

2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE CONTADURIA Y ADMINISTRACION

SISTEMA EXPERTO DE CLASIFICACIÓN  
Y APOYO AL DISEÑO ARQUITECTÓNICO  
DE EDIFICIOS INTELIGENTES

SEMINARIO DE INVESTIGACION INFORMATICA  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN INFORMATICA

P R E S E N T A:

ROSA MARÍA DE LOURDES ARAUZ HERNÁNDEZ

ASESOR DEL SEMINARIO:

C.P. Y M.C.C. MARINA TORIZ GARCÍA

MEXICO, D.F.

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

266710



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS.

*"DADME UN PUNTO DE APOYO  
Y MOVERÉ LA TIERRA Y EL CIELO"*

*ARQUÍMIDES*

Hoy ha llegado el momento de dejar constancia de mi gratitud sincera para con cada uno de ustedes. De dar las gracias por todos y cada uno de los desvelos, sacrificios y sinsabores en que me han acompañado.

- Por su tiempo, dedicación, apoyo y ayuda incondicional.  
Gracias a mis padres por la oportunidad de vivir, por esos detalles tan importantes.
- Por esos detalles tan importantes.  
Gracias a mis hermanos Martha y David por las alegrías y tristezas que compartieron conmigo.
- Por su ayuda tanto espiritual como material.  
Gracias a mis tíos Gilberto, Angel y Chole, que me enseñaron a valorar el espíritu universitario que llevo con mucho orgullo.
- Por los gratos momentos y por su amistad, gracias a mis amigos, a todos ellos.
- Gracias a Marina por darnos la oportunidad de conocerla y de aprender más.
- Por tantos conocimientos, gracias a mis maestros, por mostrarme las otras perspectivas de la vida.
- Gracias a la DCAA por todas las cosas valiosas que nos enseñó, los recursos que nos facilitó y, sobre todo, por los amigos que nos dió.

Quiero darle las gracias especialmente a Hugo que me enseñó el valor de la palabra, de la sinceridad, de la amistad y sobre todo a vivir con intensidad la vida.

En resumen, ya que todo viene de Él, gracias a DIOS por todas las bendiciones recibidas.

Todos ustedes fueron mi punto de apoyo.

---

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN \_\_\_\_\_ I

### CAPÍTULO I

<i>La Inteligencia Artificial.</i> _____	1-1
1.1. Orígenes de la Inteligencia Artificial. _____	1-1
1.2. Definición. _____	1-2
1.3. Objetivo de la Inteligencia Artificial. _____	1-3
1.4. Técnicas de la Inteligencia Artificial. _____	1-4
1.4.1. Búsqueda de soluciones. _____	1-4
1.4.2. Representación del Conocimiento. _____	1-5
1.4.3. Deducción Automática. _____	1-7
1.4.4. Aprendizaje Automático. _____	1-10
1.4.5. Programación Simbólica. _____	1-11
1.5. Aplicaciones de la Inteligencia Artificial. _____	1-12
1.6. Áreas De La Inteligencia Artificial. _____	1-13
1.6.1. Juegos. _____	1-14
1.6.2. Demostración de Teoremas. _____	1-15
1.6.3. Sistemas Expertos. _____	1-16
1.6.3.1. Ventajas. _____	1-18
1.6.3.2. Aplicaciones de los sistemas expertos. _____	1-18
1.6.3.3. Ejemplos de S.E. comerciales. _____	1-19
1.6.4. Programación Automática. _____	1-19
1.6.5. Percepción. _____	1-20
1.6.6. Resolución General de Problemas. _____	1-20
1.6.7. Procesamiento del Lenguaje Natural. _____	1-21
1.6.8. Algoritmos Genéticos. _____	1-22
1.6.8.1. Orígenes _____	1-22
1.6.8.2. Factibilidad de la Utilización de los Algoritmos Genéticos _____	1-23
1.6.9. Redes Neuronales. _____	1-24
1.6.9.1. Historia de las redes neuronales _____	1-24
1.6.9.2. Definición _____	1-24
1.6.9.3. Arquitecturas conexionistas. _____	1-25

1.6.10. Robótica.	1-25
1.6.10.1 Concepto de Robot	1-26
1.6.11. Recuperación Inteligente de Datos de una Base de Datos.	1-26

## CAPÍTULO 2

<b>COMPONENTES CONCEPTUALES DEL EDIFICIO INTELIGENTE.</b>	<b>2-1</b>
2.1. Introducción.	2-1
2.2. Evolución histórica de la tecnología de edificios inteligentes.	2-1
2.3. Concepto de edificio inteligente.	2-4
2.4. Requisitos que deben reunir los edificios para ser inteligentes.	2-6
2.4.1. Factores estructurales que integran a un Edificio Inteligente.	2-7
2.4.1.1. Flexibilidad del edificio inteligente.	2-7
2.4.1.2. Integración de servicios.	2-9
2.4.1.2.1. Automatización del edificio.	2-10
2.4.1.2.1.1. Sistema básico de control.	2-10
2.4.1.2.1.2. Sistema de seguridad.	2-10
2.4.1.2.1.3. Sistema de ahorro de energía.	2-11
2.4.1.2.2. Automatización de la función informática.	2-12
2.4.1.2.3. Telecomunicaciones.	2-12
2.4.1.2.4. Planificación del espacio.	2-14
2.4.1.3. Diseño interior y exterior.	2-14
2.4.2. Factores funcionales que integran a un Edificio Inteligente.	2-15
2.4.2.1. Estructura del Edificio Inteligente.	2-15
2.4.2.2. Sistemas del Edificio Inteligente.	2-16
2.4.2.3. Servicios del Edificio Inteligente.	2-17
2.4.2.4. Administración del Edificio Inteligente.	2-17
2.4.3. Resumiendo los requisitos de un Edificio Inteligente.	2-17
2.4.3.1. Estructurales	2-18
2.4.3.2. Funcionales	2-19
2.5. Grados de inteligencia del edificio inteligente.	2-20
2.5.1. Edificio automatizado.	2-20
2.5.2. Edificio inteligente.	2-21
2.5.3. Clasificación de los niveles de inteligencia de un edificio.	2-21
2.5.3.1. Servicios de Automatización del Edificio.	2-22
2.5.3.2. Servicios basados en Tecnologías de la Información.	2-22
2.5.4. Evolución de la inteligencia de un edificio.	2-23

2.6. Sistema inteligente.	2-24
2.6.1. Módulos de control distribuido.	2-24
2.6.2. Estación de supervisión.	2-25
2.6.2.1. Características a considerar:	2-26
2.6.3. Red de recursos ambientales.	2-26

## CAPÍTULO 3

<i>SISTEMAS QUE COMPONEN UN EDIFICIO INTELIGENTE.</i>	3-1
3.1. Sistema eléctrico.	3-3
3.2. Sistema de iluminación.	3-5
3.2.1. Iluminación en oficinas.	3-5
3.2.2. Iluminación en pasillos interiores.	3-6
3.2.3. Iluminación exterior.	3-7
3.2.4. Iluminación en estacionamientos.	3-7
3.2.5. Sistema de Control de Iluminación.	3-8
3.2.5.1. Ventajas generales de los sistemas de control de iluminación.	3-9
3.2.5.2. Operación general de los sistemas de control de iluminación.	3-10
3.3. Sistema hidráulico.	3-11
3.3.1. Control de cisternas.	3-11
3.3.2. Control de riego.	3-12
3.4. Sistema de acondicionamiento ambiental.	3-13
3.4.1. Control de aire acondicionado.	3-16
3.4.2. Control de la central.	3-18
3.4.3. Entalpía.	3-18
3.5. Sistema de control de acceso.	3-19
3.6. Sistema de detección y extinción de incendios.	3-20
3.7. Sistema de detección de intrusos.	3-21

## CAPÍTULO 4

<i>SISTEMA EXPERTO PARA LA CLASIFICACIÓN Y APOYO AL DISEÑO DE EDIFICIOS INTELIGENTES (SECADEI).</i>	4-1
4.1. SISTEMAS EXPERTOS.	4-1
4.1.1. Definición de sistemas expertos.	4-1
4.1.2. Antecedentes históricos	4-3
4.1.2. Funciones de un sistema experto.	4-4
4.1.3. Tipos de sistemas expertos	4-4

4.1.4. Ventajas de los sistemas expertos.	4-5
4.1.5. Arquitectura de los sistemas expertos	4-5
4.1.5.1. Usuario.	4-6
4.1.5.2. Interfaz de Usuario.	4-6
4.1.5.3. La Base de Conocimientos.	4-7
4.1.5.3.1. Niveles de conocimiento de un Sistema Experto.	4-7
4.1.5.3.2. Estructura de la base de conocimientos.	4-8
4.1.5.4. Motor de inferencia	4-9
4.1.5.4.1. La ingeniería del conocimiento.	4-10
4.1.5.4.1.1. Adquisición del conocimiento.	4-10
4.1.5.4.1.2. Representación del conocimiento.	4-11
4.1.5.4.1.2.1. Tipos de conocimiento.	4-11
4.1.5.4.1.2.2. Técnicas de Representación del Conocimiento.	4-12
4.1.5.4.1.2.2.1. Triplete Objeto-Atributo-Valor. (O-A-V).	4-12
4.1.5.4.1.2.2.2. Redes semánticas.	4-13
4.1.5.4.1.2.2.3. Marcos.	4-14
4.1.5.4.1.2.2.4. Guiones.	4-15
4.1.5.4.1.2.2.5. Lógica.	4-15
4.1.5.4.1.2.2.6. Sistemas de producción.	4-16
4.1.5.4.1.2.2.6.1. Elementos de memoria global.	4-16
4.1.5.4.1.2.2.6.2. Reglas de producción.	4-16
4.1.5.4.1.2.2.6.3. Interpretador	4-17
4.1.5.4.1.3. Métodos de inferencia.	4-17
4.1.5.4.1.3.1. El método de encadenamiento hacia adelante.	4-17
4.1.5.4.1.3.2. El método de encadenamiento hacia atrás.	4-18
4.1.5.4.1.3.3. El método de reglas de producción.	4-18
4.1.5.5. La memoria de Trabajo.	4-20
4.1.5.6. Medios para actualizar el conocimiento.	4-20
4.1.5.7. Medios para explicación.	4-20
4.2. Diseño del sistema experto.	4-21
4.2.1. Componentes del SECADEI.	4-21
4.2.1.1. La Base de Conocimientos del SECADEI.	4-22
4.2.1.2. La Memoria de Trabajo para el SECADEI.	4-23
4.2.1.3. El Motor de Inferencia del SECADEI.	4-24
4.2.1.3.1. Elección de un método de inferencia para el SECADEI.	4-24
4.2.1.3.2. Técnica de Representación del Conocimiento para el SECADEI.	4-25
4.3. Sistemas Expertos Orientados a Objetos.	4-25
4.3.1. Clases utilizadas para el SECADEI.	4-27
4.3. Implementación del sistema experto.	4-28
4.3.1. El lenguaje.	4-28
4.3.1.1. Historia de C/C++.	4-28
4.3.1.2. Características del lenguaje C/C++	4-29
4.4.1.3. Ventajas y Desventajas.	4-30
4.4.5. Estándares de Programación.	4-30
4.4.5.1. Notación utilizada.	4-30

---

4.4.6. Código del Sistema Experto. _____	4-31
4.4.7. Compilación del Sistema Experto _____	4-32
4.4.8. Ejecución. _____	4-32
4.5. Aplicación práctica del SECADEL _____	4-33

## **Conclusiones.**

### **Apéndice A. Diseño de un Edificio Inteligente utilizando el SECADEL.**

### **Apéndice B. Interfaz del SECADEL.**

### **Apéndice C. Código del SECADEL.**

### **Apéndice D. El paradigma orientado a objetos.**

## **Bibliografía.**

## **Glosario.**

---



## INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos el hombre se ha visto diferenciado y privilegiado de todas las cosas animadas de este mundo.

La diferencia estriba en varias cosas:

- La inteligencia.
- El razonamiento.
- La conciencia de sí mismo.

Es, de la inteligencia humana el punto del que nace la necesidad de autocomprensión:

"... de la inteligencia, por la inteligencia..."

Por ello se a tratado de conocer, desde siempre, los principios que la rigen. Se ha estudiado y discutido su origen, evolución y trascendencia.

Contemporáneamente no sólo los filósofos y psicólogos la estudian sino también biólogos, sociólogos y neurólogos. No es de sorprendernos entonces que esta investigación haya trascendido el ámbito puramente humano y haya llegado hasta los matemáticos, informáticos y computólogos en general, no porque no seamos humanos sino que nuestra disciplina no estudia al hombre directamente, sino que lo ayuda en lo que nos pide.

La ciencia en general ha recibido grandes beneficios de esta incorporación y gracias a ello hoy en día entendemos muchos procesos relacionados a la inteligencia humana, los cuáles han sido concebidos como modelos matemáticos y lógicos, aplicables a una computadora. Hemos podido separar, al menos en cierto grado, la inteligencia pura que se obtiene del conocimiento de la inteligencia influida por el medio en que se desarrolla, y las hemos vuelto a juntar. Gracias a este conocimiento hemos podido "animar" objetos y crear fantasías evolutivas sobre ellas.

Lo cierto es que hemos utilizado éste conocimiento para aplicarlo a nuestras actividades diarias. Es el uso de este conocimiento la mejor retribución que se pueda hacer a tantos años de trabajo y dedicación. Ese conocimiento aplicado sobre la inteligencia humana es lo que hoy se conoce como inteligencia artificial (al menos desde mi punto de vista).

Son los sistemas expertos los más exitosos pupilos de la inteligencia artificial. Los sistemas expertos se encargan de conocer, no sólo sobre la inteligencia, sino sobre esas cosas en las que el hombre se ha ahondado más y hasta ayer, hecho suyas. El conocimiento que parecía impugnable, hoy es accesible a muchos más seres humanos y ha trascendido hasta el final de los tiempos...

L.A.H.

## CAPÍTULO 1

### LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

#### 1.1. ORÍGENES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

La Inteligencia Artificial, disciplina de las Ciencias Computacionales, ha arrastrado uno de los nombres más imprecisos en todos los dominios tecnológicos.

Es importante entonces definir desde un principio lo que se entiende por "inteligencia" y por "artificial":

- **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 basado en el nivel de conocimientos individuales y en la habilidad para manipular apropiadamente y reformular dichos conocimientos y datos de entrada en función de los requerimientos de la situación o problema.
- **Artificial.** Es lo hecho por mano y arte del hombre. Falso, no natural, ficticio.

En efecto, no se cuenta con definiciones suficientemente precisas de la "inteligencia", y al agregarle el adjetivo "artificial" solamente se aumenta la confusión. Varios años de polémica al respecto no han contribuido a clarificar la cuestión; en cambio, se han delineado varias corrientes de pensamiento o enfoques:

1. Grupo formado por psicólogos, biólogos, lingüistas y filósofos que necesitan saber acerca de la inteligencia artificial para entender los principios que hacen posible la inteligencia [WINSTON92]. Es decir los que ven a la Inteligencia Artificial como un intento de reproducir el comportamiento inteligente, o simplemente la "inteligencia" que se aprecia en la naturaleza. Este enfoque recibe fuertes influencias de las ciencias naturales, la psicología [Dehn], la neurología [Kandel81], etc.
2. Grupo conformado por científicos e ingenieros que necesitan saber acerca de la inteligencia artificial para hacer a las computadoras más útiles [WINSTON92]. Ellos utilizan técnicas desarrolladas en el ámbito de la Inteligencia Artificial para resolver problemas prácticos. Esta corriente se deriva directamente del enfoque ingenieril de solución de problemas.

Desde luego, la división no es nítida, y en muchos trabajos de Inteligencia Artificial confluyen ambos enfoques. Dentro del primer enfoque hay trabajos que tratan de modelar la inteligencia tal como se produce en el ser humano (interconexión de neuronas) [KANDEL81, ARBIB72], mientras que otros tratan de reproducir el comportamiento inteligente, independientemente de los mecanismos que producen dicho comportamiento [Dehn]. Curiosamente, el modelado de la interconexión de las neuronas, que no pareciera ser de utilidad a corto plazo, ha alcanzado resultados prácticos de gran importancia, en los populares modelos de redes neuronales [Freeman91].

Históricamente se ha dicho que una máquina llegará a "pensar", es decir a tener un "comportamiento inteligente" cuando pase el "Turing Test". El "Turing Test" es la versión moderna de un juego de salón del siglo XVIII [Turing50]. Para realizarlo se necesitan dos personas y la máquina que se va a evaluar. Una de las personas es el entrevistador y se encuentra en una habitación, separado de la computadora y la otra persona. El entrevistador hará preguntas a los dos entrevistados (computadora y segunda persona) para tratar de determinar quien es la persona y quien la computadora. Todas las preguntas y respuestas son mecanografiadas. El objetivo de la máquina es hacer creer que es una persona, si lo consigue, se concluye que la máquina piensa. Es permitido para la máquina que se equivoque y responda erróneamente, tal como lo haría un humano.

Evidentemente, el "Turing Test" supone una gran capacidad por parte de las computadoras para entender el lenguaje natural, así como capacidad de razonamiento con sentido común y una amplia cultura general. [Epstein92].

Lo importante aquí es la forma en que ciertas técnicas computacionales desarrolladas en el ámbito de la Inteligencia Artificial pueden resolver efectivamente problemas reales. Este enfoque práctico se ha vuelto predominante en la comunidad de Inteligencia Artificial porque ha sido necesario justificar con resultados económicos las grandes inversiones que se han destinado a la investigación en Inteligencia Artificial.

## 1.2. DEFINICIÓN.

Existen diversas definiciones de Inteligencia Artificial, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- La inteligencia artificial estudia cómo lograr que las máquinas realicen tareas que, por el momento, son realizadas mejor por los seres humanos [Rich94].
- La inteligencia artificial es el estudio de las facultades mentales a través del uso de modelos computacionales.

- La Inteligencia Artificial es la parte de la ciencia computacional que se encarga del diseño de sistemas computacionales inteligentes, esto es, sistemas que exhiben las características que asociamos con la inteligencia humana (su ambiente, entendimiento del lenguaje, aprendizaje, razonamiento, solución de problemas, etc.).
- La Inteligencia Artificial es el estudio de las facultades mentales (procesos mentales de alto nivel, tales como: la visión, el lenguaje, el aprendizaje, la deducción, la planeación y la conversación) a través del uso de modelos computacionales. De la anterior definición nos enfocamos en los conceptos y técnicas usadas para crear modelos computacionales de inteligencia. [Charniak85, Tracy97].
- La Inteligencia Artificial es la ciencia del cómputo cuyo campo de estudio concierne el desarrollo y uso de sistemas computacionales que tienen alguna semejanza con la inteligencia humana, incluyendo ciertas operaciones como el reconocimiento y uso del lenguaje natural, solución de problemas, selección de alternativas, reconocimiento de patrones, generalización basada en la experiencia y análisis de nuevas situaciones.

Como se puede apreciar es necesario llegar a una conclusión al respecto, ya que los dos enfoques de los que anteriormente hablamos (filosófico/psicológico y científico/ingenieril) tienen aspectos en común que nos pueden ayudar a formarnos una idea más clara de lo que es la Inteligencia Artificial:

*Inteligencia Artificial es la ciencia del cómputo que busca y desarrolla los métodos para solucionar, por medio de computadoras, los problemas que el hombre resuelve a través de la inteligencia, el sentido común y la experiencia.*

### 1.3. OBJETIVO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

La Inteligencia Artificial ha hecho suyo el gran objetivo científico de construir una teoría de la inteligencia basándose en el proceso informático.

El principal objetivo de la investigación en el campo de la Inteligencia Artificial es producir máquinas que hagan cosas que, si no existieran los humanos, requerirían su inteligencia.

## 1.4. TÉCNICAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Una técnica de 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.
- Puede usarse para ayudar a superar su propio volumen.

Dentro del enfoque ingenieril de la Inteligencia Artificial, se resalta la importancia de un conjunto de técnicas que pueden ser usadas como herramientas en la solución de problemas de la inteligencia artificial e incluso algunas de ellas se han convertido en objeto de estudio de la inteligencia artificial.

Dentro de las técnicas básicas de la inteligencia artificial, así llamadas por encontrarse en la base de diversas aplicaciones de Inteligencia Artificial podemos encontrar entre otras las siguientes:

- 1.4.1. Búsqueda de Soluciones.
- 1.4.2. Representación del conocimiento.
- 1.4.3. Deducción automática.
- 1.4.4. Aprendizaje automático.
- 1.4.5. Programación simbólica.

Estas técnicas proveen los ingredientes más fundamentales de los que se hacen las aplicaciones para las áreas propiamente dichas de la Inteligencia Artificial [Winston84].

### 1.4.1. BÚSQUEDA DE SOLUCIONES.

Las búsquedas proporcionan una forma de resolver los problemas en los que no se dispone de un método más directo tan bueno como una estructura en la que empotrar algunas técnicas directas existentes.

Uno de los grupos de técnicas básicas de la Inteligencia Artificial son los métodos de búsqueda de soluciones. Se parte de un problema en que se sabe como generar posibles soluciones. Por ejemplo, en el problema de encontrar la ruta más corta entre dos ciudades A y B enlazadas por una red de carreteras, cada ruta va a ser una lista de carreteras recorridas. Así, para el mapa de la figura 1.1, una posible ruta de A a B es la lista (A, C, G, D, E, F, G, C, B).

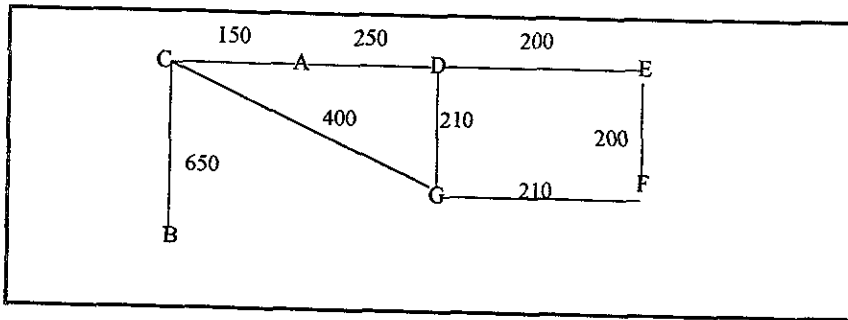


Fig. 1.1. Mapa de una red de carreteras

Una solución aparentemente simple consiste en obtener todas las rutas posibles en la gráfica, tomar aquellas que unan A con B, y finalmente seleccionar entre estas a la de menor costo. La desventaja de este método es que requiere una gran cantidad de cálculos, de los cuales la mayor parte se desperdician.

A esta explosión de soluciones posibles a examinar se le llama "combinatoria", y es el enemigo a vencer por excelencia en la mayoría de los problemas de Inteligencia Artificial.

Una idea "inteligente" podría ser buscar, a partir de la ciudad A, solamente los caminos que "acerquen" a B, lo cual requiere conocer el mapa para saber si nos acercamos o nos alejamos de B. El defecto de esta solución es que tal vez la solución más corta requiere momentáneamente alejarse de B para después llegar a ella por una mejor ruta (esto ocurre en el mapa de la figura 1.1.). Es decir, la idea "inteligente" (que se acostumbra llamar "heurística" en el lenguaje de la Inteligencia Artificial) no garantiza encontrar la mejor solución, pero si una de las mejores. Para muchos problemas de gran complejidad, es preferible sacrificar el óptimo absoluto con tal de reducir drásticamente la cantidad de posibles soluciones a revisar.

## 1.4.2. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO.

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 el problema de resolver.

Podemos representar el conocimiento de este problema como una tabla en la que tenemos las distancias entre las ciudades unidas por la red carretera (Tabla 1.1.). Dicha tabla puede ser vista como una función  $\text{distancia\_directa}(X,Y)$  que nos da la distancia de X a Y, que son dos ciudades directamente comunicadas por carretera.

En general las representaciones del conocimiento usadas en Inteligencia Artificial son colecciones estructuradas de datos simbólicos, como en este ejemplo, aunque hay casos en los que se usan representaciones que incluyen números reales y datos continuos en vez de datos discretos y símbolos; estos se producen sobre todo en los sistemas de reconocimiento de formas y análisis geométrico de la Robótica, así como en las redes neuronales.

Las representaciones del conocimiento usadas en la tecnología de los Sistemas Expertos [Hayes-Roth87] han llegado a ser más conocidas que otras representaciones. Entre ellas encontramos principalmente las llamadas "reglas de producción", que son estructuras de la forma "Si la condición C es cierta, se ejecuta la acción A".

Otra representación que se ha abierto paso recientemente es la de los "frames" [Maida87], relacionada con la estructuración orientada a objetos de los sistemas computacionales. Consiste en declarar estructuras de "objetos" que tienen atributos ("slots"); las acciones a ejecutar son lanzadas al momento de acceder algunos de los atributos.

	A	B	C	D	E	F	G
A	0		150	250			
B		0	650				
C	150	650	0				400
D	250			0	200		210
E				200	0	200	
F					200	0	210
G			400	210		210	0

Tabla 1.1. Distancia entre ciudades conectadas directamente por carreteras

Para cada problema en particular se puede buscar una representación "adecuada" del conocimiento existente. La adecuación de la representación elegida depende de como se vaya a explotar el conocimiento.



Cada representación del conocimiento esta asociada a una manera de explotar dicho conocimiento, y la eficiencia de cualquier representación no puede juzgarse independientemente del mecanismo de explotación. Así, las reglas de producción "Si condición entonces conclusión", están ligadas a los mecanismos estándares de "encadenamiento hacia adelante" y "encadenamiento hacia atrás". Similarmente, las representaciones basadas en objetos están asociadas a mecanismos que explotan la herencia de propiedades. En muchos "shells" comerciales (paquetes computacionales especializados para el desarrollo y explotación de los sistemas expertos) se ofrecen combinaciones de mecanismos de representación y explotación del conocimiento, buscando aumentar la flexibilidad para el usuario, pero muchas veces reduciendo la solidez formal del sistema resultante.

Podemos distinguir diversas formas de conocimiento, según el problema a atacar y el punto de vista que se adopte, siendo las principales las siguientes:

- Conocimiento general: leyes que se cumplen sobre un conjunto de objetos. Puede presentarse como fórmulas matemáticas o lógicas, o de manera informal, en 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 puede representar mediante diagramas de flujo, algoritmos, etcétera.
- Conocimiento factual: hechos, como en el caso de la tabla de distancias.
- Metaconocimiento: conocimiento sobre el conocimiento. Puede ser una forma extremadamente importante de conocimiento, sobre todo en sistemas que aprenden.

### 1.4.3. DEDUCCIÓN AUTOMÁTICA.

Puesto que las computadoras aún no son muy buenas en la demostración de teoremas realmente complicados, se ha construido una "máquina demostradora de teoremas" que corresponda más estrechamente a los procesos usados en la demostración humana de teoremas a través de la técnica de deducción automática.

Es así como una de las capacidades del comportamiento "inteligente" que ha sido capturada más eficazmente por la computadora es la capacidad de efectuar "razonamientos" correctos, es decir, en algunos casos obtener conclusiones que se desprenden como consecuencia de datos existentes, o bien, verificar si un dato no contradice los datos existentes, esto es la deducción automática.

Por ejemplo en el mapa de carreteras de la figura 1.1 podemos decir que si existe una ruta que me permite llegar de A a B y también puedo llegar de B a C, entonces podemos "concluir" que se puede llegar a A y C por la red de carreteras. Para poder hacer que la computadora realice tales "razonamientos" es necesario precisar muy detalladamente la manera en que se pueden obtener soluciones a partir de las premisas, también se requiere expresar la información en un lenguaje de forma muy precisa.

Uno de los lenguajes más utilizados para efectuar razonamientos mecánicos es la Lógica[Genesereth87]. Por ejemplo, en lógica podríamos expresar las premisas del ejemplo de ciudades como:

- hay\_ruta (A, B).
- hay\_ruta (B, C).

En la lógica se puede declarar casi cualquier información; los casos en que la lógica estándar no es suficiente son muy específicos como para verlos aquí.

La forma de extraer conclusiones de las premisas es mediante las Reglas de Inferencia. Una regla de inferencia conocida desde los tiempos de los griegos es la llamada "modus ponens", que tiene la siguiente forma:

Si se sabe que siempre que P es cierto entonces Q es cierto,  
y se sabe que actualmente P es cierto  
Entonces Q es cierto.

Además de las reglas de inferencia y de las informaciones elementales puede ser necesario contar con unas premisas de uso general, conocidas como Axiomas. En el ejemplo de las carreteras, un axioma podría ser como sigue:

Para cualquier X y Y, si hay\_ruta(X,Y) y  
hay\_ruta (Y,Z) entonces hay\_ruta(X,Z).

Es muy sencillo aplicar el axioma de las carreteras y el modus ponens para obtener, a partir de hay\_ruta(A,B) y hay\_ruta(B,C) la conclusión hay\_ruta(A,C); simplemente tenemos que reemplazar los datos reales por las variables, esto es, A por X, B por Y y C por Z.

Puede parecer curioso que con mecanismos tan simples como los que hemos descrito se puedan hacer sistemas de razonamiento mecánico de utilidad práctica. De hecho, el modus ponens es solo un ejemplo de reglas de inferencia; hay muchas reglas de inferencia propuestas y muchas estrategias para hacer eficiente el proceso de razonamiento.

Otros términos relacionados con el razonamiento automático son:

- Inferencia, deducción: Son términos que denotan el proceso de extraer una conclusión a partir de las premisas.
- Cálculo proposicional: Es el lenguaje más primitivo de la lógica, en que los símbolos representan afirmaciones completas; por ejemplo el símbolo  $\text{PerroAnimal}$  puede significar que es cierto que el perro es un animal. Cada símbolo es atómico (no tiene estructura interna), y solo puede ser cierto o falso (pero no ambos).
- Contradicción: Un conjunto de proposiciones es contradictorio cuando se considera cierta tanto una afirmación  $P$  como su negación (indicada como  $\neg P$ ).
- Cálculo de predicados: Es un lenguaje más sofisticado que el cálculo proposicional; se distingue el sujeto y el predicado de las afirmaciones; por ejemplo  $\text{animal(perro)}$  indicaría que "perro" es un animal.
- Prueba Automática de teoremas: Es una forma de razonamiento mecánico en que la conclusión ya está dada, y hay que encontrar una secuencia de pasos para llegar a la conclusión. Cada paso es una aplicación de alguna de las reglas de inferencia.
- Prueba por refutación: Para probar que una conclusión  $C$  es consecuencia de unas premisas  $P$ , se supone falsa la conclusión, y se prueba que  $P$  junto con  $\neg C$  es contradictorio.

Actualmente existen sistemas computacionales que efectúan deducciones automáticas en forma sumamente eficiente [McCune90], y que pueden ser integrados como componentes dentro de otros sistemas.

Además de los sistemas de razonamiento automático de uso general, existen sistemas deductivos para un propósito en particular, como por ejemplo, ingeniería de software [Smith90]. Otros sistemas de deducción automática se especializan en efectuar razonamientos que involucran al tiempo (razonamiento temporal) o al espacio físico (razonamiento espacial); ambas formas encuentran aplicación en la Robótica.

De hecho los Sistemas Expertos utilizan formas restringidas de razonamiento automático, que varían según la representación del conocimiento que haya sido utilizada (reglas, objetos, etc.).

#### 1.4.4. APRENDIZAJE AUTOMÁTICO.

Una de las capacidades más importantes en un sistema inteligente es que no dependa exclusivamente de lo que el programador ponga en él, sino que sea capaz de mejorar su comportamiento con base en su propia experiencia; esto es lo que se llama "aprendizaje automático" [Michalski83].

Cabe decir que uno de los mitos de la Inteligencia Artificial es que las máquinas pueden aprender cosas nuevas "por simple observación de su medio". En realidad, para que un sistema computacional sea capaz de "aprender" algo, es necesario establecer un marco restringido en el cual se desarrolle el aprendizaje. Vamos a ilustrar esto con el ejemplo de la red de carreteras.

Supóngase que un robot trata de encontrar, por ensayo y error, la ruta de A a B (véase la Figura 1.2.), y que después de dar algunas vueltas llega al objetivo. Sea (A, C, G, D, E, F, G, C, B) la ruta seguida por el robot. Entonces, si el robot fue memorizando la ruta seguida, puede luego procesarla de manera "inteligente"; lo menos que puede hacer es eliminar de esta los ciclos. Haciendo esta operación se llega a la ruta (A, C, B), que es lo que el robot "aprendió". Para regresar de B a A ya no tiene que hacer ensayos, y puede seguir la ruta (A, C, B) invertida, esto es, (B, C, A). Este ejemplo, aunque simple, nos muestra una característica esencial del aprendizaje: es necesario memorizar partes de la realidad, pero también hay que olvidar otras. En el ejemplo, el robot "olvida" los ciclos.

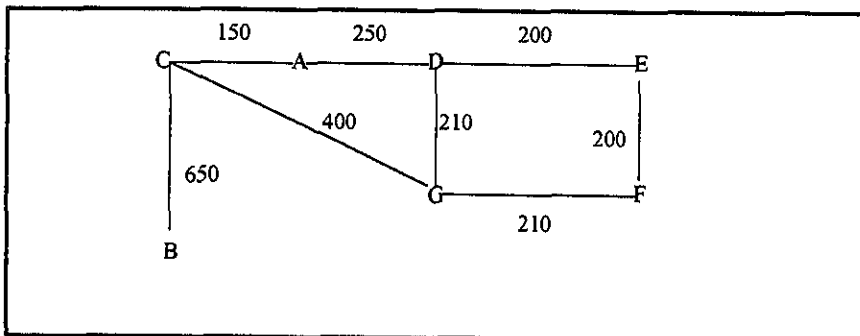


Fig. 1.2. Mapa de una red de rutas, ejemplo para un robot.

Como se ve en el ejemplo, es necesario saber el tipo de informaciones que va a aprender el sistema, y mediante cuales mecanismos va a adquirir esas informaciones.

El aprendizaje simbólico no es la única forma posible, y es frecuente encontrar sistemas de Inteligencia Artificial en que el aprendizaje consiste en ajustar los valores numéricos de ciertos parámetros. Un caso muy común en Inteligencia Artificial es el ajuste de coeficientes en las funciones que evalúan que tan "propicia" o favorable es una situación dada. Este problema es importante cuando se quiere examinar que acción, entre varias alternativas posibles, lleva a una situación más favorable. Un caso típico es el de los juegos competitivos (ajedrez, backgammon, etc.). En este sentido es pionero el programa de juego de damas de Samuel [Samuel59], que mejoraba su rendimiento "aprendiendo" de sus mismos juegos, mediante simple ajuste de coeficientes.

#### 1.4.5. PROGRAMACIÓN SIMBÓLICA.

Ante la necesidad de probar sus ideas en sistemas computacionales que arrojaran resultados observables, los investigadores de la Inteligencia Artificial se enfrentaron a la falta de adecuación de las herramientas de desarrollo existentes en la época (los 60's). La solución consistió en desarrollar sus propias herramientas.

En particular, el grupo liderado por John McCarthy desarrollo un lenguaje de programación llamado LISP, así como su intérprete computacional [McCarthy60]. Aunque hoy en día se presenta al lenguaje LISP como parte de una tendencia "moderna" en programación, a saber, la programación llamada "funcional" [Hudak89], en realidad es tan antiguo como FORTRAN.

Debemos hacer notar que el lenguaje LISP no fue creado con la intención de proponer un lenguaje funcional, sino crear un ambiente de desarrollo apropiado para la Inteligencia Artificial. En este sentido ha sido extremadamente útil, habiéndose programado hasta la fecha miles de programas de Inteligencia Artificial en LISP, en campos tan diversos como Robótica y visión y el diagnóstico médico.

El lenguaje LISP es adecuado para aplicaciones de Inteligencia Artificial porque permite el manejo de símbolos en forma simple; de hecho no hay la barrera entre el símbolo y su representación, como ocurre en lenguajes como Pascal o C. Por otra parte, LISP es un intérprete que permite ejecutar inmediatamente ("evaluar") las expresiones que constituyen los programas, facilitando el prototipaje. Además, usa una misma estructura de datos (las listas, o s-expresiones) tanto para datos como para programas, lo que permite una mayor generalidad y uniformidad.

El uso de LISP para programar los sistemas de Inteligencia Artificial trajo consigo la necesidad de una mayor capacidad de cómputo, pues el intérprete de LISP tiende a funcionar más lentamente que un programa objeto en lenguaje de máquina (esto es, compilado).

En un intento por resolver este problema, se desarrollaron plataformas de hardware especializadas en ejecución de LISP, llamadas "máquinas LISP", las cuales en cierta forma tienen a LISP como su lenguaje de máquina y también como su lenguaje de comandos. Estos sistemas (vgr. Symbolics) han llegado a un grado de rendimiento y sofisticación notables.

Otra solución para mejorar el rendimiento en problemas que requieren de un gran poder de cálculo es el uso de arquitecturas paralelas: al ejecutar simultáneamente un gran número de operaciones, se incrementa el rendimiento global. Desde luego, el uso del paralelismo es más eficaz cuando se aplica a problemas que son inherentemente paralelos, como es el caso del análisis de imágenes.

Sin embargo, el problema de la eficiencia de ejecución de LISP ha sido paliado con la llegada de sistemas computacionales de alto rendimiento a precios accesibles (las llamadas "estaciones de trabajo" o "workstations" con procesadores RISC)

En el campo de la Inteligencia Artificial, actualmente LISP no es la única alternativa apropiada para el desarrollo de aplicaciones, y debemos considerar tanto otros lenguajes simbólicos de propósito general como Prolog[*Sterling86*] (programación lógica), como lenguajes específicos orientados a ciertas aplicaciones o formas de desarrollo, como los "shells" de los Sistemas Expertos. Por otra parte, en un afán de eficiencia computacional, así como de portabilidad, varios sistemas recientes de Inteligencia Artificial han sido programados en el lenguaje C (por ejemplo, [*McCune90*]).

## 1.5. APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Las aplicaciones que se han desarrollado con técnicas de la Inteligencia Artificial, es decir, en áreas que caen fuera de la Inteligencia Artificial, pero a las cuales esta última les ha aportado soluciones y que podemos ver como "clientes" de la Inteligencia Artificial son:

- Ingeniería.
- Medicina.
- Sistemas de Manufactura.
- Administración.
- Finanzas.
- Apoyo a la Toma de Decisiones Gerenciales, etc.

Dentro de estas aplicaciones existen diversos tipos o clases de aplicaciones:

- Diagnóstico.
- Predicción.
- Secuenciamiento de operaciones ("Scheduling").
- Diseño.
- Identificación de Sistemas.
- Interpretación de datos.

A continuación se muestra un cuadro resumen que contiene algunas aplicaciones de la Inteligencia Artificial:

Tareas de la vida diaria.	Tareas formales.	Tareas de los expertos.
1. Percepción. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visión.</li> <li>• Habla.</li> </ul> 2. Lenguaje Natural. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión.</li> <li>• Generación.</li> <li>• Traducción.</li> </ul> 3. Sentido común.           4. Control de un robot.	1. Juegos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajedrez.</li> <li>• Damas.</li> </ul> 2. Matemáticas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometría.</li> <li>• Lógica.</li> <li>• Cálculo integral.</li> </ul> 3. Demostración de las propiedades de los programas.	1. Ingeniería. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño.</li> <li>• Detección de fallos.</li> <li>• Planificación de la manufacturación.</li> </ul> 2. Análisis científico.           3. Diagnóstico médico.           4. Análisis financiero.

Tabla 1.2. Aplicaciones de la Inteligencia Artificial.

## 1.6. ÁREAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Aunque el campo de la Inteligencia Artificial es amplio, los temas fundamentales que trata y que explicaremos a continuación son:

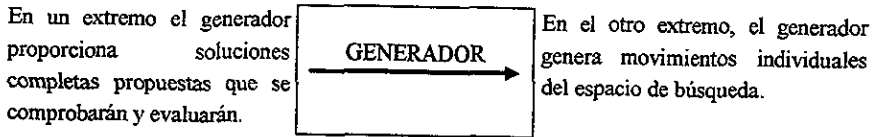
- 1.6.1. Juegos.
- 1.6.2. Demostración de Teoremas.
- 1.6.3. Sistemas Expertos.
- 1.6.4. Programación Automática.
- 1.6.5. Percepción.
- 1.6.6. Resolución general de problemas.
- 1.6.7. Procesamiento del Lenguaje Natural.
- 1.6.8. Algoritmos genéticos.
- 1.6.9. Redes neuronales.
- 1.6.10. Robótica.
- 1.6.11. Recuperación Inteligente de Datos de una Base de datos.

### 1.6.1. JUEGOS.

Hay dos razones para que los juegos sean dominio de exploración de la Inteligencia Artificial:

- a) Proporcionan una tarea estructurada en la que es muy fácil medir el éxito o el fracaso.
- b) Se requiere una gran cantidad de conocimientos.

Debido a estas razones los "Juegos" necesitan alguna clase de procedimiento de búsqueda heurística, generalmente los procedimientos de búsqueda son procedimientos de generar/comprobar, en donde la comprobación se realiza después de cantidades variables de trabajo realizadas por el generador.



En un juego, los movimientos legales proporcionan la manera de llegar desde el estado inicial hasta el estado-meta. La forma ideal de usar un procedimiento de búsqueda para encontrar una solución a un problema es generar movimientos a través del espacio del problema hasta que se encuentra un estado-meta, que es aquel en el cual ganamos.

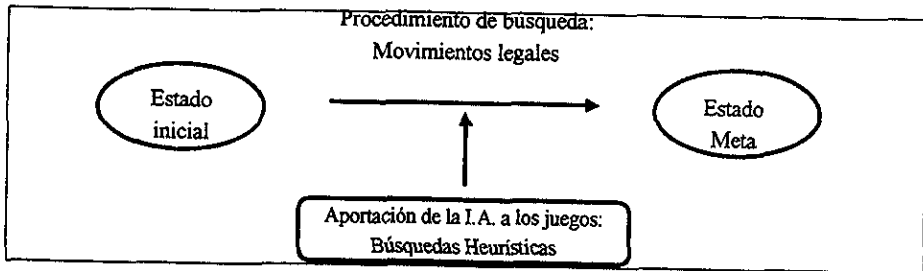


Fig. 1.2. Logro de la meta en un juego mediante técnicas de I.A.

Mirándolo así, está claro que para mejorar la efectividad de un programa resolutor de problemas basado en la búsqueda, existen dos opciones:

- 1. Mejorar el procedimiento de generación de forma que sólo se generen buenos movimientos o caminos.



2. Mejorar el procedimiento de comprobación para que sólo se reconozcan y exploren en primer lugar los mejores movimientos.

En programas de juegos es particularmente importante que se hagan ambas cosas. Puesto que el procedimiento de comprobación deberá atender a cada una de los movimientos legales, el procedimiento de comprobación debe evaluar tantas posibilidades de la forma más rápida.

Con un generador de movimientos más selectivo, el procedimiento de comprobación puede permitirse el lujo de gastar más tiempo en evaluar cada uno de los movimientos que se le proporcionan. Por tanto, puede producir un resultado más fiable. Así pues, al incorporar conocimientos heurísticos tanto en el generador como en el comprobador, se mejora la actuación del sistema global.

