

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
E INFORMÁTICA**



“Sistema Experto para la gestión de una Red”.

INFORME DE TRABAJO PRÁCTICO DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
MACHUCA MIRANDA CRISTHIAN PAOLO**

IQUITOS – PERÚ

2016

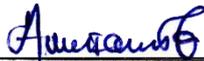
MIEMBROS DEL JURADO EXAMINADOR:



ING. JOSÉ EDGAR GARCÍA DÍAZ
Presidente



ING. ALEJANDRO REATEGUI PEZO
Primer Miembro



LIC. ADM. ÁNGEL ILDEFONSO CATASHUNGA TORRES
Segundo Miembro



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA



ACTA DE EXAMEN ORAL DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 19:30 horas del día 27 de Octubre del 2016, en las instalaciones del Auditorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, el Jurado Examinador, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente : Ing. José Edgar García Díaz
Primer Miembro : Ing. Alejandro Reátegui Pezo
Segundo Miembro : Lic. Adm. Ángel Ildefonso Catashunga Torres

Posteriormente se procedió al acto académico del examen oral de suficiencia profesional del bachiller: **CRISTHIAN PAOLO MACHUCA MIRANDA**, quien sustentó el tema; "Sistema Experto para el Diagnostico de una Red".

CRISTHIAN PAOLO MACHUCA MIRANDA

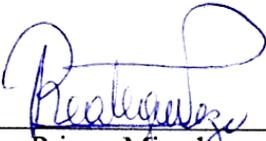
Se procedió al cálculo de la Calificación y Condición Final, obteniéndose el siguiente resultado:

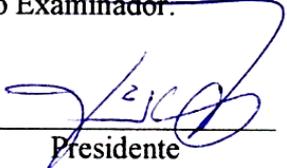
	Calificaciones	
	En número	En letras
Promedio de la Calificación Final de las Asignaturas.	<u>15.00</u>	<u>Quince y 00/100</u>
Calificación de la Sustentación del Informe Final.	<u>14.40</u>	<u>Catorce y 40/100</u>
Calificación Final	<u>14.70</u>	<u>Catorce y 70/100</u>

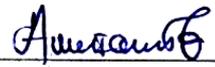
Se desprende que la Condición Final del Bachiller es (marcar el que corresponde):

- Aprobado con excelencia (18 a 20 puntos).
- Aprobado por unanimidad (15 a 17.9 puntos).
- Aprobado por mayoría (12 a 14.9 puntos).
- Desaprobado (Menos de 12 puntos).

Siendo las 20:30 horas del mismo día, se da por concluido el acto, firmando en conformidad los miembros del Jurado Examinador.


Primer Miembro


Presidente


Segundo Miembro

DEDICATORIA:

*A mi querida madre Miluska Miranda
Sanchez, mi padre Tito Machuca
Pinedo, que me apoyaron e hicieron
posible realizarme en mi formación
educativa y profesional.*

RESUMEN:

Con los grandes avances tecnológicos que vinieron dándose a lo largo de la historia, la información hoy en día es tan importante en todas las organizaciones y las redes de telecomunicaciones, permiten compartir información y recursos entre todos los usuarios, por ello muchas organizaciones optan por desarrollar un software sistema experto que proporcionar equivalentes resultados de un especialista, a la hora de gestionar una red compleja.

El presente trabajo es la recolección y análisis de varias bases teóricas de distintas fuente, donde se expone de manera introductoria el análisis actual de las redes de comunicaciones y su relación con un sistema experto, los orígenes y antecedentes de los Sistemas Expertos, su definición, características principales y su vinculación con la inteligencia artificial. Asimismo, también se describe brevemente cuales son los componentes de un sistema experto y que función cumple cada una de ellas, cuales es su clasificación y hace mención de las etapas para el desarrollo de un sistema experto. Finalmente, se completa el trabajo con un breve análisis de la aplicación de los Sistema Experto a la gestión de redes de telecomunicación describiendo las distintas áreas de gestión de telecomunicaciones en la que se puede desenvolver un sistema experto, las ventajas, limitaciones y consideraciones a tener en cuenta a la hora de desarrollar un sistema experto para la gestión de una red.

Palabras Clave: sistema experto, inteligencia artificial, gestión de redes, consideraciones.

ÍNDICE

I.	JUSTIFICACIÓN	7
II.	OBJETIVOS.....	8
III.	DESARROLLO DEL TEMA:	9
3.1.	Introducción:	9
3.2.	Orígenes y antecedentes de sistemas expertos:.....	10
3.3.	Definiciones:.....	13
3.3.1.	Sistema Experto:.....	13
3.3.2.	Red de Telecomunicación:.....	14
3.4.	Componentes de un Sistema Experto:.....	15
3.4.1.	La Componente Humana.....	15
3.4.2.	La Base de Conocimiento.....	16
3.4.3.	Subsistema de Adquisición de Conocimiento	17
3.4.4.	Control de la Coherencia	17
3.4.5.	El Motor de Inferencia.....	17
3.4.6.	El Subsistema de Adquisición de Conocimiento.....	18
3.4.7.	Interface de Usuario.....	18
3.4.8.	El Subsistema de Ejecución de Órdenes.....	19
3.4.9.	El Subsistema de Explicación	19
3.4.10.	El Subsistema de Aprendizaje.....	19
3.5.	Tipos de sistemas expertos:.....	21
3.5.1.	Por la forma de almacenar el conocimiento:	21
3.5.2.	Por la naturaleza de la tarea a realizar.....	22
3.5.3.	Por la interacción con el usuario:	22
3.5.4.	Por la limitación de tiempo para tomar decisiones:	23
3.5.5.	Por la variabilidad temporal del conocimiento:	23
3.5.6.	Por la naturaleza del conocimiento almacenado:	23
3.5.7.	Por la certeza de la información:.....	23
3.6.	Etapas en el desarrollo de un sistema experto:.....	24
3.6.1.	Planteamiento del problema.....	24
3.6.2.	Encontrar expertos humanos que puedan resolver el problema.....	24
3.6.3.	Diseño de un sistema experto.....	25
3.6.4.	Elección de la herramienta de desarrollo, shell o lenguaje de programación.....	25

3.6.5.	Desarrollo y prueba de un prototipo.....	25
3.6.6.	Refinamiento y generalización.....	25
3.6.7.	Mantenimiento y puesta al día.....	25
3.7.	La aplicación de los Sistema Experto a la gestión de redes de telecomunicación:.....	26
3.7.1.1.	Ventajas:	27
3.7.1.2.	Inconvenientes y limitaciones:.....	29
3.7.4.1.	Requerimientos de desarrollo	33
3.7.4.2.	Aproximaciones basadas en técnicas de Inteligencia Artificial.....	33
3.7.4.3.	Modo de operación.....	33
3.7.4.4.	La influencia del tamaño y la topología de la red	34
3.7.4.5.	Sistemas en Tiempo Real	35
IV.	CONCLUSIÓN.....	37
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Comparación entre sistemas basados en reglas y sistemas basados en probabilidad	21
Tabla N° 02: Ventajas e inconvenientes de los sistemas basados en reglas y basados en probabilidad	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Componentes típicos de un sistema experto.....	15
Figura N° 02: Etapas en el desarrollo de un sistema experto.....	24
Figura N° 03: Aplicación de Sistemas Expertos en las distintas áreas de gestión.....	31
Figura N° 03: Ejemplos aplicación de Sistemas Expertos en las distintas áreas de gestión..	32

I. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad ante el aumento exponencial de requerimientos en los usuarios, que demandan mayor capacidad de procesamiento, almacenamiento, transporte, y tamaño en interconectividad a las redes de comunicación, exigen a las empresas analizar y gestionar una gran diversidad de información,

Por tal motivo el presente trabajo pretende dar a conocer los beneficios que originan el desarrollo de un Sistemas Expertos como herramientas de soporte para la gestión y toma de decisiones, que son diseñados para facilitar tareas en múltiples campos de la gestión y proporcionar equivalentes resultados de un especialista, emulando la capacidad humana de tomar decisiones de acuerdo a las condiciones del contexto.

