andrade de Domville • Horacio Carvajal S. Y.
Armando Maldonado • Marco César Gloria Flores • Christian Lemaitre
Antonio Sánchez Aguilar • Felipe Bracho
Guillermo M. Mallén F.*

U. T. M.
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

Primera edición: 1992

**Derechos Reservados © Universidad Tecnológica de la Mixteca
Acatlán, Huajuapam de Losa, Oax.**

IMPRESO EN MEXICO

INDICE

La Inteligencia Artificial: Presentación <i>Modesto Seara Vázquez</i>	1
Arquitectura Lingüístico-Interactiva para Sistemas Evolutivos <i>Fernando Galindo Soria</i>	5
Diseño de Robots Inteligentes <i>Juan Manuel Ibarra Zannatha</i>	13
Esquemas para el Procesamiento de Programas Lógicos <i>Warren R. Greiff</i>	37
Aplicaciones de los Sistemas Expertos en la Ingeniería <i>Felipe Lara Rosano</i>	49
La Situación de la Informática en México (con un Leve Sesgo en Inteligencia Artificial) <i>Pablo Noriega B. V.</i>	63
Herramientas Modernas de Programación de los 90'S <i>Adolfo Guzmán Arenas</i>	71
Inteligencia Artificial Distribuida: Redes Neuronales <i>José Negrete Martínez</i>	85
La Utilización de Herramienta CASE en la Formación de los Profesionales en Informática <i>Lucía Andrade de Domville</i>	107
Organización y Modelos Sociales de Actores <i>Horacio Carvajal S. Y.</i>	125

Hacia los Sistemas Interoperables <i>Armando Maldonado</i>	135
CASSANDRA. Ingeniería de Software: Un Enfoque de Calidad <i>Marco César Gloria Flores</i>	141
Las Reuniones Anuales de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial <i>Christian Lemaitre y Antonio Sánchez Aguilar</i>	151
La Recuesta del Progreso <i>Felipe Bracho</i>	161
Algunos Aspectos Básicos sobre los Virus de Computadoras <i>Guillermo M. Mallén F.</i>	173

un
te
D.
la
al.

APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS EN LA INGENIERIA

Dr. Felipe Lara Rosano*

INTRODUCCION

La solución de los problemas nacionales como alimentación, educación, salud y vivienda, está muy relacionada con la capacidad del país de aprovechar más efectivamente sus recursos naturales y de insertarse en una economía global, no ya como un simple productor de materias primas, sino como una nación industrial, con un nivel competitivo en relación con el resto de las naciones, que pueda colocar sus productos ventajosamente en el mercado internacional. Clave para ello es la mejoría tecnológica de sus procesos productivos, que es a su vez función de la calidad de su ingeniería. Este avance tecnológico sería la base, no sólo de una mayor calidad y menores costos de producción, sino de una mayor flexibilidad de los sistemas productivos frente a demandas pequeñas y volátiles de los consumidores, trayendo como consecuencia una mayor capacidad de adaptación frente al mercado y mejores posibilidades para ocupar en él un lugar preferente.

Esta situación hace imperativos el desarrollo y la adopción de nuevas filosofías y enfoques relacionadas con la planeación, el análisis, el diseño, la gestión y el control en todas las ramas de la ingeniería, así como la utilización de tecnologías innovadoras que permitan lograr una mayor competitividad.

Entre los desarrollos tecnológicos de mayor impacto en la ingeniería en general destaca la computadora, que ha transformado radicalmente la forma de concebir los procesos de análisis y diseño, tanto en ingeniería civil como en las restantes ramas ingenieriles. Es la computadora la que ha permitido vislumbrar la "fábrica del futuro", como un sistema productivo altamente integrado, tanto en lo que se refiere a la planeación, la gestión y el control de

* *Laboratorio de Inteligencia Artificial, Instituto de Ingeniería - DIFI UNAM.*

la producción (manufactura integrada por computadora), como por lo que toca al proceso productivo mismo, sobre todo, a partir de los sistemas flexibles de manufactura.