Jugar juegos bien, representa enfrentarse a una avasalladora explosión combinatoria que se genera, para evitarla debe de hacerse una excelente representación de la información y usar esa información de forma eficiente cuando se busque una solución.

### 1.6.2. DEMOSTRACIÓN DE TEOREMAS.

La demostración de teoremas tiene inicialmente como objetivo la demostración de proposiciones en distintas áreas de la matemática.

El encontrar una demostración o refutación de un teorema presentado como conjetura, se considera normalmente como una tarea inteligente. No sólo requiere la capacidad de extraer deducciones a partir de hipótesis, sino que exige destrezas intuitivas tales como la de hacer conjeturas sobre qué lemas deberían ser probados antes para facilitar la demostración del teorema principal, basado en gran cantidad de conocimiento especializado para prever con cierta seguridad qué teoremas previamente demostrados serán útiles en la demostración que se trata de realizar y para fraccionar el problema en subproblemas en los que pueda trabajar independientemente.

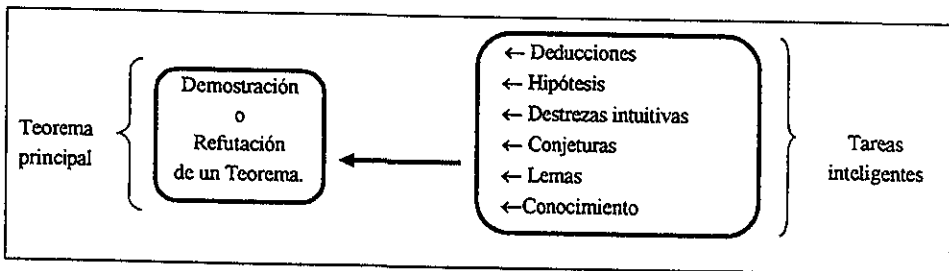


Fig. 1.3. Demostración de teoremas.

### 1.6.3. SISTEMAS EXPERTOS.

Los sistemas expertos proporcionan a los usuarios humanos conclusiones técnicas sobre materias especializadas. Un problema clave en el desarrollo de sistemas expertos de consulta es encontrar la forma de representar y usar el conocimiento que los humanos expertos en esas materias poseen y usan. Este problema se hace más difícil por el hecho de que el conocimiento de los expertos es a menudo impreciso, dudoso o anecdótico.

Se emplean técnicas de deducción basada en reglas de la Inteligencia Artificial. En ellos, el conocimiento experto se representa como un conjunto de numerosas reglas simples, y estas reglas se usan para guiar el diálogo entre el sistema y el usuario y para deducir conclusiones.

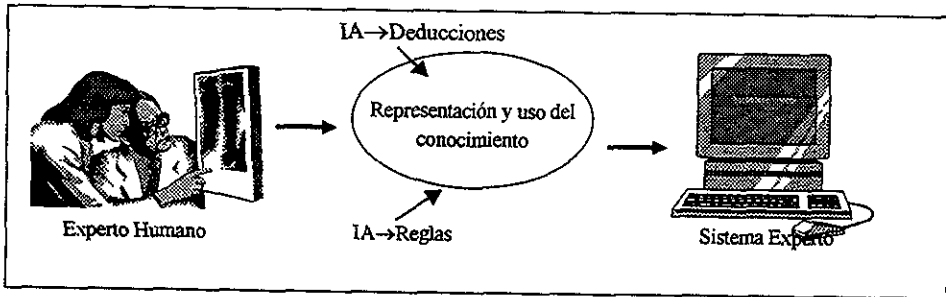


Fig.1.4. Creación de un Sistema Experto.

Un sistema basado en conocimiento es un sistema computarizado que intenta reproducir las actividades inteligentes específicas de un experto humano. Los expertos toman decisiones y dan recomendaciones, como a quien otorgarle un préstamo bancario, desarrollan tareas, tales como ajustar los controles de temperatura en una planta manufacturera. Ellos también asisten y entrenan otros para desarrollar actividades o tareas y tomar decisiones. Los sistemas basados en conocimientos pueden hacer estas actividades inteligentes. Típicamente, los sistemas basados en conocimientos permiten a los usuarios que tienen un problema el consultar el sistema computarizado como si fuese un experto humano del que se pudiese tomar consejo.

Tal y como un experto humano, pueden extraer información adicional del usuario al hacerle preguntas relacionadas con el problema durante la consulta. Pueden también responder a preguntas hechas por el usuario sobre porque cierta información es requerida. Pueden hacer recomendaciones o tomar decisiones sobre el problema al final de la consulta, y pueden explicar los pasos de razonamiento que fueron usados para llegar a la conclusión. En algunas situaciones, pueden analizar un problema y tomar acciones correctivas directamente.

Una Base de Conocimientos es una colección de conocimiento experto. Puede incluir cualquier cosa que represente información básica sobre un campo de conocimiento hasta guías para razonar sobre esa información con el objetivo de tomar decisiones y realizar tareas.

Los Sistemas basados en conocimiento expertos(EKBS) son comúnmente llamados Sistemas Expertos, es decir, los sistemas basados en conocimiento en la práctica son llamados sistemas expertos por simplicidad.

La relación entre los sistemas basados en conocimiento y los sistemas expertos es fácil de definir. Los sistemas basados en conocimientos son sistemas en los cuales la base de conocimientos es en gran medida distinta del mecanismo de inferencia. Los Sistema Expertos es un termino general usado para describir una amplia gama de sistemas de computación más avanzados como son:

- Sistemas interactivos de soporte a las decisiones (DSS)
- Sistema de información ejecutiva(EIS)
- Sistemas de información para al administración(MIS), generan reportes para la alta gerencia.
- Sistemas de soporte ejecutivo, que combinan a los DSS y MIS

La gente que se encuentra involucrada en el Desarrollo de un Sistema Experto es:

- Experto del Dominio. Es una persona que posee las habilidades y el conocimiento necesarios para solucionar un problema específico más eficientemente que la mayoría de las personas. La diferencia entre un experto y alguien que no lo es radica en el conocimiento experto que el primero posee sobre un problema, el cual no tiene por que ser necesariamente un problema complejo.
- Ingeniero de Conocimiento. Es la persona que diseña, construye y prueba un sistema experto. El ingeniero de Conocimiento debe buscar revelar los conceptos claves del problema y los métodos de solución del problema usados por el experto humano durante una serie de entrevistas con él. También debe organizar el conocimiento de manera que pueda ser efectivamente mapeado en el sistema experto. En particular, debe estructurar el conocimiento y métodos de solución del problema de tal forma que permita al sistema experto el solucionar los problemas de manera similar al de un experto humano. 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 de que tan bien se ajuste el sistema a las necesidades del usuario final.

### 1.6.3.1. VENTAJAS.

El atractivo de un sistema experto es fundamentalmente su disponibilidad y conveniencia. A diferencia de un humano que tiene que dormir, comer, descansar, tomar vacaciones, etc. el sistema experto está disponible durante las 24 horas del día, todos los días del año. Además, pueden crearse muchos sistemas expertos, mientras que hay un número limitado de humanos expertos. En suma, a diferencia de los humanos, el experto computarizado nunca muere, llevándose sus conocimientos con él. Los conocimientos de un sistema experto pueden ser copiados y almacenados fácilmente, siendo muy difícil la pérdida de estos.

Otra ventaja de los sistemas expertos sobre los humanos es que el experto computarizado siempre está a pleno rendimiento. Cuando un humano se cansa, la exactitud de sus consejos puede decaer. Sin embargo, el experto computarizado siempre proporcionará las mejores opiniones posibles, dentro de las limitaciones de sus conocimientos.

Otra ventaja menos importante de un sistema experto radica en su falta de personalidad. Las personalidades no son siempre compatibles. Si no se lleva bien con el humano experto, puede que se encuentre reticente a recabar sus conocimientos. La situación contraria también puede ser cierta, un humano experto al que no le agrada el usuario puede que no le suministre una información fidedigna. Por el contrario, un experto computarizado no tiene, o al menos no debería tener personalidad, de manera que estos problemas desaparecen.

Una última ventaja de un sistema experto está en que después de que un experto computarizado exista, se puede crear un nuevo experto simplemente copiando el programa de una máquina a otra. Un humano necesita mucho tiempo para convertirse en un especialista en ciertos campos, lo que hace difícil que puedan aparecer nuevos especialistas humanos.

### 1.6.3.2. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.

- **Análisis e interpretación:** se utilizan para analizar grandes cantidades de información y proporcionar alguna recomendación.
- **Predicción:** Los sistemas expertos son utilizados para predecir resultados o deducir consecuencias futuras basándose en datos y hechos.
- **Diagnóstico y depuración:** Los sistemas expertos pueden utilizarse para detectar errores y sugerir acciones correctivas.
- **Control:** Se utilizan sistemas expertos para el control de procesos.
- **Diseño:** se refiere a la creación de un nuevo producto, dispositivo o procedimiento. (Ejemplo programas CAD (diseño asistido por computadora)).
- **Planificación:** elaborar un plan significa construir una serie de acciones para alcanzar una meta.

- Enseñanza: Un sistema experto puede utilizarse para la enseñanza dado el conocimiento que almacena.

### 1.6.3.3. EJEMPLOS DE S.E. COMERCIALES.

Si no hubiera sido por un sistema experto llamado MYCIN, los sistemas expertos habrían permanecido en los laboratorios de investigación sobre IA y no hubieran progresado en el mundo exterior. Uno de los mayores problemas de imagen de la IA ha sido que muchas personas, incluyendo algunos programadores, pensaban que las técnicas de IA funcionaban únicamente con problemas sencillos que requieran un conjunto de reglas y asunciones estrictas. Estas personas creían que la IA nunca podría usarse para resolver problemas complicados. MYCIN cambió todo eso.

MYCIN fue el primer sistema experto de éxito mundial. Desarrollado en la Universidad de Stanford en la mitad e los setenta, fue diseñado para ayudar a los médicos a diagnosticar algunas enfermedades bacterianas. El diagnóstico de enfermedades es en esencia una tarea basada en la comparación de los síntomas mostrados por un paciente con los síntomas propios de una enfermedad hasta que se encuentra la relación. El problema es que resulta difícil para un médico diagnosticar rápida y confiadamente todas las innumerables enfermedades que existen. MYCIN satisfizo esta necesidad confirmando el diagnóstico.

Otro ejemplo de la viabilidad comercial de los sistemas expertos es el PROSPECTOR, que fue creado en 1978 por Richard Duda, Peter Hard y Rene Reboh. PROSPECTOR es un experto en geología: predice la posibilidad de que ciertos depósitos de minerales se encuentren en una región en particular. Ha habido distintas variaciones en este programa, incluyendo programas que pueden predecir el descubrimiento de petróleo, gas natural y helio.

El comienzo de la década de los ochenta vio la introducción de sistemas expertos que podían proporcionar consultas de impuestos, consejos sobre seguros y ayuda legal. Muchos programadores creyeron que hacia finales de los ochenta, habría un amplio mercado para los sistemas expertos personales que pudieran utilizarse en casa o en la oficina. Estos sistemas serán expertos en muchas áreas, desde jardinería a reparación de automóviles. De hecho, los sistemas expertos pueden considerarse como los programas más comúnmente ejecutados en computadoras personales.

### 1.6.4. PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA.

La programación automática es como un "super compilador" o programa que podría recibir una descripción a muy alto nivel de lo que el programa debe realizar, y construirlo. La descripción a alto nivel podría ser una sentencia precisa en un lenguaje formal tal como el cálculo de predicados, o podría ser también una somera descripción, que requeriría ulterior diálogo entre el sistema y el usuario para resolver ambigüedades.

La programación automática se relaciona con la tarea de probar que un programa dado lleve a un determinado resultado. La noción de depuración es una estrategia de resolución de problemas, que insiste en obtener desde el principio una solución exenta por completo de defectos.

### 1.6.5. PERCEPCIÓN.

El proceso de la percepción tiene como entrada, datos complejos que requieren de "comprensión". Esta "comprensión" necesita una amplia base de conocimiento acerca de las cosas que han de ser percibidas (vistas y oídas). La percepción implica la interpretación de la vista, los sonidos, los olores, y el tacto. La acción incluye la habilidad de navegar por el mundo y de manipular objetos.

El propósito del proceso de percepción completo es producir una representación condensada que sustituya los datos de entrada cuya inmensidad y crudeza los hace directamente inmanejables.

La principal dificultad que se encuentra en la percepción de una escena es el enorme número de descripciones posibles que aparecen como candidatos a que el sistema se interese por ellas.

Estas hipótesis se comprueban entonces por detectores especializados en componentes de descripciones, el resultado de esas comprobaciones permite, a su vez, formular mejores hipótesis. Este paradigma de hipótesis y comprobación se aplica en muchos niveles del proceso de percepción.

### 1.6.6. RESOLUCIÓN GENERAL DE PROBLEMAS.

Los cuatro principales pasos que se requieren para construir un sistema que resuelva un problema particular son:

1. Definir el problema con precisión, debe incluir especificaciones precisas de las situaciones iniciales y finales que constituyen soluciones aceptables del problema.
2. Analizar el problema. Unas pocas características muy importantes pueden tener un impacto inmenso en la adecuación de las diversas técnicas posibles para resolver el problema.
3. Aislar y representar el conocimiento necesario para resolver el problema.
4. Escoger la mejor técnica que resuelva el problema y aplicarlas al problema particular.

La representación como espacio de estados surge como un conjunto de estados, que corresponden a un estado inicial y a un conjunto de reglas que nos lleven hacia algún estado final. Esta misma clase de representación también es útil para problemas peor estructurados que surgen de modo más natural, aunque puede ser necesario el uso de estructuras más complejas de una matriz para describir un estado individual.

La representación del espacio de estado forma la base de casi todos los métodos de Inteligencia Artificial. Su estructura corresponde a la estructura de resolución de problemas:

- Permite definir formalmente un problema como la necesidad de convertir una situación dada en una deseada, usando un conjunto de situaciones permisibles.
- Permite definir el proceso de solución de un problema concreto como una combinación de técnicas conocidas (representadas por una regla que define un movimiento en el espacio) y de búsqueda, la técnica general de exploración en el espacio intenta encontrar alguna ruta desde el estado actual hasta el estado objetivo. La búsqueda es un proceso importante en la resolución de problemas difíciles para los que no se dispone de técnicas más directas.

### 1.6.7. PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL.

Ha resultado muy difícil desarrollar sistemas informáticos capaces de generar y “entender” incluso simples fragmentos de un lenguaje natural y es que el lenguaje ha evolucionado como medio de comunicación entre seres inteligentes.

En principio el lenguaje sirve para transmitir una porción de “estructura mental” de un cerebro a otro, bajo circunstancias en las que ambos poseen estructuras mentales extensas y muy semejantes, que les proporcionan un contexto común. Además, parte de esas estructuras mentales similares permite a cada uno de los participantes saber que el otro la posee también y que podrá y querrá utilizarla para realizar ciertos procesos durante los “actos” de comunicación.

El generar y comprender un lenguaje encierra un problema de codificación y decodificación de enorme complejidad.

Por lo tanto se ha dividido la tarea global del procesamiento del lenguaje en dos partes:

1. Procesamiento del lenguaje escrito, usando conocimiento léxico, sintáctico y semántico sobre el lenguaje, además de la información que se necesita sobre le mundo real.

2. Procesamiento del lenguaje oral, usando toda la información anterior más un conocimiento adicional sobre fonología, así como suficiente información adicional para manejar las posibles ambigüedades que pudieran surgir en el habla.

El procesamiento del lenguaje natural incluye tanto comprensión como generación, así como otras tareas como traducción multilingüe. Una forma interesante de resumir el problema de la comprensión del lenguaje natural que se ha descrito es contemplarlo también como un problema de verificación de restricciones.

La verificación de restricciones proporciona un marco de trabajo razonable para contemplar la amplia colección de pasos que en conjunto crean el significado de una oración. Las restricciones de que hablamos son las relativas a:

- El procesamiento sintáctico.
- El procesamiento del discurso.
- El procesamiento de la pragmática, etc.

Un sistema informático capaz de comprender un mensaje en un lenguaje natural requerirá tanto un conocimiento del contexto como un proceso para realizar las inferencias supuestas por el generador del mensaje.

Para ese desarrollo son fundamentales algunas ideas de Inteligencia Artificial sobre estructuras para representar el conocimiento contextual y ciertas técnicas para realizar inferencias a partir de ese conocimiento.

## 1.6.8. ALGORITMOS GENÉTICOS.

El algoritmo genético es una técnica de aprendizaje basada en la teoría de la evolución de Darwin, que ha cobrado tremenda popularidad alrededor del mundo durante los últimos años.

### 1.6.8.1. ORÍGENES

La técnica de los algoritmos genéticos se basa en los mecanismos de selección que utiliza la naturaleza, de acuerdo a los cuales los individuos más aptos de una población son los que sobreviven, al adaptarse más fácilmente a los cambios que se producen en su entorno.

Hoy en día se sabe que estos cambios se efectúan en los genes de un individuo (unidad básica de codificación de cada uno de los atributos de un ser vivo), y que sus atributos más deseables (vgr. los que le permiten adaptarse mejor a su entorno) se transmiten a sus descendientes cuando éste se reproduce sexualmente.



Un investigador de la Universidad de Michigan llamado John Holland estaba consciente de la importancia de la selección natural, y a fines de los 60s desarrolló una técnica que permitió incorporarla en un programa de computadora. Su objetivo era lograr que las computadoras aprendieran por sí mismas. A la técnica que inventó Holland le llamó originalmente "planes reproductivos", pero se hizo popular bajo el nombre de "algoritmo genético" tras la publicación de su libro [Holland75] en 1975.

### 1.6.8.2. FACTIBILIDAD DE LA UTILIZACIÓN DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

La aplicación *más común* de los algoritmos genéticos ha sido la solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables. Sin embargo, no todos los problemas pudieran ser apropiados para la técnica, y se recomienda en general tomar en cuenta las siguientes características del mismo antes de intentar usarla:

- Su espacio de búsqueda (vgr. sus posibles soluciones) debe estar delimitado dentro de un cierto rango.
- Debe poderse definir una función de aptitud que nos indique qué tan buena o mala es una cierta respuesta.
- Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar en la computadora.

El *primer punto* es muy importante, y lo más recomendable es intentar resolver problemas que tengan espacios de búsqueda discretos (aunque éstos sean muy grandes). Sin embargo, también podrá intentarse usar la técnica con espacios de búsqueda continuos, pero preferentemente cuando exista un rango de soluciones relativamente pequeño.

Una característica que debe tener un algoritmo genético es que tiene que ser capaz de "castigar" a las malas soluciones, y de "premiar" a las buenas, de forma que sean estas últimas las que se propaguen con mayor rapidez.

La codificación más común de las soluciones es a través de cadenas binarias, aunque se han utilizado también números reales y letras. El primero de estos esquemas ha gozado de mucha popularidad debido a que es el que propuso originalmente Holland, y además porque resulta muy sencillo de implementar.

## 1.6.9. REDES NEURONALES.

Básicamente las redes neuronales son modelos computacionales que tienen características comunes como la capacidad de adaptarse o aprender, la capacidad de generalización y la capacidad de auto organizarse, o agrupar la información en clases.

### 1.6.9.1. HISTORIA DE LAS REDES NEURONALES

Las redes neuronales tuvieron su origen en los diversos intentos de modelar la actividad cerebral usando circuitos electrónicos y teoremas lógicos. De todos ellos el más importante fue el realizado por McCulloch y Pitts (1943), en el que demostraron que un computador puede emplear los conceptos de la lógica para modelar funciones de entrada/salida utilizando un modelo matemático que denominaron red neuronal.

El objetivo inicial de McCulloch y Pitts era simular la actividad cerebral usando lógica binaria, pero encontraron la dificultad de que las neuronas cerebrales no funcionan de forma binaria. En los años 50 se empezó a trabajar en sistemas de reconocimiento de formas en paralelo (sistemas conexionistas) en los que los elementos de proceso ya no eran binarios, sino que tomaban valores continuos en un rango determinado.

### 1.6.9.2. DEFINICIÓN

Podemos definir una red neuronal como un conjunto de neuronas interconectadas de una manera concreta, y una neurona como la unidad básica de la red, que recibe múltiples entradas, elabora la información recibida y emite una única salida o respuesta que puede transmitirse a otras neuronas. En su origen, existe una leve inspiración en las neuronas biológicas. Por ejemplo, al igual que en éstas existe un proceso de convergencia de la información de entrada en una única información de salida, y un proceso de divergencia de la información de salida hacia múltiples neuronas (o unidades de salida directamente).

Una sinapsis es la conexión de una neurona  $j$  con otra neurona  $i$ . En general las sinapsis son unidireccionales (una neurona transmite información a otra, pero la segunda no transmite nada a la primera), pero también existen modelos de redes en los que el intercambio de información es bidireccional (como en el caso de las redes de Hopfield). Se dice que una sinapsis es inhibitoria cuando el nivel de activación de la neurona que recibe la información, decrece como consecuencia de la activación de la neurona origen, y crece cuando se desactiva, en caso contrario la sinapsis es excitatoria.

Cada una de las conexiones entre las neuronas tiene un peso asociado, que determina la contribución de la activación de la neurona emisora a la activación de la neurona receptora, de tal forma que si el peso es negativo, la conexión es inhibitoria y si el peso es positivo la conexión es excitatoria. Cada neurona tiene un estado de activación en cada instante, y una salida que en general depende del estado de activación.

### 1.6.9.3. ARQUITECTURAS CONEXIONISTAS.

Las nuevas arquitecturas para redes neuronales han recibido el nombre de arquitecturas "conexionistas". En su mayor parte, estas arquitecturas no se han concebido para imitar el funcionamiento del cerebro humano, sino más bien para recibir alguna inspiración acerca de hechos conocidos sobre el funcionamiento del cerebro.

Este resurgimiento se debe a la aparición de computadoras digitales mucho más rápidas en las que se pueden simular redes mucho más completas, así como el interés de construir computadoras masivamente paralelas, pero la razón más importante ha sido el descubrimiento de nuevas arquitecturas para redes neuronales y algoritmos de aprendizaje mucho más potentes.

### 1.6.10. ROBÓTICA.

La robótica es la conexión inteligente entre la percepción y la acción. Su meta es construir robots inteligentes capaces de funcionar con algún grado de autonomía. El campo de la robótica se describe a menudo como un subcampo de la Inteligencia Artificial que se ocupa de tareas motrices y conceptuales.

La investigación sobre robots ha conducido a varias técnicas para modelar estados del mundo y para describir los procesos de cambio de uno de estos estados a otro. Ha conducido también a una mejor comprensión de cómo generar planes para secuencias de acciones y cómo dirigir la ejecución de esos planes.

Nos han llevado a desarrollar métodos de planificación con altos niveles de abstracción, ignorando detalles, para después planificar a niveles cada vez inferiores, en los que los detalles se van haciendo importantes.

Los robots han recorrido una larga trayectoria desde el primer robot comercial que fue vendido por Planet en 1959. Aún falta mucho por hacerlos más versátiles, productivos, económicos y ligeros.

La Inteligencia Artificial es el área tecnológica que precisa más desarrollo y pericia para acelerar la evolución de los robots; algunos autores indican que un robot inteligente es capaz de:

- Recibir comunicación.
- Comprender su entorno mediante el uso de modelos.
- Formular planes.
- Ejecutar planes.
- Monitorizar su operación.

#### 1.6.10.1 CONCEPTO DE ROBOT

Los robots son principalmente máquinas con manipuladores que pueden programarse fácilmente para hacer una gran variedad de tareas automáticamente. Un robot (para la Robotic Industries Association), es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para mover materiales, piezas o dispositivos especializados mediante movimientos programados para una gran variedad de tareas; 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 la tarea.

Casi todos los robots han sido desarrollados para aplicaciones industriales con el fin de conseguir una mayor productividad, para reducir costos, para suplir mano de obra especializada, para proporcionar flexibilidad en procesos de fabricación por lotes, para mejorar la calidad de los productos y/o para liberar a los seres humanos de tareas repetitivas y pesadas u operaciones en ambientes hostiles.

#### 1.6.11. RECUPERACIÓN INTELIGENTE DE DATOS DE UNA BASE DE DATOS.

Los sistemas de bases de datos son sistemas informáticos que almacenan gran cantidad de hechos relativos a una materia determinada, en tal forma que los usuarios puedan encontrar respuesta a sus preguntas.

El que ha de diseñar uno de estos Sistemas Inteligentes de recuperación de la información se enfrenta a varios problemas:

1. El inmenso problema de construir un sistema que pueda entender preguntas formuladas en un lenguaje natural, como el Inglés o el Español.

2. Cómo deducir respuestas a partir de los hechos almacenados.
3. La comprensión de la pregunta y la deducción de la respuesta puede requerir conocimientos más allá de los representados en la base de datos de la materia en estudio. A menudo se requiere el conocimiento común.

El cómo puede representarse y usarse el conocimiento común es uno de los problemas del diseño de sistemas que invita a utilizar los métodos de la Inteligencia Artificial.

## CAPÍTULO 2

# COMPONENTES CONCEPTUALES DEL EDIFICIO INTELIGENTE.

### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Como ya lo dijimos, la Inteligencia Artificial recientemente se ha distinguido como una gran compañera de la ciencia y como tal, ha ayudado a la humanidad con sus problemas cotidianos.

Uno de estos problemas cotidianos es la construcción de edificios, particularmente para oficinas, que cuenten con todas las facilidades que ofrece la tecnología, sin olvidar las comodidades relativas al espacio y a la ergonomía y mucho menos todas aquellas condiciones que propician ambientes cordiales, de productividad y eficiencia.

Al igual que la Inteligencia Artificial, la Informática y las Telecomunicaciones han contribuido para lograr este objetivo. Y es por medio de estas que la Inteligencia Artificial se hace mas asequible a las necesidades propiamente humanas.

La inteligencia artificial pone entonces a nuestra disposición la tecnología que hasta ahora se a desarrollado. Los computólogos la han juntado y nos han dado como resultado los Edificios Inteligentes.

### 2.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TECNOLOGÍA DE EDIFICIOS INTELIGENTES.

Un edificio es una estructura o un grupo de estructuras, diseñadas como lugar de trabajo o de habitación para el hombre. La razón de ser de toda estructura es la de proveer algún tipo de servicio y apoyo a las actividades del hombre, las cuales van evolucionando y sufriendo cambios a lo largo del tiempo. Muchos de estos se deben al desarrollo de la computación y de otros factores electrónicos y de comunicación alrededor del mundo. De ahí que los edificios tengan que cambiar para poder albergar dichos cambios y seguir satisfaciendo las necesidades del hombre.

Los controles automáticos de temperaturas de tipo termostato para calefacción aparecieron en el mercado hace más de 100 años. Desde 1880 este control relativamente simple, estuvo funcionando de forma satisfactoria durante 50 años aproximadamente; mientras que en los grandes edificios comenzaban a incorporarse sistemas de calefacción y ventilación centralizada de aire acondicionado.

Después de la segunda guerra mundial, las construcciones con ventanas fijas hicieron que los sistemas de aire acondicionado fueran una absoluta necesidad. Los métodos neumáticos para la medición, transmisión de señales y respuestas de control llegaron a ser un estándar, con tal tecnología era sencillo mantener y operar la climatización de un edificio dentro de límites aceptables.

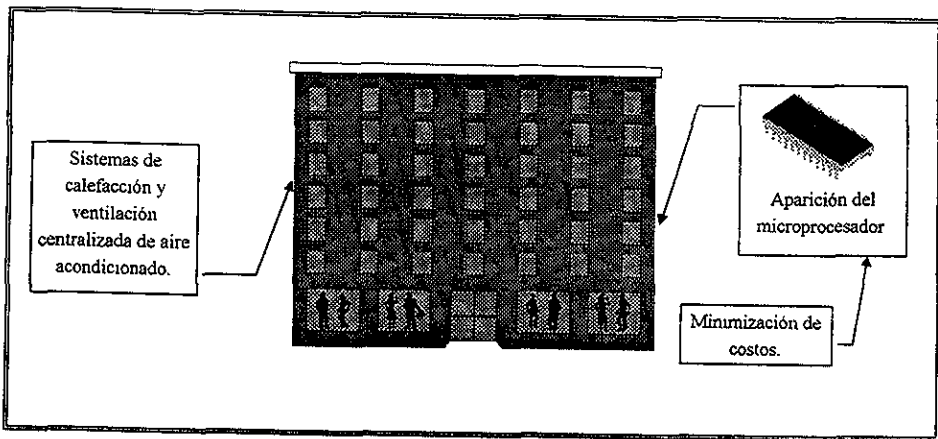


Fig. 2.1. Aparición de los primeros sistemas de control de edificios.

Los primeros sistemas de control de edificios basados en técnicas electrónicas aparecen en 1960 junto con el aumento en la complejidad de las instalaciones técnicas y del tamaño de los edificios, lo que hizo necesario centralizar la señalización de desperfectos, anomalías y alarmas.

Así, surgieron los grandes tableros con esquemas sinópticos que representaban las instalaciones con indicadores luminosos, instrumentos de medidas, interruptores, etcétera, que permitían supervisar, incluso a distancia, los equipos e instalaciones.

La evolución de la Electrónica e informática, así como los conocimientos adquiridos en la automatización de otras áreas (fábricas, centrales eléctricas, etcétera), permitieron desarrollar aplicaciones específicas, mejorar los sistemas de transmisión de señales, buscar sensores especiales y realizar programas encaminados a la optimización del control de edificios.

Surgieron sistemas que han garantizado un servicio de alta fiabilidad y precisión en cuanto al control del funcionamiento de complejos sistemas electromecánicos.

La crisis del petróleo de 1973 y la consiguiente escalada de los precios de la energía propiciaron la necesidad de instalar sistemas capaces de reducir su consumo, esta reducción llegó a ser un objetivo crítico en la operatividad de los edificios existentes y de nueva construcción. El casi simultáneo desarrollo de los microprocesadores proporcionó las herramientas necesarias para la elaboración de sistemas de control con costos relativamente bajos, lo que condujo a que se implantaran cada vez más.

Para 1980 el fin principal fue la conservación de la energía mientras los precios del crudo continuaron creciendo; posteriormente, la contención y disminución de éstos precisó restar protagonismo a tal argumento. En la presente década, el énfasis se ha orientado hacia una eficiente operatividad del edificio, incluyendo controles más consistentes de temperatura y una ventilación y acondicionamiento efectivos. Para cubrir la necesidad de un control de edificios eficiente, los sistemas han pasado de las tecnologías basadas en métodos neumáticos (análogicos) a las de control digital directo. Desde 1980 se maneja constantemente el concepto de calidad, esto conlleva a la optimización de recursos humanos y materiales. Al desarrollarse tal concepto, se inicia la era del Edificio Inteligente, ya que uno de los factores principales es ahorrar recursos financieros y humanos, esto es, ser eficientes en todas las áreas de la organización.

En la presente década, con la ayuda de la alta tecnología podemos identificar y definir al Edificio Inteligente. Existe toda una efervescencia tecnológica que repercute en el perfeccionamiento de los requisitos para la construcción del mismo un Edificio Inteligente. Hoy no se concibe ningún edificio nuevo, destinado a cualquier tipo de servicios, que no incorpore sistemas automatizados para el control de su explotación y seguridad. El continuo avance de la microelectrónica y la informática así como la disminución relativa de sus costos, hará que en un futuro estas técnicas se apliquen en forma habitual en las viviendas.

Así es como se construyen edificios para poder trabajar en un medio controlado. Hoy se le da más importancia a la concepción integral de un edificio desde su etapa de planeación para incorporar así desde un principio todos los factores que propician un ambiente productivo con mínimos costos.

El crear un Edificio Inteligente lleva implícita la idea de integrar todos los aspectos relativos a las comunicaciones dentro del edificio, tales como teléfono y redes de computadoras, seguridad, control de subsistemas del edificio (tales como calefacción, ventilación y aire acondicionado) y de todas las formas de administración de energía.



Un Edificio Inteligente no será novedoso para el año 2000, ya que dentro de poco tiempo dejará de ser una moda o un lujo. La empresa que no considere este concepto dentro de su planeación estratégica, para tener una mayor competitividad, estará destinada al fracaso por los altos costos que origina el desarrollarse en una construcción de tipo tradicional.

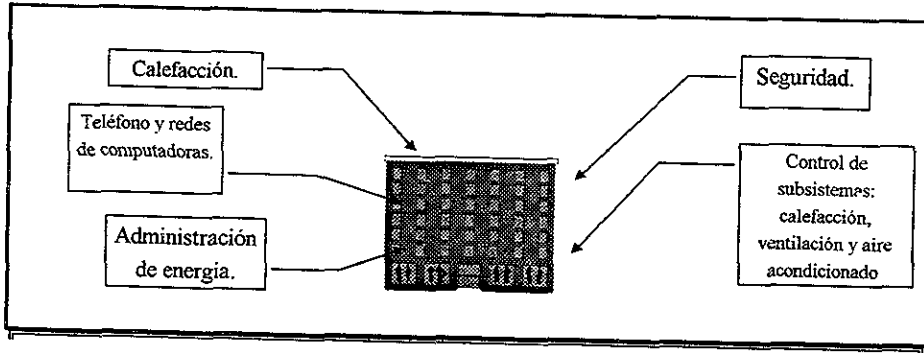


Fig. 2.2. Integración de las comunicaciones, subsistemas y administración de energía en un Edificio Inteligente.

### 2.3. CONCEPTO DE EDIFICIO INTELIGENTE.

Los criterios que se utilizan para evaluar cuando hablamos de un Edificio Inteligente son varios y distintos a los considerados hace unos años.

Al principio el calificativo "inteligente" para un edificio era una referencia al grado de automatización obtenido debido a la integración de todos los sistemas. Este concepto tan generalizado tuvo que retroceder por ser demasiado ambicioso en su época. Sin embargo, del grupo que desarrolló el concepto de "Edificio Inteligente" algunos se separaron y otros se dedicaron al desarrollo de proyectos más modestos de técnicas todas implicadas en el concepto de Edificios Inteligentes, cuyas propuestas versan sobre:

- Sistemas de comunicación.
- Servicios compartidos.
- Sistemas de cableado "universal" para edificios.

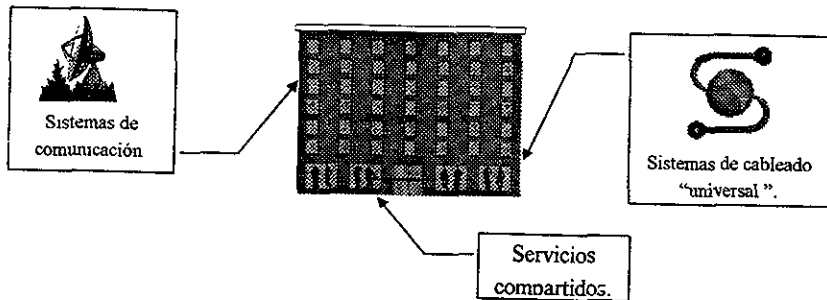


Fig. 2.3. Desarrollo de técnicas implicadas al concepto del Edificio Inteligente.

Actualmente se dice que un edificio es inteligente, si cumple con los requerimientos básicos para lograr en conjunto su óptima utilización. No todos los edificios que cuenten con equipos modernos y sofisticados de automatización, podrán ser considerados como inteligentes.

La finalidad de un edificio inteligente es la de proporcionar un ambiente de confort y seguridad, para maximizar la productividad y la creatividad así como hacer que la gente se sienta a gusto en su lugar de trabajo. Además este tipo de edificios debe proporcionar medios para un mantenimiento eficiente y oportuno, todo lo anterior, minimizando costos.

Una característica importante de un Edificio Inteligente es la flexibilidad desde su concepción, de tal forma que dentro de su estructura se puedan dar cambios como:

- La incorporación de nuevas tecnologías.
- Actualización de equipos.
- Cambios en la distribución interna de las oficinas, etc.

El bajo costo en los servicios es un factor de suma importancia sin embargo, se está dando un mayor énfasis al costo de uso de los servicios durante la vida del edificio.

En otras palabras son Edificios Inteligentes aquellos en los que el ingenio del hombre crea para los dueños y usuarios, sistemas de aprovechamiento de recursos que les permiten alcanzar sus metas, trazadas dentro de parámetros de eficiencia, comodidad, conveniencia, seguridad, flexibilidad y rentabilidad de acuerdo a sus necesidades.

Otros definiciones aceptables son:

- “Un Edificio Inteligente es aquel que cuenta con las características necesarias para optimizar la eficiencia del mismo, permitiendo simultáneamente una administración efectiva de recursos con un costo mínimo en el menor tiempo”[Baker95].
- “Un Edificio Inteligente es aquel que provee un ambiente productivo y eficiente de trabajo a través de la optimización de cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, relacionándolos entre sí para un mejor rendimiento”[IBI90].
- Edificio Inteligente es aquel que optimiza, aprovecha o procesa al máximo los recursos con que cuenta a través de las herramientas necesarias para administrar los sistemas ambientales y su coordinación para brindar la comodidad y seguridad requeridos por los usuarios.
- Un Edificio Inteligente se define como una estructura que ofrece a sus usuarios y administradores un conjunto coherente de herramientas y facilidades. Diseñado para poder cubrir todos los posibles adelantos tecnológicos, tomando siempre en cuenta las necesidades reales de los usuarios y de los administradores del edificio.
- Un Edificio Inteligente es la integración de una gran gama de servicios y sistemas que son controlados, monitoreados y administrados por un equipo central.

En conclusión:

*Edificio Inteligente es una estructura arquitectónica que provee un ambiente productivo y eficiente de trabajo a través de la optimización e integración de sus elementos estructurales y funcionales, los cuales son monitoreados, controlados y administrados por un equipo de cómputo central.*

## 2.4. REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LOS EDIFICIOS PARA SER INTELIGENTES.

Un edificio inteligente debe incorporar sistemas de manejo de información que soporten el flujo de ésta a lo largo de todo el edificio. Esto permite que el edificio inteligente ofrezca servicios avanzados de:

- a) Automatización de actividades.
- b) Telecomunicaciones.
- c) Control automatizado.
- d) Monitoreo.
- e) Administración y mantenimiento de subsistemas o servicios del edificio.

Para poder clasificar los componentes de un Edificio Inteligente se deben tomar en cuenta todos los servicios y características que debe tener. Todos estos los vamos a abordar desde dos puntos de vista:

- 2.4.1. Factores estructurales que integran a un Edificio Inteligente.
- 2.4.2. Factores funcionales que integran a un Edificio Inteligente.

## 2.4.1. FACTORES ESTRUCTURALES QUE INTEGRAN A UN EDIFICIO INTELIGENTE.

Tres factores importantes a integrar en un Edificio Inteligente son:

- 2.4.1.1. Flexibilidad del Edificio Inteligente.
- 2.4.1.2. Integración de servicios.
- 2.4.1.3. Diseño interior y exterior.

### 2.4.1.1. FLEXIBILIDAD DEL EDIFICIO INTELIGENTE.

Para que un edificio pueda considerarse flexible, debe ser concebido de forma dinámica y tener la capacidad de proporcionar a sus ocupantes la suficiente versatilidad. Por ello se debe prever lo siguiente en términos de flexibilidad:

<b>Estructura.</b>	Es la que tiene un mayor ciclo de vida, entre 50 y 60 años. a) Se incluyen todos los elementos comunes (pisos, muros, ventanas, etcétera), elementos estructurales, estacionamiento, fachada, escaleras, etc. b) Pero además, se necesita incluir plafones, ductos adicionales para comunicaciones, áreas para los equipos de control y telecomunicaciones, espacio para colocar piso falso, analizar la orientación de la estructura para aprovechar la luz del sol, entre otros.
--------------------	--

<b>Servicios.</b>	Abarcan los sistemas que se integran al caparazón y que generalmente son componentes tecnológicos, cuyo ciclo de vida es de entre 15 y 20 años, tales como: a) La infraestructura básica de calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC), iluminación, sistema eléctrico, sistema hidráulico y sanitarios, elevadores y escaleras eléctricas, telecomunicaciones e informática, sistemas de control y seguridad. b) Equipos asociados a cada uno de los servicios tales como: sensores, terminales, antenas, equipos[intermedios]de control, unidades centrales, etc.
<b>Acabados.</b>	También llamados escenarios. El ciclo de vida de éstos oscila entre 10 y 15 años. Comprende los elementos de carácter superficial como acabados de pisos, muros, techos, cancelería, etcétera.
<b>Mobiliario.</b>	Deben cubrir las necesidades inmediatas de la organización y adaptarse a los cambios requeridos, por lo que es conveniente considerar muebles modulares y desarmables.

Tabla 2.1. Elementos que denotan la flexibilidad de un Edificio Inteligente.

Un edificio es flexible cuando estos cuatro elementos son independientes cada uno entre sí, es decir, si es necesario realizar un cambio en los servicios no se debe realizar ninguna modificación en la estructura; o con mayor razón, en caso de que se requiera una redistribución de un departamento no se deberá realizar ninguna modificación en los servicios.

La flexibilidad del Edificio Inteligente se refiere a su capacidad para satisfacer necesidades futuras de los usuarios, entre las que destacan la posibilidad de modificar distribuciones físicas de personas y departamentos en una organización, así como posibilitar los cambios de mobiliarios, equipo o funciones por área. Desde luego debe existir una flexibilidad razonable que permita las modificaciones con costos mínimos, pero que no implique una inversión inicial extraordinaria. En general, los sistemas modulares, el mobiliario del mismo tipo, la iluminación uniforme por zonas, el acondicionamiento uniforme de aire en áreas especiales, y los demás servicios bajo criterios estandarizados permiten la flexibilidad al cambio.

Una de las formas en que se suele subdividir un Edificio Inteligente, es tomar como criterio la distinta duración del ciclo de vida de sus elementos.

Elementos.	Ciclo de vida en años.
PC's.	5
Computadora central.	10
Servicio de cableados.	15
Acabados.	10-15
Servicios.	15-20

Tabla 2.2. Ciclo de vida de algunos elementos del Edificio Inteligente.

#### 2.4.1.2. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS.

El concepto de integración de servicios no es nuevo. Desde hace algunos años ya se hablaba de éste sin ningún éxito, pero a raíz del desarrollo de la tecnología en los campos del control, informática y telecomunicaciones, ha tomado mayor importancia, hasta volverse fundamental dentro de la tecnología de edificios inteligentes.

La integración de servicios puede ser dividida en dos grandes apartados :

⇒ Integración del control, gestión y mantenimiento de todos los sistemas y servicios del edificio en un sólo equipo.

⇒ Integración de las infraestructuras de cableado combinado en un soporte físico.

La integración de servicios permite establecer el momento a partir del cual un edificio puede ser considerado inteligente, así como diferenciar entre distintos grados de inteligencia tecnológica de un edificio.

Los servicios ofrecidos por un Edificio Inteligente se pueden dividir en cuatro grupos:

- 2.4.1.2.1. Automatización del edificio.
- 2.4.1.2.2. Automatización de la función informática.
- 2.4.1.2.3. Telecomunicaciones.
- 2.4.1.2.4. Planificación del espacio.