II. OBJETIVOS

General

Elaborar la base teórica para el desarrollo de un sistema experto para la gestión de una red de telecomunicaciones.

Específico:

- ✓ Describir detalladamente cuales son los componentes de un sistema experto y que función cumple cada una de ellas.

- ✓ Identificar las distintas áreas de telecomunicaciones en la que se puede desenvolver un sistema experto.

- ✓ Describir cuales son las ventajas e inconvenientes en la implementación de un sistema experto en la gestión de las redes de telecomunicación.

III. DESARROLLO DEL TEMA:

3.1. Introducción:

Los avances tecnológicos que vinieron dándose a lo largo de la historia, crecieron exponencialmente con el desarrollo de ordenadores y de satélites de comunicación que dieron inicio a la “era de la información”.

A medida que se avanza hacia el siglo XXI, se está produciendo una integración entre los distintos medios de comunicación, en paralelo al crecimiento de la demanda de sistemas de procesamiento de la información cada vez más sofisticados. Como consecuencia de lo anterior surge el concepto de Red de Telecomunicaciones, que permite la transferencia de grandes cantidades de información a través de la integración de distintos soportes físicos y computacionales.

Estas redes que vienen sufriendo un aumento exponencial de requerimientos, conforme demanden mayor capacidad de procesamiento, almacenamiento, transporte, y tamaño en interconectividad crecerán en exigencias y dificultades para su gestión.

Paralelamente, en los últimos años con los avances tecnológicos en la elaboración de circuitos de microprocesadores y el inusitado auge de la informática, ha comenzado a resultar viable la elaboración de Sistemas Expertos a la hora de gestionar entornos complejos. Por ejemplo, un Sistema experto para el diagnóstico de una red.

3.2. Orígenes y antecedentes de sistemas expertos:

No hace mucho tiempo, se creía que las máquinas eran incapaces de resolver problemas altamente complejos de tipo determinista o estocástico, dado que su formulación y resolución requieren ciertas habilidades que sólo se encuentran en los seres humanos (por ejemplo, la habilidad de pensar, observar, memorizar, aprender, ver, oler, etc.). Sin embargo, los avances en la inteligencia artificial alcanzados progresivamente en las tres últimas décadas para el desarrollo de sistemas expertos, muestra que muchos de estos problemas pueden ser formulados y resueltos por máquinas.

Los Sistemas Expertos (SE) fueron desarrollados por la comunidad de Inteligencia Artificial (IA) a mediados de los años '60. En este periodo de investigación de IA se creía que algunas pocas reglas de razonamiento sumadas a computadoras poderosas podían producir un experto o rendimiento superhumano.

Un intento en esta dirección fue el General-purpose Problem Solver (GPS), Solucionador de problemas de propósito general, fue un precursor de los SE (Newell, 1958). Esta tecnología define los pasos necesarios para cambiar un estado inicial dado a una meta deseada. Al igual que otros programas similares, el GPS no cumplió con las expectativas de sus creadores, pero dejaron importantes beneficios.

Los siguientes son Sistemas Expertos que fueron clave para el éxito en el avance significativo en el campo:

- a. **DENDRAL:** *Primer Sistema Experto en ser utilizado para propósitos reales, al margen de la investigación computacional, facilitaba enormemente la inferencia de estructuras moleculares (Turban, 1995).*

El cambio de los programas de propósito general a propósito específico se dio con el desarrollo de DENDRAL. En este punto los investigadores

reconocieron que los mecanismos de resolución de problemas eran sólo una porción de un sistema inteligente completo. La construcción de DENDRAL llevó a los científicos a las siguientes conclusiones:

- ✓ La complejidad de los problemas requieren una cantidad considerable de conocimiento sobre el área del problema.
- ✓ Los solucionadores de problemas generales eran muy débiles para ser utilizados como base para construir SE de alto rendimiento.
- ✓ Los expertos humanos son buenos sólo cuando actúan en un dominio muy acotado.
- ✓ Los SE necesitan ser actualizados constantemente con nueva información.

b. MYCIN: *Es un SE para la realización de diagnósticos en el campo de las enfermedades infecciosas de la sangre, iniciado por Ed Feigenbaum y posteriormente desarrollado por E. Shortliffe. (Nebendahl, 1991).*

c. CADUCEUS: *Fue un Sistema Experto médico programado para realizar diagnósticos en medicina interna. Fue completado a mediados de la década de 1980, pretendía mejorar el MYCIN (Nebendahl, 1991).*

d. XCON: *El programa R1 (luego llamado XCON, por Configurador Experto) era un sistema de producción basado en reglas escrito en OPS5 por John P. McDermott de CMU (1978) con el propósito de asistir a los pedidos de los sistemas de computadores VAX de DEC (Digital Equipment Corporation) (Nebendahl, 1991).*

Hacia los años 80, comienza a surgir la industria de los Sistemas Expertos (Waltz, 1997). Se buscaba lograr generar un sistema capaz de reproducir la actividad de un experto humano en tópicos específicos siendo de gran dificultad la manipulación de la gran cantidad de información necesaria hasta el advenimiento de las técnicas de minería de datos hacia los años 90.

Tiempo después, con la incorporación de nuevas tecnologías y metodologías como el aprendizaje automático con refinamiento y sistemas basados en sentido común, surge una nueva generación de SE, mucho más fáciles de mantener, desarrollar y flexibles.

Actualmente con el avance de la informática, los desarrolladores disponen de métodos sofisticados de razonamiento, manejo de errores, incerteza, incompletitud y fallas. Los nuevos SE, son mucho más robustos y apropiados para el diagnóstico y planificación. Han surgido también tecnologías híbridas capaces de combinar las representaciones simbólicas del conocimiento con otras tecnologías más flexibles y cercanas al comportamiento humano. También se han ido incorporando técnicas de las bases de datos, aprendizaje inteligente y estadísticas.

Los Sistemas Expertos es una de las áreas de la inteligencia artificial ampliamente utilizada en la actualidad, pero así mismo tienen un gran potencial para seguir siendo investigadas.