Dentro de las ciencias computacionales, cuyas fronteras son actualmente muy dinámicas, la Inteligencia Artificial y, en particular, los Sistemas Expertos, representan áreas con un gran potencial de aplicación para la resolución de problemas en los que la experiencia humana desempeña un papel importante y cuya solución algorítmica o no existe, o es inadecuada.

Por otro lado, la toma de decisiones en ingeniería se suele realizar a través de una combinación de:

- A) Teorías científicas y técnicas analíticas,
- B) Métodos experimentales,
- C) Experiencia, juicio y sentido común.

Esto obedece a varios factores entre los que cabe mencionar:

- a) La escasez de información específica sobre los sistemas físicos,
- b) La incertidumbre de la información disponible sobre los mismos,
- c) La gran diversidad de fenómenos y variables que intervienen en el comportamiento de esos mismos sistemas,
- d) La presentación de situaciones y condiciones imprevistas en el campo,
- e) La complejidad de los problemas abordados en la ingeniería,
- f) La existencia de teorías fundamentadas en criterios y condiciones de aplicación muy específicos.

Los problemas cuya solución depende de reglas empíricas asimiladas por un experto a lo largo de su experiencia son bastante comunes en la ingeniería, tanto en lo que se refiere a los procesos de análisis, diseño y de fabricación o de construcción, como en lo relacionado a la planeación, gestión y toma de decisiones.

Ahora bien, dada la insuficiencia de expertos de alta calificación en ingeniería y su inadecuada distribución en el país, así como el alto costo de la transferencia de conocimiento y de capacitación, una manera de perfeccionar la disponibilidad de conocimiento en el campo para mejorar esta toma de decisiones, sería la de incorporar el conocimiento de los expertos en una base de conocimientos computarizada, y a partir de la cual se pudiera recuperar este conocimiento en forma selectiva, de acuerdo con las necesidades de las empresas consultantes.

que
mas
muy
tos,
de
ante
de

Esta forma de capturar el conocimiento de uno o varios expertos y de hacerlo disponible cuando se necesita, a través de una computadora, es lo que se conoce con el nombre de Sistema Experto. Un Sistema Experto es entonces un paquete de computación, construido en forma modular, con una base de conocimientos, que es donde se plasma la información de los expertos, un módulo de inferencias que deriva conclusiones útiles a partir de la base de conocimientos y un sistema de interfases con el usuario, para que éste pueda manejar e interrogar al sistema en forma fácil, útil y amena.

Por otro lado, existe en el país una gran escasez de técnicos calificados y la necesidad de descentralizar y redistribuir la planta productiva. Esta problemática sólo puede resolverse en la medida en que el acervo de conocimientos técnicos y la pericia de los expertos disponibles puedan hacerse accesibles en las regiones donde surgen y se dan los problemas. Por eso creemos que los Sistemas Expertos constituyen una solución a nivel tecnológico que puede ser de incalculable valor en la situación actual de México, al hacer accesibles dichos conocimientos a una gran cantidad de usuarios y a un costo promedio por usuario muy bajo.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos son programas de computadora en los que, a diferencia de los programas tradicionales, no se ha vertido una solución dada a un problema, sino el conjunto de conocimientos y reglas de operación de un experto humano, en torno a un problema específico, que le permiten al programa, a semejanza del experto humano, buscar la mejor solución, entre un gran número de posibilidades, atendiendo a la naturaleza del problema y a la situación contextual en el que éste se da. Además, los Sistemas Expertos tienen incorporadas facilidades de explicación de cómo llegaron a determinada solución y, en ciertos casos, mecanismos para aprender de la experiencia.