#### 2.4.1.2.1. AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO.

Compuesta por tres sistemas elementales:

- 2.4.1.2.1.1. Sistema básico de control.
- 2.4.1.2.1.2. Sistema de seguridad.
- 2.4.1.2.1.3. Sistema de ahorro de energía.

##### 2.4.1.2.1.1. Sistema básico de control.

Es aquel que permite monitorear el estado de las instalaciones y actúa de acuerdo a lo programado, evitando fallas dentro del funcionamiento. Es decir, es el sistema base de soporte a la actividad y se encarga de proveer los servicios básicos para un ambiente confortable para el desarrollo de las actividades. Asimismo es el responsable de mantener los distintos grados de comodidad, como fue mencionado anteriormente, y de llevar las estadísticas de mantenimiento para cada equipo. Se conforma por los siguientes subsistemas:

- Instalaciones de aire acondicionado, calefacción y ventilación.
- Instalación eléctrica e iluminación.
- Instalación hidro - sanitaria.
- Elevadores y escaleras eléctricas.
- Suministros de gas y electricidad.
- Accesos a estacionamientos.

##### 2.4.1.2.1.2. Sistema de seguridad.

Dentro de la seguridad existen dos aspectos primordiales, la protección de:

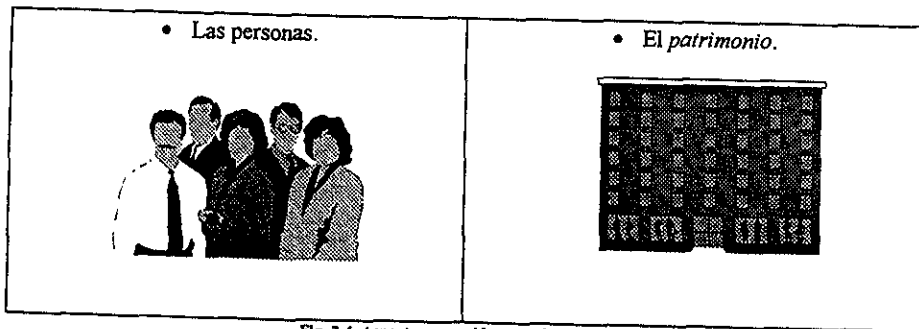


Fig. 2.4. Aspectos a considerar en la seguridad.

Por ello se debe instalar un sistema que abarque ambos. Así, se debe contar con:

- Prevención o acciones ANTES del problema.
- Prevención o acciones DURANTE el problema.
- Prevención o acciones DESPUÉS del problema.

Dentro de la protección de las personas destacan:

- Detección de humo y fuego.
- Detección de fugas de gas.
- Detección de fugas de agua.
- Monitoreo de equipo para la extinción de fuego.
- Red de rociadores.
- Absorción automática de humo.
- Señalización de salidas de emergencia.
- Voceo de emergencia.

Por su parte la seguridad patrimonial debe incluir:

- Circuito cerrado de televisión.
- Vigilancia perimetral.
- Control a accesos.
- Control de rondas de vigilancia.
- Intercomunicación de emergencia.
- Seguridad informática.
- Detector de movimientos sísmicos.
- Detectores de presencia.

#### **2.4.1.2.1.3. Sistema de ahorro de energía.**

Con el sistema básico de control del Edificio Inteligente, ahorrar en el consumo de energía es prácticamente implícito, ya que los equipos serán programados para que operen en situaciones de máximo rendimiento, lo cual se reflejará en la productividad. Cabe enunciar como elementos importantes:



- Zonificación de la climatización.
- Intercambio de calor entre zonas, inclusive con el exterior.
- Uso activo de la energía solar.
- Identificación del consumo.
- Control automático de la iluminación.
- Control de horarios para el funcionamiento de máquinas y equipo.
- Control de ascensores.

#### 2.4.1.2.2. AUTOMATIZACIÓN DE LA FUNCIÓN INFORMÁTICA.

La correcta selección de la tecnología involucrada en este aspecto, de acuerdo con el tipo de actividades que se lleven a cabo, dará como resultado un incremento en la productividad laboral, proporcionando un importante beneficio en la gestión de la función informática del Edificio Inteligente. Otro factor relevante es la eficiencia en la obtención de la información, reduciéndose el tiempo que transcurre del origen al destino de la misma, lo que permite tomar decisiones con oportunidad. Dentro de los servicios, destacan:

- Acceso a servicios telefónicos de tecnología avanzada.
- Integración de redes de área local (LAN por Local Area Network).
- Estaciones de trabajo integradas.
- Programación de actividades.
- Acceso a bases de datos internas y externas.
- Soporte al proceso de toma de decisiones.
- Integración de periféricos: plotters, scanners, impresoras, entre otros.

#### 2.4.1.2.3. TELECOMUNICACIONES.

Las telecomunicaciones dentro de un Edificio Inteligente son un aspecto sumamente importante ya que soportan muchos de los servicios que ofrece un Edificio Inteligente. Podemos decir que debe contar al menos con los componentes principales de toda área de telecomunicaciones :

- Un cableado integral de telecomunicaciones.
- Una central telefónica de conmutación privada o PABX (“Private Automatic Branch eXchange”).
- Equipos de conexión con redes externas.

Es importante considerar que la integración de cableado estructurado para las telecomunicaciones evitará problemas futuros, en lugar de tener un cableado para voz, datos seguridad y control de forma independiente, se contará con un cableado único, lo que disminuye los costos. Una central telefónica de conmutación privada permitirá que se deje a la compañía proveedora del servicio telefónico únicamente el suministro de éste y no su administración.

Los factores que deben tomarse en cuenta al diseñar un sistema de telecomunicaciones son, entre otros:

- Espacio suficiente y acondicionado para recibir los equipos centrales.
- Espacio para acceder de forma fácil al cableado para, por ejemplo, darle mantenimiento.
- Planear y costear la planificación, documentación y mantenimiento posterior.
- Diseñar el sistema de telecomunicaciones de tal forma que sea flexible.

Los principales servicios de telecomunicaciones a proporcionar son:

- Telefonía avanzada.
- Transmisión de datos.
- Facsímil, telefax, videotexto.
- Correo electrónico.
- Videoconferencia.
- Comunicación vía satélite.

Un nuevo enfoque es el compartir servicios comunes a todos los usuarios y que para algunos su adquisición representa un alto costo. Tales como:

- Centro de mensajes.
- Correo electrónico.
- Salas de videoconferencia.
- Uso de la red de computadoras.
- Acceso a telepuertos.
- Servicio de CAD.
- Pool de modems, fax, telex e impresoras.

#### 2.4.1.2.4. PLANIFICACIÓN DEL ESPACIO.

Esta área ha cobrado importancia en los últimos años, ya que incide directamente en el bienestar físico del trabajador. El objetivo es lograr un ambiente que facilite el trabajo de los usuarios, para lo cual se debe considerar:

- Posibilidad de zonificar el aire e iluminación.
- Planificación y distribución de las áreas de oficinas.
- Ergonomía en el puesto de trabajo, mobiliario, luz, aislamiento acústico, colores, etcétera.
- Creación de un ambiente seguro, proporcionando eficientes sistemas de seguridad, medios adecuados de evacuación, escaleras de emergencia, etcétera.
- Proporcionar aquellos servicios o instalaciones que aunque no son necesarios para desarrollar las actividades normales de la empresa si nos ayudan a elevar la productividad de los empleados, tales como:
  - Cafetería
  - Restaurante
  - Guardería
  - Cajeros automáticos, etc.

#### 2.4.1.3. DISEÑO INTERIOR Y EXTERIOR.

En este rubro existen dos grandes ámbitos:

- Diseño interior: relacionado con los acabados interiores, el mobiliario, la ergonomía y planificación del espacio; con el fin de crear ambientes con la mayor comodidad para estimular la actividad intelectual.
- Diseño exterior: relacionado con el diseño arquitectónico, no hay que olvidar que es la proyección de la imagen de la entidad y que debe ser congruente con el diseño interior.

La relación entre el criterio de diseño y los edificios durante las últimas décadas, ha sido la siguiente [CERD89]:

DÉCADA	PRINCIPAL OBJETIVO
1960	Eficiencia operacional y organizativa.
1970	Reducción de los costos.
1980	Búsqueda de la calidad.
1990	Fomento de la creatividad y del trabajo en equipo.

Tabla 2.3 Relación entre los edificios de oficinas y los criterios de diseño y organización de oficinas.

Por otro lado, el diseño interior y exterior de un Edificio Inteligente tiene dos enfoques diferentes:

"High-Tech"	[Diseño que logra la fácil incorporación de los elementos tecnológicos que dan soporte a la gestión el control del edificio y las tecnologías de información.
"High-Touch"	Diseño para lograr un ambiente confortable de trabajo dentro de un entorno altamente tecnificado.

Tabla 2.4. Puntos de vista para diseñar un Edificio Inteligente.

## 2.4.2. FACTORES FUNCIONALES QUE INTEGRAN A UN EDIFICIO INTELIGENTE.

Un Edificio Inteligente debe, desde el punto de vista funcional, optimizar cada uno de los siguientes cuatro elementos y sus relaciones:

- 2.4.2.1. Estructura del Edificio Inteligente.
- 2.4.2.2. Sistemas del Edificio Inteligente.
- 2.4.2.3. Servicios del Edificio Inteligente.
- 2.4.2.4. Administración del Edificio Inteligente.

### 2.4.2.1. ESTRUCTURA DEL EDIFICIO INTELIGENTE.

En cuanto a la estructura del Edificio Inteligente podemos señalar:

- Los componentes estructurales del edificio.
- Los elementos de arquitectura.
- Los acabados interiores.
- Los muebles.

Dentro de los aspectos estructurales del diseño de un Edificio Inteligente tenemos que tomar en cuenta lo siguiente:

- La situación y orientación del Edificio Inteligente así como la composición de sus elementos estructurales deben conllevar a lograr un ahorro máximo de energía.
- Toma en cuenta el impacto de la iluminación sobre la visibilidad y la calidad de luz necesaria para trabajar aprovechando la luz solar.

- Proveer de espacio suficiente en pisos y techos falsos para permitir un cableado accesible para ser mantenido.
- Prever el peso que importan los equipos electrónicos, antenas y todo equipo que se obtenga en el futuro.
- Alimentación continua para los equipos electrónicos por medio de fuentes de poder auxiliares y fuentes de poder de “no interrupción”.
- Conductos y registros adecuados a los cableados y conexiones actuales y futuras.
- Los acabados interiores deben cumplir con:
  - Funciones estéticas.
  - Relaciones de escala.
  - Iluminación suficiente y oportuna.
  - Características de electricidad estática.
  - Características de amortiguación acústica.
  - Aspectos ergonómicos para muebles y espacios.

#### 2.4.2.2. SISTEMAS DEL EDIFICIO INTELIGENTE.

Los sistemas a que nos referimos son aquellos que proveen un ambiente hospitalario, tanto para usuarios como para equipos. Dependen directamente del diseño del edificio y deben ser lo suficientemente flexibles como para soportar cambios.

Manteniendo un control y monitoreo centralizado de estos sistemas se minimizaran los gastos de energía. Estos sistemas tendrían dispositivos conectados a una red con un procesador central que registraría su consumo.

Los sistemas de los que hablamos son:

- a) Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- b) Sistemas de iluminación.
- c) Sistemas de provisión de energía eléctrica.
- d) Sistemas de cableado.
- e) Sistemas para elevadores.
- f) Sistemas de agua caliente.
- g) Sistemas de control de acceso.
- h) Sistemas de seguridad.
- i) Sistemas de telecomunicaciones.
- j) Sistemas de administración de información.

### **2.4.2.3. SERVICIOS DEL EDIFICIO INTELIGENTE.**

Satisfacer las necesidades directas de los usuarios eficiente y económicamente, de forma centralizada para optimizar el consumo de energía, preservando la utilidad de la estructura del Edificio Inteligente a largo plazo es el objetivo que cubren los servicios de un Edificio Inteligente, a saber:

- a) Servicios de comunicación.
- b) Servicios de automatización de oficinas.
- c) Servicios de fax y fotocopiado.
- d) Facilidades para salas de reuniones.
- e) Facilidades de salas de cómputo de uso compartido.
- f) Servicios de correo electrónico.
- g) Servicios de limpieza y mantenimiento.
- h) Servicios de estacionamiento y transporte.
- i) Servicios de directorio del Edificio Inteligente.

### **2.4.2.4. ADMINISTRACIÓN DEL EDIFICIO INTELIGENTE.**

Proveer herramientas del tipo: “Sistemas Inteligentes”, que den soporte a los administradores de los Edificios Inteligentes en el cumplimiento de sus funciones, tales como:

- a) Herramientas para controlar, administrar y dar mantenimiento a todo el Edificio Inteligente.
- b) Herramientas para tomar decisiones en caso de emergencia.
- c) Herramientas para proveer seguridad.
- d) Herramientas para proveer y controlar la energía.
- e) Herramientas de control de fuego.
- f) Herramientas de comunicaciones.
- g) Herramientas para sistemas de información.
- h) Herramientas para cableado.

### **2.4.3. RESUMIENDO LOS REQUISITOS DE UN EDIFICIO INTELIGENTE.**

Como hemos visto los requisitos que debe reunir un Edificio para ser calificado como Inteligente pueden ser estudiados desde dos puntos de vista principalmente: estructural y funcionalmente.

Lo que es constante para ambos puntos de vista es que entre los factores que abarcan deben existir interrelaciones y de ninguna forma independencia entre unos y otros. Estas interrelaciones entre factores son las que definen al conjunto de requisitos necesarios y suficientes para definir a un Edificio Inteligente.

A continuación se presenta una tabla que muestra las relaciones que existen entre los distintos factores citados anteriormente:

1	1. Automatización de actividades
2	2. Telecomunicaciones
3	3. Control Automatizado
4	4. Monitoreo
5	5. Admón. v mantenimiento

En seguida se muestra el resumen de los elementos estructurales y funcionales que debe poseer un Edificio Inteligente.

### 2.4.3.1. ESTRUCTURALES

#### 1. Flexibilidad del edificio.

- Estructura.
- Servicios.
- Acabados.
- Mobiliario.

#### 2. Integración de servicios.

- Integración del control.
- Integración de la gestión.
- Integración del mantenimiento
- Automatización del edificio.
- Automatización de la función informática.
- Telecomunicaciones.
- Planificación del espacio.

#### 3. Diseño interior y exterior.

- Interior. (high-tech y high-touch)
- Exterior. (high-tech y high-touch)

### 2.4.3.2. FUNCIONALES

1. **Estructura del Edificio Inteligente.**
  - Los componentes estructurales del edificio.
  - Los elementos de arquitectura.
  - Los acabados interiores.
  - Los muebles.
2. **Sistemas del Edificio Inteligente.**
  - Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
  - Sistemas de iluminación.
  - Sistemas de provisión de energía eléctrica.
  - Sistemas de cableado.
  - Sistemas para elevadores.
  - Sistemas de agua caliente.
  - Sistemas de control de acceso.
  - Sistemas de seguridad.
  - Sistemas de telecomunicaciones.
  - Sistemas de administración de información.
3. **Servicios del Edificio Inteligente.**
  - Servicios de comunicación.
  - Servicios de automatización de oficinas.
  - Servicios de fax y fotocopiado.
  - Facilidades para salas de reuniones.
  - Facilidades de salas de cómputo de uso compartido.
  - Servicios de correo electrónico.
  - Servicios de limpieza y mantenimiento.
  - Servicios de estacionamiento y transporte.
  - Servicios de directorio del Edificio Inteligente.
4. **Administración del Edificio Inteligente.**
  - Herramientas para controlar, administrar y dar mantenimiento a todo el edificio.
  - Herramientas para tomar decisiones en caso de emergencia.
  - Herramientas para proveer seguridad.
  - Herramientas para proveer y controlar la energía.
  - Herramientas de control de fuego.
  - Herramientas de comunicaciones.
  - Herramientas para sistemas de información.
  - Herramientas para cableado.



## 2.5. GRADOS DE INTELIGENCIA DEL EDIFICIO INTELIGENTE.

Antes de poder hablar del grado de inteligencia de un edificio es preciso aclarar lo que debe entenderse por “inteligente”, cuando hablamos de un edificio.

El adjetivo “inteligente” cuando hablamos en términos técnicos puede referirse a la existencia de al menos una unidad de proceso aplicada a un equipo o sistema. Así entonces, hablamos de un edificio tecnológicamente “inteligente” si incorpora en su infraestructura unidades de proceso interconectadas por medio de un sistema abierto de cableado y equipos de comunicaciones (CERD89).

Un edificio puede ser denominado inteligente cuando, además dispone de sistemas basados en tecnologías de la información que permiten la oferta de servicios y aplicaciones de automatización de la actividad y de telecomunicaciones a través de los que se genera un importante valor agregado.

Los factores antes mencionados, van perfectamente entrelazados y combinados por un factor de relevancia que es la rentabilidad. Tanto por lo que representan los servicios de automatización como los que dan soporte a la actividad y telecomunicaciones, se pueden distinguir distintos niveles en función de sus características técnicas e integración.

A pesar de que es muy difícil definir una línea divisoria para diferenciar a los “Edificios Inteligentes” de los edificios no inteligentes o convencionales, tecnológicamente se pueden establecer consideraciones generales sobre las condiciones mínimas que debe cumplir un edificio para ser inteligente.

Sin embargo antes que nada se debe definir la frontera entre un “Edificio Automatizado” y un “Edificio Inteligente”.

### 2.5.1. EDIFICIO AUTOMATIZADO.

Un edificio automatizado incorpora sistemas que responden de forma automática a necesidades y requerimientos cambiantes, maximizando el uso del edificio y minimizando los costos de operación. Incluye :

1. Integración de servicios:
  - Sistemas o servicios referentes a las áreas para automatizar el edificio.
  - Áreas de automatización de la actividad.
2. Planificación ambiental.

Un edificio automatizado puede incluir opcionalmente los aspectos de flexibilidad y diseño (CERD89).

### 2.5.2. EDIFICIO INTELIGENTE.

Un "Edificio Inteligente" además de ser automatizado incorpora:

- "Tecnologías de Información", es decir informática y telecomunicaciones, relacionada con el área de la automatización de la actividad y el área de telecomunicaciones.
- Aspectos de flexibilidad, diseño, automatización del edificio y planificación del espacio; que de alguna forma son opcionales en un edificio automatizado.

### 2.5.3. CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE INTELIGENCIA DE UN EDIFICIO.

Los grados de inteligencia del Edificio Inteligente se pueden clasificar desde el punto de vista tecnológico y de forma generalizada, de la siguiente manera:

<b>Grado 1. Inteligencia mínima.</b>	Un sistema básico de automatización del edificio, el cual no está integrado. Existe una automatización de la actividad y servicios de telecomunicaciones, aunque no están integrados.
<b>Grado 2. Inteligencia mediana.</b>	Tiene un sistema de automatización del edificio totalmente integrado. Sistemas de automatización de la actividad, sin una completa integración de las telecomunicaciones.
<b>Grado 3. Inteligencia máxima.</b>	Los sistemas de automatización del edificio, de automatización de la actividad y telecomunicaciones se encuentran totalmente integrados.

Tabla 2.5. Grados de inteligencia del Edificio Inteligente desde el punto de vista tecnológico

Sin embargo, además de la anterior, existen otras clasificaciones mucho más detalladas. A continuación presentamos la que por su división de las características tecnológicas de un edificio en dos grupos y su posterior enlazamiento para proporcionar una definición clara y precisa, es una de las más aceptadas. Primeramente presentaremos los dos grupos mencionados y posteriormente pasaremos a la clasificación de los Edificios en base a las características que presentan.

### 2.5.3.1. SERVICIOS DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO.

<p><b>Nivel A-0</b> Incluye:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pocas instalaciones técnicas automatizadas.</li> <li>• Se lleva a cabo, en algunas ocasiones, una supervisión de un cierto número de puntos.</li> <li>• No existe el control.</li> <li>• No existe ningún tipo de integración entre los sistemas técnicos.</li> </ul>
<p><b>Nivel A-1</b> Incluye:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen sistemas de control centralizado de las instalaciones del edificio.</li> <li>• Poca o nula integración.</li> <li>• Los sistemas de control funcionan independientes.</li> </ul>
<p><b>Nivel A-2</b> Incluye:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las instalaciones están controladas centralmente.</li> <li>• Todas las instalaciones están totalmente integradas.</li> </ul>

### 2.5.3.2. SERVICIOS BASADOS EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

<p><b>Nivel I-1</b> Incluye:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen servicios de automatización de la actividad y de telecomunicaciones sin que estén integrados.</li> </ul>
<p><b>Nivel I-2</b> Incluye:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen servicios integrados a distintos niveles:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cableado.</li> <li>• Funcionamiento coordinado de los distintos equipos.</li> <li>• Entorno RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).</li> </ul> </li> </ul>

### 2.5.4. EVOLUCIÓN DE LA INTELIGENCIA DE UN EDIFICIO.

Existe una diferencia de 4 niveles de inteligencia entre un “Edificio Automatizado” y un “Edificio Inteligente”.

A-1,I-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de inteligencia mínimo.</li> <li>• Grado de integración mínimo.</li> <li>• La gestión del mantenimiento de las condiciones óptimas de operación requiere un gran esfuerzo.</li> </ul>
A-1,I-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición hacia otros niveles.</li> <li>• Existe integración de los equipos de Tecnología de Información.</li> <li>• Probablemente existe integración de los sistemas de automatización.</li> </ul>
A-2,I-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de inteligencia mediano.</li> <li>• Grado de integración intermedio.</li> <li>• Grandes posibilidades de lograr un mayor grado de integración.</li> </ul>
A-2,I-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de inteligencia máximo.</li> <li>• Grado de integración máximo.</li> <li>• Requiere mayor inversión.</li> <li>• Mayor complejidad tecnológica.</li> <li>• Disponibilidad de herramientas que faciliten la gestión del mantenimiento.</li> </ul>

En el nivel de automatización A0 las instalaciones del edificio no están automatizadas debido a ello no puede llegar a ser un edificio inteligente.

A continuación se muestra una gráfica donde se muestra la evolución de la inteligencia de un “Edificio Inteligente”:

		INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS	
		TI 1	TI 2
AUTOMATIZACION DEL EDIFICIO	A 0	-	-
	A 1	3	2
	A 2	2	1

De la anterior tabla deducimos que:

- El nivel máximo de inteligencia se logra en el número 1 (A2 - TI 2).
- El nivel mínimo de inteligencia se logra en el número 3 (A1 - TI1).
- El nivel considerado como de transición de inteligencia se representa en el número 2 (A2 - TI 1) y (A1 - TI2) en ese orden.

## 2.6. SISTEMA INTELIGENTE.

El Sistema Inteligente o SI es el que controla y coordina los diferentes recursos de un edificio, se encuentra integrado por lo siguiente:

- 2.6.1 Módulos de control distribuido.
- 2.6.2 Estación de supervisión.
- 2.6.3 Red de recursos ambientales.

### 2.6.1. MÓDULOS DE CONTROL DISTRIBUIDO.

El Sistema Inteligente está constituido por una red de módulos de control independientes, distribuidos en el Edificio Inteligente, estos módulos poseen programas específicos para coordinar la operación de los sistemas conectados. La información generada y adquirida en cada módulo puede ser transmitida hacia otros módulos de la red para ser compartida y brindar a la red un esquema de operación en base a los reportes de cada sistema. Esta filosofía de distribución de información permite que las decisiones referentes a la administración de recursos sea tomada en función a la operación global de los sistemas instalados. Es por ello que a un edificio que opera de esta forma se le cataloga como Edificio Inteligente.

El hecho de tener un esquema de control distribuido plantea el requerimiento de un sistema de comunicación, que permita el intercambio de información entre nodos de forma eficiente y confiable. Es aquí donde la tecnología juega un papel importante, proveyendo canales de transmisión de datos tan versátiles como los requerimientos de instalación lo demanden.

Los canales de comunicación basados en la tecnología abierta son los siguientes:

- línea de alimentación de 110V,
- radio frecuencia,
- cables de par trenzado,
- fibra óptica, etcétera.

El esquema de operación abierta permite la integración de equipos de diferentes proveedores en el denominado esquema abierto de *interoperabilidad*, de esta forma los equipos de diferentes fabricantes pueden trabajar en base a información recolectada por otros sistemas. Los conceptos de interoperabilidad y de sistemas abiertos han permitido integrar la información de los equipos instalados, alertar a los sistemas ante situaciones inesperadas, diseñar estrategias para ahorro de energía y programar eventos por horario y calendario mediante aplicaciones informáticas, que pueden ser operadas en forma sencilla por el usuario sin experiencia técnica.

Para el Sistema Inteligente, cada equipo instalado en el Edificio Inteligente es considerado como un objeto con variables de entrada y salida, encapsulando la complejidad de su operación y aislándolo del funcionamiento general de la red.

El Sistema Inteligente actúa como intérprete entre cada equipo y la propia red para que todo funcione como un conjunto armónico.

## 2.6.2. ESTACIÓN DE SUPERVISIÓN.

Para programar las actividades de los nodos y presentar al usuario (supervisor) lo que ocurre con los diferentes recursos, se instala una estación de supervisión. El equipo anterior es requerido para llevar una historia de los eventos que ocurren en el sistema y los recursos integrados al Sistema Inteligente. La finalidad es presentar al usuario la información respecto a la operación del edificio con una base de datos para evaluar su rendimiento. En caso de que el usuario lo deseara, el equipo anterior se podría expandir para formar una red de monitoreo en los lugares u oficinas en donde se solicitará el servicio para operar el Edificio Inteligente.

La estación de supervisión debe mostrar en forma gráfica el estado de la red de recursos ambientales (sistemas de iluminación, acondicionamiento ambiental, hidráulico, eléctrico, de seguridad, etcétera) del Edificio Inteligente.

Cuenta con una base de datos donde se almacenan todos los eventos ocurridos. Lo anterior permite obtener reportes para la evaluación, y planeación de estrategias, así como gráficas de la operación de algunos equipos para determinar su rendimiento y operación a través de los periodos del año. En este equipo se pueden programar los horarios y calendarios de las luces, fijar los puntos de operación del aire acondicionado, observar las gráficas de consumo diario y mensual, por mencionar sólo algunos puntos. Además, pueden conectarse varias estaciones de supervisión desde las cuales se realicen cambios a la operación del Edificio Inteligente. Una estación de supervisión es una herramienta que ayuda a planear el uso de recursos.

### 2.6.2.1. CARACTERÍSTICAS A CONSIDERAR:

Las características que deben considerarse para la elección de una estación de supervisión son:

- Operación amigable, fácil de enseñar al personal de operación y mantenimiento.
- Interfaz gráfica que permita un fácil acceso a los diferentes recursos y de manera sencilla ver el estado del Edificio Inteligente.
- Almacenamiento en base de datos, de los eventos ocurridos durante el día de los equipos integrados al Sistema Inteligente. El almacenamiento de información debe ser en forma diaria, mensual o anual (dependiendo de las necesidades del usuario).
- Obtención de reportes que ayuden a una buena planeación.
- Monitoreo distribuido que permite desde varios lugares obtener información de cómo está operando el Edificio Inteligente.
- Contraseña para restringir el acceso al Sistema Inteligente.

### 2.6.3. RED DE RECURSOS AMBIENTALES.

Está integrado por los sistemas de iluminación, eléctrico, seguridad, acondicionamiento ambiental, hidráulico, entre otros.

## CAPÍTULO 3

# SISTEMAS QUE COMPONEN UN EDIFICIO INTELIGENTE.

El proceso tradicional de diseño y construcción del Edificio Inteligente ha sido modificado debido al desarrollo tecnológico y a las demandas de los usuarios finales. Ahora es labor también del Licenciado en Informática y de algunos otros especialistas interdisciplinarios, apoyar al Arquitecto en diversas fases del diseño de un Edificio Inteligente.

La capacidad de obtener y dar información dentro del Edificio Inteligente está cambiando su operación y mantenimiento. Conforme aparecen nuevas tecnologías, su diseño evoluciona, y crecen las exigencias de los usuarios. Este cambio se refleja en sus componentes. Actualmente se observan tendencias muy claras en los equipos nuevos.

- Los sistemas de control se integran con sistemas informáticos.
- Se buscan niveles básicos de inteligencia en los componentes de modo que los sensores tomen decisiones a nivel de microproceso sin involucrar a un sistema altamente complejo.
- Se cuenta con un control distribuido pero a la vez de cooperación entre áreas independientes.
- El monitoreo de sistemas está migrando a una fuente de control distribuido con terminales de monitoreo remoto (dirección general, oficinas corporativas, etc.).

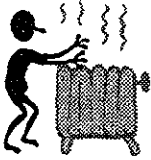
Todo lo anterior redundará en una mejor aceptación de los sistemas automatizados por parte del usuario, pero implica un mayor cuidado en el proceso de diseño.

El Edificio Inteligente debe ser funcional, esto significa que las soluciones aplicadas en su planeación y construcción correspondan con las necesidades de los usuarios y debe ser rentable para permitir su operación. En la práctica los sistemas de tecnología de punta lo son siempre que se les dé el uso adecuado [EdiInt93].

Algunos de los componentes o suministros más importantes que deben ser considerados durante el diseño de un Edificio Inteligente son:

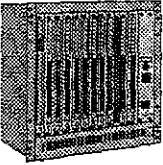


**a) Aire acondicionado.**



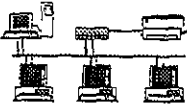
- Porcentaje de frescura del aire.
- Volumen de aire y su temperatura promedio.
- Distribución uniforme o localizada de salidas de aire.
- Humedad relativa.
- Aportación de calor por otros sistemas.

**b) Sistema eléctrico.**



- Acometidas.
  - Plantas de emergencia.
  - Ubicación de centros de carga.
  - Distribución de circuitos, considerando cableado y canalizaciones.
  - Potencia por salida eléctrica.
  - Sistemas de tierra, pararrayos y de transferencias.
- Sistemas de energía ininterrumpible UPS (Uninterruptible Power Supply).

**c) Redes de cómputo.**



- Cableado.
- Protocolos.

**d) Sistema de seguridad.**



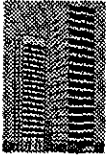
- Sensores y circuito cerrado de T.V.
- Conexión a sistemas externos (bomberos, policía).
- Rotación del personal de seguridad.
- Control de accesos y códigos de seguridad por áreas.

**e) Hidráulico y sanitarios.**



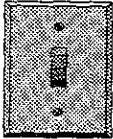
- Sensores de flujo y presión.
- Conexión a las áreas de agua.
- Tratamiento de aguas negras.
- Depósito de agua y sistemas de purificación.

**f) Edificación.**



- Fachadas, acabados, parteluces e imagen.
- Decoración: armónica, selección cromática, ubicación de accesos, circulaciones, áreas operativas y servicios.
- Pisos, techos y muros falsos.
- Estacionamientos.

**g) Iluminación.**



- Sistemas de control.
- Lámparas y luminarias.
- Niveles de luz por áreas - tiempo.
- Aprovechamiento de luz solar.
- Ambiente y ubicación.

Uno de los aspectos más importantes en la composición del concepto de Edificio Inteligente es la redundancia en los sistemas. Este no es un concepto nuevo, pero sí ha sido modificado en su filosofía de aplicación.

Se ha utilizado frecuentemente la llamada “Filosofía n+1” que propone la necesidad de contar con “n” número de equipos o suministros que operen de manera continua más “1” redundante que operará en situaciones de contingencia. Esta filosofía se justifica en base a la importancia que hoy se da a las necesidades de eficiencia de operación que obligan a planear considerando como prioridades los conceptos de calidad y rentabilidad.

Así la redundancia será indispensable en al menos los equipos o suministros estratégicos para situaciones críticas, por ejemplo: sistemas de energía ininterrumpible, sistemas de control de acceso y de seguridad, sistemas hidroneumáticos (elevadores), etc.

### **3.1. SISTEMA ELÉCTRICO.**

El sistema eléctrico es susceptible de ser controlado en lo que respecta a la supervisión y al control de potencia aspectos que retribuirán directamente en los costos. Por otra parte se puede crear un plan de contingencia en caso de apagones y de bajas en el voltaje para realizar un presupuesto de gastos y un plan para contingencias.

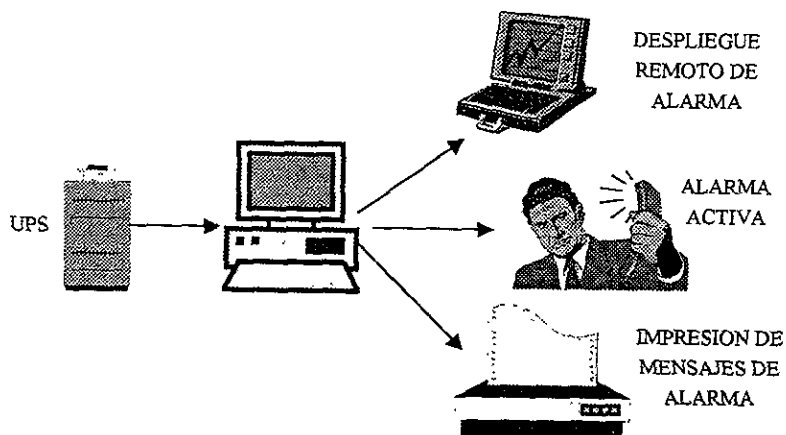


Figura 3.1. Supervisión y control de potencia.

La supervisión y el control de potencia sirve para tomar mediciones del consumo de energía eléctrica y para hacer planeación estratégica; también se utiliza para confirmar la cuota que cobra la CFE; por último es un servicio que demuestra la forma en que se aprovechan los energéticos. [RAEEE92]

Cada sección tendrá acceso a su información particular en la base de datos por medio de un módulo medidor. También se deberán instalar módulos medidores en áreas comunes y los administradores del Edificio Inteligente tendrán conocimiento de los consumos globales separados por sistemas, por ejemplo, cuánto se gastó en aire acondicionado o cuánto se consumió por piso.

VENTAJAS
• Evitar consumos que rebasen la demanda contratada e incurrir en multas.
• Llevar un registro anual del consumo eléctrico.
• Comprobar el consumo medido con el comprobante que entrega la CFE.
• Observar el comportamiento del consumo de energía eléctrica en el Edificio Inteligente durante diferentes periodos del año para la planeación estratégica.

Respecto a la operación tenemos que la estación de supervisión mostrará gráficamente los consumos de energía eléctrica en forma diaria, semanal o mensual, además del registro de Kw/h consumidos. Se harán los ajustes de la temperatura, del aire acondicionado y del nivel de iluminación cuando se pronostique un consumo que cause una multa.

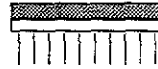
## 3.2. SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

### 3.2.1. ILUMINACIÓN EN OFICINAS.

La iluminación es un factor importante. Se debe considerar que si se cuenta con una gran cantidad de ventanas, techos demasiado altos, etc., el control que se puede tener sobre ésta es parcial y relativo. Existen 5 métodos básicos de iluminación [EdiInt93] los cuales son:

#### Directa.

Generalmente es utilizada en el ambiente de oficinas y comercios, por lo regular se realiza por medio de balaustas y lámparas fijas en el techo.



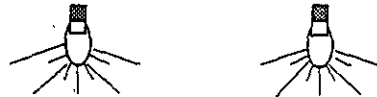
#### Semi - directa.

Se basa en la división en dos zonas, la mitad superior y la mitad inferior. La mitad superior generalmente está cubierta impidiendo el libre paso de la luz, este tipo de alumbrado es el que proveen las lámparas con pantalla.



#### General difusa.

En ésta todos los puntos de la fuente transmiten la misma intensidad de luz. un ejemplo es la que proporciona un foco de luz de manera general en una habitación.



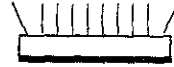
#### Semi - indirecta.

La proporcionan las lámparas compuestas, en las cuales la parte inferior deja pasar la luz en menor intensidad que la superior. este tipo de alumbrado es frecuentemente utilizado para ambientación, ya que la parte inferior se puede transmitir luz de algún color o tono en especial, razón por la cual no es conveniente para trabajar.



**Indirecta.**

En este método la parte superior es la única que deja pasar libremente la luz, la cual se refleja en el techo por medio de colores claros a toda la habitación de manera uniforme; eliminando gran cantidad de variaciones y parpadeos al ser colocadas varias fuentes indirectas juntas



**3.2.2. ILUMINACIÓN EN PASILLOS INTERIORES.**

Con respecto a la iluminación en pasillos interiores del Edificio Inteligente, existe el enfoque que considera que es necesario mantener un nivel de iluminación constante en los pasillos ya que nunca se sabe cuando un usuario saldrá o entrará a un corredor, por lo cual se considera que la luz debe mantenerse encendida todo el tiempo. Este modelo de operación, sin embargo, provoca consumo de energía durante todo el día [Taboada83]. Por otro lado, tenemos el enfoque basado en un Sistema de Control de Iluminación con las consiguientes mejoras:

OPERACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por medio de controladores y sensores se determina la presencia de personal en una sección del pasillo. Cuando no hay personal circulando, las luces son disminuidas; en el momento en que se reanuda la circulación de personal las luces son restauradas al 100% de su operación.</li> </ul>
VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce el consumo de energía eléctrica significativamente.</li> <li>• No sacrifica la comodidad de los usuarios.</li> </ul>

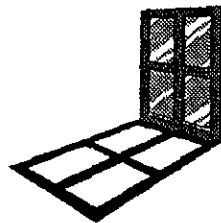


Figura 3.2. Iluminación en pasillos interiores: depende de la presencia o ausencia humana en determinado sector y de las condiciones externas.

El Sistema de Control de Iluminación, para el caso específico de los pasillos, aprovecha el concepto de ajuste electrónico de nivel de alumbrado, para ello utiliza balaustas electrónicas o lámparas incandescentes cuyo nivel de intensidad puede ajustarse.

Cuando el sensor de presencia detecta movimiento en el pasillo, automáticamente enciende las luces de esa sección al 100% de intensidad, una vez que ya no se detecta presencia, espera algún tiempo y restablece el nivel de iluminación a un 20% de intensidad para ahorrar energía eléctrica

### 3.2.3. ILUMINACIÓN EXTERIOR.

El sistema de iluminación exterior consiste en un controlador y un sensor, los cuales encienden las luces exteriores cuando no hay suficiente luz natural. Al amanecer cuando el nivel de iluminación es adecuado las luces se apagan.

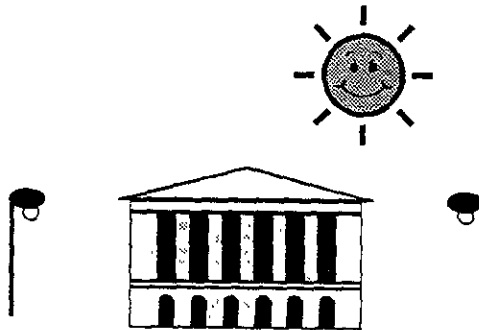


Figura 3.3. Iluminación en exteriores.

Algunas ventajas de un esquema automático de control de iluminación exterior respecto a un sistema no controlado son:

VENTAJAS	
•	Ahorro de energía por concepto de luces que se encienden en el momento de recibir una señal que indica que la iluminación natural ya no es satisfactoria y de apagarse cuando lo es.
•	Capacidad de mantenimiento preventivo para reportar en forma anticipada la necesidad de reemplazar un componente o dispositivo cuya vida útil está por cumplirse.

### 3.2.4. ILUMINACIÓN EN ESTACIONAMIENTOS.

De forma general, la operación de este sistema de iluminación en estacionamientos será regido en primera instancia por un horario y por sensores que indiquen el grado de luminosidad del ambiente. Este se complementará en base a la ausencia o presencia de personas.

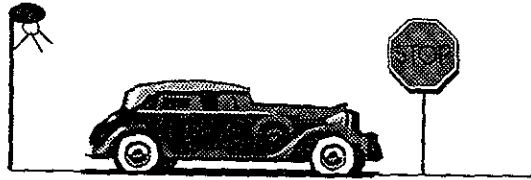


Figura 3.4. Iluminación en estacionamientos.

En un sistema de iluminación de un estacionamiento, cada vez que se detecte la presencia de un usuario se enciende el sistema de iluminación de dicho estacionamiento por un tiempo mínimo. Transcurrido éste, se apagan las luces.

VENTAJAS	
•	Se cuenta con un sistema de fotosensor que detecta la ausencia de luz solar. Éste puede combinarse con un horario para lograr un máximo de ahorro de energía. Es decir, se puede programar para encender las luces a cierta hora, pero sólo si no es suficiente la luz solar; o se puede evitar encender las luces más allá de cierto horario aún si no hay luz solar.
•	Permite el encendido manual y por software mediante la estación de supervisión.
•	Este sistema permite cubrir imprevistos, como la necesidad de encender el alumbrado por causa de algún evento extraordinario o de apagarlas manualmente por la ausencia total de usuarios.
•	La iluminación del estacionamiento, por ejemplo, será activada o desactivada de acuerdo a eventos programados y no programados.

### 3.2.5. SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN.

El sistema de control de iluminación de oficinas es necesario para que este recurso sea usado óptimamente. En base a éstos importantes sistemas podemos sacar provecho de los Edificios Inteligentes, esto se debe en gran parte a:

Reducción de costos	Mayor productividad	Ventaja competitiva
Utilizando la electricidad sólo en los lugares en que se necesita la iluminación y con la intensidad que se requiera.	Por regla general se trabaja mejor y con mayor productividad en un lugar que tenga la iluminación adecuada a cada tipo de tarea.	La ambientación y presentación que se da a los espacios de recepción de clientes por medio del control de iluminación propicia un ambiente adecuado para los negocios.

Lo anterior se logra por medio de módulos de control y sensores. La cantidad de luz que proporcionan las luminarias pueden ser ajustadas de acuerdo a la contribución de luz exterior. Además los módulos pueden determinar si la oficina está ocupada; en caso de no haber personal, las luces son apagadas o su intensidad es disminuida y en consecuencia el gasto de energía eléctrica es menor.

Otro ahorro puede ser obtenido al programar las luces con un horario de operación desde la Estación de Supervisión del Edificio Inteligente<sup>1</sup>. [Lidec88].

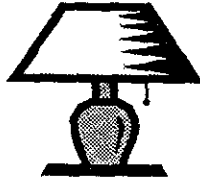


Figura 3.5. Sistema de iluminación..  
El nivel de iluminación depende principalmente del uso que se le da al recinto en cuestión.

### 3.2.5.1. VENTAJAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN.

La estrategia de control de iluminación por zona tiene un ahorro de energía eléctrica de hasta el 35% sobre un método convencional. Si se utiliza balausta electrónica presenta además las siguientes ventajas:

- Tiene una vida útil estimada 3 veces mayor que la de una balausta magnética; opera a un 20% de la temperatura que el otro tipo, por lo tanto, el equipo de aire acondicionado requiere enfriar menor carga térmica y por esto hay menos consumo eléctrico.
- La balausta electrónica opera a un factor de potencia de 95%, a diferencia de una balausta convencional que trabaja entre un 60 y 80%, por lo que se ahorran multas por abundancia de carga.
- Permite regular la intensidad desde 0 hasta 100%, aprovechando la contribución de luz exterior.