En el desarrollo de este trabajo se intentará introducir al lector en la temática, de un sistema experto para el diagnóstico de una red. (2)

3.3. Definiciones:

A lo largo de la introducción se expuso el problema de la Gestión de Redes de Telecomunicaciones, destacándose el hecho de la inherente complejidad con el aumento de los requerimientos de los usuarios que han condicionado la aparición de estas redes de telecomunicaciones cada vez más complejas y difíciles de gestionar.

Un Sistema experto es una herramienta propuesta en la actualidad para la diagnóstico de Averías en Redes de Telecomunicaciones. Para ello se comenzará introduciendo el concepto de Sistema Experto en el marco de Inteligencia Artificial, con una breve mención del concepto de redes de telecomunicación.

3.3.1. Sistema Experto:

Los Sistemas Expertos (SE) pueden ser considerados como un subconjunto de la IA (Rossini, 2000).

El término inteligencia artificial (IA) se refiere a la capacidad de emular las funciones inteligentes del cerebro humano. El empleo de la IA es variada y actualmente se utiliza principalmente en áreas de informática y la robótica. (3)

Para definir lo que es un Sistema Experto es preciso centrarse en su contrapartida humana. Cualquier experto tiene dos importantes características en común:

- ✓ Un amplio conocimiento en un campo específico.
- ✓ Unas estrategias efectivas para enfrentarse a los problemas, consistentes en una mezcla de reglas deductivas, intuiciones, "sentido común" y experiencia.(4)

Entonces:

"Un SE es un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para su solución" (feigenbaum 1982). Es decir, un sistema experto es un sistema de cómputo que emula la habilidad de tomar decisiones de un especialista humano.

3.3.2. Red de Telecomunicación:

Es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí, que permite a un usuario hacer llegar a uno o varios usuarios determinados (ej. telefonía) o eventuales (ej. radio, televisión), información de cualquier naturaleza (documento escrito, impreso, imagen fija o en movimiento, videos, voz, música, señales Visibles, señales audibles, señales de mandos mecánicos, etc.), empleando para dicho procedimiento, cualquier sistema electromagnético para su transmisión y/o recepción (transmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, optica, o una combinacion de estos diversos sistemas). (5)

3.4. Componentes de un Sistema Experto:

Los componentes típicos de un sistema experto se muestran esquemáticamente en la **figura 01** y se explica seguidamente:

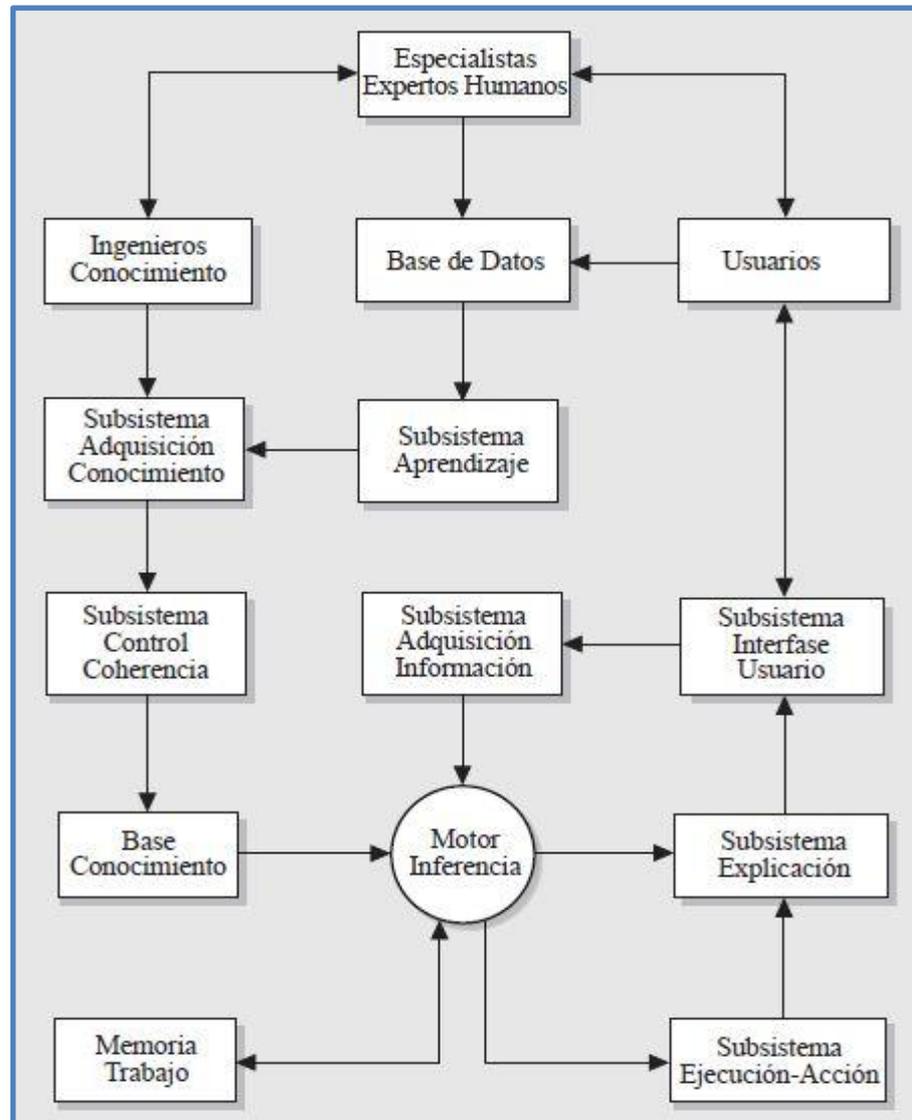


Figura N° 01. Componentes típicos de un sistema experto.

(Las flechas representa el flujo de la información.)

Fuente: Libro: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas.*(2)

3.4.1. La Componente Humana.

Un sistema experto es generalmente el resultado de la colaboración de uno o varios expertos humanos especialistas en el tema de estudio y los ingenieros del conocimiento, con los usuarios en mente.

Los expertos humanos suministran el conocimiento básico en el tema de interés, y los ingenieros del conocimiento trasladan este conocimiento a un lenguaje, que el sistema experto pueda entender. La colaboración de los expertos humanos, los ingenieros del conocimiento y los usuarios es, quizás, el elemento más importante en el desarrollo de un sistema experto. Esta etapa requiere una enorme dedicación y un gran esfuerzo debido a los diferentes lenguajes que hablan las distintas partes y a las diferentes experiencias que tienen.

3.4.2. La Base de Conocimiento

Los especialistas son responsables de suministrar a los ingenieros del conocimiento una base de conocimiento ordenada y estructurada, y un conjunto de relaciones bien definidas y explicadas. Esta forma estructurada de pensar requiere que los expertos humanos repiensen, reorganicen, y reestructuren la base de conocimiento y, como resultado, el especialista se convierte en un mejor conocedor de su propio campo de especialidad.

Hay que diferenciar entre datos y conocimiento. El conocimiento se refiere a afirmaciones de validez general tales como reglas, distribuciones de probabilidad, etc. Los datos se refieren a la información relacionada con una aplicación particular. Por ejemplo, en diagnóstico de una red, los indicios de errores, la identificación de averías y las relaciones entre ellos, forman parte del conocimiento, mientras los errores particulares de un equipo dado forman parte de los datos. Mientras el conocimiento es permanente, los datos son efímeros, es decir, no forman parte de la componente permanente de un sistema y son destruidos después de usarlos. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y los datos se almacenan en la memoria de trabajo. Todos los procedimientos de los diferentes sistemas y subsistemas que son de carácter transitorio se almacenan también en la memoria de trabajo.