Las ventajas del uso de Sistemas Expertos son:

- a) Autonomía. Una vez que el Sistema Experto ha sido diseñado y completado, se hace autónomo, es decir, independiente de la presencia física del especialista;
- b) Reproducibilidad. El sistema experto en sí y el conocimiento que abarca son reproducibles a voluntad de su autor. Esto implica que, en caso de ser necesario, el producto puede reproducirse para dar servicio a miles de usuarios. Por otro lado, en contraposición con la lentitud del proceso de

formación de mentores especialistas, la reproducción de un Sistema Experto es del orden de unos minutos solamente;

- c) Bajo costo de adquisición y operación. En tanto que disponer permanentemente de un experto supone altos costos, un sistema experto requiere únicamente pagar por su diseño y construcción. Este costo después se distribuye entre todos los usuarios del sistema, por lo que el costo por copia es muy reducido;
- d) Facilidad de distribución. Por la naturaleza del sistema, pueden cubrirse necesidades en localizaciones geográficas muy dispersas y bajo condiciones de trabajo difíciles;
- e) Mínimos requerimientos de hardware. Los requerimientos de hardware se limitan a una computadora PC compatible con memoria RAM de 640K, que es el tipo de más amplio uso en las empresas;
- f) Flexibilidad para modificaciones y expansión. El sistema experto puede ser actualizado en el contenido de información -con fines de ampliación o profundización- con sólo acceder a sus archivos de texto, ya que éstos no forman parte integrante de las bases de conocimiento.

ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

La arquitectura de un Sistema Experto consta de cinco bloques funcionales:

1. La base de conocimientos, que guarda el conocimiento del Sistema Experto. Este conocimiento está expresado en una serie de hechos conocidos, plasmados en una base de hechos y en un conjunto de relaciones cognoscitivas que configuran una base de relaciones;
2. La máquina de inferencia que, con base en el conocimiento almacenado en la base de conocimientos, infiere nuevos hechos y relaciones que amplían el conocimiento y resuelven el problema planteado, si éste es soluble en este entorno;
3. El sistema de adquisición de conocimientos, que sirve para transferir el conocimiento de uno o varios expertos a la base de conocimientos;
4. La interfaz del usuario, que permite la comunicación entre el usuario y el Sistema Experto;
5. La interfaz explicativa, que permite cuestionar al Sistema Experto para que explique cómo obtuvo sus conclusiones o por qué es que hace determinadas preguntas al usuario.

ALGUNOS SISTEMAS EXPERTOS PARA LA INGENIERIA

A continuación se detallan algunos de los Sistemas Expertos desarrollados para aplicaciones de Ingeniería en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

A) SEILUM.

SISTEMA EXPERTO PARA ILUMINACION INDUSTRIAL

El Sistema Experto desarrollado cumple los siguientes objetivos:

- a) Asesorar y apoyar el ahorro y uso eficiente de la energía en iluminación industrial,
- b) Identificar las mejoras y los probables ahorros de energía eléctrica en las instalaciones de iluminación industrial,
- c) Evaluar técnica y económicamente las mejoras, detallando las modificaciones y sustituciones de equipos e instalaciones,
- d) Recomendar la ejecución de las medidas más apropiadas técnica y económicamente.

Este Sistema Experto es aplicable tanto para evaluar instalaciones de iluminación existentes (mejoras puntuales o específicas), como en el diseño de instalaciones de iluminación nuevas (mejora total de la instalación), y puede ser usado por un usuario no necesariamente especializado en el diseño de sistemas de iluminación industrial.

Las funciones que realiza el Sistema Experto están agrupadas en 5 módulos o áreas de conocimiento.

Módulo 1: Análisis del servicio de alumbrado. A través de este módulo, el Sistema Experto determina el nivel de iluminación actual y evalúa si está de acuerdo con el nivel recomendado. Así también, evalúa el consumo de energía, la potencia instalada, las exigencias ambientales y problemas de deslumbramiento, recomendando al final posibles modificaciones.