---

<sup>1</sup> La estación de supervisión del Edificio Inteligente se refiere a un equipo de cómputo central en donde todos los sistemas del Edificio Inteligente reportan.



### **3.2.5.2. OPERACIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN.**

El sistema de iluminación es independiente para cada zona (pasillos interiores, oficinas, estacionamiento, pasillos exteriores, etc.) y se encarga de encender las luces en respuesta a eventos reportados por sensores.

Por ejemplo cuando el sistema de detección identifica la salida de un usuario, las luces se podrían apagar considerando que ya no hay ocupantes en el área. La condición de presencia o no de usuarios es reportada a una estación de supervisión, de manera que en forma remota se puede saber si una oficina, pasillo o zona específica está o no ocupada.

La principal forma de controlar un sistema de iluminación es principalmente a través de un horario que servirá como referencia básica para la estrategia de ahorro de energía. El horario se almacena en el módulo de control y es manipulado a través de la estación de supervisión. Sin embargo se puede combinar el sistema básico de control de iluminación (horario) con un sistema detector de presencia.

Como en todo sistema de iluminación de un Edificio Inteligente debemos tomar en cuenta la iluminación exterior y los cambios en la luminosidad a través de las diferentes estaciones del año, existe la posibilidad de adaptación, por medio del Sistema Inteligente, lo que ofrece máxima flexibilidad. Se regula la intensidad luminosa para mantener un nivel adecuado sin perder calidad de iluminación y comodidad, aprovechando la contribución natural de luz exterior.

Así cuando se ha detectado un nivel bajo de iluminación natural en el área exterior, el sistema automáticamente enciende las luces.

Los eventos de encendido y apagado, los eventos de luz natural suficiente y luz natural no suficiente y los niveles de luz ocurridos durante el día son reportados a la estación de supervisión de manera que puedan ser graficados y tomados en cuenta para la programación de la siguiente temporada.

La estación de supervisión podría generar reportes de los eventos ocurridos en las oficina, pasillos o zonas específicas, y mediante éstos hacer una eficiente planeación de iluminación por temporadas.

Las luces de una oficina podrían ser programadas dentro de un horario de trabajo: cuando la oficina esté en horas fuera de operación, todos los servicios son apagados para evitar el consumo de energía eléctrica. También la iluminación en oficinas, pasillos o zonas específicas podría encenderse o apagarse en forma remota desde la estación de supervisión.

También debe existir un sistema de encendido manual para las ocasiones en que todo el sistema de control falle. Este sistema de encendido manual podría consistir en una llave que se utiliza para sobrepasar todos los parámetros de control por medio de un contacto eléctrico que permite encender o apagar el sistema de iluminación, a la llave sólo tendrá acceso cierto personal autorizado

En un Edificio Inteligente el sistema de iluminación debe estar coordinado con el sistema de acondicionamiento ambiental y el sistema de seguridad. En caso de recibir una señal de alarma. se apagan las luces del circuito normal y se encienden las de emergencia, que están coordinadas con un sistema de evacuación, facilitando la localización de las puertas de salida.

### 3.3. SISTEMA HIDRÁULICO.

#### 3.3.1. CONTROL DE CISTERNAS.

Si se cuenta con cisternas que deban ser llenadas de un pozo profundo de gran capacidad. entonces a través de módulos de control se puede automatizar esta actividad. Por medio de sensores se determina el nivel de agua de la cisterna, cuando no hay suficiente, el sistema enciende las bombas para que la cisterna se llene.

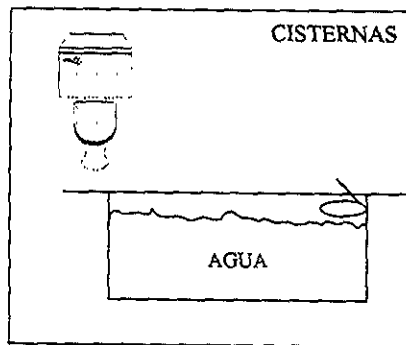


Figura 3.6. Control de Cisternas

Las ventajas evidentes al tener un Sistema de Control de Cisternas es que no se requiere de personal dedicado a llenar las cisternas, las cuales siempre tendrán el agua necesaria, lista para ser usada, reduciendo al mínimo los problemas de cisternas vacías.

Cuando se detecta que la cisterna esta media vacia, se enciende la bomba de agua y se abre la válvula selenoide para llenarla. Cuando la cisterna se llena se apaga la bomba de agua y se cierra la válvula selenoide para evitar que el líquido se desborde.

Cuando la cisterna esté, por alguna causa ajena, completamente vacía, se avisa a las bombas del sistema de riego para que no funcionen, de esta manera se evita que trabajen en seco.

En caso de que la válvula selenoide se dañe o exista un elemento en el agua que tape la tubería, el sensor de presión de agua detectará esta anomalía y se apagará la bomba para evitar rupturas en la instalación

Los eventos que indican el nivel en que se encuentra la cisterna, en caso de alta presión o presión normal, son reportados a la estación de supervisión para registrarlos y corroborar que el control de las mismas esta funcionando adecuadamente o detectar anomalías en su operación. A través de la estación de supervisión se puede encender el control de las cisternas para que comience a llenarlas, aún cuando el nivel esté medio lleno.

### 3.3.2. CONTROL DE RIEGO.

El control de riego óptimo ayuda a que los árboles y jardines tengan agua cuando la necesiten. El ahorro radica en que se requiere de poco personal para atender los jardines y no se desperdicia agua. El sistema se encarga de encender y apagar las bombas y las válvulas de acuerdo a eventos programados o manuales. A través de sensores de humedad se corrigen los tiempos asignados a cada sección del jardín para que sean regados sólo lo necesario.



La programación se puede realizar a través de la estación de supervisión o por medio de una sencilla estación manual que puede ser operada por el jardinero sin tener que usar la estación de supervisión.

Las ventajas que representa el tener control de riego son:

VENTAJAS	
•	Operación sencilla desde una estación manual
•	Poco personal para el cuidado de jardines, ya que el sistema se encarga de regar automáticamente y cuando es necesario.
•	Los eventos ocurridos con el sistema de riego son reportados a la estación de supervisión.
•	Uso adecuado del agua.

La función del sistema es encender y apagar las bombas y las válvulas de riego de acuerdo a eventos tanto programados como no programados.

La estrategia principal de ahorro del sistema de riego sería una programación por medio de horarios. Este horario se puede manipular por medio de la estación de supervisión para adaptar los tiempos de riego a las diferentes temporadas de lluvia y sequía. Es posible que en algún momento surja la necesidad de encender las válvulas y bombas de riego para cubrir eventos excepcionales; esto se puede hacer por medio de la estación de supervisión.

El sistema está dotado de un sensor de humedad el cual acciona el riego automáticamente cuando el suelo está muy seco. Para evitar que las bombas trabajen cuando no haya agua, se cuenta con un sensor de nivel en la cisterna, que bloquea el sistema de riego.

El sistema cuenta con un sensor de presión, el cual sirve para proteger la tubería de ruptura debido a aspersores bloqueados. Este tipo de anomalía también es reportada a la estación de supervisión.

### **3.4. SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL.**

Los Sistemas de Acondicionamiento Ambiental cubren uno de los principales objetivos a cubrir por los sistemas del Edificio Inteligente: brindar mayor comodidad a los usuarios, para mantener un alto nivel de productividad. Se ha comprobado que no sólo la temperatura de una habitación constituye el medio ambiente, sino también otros factores adicionales como son: la iluminación, el ruido y la vibración. En estudios recientes se ha constatado que el ser humano trabaja de manera más rápida y eficiente en condiciones ambientales óptimas [EDIFINTEL94].

*El sistema de acondicionamiento ambiental es un conjunto integrado de servicios y equipos que se encargan de proveer y mantener las condiciones del medio ambiente confortables.*

Los Edificios Inteligentes son capaces de adaptarse a los cambios reajustando sus parámetros y controles. Los sistemas de acondicionamiento ambiental son capaces de controlar la temperatura, humedad, purificación y distribución del aire. Estos cuatro componentes tienen diferentes efectos en los ocupantes.

Las temperaturas elevadas causan sensación de fatiga y a su vez disminuyen el rendimiento. Por otra parte las bajas temperaturas causan una sensación de tensión nerviosa.

La carencia de humedad en el ambiente incrementa la cantidad de carga electrostática y causa resequedad en la piel y ojos. El exceso de humedad produce la sensación de que las áreas son mucho más calientes de lo que la temperatura indica.

Por cuestiones de comodidad, el efecto de movimiento del aire debe ser considerado al momento de diseñar el sistema. Si la distribución del aire se realiza a través del techo, deberá tener una velocidad de por lo menos 20 pies por minuto, fpm (feet per minute), para evitar problemas de malos olores y estancamiento del movimiento del aire. Una velocidad de 25 a 40 pies por minuto es normalmente tolerable

Las áreas ocupadas deberán estar libres de elementos irritantes como el polvo, humo de cigarro y sudor. La ventilación involucra el reemplazo del aire de un área cerrada, por aire del exterior; el cual puede ser tratado por equipo de calefacción o enfriamiento, purificación, secado y retornado.

En el código de la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) los estándares se especifican dentro de rangos, los cuales varían de 73°F a 79°F para el verano y de 69°F a 74.5°F en el invierno, contando con una humedad relativa de 30 a 60% durante todo el año; en cuanto a la velocidad del aire para áreas en interiores deberá de estar dentro del rango de 0.15 y 0.25 m/s.

Los estándares de la ISO ( International Standards Organization) [IBS88] son más precisos al especificar sus condiciones:



<p><b>Condiciones sugeridas para verano.</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de operación de 20°C a 24°C.</li> <li>• Temperatura de la superficie del piso de 19°C a 26°C. La calefacción a través del suelo deberá estar diseñada para mantener 29°C.</li> <li>• Diferencia de temperatura vertical del aire de 0.1 m. A 1.1 m. Sobre el piso.</li> <li>• Velocidad promedio del aire de 0.15 m/s.</li> </ul>
<p><b>Condiciones durante el invierno.</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de operación de 23°C a 26°C.</li> <li>• Temperatura de la superficie del piso de 22°C a 29°C.</li> <li>• Diferencia de temperatura vertical del aire de 0.1 m. a 1.1 m. sobre el piso</li> <li>• Velocidad promedio del aire de 0.25 m/s.</li> <li>• Temperatura irradiada de superficies verticales como ventanas, láminas o puertas de menos de 10°C.</li> <li>• Temperatura disipada por objetos que generen calor de menos de 5°C en relación a un plano de 0.6 m. sobre el piso.</li> </ul>

Tabla 3.1. Estándares ambientales de ISO.

La diferencia entre ambos estándares radica en que el estándar dictado por ASHRAE, está realizado pensando en la comodidad del 80% de la población norteamericana, mientras que el estándar ISO está realizado para el 80% de la población mundial

Estudios realizados en oficinas y ambientes laborales indican que las facilidades y controles ambientales pueden incrementar hasta un 30% la productividad. Por otra parte los sistemas de aire acondicionado y control mal diseñados pueden afectar gravemente la productividad y aumentar el índice de enfermedades. [EDIFINTEL94]

En áreas y espacios muy ocupados como salones, teatros y auditorios la temperatura deberá ser menor a la indicada como temperatura de comodidad, debido a que la proximidad en que se encuentran sus ocupantes generan más calor. La misma especificación deberá ser tomada en cuenta en las oficinas ya que también existe irradiación de calor entre el equipo de cómputo y los ocupantes

En el caso de una inyección y flujo del aire a través del techo, se requerirá de mayor velocidad así como más refrigeración debido a la distancia a recorrer entre el techo y la zona ocupada. Para estas condiciones normalmente se recomienda que el flujo de aire oscile entre 25 y 40 pies por minuto (fpm).

Sin embargo, las rápidas variaciones, ruidos molestos y las corrientes de aire frío pueden ocasionar dolores en la región del cuello, espalda y rodillas, razón por la cual se recomienda realizar una inyección del aire a través del piso, debido a que no se requiere de gran velocidad del mismo, y de esta manera no se disipa el calor de las lámparas y ventanas antes de que el de las personas. Las capacidades de aire y cantidad de calor a disipar se consideran para determinar el equipo a instalar. ya que se toman en cuenta la cantidad de calor promedio generado por cada persona y la cantidad de calor a disipar por máquina se realiza el cálculo para la cantidad de calor o frío que se deberán disipar tanto por el sistema como por las ventanas y puertas. Tomando como referencia el día más frío y el día más cálido registrado en la zona el año anterior.

Existen 4 sistemas de aire acondicionado usados comúnmente en los edificios.

Sistema de aire acondicionado con ducto dual.	Unidad de inducción de ducto sencillo.	Sistema multizona.	Sistema de volumen variable de aire acondic. por ducto sencillo
Maneja un volumen constante de aire, requiere de un espacio para mezclarlo debido a que un ducto inyecta aire caliente y otro frío.	Tiene el efecto de calentar o refrigerar el aire por medio de columnas de agua bombeada a través de la unidad de inducción según se requiera.	Contiene reguladores individuales de aire caliente y frío. al ser mezclados desde la unidad central no requiere de espacio adicional.	El control de la temperatura se realiza por medio de la variación de aire a proveer por habitación. el cual deberá encontrarse dentro de los límites preestablecidos en el diseño

Es conveniente complementar estos sistemas por medio de dispositivos como.

- Manejadoras de aire, las cuales ayudarán a proveer de un control más preciso del flujo del mismo
- Difusores de aire ajustables, cajas de volumen de aire variable y termostatos individuales.

Existen factores que afectan el diseño y operación de los sistemas de acondicionamiento ambiental en los Edificios Inteligentes tales como:

- A. Variaciones regionales en cargas de calor y refrigeración. Para ello en los Edificios Inteligentes se incluyen sistemas de aire acondicionado de múltiples zonas, los cuales varían sus condiciones y espacio de afectación
- B. Calor disipado por equipos de oficina y cómputo. La capacidad de los sistemas deberá ser suficiente para acoplarse al incremento de calor generado por los equipos de oficina.
- C. Sensibilidad del equipo. El equipo es frecuentemente sensible a la temperatura y la humedad, necesitando estrictos controles ambientales para asegurar su buen funcionamiento.

### 3.4.1. CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO.

El aire acondicionado es el sistema que requiere mayor demanda de consumo eléctrico, por lo que es obligatorio tomar las siguientes consideraciones para que este servicio sea eficiente:

- Reducir la carga térmica de otros equipos eléctricos, como las luminarias.
- Coordinar el desempeño del sistema de aire acondicionado con el sistema eléctrico.
- Tener las herramientas para una planeación estratégica.
- Controlar por medio de sistemas informáticos adecuados y no sólo encender o apagar las unidades manejadoras de aire y los enfriadores de agua.
- Aplicar la estrategia de multizonificación por medio de compuertas ajustables.

VENTAJAS...
• Si es bueno el funcionamiento del aire acondicionado, existirá un ahorro de energía eléctrica de hasta 35%
• Aumento en la comodidad del usuario, porque las zonas calientes son enfriadas suficientemente y al mismo tiempo las zonas frías lo son menos.
• La selección de la temperatura que proporcione comodidad es instruida de modo local por un termostato o vía remota por la estación de supervisión.

**...VENTAJAS**

- Ajusta la banda de operación por condiciones (coordinación con sensores de presencia o control de acceso) al fijar diferentes temperaturas del usuario, del personal de servicio o de los cuartos vacíos
- El control regula la presión de aire sobre los ductos para evitar ruidos y usa sólo la energía necesaria en la manejadora.
- El control de flujo de aire, mediante compuertas, permite que una manejadora suministre diferentes temperaturas en una área seccionada.

El Sistema de Aire Acondicionado trabaja de la siguiente forma:



Selecciona la temperatura de cada zona por medio de un termostato capaz de fijar distintas temperaturas en cada punto de operación. Además desde la estación de supervisión es posible cambiar los puntos de operación de las zonas.



La válvula que da paso al flujo de agua helada o caliente de la manejadora de aire, responde de forma automática a la temperatura programada. El sistema de aire acondicionado opera según la temperatura seleccionada por el usuario cuando éste se encuentra dentro de la zona; y cuando no, permite que la temperatura suba para ahorrar energía (Estrategia de Ocupación). El sistema de aire acondicionado diagnostica si los filtros están sucios y los reporta a la estación de supervisión.



Se registra en una base de datos las estadísticas de temperatura, consumos y operación, para planear estrategias administrativas por temporadas y para implementar un mantenimiento preventivo. Las muestras de temperatura se toman, por ejemplo, cada cinco minutos de tal manera que se grafique la termografía en forma diaria.



El sistema responde a las alarmas contra incendio, si ocurre uno, las manejadoras de aire se apagarán para ventilar el humo.



Desde la estación de supervisión es posible fijar calendarios y horarios para prender y apagar cada una de las manejadoras. Cuando el consumo eléctrico rebasa el límite fijado en la estación de supervisión, la temperatura de las zonas es ajustada para que el consumo disminuya sin que por esto se mine el ambiente de productividad.





### 3.4.2. CONTROL DE LA CENTRAL

En un sistema de aire acondicionado para edificios medianos y grandes, son usados los enfriadores de agua (chillers), bombas para agua fría, bombas para agua caliente y bombas para agua condensada. Estos equipos representan un porcentaje muy alto de la carga total de energía eléctrica, por lo tanto, el uso eficiente de este recurso con estrategias adecuadas es casi obligatorio.

El enfriado es usado eficientemente, sólo en la cantidad, horario y momento que se requiera:

VENTAJAS	
•	Si el sistema de aire acondicionado está diseñado para válvulas de tres vías, entonces se modula el agua de las manejadoras para que sólo circule en el serpentín la necesaria.
•	Si el sistema de aire acondicionado está diseñado para válvulas de dos vías con un pequeño porcentaje de tres vías, entonces presenta las ventajas antes mencionadas y reduce el esfuerzo de bombeo permitiendo que sólo circule el agua necesaria.
•	Si el diseño del Edificio Inteligente y las condiciones del lugar obligan a tener, en ciertos periodos del año zonas calientes y zonas frías, entonces se requiere de unidades manejadoras de aire con doble serpentín. La tubería debe ser de cuatro vías.

El control de la central de aire acondicionado permite arrancar o parar los enfriadores desde la estación de supervisión bajo un programa de ahorro de energía., opera de la siguiente manera: cuando el agua de retorno en el enfriador tiene una temperatura inferior a la que requiere el Edificio Inteligente, entonces el punto de operación ("set-point") del equipo se cambia para que no se desperdicie energía y permite un monitoreo de los enfriadores y bombas para mantenimiento preventivo.

Cuando el sistema de supervisión de potencia detecta un sobrepaso en la demanda contratada, entonces los puntos de operación del equipo son cambiados para bajar el consumo y evitar multas. Las bombas de agua son alternadas con las de emergencia, para asegurarse de que siempre estén funcionando y que todas las bombas tengan un tiempo de reposo. En un sistema de dos vías las bombas no trabajan a su máxima capacidad por lo que hay un ahorro.

### 3.4.3. ENTALPÍA.

La entalpia es usar el aire exterior para ayudar a enfriar el Edificio Inteligente. El uso de esta estrategia requiere que la temperatura de aire húmedo exterior promedio durante el año, sea menor a los 21°C. La calidad de aire exterior debe ser el adecuado, en caso de que esto no ocurra es necesario el uso de filtros activos. El controlador de las unidades manejadoras de aire ajusta la compuerta para introducir aire exterior cuando se requiera.

Las ventajas del uso de la entalpía son que se inyecta aire limpio y nuevo a las diferentes zonas y que en los periodos del año donde la temperatura es favorable se obtiene un ahorro alto de energía eléctrica en cuanto a las manejadoras de aire.

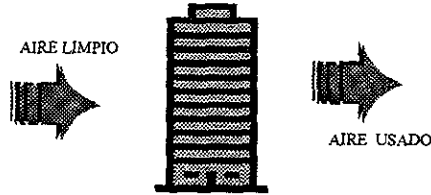


Figura 3.7. Dinámica del proceso de entalpía.

Cuando el controlador detecta una temperatura menor a la deseada entonces comienza a modular la entrada de aire externo. Si la temperatura es superior a la deseada en una zona, entonces se cierran las compuertas para que sólo se utilice el aire interior. Desde la estación de supervisión se administra la operación del sistema bajo la estrategia de entalpía.

### 3.5. SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO.

Las zonas, oficinas o cuartos además de ofrecer comodidad deben incluir estrategias de seguridad, además de un control de acceso sencillo y seguro. A través de una lectora de proximidad, el usuario únicamente tiene que acercar su tarjeta a la puerta para abrirla

A través de la estación de supervisión se puede decidir qué personal o usuarios tienen acceso a una zona, oficina o cuarto. Si la llave se pierde, sencillamente se da de baja el nombre de la persona que la tenía y se da de alta una nueva, de esta manera se evitan accesos no permitidos.

Como medida de seguridad, desde la estación de supervisión se puede saber qué usuario entró además del día y hora en que lo hizo. [EDIFINTEL94]

<b>VENTAJAS</b>	
•	Operación sencilla y rápida. En caso de fallas se pueden usar llaves normales.
•	Restringe el acceso a las zonas, oficinas o cuartos, permitiendo que sólo aquellos usuarios autorizados puedan entrar.
•	No hay necesidad de cambiar las chapas a causa de llaves extraviadas o no devueltas.
•	En la estación de supervisión queda registrado el día, la hora y la persona que entró en determinado lugar.
•	Permite fijar una banda de temperatura determinada para cada usuario, si el sistema está integrado con el de acondicionamiento ambiental.
•	Permite activar la iluminación, si el sistema está integrado con el control de iluminación

Por medio de la estación de supervisión se programan los horarios y privilegios que cada tipo de usuario tiene al usar su tarjeta. Esta información se puede dar de alta, baja o modificar de manera instantánea.

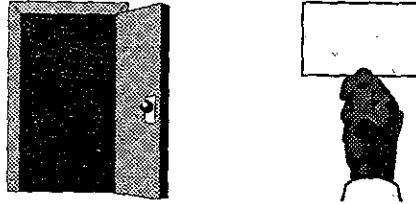


Figura 3.8. Control de acceso vía tarjeta magnética.

Cuando el usuario introduzca la tarjeta a la lectora, se encenderá una luz verde indicando que la puerta puede ser abierta. En caso de que la tarjeta no esté autorizada para abrir en cierta zona, la lectora hará un “beep” y encenderá una luz roja para indicar que el acceso no está autorizado, la puerta no podrá ser abierta. La hora, fecha y usuario serán registrados en la estación de supervisión con un intento de acceso no autorizado.

### 3.6. SISTEMA DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS.

Un elemento básico para la protección de los usuarios es el equipo para detección y extinción de incendios. En caso de siniestro, el sistema avisará oportunamente del problema para que se den las instrucciones para la evacuación y se tomen las medidas necesarias para corregirlo.

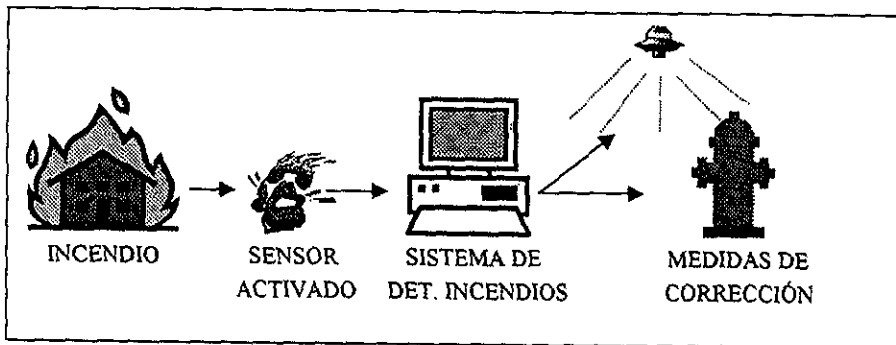


Figura 3.9. Sistema de detección y extinción de incendios.

Aunque no influye en forma directa en el concepto de costo beneficio, lo hace en forma indirecta al bajar las primas de seguro y al considerar que las vidas de los usuarios son valiosas y que cuando ocurre un siniestro, el costo de la inversión es mucho menor en comparación con los daños que se puedan evitar y vidas que se puedan perder.

<b>VENTAJAS</b>	
•	Avisa a los usuarios de un posible siniestro.
•	Se dan las instrucciones adecuadas para la evacuación, en caso de que exista una situación de emergencia.
•	Protege la inversión del inmueble contra pérdidas irreparables avisando de un posible problema
•	Los usuarios se sienten más protegidos.
•	Permite coordinar los equipos del Sistema Inteligente para que tomen las acciones necesarias en caso de una emergencia.
•	La estación de supervisión guarda los eventos de alarma reportados por el sistema de detección y extinción de incendios para corroborar el buen funcionamiento del equipo.
•	Presenta al operador de manera gráfica, la ubicación de los sensores e indica cual de éstos reporta un problema.

El Sistema Inteligente recibe los eventos de alarma que el sistema de detección y extinción de incendios envía por uno de sus puertos, avisa a los equipos, que estén conectados a la red de recursos ambientales, que hay un evento de alarma. Cada equipo en particular tomará las acciones pertinentes para casos de emergencia.

La estación de supervisión guardará todos los eventos que el sistema de detección y extinción de incendios le reporte. En caso de un problema, en la estación de supervisión se mostrará la localización (por ejemplo, en forma gráfica representando el piso y zona) del sensor que está alertando de un posible siniestro.

### 3.7. SISTEMA DE DETECCIÓN DE INTRUSOS.

Los sensores determinan si hay zonas ocupadas, pero si un cuarto lo está bajo circunstancias anormales, ya sea porque se encuentra fuera de horario o porque no tiene acceso correcto, entonces la estación de supervisión avisa al personal de vigilancia sobre esta situación irregular.

Las ventajas de tener un Sistema de Detección de Intrusos es que se cuenta con protección contra accesos no autorizados y el registro de dónde y cuándo ocurrió un acceso no autorizado y por quién.

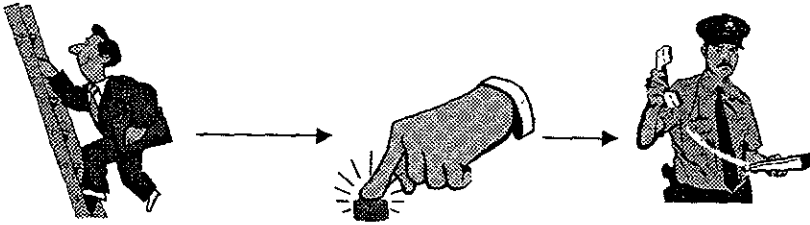


Figura 3.10. Detección de intrusos y seguimiento de las normas adecuadas de seguridad.

Cuando los sensores de movimiento detectan la presencia de personal o usuarios en determinada zona, oficina o cuarto, entonces se avisa a la estación de supervisión. Por medio de la base de datos de personal o usuarios autorizados y del registro de eventos se determina si la zona, oficina o cuarto debería estar ocupada, si el resultado es negativo la estación de supervisión avisa al vigilante que hay personal no autorizado.

Las situaciones irregulares son almacenadas en la base de datos de la estación de supervisión para en un futuro hacer referencias cruzadas de los accesos a las diferentes zonas, oficinas o cuartos del Edificio Inteligente.

## CAPÍTULO 4

# SISTEMA EXPERTO PARA LA CLASIFICACIÓN Y APOYO AL DISEÑO DE EDIFICIOS INTELIGENTES (SECADEI).

### 4.1. SISTEMAS EXPERTOS.

Los Sistemas Expertos son apasionantes por dos razones fundamentalmente, en primer lugar, son generalmente programas útiles y prácticos que satisfacen una necesidad concreta y, en segundo lugar, pueden ser desarrollados con los recursos tecnológicos con que disponemos actualmente. Estas son las razones que apoyan gran parte del éxito comercial de la Inteligencia Artificial.

La construcción de sistemas expertos, también llamado la ingeniería del conocimiento se fundamenta en la estrecha colaboración entre un informático especializado y un experto humano cuyos conocimientos y experiencias sobre una materia determinada se tratan de transferir a un programa de computación.

Es decir, un experto humano es alguien que, debido a su entrenamiento y experiencia, es capaz de hacer cosas que el resto de las personas no pueden hacer. Un ejemplo de un experto podría ser un doctor, cuyo entrenamiento y experiencia le permite tomar decisiones y ofrecer opiniones que puedan solucionar problemas.

Hay muchos modos de razonar y de considerar situaciones complejas. La función asignada a los sistemas expertos es la de razonar.

#### 4.1.1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS.

Los sistemas expertos son programas que toman decisiones y dan opiniones en un área especializada de conocimiento, tal y como lo haría un experto humano. Dicho en otras palabras:

*Un sistema experto es un programa de computadora capaz de almacenar información como si fuese una base de datos y utilizar dicha información para obtener nuevos resultados, empleando métodos de razonamiento e inferencia [INGELEK].*

Tabla 4.1. Definición de un sistema experto.

Un Sistema Experto entonces tiene:

- La capacidad de aprendizaje, lo cual permite al sistema utilizar nueva información que necesite para los procesos de inferencia.
- El poder de inducción, que es la combinación de datos almacenados y de información que introduce el usuario, para producir nuevos elementos de juicio a un problema dado.

Un Sistema Experto busca una solución satisfactoria tal que sea lo suficientemente exacta de acuerdo al dominio del problema, aunque no sea la óptima. Utiliza la información que el usuario le proporciona para darle una opinión sobre cierta materia. Por tanto, el sistema experto le hace preguntas hasta que pueda identificar un objeto que se relacione con sus respuestas y dar consejo sobre el tema que conoce.

Un Sistema Experto está diseñado para generar soluciones de una gama de problemas dentro de un dominio determinado. Aunque la estructura de los problemas cambiasen, el Sistema estaría capacitado para dar soluciones y en caso de requerir de mayor información, se podría añadir conocimiento sin necesidad de modificar el método de solución.

Los sistemas expertos permiten que una computadora ejecute una parte de un proceso de decisión inteligente o de solución a un problema.

Un problema se considera candidato a ser desarrollado como un sistema experto cuando:

- La solución del problema tiene una rentabilidad tan alta que justifica el desarrollo de un sistema, pues las soluciones son necesidades del área y no se ha trabajado en otros métodos para obtenerla.
- El problema puede resolverse solamente por un conocimiento experto en vez de usar algoritmos particulares. Es decir por una parte existen expertos humanos, que guiarán al ingeniero del conocimiento en la creación del sistema experto y por otra el problema no es reducible a un algoritmo numérico.
- El problema puede o no tener una solución única. Los sistemas expertos funcionan mejor con problemas que tienen un cierto número de soluciones aceptables.

- El problema cambia rápidamente, o bien el conocimiento es el que cambia rápidamente, o sus soluciones son las que cambian constantemente. El desarrollo de un sistema experto no se considera acabado una vez que funciona éste, sino que continúan desarrollando y actualizando tanto el conocimiento del sistema como los métodos de procesamiento, quedando reflejados los progresos o modificaciones en el campo, área o sistema.
- El problema tiene perfectamente enmarcado su dominio y la nomenclatura para su descripción está ya definida.

#### 4.1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La década comprendida entre 1960 y 1970 vio sentar los principios básicos de la investigación en las estructuras de árbol así como el movimiento de ideas empleadas actualmente en la resolución de problemas y en los sistemas expertos. Los principales métodos de búsquedas en estructuras de árbol que todavía se emplean hoy en los sistemas expertos, estaban ya disponibles en aquel tiempo. Sin embargo las investigaciones se concentraron especialmente en problemas fáciles de describir pero muy complejos de resolver.

Así el principal campo de aplicación de los sistemas expertos son los problemas "precisamente definidos que constan de un gran número de reglas y de hechos pero con una complejidad estratégicamente limitada".

El programa DENDRAL, que apareció a mediados de los '60 bajo la dirección de Buchanan determina la estructura desarrollada de una molécula a partir de su masa. DENDRAL fue el primer programa en el que contribuyeron especialistas ajenos a la ciencia de la computación.

En los años '70 los programas e investigadores se enfocaron hacia la naturaleza del conocimiento. Investigadores de diferentes ramas intentaron determinar lo que es el conocimiento, concluyendo que es la integración de todos aquellos factores internos, como lo es la capacidad de aprender y de razonar, así como factores externos, como el medio ambiente que influye en la formación moral y psicológica de los individuos, que le permiten adquirir un sentido común. Así en los años 1975-1980 nacen los sistemas expertos.



#### 4.1.2. FUNCIONES DE UN SISTEMA EXPERTO.

Las funciones que se pueden confiar a un sistema experto son:

- La interpretación, traducción de señales en expresiones simbólicas que se utilizarán en los razonamientos.
- El diagnóstico, se establece una correlación entre características o síntomas y situaciones problema.
- La formación, transmisión de conocimientos a un alumno cuyo nivel y características han sido objeto de un diagnóstico.
- La previsión, descripción de una situación anticipadamente, a partir de situaciones comunes y corrientes, generalmente para el modelo construido sobre una base histórica o por aprendizaje.
- La simulación, deducción a partir de un modelo, de las consecuencias de las acciones o de acontecimientos, desencadenados por el sistema en el curso de la simulación.
- La planificación, comparar las consecuencias en curso y el estado deseado y previniendo los resultados de las acciones, respetando las reglas impuestas por el entorno y las consecuencias de las interacciones entre estados y acciones o entre estados sucesivos.
- El mantenimiento, confrontar los resultados de las pruebas, con los que daría un sistema en funcionamiento propiamente; el plan de acción consiste en crear las instrucciones necesarias para efectuar la reparación.

#### 4.1.3. TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Por lo anterior podemos considerar dos tipos básicos de sistemas expertos:

Sistemas expertos generativos.	Sistemas expertos operativos.
Realizan tareas de tipo "creativo", su función principal es el diseño, la resolución de problemas matemáticos, etc. Utilizando su propia base del conocimiento.	Son sistemas consultivos, manejan gran cantidad de información y su correcta utilización para la solución de un problema.

Tabla 4.2. Tipos de sistemas expertos.

#### 4.1.4. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.

Los sistemas expertos están ampliando notablemente el ámbito de aplicación de la informática, ya que permiten resolver por métodos heurísticos problemas que hasta ahora habían resultado inabordables mediante procedimientos algorítmicos convencionales.

Un sistema experto debe ser capaz de integrarse en el entorno del hardware y software de la empresa que lo vaya a utilizar, de manera que pueda utilizar todos los recursos que esta disponible sin necesidad de renovar parte del sistema.

La ingeniería de conocimiento es el proceso de adquirir el conocimiento del área específica y estructurarla en una base de conocimientos.

En resumen un sistema experto tiene gran disponibilidad y conveniencia, ya que está disponible las 24 horas al día durante todo el año. Los conocimientos de un sistema experto pueden ser copiados y almacenados fácilmente.

#### 4.1.5. ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Un sistema experto puede emplear diferentes arquitecturas en su desarrollo, tantas que todavía se están investigando diferentes aspectos de las arquitecturas de Sistemas Expertos y aún hay gran debate al respecto.

Las arquitecturas originales consideraban como elementos de un Sistema Experto a la base de conocimientos y al motor de inferencia. Actualmente se han agregado otros elementos como las facilidades de interfaz con el usuario y el actualizador de conocimientos.

Los Sistemas Expertos están formados entonces por 6 componentes:

- 4.1.5.1. Usuario.
- 4.1.5.2. Interfaz de usuario.
- 4.1.5.3. La base de conocimientos.
- 4.1.5.4. El motor de inferencia.
- 4.1.5.5. Memoria de trabajo.
- 4.1.5.6. Medios para actualizar el conocimiento.
- 4.1.5.7. Medios para explicación.

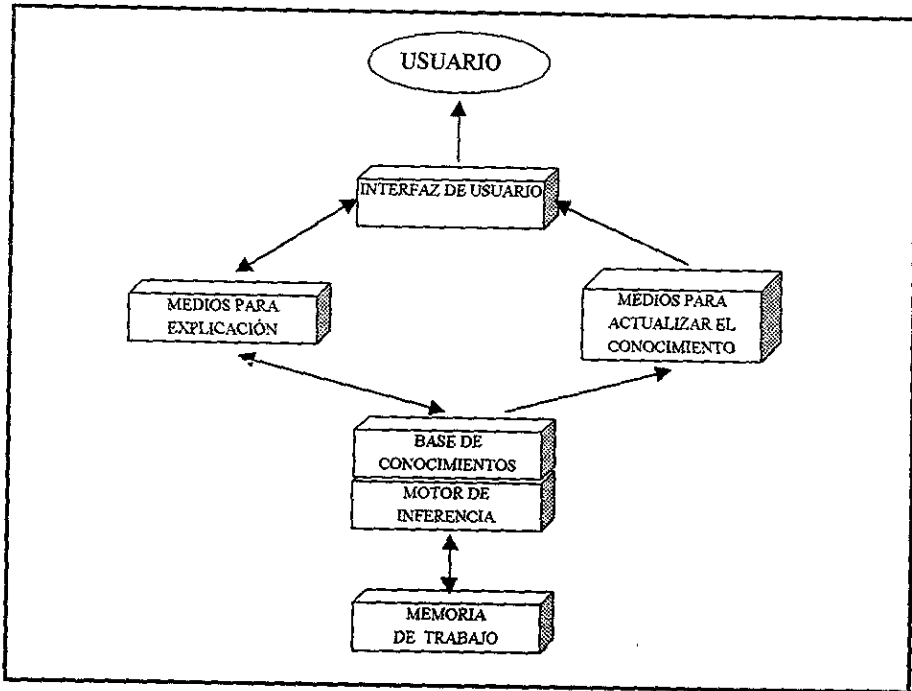


Figura 4.1. Componentes de un sistema experto.

#### 4.1.5.1. USUARIO.

El usuario de un sistema experto puede tomar cualquiera de las siguientes variantes de operación:



- Verificador, intenta comprobar la validez y el desempeño del sistema.
- Tutor, da información adicional al sistema o modifica el conocimiento.
- Alumno, recupera los conocimientos organizados y condensados en el sistema.
- Usuario final, aplica la pericia del sistema a tareas específicas y reales.

#### 4.1.5.2. INTERFAZ DE USUARIO.

Esta interfaz debe ser capaz de:

- Aceptar la información por parte del usuario y traducirla a una forma compatible para el resto del sistema.

- Recibir la información del sistema y convertirla a una que el usuario pueda manipular.

#### 4.1.5.3. LA BASE DE CONOCIMIENTOS.

Es un depósito de los conocimientos disponibles para el sistema tales como hechos fundamentales, reglas de conocimiento y heurísticas. Se almacena en forma de hechos y de reglas, cuyos esquemas varían grandemente de un Sistema Experto a otro y repercute directamente al diseño del motor de inferencia, al proceso de actualización, al proceso de explicación y a la eficiencia general del sistema.

Su función es almacenar los conocimientos del experto, para recuperarlos e inferir nuevos conocimientos. Se guarda la información estructurándola en tres niveles de conocimiento, esto es lo que la diferencia de una base de datos tradicional.

##### 4.1.5.3.1. NIVELES DE CONOCIMIENTO DE UN SISTEMA EXPERTO.

Los niveles en que se puede clasificar el conocimiento de un sistema experto son:

1. Hechos básicos de información. Son la base de la información y representa simplemente hechos básicos, es decir, los elementos lingüísticos más simples que poseen sentido por ellos mismos.
2. Reglas de conocimiento. Son bloques lingüísticos que representan un tipo de información en función de la forma en que se construya. Se forman por hechos básicos, sin embargo las reglas de conocimiento pueden por ellas mismas representar la unidad mínima de conocimiento con que trabaje un determinado Sistema Experto.

Mediante la información de las reglas de conocimiento se constituye el conocimiento del sistema. Se puede ver que la estructura básica de la regla de conocimiento es:

SI	[hecho1]	ENTONCES	[hecho2]
Antecedente		Consecuente	

3. Reglas de control. Las reglas de conocimiento sobre un tema se almacenan en la memoria del sistema y ante una pregunta se responderá con algunas de las reglas que se encuentren en memoria. La elección de las reglas adecuadas para cada caso se realiza por medio de las reglas de control, las cuales controlan la elección de las reglas de conocimiento.

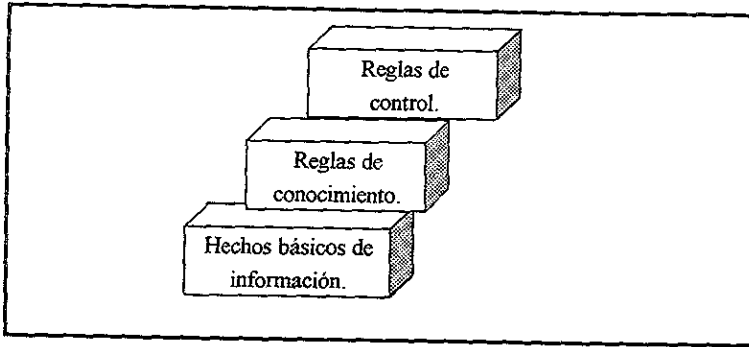


Figura 4.2. Niveles de conocimiento de un Sistema Experto.

#### 4.1.5.3.2. ESTRUCTURA DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS.

Una vez definidos los niveles de conocimiento se les asigna un lugar en la estructura del experto. Se crea una base de conocimientos formada por reglas además de que el sistema posee una base de datos con la información asociada al Sistema Experto. La estructura del experto puede ser de dos formas:

Nueva forma	Forma Tradicional
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hechos básicos, forman la base de datos con la información asociada al Sistema Experto.</li> <li>• Reglas de conocimiento, forman la base de conocimiento.</li> <li>• Reglas de control forman el motor de inferencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hechos básicos y reglas de conocimiento forman la base de conocimientos.</li> <li>• Reglas de control forman el motor de inferencia.</li> </ul>

Tabla 4.3. Formas de la estructura de un sistema experto.

A continuación se esquematiza la estructura de la base de conocimientos de un sistema experto.

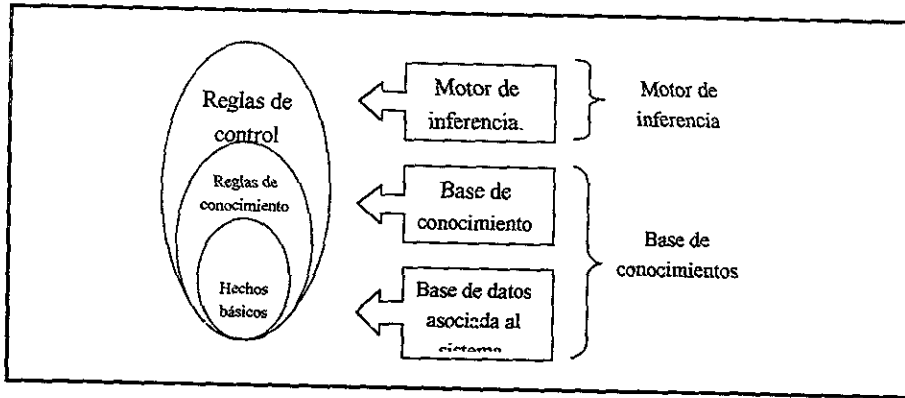


Figura 4.3. Esquema de la estructura de la base de conocimientos de un sistema experto.