3.4.3. Subsistema de Adquisición de Conocimiento

El subsistema de adquisición de conocimiento controla el flujo del nuevo conocimiento que fluye del experto humano a la base de datos. El sistema determina qué nuevo conocimiento se necesita, o si el conocimiento recibido es en realidad nuevo, es decir, si debe incluirse en la base de datos y, en caso necesario, incorpora estos conocimientos a la misma.

3.4.4. Control de la Coherencia

El subsistema de control de la coherencia ha aparecido en los sistemas expertos muy recientemente. Sin embargo, es una componente esencial de un sistema experto. Este subsistema controla la consistencia de la base de datos y evita que unidades de conocimiento inconsistentes entren en la misma. En situaciones complejas incluso un experto humano puede formular afirmaciones inconsistentes. Por ello, sin un subsistema de control de la coherencia, unidades de conocimiento contradictorio pueden formar parte de la base de conocimiento, dando lugar a un comportamiento insatisfactorio del sistema. Por otra parte, cuando se solicita información de los expertos humanos, éste subsistema informa sobre las restricciones que ésta debe cumplir para ser coherente con la existente en la base de conocimiento. De esta forma, ayuda a los expertos humanos a dar información fiable.

3.4.5. El Motor de Inferencia

El motor de inferencia es el corazón de todo sistema experto. El cometido principal de esta componente es el de sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos. Por ejemplo, en diagnóstico de averías de una red, los errores de un equipo (datos) son analizados a la luz de los errores, los causantes de averías y de sus relaciones (conocimiento).

Las conclusiones del motor de inferencia pueden estar basadas en conocimiento determinista o conocimiento probabilístico. Como puede

esperarse, el tratamiento de situaciones de incertidumbre (probabilísticas) puede ser considerablemente más difícil que el tratamiento de situaciones ciertas (deterministas).

Puede darse el caso de tener que trabajar con conocimiento de tipo no determinista, es decir, de casos en los que se dispone sólo de información aleatoria o difusa. El motor de inferencia es también responsable de la propagación de este conocimiento incierto. De hecho, en los sistemas expertos basados en probabilidad, la propagación de incertidumbre es la tarea principal del motor de inferencia, que permite sacar conclusiones bajo incertidumbre. Esta tarea es tan compleja que da lugar a que ésta sea probablemente la componente más débil de casi todos los sistemas expertos existentes.

3.4.6. El Subsistema de Adquisición de Conocimiento

Si el conocimiento inicial es muy limitado y no se pueden sacar conclusiones, el motor de inferencia utiliza el subsistema de adquisición de conocimiento para obtener el conocimiento necesario y continuar con el proceso de inferencia hasta que se hayan sacado conclusiones. En algunos casos, el usuario puede suministrar la información requerida para éste y otros objetivos. De ello resulta la necesidad de una interface de usuario y de una comprobación de la consistencia de la información suministrada por el usuario antes de introducirla en la memoria de trabajo.

3.4.7. Interface de Usuario

La interface de usuario es el enlace entre el sistema experto y el usuario.

Por ello, para que un sistema experto sea una herramienta efectiva, debe incorporar mecanismos eficientes para mostrar y obtener información de forma fácil y agradable. Un ejemplo de la información que tiene que ser mostrada tras el trabajo del motor de inferencia, es el de las conclusiones, las razones que expliquen tales conclusiones y una explicación de las acciones iniciadas por el sistema experto. Por

otra parte, cuando el motor de inferencia no puede concluir debido, por ejemplo, a la ausencia de información, la interface de usuario es un vehículo para obtener la información necesaria del usuario. Consecuentemente, una implementación inadecuada de la interface de usuario que no facilite este proceso minaría notablemente la calidad de un sistema experto.

3.4.8. El Subsistema de Ejecución de Órdenes

El subsistema de ejecución de órdenes es la componente que permite al sistema experto iniciar acciones. Estas acciones se basan en las conclusiones sacadas por el motor de inferencia. Como ejemplos, un sistema experto diseñado para analizar el tráfico ferroviario puede decidir retrasar o parar ciertos trenes para optimizar el tráfico global. La explicación de las razones por las que se inician estas acciones, pueden darse al usuario mediante el subsistema de explicación.

3.4.9. El Subsistema de Explicación

El usuario puede pedir una explicación de las conclusiones sacadas o de las acciones iniciadas por el sistema experto. Por ello, es necesario un subsistema que explique el proceso seguido por el motor de inferencia o por el subsistema de ejecución. Por ejemplo, si un cajero automático decide rechazar la palabra clave (una acción), la máquina puede mostrar un mensaje (una explicación) como la siguiente:

¡Lo siento!, su palabra clave es todavía incorrecta tras tres intentos.

Retenemos su tarjeta de crédito, para garantizar su seguridad.

Por favor, póngase en contacto con su banco en horas de oficina.

3.4.10. El Subsistema de Aprendizaje

Una de las principales características de un sistema experto es su capacidad para aprender. Diferenciaremos entre aprendizaje estructural y aprendizaje paramétrico.

- **Aprendizaje estructural:** Nos referimos a algunos aspectos relacionados con la estructura del conocimiento (reglas, distribuciones de probabilidad, etc.). Por ejemplo, *el descubrimiento de un nuevo causante relevante para ocasionar avería* o la inclusión de una nueva regla en la base de conocimiento son ejemplos de aprendizaje estructural.

- **Aprendizaje paramétrico:** Nos referimos a estimar los parámetros necesarios para construir la base de conocimiento. Por ejemplo, la estimación del alcance de una antena asociada al causante de una avería en la red.

Otra característica de los sistemas expertos es su habilidad para obtener experiencia a partir de los datos disponibles. Estos datos pueden ser obtenidos por expertos y no expertos y pueden utilizarse por el subsistema de adquisición de conocimiento y por el subsistema de aprendizaje.

De las componentes antes mencionadas puede verse que los sistemas expertos pueden realizar varias tareas. Estas tareas incluyen, pero no se limitan a, las siguientes:

- ✓ Adquisición de conocimiento y la verificación de su coherencia; por lo que el sistema experto puede ayudar a los expertos humanos a dar conocimiento coherente.
- ✓ Almacenar (memorizar) conocimiento.
- ✓ Preguntar cuándo se requiere nuevo conocimiento.
- ✓ Aprender de la base de conocimiento y de los datos disponibles.
- ✓ Realizar inferencia y razonamiento en situaciones deterministas y de incertidumbre.
- ✓ Explicar conclusiones o acciones tomadas.
- ✓ Comunicar con los expertos y no expertos humanos y con otros sistemas expertos. (3)

3.5. Tipos de sistemas expertos:

Hay muchos puntos de vista desde los cuales se pueden clasificar los Sistemas Expertos, Algunos de ellos son:

3.5.1. Por la forma de almacenar el conocimiento: se pueden distinguir sistemas basados en reglas y sistemas basados en probabilidad.