Módulo 2: Análisis de la utilización del alumbrado. Este módulo permite realizar un análisis de cómo se utiliza la instalación de alumbrado en el tiempo y en el espacio; así como si su uso se armoniza con la disponibilidad de luz natural. Además, permite efectuar un diagnóstico de la adecuación de la utilización del alumbrado a las exigencias reales y, en su caso, estudia medidas correctoras que pueden limitarse a motivar a los responsables de las

instalaciones o a los usuarios para que racionalicen su uso, o también recomendar modificaciones en la instalación actual.

Módulo 3: Análisis de la conservación del alumbrado. Con este módulo el usuario puede analizar cómo se conservan los equipos de alumbrado, obteniendo recomendaciones de los métodos y programas de conservación (mantenimiento) que deben adoptarse.

Módulo 4: Análisis del equipo de alumbrado. Este módulo permite realizar un análisis de la instalación actual para determinar aquellos equipos que influyen negativamente en el balance energético del alumbrado o en su economicidad, diagnosticar la posibilidad de reemplazamientos, modificaciones, etc. También analiza si la instalación permite una operación racional identificando medidas correctoras que puedan implantarse.

Módulo 5: Análisis de la rentabilidad. Por medio de este módulo se efectúa un análisis económico de las medidas propuestas en los módulos anteriores y se seleccionan las medidas más apropiadas técnica y económicamente.

Puesto que todos los módulos requieren de información adicional a la que brinda el usuario, el Sistema Experto se comunica con bases de datos según necesidades específicas. En el sistema se manejan dos tipos de archivos externos: bases de datos, creadas en Lotus 123 y programas externos elaborados en lenguaje BASIC. Estos archivos se refieren a:

- Niveles de iluminación recomendados para diferentes industrias y características técnicas de equipos de alumbrado.
- Programas para calcular la rentabilidad de las medidas.

El conocimiento incorporado en el Sistema Experto se ha obtenido mediante consulta a una amplia bibliografía, diversos manuales técnicos y documentación facilitada por los fabricantes de equipos de iluminación.

Para el manejo y ejecución de las reglas que conforman los diferentes módulos de la base de conocimientos, se empleó el paquete EXSYS Profesional (1988), cuya máquina de inferencia utiliza reglas de producción con encadenamiento hacia atrás y hacia adelante, para confeccionar las soluciones finales que son presentadas al usuario. Este paquete se eligió por su rapidez de ejecución, facilidad para interactuar con bases de datos (dbase III), hojas de cálculo (Lotus 1-2-3), paquetes gráficos y programas externos, manejo de funciones matemáticas, explicación de la solución final de varias formas, análisis de sensibilidad, etc.

La Base de Conocimientos del sistema completo se debe conformar de aproximadamente 250 reglas de producción, con 20 bases de datos y 4 programas externos. También se elaborarán las diversas pantallas de ayuda, a fin de que se cumplan los objetivos de fácil y amena interacción entre sistema y usuario.

B) CALDERA1.

SISTEMA EXPERTO PARA AHORRO ENERGETICO EN CALDERAS

El rendimiento de una caldera se define como la relación entre la energía útil y la energía suministrada. Un método para determinar el rendimiento es evaluar las pérdidas que tiene y deducirlas de la energía aportada.

En términos generales, una buena parte de la contribución a un rendimiento adecuado de una caldera está en su diseño y en la compatibilidad de la caldera con su quemador. Sin embargo, el usuario aún mantiene una considerable influencia sobre el rendimiento que finalmente se obtenga, especialmente si tienen en cuenta tres aspectos fundamentales:

- Llevar a cabo la combustión eficientemente,
- Procurar que la demanda sea lo más estable posible,
- Que la potencia máxima de fuego se aproxime lo más posible a la demanda máxima de calor, para que así tenga períodos de funcionamiento prolongados en lugar de encendidos y cortes frecuentes,
- Dar un mantenimiento adecuado a las instalaciones.