#### 4.1.5.4. MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia es el sistema de software que ubica los conocimientos e infiere nuevos usando la base de conocimientos. Su misión es seleccionar las reglas de conocimiento aplicables para resolver el problema en cuestión.

Un motor de inferencia es el que tiene la capacidad para responder de forma flexible ante situaciones cambiantes, depende de la habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de conocimientos existentes.

El paradigma del motor de inferencia es la estrategia de búsqueda que se emplea para producir el conocimiento demandado, se basa en dos conceptos fundamentales:

1. Encadenamiento hacia atrás o retroencadenamiento. Es un proceso de razonamiento descendente, que se inicia a partir de los objetivos deseados y trabaja hacia atrás en dirección de las condiciones previas, es decir, consiste en determinar con base en supuestos intermedios la hipótesis, ya que alguno(s) de los supuestos pueden ligarse para llegar a la conclusión.
2. Encadenamiento hacia adelante o encadenamiento frontal. Es un proceso de razonamiento ascendente que se inicia con condiciones conocidas y trabaja hacia adelante para alcanzar los objetivos deseados.

Para visualizar estos encadenamientos se establece una ruta a través del espacio del problema en el cual el estado intermedio corresponde a una hipótesis intermedia en el encadenamiento hacia-atrás o conclusiones intermedias bajo encadenamiento hacia-adelante.

Una dificultad con este tipo de inferencias es la eficiencia, un sistema de encadenamiento hacia atrás facilita la búsqueda en profundidad, mientras que un sistema de encadenamiento hacia adelante facilita la búsqueda en amplitud [GIATARRANO].

Otra dificultad conceptual es que el conocimiento tomado del experto tendrá que ser alterado para conocer las demandas de la máquina de inferencia. La máquina de inferencia de un encadenamiento hacia adelante iguala las reglas del antecedente mientras que en un encadenamiento hacia atrás se igualan al consecuente. Esto es si el conocimiento del experto es naturalmente un encadenamiento hacia atrás tendrá que ser totalmente reestructurado para adaptarlo a un modo de encadenamiento hacia adelante y viceversa.

#### 4.1.5.4.1. LA INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO.

La ingeniería del conocimiento agrupa las áreas que intervienen en el desarrollo del Sistema Experto:

- 4.1.5.4.1.1. Adquisición del conocimiento.
- 4.1.5.4.1.2. Representación del conocimiento.
- 4.1.5.4.1.3. Métodos de inferencia.

Incluye por lo tanto el proceso de adquirir el conocimiento del área específica y estructurarlo en la base de conocimientos, así como decidir los métodos de inferencia.

##### 4.1.5.4.1.1. Adquisición del conocimiento.

Obtener el conocimiento necesario para la creación de un sistema experto no es una tarea sencilla. El sistema podría aprender a través de la experiencia, pero normalmente es el experto humano y el ingeniero del conocimiento quienes trabajando unidos condensan el saber en reglas lógicas.

Un ingeniero de conocimientos es la persona que obtiene la información del área del experto mediante la documentación y los sistemas de información existentes o directamente de expertos humanos y lo transporta a la base de conocimientos de acuerdo con las normas de representación.

Para adquirir el conocimiento necesario, el ingeniero de conocimientos debe establecer una comprensión global del área, formar un diccionario de los términos y jerga esenciales del área, desarrollar una comprensión básica de los conceptos clave y finalmente condensar el conocimiento obtenido a partir de la información suministrada por el experto.

#### 4.1.5.4.1.2. Representación del conocimiento.

La Representación del Conocimiento es el método que se usa para codificar el conocimiento en la base de conocimientos de un sistema experto.

Actualmente se están desarrollando métodos para facilitar el razonamiento simbólico y permitir la codificación y aplicación del sentido común, sin embargo éstos métodos son aproximados y no expresan lo que realmente se quiere transmitir. Aún sin tener una teoría o método general para representar el conocimiento, podemos evaluar cualquier esquema de representación con los siguientes criterios generales:

- **Transparencia**, hasta que punto se puede identificar el conocimiento almacenado.
- **Claridad**, hasta que punto el conocimiento se puede representar directamente
- **Naturalidad**, hasta que punto el conocimiento se puede representar en su forma original.
- **Eficiencia**, la facilidad de acceso a los conocimientos específicos durante la ejecución.
- **Adecuación**, hasta que punto una estructura puede emplearse para representar los conocimientos que requiere el sistema.
- **Modularidad**, la independencia de almacenamiento que tengan los fragmentos del conocimiento respecto unos a otros.

##### 4.1.5.4.1.2.1. Tipos de conocimiento.

- **Conocimiento procedural**. Describe cómo se puede resolver un problema. Este tipo de conocimiento provee directrices de cómo hacer algo. Reglas, estrategias y procedimientos son la típica clase de conocimiento procedural
- **Conocimiento declarativo**. Describe qué se conoce sobre un problema. Esto incluye enunciados simples que pueden ser ciertos o falsos. Igualmente incluye una lista de enunciados que describen con mayor extensión un objeto o concepto.
- **Metaconocimiento**. Describe conocimientos sobre algún conocimiento. Este tipo de conocimiento es usado para recoger otro conocimiento que se ajuste mejor para solucionar un problema.
- **Conocimiento Heurístico**. Describe "reglas de dedo" que guían el proceso de razonamiento. Es un conocimiento empírico y representa el conocimiento recopilado por un experto a lo largo de su experiencia al resolver problemas en el pasado.



- Conocimiento Estructural. Describe estructuras de conocimiento. Este tipo de conocimiento describe un modelo mental completo (over-all) del experto sobre el problema. El modelo mental de conceptos del experto, subconceptos y objetos son típicos de esta clase de conocimiento.

#### 4.1.5.4.1.2.2. Técnicas de Representación del Conocimiento.

A través de los esfuerzos de investigadores en inteligencia artificial, han sido desarrollados varios tipos de representaciones del conocimiento.

Cada técnica de representación del conocimiento enfatiza cierta información sobre un problema mientras ignora otra clase de información. Cada técnica también tiene ventajas y desventajas para capturar eficientemente los diferentes tipos de conocimiento que ya han sido definidos en este capítulo.

Las técnicas de representación de conocimiento más comúnmente utilizadas en el desarrollo de sistemas expertos son[Durkin94]:

4.1.5.4.1.2.2.1. Tripleta Objeto-Atributo-Valor.

4.1.5.4.1.2.2.2. Redes Semánticas.

4.1.5.4.1.2.2.3. Marcos.

4.1.5.4.1.2.2.4. Guiones

4.1.5.4.1.2.2.5. Lógica.

4.1.5.4.1.2.2.6. Sistemas de producción.

A continuación se presentará una breve descripción de cada una de las técnicas de representación del conocimiento antes enumeradas.

##### 4.1.5.4.1.2.2.1. Tripleta Objeto-Atributo-Valor. (O-A-V).

Todas las teorías cognitivas de la organización del conocimiento humano usan hechos como los bloques básicos de construcción. Un hecho es una forma de Conocimiento declarativo. Provee algún entendimiento de un evento o problema.

En los sistemas expertos, los hechos son usados para ayudar a describir partes de frames, redes semánticas o reglas. También son usados para describir las relaciones entre estructuras de conocimiento más complejas y para controlar el uso de esas estructuras durante la solución de un problema.

En inteligencia Artificial y sistemas expertos, un hecho es también conocido como una proposición. Una proposición es un enunciado que es verdadero o falso. Una proposición puede ser una frase simple como "Esta lloviendo". En un sistema experto se asigna en la Memoria de Trabajo el valor Booleano del enunciado, y se usa para procesar otro conocimiento.

Un hecho puede también ser usado para reafirmar un valor de una propiedad particular de un determinado objeto. Por ejemplo, el enunciado "el balón es de color rojo" asigna el valor "rojo" al "color del balón". Este tipo de hecho es conocido como una tripleta Objeto-Atributo-Valor (O-A-V).

Un O-A-V es un tipo de proposición más compleja. Divide un enunciado dado en tres partes distintas: objeto, atributo y valor del atributo. Considérese por ejemplo el enunciado, "La silla es de color café". Podemos representar este enunciado en una estructura O-A-V definiendo el objeto como "silla", el atributo como "color" y el valor como "café".

Los objetos representados en un O-A-V pueden ser un objeto físico o un concepto abstracto. El atributo es una propiedad o característica del objeto que reviste alguna importancia en el problema. El valor puede ser Booleano, numérico o cadena.

Para la mayoría de los problemas de los sistemas expertos, los objetos tienen más de una característica importante. En estos casos, múltiples atributos son definidos para el objeto, con los correspondientes valores para los mismos.

Algunos atributos pueden tener lógicamente un solo valor, mientras que otros pueden tener múltiples valores. Estos son llamados frecuentemente hechos monovaluados y multivaluados respectivamente. Durante el diseño de un sistema experto, se debe determinar si un atributo O-A-V es mono o multivaluado.

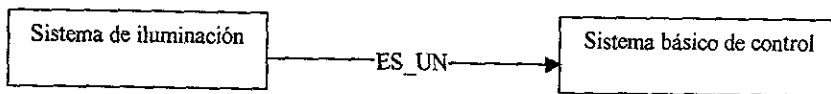
#### 4.1.5.4.1.2.2.2. Redes semánticas.

Representación gráfica de las relaciones entre los elementos del dominio, cuyos componentes básicos son: nodos y enlaces o arcos. Los nodos se emplean para representar elementos del dominio u objetos. Los enlaces o arcos representan las relaciones entre los elementos u objetos, un enlace es una relación binaria.

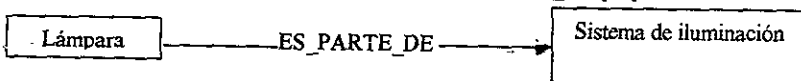
Una red semántica provee una vista gráfica de los objetos, propiedades y relaciones importantes en un problema. Tanto los nodos como los arcos tienen etiquetas que describen claramente los objetos representados y sus relaciones naturales.

Dos de las relaciones binarias más empleadas en redes semánticas son:

- ES\_UN, el cual representa el hecho de que un elemento del miembro de una clase de elementos que tienen un conjunto de propiedades distinguibles en común.



- ES\_PARTE\_DE, el cual representa el hecho de que un elemento forma parte de un elemento específico de una clase, el cual puede tener relaciones del tipo ES\_UN propias



Cualquier característica del tipo calificativo se puede representar como una propiedad asociada a un nodo y la herencia de propiedades nos dice que una propiedad de una clase es igual para todos los miembros de esa clase.

#### 4.1.5.4.1.2.2.3. Marcos.

Un marco es una estructura para organizar el conocimiento poniendo énfasis en el conocimiento por omisión. Estos elementos son las características definitorias que, cuando las tomamos como un todo, constituye nuestro entendimiento de un ente específico. Las cosas que a menos que exista evidencia de lo contrario, esperamos que sean ciertas. Son todas esas expectativas nuestros valores por omisión.

Cada marco representa una clase de elementos y consiste en una serie de ranuras en las cuales cada una representa una propiedad estándar representado por un marco. Una ranura nos da lugar para colocar sistemáticamente un componente de nuestras experiencias anteriores con relación a las clases de elementos presentados.

Cada ranura se identifica por el nombre del correspondiente atributo e incluye el valor o rango de valores que se pueden asociarle. Para dominios complejos, las ranuras se pueden dividir en subranuras cada vez más detalladas.

El sistema de marcos se apoya ampliamente en el concepto de herencia en el mismo sentido que las redes semánticas. El uso de la opción del valor por omisión y de los valores de las ranuras heredadas posibilita el razonamiento eficiente debido a que tal utilización evita la necesidad de procesos costosos de razonamiento para descubrir hechos anteriores en situaciones nuevas.

MARCO PARA UN DETECTOR	
<b>MARCO:</b>	Detector
<b>ESPECIALIZACIÓN:</b>	De presencia
<b>MODELO:</b>	AK-46 (1998)
<b>MARCA:</b>	NASA98
<b>MECANISMO:</b>	Movimiento y temperatura
<b>RANGO-TEMPERATURA:</b>	Desde 5°C - 25°C
<b>GARANTIA:</b>	1 año
<b>UBICACIÓN:</b>	
<b>PISO:</b>	15
<b>AREA:</b>	3

Tabla 4.4. Ejemplo de un marco para un detector.

#### 4.1.5.4.1.2.2.4. Guiones.

Un guión es la especialización del concepto general de un marco, es una estructura que se usa para guardar prototipos de secuencias de sucesos. Los componentes más usuales para componer un guión son:

- Condiciones de entrada, condiciones que deben existir para que el guión sea aplicable.
- Utilería, ranuras que representan objetos que están involucrados en el guión.
- Resultados del guión, condiciones que serán verdad después de que hayan ocurrido los eventos en el guión.
- Papeles, ranuras que representan gente o agentes que realizan acciones en el guión.
- Escenas, secuencias específicas de eventos que hacen el guión.

#### 4.1.5.4.1.2.2.5. Lógica.

La forma más vieja de representación del conocimiento en una computadora es la lógica. Durante años, muchas técnicas de representación lógica han sido sugeridas y estudiadas. Las más ligadas con los sistemas inteligentes han sido la lógica proposicional y el cálculo de predicados. Ambas técnicas usan símbolos para representar el conocimiento y operadores aplicados a los símbolos para producir razonamiento lógico.

#### 4.1.5.4.1.2.2.6. Sistemas de producción.

Es el esquema más empleado en sistemas expertos, utiliza reglas para la representación del conocimiento, consta de:

- Una porción de memoria que se utiliza para rastrear el estado actual del universo en consideración.
- Un conjunto de reglas de producción (condición-acción).
- Un interpretador que examine el estado actual y ejecute las reglas de producción aplicables.

##### *4.1.5.4.1.2.2.6.1. Elementos de memoria global.*

Un elemento de memoria consiste de un símbolo que identifica el elemento descrito seguido de una serie de parejas atributo - valor, cada una de las cuales describe el valor actual del atributo asociado con el elemento o estado.

##### *4.1.5.4.1.2.2.6.2. Reglas de producción.*

Son estructuras de conocimiento que relacionan alguna información conocida con otra información que puede ser concluida o inferida. Una regla es una forma de conocimiento procedural. Asocia información dada con alguna acción. Esta acción puede ser la confirmación de nueva información o algún procedimiento a ejecutar. En este sentido, una regla describe cómo solucionar un problema.

La estructura de la regla conecta lógicamente uno o más antecedentes (también llamadas premisas) contenidas en una parte IF, con una o más consecuencias (también llamadas conclusiones) contenidas en una parte THEN. Además de concluir con nueva información, una regla puede ejecutar alguna operación en la parte THEN.

Una regla está formada por:

- La parte condicional de una regla, llamada LI (lado izquierdo) ó premisas (IF) corresponde a los elementos condición que describen las condiciones que deben ser verdaderas para que la regla sea aplicable. Se describen mediante la identificación de los patrones requeridos de memoria global: identificadores de elementos de memoria junto con los atributos y valores requeridos asociados.

- La parte de la acción de una regla, llamada LD (lado derecho) ó conclusiones(THEN), describen las acciones que se van a llevar a cabo cuando se dispara la regla. Las acciones posibles son: descripciones de nuevos estados en la memoria global, modificar descripciones del estado existentes y realizar una actividad definida por el usuario que es única a la producción específica.

Más adelante se profundizará más sobre las reglas de producción como un método de inferencia.

#### *4.1.5.4.1.2.2.6.3. Interpretador*

Reconoce y ejecuta una producción cuyo LI se ha satisfecho, para reconocer las reglas aplicables, el interpretador compara los patrones de atributo - valor con el estado actual de la memoria global. El proceso de razonamiento continúa debido a que la ejecución de una producción cambia normalmente el contenido de la memoria global y con eso activa las producciones adicionales.

#### **4.1.5.4.1.3. Métodos de inferencia.**

El elemento del Sistema Experto que se encarga del proceso de comparar los hechos contenidos en la Memoria de Trabajo con el Conocimiento del Dominio contenido en la Base de Conocimientos, con el objetivo de llegar a una conclusión sobre el problema es conocido como Motor de Inferencia. Hay dos categorías muy amplias sobre los motores de inferencia: la determinística y la probabilística.

Más allá de las amplias categorías de certeza e incertidumbre hay tres formas básicas de construir el motor de inferencia, principalmente a través de los siguientes métodos:

- Encadenamiento hacia adelante.
- Encadenamiento hacia atrás.
- Reglas de producción.

##### **4.1.5.4.1.3.1. El método de encadenamiento hacia adelante.**

Al encadenamiento hacia adelante se le llama algunas veces conducido por datos porque el motor de inferencia utiliza la información que el usuario le proporciona para moverse a través de una red de ANDs y ORs lógicos hasta que encuentra un punto terminal, que es el objeto. Si el motor de inferencia no puede encontrar un objeto usando la información existente, entonces le pide más.

Los atributos que definen al objeto crean un camino que conduce al mismo objeto: la única forma de alcanzar dicho objeto es la de satisfacer todas sus reglas. Por tanto, un motor de inferencia de encadenamiento hacia adelante comienza con alguna información y luego intenta entrar un objeto que encaje con dicha información.

Para entender como funciona el encadenamiento hacia delante imagine que su coche no funciona bien y que telefona a su mecánico, que es el especialista en este caso, para que le dé una opinión sobre le problema. El mecánico le pide que describa que es lo que funciona mal. Usted le explica que su coche tiene una pérdida de potencia y renquea, y algunas veces continúa funcionando después de apagar el contacto y que no ha hecho la puesta a punto desde hace varios meses. Usando esta información, su mecánico le dice que lo que probablemente tenga su coche sea una urgente necesidad de una puesta a punto.

Como puede ver, un sistema de encadenamiento hacia adelante esencialmente construye un árbol desde las hojas hasta la raíz.

#### 4.1.5.4.1.3.2. El método de encadenamiento hacia atrás.

El encadenamiento hacia atrás es el contrario al encadenamiento hacia adelante. Un motor de inferencia de encadenamiento hacia atrás comienza con una hipótesis (un objeto) y pide información para confirmarlo o negarlo. Al encadenamiento hacia atrás se le llama algunas veces conducido por objetos porque el sistema experto empieza con un objeto e intenta verificarlo.

Para entender como funciona un encadenamiento hacia atrás, imagine que su computadora, de repente, deja de funcionar. Su primera hipótesis será que ha habido un corte de energía. Para comprobar esto, fíjese en el ventilador. Escuchando que el ventilador funciona, usted rechaza esta hipótesis y procede a otra. Su segunda hipótesis es que su computadora se ha estropeado a causa de un software defectuoso, Para confirmar o rechazar esta posibilidad, desconecte su computadora para ver si se reinicializa con éxito. Afortunadamente, su computadora se reinicializa, su segunda hipótesis es la cierta.

El conocimiento hacia atrás poda un árbol. Este es el proceso opuesto al de encadenamiento hacia adelante, que construye un árbol.

#### 4.1.5.4.1.3.3. El método de reglas de producción.

Un motor de inferencias de reglas de producción es teóricamente superior tanto a un sistema de encadenamiento hacia adelante como hacia atrás porque pide la información que tenga una mayor importancia de acuerdo con el estado actual del sistema.

Un motor de inferencia de reglas de producción es en realidad, un motor de encadenamiento hacia atrás mejorado. La teoría operativa general es que el sistema pide como nueva información aquella que elimine la mayor incertidumbre posible del sistema.

Para entender el funcionamiento de las reglas de producción, imagine que ha llamado a un médico porque su hijo está enfermo. El doctor, primero le pregunta si el niño tiene fiebre, porque la respuesta a esta pregunta reduce el número de posibilidades. Si su respuesta es "sí", el doctor le pregunta si su hijo tiene angustia. Al igual que en la pregunta anterior, el doctor se la hace antes que cualquier otra porque es la de mayor impacto en el diagnóstico, dado el estado actual. Este procedimiento continúa hasta que el doctor pueda dar un diagnóstico. En este ejemplo el punto clave estriba en que el doctor selecciona aquellas preguntas que le llevan más rápidamente hacia una conclusión.

El problema de los sistemas de reglas de producción está en su dificultad para llevarse a cabo. Hay dos razones para esto:

- En primer lugar, en situaciones reales, la base de conocimientos es a menudo tan grande que el número de posibles combinaciones excede lo que un sistema puede soportar con facilidad. Por tanto, el sistema no puede saber que información elimina una mayor incertidumbre en cualquier situación.
- En segundo lugar, los sistemas de reglas de producción requieren que la base de conocimiento contenga no solo la información objeto - atributo estándar, sino también un valor cuantificador, lo que hace aun más difícil la construcción de la base de conocimientos.

Sin embargo, hay ciertas situaciones que se presentan de mejor grado a deducciones basadas en las reglas de la producción que otras. Además, cuando se lleva a cabo, los sistemas de reglas de producción funcionan mejor que los otros dos métodos.

Nótese que algunos sistemas expertos de reglas de producción empezaron siendo o bien sistemas de encadenamiento hacia adelante o hacia atrás, que poseían un módulo estadístico para registrar distintos aspectos del sistema. Posteriormente, después de que un sistema experto de ese tipo hubiera sido usado durante algún tiempo, esta información estadística podía usarse para llevar a cabo un método de reglas de producción.



#### 4.1.5.5. LA MEMORIA DE TRABAJO.

La memoria de trabajo esta constituida por los hechos sobre el problema que son descubiertos durante la consulta al ser cuestionado el usuario. Durante la consulta con un sistema experto, el usuario ingresa información sobre el problema actual en la Memoria de Trabajo. El sistema compara esta información con el conocimiento contenido en la base de conocimiento para inferir nuevos hechos. Eventualmente el sistema llega a alguna conclusión. Toda la información que se consigue durante la consulta es llamada Contexto de la Sesión.

#### 4.1.5.6. MEDIOS PARA ACTUALIZAR EL CONOCIMIENTO.

La actualización del conocimiento puede ser:

- Manual. La actualización se lleva a cabo por un ingeniero de conocimientos quien interpreta la información ofrecida por un experto en el área y actualiza la base de conocimientos mediante el uso de un sistema limitado de actualización.
- Directo. El experto en el área ingresa directamente el conocimiento revisado sin la mediación de un ingeniero de conocimientos.
- Aprendizaje mecánico. El sistema genera nuevos conocimientos en forma automática y se basa en generalizaciones deducidas de experiencias anteriores. El sistema, aprende nominalmente de la experiencia e idealmente el mismo sistema se actualiza. Este proceso aún es puramente conceptual.

#### 4.1.5.7. MEDIOS PARA EXPLICACIÓN.

Un experto debe ser capaz de explicar el razonamiento que conduce a dicha conclusión. Típicamente la explicación consiste en una identificación de los pasos en el proceso de razonamiento y de una justificación de cada uno de ellos, esto implicaría un procesamiento en lenguaje natural, lo cual aún no es posible. Las facilidades de explicación actualmente se limitan a listar las reglas que se utilizaron durante la ejecución.

## 4.2. DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO.

En el resto de éste capítulo se describirá el diseño y codificación del "Sistema Experto para la clasificación y apoyo al diseño de edificios inteligentes" (SECADEI)<sup>1</sup>.

Para diseñar el SECADEI se decidió utilizar el paradigma de la Orientación a Objetos aplicado a la Inteligencia Artificial. A lo largo del capítulo serán presentados los principales conceptos relacionados con este paradigma.

A continuación se describirá el proceso de selección que se hizo respecto a cada uno de los componentes del SECADEI como Sistema Experto.

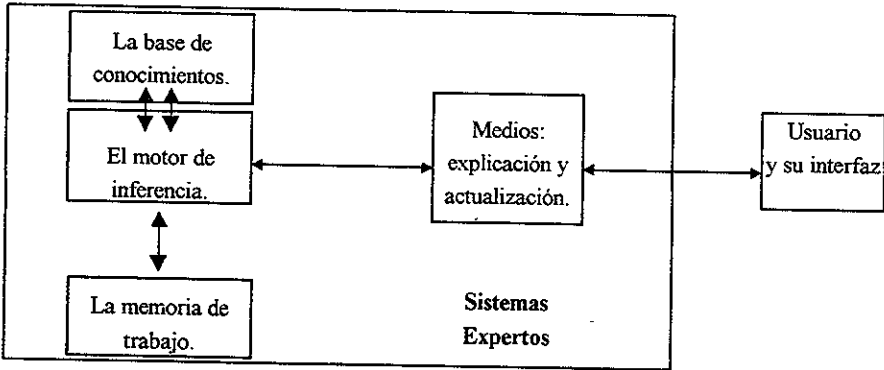
### 4.2.1. COMPONENTES DEL SECADEI.

Todos los sistemas expertos como ya vimos están constituidos en resumen por seis partes o elementos éstas son:

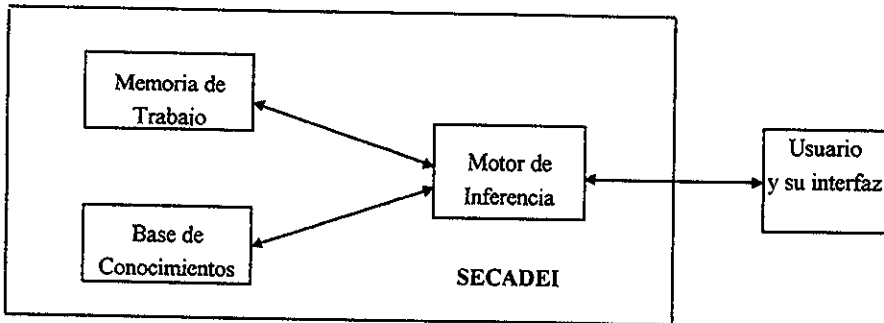
- El usuario.
- Su interfaz.
- La base de conocimientos.
- El motor de inferencia.
- La memoria de trabajo.
- Los medios para la actualización del conocimiento.
- Los medios para explicación.

---

<sup>1</sup> Desde este momento se hará referencia al "Sistema Experto para la clasificación y apoyo al diseño de edificios inteligentes" mediante las siglas "SECADEI".



Para efectos del SECADEI vamos a desarrollar sólo algunas de las partes:



A continuación presentamos una descripción de cada uno de los componentes respecto al SECADEI.

#### 4.2.1.1. LA BASE DE CONOCIMIENTOS DEL SECADEI.

Un sistema experto mantiene el conocimiento del dominio del experto en la base de conocimientos. El ingeniero de conocimiento debe obtener el conocimiento del experto (hechos, casos, reglas de dedo o heurísticas) y codificarlo en la base de conocimientos usando uno o varias técnicas de representación del conocimiento (Objetos, Reglas, Redes semánticas, Frames, Lógica etc.).

De acuerdo a lo visto anteriormente tenemos que en resumen la base de conocimientos es una base de datos que posee una información y unas reglas específicas sobre una materia determinada. Dentro de la base de conocimientos existen dos conceptos de gran importancia:

1. Objeto: la conclusión que es definida por sus reglas asociadas.
2. Atributo: una cualidad específica que, con su regla, ayuda a definir el objeto.

Por tanto, se puede considerar la base de conocimiento como una lista de objetos con sus reglas y atributos asociados.

En el sentido más simple, y para muchas aplicaciones, la regla que se aplica a un atributo determina si un objeto tiene o no tiene dicho atributo. Así pues, se puede definir un objeto usando una lista de atributos que el objeto posea o no. Se puede utilizar únicamente la regla “tiene/ha” y usar una forma negativa del atributo si debe establecerse una relación de “no tiene/no ha”. Por tanto, la regla simplemente se convierte en “posee”.

Aunque algunos sistemas expertos muy sofisticados pueden necesitar más reglas complejas que la simple “posee”, esta regla es suficiente para la mayoría de las situaciones y en gran parte simplifica la base de conocimiento.

Para el desarrollo del SECADEI se considera que la base de conocimiento consiste solo en objetos y sus correspondientes atributos, ya que esta concepción es la que más se ajusta a las necesidades de desarrollo del sistema.

#### **4.2.1.2. LA MEMORIA DE TRABAJO PARA EL SECADEI**

La memoria de trabajo esta constituida por los hechos sobre el problema que son descubiertos durante la consulta al ser cuestionado el usuario. Dicho proceso en éste Sistema Experto se da con una serie de intercambios vía interfaz de usuario, entre él y el usuario que lo consulta. Las respuestas que dé el usuario serán puestas en la memoria de trabajo.

Las respuestas que se ponen en la memoria de trabajo serán comparadas por el motor de inferencia del SECADEI con el contenido en la base de conocimiento del experto para inferir nuevos hechos.

Cuando el SECADEI concluya su razonamiento y llegue a una conclusión. Se cargará en la memoria de trabajo la respuesta que mando el motor de inferencia y se le mostrará al usuario vía la interfaz del usuario de nuevo. Toda la información que se consigue durante la consulta es llamada Contexto de la Sesión.

### 4.2.1.3. EL MOTOR DE INFERENCIA DEL SECADEI.

Es el elemento del Sistema Experto que se encarga de comparar los hechos contenidos en la Memoria de Trabajo con el Conocimiento del Dominio contenido en la Base de Conocimientos, con el objetivo de llegar a una conclusión sobre el problema.

Dicho de otra forma, el motor de inferencia es la parte del sistema experto que intenta utilizar la información que se le suministra para encontrar un objeto que encaje. Hay dos categorías muy amplias sobre los motores de inferencia: la determinística y la probabilística.

Para entender la diferencia entre estas categorías, imagine a dos especialistas, uno en química y otro en sociología. El químico puede informar con certeza que si un átomo en cuestión tiene dos protones, entonces se trata de un átomo de helio. No hay problema acerca de la identidad del átomo porque el número de protones determina el tipo de elemento. Sin embargo, si se le pregunta a un sociólogo cuál es la mejor forma de evitar que los estudiantes abandonen la escuela, el sociólogo le dará una respuesta que califica como solo probable, o con mucho, con una cierta probabilidad de éxito. Por tanto, la respuesta es probable, pero incierta.

La mayoría de las disciplinas no son deterministas, sino que pueden considerarse probabilistas hasta cierto punto. No obstante, para muchas de estas, el factor de incertidumbre no es estadísticamente importante, de manera que se pueden tratar como situaciones deterministas.

Se decidió desarrollar al SECADEI como un Sistema Experto determinista ya que la lógica de éstos es más diáfana por lo que se facilita su desarrollo y comprensión.

#### 4.2.1.3.1. ELECCIÓN DE UN MÉTODO DE INFERENCIA PARA EL SECADEI.

Hay tres formas básicas de construir el motor de inferencia: Encadenamiento hacia delante, Encadenamiento hacia atrás y Reglas de producción. Las diferencias entre estos métodos se relacionan con la forma en que su motor de inferencia intenta alcanzar su meta.

La elección, de alguno de los tres tipos de motores de inferencia que puedan usarse con mejores resultados, se basa ciertamente en una preferencia personal, porque los tres tipos pueden hacer el trabajo. Como se afirmó anteriormente, puede que se encuentre el sistema de reglas de producción difícil de realizar, así que, hasta que no sea un especialista en la construcción de sistemas expertos, probablemente debería evitar este método.

El método de encadenamiento hacia adelante simplifica el procesamiento de grandes cantidades de información de la base de datos porque construye un árbol. Un sistema típico de encadenamiento hacia adelante encuentra todos los posibles objetos que encajasen con los atributos.

La ventaja del método de encadenamiento hacia atrás es que pide solamente la información necesaria para encontrar el objeto. Por tanto, debido a que los sistemas de encadenamiento hacia atrás van dirigidos a la meta, permiten que sólo la información importante pueda introducirse en el sistema.

Un sistema de encadenamiento hacia atrás es bueno cuando sólo busca un objeto, como en el caso del SECADEI, incluso cuando otros objetos puedan satisfacer también los atributos. Se pueden crear sistemas expertos de encadenamiento hacia atrás que encuentren múltiples soluciones, pero requieren un poco más de trabajo que la construcción de un sistema experto de encadenamiento hacia adelante.

Como análisis final, podríamos decir que el método depende completamente de uno. Sin embargo, a igualdad de condiciones, el método de encadenamiento hacia atrás es más fácil de realizar y produce un sistema experto que sigue el camino que se esperaría que siguiera. Por esta razón el SECADEI utilizará el encadenamiento hacia atrás.

#### 4.2.1.3.2. TÉCNICA DE REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA EL SECADEI.

La Representación del Conocimiento es el método que se usa para codificar el conocimiento en la base de conocimientos de un sistema experto.

El SECADEI utilizará como ya dijimos un conocimiento declarativo representado a través de la técnica de representación del conocimiento conocida como tripleta Objeto-Atributo-Valor (O-A-V), por ser la que más se adapta a las necesidades y objetivos del SECADEI.

### 4.3. SISTEMAS EXPERTOS ORIENTADOS A OBJETOS.

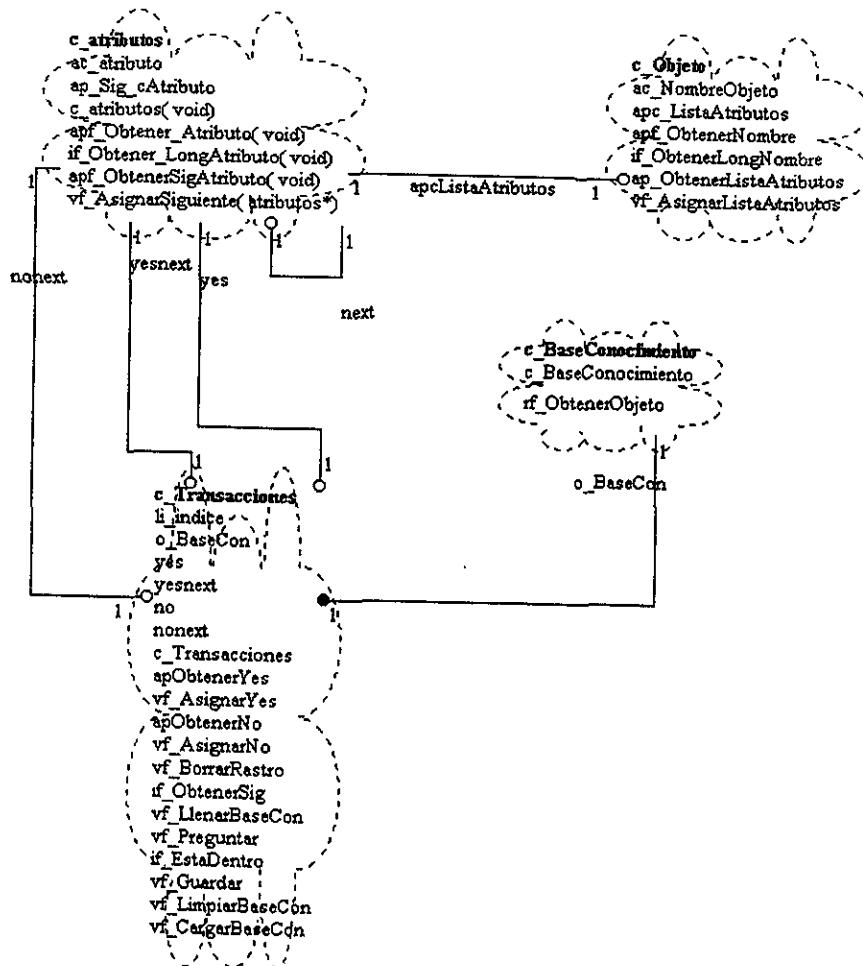
El SECADEI fue diseñado y codificado utilizando el paradigma de la programación orientada a objetos por las ventajas que esta tecnología ofrece a la creación de Sistemas Expertos, entre las más importantes se pueden mencionar las siguientes[Mockler92]:

1. Los sistemas orientados a objetos son un medio poderoso para modularizar el código de tal forma que puede ser usado con o sin modificación en diferentes aplicaciones.

2. Otro beneficio es que un desarrollador no necesita saber nada sobre la codificación de algún objeto para poder utilizarlo. Únicamente es necesario realizar llamadas o invocaciones a los objetos requeridos, las que son conocidas como mensajes a los objetos previamente creados. Esta característica facilita el trabajo en equipo que es tan indispensable durante el desarrollo de un Sistema Experto.
3. Permite el encapsulamiento de datos y código en objetos, con lo cual se logra simplificar la complejidad de los sistemas grandes reduciendo las interacciones entre los módulos.
4. De igual forma, el ocultamiento de la implementación de los métodos y el enfoque de utilización de mensajes.
5. La herencia ayuda a eliminar redundancia en los sistemas con lo cual se logran reducciones en el tiempo de desarrollo.
6. Los Sistemas Expertos Orientados a Objetos son más simples y la forma de conjuntar los datos y los procedimientos es más natural que la usada en los Sistemas Expertos basados en reglas. Un beneficio de este enfoque es que obliga al ingeniero de conocimiento a organizar el dominio del conocimiento en una estructura jerárquica, desde un alto nivel de abstracción de conceptos a un bajo nivel de entidades específicas. La estructura hace más fácil inicialmente el coleccionar, organizar y administrar el conocimiento, y luego el modificar la base de conocimiento conforme nueva información es adquirida.
7. Otro beneficio de los Sistemas Expertos Orientados a Objetos es su habilidad de mantener información sobre las características de un objeto y su comportamiento en el objeto mismo, en vez de tenerlo definido a través de la base de conocimiento. Esto también hace que la base de conocimiento sea más legible ya que el conocimiento específico sobre los objetos no tiene que estar escrito en las reglas.
8. Ya que las jerarquías de objetos automáticamente modelan las relaciones entre objetos, la necesidad de definir explícitamente las relaciones en reglas es eliminada.
9. Actualmente, muchos sistemas basados en bases de conocimiento usan objetos con lo cual se facilita la tarea de encontrar personal capacitado para el uso y mantenimiento del Sistema Experto Orientado a Objetos.

### 4.3.1. CLASES UTILIZADAS PARA EL SECADEI.

La modelado de las clases del SECADEI utiliza la notación propuesta por la metodología de diseño orientado a objetos de Grady Booch, la cual es expuesta en su libro "Object-oriented analysis and design with applications", ya que es una de las notaciones más ricas y que apoya grandemente a la implementación.





## 4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO.

### 4.3.1. EL LENGUAJE.

Para la implementación del diseño del SECADEI hemos elegido el lenguaje de programación C++ en vista de las múltiples ventajas que nos ofrece.

Una gran ventaja de la utilización de C++ para programas de Inteligencia Artificial es que su uso es muy conveniente en sistemas de gran tamaño. Muchos programas de Inteligencia Artificial son parte de sistemas de software más grandes y deben tener una interfaz con ellos. Así, cuando los programas de Inteligencia Artificial están en el mismo lenguaje o en un lenguaje similar al de todo el sistema, el ligado se facilita en extremo.

Además, la utilización de C++ puede mejorar el desempeño de los algoritmos de Inteligencia Artificial, los cuales pueden ser muy lentos cuando son implementados en lenguajes como LISP o Prolog.

#### 4.3.1.1. HISTORIA DE C/C++.

A continuación presentamos una breve cronología del desarrollo de C/C++:

- Martín Richards creó el lenguaje BCPL. Ken Thompson, basado en el lenguaje BCPL creó el Lenguaje B, ambos son antecesores del lenguaje C.
- El lenguaje C fue desarrollado en los años 70's por Dennis Ritchie para una computadora DEC PDP/11 con un sistema operativo UNIX, basándose precisamente en el lenguaje B. El lenguaje C fue creado por AT&T en los Laboratorios Bell y se proporciona desde entonces con el sistema operativo UNIX como lenguaje de desarrollo.
- La versión más común de C es la proporcionada por el Sistema V (System V). Esta versión de C es descrita en Kernigan/Ritchie.
- Ha inicios del verano de 1983, ANSI emitió el estándar para la sintaxis del lenguaje C, tal estándar siguió en general la sintaxis de la versión C de Unix.
- A mediados de los 90's Bjarne Stroustrup propuso una versión de C orientada a objetos a la que se llamó C++.

#### 4.3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE C/C++

El lenguaje C/C++ es un lenguaje de programación de propósito general. Sus principales características son:

1. Economía de las expresiones.
2. Abundancia en operadores y tipos de datos.
3. Codificación en alto y bajo nivel simultáneamente.
4. Reemplaza ventajosamente la programación en ensamblador.
5. Utilización natural de las funciones primitivas del sistema.
6. No está orientado a ningún área en especial.
7. Producción de código objeto altamente optimizado.
8. Facilidad de aprendizaje.
9. C/C++ han sido pensados para ser altamente transportables.

Una de las peculiaridades de C/C++ es su riqueza de operadores, Puede decirse que prácticamente dispone de un operador para cada una de las posibles operaciones en código máquina.

Hay además, toda una serie de operaciones que puede hacerse con C/C++, que realmente no están incluidas en el compilador propiamente dicho, sino que las realiza un preprocesador justo antes de cada compilación. Las dos más importantes son:

- #define (directriz de sustitución simbólica o de definición) e
- #include (directriz de inclusión en el fichero fuente)

#### 4.4.1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un lenguaje estándar. El código generado es altamente portable, es decir compatible entre computadoras de distintos fabricantes.</li> <li>• El código compilado es más pequeño y rápido, que el mismo código compilado con otros lenguajes.</li> <li>• Es un lenguaje compacto.</li> <li>• Se tiene un poder virtualmente ilimitado sobre la computadora, ya que escribe en cualquier parte de la memoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La flexibilidad del lenguaje en su sintaxis hace que se cometan errores con facilidad por ser correctos sintácticamente.</li> <li>• Por otra parte las precedencias de los operadores convierten a veces las expresiones en pequeños rompecabezas.</li> <li>• El programador debe ser extremadamente cuidadoso cuando trabaja con manipulaciones de vectores, matrices, apuntadores a memoria y conversiones de tipo, debido a que no se hacen comprobaciones en el tiempo de ejecución para detectar éstos errores.</li> </ul>

#### 4.4.5. ESTÁNDARES DE PROGRAMACIÓN.

Para la programación del Cliente Inteligente se utilizó una serie de estándares para proveer una forma de lograr un fácil mantenimiento para el código del SECADEI.

##### 4.4.5.1. NOTACIÓN UTILIZADA.

Para la codificación del programa se utiliza una notación que pone énfasis en la información que una variable pueda dar al desarrollador del programa, pero sobre todo a los programadores que, en un futuro le den mantenimiento y seguimiento al mismo.

Este tipo de notación no es única, ya que alrededor de todo el mundo se ha visto la necesidad de establecer estándares de programación tanto para la notación de nombres de variables, funciones, procedimientos, etc. de un programa, como para su documentación.