- ✓ **Sistemas basados en reglas:** El conocimiento se almacena en forma de hechos y reglas, El motor de inferencia opera mediante encadenamiento de reglas hacia atrás y adelante
- ✓ **Sistemas basados en probabilidad:** La base de conocimientos está constituida por hechos y sus dependencias probabilísticas; El motor de inferencia opera mediante la evaluación de probabilidades condicionales.

Finalmente también hay diferencias en la adquisición del conocimiento y el método de explicación.

A continuación se presenta la comparación entre sistemas basados en reglas y sistemas basados en probabilidad:

ELEMENTOS	MODELO PROBABILÍSTICO	MODELO BASADO EN REGLAS
BASE DE CONOCIMIENTO	Abstracto: Estructura probabilística (sucesos dependientes) Concreto: Hechos	Abstracto: Reglas Concreto: Hechos
MOTOR DE INFERENCIA	Evaluación de probabilidades condicionales (Teorema de Bayes)	Encadenamiento hacia atrás y hacia adelante
SUBSISTEMA DE EXPLICACIÓN	Basado en probabilidad condicionales.	Basado en reglas activas.
ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTOS	Espacio probabilístico Parámetros	Reglas Factores de certeza.
SUBSISTEMAS DE APRENDIZAJE	Cambio en la estructura del espacio probabilísticos. Cambio en los parámetros	Nuevas reglas Cambio en los factores de certeza

Tabla N° 01. Comparación entre sistemas basados en reglas y sistemas basados en probabilidad

Fuente: Tesis: Aplicación de Sistemas Expertos a la gestión integrada de averías en redes de telecomunicaciones.(4)

Resumen de las ventajas e inconvenientes de ambos sistemas:

	MODELO PROBABILÍSTICO	MODELO BASADO EN REGLAS
VENTAJAS	<p>Motor de inferencia rápido</p> <p>Aprendizaje paramétrico fácil</p>	<p>Explicación fácil</p> <p>Solo implicaciones deseadas</p>
DEFECTOS	<p>Elevado número de parámetros</p> <p>Implicación superfluas</p>	<p>Motor de inferencia lento</p>

Tabla N° 02. Ventajas e inconvenientes de los sistemas basados en reglas y basados en probabilidad

Fuente: Tesis: Aplicación de Sistemas Expertos a la gestión integrada de averías en redes de telecomunicaciones. (4)

3.5.2. Por la naturaleza de la tarea a realizar: Así se tienen cuatro posibilidades:

- ✓ **Diagnóstico o Clasificación:** Se conocen las soluciones y se trata de clasificarlas o diagnosticarlas en función de una serie de datos. Por ejemplo: sistema de diagnóstico de una red.
- ✓ **Monitorización:** Análisis del comportamiento de un sistema buscando posibles fallos, en este caso es importante contemplar la evolución del sistema pues no siempre los mismos datos dan lugar a idénticas soluciones.
- ✓ **Diseño:** Se busca la construcción de la solución a un problema, que en principio es desconocida, a partir de datos y restricciones a satisfacer.
- ✓ **Predicción o Simulación:** Se estudia el comportamiento de un sistema.

3.5.3. Por la interacción con el usuario:

- ✓ **Apoyo:** El sistema aconseja al usuario, que mantiene la capacidad de una última decisión. Por ejemplo: El diagnóstico de una red.
- ✓ **Control:** el sistema actúa directamente sin intervención humana.
- ✓ **Crítica:** Su misión es analizar y criticar decisiones tomadas por el usuario.

3.5.4. Por la limitación de tiempo para tomar decisiones:

- ✓ **Tiempo ilimitado:** por ejemplo, aquellos que emplean Conocimiento Causal, que busca los orígenes de un problema que ha ocurrido y cuyo análisis no necesita ser inmediato.
- ✓ **Tiempo limitado (tiempo real):** sistemas que necesitan actuar controlando o monitorizando dispositivos y que han de tomar decisiones inmediatas frente a los problemas que surjan. Por ejemplo el control de una red de comunicaciones.

3.5.5. Por la variabilidad temporal del conocimiento:

- ✓ **Estáticos:** la base del conocimiento no se altera durante el proceso de decisión.
- ✓ **Dinámicos:** ocurren cambios en la base de conocimiento durante la toma de decisiones. Estos cambios pueden ser predecibles o impredecibles y además pueden, bien añadir información, bien modificar la información ya existente.

3.5.6. Por la naturaleza del conocimiento almacenado:

- ✓ **Basado en experiencia:** el conocimiento se basa en experiencias o hechos acaecidos conocidos por el experto, pero sin que exista una causa clara para los efectos que se observan.
- ✓ **Basado en relaciones causa-efecto.**

3.5.7. Por la certeza de la información:

- ✓ **Completa o Perfecta:** Se conocen todos los datos y reglas necesarios para la decisión.
- ✓ **Imperfecta:** Que puede ser Incompleta (falta información para tomar decisiones), Datos Inciertos (o no confirmados), Conocimiento Incierto (reglas no siempre válidas), Terminología ambigua (dobles sentidos, etc).(4)

3.6. Etapas en el desarrollo de un sistema experto:

Weiss y Kulikowski (1984) sugieren las etapas siguientes para el diseño e implementación de un sistema experto:

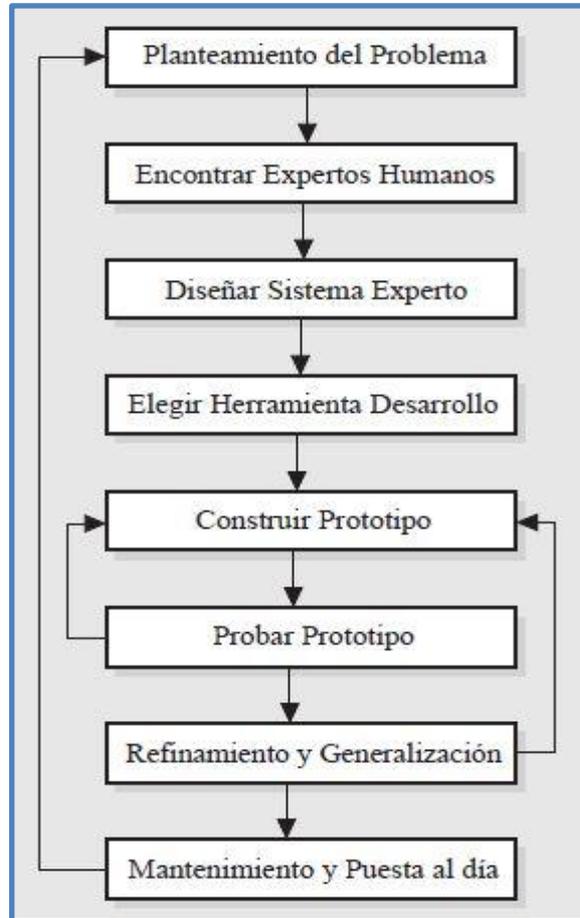


Figura N° 02. Etapas en el desarrollo de un sistema experto.
Fuente: Libro: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*. (2)

3.6.1. Planteamiento del problema. La primera etapa en cualquier proyecto es normalmente la definición del problema a resolver. Puesto que el objetivo principal de un sistema experto es responder a preguntas y resolver problemas, esta etapa es quizás la más importante en el desarrollo de un sistema experto. Si el sistema está mal definido, se espera que el sistema suministre respuestas erróneas.