Cuando una caldera no tiene el mantenimiento adecuado o se está operando en forma incorrecta, presenta síntomas que advierten sobre su mal funcionamiento y permiten diagnosticar el origen del problema. Estos síntomas se agrupan en diez clases:

- a) Presencia de humo oscuro en la chimenea.
- b) Alteraciones en la intensidad de la flama o en su color
- c) Presencia de ruidos de ebullición en la caldera
- d) Daños de corrosión u oxidación excesivas en la chimenea
- e) Escapes de vapor
- f) Fugas de agua
- g) Exceso de purgas
- h) Reducción en la producción de vapor
- i) Temperatura creciente de humos
- j) Rendimiento de la caldera menor al nominal.

El árbol de prescripciones contiene los tipos de fallas y de soluciones asociadas que puede presentar una caldera. Se caracterizan seis tipos de falla:

- A) Combustión defectuosa
- B) Problemas del agua de alimentación
- C) Mala conducción del calor
- D) Escapes de calor por radiación
- E) Escapes de vapor,
- F) Fallas complejas cuya detección requiere un análisis de las pérdidas.

Para la construcción de CALDERA1, se decidió utilizar también el Shell Knowledge Pro. Esta decisión se basó en los siguientes factores: facilidad de programación, capacidad de ser utilizado en computadoras IBM-PC XT o compatibles, capacidad suficiente para manejar la información que requiere el sistema experto y capacidad de manejar hipertextos.

El tipo de inferencias utilizado en el Sistema Experto es el de inferencia hacia adelante o forward chaining, ya que a partir de ciertos hechos (en este caso los síntomas observados) se llega a un destino que en este caso es el tipo de falla y su solución.

C) CALIDAD1. SISTEMA EXPERTO ASESOR EN LA ELECCION DE GRAFICAS DE CONTROL

El objetivo del Sistema Experto Calidad1 fue el de asesorar en la elección de la gráfica de control apropiada a cada proceso de producción, sin requerir para ello de personal con conocimientos especializados en control de calidad o en procesos de producción.

Calidad1 es capaz de encontrar el tipo de gráfica de control adecuada, a partir de preguntas relativamente sencillas que pudiera responder cualquier persona familiarizada con el proceso de producción y sin requerir de conocimientos especializados en control de calidad o en procesos de producción.

El sistema maneja las siguientes gráficas:

- Gráfica de la media y el rango
- Gráfica de la media y la desviación estándar
- Gráfica de la media y rangos móviles
- Gráfica de sumas acumuladas (cusum)

- Gráfica p
- Gráfica np
- Gráfica c
- Gráfica u

Calidad I explica conceptos que pudieran no entenderse tanto en las preguntas como en los textos que en general aparezcan en el sistema. Estas explicaciones y aclaraciones se hacen mediante hipertextos. Estos hipertextos contienen desde conceptos básicos (como qué se entiende por calidad o qué es una gráfica de control) hasta explicación de las características de cada uno de los tipos de gráfica de control y las fórmulas necesarias para obtener los límites de control de estas gráficas. La interfaz explicativa también contiene información sobre los valores de las constantes de las distintas fórmulas estadísticas y sobre las características de los diferentes factores de muestreo (frecuencia, tamaño).

La creación de la base de conocimiento se hizo a través de un árbol de decisiones. En este árbol se relacionaron por medio de reglas de inferencia (implícitas en el árbol) diferentes hechos, que en este caso son las características del proceso a diagnosticar, con las características de las diferentes gráficas de control. En el árbol, las gráficas de control se encuentran clasificadas por medio de frames (Experteach, 1988). De esta manera, al contestar cada una de las preguntas que aparecen en el sistema (e ir definiendo de este modo hechos), se van definiendo (por medio de las reglas de inferencia) nuevas características o slots y se va avanzando así, de padres a hijos dentro del frame hasta llegar a un tipo de gráfica de control particular.