Así el estándar que utilizaremos consiste en lo siguiente:

- Una variable esta compuesta por:

Inicial del tipo de dato.		Descripción del dato que contendrá la variable.	Abreviatura de la descripción.	Estándar de la variable
array	a	Nombre propio de una persona	Nombre	a_Nombre
boolean	b	Se encontró el nodo.	ExisteNodo	b_ExisteNodo
char	c	Nombre de un objeto.	NombreObjeto	c_NombreObjeto
float	f	Distancia promedio.	Distancia	f_Distancia
int	i	Numero de nodos recorridos.	NumeroNodos	i_NumeroNodos

- Una función, procedimiento, etc. se compone por:

Inicial del tipo de dato que regresa.		Descripción de lo que hace la función.	Abreviatura de la descripción.	Estándar de la función.
char	c	Obtiene el primer carácter.	ObtenerPrimerCar	c_ObtenerPrimerCar
float	f	Promedio de certeza.	PromedioCerteza	f_PromedioCerteza
int	i	Calcula el número de nodos recorridos hasta el momento.	CalculaNumNodos	i_CalculaNumNodos

- En los casos de los apuntadores, se comienza su nombre con una ap y en seguida la inicial del tipo de dato al que hace referencia el apuntador.

#### 4.4.6. CÓDIGO DEL SISTEMA EXPERTO.

El código del Sistema Experto se encuentra en el Apéndice C. En él se encontrarán las cuatro librerías (.h) que constituyen el código del SECADEI y el archivo principal (.cpp) las cuales son:

Archivo principal:

- Sedi.cpp

Librerías:

- Atributo.h
- Bascc.h
- Objct.h
- Opera.h

El código que usted encontrará se encuentra comentado para una mayor claridad en el entendimiento integral del mismo.



#### 4.4.7. COMPILACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO.

El SECADEI se ejecuta a nivel del sistema operativo, es decir, bajo un ambiente de MS-DOS. Esto se hace para aumentar la rapidez y portabilidad del sistema.

Para compilar el Sistema Experto, desde la línea de comando de MS-DOS se ejecuta el siguiente comando:

```
C:\SECADEI> bcc SECADEI
```

Para el caso de este sistema operativo:


- Bcc  Compilador de Borland para C++ versión 4.5
- SECADEI  Es el programa que se compilará

#### 4.4.8. EJECUCIÓN.

Para poner en funcionamiento al Sistema Experto, desde la línea de comando de MS-DOS se ejecuta el siguiente comando:

```
C: \SECADEI> SECADEI
```

En este caso:

- SECADEI  Es el programa ejecutable que se obtuvo de la compilación anteriormente descrita.

#### 4.5. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL SECADEI.

Con la ayuda del SECADEI se han diseñado 4 modelos distintos de Edificios Inteligentes para ser utilizados principalmente para alojar oficinas.

1. Diseño Cruz Colgante.
2. Diseño Satelital.
3. Diseño de Escalera.
4. Diseño Silos Orientales.

Estos diseños se muestran en el Apéndice A.

## CONCLUSIONES

La Inteligencia Artificial es la ciencia del cómputo que busca y desarrolla los métodos para solucionar, por medio de computadoras, los problemas que el hombre resuelve a través de la inteligencia, el sentido común y la experiencia.

Entonces la Inteligencia Artificial es también la aplicación técnica, es decir por medio de un modelo computacional, de lo que hemos aprendido de la Inteligencia humana.

Así los sistemas expertos son uno de los mayores éxitos tangibles y costeables que ha tenido la Inteligencia Artificial. La inversión en ellos es a todas luces costeable, ya que ofrece para el usuario final la posibilidad de consultar al sistema experto en cualquier momento que se necesite. Además este sistema experto prolongará la vida del conocimiento "especial" de un experto humano más allá de lo que pueda vivir el experto humano o de lo que se pudiese prolongar enseñando directamente a otros humanos, o escribiéndolo en libros, ya que éste último método requeriría de una interpretación, en algunos casos, situación que se vería resuelta por el Sistema Experto.

Por otra parte, los Edificio Inteligentes son desarrollos "pensados inteligentemente", es decir, tomando en cuenta todos los factores que lo harán un "Edificio Inteligente" en toda la extensión de la palabra.

Para un Edificio Inteligente el avance que han tenido las Tecnologías de Información exige la infraestructura necesaria para poder dar los servicios y las ventajas estratégicas que cualquier organización necesite y que las Tecnologías de Información ofrezcan. Parte de ello también es el propiciamiento de ambientes productivos de trabajo para crear ventajas estratégicas a futuro.

Es evidente que la construcción de cualquier edificio destinado a alojar a un gran número de oficinas constituye un gasto mayor e importante. Actualmente de nada serviría contar con un edificio cómodo, elegante, con un ambiente productivo, que cuente con mecanismos de seguridad y privacidad, e inclusive con cierto grado de automatización si éste no cuenta con la adecuada infraestructura para soportar diversas Tecnologías de Información, Sistemas Informáticos, Internet, Telecomunicaciones, Correo Electrónico, etc., necesarios todos ellos para la operación diaria de cualquier organización productiva.

Actualmente no existe una oferta suficiente de especialistas en Edificios Inteligentes e inclusive es muy difícil encontrar bibliografía en español que hable al respecto, por ello se decidió crear un Sistema Experto (SECADEI) que ayudara a un usuario final a tomar las consideraciones pertinentes al diseño de un edificio para poder clasificarlo como inteligente, pero sobre todo para poder disfrutar de las ventajas que da, al incorporar desde la creación toda la infraestructura necesaria para "disfrutar" de él.



## **Apéndice A.**

### **DISEÑO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE UTILIZANDO EL SECADEI.**

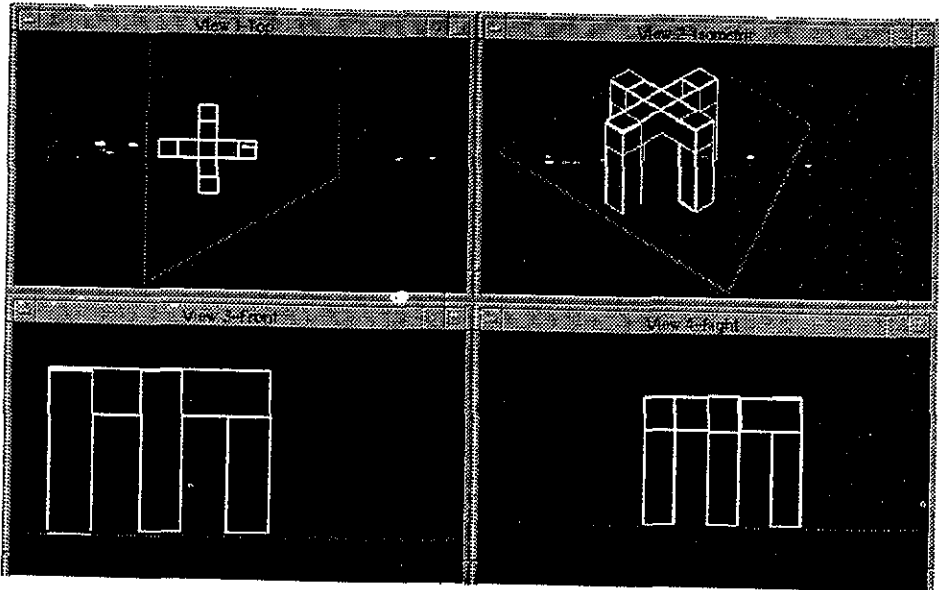
Las imágenes de los diseños que veremos a continuación son el resultado de la labor conjunta entre una herramienta de diseño arquitectónico como lo es MicroStation 5.0 I.I. y nuestra herramienta de apoyo al diseño de Edificios Inteligentes el SECADEI.

A continuación se presentan las imágenes realizadas en MicroStation 5 0.1.1. apoyado en las consideraciones resultantes del SECADEI.

#### **1. DISEÑO CRUZ COLGANTE.**

El proyecto "Cruz Colgante" fue diseñado pensando en cuatro pilares que sostienen una serie de pisos superiores centrales, los cuales tienen una forma de cruz. En conjunto esta arquitectura da la impresión de ser una cruz que cuelga, o bien, una cruz de cuyas extremidades cuelgan filamentos de tela que estuviera enrollada en ella. Los aspectos como el diseño de la fachada podrían bien, darle énfasis a cualquiera de las dos ideas iniciales.

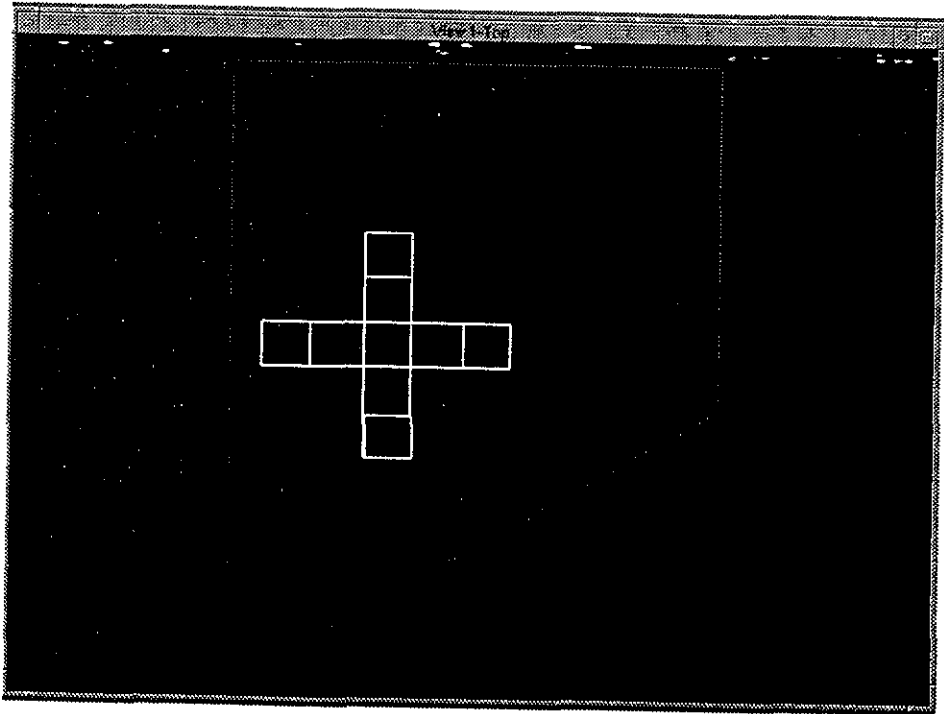
Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) con una estructura inicial el "Diseño Cruz Colgante" se ve así:



El proyecto "Cruz Colgante" es un diseño arquitectónico que basándose en las características dictadas por el SECADEI, presenta las características propias de un Edificio Inteligente.

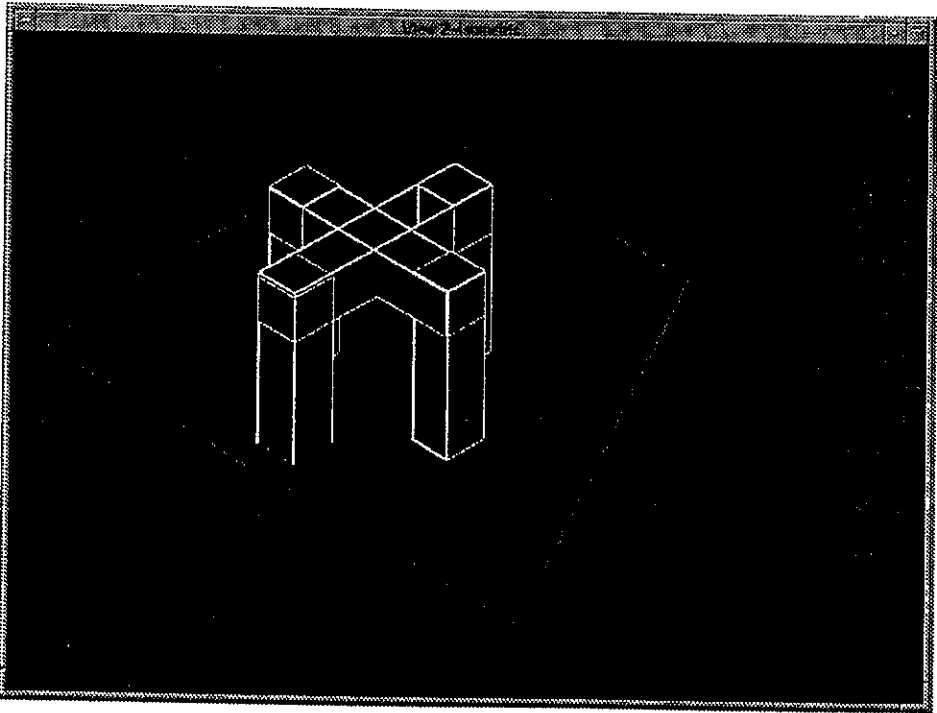
## 1.1. VISTA ÁEREA ESTRUCTURAL.

A continuación se muestra la gráfica que representa la vista aérea a 90° del proyecto "Cruz Colgante", siendo 0° el lado derecho de la edificación a nivel del piso.



## 1.2. VISTA ISOMÉTRICA ESTRUCTURAL.

A continuación se muestra la gráfica que representa la vista isométrica, es decir vista desde arriba pero con un ángulo aproximado de 45° del proyecto "Cruz Colgante", siendo 0° el lado derecho de la edificación a nivel del piso.

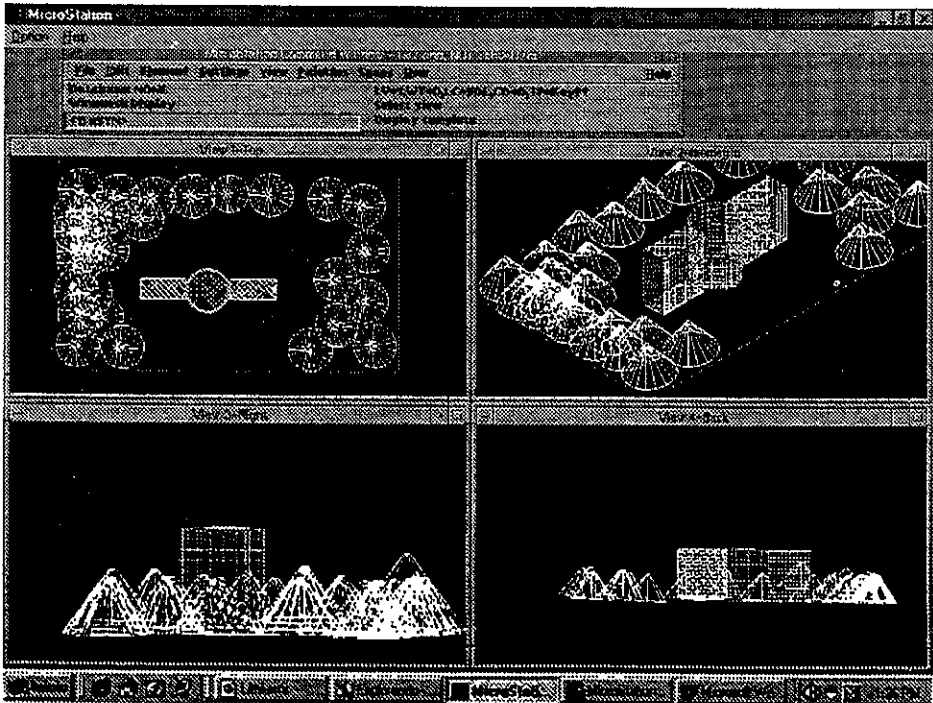


## 2. DISEÑO SATELITAL.

El proyecto "Diseño Satelital" fue realizado pensando en la estructura clásica de un satélite el cual se compone, en términos arquitectónicos, de un cuerpo o edificio central y de dos alas perpendiculares al cuerpo las cuales están conectadas una con la otra por medio de este cuerpo central.

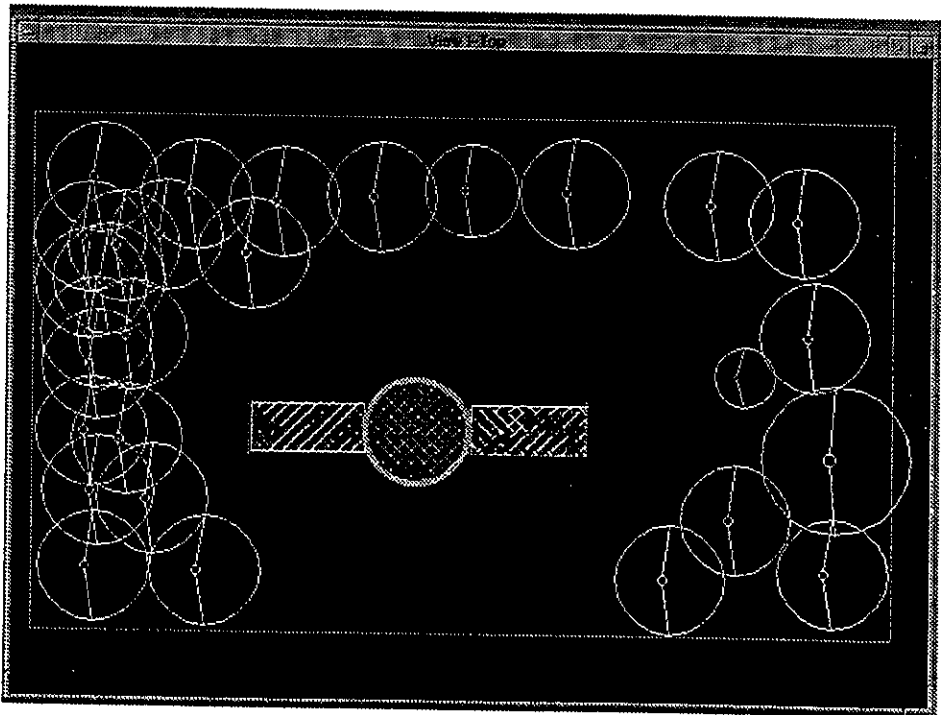
Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) con una estructura inicial tomando en cuenta cierto grado de vegetación para el diseño ecológico deseada el "Diseño Satelital" se ve así:

En conjunto esta arquitectura desde el punto de vista aéreo permite apreciar la figura de un satélite artificial que está suspendido dentro de un conjunto de árboles, dispuestos de tal forma que realzan su tamaño y diseño, lo cual contrastará con una fachada de vidrios polarizados en sus alas y una fachada sólida para el cuerpo central, considerando además el diseño ecológico del entorno.



## 2.1. VISTA ÁEREA ESTRUCTURAL Y CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS.

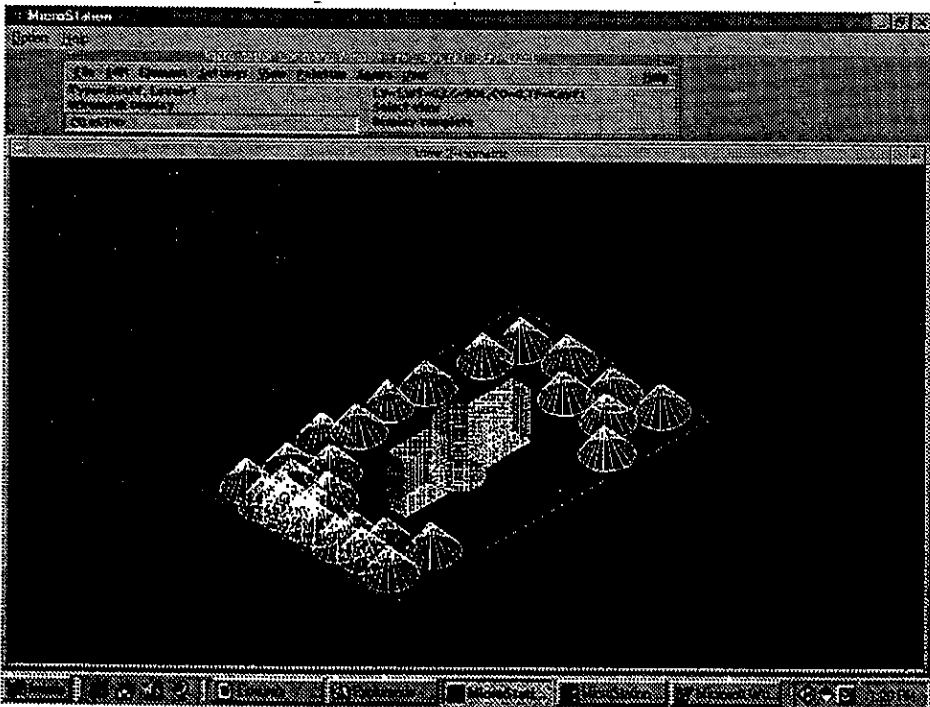
A continuación se muestra la gráfica que representa la vista aérea a 90° del proyecto "Diseño Satelital", siendo 0° el lado derecho de la edificación a nivel del piso. La vista es desde el punto de vista estructural tomando en cuenta cierto grado de vegetación.



## 2.2. VISTA ISOMÉTRICA ESTRUCTURAL Y CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS.

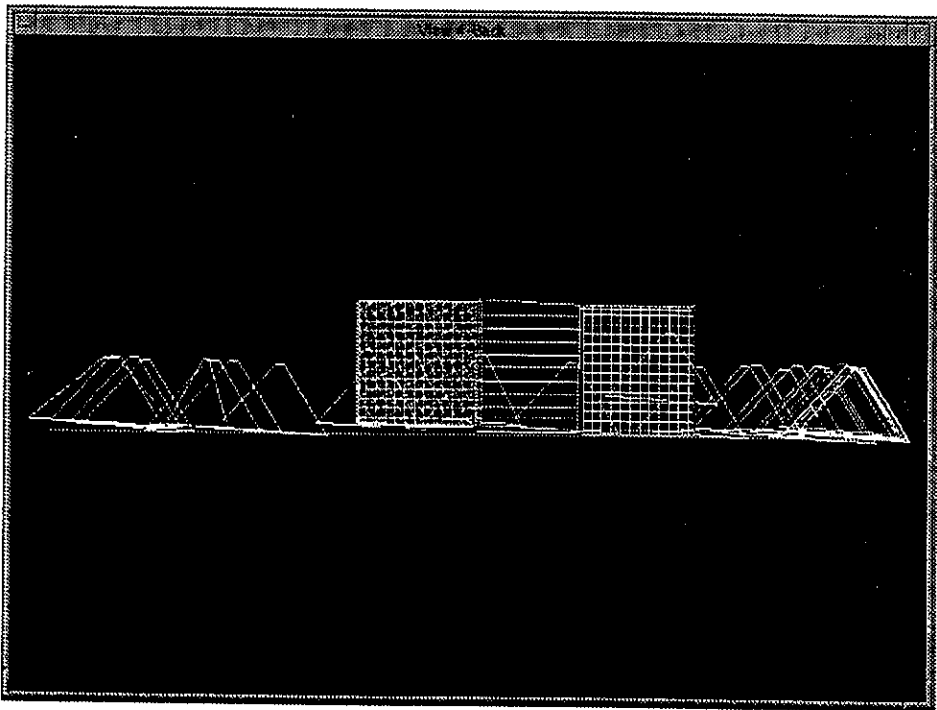
A continuación se muestra la gráfica que representa la vista isométrica, es decir vista desde arriba pero con un ángulo aproximado de 45° del proyecto "Diseño Satelital", siendo 0° el lado derecho de la edificación a nivel del piso. La vista es desde el punto de vista estructural. El "Diseño Satelital" incluye el diseño ecológico de la disposición idónea de árboles.

Visto con una estructura inicial tomando en cuenta el diseño de la disposición de la vegetación deseada para el proyecto "Diseño Satelital". Se ve así:



### 2.3. VISTA DESDE LA DERECHA ESTRUCTURAL Y CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS.

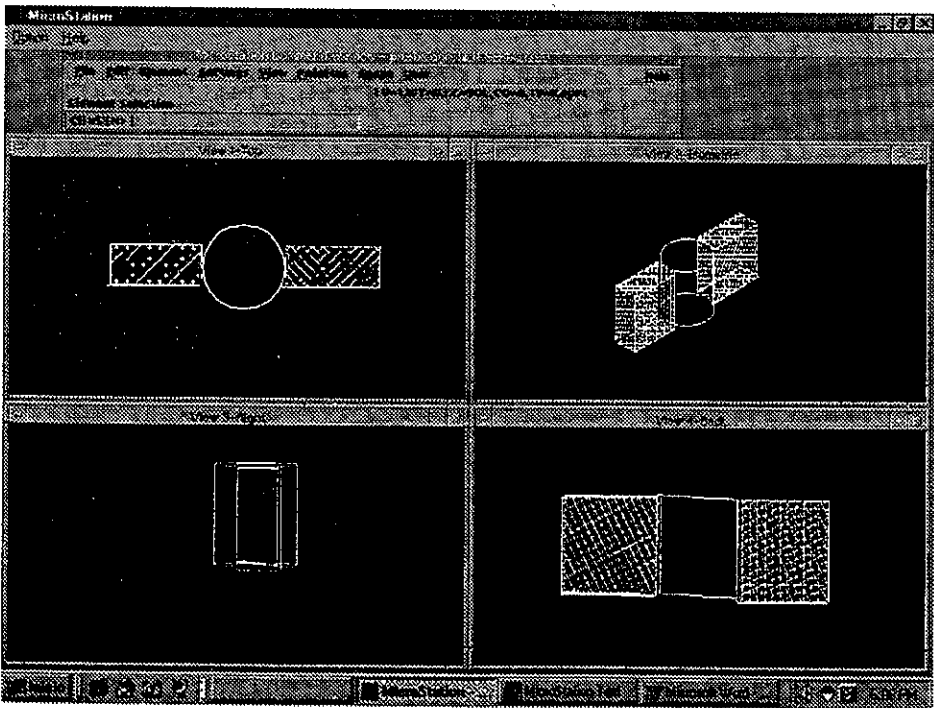
A continuación se muestra la gráfica que representa la vista desde la derecha del proyecto "Diseño Satelital". La vista es desde el punto de vista estructural.





## 2.4. VISTA GENERAL ESTRUCTURAL SIN VEGETACIÓN.

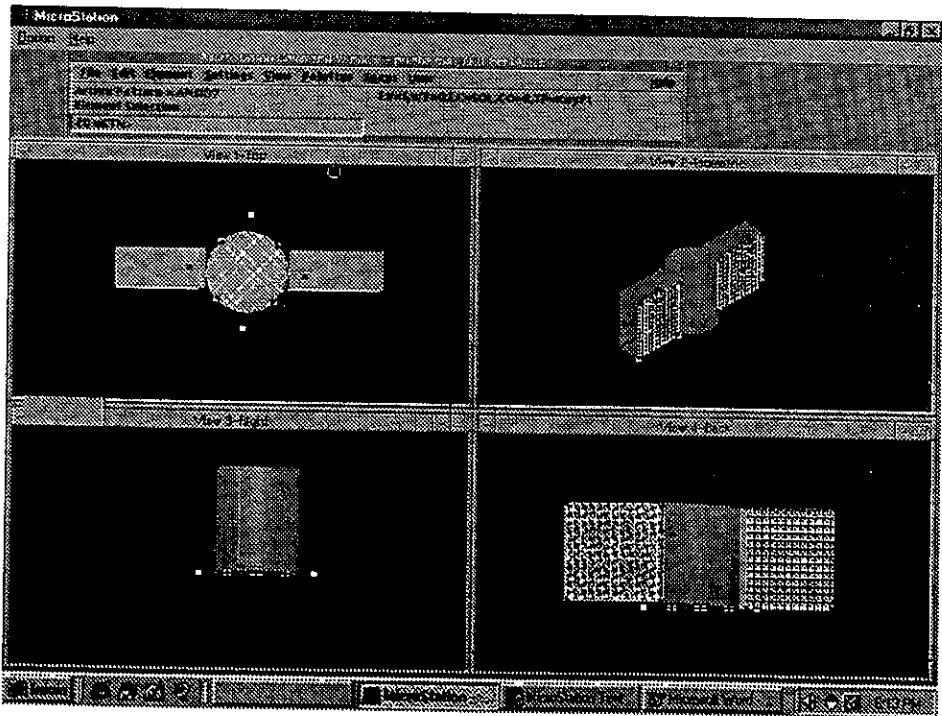
Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) con una estructura inicial del "Diseño Satelital" se ve así:



## 2.5. VISTA GENERAL CON FACHADA Y SIN VEGETACIÓN.

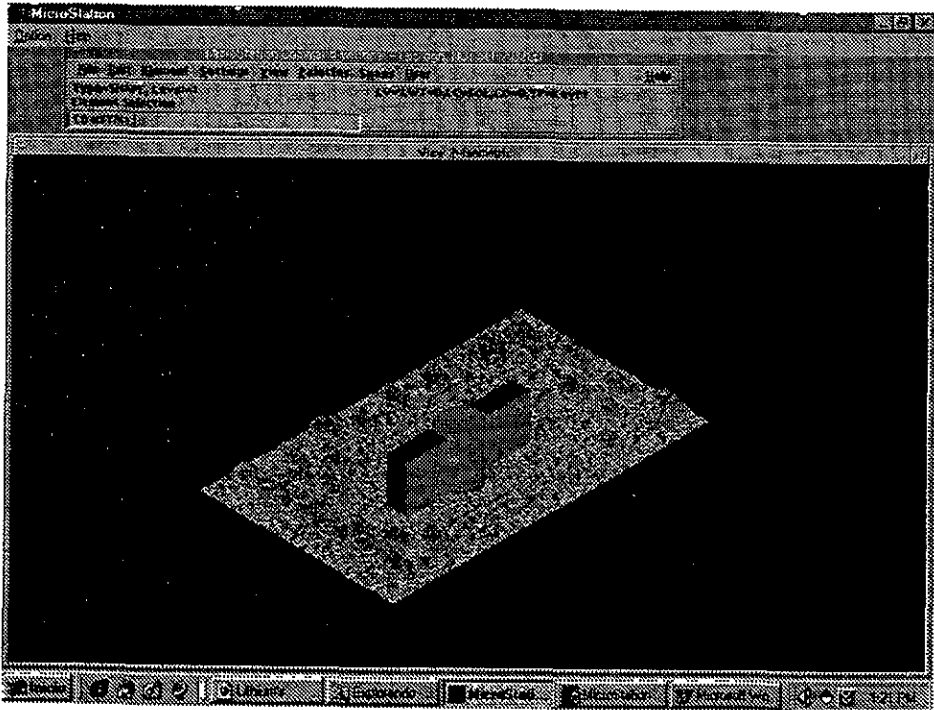
En conjunto esta arquitectura desde el punto de vista aéreo da la impresión de ser una clásico satélite artificial que bien, puede verse suspendido dentro del conjunto de árboles y naturaleza que abundan a su alrededor, la cual contrastaría con una fachada de vidrios polarizados en sus alas, donde se reflejarían todas las cosas que se encontraran a su alrededor; y una fachada sólida para el cuerpo central.

Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) del “Diseño Satelital” se ve así:



## 2.6. VISTA AÉREA ISOMÉTRICA CON FACHADA Y CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS.

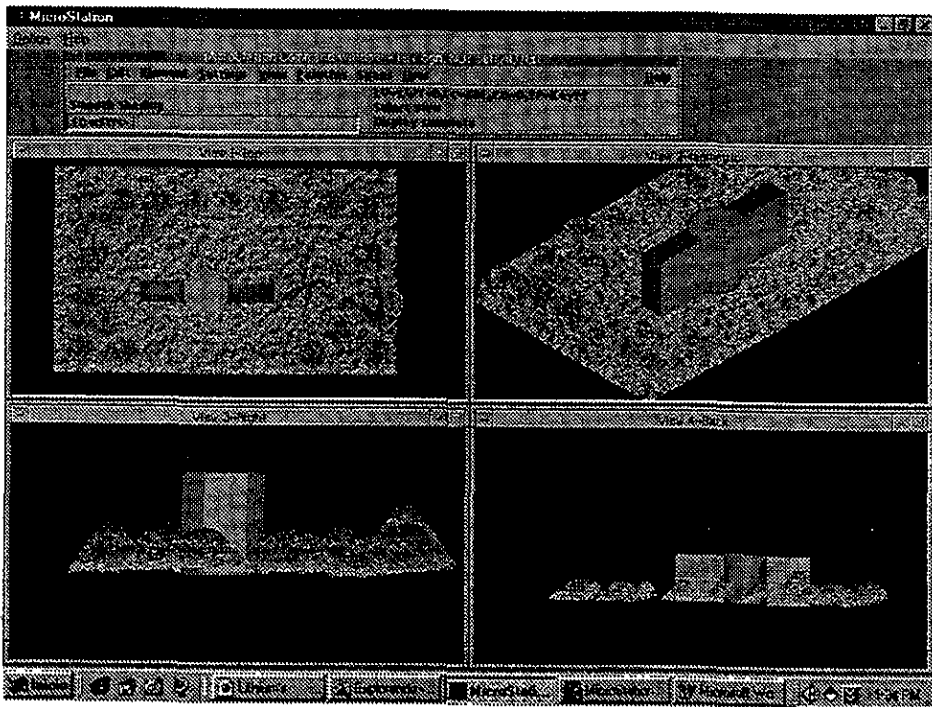
A continuación se muestra el "Diseño Satelital" con el diseño ecológico de la disposición idónea de árboles.



## 2.7. VISTA GENÉRICA CON FACHADA Y CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS.

A continuación se muestra el "Diseño Satelital" final con el diseño ecológico de la disposición idónea de árboles.

Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) con una estructura final tomando en cuenta el grado de vegetación deseada el "Diseño Satelital" se ve así:

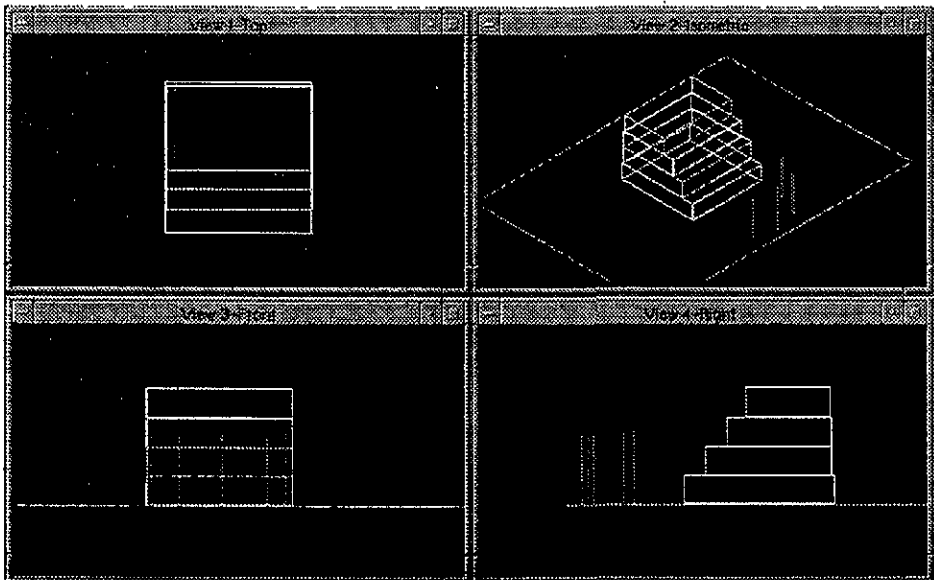


### 3. DISEÑO DE ESCALERA.

El proyecto "Diseño de Escalera" fue diseñado pensando en cuatro niveles de la pirámide organizacional. De tal forma que al ocupar este Edificio Inteligente se pensara en colocar a los altos mandos ejecutivos o corporativos en la parte superior, ya que es más pequeña y en el 1er piso al nivel operativo de la organización. Dejando la planta baja para sala de juntas y recepción.

Este diseño lleva al frente una serie de astas para banderas. Su acabado final, al igual que para los otros diseños arquitectónicos está pensado en vidrio polarizado.

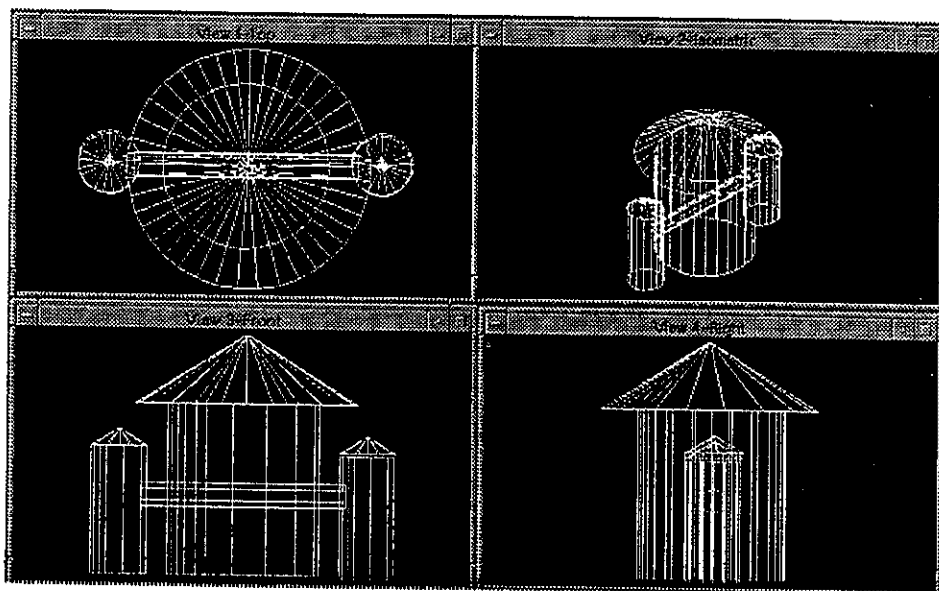
Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) se ve así:



#### 4. DISEÑO SILOS ORIENTALES.

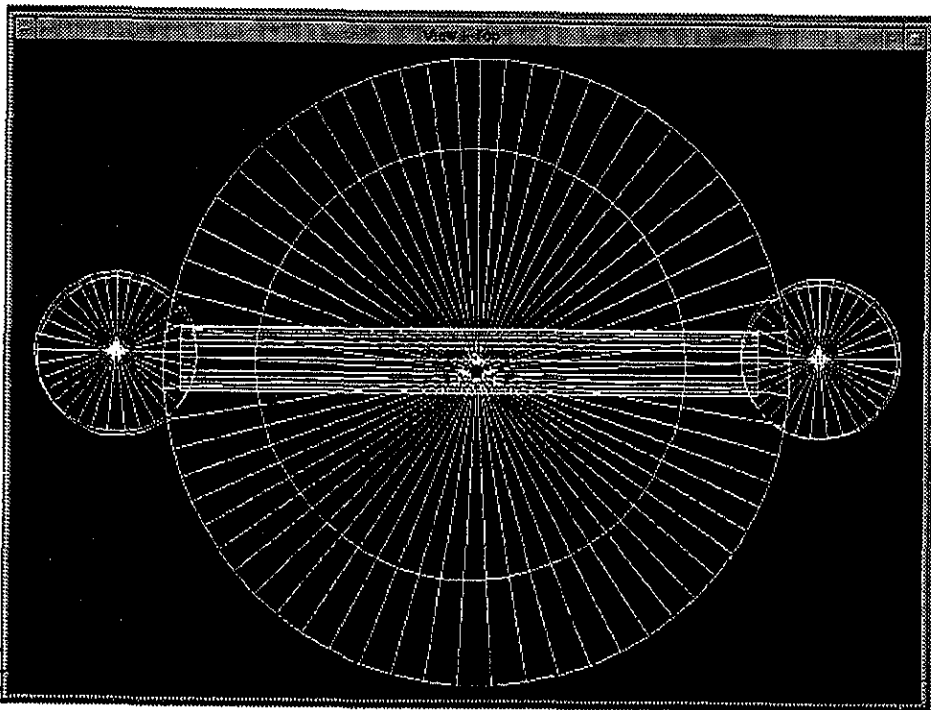
El proyecto "Diseño Silos Orientales" fue inspirado en la arquitectura clásica oriental. El techo, cuyo desnivel es pronunciado da lugar a un diseño original. Este diseño tiene la peculiaridad de conectar los edificios laterales con el central, por medio de una estructura tubular que intersecta las tres estructuras básicas y que servirá para el libre tránsito entre ellas.

Visto en cuatro tomas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) se ve así:



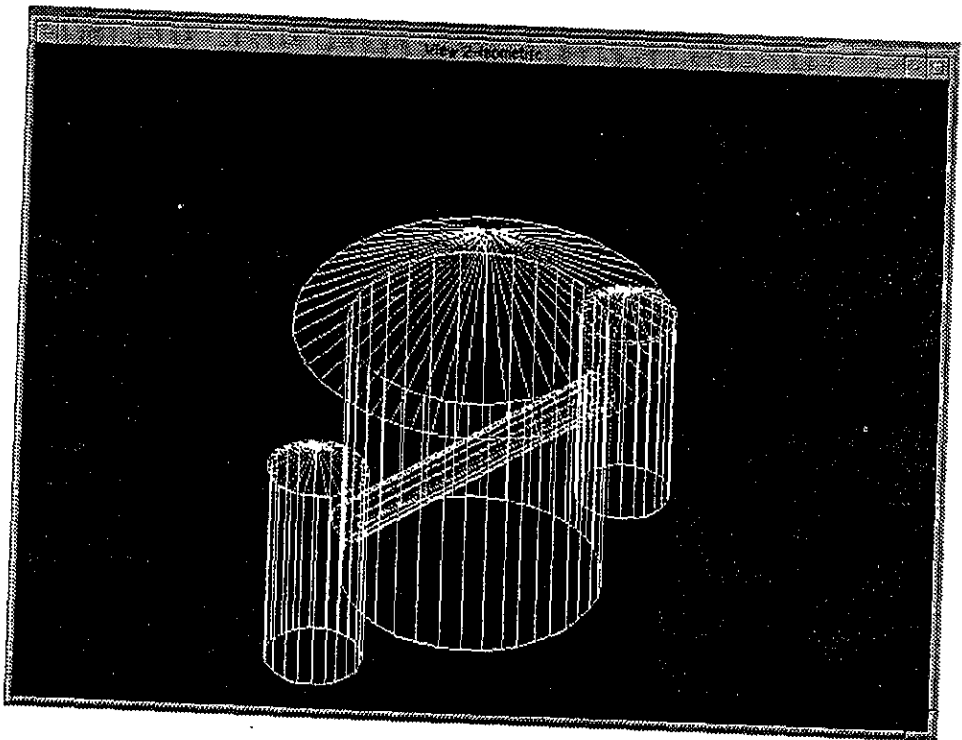
#### 4.1. VISTA ÁEREA ESTRUCTURAL.

A continuación se muestra la gráfica que representa la vista aérea a 90° del proyecto “Diseño Silos Orientales”, siendo 0° el lado derecho de la edificación a nivel del piso. La vista es desde el punto de vista estructural.