3.6.2. Encontrar expertos humanos que puedan resolver el problema. En algunos casos, sin embargo, las bases de datos pueden jugar el papel del experto humano.

- 3.6.3. Diseño de un sistema experto.** Esta etapa incluye el diseño de estructuras para almacenar el conocimiento, el motor de inferencia, el subsistema de explicación, la interface de usuario, etc.
- 3.6.4. Elección de la herramienta de desarrollo, shell o lenguaje de programación.** Debe decidirse si realizar un sistema experto a medida, o utilizar una shell, una herramienta, o un lenguaje de programación. Si existiera una concha satisfaciendo todos los requerimientos del diseño, ésta debería ser la elección, no solo por razones de tipo financiero sino también por razones de fiabilidad. Las conchas y herramientas comerciales están sujetas a controles de calidad, a los que otros programas no lo están.
- 3.6.5. Desarrollo y prueba de un prototipo.** Si el prototipo no pasa las pruebas requeridas, las etapas anteriores (con las modificaciones apropiadas) deben ser repetidas hasta que se obtenga un prototipo satisfactorio.
- 3.6.6. Refinamiento y generalización.** En esta etapa se corrigen los fallos y se incluyen nuevas posibilidades no incorporadas en el diseño inicial.
- 3.6.7. Mantenimiento y puesta al día.** En esta etapa el usuario plantea problemas o defectos del prototipo, corrige errores, actualiza el producto con nuevos avances, etc.

Todas estas etapas influyen en la calidad del sistema experto resultante, que siempre debe ser evaluado en función de las aportaciones de los usuarios.

3.7. La aplicación de los Sistema Experto a la gestión de redes de telecomunicación:

Las aproximaciones tradicionalmente empleadas a la hora de abordar el problema de la gestión de redes de telecomunicaciones, basadas en procedimientos algorítmicos, no son adecuadas para controlar redes complejas. Esta evidencia ha hecho que deban ser complementadas a través de empleo de técnicas heurísticas, en las que están basados los Sistemas Expertos, que ofrecen nuevas posibilidades a la hora de enfrentarse a problemas que hasta el momento habían sido considerados imposibles de resolver mediante técnicas informáticas. Para lograrlo emplean la experiencia humana junto con el conocimiento acerca de un determinado campo o dominio, intentando simular el proceso de razonamiento y la actuación de los expertos en dicho entorno a través de la implementación de las estrategias utilizadas por ellos para resolver problemas, estrategias que les permiten concentrarse en las causas más probables y adaptar y optimizar "recetas" generales a casos específicos.

Las técnicas empleadas por dichos sistemas expertos hacen hincapié en el uso de conocimiento declarativo y de reglas de inferencia relativamente simples, para facilitar la aplicación de éste conocimiento sobre un problema concreto.

En cualquier caso, para aplicar a la gestión de redes de comunicaciones esta tecnología, es necesario desarrollar sistemas expertos capaces de incorporar la visión que tiene un experto de dicha gestión, de modo que puedan afrontar tanto problemas que requieran sintetizar conjuntos de informaciones variadas (como podrían ser los relacionados con la Gestión de la Configuración) como aquellos que deban ser resueltos empleando técnicas de síntesis (por ejemplo, aquellas relacionadas con la Gestión de Averías o de Calidad de Servicio). No obstante, no hay que perder de vista que la heterogeneidad de las redes, sistemas, equipos, requisitos, etc, dificulta el desarrollo de sistemas expertos en redes reales. La tendencia,

en primer lugar, es hacia la integración de sistemas de gestión y posteriormente aplicación de técnicas de sistemas expertos.

En este apartado se detallan aspectos relacionados con la aplicación de los Sistemas Expertos a la Gestión de Redes de Telecomunicaciones, ofreciéndose ejemplos de sistemas diseñados en las diferentes áreas de Gestión definidas por ISO, y haciendo mención a aspectos relacionados con el diseño de tales sistemas. (3)

3.7.1. Ventajas e inconvenientes

3.7.1.1. Ventajas:

La gestión de las redes de Telecomunicaciones es una tarea compleja que exige el empleo de personal altamente cualificado, las ventajas del empleo de sistemas expertos relacionado al personal podría justificarse en:

- a. Reducir la carga de trabajo de los operadores de la red e incrementar su efectividad durante los periodos de mucho tráfico de información o problemas en el sistema.
- b. Reducir el número de personas cualificadas necesarias para llevar a cabo la gestión.
- c. Facilitar la formación de nuevos operadores.
- d. Automatizar la operación y configuración de la red.
- e. Ayudar al diagnóstico de problemas en la red, reduciendo el volumen de alarmas, detectando las averías que causan una determinada alarma y proporcionando las recomendaciones para solucionarlas.

Las ventajas del empleo de sistemas expertos referentes al diagnóstico de averías o la reconfiguración automática de la red, sin perder de vista que este tipo de sistemas deben integrarse en los sistemas de gestión existentes son los siguientes:

- a. Proporcionar servicios de mayor calidad.
 - Incrementando substancialmente las prestaciones mediante su uso en tareas como el encaminamiento de rutas
 - Capturan un conocimiento que puede no estar disponible en un futuro.
 - Hacer que los conocimientos del experto estén disponibles en cualquier lugar y al máximo rendimiento.

- b. Dan lugar a un servicio con menor coste gracias al incremento de la productividad.
 - Incrementan significativamente la productividad.
 - Reducen los costos de personal.
 - En ocasiones, los sistemas expertos pueden conseguir mejores resultados que los propios expertos humanos.
 - Mejoran el rendimiento general de los operadores al contrastar sus decisiones con una revisión continua y experta.

- c. Proporcionan a las empresas una mayor flexibilidad en la gestión de personal dado los sistemas expertos resultar de gran ayuda en el entrenamiento de nuevos operadores.

3.7.1.2. Inconvenientes y limitaciones:

Existen un conjunto de inconvenientes y limitaciones que dificultan la obtención de soluciones de gestión basadas en sistemas expertos.

a. Presencia de un conjunto de limitaciones que dificulta su integración con otros Sistemas.

- No existen estándares que permitan unificar diferentes al no coincidir la representación del conocimiento sistemas expertos, empleado o los procedimientos para comunicarse con el sistema.
- Dificultades a la hora de la interacción entre el usuario y el sistema experto.
- Dificultades para integrar los sistemas expertos en los Sistemas Operativos usualmente empleados.

b. El proceso de Adquisición del Conocimiento puede actuar como un "cuello de botella" a la hora de desarrollar un sistema experto.

- Los esquemas de representación desarrollados para otros ámbitos no son válidos usualmente en el entorno de las telecomunicaciones.
- El ratio de cambio tecnológico es muy elevado en las redes de telecomunicaciones.

c. El proceso de decisión en la gestión de una red tiene por naturaleza importantes limitaciones o condicionantes temporales.