El tipo de inferencias utilizado en el sistema experto es el de inferencia hacia adelante o forward chaining, ya que a partir de ciertos hechos (en este caso las características del proceso de producción), se llega a un destino que no está previamente definido (que en este caso es el tipo de gráfica de control a utilizar).

En el sistema se manejan tres tipos de archivos externos a Knowledge Pro,

- archivos de texto utilizados en los hipertextos, creados a partir de Volkswriter,
- una base de datos en la que se encuentran guardadas las constantes utilizadas en las fórmulas estadísticas para los diferentes tamaños de muestra y
- archivos gráficos creados desde Paintbrush y utilizados como soporte a los hipertextos.

D) SEGEO.

**SISTEMA EXPERTO ASESOR EN LA EXPLOTACION
GEOMETRICA EN EL VALLE DE MEXICO**

El objetivo principal de SEGEO es servir como asesor en la programación de la exploración geotécnica necesaria para la construcción de cimentaciones en el DF, atendiendo a los requisitos del Reglamento de Construcciones y al conocimiento experto acumulado en la práctica; además, se prevé que en etapas subsecuentes, éste pueda interactuar con otras bases de conocimiento relacionadas con las restantes etapas de los estudios geotécnicos.

El sistema consta de dos bases de conocimiento. La primera (KB1) contiene información relativa a cada una de las tres zonas geotécnicas en que se ha dividido el Distrito Federal, y la segunda contiene el conocimiento y los procesos de inferencia necesarios para definir el programa de exploración geotécnica (KB2).

El sistema interacciona con el usuario a partir de una serie de preguntas que el sistema formula (algunas veces ayudado con gráficas para ilustrar el concepto o dato que se pide), referentes a la zona en la que se encuentra el predio en estudio (KB1), las características de la estructura y las peculiaridades del predio (KB2).

El Sistema Experto explica conceptos o preguntas en los que hubiese dudas o que fuese necesario proporcionar información adicional. Estas explicaciones y aclaraciones se dan mediante hipertextos y gráficas adicionales que contienen información que va desde conceptos básicos (peso medio, cimentaciones superficiales, zona de lago, zona de lomas), hasta descripciones detalladas de algunos procesos (fotointerpretación, recorrido de campo) y gráficas (perfiles estratigráficos, sondeos de cono).

La base de conocimiento KB1, encargada de definir la zona y las características geotécnicas del predio en estudio, se formó a través de un modelo de árbol de decisiones. En este modelo se relacionan por medio de reglas de inferencia diferentes hechos, en este caso, las características de ubicación en el mapa de la zonificación geotécnica del Valle de México (Manual de diseño geotécnico, COVITUR) y las características superficiales del predio en estudio con el fin de definir sus propiedades geotécnicas preliminares y el grado de certeza, las cuales son utilizados por la base de conocimiento KB2. Es importante señalar que esta estructura, por su sencillez, permite incorporar nuevos procedimientos en esta base para futuras versiones.

En forma similar la base de conocimiento para la programación de la exploración KB2 se basó en un árbol de decisiones cuyas puntas representan cada uno de los métodos definidos. Las reglas de inferencia implícitas en este árbol se obtuvieron del Manual de Diseño Geotécnico de COVITUR (Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del D.D.F.), del Reglamento de Construcciones, de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones del DDF y de ingenieros con experiencia.

Esta base trabaja a partir de una serie de procesos de inferencia que permiten seleccionar la técnica de exploración más adecuada a las condiciones de la estructura y del predio (definidas en la base de conocimiento I) y en preguntas que el sistema realiza en esta segunda base. Para definir la herramienta de exploración, el sistema revisa las restricciones de los posibles equipos que pueden ser empleados de acuerdo a las condiciones del terreno, reteniendo sólo aquellos que rebasen un cierto valor de aceptabilidad previamente definido. Finalmente, y con toda esta información, el sistema recomienda el tipo y número de sondeos necesarios.