#### 4.2. VISTA ISOMÉTRICA ESTRUCTURAL.

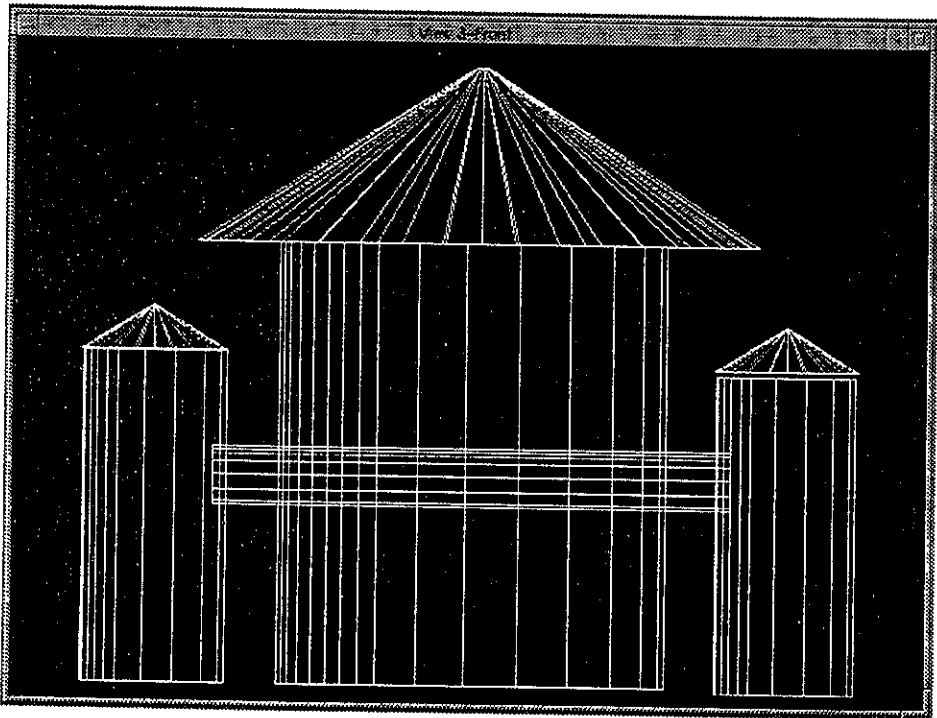
A continuación se muestra la gráfica que representa la vista isométrica, es decir vista desde arriba pero con un ángulo aproximado de  $45^\circ$  del proyecto "Diseño Silos Orientales", siendo  $0^\circ$  el lado derecho de la edificación a nivel del piso. La vista es desde el punto de vista estructural.





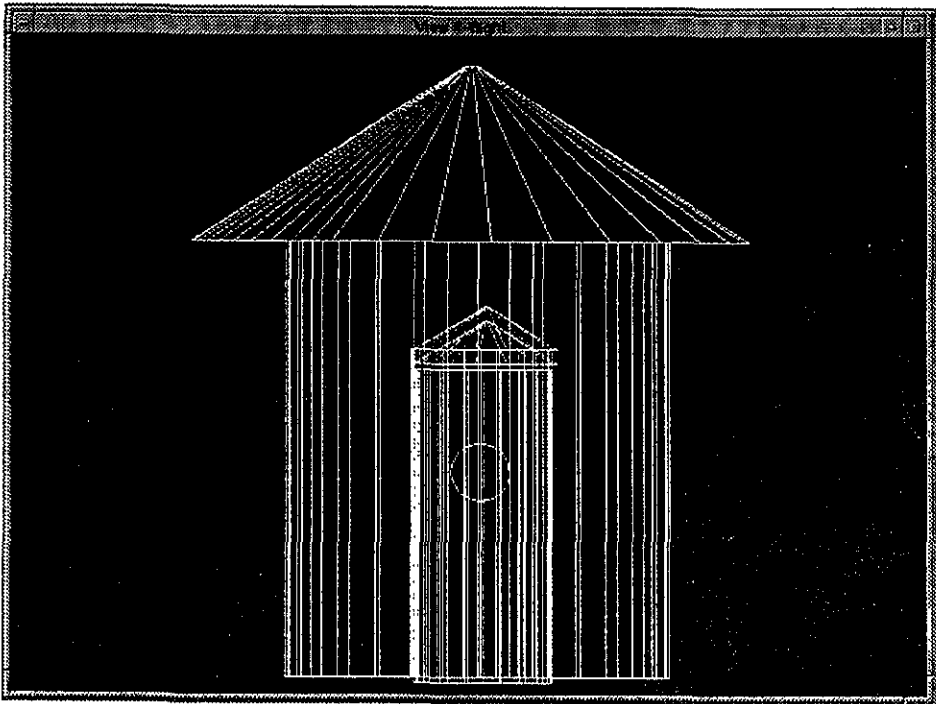
### 4.3. VISTA FRONTAL ESTRUCTURAL.

A continuación se muestra la gráfica que representa la vista aérea a 90° del proyecto "Diseño Silos Orientales". La vista es desde el punto de vista estructural.



#### 4.4. VISTA DESDE LA DERECHA ESTRUCTURAL.

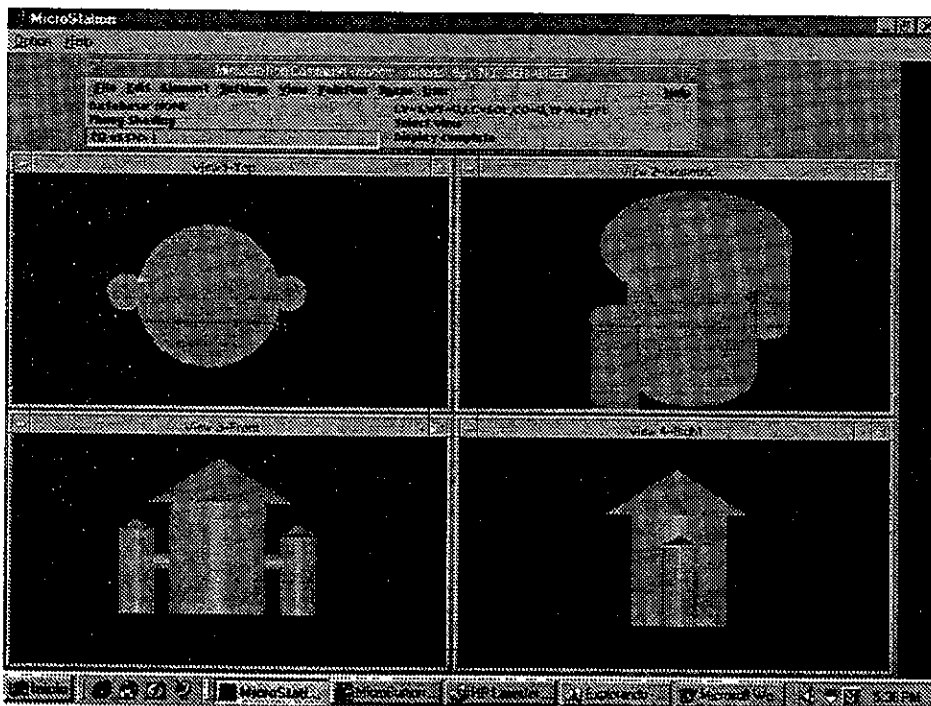
A continuación se muestra la gráfica que representa la vista desde la derecha del proyecto "Diseño Silos Orientales". La vista es desde el punto de vista estructural.



#### 4.5. VISTA GENERAL CON FACHADA.

La fachada esta constituida por vidrios polarizados.

Visto en cuatro tomas aéreas: desde arriba, isométrica, de frente, desde la derecha, (nombradas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo) se ve así:



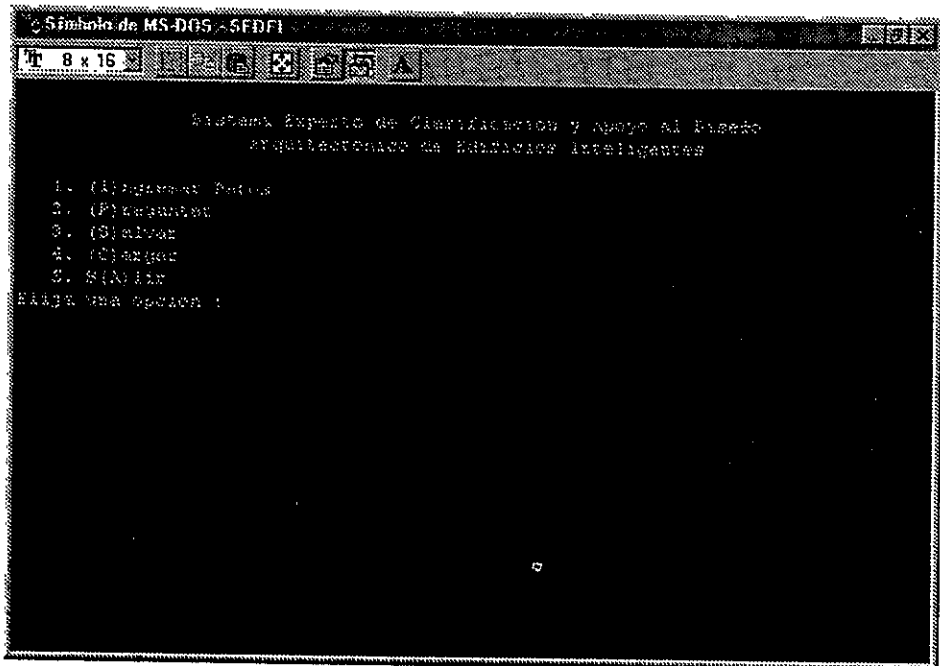
## Apéndice B

### INTERFAZ DEL SECADEI.

#### 1. MENU PRINCIPAL DEL SECADEI.

El menu principal del SECADEI contiene las siguientes opciones:

- Ingresar Datos
- Preguntar
- Salvar
- Cargar
- Salir



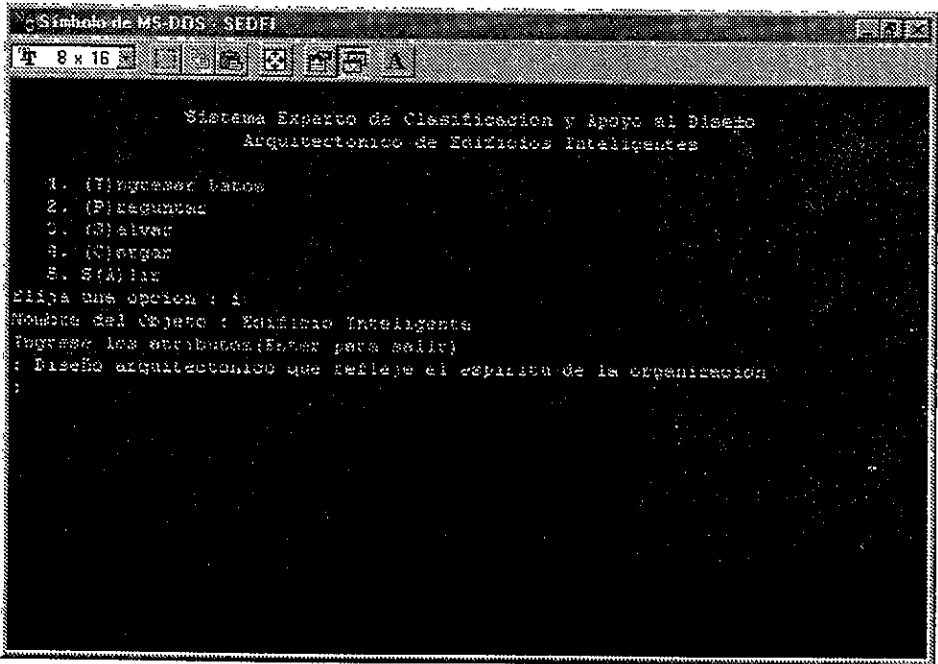
Como se puede apreciar, la interfaz del usuario a la que hace referencia el Capítulo 4 ha sido diseñada de tal forma que el usuario no tendrá problemas en lo referente a:

- Manejo integral del sistema.
- Portabilidad respecto a la plataforma.

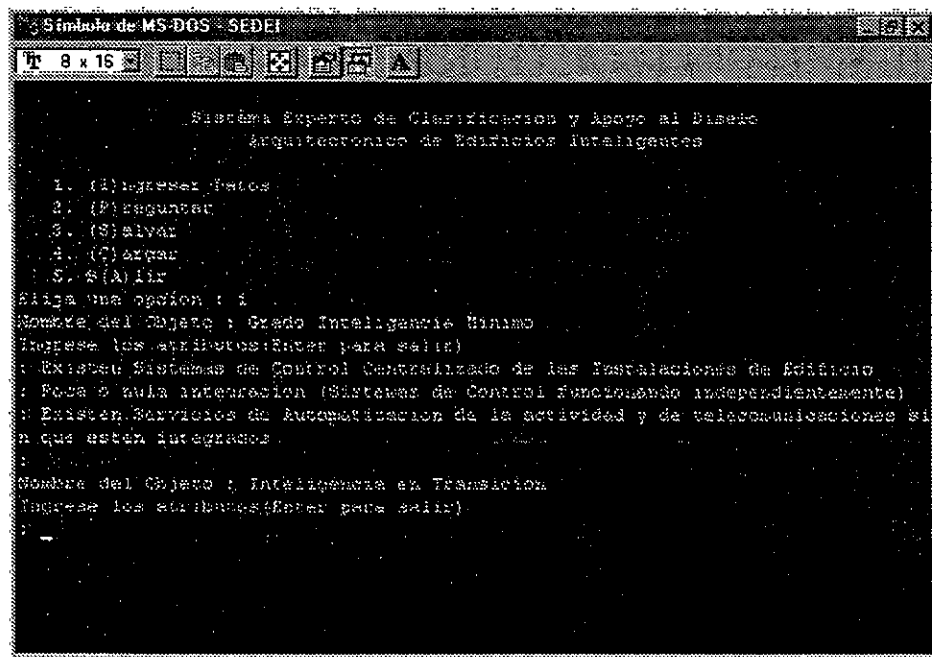
## 1.1. OPCIÓN DE INGRESAR DATOS.

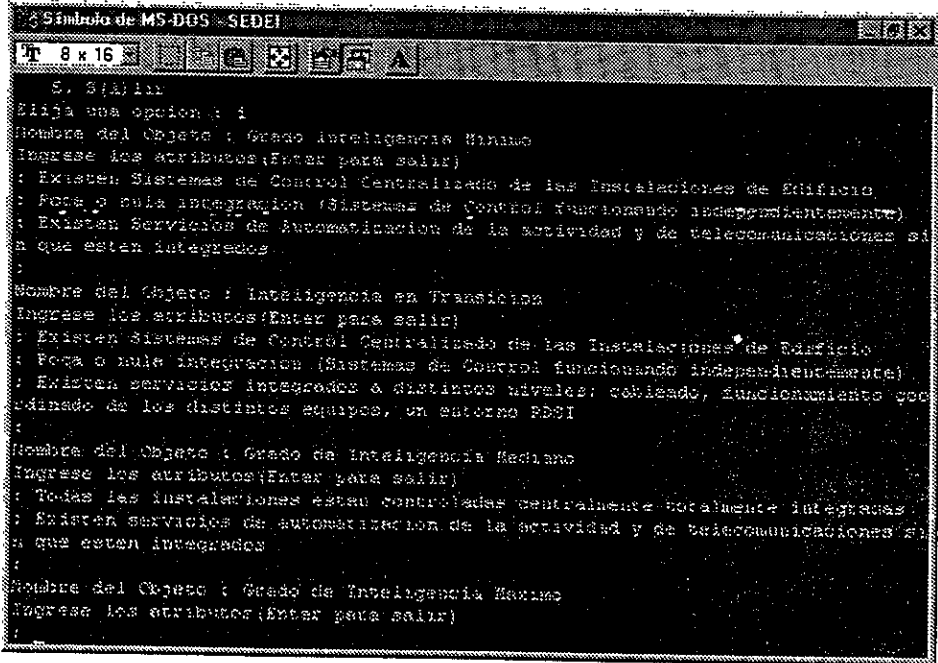
Esta opción proporciona al usuario la facilidad de ingresar los atributos del objeto que posteriormente podrá ser identificado por el Sistema Experto y sus características asociadas en una Base de Conocimientos donde el usuario puede agregar toda la información que crea conveniente sobre el dominio del problema de su interés. En este caso hablamos de un Edificio Inteligente, el cual es el tema del Sistema Experto y para el cual ingresamos información en forma de atributos para formar las triplas A-V-O.

En la siguiente pantalla se aprecia el momento en que se están ingresando datos sobre algunas consideraciones para el diseño arquitectónico:



En las siguientes dos pantalla se aprecia el momento en que se están ingresando datos sobre los criterios de clasificación de los Edificios Inteligentes basándose en su grado de Inteligencia:

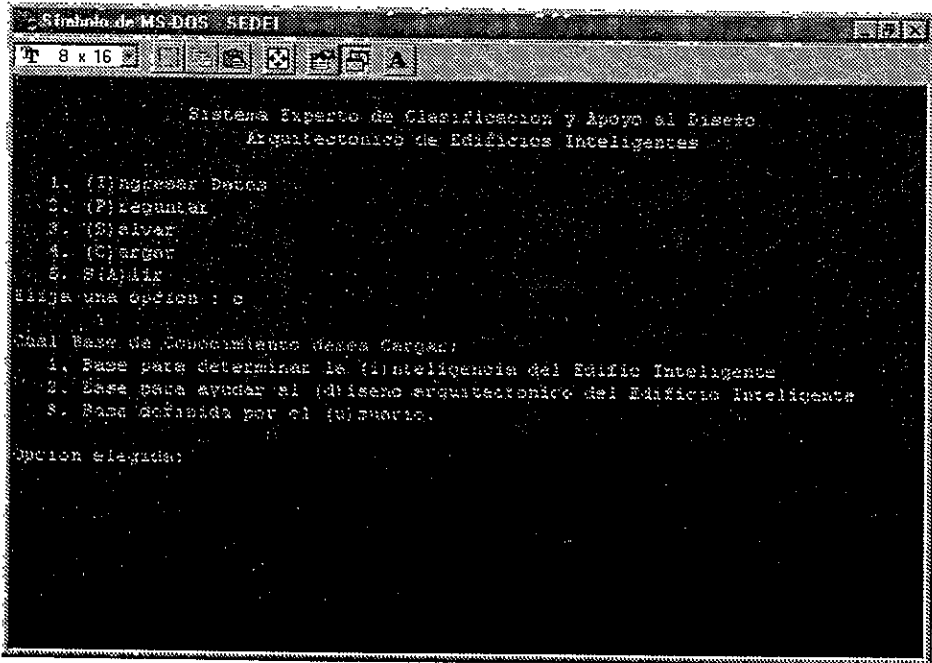






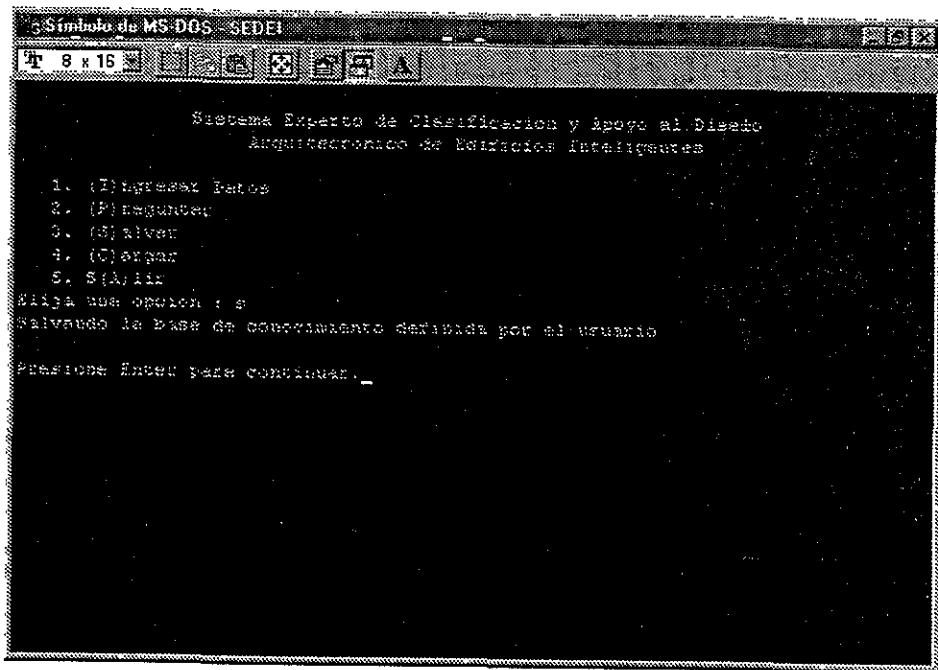
## 1.2. OPCIÓN DE CARGAR.

Mediante esta opción el Sistema Experto puede utilizar alguna de las bases de conocimientos que maneja. La primera de ellas sirve para poder realizar la clasificación de Edificios Inteligentes según su grado de inteligencia. La segunda sirve para ayudar al diseño arquitectónico de Edificios Inteligentes y la última es la que permite al usuario el utilizar una base de conocimientos definida por el mismo.



### 1.3. OPCIÓN DE SALVAR.

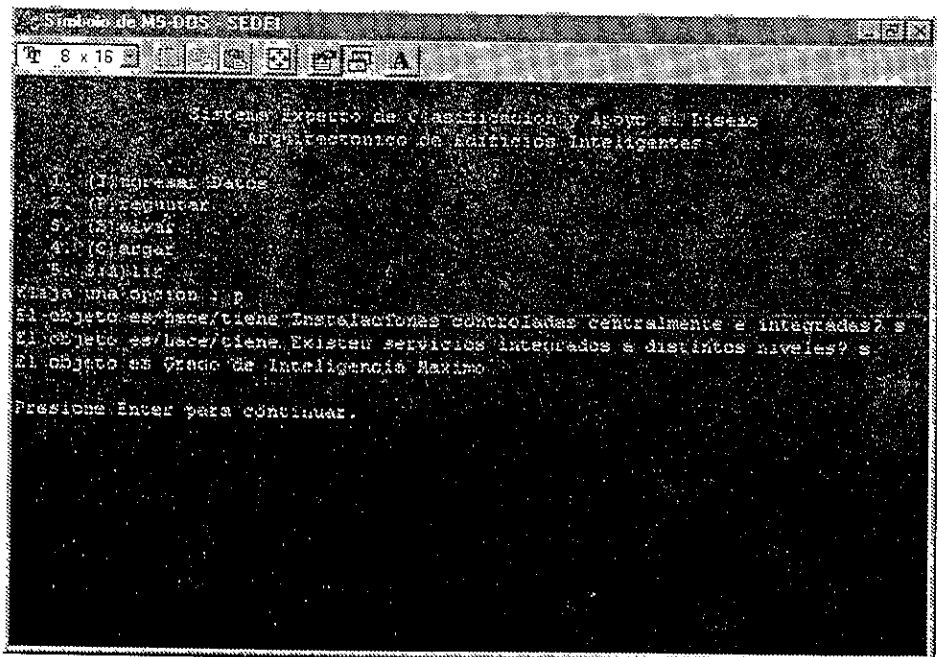
Esta opción permite salvar, en la base de conocimientos definida por el usuario, los objetos y sus atributos respectivos que hubiesen sido dados de alta con el módulo de Ingresar Datos. Si no se elige esta opción, todos los datos que se hayan ingresado no serán salvados y se perderán al finalizar la ejecución del SECADEI.

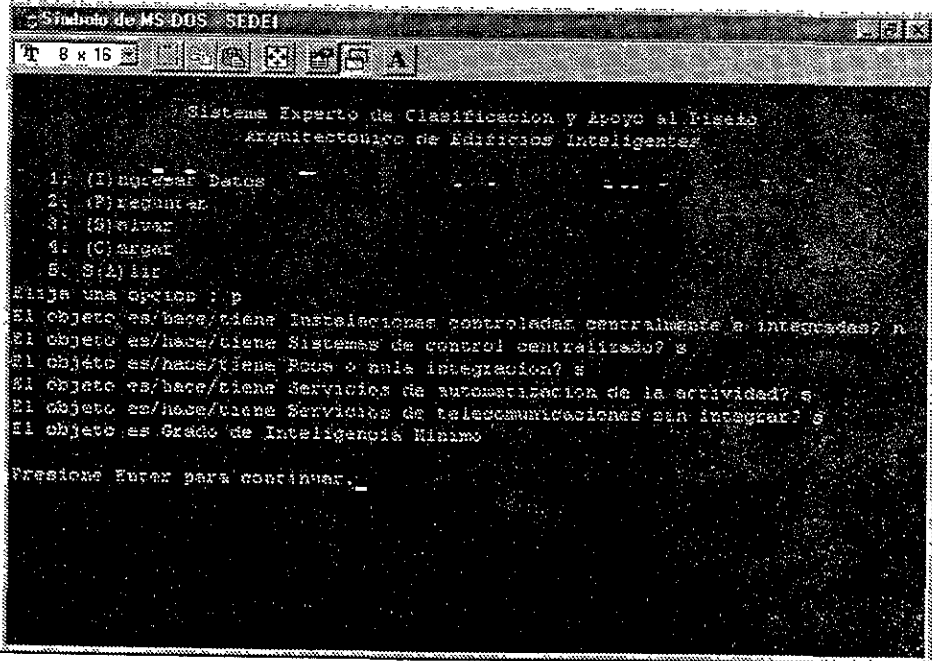


## 1.4. OPCIÓN DE PREGUNTAR.

Mediante esta opción el SECADEI se encarga de identificar los objetos sobre los que se consulta basándose en las características de los mismos. De esta manera es como el SECADEI, al aclarar conceptos que podrían ser confusos para las personas que comúnmente se encargan de realizar los diseños arquitectónicos, auxilia a estas personas a realizar su trabajo. De igual forma, permite determinar con precisión el tipo de inteligencia que presenta algún edificio tomando en consideración las características que le son propias. Igualmente, el usuario puede aumentar la base de conocimiento y de esta manera perfeccionar el conocimiento que sobre el dominio del problema posee el SECADEI.

En las pantallas siguientes el SECADEI se encarga de determinar el tipo de inteligencia mostrado por el Edificio que es descrito por el usuario:





## APÉNDICE C

### CÓDIGO DEL SECADEI

A continuación se mostrará el código íntegro que conforma al SECADEI, el cual ésta comentado para una mayor comprensión del mismo.

#### 1. Sedei.cpp

```
#include <ctype.h>
#include "opera.h"
#include <conio.h>
#include <stdio.h>

////////////////////////////////////
//                               CF_MENU
////////////////////////////////////
//Funcion: Muestra el menu principal del Sistema Experto, obtiene la opcion
//elegida luego de haberla validado y la regresa.
////////////////////////////////////
cf_Menu()
{
    char ch;
    c_Transacciones oc_Transaccion;

    clrscr();
    printf("\n          Sistema Experto de Clasificacion y Apoyo al Diseño");
    printf("\n          Arquitectonico de Edificios Inteligentes");
    printf("\n\n 1. (I)ngresar Datos\n 2. (P)reguntar\n 3. (S)alvar\n 4. (C)argar\n 5. S(A)lir\n");
    do{
        printf("Elija una opcion : ");
        ch=tolower(getche());
    }while(!oc_Transaccion.if_EstaDentro(ch,"ipsca"));
    printf("\n");
    return ch;
}

////////////////////////////////////
//                               MAIN
////////////////////////////////////
//Funcion: Determina el mensaje a mandar al objeto oc_Transaccion dependiendo
//del valor retornado por la invocacion a al funcion menu.
////////////////////////////////////
void main (){
    char ch;
    c_Transacciones oc_Transaccion;
```

```
oc_Transaccion.vf_AsignarYes('\0');
oc_Transaccion.vf_AsignarNo('\0');
do{
  oc_Transaccion.vf_BorrarRastro();
  ch=cf_Menu();

  switch(ch) {
    case 'i':
      oc_Transaccion.vf_LlenarBaseCon();
      break;
    case 'p':
      oc_Transaccion.vf_Preguntar();
      break;
    case 's':
      oc_Transaccion.vf_Guardar();
      break;
    case 'c':
      printf("\nCual Base de Conocimiento desea Cargar:");
      printf("\n 1. Base para determinar la (i)nteligencia del Edificio Inteligente");
      printf("\n 2. Base para ayudar al (d)iseno arquitectonico del Edificio Inteligente");
      printf("\n 3. Base definida por el (u)suario.\n");
      printf("\nOpcion elegida: ");
      switch(tolower(getche()))
      {
        case 'i':
          oc_Transaccion.vf_CargarBaseCon("Inteli.dat");
          break;
        case 'd':
          oc_Transaccion.vf_CargarBaseCon("Dise.dat");
          break;
        case 'u':
          oc_Transaccion.vf_CargarBaseCon("Expert.dat");
          break;
      }
      break;
  }
} while(ch!='a');
}
```

## 2. Atributo.h

```
#ifndef __atributo.h
#define __atributo h
```

```
////////////////////////////////////  
//                               C_ATRIBUTOS  
////////////////////////////////////  
  
class c_atributos{  
  
    char ac_atributo[80];  
    c_atributos *ap_Sig_cAtributo;  
  
public:  
  
    //////////////////////////////////////  
    //                               C_ATRIBUTOS  
    //////////////////////////////////////  
    //Funcion: Constructor de la clase. Inicializa los datos miembro, en este caso  
    //el arreglo de caracteres ac_atributo para evitar que contenga basura.  
    //////////////////////////////////////  
    c_atributos (void)  
    {  
        for(int li_inicializador=0;li_inicializador<(80);li_inicializador++)  
        {  
            ac_atributo[li_inicializador]=' '  
        }  
    }  
  
    //////////////////////////////////////  
    //                               apf_Obtener_Atributo  
    //////////////////////////////////////  
    //Funcion: Regresa el valor del dato miembro ac_atributo  
    //////////////////////////////////////  
    char * apf_Obtener_Atributo(void)  
    {  
        return ac_atributo;  
    }  
  
    //////////////////////////////////////  
    //                               if_Obtener_LongAtributo  
    //////////////////////////////////////  
    //Funcion: Regresa el tamaño del dato miembro ac_atributo utilizando para ello  
    //la funcion sizeof  
    //  
    //Libreria Utilizada:  
    //////////////////////////////////////  
    int if_Obtener_LongAtributo(void)  
    {  
        return sizeof(ac_atributo);  
    }  
}
```

```
////////////////////////////////////  
//          apf_ObtenerSigAtributo  
////////////////////////////////////  
//Funcion: Regresa el valor del dato miembro ap_Sig_cAtributo que es un  
//apuntador a la clase c_Atributos  
////////////////////////////////////  
c_atributos * apf_ObtenerSigAtributo(void)  
{  
    return ap_Sig_cAtributo;  
}  
  
////////////////////////////////////  
//          vf_AsignarSiguiete  
////////////////////////////////////  
//Funcion: Le asigna al dato miembro ap_Sig_cAtributo el valor del parametro  
//oSig que es un objeto de la clase c_atributos  
////////////////////////////////////  
void vf_AsignarSiguiete (c_atributos * oSig)  
{  
    ap_Sig_cAtributo=oSig;  
}  
};  
#endif
```

### 3. Basec.h

```
#ifndef __basec.h  
#define __basec.h  
  
#define TOPE 100  
#include "object.h"  
  
////////////////////////////////////  
//          C_BASECONOCIMIENTO  
////////////////////////////////////  
class c_BaseConocimiento{  
    c_Objeto c_BaseConocimiento[TOPE];  
  
public:  
    //////////////////////////////////////  
    //          RF_OBTENEROBJETO  
    //////////////////////////////////////  
    //Funcion: Regresa el objeto de clase c_Objeto que este alojado en el arreglo  
    //cBaseConocimiento con el numero de elemento determinado por el indice  
    //li_Indice que llego como parametro de la funcion  
    //////////////////////////////////////  
    c_Objeto & rf_ObtenerObjeto(int li_Indice)  
    {  
        return c_BaseConocimiento[li_Indice];  
    }  
};  
#endif
```



## 4. Object.h

```

#ifndef      __object.h
#define      __object.h

#include "atributo.h"

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//          C_OBJETO
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
class c_Objeto{
    char ac_NombreObjeto[80];
    c_atributos *apc_ListaAtributos;
public:
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    //          APF_OBTENERNOMBRE
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    //Funcion: Regresa el valor del dato miembro ac_NombreObjeto, que es un arreglo
    //de caracteres
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    char * apf_ObtenerNombre(void)
    {
        return ac_NombreObjeto;
    }

    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    //          IF_OBTENERLONGNOMBRE
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    //Funcion: Regresa el tamaño del dato miembro ac_NombreObjeto por medio de la
    //utilizacion de la funcion sizeof
    //
    //Libreria Utilizada:
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    int if_ObtenerLongNombre(void)
    {
        return sizeof(ac_NombreObjeto);
    }

    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    //          AP_OBTENERLISTAATRIBUTOS
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    //Funcion: Regresa el valor del dato miembro apc_ListaAtributos
    //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    c_atributos * ap_ObtenerListaAtributos(void)
    {
        return apc_ListaAtributos;
    }
}

```

```

////////////////////////////////////
//          VF_ASIGNARLISTAATRIBUTOS
////////////////////////////////////
//Funcion: Asinga el valor del parametro apc_Asignacion, que es un apuntador a
//un objeto de clase c_atributos, al dato miembro apc_ListaAtributos
////////////////////////////////////
void vf_AsignarListaAtributos(c_atributos * apc_Asignacion)
{
    apc_ListaAtributos=apc_Asignacion;
}
};

#endif

```

## 5. Opera.h

```

#ifndef      __opera h
#define      __opera h

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <malloc.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include "basec.h"

////////////////////////////////////
//          C_TRANSACCIONES
////////////////////////////////////
class c_Transacciones{

int li_indice;

c_BaseConocimiento o_BaseCon,
c_atributos *yes,*no;

c_atributos *yesnext, *nonext;

public:

////////////////////////////////////
//          C_TRANSACCIONES
////////////////////////////////////
//Funcion: Constructor que inicializa el elemento miembro li_indice con el
//valor de -1
////////////////////////////////////
c_Transacciones()
{
    li_indice=-1;
}
}

```

```
////////////////////////////////////  
//          APOBTENERYES  
////////////////////////////////////  
//Funcion: Regresar el valor del dato miembro yes  
////////////////////////////////////  
c_tributos * apObtenerYes(void)  
{  
    return yes;  
}
```

```
////////////////////////////////////  
//          VF_ASIGNARYES  
////////////////////////////////////  
//Funcion: Asigna el valor del parametro apc_Temp, que es un apuntador a un  
//objeto de clase c_tributos, al dato miembro yes  
////////////////////////////////////  
void vf_AsignarYes(c_tributos *apc_Temp)  
{  
    yes=apc_Temp,  
}
```

```
////////////////////////////////////  
//          APOBTENERNO  
////////////////////////////////////  
//Funcion: Regresa el valor del dato miembro no  
////////////////////////////////////  
c_tributos * apObtenerNo(void)  
{  
    return no;  
}
```

```
////////////////////////////////////  
//          VFASIGNARNO  
////////////////////////////////////  
//Funcion: Asigna al dato miembro no el valor del parametro apc_Temp que es un  
//apuntador a un objeto de clase c_tributos  
////////////////////////////////////  
void vf_AsignarNo(c_tributos *apc_Temp)  
{  
    no=apc_Temp,  
}
```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//                VF_BORRARRASTRO
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: Se declara un apuntador a clase c_atributos con nombre
//oc_ObjetoVacio. Se hace un ciclo mientras que el dato miembro yes no sea
//nulo en donde a oc_Objeto se le asigna el valor que regresa la invocacion
//apf_ObtenerSigAtributo por medio del apuntador a objeto no, luego se libera
//la memoria del apuntador yes y este es igualado con el valor de
//oc_ObjetoVacio a la funcion apf_ObtenerSigAtributo del apuntador a objeto
//yes . Se hace otro ciclo mientras que el dato miembro no sea diferente de
//nulo donde a oc_ObjetoVacio se le asigna el valor que retorna la invocacion a
//la funcion apf_ObtenerSigAtributo por medio del apuntador a objeto no, luego
//se libera la memoria del apuntador no y este es igualado con el valor de
//oc_ObjetoVacio
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void vf_BorrarRastro()
{
    c_atributos *oc_ObjetoVacio;

    while(yes){
        oc_ObjetoVacio=yes->apf_ObtenerSigAtributo();
        delete(yes);
        yes=oc_ObjetoVacio;
    }

    while(no)
    {
        oc_ObjetoVacio=no->apf_ObtenerSigAtributo();
        delete(no);
        no=oc_ObjetoVacio;
    }
}

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//                IF_OBTENERSIG
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: El valor del dato miembro li_indice se incrementa en uno, luego se
//verifica si el valor de dicha variable aun es menor que la definicion de
//TOPE, de ser asi se regresa el valor de li_indice, de lo contrario se regresa
//un valor de -1
/////////////////////////////////////////////////////////////////
if_ObtenerSig()
{
    li_indice++;

    if(li_indice<TOPE) return li_indice;
    else return -1;
}

```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//
// VF_LLENARBASECON
//Funcion: Se declaran dos enteros t e i y dos apuntadores a clase c_atributos
//Se inicia un ciclo infinito que servira para dar de alta todos los objetos y
//sus respectivos atributos dentro de la base de conocimientos. Para hacer esto
//se obtiene el siguiente indice dentro del arreglo para almacenar los datos de
//la base de conocimientos. Si no es posible almacenar otro elemento pues ya se
//ha revasado el TOPE entonces se manda un mensaje de error y termina la
//funcion. De lo contrario, se pide el Nombre del objeto y se almacena en la
//localidad determinada por el indice t. Si solo se da un enter entonces se
//hace que el numero de elementos del arreglo que sirve como base de
//conocimientos se reduzca en uno y se sale del ciclo for. Se crea un nuevo
//objeto de clase c_atributos llamado oc_NuevoObjeto y se verifica que pueda
//ser alojado en memoria. Se asignan dichos atributos al objeto creado en la
//base de conocimientos. Luego se limpian los atributos y se manda un mensaje
//para empezar a ingresarlos. Se introduce el atributo al dato miembro
//correspondiente del objeto oc_NuevoObjeto y se verifica si el primer elemento
//de los atributos esta vacio, en cuyo caso se rompe el ciclo for. De lo
//contrario se hace que el apuntador oc_ViejoObjeto apunte a oc_NuevoObjeto y
//oc_NuevoObjeto ahora apuntara al siguiente atributo creado y se verifica si
//existe espacio para alojarlo. Luego se hace que oc_NuevoObjeto apunte al
//siguiente atributo creado anteriormente y se le asigna un valor de nulo.
//Finalmente se inicializa el atributo recién asignado a oc_NuevoObjeto, con
//esto se termina el ciclo for. Finalmente se hace que el apuntador del objeto
//oc_ViejoObjeto a su atributo siguiente apunte a nulo.
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void vf_LlenarBaseCon()
{
    int t,i;
    c_atributos *oc_NuevoObjeto, *oc_ViejoObjeto;

    for(;;){
        t=if_ObtenerSig();
        if(t==-1){
            printf("Fuera del espacio de lista.\n");
            printf("\nPresione Enter para continuar.");
            getch();
            return,
        }

        printf("Nombre del Objeto : ");
        gets(o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre());

        if(!(*o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre()){
            li_indice--;
            break;
        }

        oc_NuevoObjeto=new c_atributos;
        if (oc_NuevoObjeto=='\0'){
            printf("Fuera de memona.\n"),
            pntnf("\nPresione Enter para continuar.");
        }
    }
}

```

```

    getch();
    return;
}

o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).vf_AsignarListaAtributos(oc_NuevoObjeto);
for(i=0;i<sizeof(oc_NuevoObjeto->apf_Obtener_Atributo());i++)

    oc_NuevoObjeto->apf_Obtener_Atributo()[i]=' ';
printf("Ingrese los atributos(Enter para salir)\n");
for(;;){
    printf(": ");
    gets(oc_NuevoObjeto->apf_Obtener_Atributo());
    if(!oc_NuevoObjeto->apf_Obtener_Atributo()[0]) break;
    oc_ViejoObjeto=oc_NuevoObjeto;
    oc_NuevoObjeto->vf_AsignarSiguiente(new c_atributos);
    if(oc_NuevoObjeto->apf_ObtenerSigAtributo()=="\0"){
        printf("Fuera de memoria.\n");
        printf("\nPresione Enter para continuar.");
        getch();
        return;
    }
    oc_NuevoObjeto=oc_NuevoObjeto->apf_ObtenerSigAtributo();
    oc_NuevoObjeto->vf_AsignarSiguiente("\0");
    for(i=0;i<sizeof(oc_NuevoObjeto->apf_Obtener_Atributo());i++)
        >apf_Obtener_Atributo()[i]=' ';
    }
    oc_ViejoObjeto->vf_AsignarSiguiente("\0");
}
}
}
oc_NuevoObjeto-

```

```

////////////////////////////////////
//                               IF_RUTANO                               //
////////////////////////////////////
//Funcion: Se declaran dos apuntadores a objetos de clase c_atributos, que
//son llamados a y t. Se iguala a con el valor del dato miembro no, luego
//mientras que a no apunte a nulo, se iguala t con el parametro p que llevo a
//la funcion y mientras que t no sea nulo se compara si el atributo de t y de
//a son iguales, en cuyo caso se termina la funcion regresando 0. En caso
//contrario se hace que t apunte al siguiente atributo, con lo cual termina
//el ciclo de revision de t. Al finalizar dicho ciclo, se hace que a se iguale
//al siguiente atributo, con esto finaliza el ciclo de a. Finalmente se regresa
//un 1. En resumen, si son iguales los atributos de t y a la funcion regresa
//un 0, de lo contrario regresara un 1.
////////////////////////////////////
if_RutaNo(c_atributos *p)
{
    c_atnbutos *a,*t,
    a=no;
    while(a){
        t=p,
        while(t){
            if(!strcmp(t->apf_Obtener_Atnbuto(),a->apf_Obtener_Atnbuto()))
                return 0,

```

```

        t=t->apf_ObtenerSigAtributo();
    }
    a=a->apf_ObtenerSigAtributo();
}
return 1;
}

```

```

//////////////////////////////////////////////////////////////////
//                               IF_RUTAYES
//////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: Se declaran dos apuntadores a objetos de clase c_atributos, cuyos
//nombres son a y t. Ademas se declara una variable de tipo char, ok. Se iguala
//la variable a con el valor del dato miembro yes. Mientras que a no apunte a
//nulo, ok es igual a 0, t es igual al valor del parametro p y se inicia un
//ciclo en el cual mientras que t no apunte a nulo, se compara el atributo de
//t con el de a, y en caso de ser iguales se hace que ok sea igual a 1, en caso
//contrario, t apunta al siguiente atributo, con esto termina la verificacion
//de t. Se verifica si no hubo ninguna concordancia entre los atributos de
//a y t, y de ser asi se regresa 0, de lo contrario se hace que a apunte al
//siguiente atributo, con lo cual termina el ciclo de a. Finalmente se regresa
//un valor de 1.