- Es necesario diseñar sistemas que operen en tiempo real, ya que ciertas operaciones asociadas al control de la red (por ejemplo el control de tráfico) deben llevarse a cabo instantáneamente.
- Al descansar la gestión cotidiana de la red sobre programas que operen sin intervención exterior, es

necesario desarrollar técnicas de verificación que permitan garantizar la idoneidad de los sistemas expertos.

- d. Es fundamental desarrollar sistemas con un costo razonable en un intervalo de tiempo adecuado
 - El proceso de desarrollo de los sistemas expertos es largo y costoso por naturaleza.
- e. Los sistemas expertos inciden en algunos aspectos relacionados con el entorno de trabajo en el que desarrolla su labor:
 - Al introducir un alto grado de automatización pueden crear sentimientos de inseguridad entre los trabajadores.
 - Los sistemas expertos no son sensibles a las consecuencias que pueden ocasionar sus decisiones.
 - Pueden crear falsas expectativas sobre sus resultados.(4)

3.7.2. Aplicación de sistemas Expertos en las distintas áreas de gestión.

Dentro de las redes de telecomunicaciones, encontramos distintas áreas en donde se pueden desempeñar los sistemas expertos que se presentan a continuación:

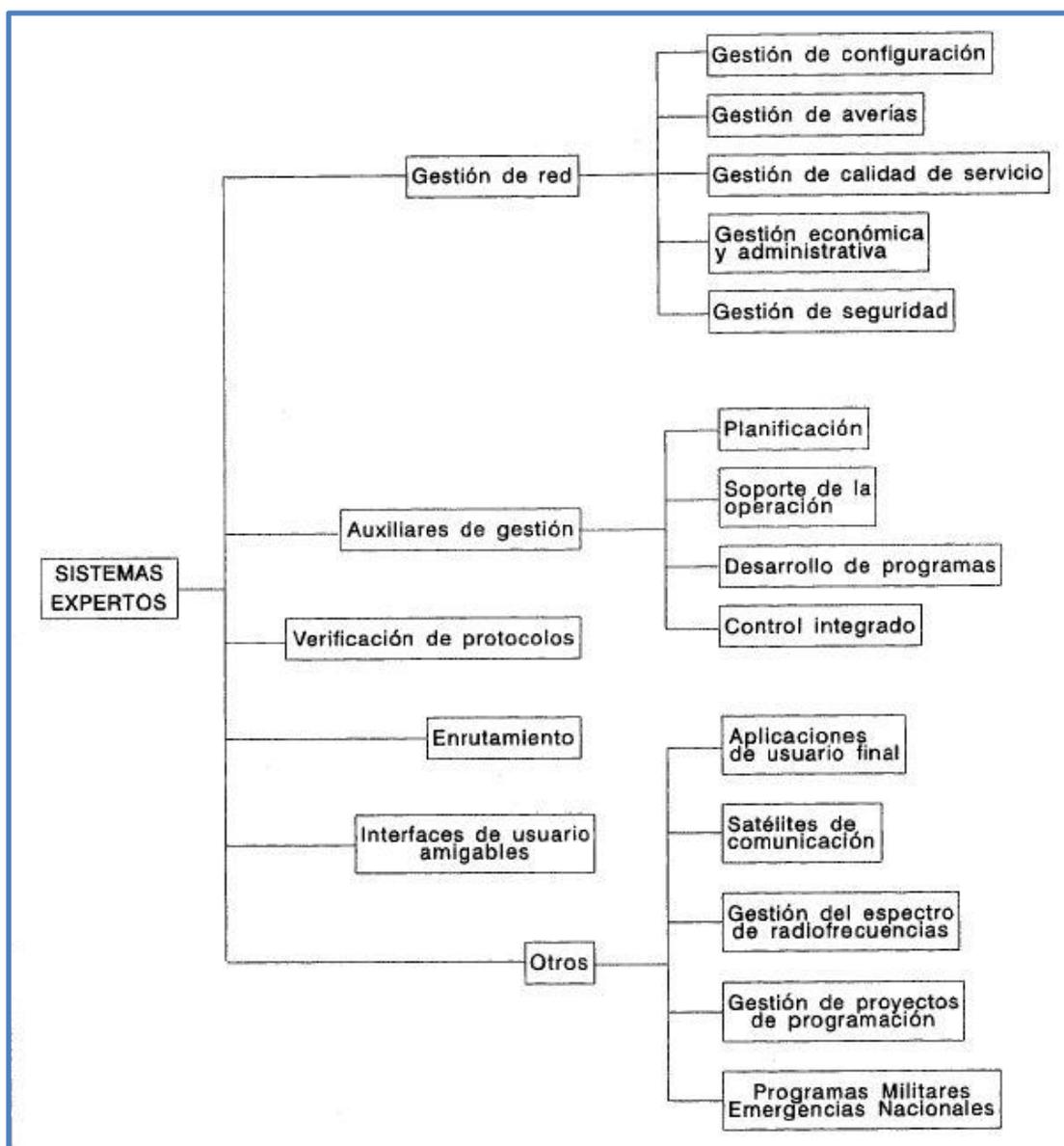


Figura N° 03. Aplicación de Sistemas Expertos en las distintas áreas de gestión
Fuente: Tesis: Aplicación de Sistemas Expertos a la gestión integrada de averías en redes de telecomunicaciones. (4)

3.7.3. Ejemplos de aplicación de sistemas en las distintas áreas de gestión.

GESTION DE RED	GESTION DE CONFIGURACION	ACE BLONDIE III DESIGNET FIST KNOBS/TCP	LAN LEIS MAVEN NEMESYS PLANICOM	SIMNETMAN STEM XTEL
	GESTION DE AVERIAS	AMF APEX/RESPOND AT2 BIG BROTHER BS-DIAG COMPASS CRITTER DANTES DRES Dx Scope EDARS EFMS ESTA ESTS	EXT FIS GEMS-TTA IAS INDEX IRA MAD NDES NDS NEAT NELTREX NEMESYS II NET/Advisor	NExpert RAC&ROLE REACT RTES SHOOTX SINERGIA SMART SSCII StarKeeper TAP TILDE TOPAS-ES Troubleshooter
	GESTION DE CALIDAD DE SERVICIO	NPA PAN		
	GESTION ECONOMICA Y ADMINISTRATIVA	ANSWERS AUDITOR AUDITPLANNER	AY/ASQ DAC Accounting ESIE	EDP AUDITOR Seteli TICOM
	GESTION DE SEGURIDAD	NIDX SNDS		
AUXILIARES DE GESTION	ARACHNE ENS KAT NEC's Network Configurer			
VERIFICACION DE PROTOCOLOS	BIRCTS PEX SIATT			
ENRUTAMIENTO	NETMAN			
INTERFACES AMIGABLES	NET-HELP			
OTRAS APLICACIONES	Network Problem Derermination Expert System SDES CLASS EXACT FIESTA IESP TOPSCO FAST LISP-PAL COMDAT EXACT XTRACT			

Figura N° 04. Ejemplos aplicación de Sistemas Expertos en las distintas áreas de gestión

Fuente: Tesis: Aplicación de Sistemas Expertos a la gestión integrada de averías en redes de telecomunicaciones.(4)

3.7.4. Aspectos relacionados con el diseño:

3.7.4.1. Requerimientos de desarrollo

Hay una serie de aspectos que deben ser tenidos en cuenta a la hora del diseño de sistemas de gestión de redes de telecomunicaciones basados en el conocimiento. Algunos de dichos aspectos están relacionados con el tiempo de respuesta frente a contingencias, otros están vinculados a la arquitectura del sistema o a la integración con herramientas ya existentes.