El tipo de inferencia utilizado en el sistema es mixta, es decir forward y backward chaining. Backward chaining se utilizó para seleccionar la metas del conjunto de alternativas existentes, en KB1, ZONAS GEOTECNICAS y en KB2, TIPOS DE EXPLORACION. Forward Chaining (encadenamiento hacia adelante) se utilizó para arribar a las conclusiones una vez definida una meta.

Actualmente el sistema se encuentra en su fase de prototipo operacional. En él se han incorporado los elementos definidos en los árboles de decisiones. La estructura del sistema definida es lo suficientemente flexible para permitir incorporar en futuras versiones otras restricciones relativas a las características de las diferentes alternativas de los equipos de exploración e incluso nuevos métodos o equipos; así como para incorporar nuevas fuentes de conocimiento.

Una ayuda que se presenta bastante atractiva para el desarrollo del sistema es la incorporación de la base de datos CATSON; que es una base de datos desarrollada en la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS), relativa a la información de sondeos realizados en el Valle de México. Esto proporcionaría información más localizada y confiable respecto a las probables condiciones geotécnicas por enfrentar en la realización de los estudios y en las posteriores interpretaciones de las condiciones locales.

SE GEO está programado en Level 5 Object, que es un shell de Sistemas Expertos que trabaja en ambiente Windows 3.0. La implantación de este sistema requiere sólo una computadora personal compatible AT y el paquete Windows.

CONCLUSIONES

En síntesis, la Inteligencia Artificial representa un área con un desarrollo relativamente incipiente en nuestro país, lo cual no es congruente con sus necesidades y prioridades. Por otro lado, los Sistemas Expertos representan una disciplina tecnológica que permite resolver de manera eficiente muchos de los problemas abordados de manera poco eficiente en la ingeniería. La situación descrita justifica, entonces, todo esfuerzo por realizar investigación relacionada con la aplicación de la Inteligencia Artificial, particularmente los Sistemas Expertos, para la resolución de problemas relacionados con la ingeniería en general, especialmente la ingeniería civil y la ingeniería industrial y de manufactura.

En el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Coordinación de Sistemas está actualmente desarrollando aplicaciones de los Sistemas Expertos a la ingeniería, con la intención de difundir el avance de esta rama del conocimiento entre los investigadores y profesionales y elaborar, con ayuda de investigadores de otras Coordinaciones del Instituto y la División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, sistemas expertos como prototipos de demostración en diversas áreas, para poder lograr en el país niveles de excelencia a este respecto, comparables a los de las naciones más desarrolladas.

BIBLIOGRAFIA

LARA, F. y RODRIGUEZ, L. "Utilización de Sistemas Expertos para racionalizar el uso de la energía en la pequeña y mediana industria." Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM. México. 1990.

LARA, F. "Utilización de Sistemas Expertos en la Geotecnia." Memorias XV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, noviembre 1990, San Luis Potosí, México.

LARA, F. y GARCIA, F. "Sistema Experto asesor para la elección de gráficas de control de calidad en la industria." Memorias XVII Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, octubre 1991, Monterrey, México. pp. 125-129.

LARA, F. y GELMAN, G. "Métodos y modelos de la Ingeniería del Conocimiento para Sistemas Expertos." Instituto de Ingeniería, UNAM, 1989, 35 pp.

LARA, F. y RODRIGUEZ, L. "Aplicación de los Sistemas Expertos para el diagnóstico de calderas en la pequeña y mediana industria." Instituto de Ingeniería, UNAM, 1991, 20 pp.

LARA, F. y KEMPER, N. "Aplicación de Sistemas Expertos al ahorro energético para la iluminación en la pequeña y mediana industria". Instituto de Ingeniería, UNAM, 1992, 211 pp.

LARA, F., GUTIERREZ, E. y OVANDO, E. "Aplicación de Sistemas Expertos a la exploración geotécnica." Instituto de Ingeniería, UNAM, 1992, 103 pp.