- ✓ Tiempo de respuesta.
- ✓ Arquitectura del sistema.
- ✓ Interfaz con el Usuario.
- ✓ Modularidad.
- ✓ Estandarización.
- ✓ Conexión a sistemas de gestión existentes.

3.7.4.2. Aproximaciones basadas en técnicas de Inteligencia Artificial

Aparte de los aspectos relacionados con las propiedades de la red a gestionar, hay que considerar aquellos impuestos por la naturaleza "inteligente" con que se desea dotar al sistema de gestión. Desde este punto de vista, es importante establecer qué estrategias o soluciones deben ser consideradas en el diseño de los componentes directamente relacionados con la parte experta del sistema.

3.7.4.3. Modo de operación

Entre las consideraciones que hay que tener en cuenta a la hora de abordar este tipo de sistemas, se encuentran aquellas

relacionadas con el modo de operación. A grandes rasgos, puede establecerse una distinción entre las herramientas concebidas para funcionar como asistentes o consejeros en apoyo de un operador humano y las diseñadas para operar de forma autónoma.

- ✓ Sistemas de Apoyo: se trata del tipo de sistema más simple, funcionando como consejeros del usuario y operando en forma independiente al sistema gestionado.
- ✓ Sistemas Autónomos: a diferencia de los sistemas anteriores, este tipo de herramientas se encuentran integradas en el sistema de gestión que opera directamente sobre la red. Funcionan en modo continuado, detectando los problemas que surgen en la red, monitorizando el estado de ésta y decidiendo sobre las acciones que se han de emprender en cada momento. Esto implica que deben ser capaces de planificar y prever sus acciones a largo plazo.

3.7.4.4. La influencia del tamaño y la topología de la red

Otros aspectos a considerar debido a su influencia en el sistema de gestión de cualquier red de telecomunicaciones son el tamaño y la topología de la red.

- ✓ Redes de Área Local: La gestión de este tipo de redes está avanzando hacia arquitecturas distribuidas y sistemas abiertos, de modo que cada usuario precisa gestionar aspectos relacionados con las comunicaciones y las aplicaciones que corren en un determinado nodo.
- ✓ Redes de Área Extensa: El tamaño y las características de este tipo de redes condiciona el diseño del sistema de gestión, de modo que deben tenerse en cuenta aspectos como el dominio, el tipo y el número de sistemas

intermedios existentes (enrutadores, puentes, etc.), el número de nodos y su disposición geográfica o limitaciones temporales, a la hora de implementar la Base de Conocimientos y el Motor de Inferencia.

- ✓ Interconexión entre diferentes redes: La gestión de redes interconectadas, que poseen diferentes protocolos de comunicaciones y esquemas de gestión, está constituyéndose en una realidad. La estandarización de la estructura de la información necesaria para la gestión y de los protocolos, realizada por ISO, facilita la tarea de las herramientas empleadas. En el caso de que sea necesario operar sobre sistemas no estandarizados, es esencial contemplar aspectos como la conversión de protocolos, a la hora de abordar el desarrollo de los sistemas expertos de gestión.(6)

3.7.4.5. Sistemas en Tiempo Real

En el campo de las telecomunicaciones existe una gran demanda de sistemas expertos que sean capaces de desempeñar tareas de gestión en tiempo real, entendiendo como tales aquellos sistemas cuyo tiempo de respuesta los hace capaces de reaccionar frente a determinados eventos en un intervalo temporal limitado, que se adecúa a las necesidades de control del sistema.

Tradicionalmente, los sistemas basados en el conocimiento han sido aplicados en entornos en los que los datos eran estáticos y no se requerían respuestas en un tiempo excesivamente crítico. Al intentar su aplicación en entornos dinámicos, que requieren respuestas en tiempo real, aparecen una serie de problemas o limitaciones que deben ser tenidas en cuenta.

Entre ellas pueden mencionarse:

- ✓ Ausencia de Monotonía
- ✓ Operación Continua
- ✓ Eventos Asíncronos
- ✓ Interfaz con el exterior
- ✓ Datos Incompletos o Inciertos
- ✓ Necesidad de altas prestaciones
- ✓ Razonamiento temporal
- ✓ Precisión y Rapidez en la determinación de problemas
- ✓ Garantía de respuesta en un tiempo limitado
- ✓ Integración con software convencional

Todas las limitaciones anteriormente mencionadas, han hecho necesario el establecimiento de modelos de razonamiento adecuados para aplicaciones en tiempo real. (4).

IV. CONCLUSIÓN.

- ✓ Se describió detalladamente cuales son los componentes de un sistema experto (figura N°01), concluyendo que todos los componentes están interrelacionados y que cada una de ellas cumplen una función determinada para el flujo de la información. La colaboración de los componentes: expertos humanos, los ingenieros del conocimiento y los usuarios es, quizás, el elemento más importante en el desarrollo de un sistema experto. Esta etapa requiere una enorme dedicación y un gran esfuerzo debido a los diferentes lenguajes que hablan las distintas partes y a las diferentes experiencias que tienen.

- ✓ Se Identificó las distintas áreas de telecomunicaciones en la que se puede desenvolver un sistema experto (figura N°02), en la que se concluyó que el área de gestión de red entre ellas gestión de configuración, gestión de averías, gestión calidad de servicio, gestión económica y administrativa y gestión de seguridad, son el área más explotada por los sistemas experto.

- ✓ Se describió cuáles son las ventajas e inconvenientes en la implementación de un sistema experto en la gestión de las redes de telecomunicación en la que se hizo mención a las ventajas del sistemas expertos relacionado al personal y las ventajas del empleo de sistemas expertos referentes al diagnóstico de averías o la reconfiguración automática de la red, en relación los sistemas de gestión. Por otro lado se concluyó que existe un alto nivel de inconvenientes y limitaciones para la elaboración de sistemas expertos dificultan la obtención de soluciones en el campo de gestión de telecomunicaciones.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Badaró Sebastián, Ibañez Leonardo J. Agüero Martín J. Sistemas expertos: Fundamentos metodologías y aplicaciones

Castillo Enrique, Gutiérrez José M. Hadi Ali S. Sistemas expertos y Modelos Probabilísticas, España : Santander

Condori Amanqui C. Ticona Huanca E. Prototipo de sistema experto para el diagnóstico de fallas en una red de área local. Perú : Juliaca ; 2001

Leon de Mora C. Aplicación de los sistemas expertos a la gestión integrada de averías en redes de telecomunicaciones. Sevilla; 2003

Tanenbaum Andrews S, Redes de Computadoras, 4ª ed. Mexico : Naucalpan de Juarez.; 2003

Valencia Miranda A, Introducción a la ingeniería de telecomunicaciones. Peru : Lima