```

```

//////////////////////////////////////////////////////////////////
if_RutaYes(c_atributos *p)
{
    c_atributos *a,*t;
    char ok;

    a=yes,
    while(a){
        ok=0;
        t=p;
        while(t){
            if(!strcmp(t->apf_Obtener_Atributo(),a->apf_Obtener_Atributo()))
                ok=1;
            t=t->apf_ObtenerSigAtributo();
        }
        if(!ok) return 0;
        a=a->apf_ObtenerSigAtributo();
    }
    return 1;
}

```

```

//////////////////////////////////////////////////////////////////
//                               IF_PREGUNTAR
//////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: Determina si el atributo que llego como parametro atrib esta
//dentro del objeto yes, al que se consulta por medio del apuntador p, en
//cuyo caso se regresa un 1, de lo contrario un 0.
//////////////////////////////////////////////////////////////////
if_Preguntar(char *atnb)
{
    c_atributos *p;
    p=yes,

```

```

while(p && strcmp(atrib,p->apf_Obtener_Atributo()))
    p=p->apf_ObtenerSigAtributo();
if(!p)
    return 1;
else
    return 0;
}

////////////////////////////////////
//          IF_TRATA
////////////////////////////////////
//Funcion: Determina si el objeto que se trata de identificar tiene o no
//determinado atributo, en cuyo caso lo asigna al apuntador a objetos de clase
//c_atributos yes o no, dependiendo de si se tiene o no el atributo
//respectivamente.
////////////////////////////////////
if_Trata(c_atributos *p, char *ob)
{
    char lc_Respuesta;
    c_atributos *a,*t;

    if(!if_RutaNo(p)) return 0;
    if(!if_RutaYes(p)) return 0;

    while(p){
        if(if_Preguntar(p->apf_Obtener_Atributo())){
            printf("El objeto es/hace/tiene %s? ",p->apf_Obtener_Atributo());
            lc_Respuesta=tolower(getche());
            printf("\n");
            a=new c_atributos;
            if(!a)
            {
                printf("Fuera de memoria\n");
                printf("\nPresione Enter para continuar.");

                getch();
                return 0;
            }
            a->vf_AsignarSiguiente("\0");
            switch(lc_Respuesta){
                case 'n':
                    strcpy(a->apf_Obtener_Atributo(),p->apf_Obtener_Atributo());
                    if(!no){
                        no=a;
                        nonext=no;
                    }
                else{
                    nonext->vf_AsignarSiguiente(a);
                    nonext=a;
                }
            }
            return 0;
        case's':
            strcpy(a->apf_Obtener_Atributo(),p->apf_Obtener_Atributo());

```



```

if(!yes){
    yes=a;
    yesnext=yes;
}
else{
    yesnext->vf_AsignarSiguiente(a);
    yesnext=a;
}
p=p->apf_ObtenerSigAtributo();
break;
case 'w':

printf("Intentando %s\n", ob);
if(yes)
    printf("El objeto tiene/es/hace : \n",ob);

t=yes;

while(t){
    printf("%s\n",t->apf_Obtener_Atributo());
    t=t->apf_ObtenerSigAtributo();
}
if(!no) printf("y no es/tiene/hace :\n");
t=no;
while(t){
    printf("%s\n",t->apf_Obtener_Atributo());
    t=t->apf_ObtenerSigAtributo();
}
break;

}
}
else p=p->apf_ObtenerSigAtributo();
}
return 1;
}

```

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//                VF_PREGUNTAR
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: Obtiene los atributos de cada uno de los elementos que conforman
//la base de conocimiento y verifica si concuerdan con los atributos que
//posee el objeto que se desea identificar, por medio de la funcion if_Trata,
//de ser positiva la identificacion, se despliega el nombre del objeto, de
//forma contraria se despliega un mensaje que indica que no existe ningun
//objeto que concuerde.
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void vf_Preguntar()
{
int t;
char ch;
c_atnbutos *p;

```

```

for(t=0;t<=li_Indice;t++){
p=o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).ap_ObtenerListaAtributos();
if(if_Trata(p,o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre())){
printf("El objeto es %s\n",o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre());
printf("\nPresione Enter para continuar.");
getch();
return;
}
}
printf("No se encontro un objeto que concuerde\n");
printf("\nPresione Enter para continuar.");
getch();
}

```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//                               IF_ESTADENTRO
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: Verifica si son iguales el parametro ch y el apuntador s al que se
//incrementa luego de la comparacion en uno. En caso de ser iguales se regresa
//el valor de 1, en caso contrario un 0
/////////////////////////////////////////////////////////////////
if_EstaDentro(char ch,char *s)
{
while(*s)
if(ch==*s++)
return 1;
return 0,
}

```

```

/////////////////////////////////////////////////////////////////
//                               VF_GUARDAR
/////////////////////////////////////////////////////////////////
//Funcion: Guarda en la base de conocimiento del usuario, que tiene por nombre
//Expert.dat el nombre del objeto, por medio de la funcion putc, y todos sus
//atributos asociados, tambien por medio de la misma funcion Para poder guardar
//dichos elementos se recorren letra por letra, las cuales se van copiando al
//archivo ya mencionado.
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void vf_Guardar()
{
int t,x;
c_atributos *p;
FILE *fp;
if((fp=fopen("Expert.dat","a+"))==0){
printf("No se puede abrir el archivo de datos.\n");
printf("\nPresione Enter para continuar.");
getch();
return,
}
}
printf("Salvando la base de conocimiento del usuario\n");
printf("\nPresione Enter para continuar.");
getch().

```

```
for(t=0;t<=li_indice;++t){  
for(x=0;x<(o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).if_ObtenerLongNombre());x++)  
{  
    putc(o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre()[x],fp);  
}
```

```
p=o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).ap_ObtenerListaAtributos();  
while(p){  
    for(x=0;x<(p->if_Obtener_LongAtributo());x++)  
    {  
        putc(p->apf_Obtener_Atributo()[x],fp);  
    }  
    p=p->apf_ObtenerSigAtributo();  
}  
for(x=0;x<(p->if_Obtener_LongAtributo());x++)  
    putc('\0',fp);  
}
```

```
putc('\0',fp);  
fclose(fp);  
}
```

```
/////////////////////////////////////////////////////////////////  
//                VF_LIMPIARBASECON  
/////////////////////////////////////////////////////////////////  
//Funcion: Libera la memoria de cada uno de los atributos de los objetos  
//contenidos en el arreglo de objetos que sirve como base de conocimientos.  
/////////////////////////////////////////////////////////////////  
void vf_LimpiarBaseCon()  
{  
    int t;  
    c_atributos *p, *p2,  
  
for(t=0;t<=li_indice,t++){  
    p=o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).ap_ObtenerListaAtributos();  
    while(p){  
        p2=p;  
        free(p);  
        p=p2->apf_ObtenerSigAtributo();  
    }  
}  
}
```

```

////////////////////////////////////
//                               VF_CARGARBASECON
////////////////////////////////////
//Funcion: Carga a memoria el contenido del archivo de datos definido por el
//parametro nombreach y que contiene la informacion de la Base de conocimientos
////////////////////////////////////
void vf_CargarBaseCon(char * nombreach)
{
    int t,x;
    c_atributos *p, *oldp;
    FILE *fp;

    if((fp=fopen(nombreach,"r"))==0){
        printf("No se puede abrir el archivo de datos\n");
        printf("\nPresione Enter para continuar.");
        getch();
        return;
    }
    printf("\nCargando la base de conocimientos\n");

    vf_LimpiarBaseCon();

    for(t=0;t<TOPE;++){
        if((o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre()[0]=getc(fp))==0)
            break;
        for(x=1;x<(o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).if_ObtenerLongNombre());x++)
            o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).apf_ObtenerNombre()[x]=getc(fp);
        o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).vf_AsignarListaAtributos(new c_atributos); //(atributos *)
        malloc(sizeof(at));
        p=o_BaseCon.rf_ObtenerObjeto(t).ap_ObtenerListaAtributos();

        if(!p){
            printf("Fuera de memoria\n");
            printf("\nPresione Enter para continuar.");
            getch();
            return;
        }

        for(;;){
            for(x=0,x<80;x++){
                {
                    p->apf_Obtener_Atributo()[x]=getc(fp);
                }
                if(!p->apf_Obtener_Atributo()[0]){
                    oldp->vf_AsignarSiguiente("\0");

                    break,
                }
                p->vf_AsignarSiguiente(new c_atributos); //(atributos *) malloc(sizeof(at));
                if(!p->apf_ObtenerSigAtributo()){
                    printf("Fuera de memona\n");
                }
            }
        }
    }
}

```

```
printf("\nPresione Enter para continuar.");
getch();
break;
}
oldp=p;
p=p->apf_ObtenerSigAtributo();
}
}
fclose(fp);
li_indice=t-1;
}
}; //class
#endif
```

## APÉNDICE D

### EL PARADIGMA ORIENTADO A OBJETOS.

Es por todos sabido, que la orientación a objetos es uno de los avances más importantes que se han dado para el desarrollo de software. Con más de 25 años de haber, es desde fechas recientes que esta metodología y sus herramientas existentes, tienen una presencia más sólida en el mercado puesto que han abierto excelentes oportunidades para desarrollar aplicaciones más rápido y más adaptables a los cambios de las organizaciones.

Sabemos que las tecnologías de información sostienen las operaciones críticas de los negocios, pero a medida que las empresas cambian también exigen cambios en sus sistemas para ofrecer nuevas funcionalidades y continuar brindando servicios útiles y valiosos para ellas y sus clientes.

Primero se debe entender que en software, como en todas las creaciones, nada se hace bien si no se parte del conocimiento, y de un análisis y un diseño apropiados.

Los objetos cuentan con metodologías que han probado su eficacia para modelar requerimientos y sistemas. Algunos ejemplos de métodos de análisis y diseño son el método de Booch, el de Coad-Yourdon, y el OMT de Rumbaugh y otros autores. Partiendo de un buen análisis y un buen diseño el desarrollo de sistemas se facilita enormemente, y más con una buena herramienta, pero si se trata de grandes proyectos de software, en los que intervienen uno o varios grupos de programadores, entonces no hay duda de que partiendo del análisis y el diseño adecuados a las metodologías y herramientas orientadas a objetos permiten alcanzar el éxito de los proyectos más rápido.

Sin hablar de tecnicismos, hay diversos factores por los que estas herramientas deben incorporarse a las empresas lo más rápido posible y que las han convertido en verdaderos éxitos comerciales. Factores propios de la naturaleza de los objetos. Pero de donde parte el éxito de los grandes proyectos, en cuanto a calidad, rapidez y bajos costos, es la reutilización de componentes de software.

Los ingenieros de software han observado que debido al alto costo del desarrollo de software es determinante que los componentes de software y los productos tales como los requerimientos, diseños y planes de prueba deban ser reutilizados lo más posible. La reutilización hace que el software sea desarrollado más rápidamente, más económicamente y con mejor confiabilidad.

En un primer proyecto de software los desarrolladores crean todo, o casi todo si se piensa que hay herramientas que incluyen bibliotecas de clases que pueden utilizarse desde un principio. Por ejemplo, Borland ofrece OWL y Microsoft ofrece MFC, que son colecciones de clases de las cuales pueden instanciarse objetos directamente o se especializan para funciones específicas. También hay en la red Internet bibliotecas de clases como la de GNU para su C++.

Así el siguiente proyecto utilizará componentes del anterior y así sucesivamente hasta que (se piensa que con los objetos) el hecho de construir un sistema será ensamblar componentes de software ya hechos y probados.

## **1. INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS.**

La Programación Orientada a Objetos (OOP por sus siglas en inglés) es un método de Programación que busca imitar los modelos del mundo para tener una gran capacidad de generalizar, clasificar y generar abstracciones

La POO se extiende a esta tendencia natural donde se clasifican y se abstraen las cosas, que a su vez son llamadas clases.

Las propiedades principales que caracterizan a un lenguaje orientado a objetos son:

- Encapsulación Es una combinación de las estructuras de datos con las funciones (acciones o métodos) dedicados a manipular los datos. La encapsulación es archivada en una nueva estructura de tipo de datos llamada generalmente clase. Al unir los datos y el código es posible crear una clase tipo objeto.
- Herencia. Construye nuevas clases derivadas, heredando los datos y las funciones de una o mas clases base definidas, mientras que es posible redefinir o añadir nuevos datos y acciones. Esto crea una jerarquía de clases.
- Polimorfismo Toma una acción, un nombre o un símbolo que es compartido arriba y abajo en la jerarquía de clases, y cada clase implementa la acción apropiada dependiendo del camino que desca seguir.

## **2. VENTAJAS DE LA PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS.**

Las ventajas principales de la POO son:

- Mayor control sobre los programas, además de mejor estructuración y modularidad.
- Posibilidad de creación de nuevos tipos de datos utilizando operadores especializados
- Uso de herramientas para crear código reutilizable

Todas estas características hacen que el código sea mas estructurado, extensible y fácil de mantener que otros paradigmas.

### 3. CLASES Y OBJETOS

#### 3.1.OBJETO

Después de una época de experimentación a nivel de lenguajes de programación se concretó, a finales de los 80's, el concepto de objeto.

Un objeto, a fin de cuentas, se puede ver como algo que contiene un poco de datos y un poco de algoritmos. La pregunta que surge de inmediato es cómo se traducen los conceptos clásicos de algoritmo y de estructura de datos, que hemos enseñado y aplicado hasta la fecha, a estos nuevos términos.

Podemos decir que un algoritmo complejo se convierte en el modelo de objetos en una cooperación, difícil de expresar y seguir, de varios algoritmos sencillos repartidos entre muchos objetos. A su vez una estructura de datos se traduce a una colección de clases interrelacionadas, difícil, por lo general, de entender a primera vista

Entonces un objeto es una instancia de una clase que tiene un estado, comportamiento e identidad. La estructura y el comportamiento de los objetos similares se definen en su clase común.

#### 3.2. ESTADO.

El estado de un objeto esta compuesto de todas las propiedades estáticas de un objeto con valores dinámicos asociados a ellas en un momento dado. Una propiedad es una característica, un rasgo o una cualidad inherente o distintiva que hace de un objeto algo único. Los valores de las propiedades pueden ser de un tipo simple o pueden denotar a otros objetos

Estado=variables de instancia= atributos = miembros
---

#### 3.3. COMPORTAMIENTO

El comportamiento de un objeto está definido por la forma en que actúa y reacciona el objeto, expresada en terminos de cambio de su estado y envío de mensajes a otros objetos. Es decir, el comportamiento de un objeto está totalmente definido por por las operaciones que pueden ser invocadas sobre el objeto. Las operaciones asociadas a un objeto se conocen como sus métodos o funciones miembro



Existen diferentes tipos de metodos: modificadores (modifican el estado), selectores (permiten ver el estado sin alterarlo), iteradores (permiten acceso a todas partes del objeto en cierto orden), constructores (crean e inicializan un objeto) y destructores (destruyen un objeto liberando la memoria).

Comportamiento = métodos = funciones = funciones miembro

### 3.4. IDENTIDAD

La identidad es la propiedad de un objeto que lo distingue de todos los demás objetos. No hay que confundir la identidad de un objeto con la variable que lo denota.

Puede haber varias variables que denoten al mismo objeto, pero no puede haber varios objetos con la misma identidad. Puede haber varios objetos con el mismo estado, pero diferentes identidades.

### 3.5. CLASES

Una clase es un conjunto de objetos que tienen una estructura común y un comportamiento común. Es entonces una abstracción del concepto de objeto. Se dice que un objeto es una instancia de una clase.

Mientras que un objeto individual es una entidad concreta que desempeña un papel en el conjunto del sistema, la clase captura la estructura y el comportamiento común de los objetos relacionados con ella.

La interfaz de una clase proporciona su vista externa. Generalmente consta de los encabezados de las operaciones aplicables a instancias de esta clase, pero en algunas ocasiones puede incluir otro tipo de información, como por ejemplo: otras clases, constantes, variables, excepciones, etc.

La interfaz se puede dividir en tres partes:

- Pública: Visible para todas las clases
- Protegida: Visible sólo para subclases.
- Privada. No visible para ninguna otra clase.

La implantación de una clase es su vista interna. En principio, contiene las implantaciones de las operaciones definidas en la interfaz. Esta parte queda oculta para el acceso externo.

El estado de los objetos de una clase se define típicamente como declaraciones de constantes y variables en la parte privada de la interfaz de la clase, pero en otras ocasiones el estado esta completamente oculto en la parte de implantación. El caso es que esta parte de la clase está encapsulada y los cambios del estado no afectan funcionalmente a ningún cliente.

Las constantes y variables que conforman una representación del estado de los objetos de una clase se denominan en distintos lenguajes de diferentes maneras, por ejemplo: variables de instancia en Smalltalk, miembros de un objeto en C++, campos en ObjectPascal, etc

## 4. INSTANCIAS

Es posible definir una variable del tipo Clase especificado, esta variable será llamada instancia de la clase. Con la instancia, es posible acceder a los datos (llamados propiedades de la clase) y al código (llamados métodos de la clase), para manipular directamente al objeto.

Las clases tienen la característica de que sus miembros (propiedades y métodos) pueden ser declarados como public, private o protected. Por omisión, los miembros son de tipo private, pero pueden ser modificados por el programador. Estos tres niveles de acceso son explicados a continuación:

### 4.1. PRIVATE

Los miembros de clase private tienen el más estricto control de acceso, solo la clase misma (salvo algunas excepciones) tiene acceso a los miembros de ella. Los objetos derivados no tienen acceso a los miembros declarados de este tipo. El ocultar información se implanta superficialmente a fin de evitar el acceso inadvertido de valores a estos miembros.

Private se utiliza para aumentar la consistencia en los objetos definidos, es decir con el fin de evitar movimientos a propiedades y/o métodos manipuladores exclusivos de la clase

### 4.2. PUBLIC

Para hacer que algunos miembros de una clase sean accesibles a una clase derivada se utiliza el tipo public. Con esto se logra un acceso irrestricto a las propiedades y métodos definidos de esta forma

### 4.3. PROTECTED

Cuando se define una clase que se utiliza subsiguientemente como clase base para otras, se puede crear un vínculo directo solo con las clases derivadas definidas como public utilizando protected

Esto es, si se define un método en la clase A como protected, y al definir la clase B heredada de A como public, es posible utilizar el método de la clase A; de lo contrario al definir la clase B heredada de A como private, no es posible utilizar el método de la clase A.

## 5. HERENCIA

Los caminos descriptivos que sigue la ciencia (requeridos antes de la exploración y predicción científicos antes de lograr un fruto) coinciden en muchos casos en la clasificación de objetos de acuerdo a similitudes. Esto ayuda a clasificar y ordenar una familia tomando una simple categoría en la raíz, la cual se divide en subcategorías y estas a su vez en mas y así sucesivamente.

Al intentar clasificar un nuevo objeto en un árbol de objetos, es necesario considerar las similitudes y las diferencias entre los tipos disponibles, y de ahí tomar las características heredadas de la familia y añadir nuevas de acuerdo al objeto incrustado.

Al proceso de que los tipos de clases mas simples hereden características a tipos de clases mas complejos se le llama herencia. Si la clase D hereda de la clase B, entonces la clase D es una clase derivada de B, y esta a su vez es la clase base

### 5.1. REUTILIZACIÓN

La Reutilización se refiere a tomar una clase e instanciarla directamente en un programa o utilizarla como base para que herede sus características.

La derivación de una clase a partir de otra ofrece mucha flexibilidad a un bajo costo en codificación. Cuando se tiene una clase base, solo se necesitan crear las modificaciones que llevará cada una de las clases derivadas. Esto es similar en la naturaleza, donde cada generación de especie varia de su predecesor, algunas especies constituyen una mejora, otras no. Algunas características son mejores, otras peores; ahí se aplica la selección natural.

## 6. POLIMORFISMO

La palabra Polimorfismo proviene del griego y significa "tiene muchas formas". El polimorfismo esta acompañado por funciones virtuales. Las funciones virtuales permiten el uso de múltiples versiones del mismo método utilizando la herencia de clases, y la versión a ejecutar es determinada en tiempo de ejecución. Esto es llamado enlace tardío.

El Polimorfismo no es tanto una característica de objetos como lo es de los métodos de una clase. Se implanta a través de la arquitectura de clases; sin embargo, solo los métodos de la clase pueden ser polimorfos, y no la clase completa.

Al crear una jerarquía de clases compleja, es necesario establecer un vínculo entre los métodos para que en tiempo de ejecución se ejecute la versión del método apropiada para cada objeto.

Como ejemplo, suponiendo que la clase A contiene un método llamado X y otro Y, y el método X realiza una llamada a el método Y. Y se tiene otra clase B heredada de la clase A. En la clase B se redefine el método Y. ¿Que método Y se ejecutaría si se mandara llamar al método X desde la clase B? Con toda seguridad se pueda afirmar que se ejecutaría el método Y definido en la clase A. La idea es utilizar la versión Y de la clase B, pues se creo para ese fin; la solución, es definir como virtuales todas las versiones del método Y. Con esto se logra que se ejecute la versión del método apropiada para cada clase en particular.

## 7. CONCLUSIÓN

El paradigma de Programación Orientada a Objetos es un método moderno de programación en el cual se logra un control mas estricto sobre las aplicaciones que se desarrollan, ya que cada objeto tiene sus propiedades y métodos particulares

Además la posibilidad de reutilizar el código, provee la posibilidad de crear herramientas para el desarrollo de aplicaciones, y en base a esas herramientas crear nuevas utilizando la herencia.

código + datos = Objetos

## BIBLIOGRAFÍA

- [Alcalde88]      Alcalde E. y M. García.  
                  Informática Básica.  
                  Ed. McGraw-Hill.  
                  México 1988.
- [Anderson89]    Anderson David.  
                  Artificial Intelligence and Intelligent Systems.  
                  Ed. Ellis Horwood Limited  
                  England 1989.
- [Arbib72]        Arbib M..  
                  "Toward an automata theory of brains"  
                  CACM.  
                  Julio 1972.
- [Baker95]        Baker Brad y Setrag Khothafian.  
                  "Edificios inteligentes".  
                  Madrid 1995.
- [Barr89]         Barr Avron y Edward A Feigenbaum.  
                  The handbook of Artificial Intelligence Volume 1  
                  Ed Addison-Wesley.  
                  USA 1989.

- 
- [Bellman78] Bellman, R.E..  
An introduction to artificial Intelligence: Can computers Think?  
Ed. Boyd & Fraser Publishing Co.. 1<sup>st</sup> ed..  
San Francisco. 1978.
- [Bernaden88] Bernaden, John y Neubauer Richard.  
The intelligent building sourcebook.  
Ed. The Fairmont Press. 1<sup>a</sup>. ed. .  
New York. 1988.
- [Booker89] Booker, L.B., D.E. Goldberg y J.H. Holland.  
"Classifier Systems and Genetic Algorithms".  
Ed. Artificial Intelligence.  
1989.
- [Buckles92] Buckles, B P. y F E. Petry.  
"Genetic Algorithms"  
IEEE Computer Society Press.  
1992.
- [Charniak86] Charniak Eugene y Drew McDermott.  
Introduction to Artificial Intelligence.  
Ed. Addison-Wesley 1<sup>st</sup> ed .  
Massachusetts. 1985.
- [Davis91] Davis, L..  
"Handbook of Genetic Algorithms"  
Ed Van Nostrand Reinhold  
1991

- 
- [Dehn] Dehn N. Y R. Shank.  
"Artificial and Human intelligence". en Handbook of Human Intelligence.  
R. Stenberg (editor).  
Cambridge University Press.
- [Durkin94] Durkin, John.  
Expert Systems, Design and Development.  
Ed. MacMillan Publishing, 1st ed.  
New York, 1994.
- [EDIFINTEL94] Edifintel 1994: Conferencias y exposición.  
Instituto Mexicano del Edificio Inteligente A.C..  
México. 1994.
- [EdiInt93] Edificios Inteligentes: Altas tecnologías  
Ciclo de conferencias en la Facultad de Arquitectura de la UNAM. México.  
1993.
- [Freeman91] Freeman J y Skapura D.  
"Neural Networks".  
Addison-Wesley  
1991.
- [Genesereth87] Genesereth M. y N. Nilsson.  
"Logical Foundations of Artificial Intelligence"  
Morgan Kaufmann.  
1987.

- 
- [Gevantes]           Gevartes, William M..  
                          Máquinas Inteligentes.  
                          Ed. Ediciones Díaz De Santos S.A.
- [Goldberg89]         Goldberg, D.E..  
                          "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning"  
                          Ed. Addison - Wesley Publishing Company.  
                          1989.
- [Haugeland85]       Haugeland, J..  
                          Artificial intelligence: the very idea.  
                          Ed. MIT Press. 1<sup>st</sup> ed..  
                          Cambridge. 1985.
- [Holland75]          Holland, J H..  
                          Adaptation in Natural and Artificial Systems".  
                          Ed University of Michigan Press.  
                          1975.
- [IBI90]               Intelligent Buildings Institute.  
                          Washington D.C.  
                          1990
- [IBS88]               The Ingelligent Building Sourcebook  
                          Ed. Prentice - Hall.  
                          New Jersey.  
                          1988.



- [Kandel81] Kandel E. y Schwartz J. .  
Principles of Neuronal Science.  
Ed. Elsevier North Holland.  
1981.
- [Kaufmann77] Kaufmann, A. y R. Faure.  
Invitación a la Investigación de Operaciones.  
Ed. CECSA. 2ª ed .  
México. 1977.
- [Kim90] Kim Steven H..  
Designing Intelligence.  
Ed Oxford University Press.  
USA 1990
- [Koza92] Koza, J.R..  
Genetic Programming On the Programming of Computers by Means of  
Natural Selection  
The MIT Press.  
1992.
- [Kurzweil90] Kurzweil, R.  
The age of intelligent machines.  
Ed. MIT Press 1ª ed.  
Cambridge. 1990

- 
- [Lidec88] Lidec, Philips.  
Manual de Alumbrado.  
Ed. Paraninfo. 1ª ed. .  
Madrid. 1988
- [Lipschutz83] Lipschutz, Seymour.  
Matemáticas para computación  
Ed. McGraw-Hill. 1ª ed..  
México. 1983.
- [Luger93] Luger, G.F..  
Artificial Intelligence: Structures and Strategies for complex problem solving  
Ed Benjamin - Cummings. 2<sup>nd</sup> ed..  
Redwood City. 1993.
- [McCune90] McCune W.  
"Otter 2.0 Users Guide".  
Argonne National Laboratory.  
1990.
- [Michalski83] Michalski R, Carbonell J, Mitchell T.  
Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach  
Ed Morgan Kaufmann  
1983

- [Mockler92] Mockler, Robert, et al.;  
An introduction to expert systems : Knowledge-based systems; Ed  
Macmillan,  
1st ed.,  
New York, 1992
- [Ñeco97] Ñeco García Ramón P..  
Uso de redes neurales recurrentes para la inferencia de traductores formales  
.  
Ed. Universidad de Alicante.  
1997.
- [Nilsson87] Nils J. Nilsson.  
Principios de Inteligencia Artificial  
Ed. Díaz de Santos.  
Madrid 1987
- [Rawlins91] Rawlins, G.J.E..  
Foundations of Genetic Algorithms  
Ed Morgan Kaufmann Publishers.  
1991.
- [RAEEE92] Recomendaciones para el ahorro de energía eléctrica en edificios  
Fideicomiso de apoyo al programa de energía del sector eléctrico.  
México 1992
- [Rich94] Rich, E. y Kevin Knight  
Inteligencia Artificial  
Ed. McGraw - Hill. 2ª ed..  
Madrid 1994.

- 
- [Russell96] Russell, Stuart y Peter Norving  
Inteligencia Artificial: un enfoque moderno.  
Ed. Prentice-Hall. 1ª ed..  
México. 1996.
- [Schildt90] Schildt, Herbert.  
Utilización de C en Inteligencia Artificial.  
Ed. McGraw-Hill. 1ª ed..  
México. 1990.
- [Schalkoff90] Schalkoff, R.J..  
Artificial Intelligence: an engineering approach  
Ed. McGraw - Hill. 1ª ed. .  
New York. 1990
- [SHL94] SHL SYSTEMHOUSE  
Glosario de Términos.  
Edición 1994.
- [Sterling86] Sterling L, Shapiro E.  
The Art of Prolog.  
Ed MIT press.  
1986.
- [Stroustrup93] Stroustrup, Bjarne  
El lenguaje de programación C++.  
Ed Addison-Wesley. 2ª ed..  
México 1993.

- 
- [Taboada83] Taboada, J.A..  
Manual de Luminotecnia.  
Ed. Dossat. 1ª ed.  
Madrid. 1983.
- [Tracy97] Tracy Kim y Peter Bouthoorn.  
Object-Oriented Artificial Intelligence Using C++.  
Ed. Computer Science Press. 1ª ed..  
New York, 1997.
- [Whitley93] Whitley, L.D .  
Foundations of Genetic Algorithms 2.  
Morgan Kaufmann Publishers  
1993.
- [Winston84] Winston P.  
Artificial Intelligence  
Addison-Wesley.  
1984
- [Winston92] Winston, P H.  
Artificial Intelligence.  
Ed Addison - Wesley. 3<sup>rd</sup> ed  
Massachusetts 1992.

---

## HEMEROGRAFÍA

- [Zozaya94] Zozaya, C..  
"Arquitecturas de Sistemas Expertos". Soluciones Avanzadas.  
Año 2, No. 13 Septiembre 1994 pp.41-47.
- [Forrest93] Forrest, S..  
"Genetic Algorithms: Principles of Natural Selection Applied to  
Computation" .Science.  
Vol. 261. No. 5123. August 13, 1993. pp. 872-878.
- [Epstein92] Epstein R  
"Can Machines Think?". AI Magazine.  
Vol.13. No 2. 1992.
- [Hayes-Roth87] Hayes-Roth F.  
"Expert Systems". Encyclopedia of artificial intelligence  
S. Shapiro. Vol. 1. John Wiley. 1987.
- [Hudak89] Hudak P  
"Conception, Evolution, and Application of Functional Programming  
Languages".  
ACM Computing Surveys.  
Vol.21. No.3. 1989.
- [Maida87] Maida A.  
"Frame Theory". Encyclopedia of artificial intelligence S Shapiro .  
Vol 1. John Wiley, 1987

- [McCarthy60] McCarthy J.  
"Recursive Functions of Symbolic Expressions and their computation by  
Machin, part I". CACM.  
Vol.3. No.4. 1960.
- [Porter88] Porter, K..  
"Handling Huge Arrays". Dr. Dobb's Journal of Software Tools for the  
Professional Programmer.  
Vol. 3. No. 3. 1988 pp. 60-3.
- [Ribeiro94] Ribeiro Filho, J.L., Treleven, .C., and Alippi, C.  
"Genetic-Algorithm Programming Environments". IEEE Computer. June  
1994 Pp. 28-43.
- [Samuel59] Samuel A.  
"Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers". IBM  
Journal of Research and Development.  
No 3. 1959.
- [Smith90] Smith D  
"KIDS: A Semi-Automatic Program Development System". IEEE  
Transactions on Software Engineering Special Issue on Formal Methods.  
September 1990.
- [Smith91] Smith, R E., D E. Goldberg y J A. Earickson.  
"SGA-C A C-language Implementation of a Simple Genetic Algorithm".  
TCGA Report  
No 91002 The Clearinghouse for Genetic Algorithms. The University of  
Alabama. May 14, 1991.

- [Srinivas94] Srinivas, M., and Patnaik, L.M..  
"Genetic Algorithms : A Survey". IEEE Computer.  
June 1994. pp. 17-26.
- [Turing50] Turing A.  
"Computing Machinery and Intelligence". Mind Journal.  
Vol.LIX. No.236. October 1950.



## GLOSARIO

1. *Acabados*. Última labor de la cual depende el aspecto definitivo de un objeto o la precisión de una pieza mecánica. Perfección, retoque, última mano que se da a una superficie. Elementos de carácter superficial, pisos, muros, techos, cancelería, etcétera.
2. *Acometidas*. Toma o empalme de una instalación particular de agua, gas o electricidad con la cañería o línea principal.
3. *Adaptador(es)*. Dispositivo que permite que un sistema esté y trabaje con otro. Pieza o aparato que permite acoplar otros elementos para distintas funciones
4. *Algoritmo*. Conjunto de pasos ordenados para resolver un problema, tal como una fórmula matemática o las instrucciones de un programa.
5. *Algoritmos Genéticos*. Es un *algoritmo* matemático altamente paralelo que transforma un conjunto de objetos matemáticos individuales con respecto al tiempo usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, y tras haberse presentado de forma natural una serie de operaciones genéticas de entre las que destaca la recombinación sexual. Cada uno de estos objetos matemáticos suele ser una cadena de caracteres (letras o números) de longitud fija que se ajusta al modelo de las cadenas de cromosomas, y se les asocia con una cierta función matemática que refleja su aptitud.
6. *Ambigüedad*. Que ofrece más de una interpretación que origina duda o confusión.
7. *Analógico(s)*. Una representación de un objeto que se asemeja al original. Los dispositivos *analógicos* controlan condiciones tales como movimiento, temperatura y sonido y las convierten en modelos análogos, ya sea electrónicos o mecánicos. Por ejemplo, un reloj *analógico* representa la rotación del planeta con la rotación de las agujas en la esfera del reloj. Los teléfonos cambian las vibraciones de la voz en vibraciones eléctricas de la misma forma.
8. *Aprendizaje simbólico*. Engloba todas aquellas investigaciones que se orientan hacia la búsqueda de los principios formales de la inteligencia. El principio básico de ésta corriente se condensa en la hipótesis de los símbolos físicos.
9. *Aprendizaje*. Es un proceso de ajustes sistemáticos limitados a la función de evaluación.
10. *Arquitectónico*. Relativo a la arquitectura. Arte de proyectar y construir los edificios y monumentos de acuerdo con las reglas de la mecánica, las disposiciones legales y las leyes de la estética

11. *Arquitecturas masivamente paralelas*. Arquitecturas paralelas: 1. Complejidad del procesador. Se refiere a la capacidad de cómputo y a la estructura interna de cada procesador. 2. Arquitectura de granularidad fina: número elevado de procesadores y poco poderosos: CM hasta 65,536 procesadores. Arquitectura de granularidad gruesa: pocos procesadores pero poderosos: Cray X-MP, SP-2 de 4 a 1024 procesadores; hay una relación entre la complejidad de los procesadores y la granularidad de los algoritmos. 3. Red de interconexión: se refiere a las conexiones en hardware entre procesadores y memoria. Debe ser lo más cercana posible a la geometría de comunicaciones del algoritmo. Número de procesadores y tamaño de memoria. En las máquinas paralelas donde los procesadores están unidos por redes dedicadas de alta velocidad, en los programas distribuidos los tiempos de comunicación entre procesos pueden variar mucho, lo que puede ocasionar problemas de sincronización. El desarrollo de la primera computadora masivamente paralela, la Connection Machine, con procesadores.
12. *ASHRAE*. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers. Sociedad Americana de Ingenieros en Calentadores, Refrigeración y Aire Acondicionado.
13. *Aspersores*. Mecanismo para esparcir un líquido a presión.
14. *Automático*. Dicese de lo que obra por medio de mecanismos, sin necesitar la intervención de operadores.
15. *Automatización*. Reemplazo de las operaciones manuales por métodos informatizados. La *automatización* de oficinas se refiere a la integración de las tareas de los empleados, tales como teclado, archivado y mantenimiento de agenda. La *automatización* de las fábricas se refiere a cadenas de montaje y depósitos manejados por computadoras. Operación que, en un proceso de fabricación o en la maniobra de algún aparato, tiende a reemplazar al hombre por mecanismos más rápidos y precisos. Aplicación de máquinas que sustituyen al hombre en el proceso de producción.
16. *Balaustra(s)*. De balaustre. Cada una de las columnas pequeñas adornadas con molduras que se disponen en serie a modo de cerramiento.
17. *Base de datos*. Un conjunto de archivos interrelacionados que es creado y manejado por un sistema de gestión o de administración de bases de datos (DBMS).
18. *Beep*. Señal auditiva que emite una computadora.
19. *Búsqueda heurística de soluciones*. Métodos gráficos de búsqueda que utilizan conocimientos heurísticos sobre el campo para ayudar a centrar la búsqueda. Operan generando y comprobando estados intermedios a lo largo de rutas potenciales de solución.
20. *C++*. Potente lenguaje de programación orientada a objetos, de nivel intermedio, en el cual se programan la mayoría de las aplicaciones de alta complejidad. C++ es una versión de C orientada a objetos creada por Bjarne Stroustrup, combina la programación tradicional en C con capacidad orientada a objetos.
21. *Cable coaxial*. Un cable de alta capacidad utilizado en comunicaciones y video, generalmente llamado coax. Contiene un alambre aislado, sólido o multifilamento, que está rodeado por una pantalla sólida o de

mallla trenzada, bajo una cubierta exterior. El revestimiento exterior de teflón para protección contra incendios es opcional. A pesar de la similitud de apariencias, existen múltiples tipos de *cable coaxial*, cada uno con un diámetro y una impedancia diferentes para un propósito definido (T.V., banda base, banda ancha).

22. *CAD*. (Computer-Aided Design) *Diseño* asistido por computadora. El uso de computadoras para el *diseño* de productos. Los sistemas *CAD* son estaciones de trabajo especializadas o computadoras personales de alto rendimiento que emplean software *CADA* y dispositivos de entrada tales como tabletas gráficas y exploradores. La salida de un *CAD* es la entrada a un sistema *CAM* (Computer Aided Manufacturing - fabricación asistida por computadora), para integrar el *diseño* y la fabricación (*CAD/CAM*). El software *CAD* está disponible para usos generales o para usos especializados tales como el *diseño arquitectónico*, eléctrico y mecánico. Puede asimismo estar altamente especializado para crear productos tales como circuitos impresos e integrados. Acción y efecto de generar diseños automáticos para computador para su visualización en un tubo de rayos catódicos. En inglés, sigla de Computer Assisted Design (Diseño Asistido por Computadora). Designanse así a los programas que permiten dibujar piezas y estructuras tridimensionales y/o proyecciones en 2 dimensiones, confeccionando los correspondientes planos. El más conocido de estos programas es el AutoCAD de la empresa Autodesk, por lo que el término ha venido a convertirse en la designación genérica de esta clase de utilitarios, al igual que la marca Birome lo fue en su momento para los bolígrafos.
23. *Centralizados*. Que está en el centro; relativo a él. Que ejerce su acción sobre todo un campo o territorio. Establecimiento u oficina principal de una empresa o servicio público.
24. *CFE* Compañía Federal de Electricidad México.
25. *Cisternas*. Depósito de agua para el retrete. Tanque o depósito de ciertos vehículos construidos para transportar líquidos.
26. *Coaxial*. De co -, juntamente + lat. axis = eje. Que tiene el mismo eje que otro cuerpo. Un cable de alta capacidad utilizando en comunicaciones y vídeo, generalmente llamado co-ax. Contiene un alambre aislado sólido o multifilamento, que está rodeado por una pantalla sólida o de malla trenzada, bajo una cubierta exterior. El revestimiento exterior de teflón para protección contra incendios es opcional. A pesar de la similitud de apariencias, existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro y una impedancia diferentes para un propósito definido (T.V., banda base, banda ancha). Los cables coaxiales proveen un ancho de banda muy superior al de los pares trenzados. Consiste en un cilindro hueco de cobre y otro conductor cilíndrico que rodea a un conductor de alambre simple. El espacio entre el cilindro hueco de cobre y el conductor interno se rellena con un aislante que separa en conductor externo del conductor interno.
27. *Coefficiente(s)*. Valor numérico o factor que caracteriza una propiedad específica de una materia dada y que es constante si las condiciones son las mismas que han servido para calcularlo.
28. *Combinatoria(s)* Parte de las matemáticas que trata de los grupos que pueden formarse con varios elementos combinándolos de diversas formas en el interior de cada grupo.

- 
29. *Comprensión*. Contener, incluir en sí alguna cosa.
30. *Compuertas*. De con - = juntamente + puerta. Media puerta, a manera de antepecho. Puerta que se desliza verticalmente entre dos ranuras y sirve para detener las aguas, dejarlas correr o regular su gasto en los canales, presas y otras instalaciones hidráulicas. Es el dispositivo que conecta y maneja el tráfico entre redes de distintas topologías y distintos protocolos.
31. *Conjetura(s)*. Opinión basada en indicios, no en pruebas.
32. *Conmutación*. Técnica para manejar altos volúmenes de tráfico en una red descomponiendo los mensajes en paquetes de longitud fija que son transmitidos a su destino a través de la ruta más oportuna. Todos los paquetes en un solo mensaje pueden no viajar por la misma ruta (ruta dinámica). La computadora de destino recompone los paquetes en su secuencia adecuada. Este método es usado para manejar eficientemente los mensajes de diferentes longitudes y prioridades en grandes redes, como Teienet, Tymnet y Accunet de AT&T. X.25 es el estándar internacional para tales redes. Es la identificación y ruteo de la comunicación deseada.
33. *Control distribuido*. (Distributed Control System) Sistema de *Control distribuido*. Sistema de control en el proceso que utiliza computadoras desembolsadas en la línea de fabricación para su control.
34. *Control*. Es la medición y corrección del desempeño, en las actividades de los subordinados para asegurarse de que los objetivos y los planes se están llevando a cabo con eficiencia, eficacia y congruencia.
35. *Controlador(es)*. En la computadora, unidad de control, o *controlador*, es un hardware que controla las actividades de los periféricos, tales como un disco o una pantalla de presentación.
36. *Converger*. Tender a unirse las cosas que se dirigen hacia un mismo punto.
37. *Crudo*. Petróleo crudo.
38. *Chiller*. Enfriador de agua.
39. *Deducción(es)* Método de razonamiento por el que, partiendo de un principio general, se llega a un principio particular. Un proceso de razonamiento en el que la conclusión sigue a las premisas dadas.
40. *Deducir*. Sacar consecuencias de un principio o supuesto.
41. *Depuración* Es el proceso de encontrar y corregir errores.
42. *Detector(es)*. En física, aparato que sirve para detectar.
43. *Diagnosis*. Identificación de una enfermedad basándose en sus síntomas.
44. *Dimmer* Grado de oscuridad.
-

45. *Diverger*. Irse separando progresivamente más de otras dos o más líneas o superficies. Tratándose de líneas, rayos y otras cosas anteriormente unidas o muy cercanas entre sí, acción de separarse progresivamente más de otras a medida que se alejan de sus orígenes comunes.
46. *Ducto(s)* Del lat. ductus = conducto. Cualquier vía, generalmente cerrada, para que circule por ella alguna cosa (agua).
47. *Edificio Inteligente*. *Edificio inteligente* es aquel que optimiza, aprovecha o procesa al máximo los recursos con que cuenta a través de las herramientas necesarias para administrar los sistemas ambientales y su coordinación para brindar la comodidad y seguridad requeridos por los usuarios.
48. *Efervescencia*. Desprendimiento tumultuoso, en el seno de un líquido, de burbujas que ascienden y dan salida al gas en la superficie.
49. *Electromecánicos*. Conjunto de las aplicaciones de la electricidad a la mecánica.
50. *Electrónica(s)*. Parte de la electricidad que trata de los electrones libres. Técnica de los dispositivos fundados en la utilización de haces de electrones libres, tanto en el vacío o en gases rareificados como en los semiconductores.
51. *Encapsulando* Encapsulación. En programación orientada a objetos, privatizar datos y su procesamiento dentro de una clase que permita modificarse sin causar problemas en ningún lugar del programa. En comunicaciones, insertar la trama de cabecera y los datos del encuadre de un protocolo de alto nivel en el encuadre de datos de un protocolo de más bajo nivel.
52. *Entalpía*. Energía calorífica de un sistema termodinámico, cuya magnitud depende de los estados inicial y final del mismo
53. *Entender* Facultad del alma por la cual concebimos, comparamos y juzgamos las cosas o inducimos y deducimos unas de otras. Razón humana.
54. *Ergonomía* Considera muebles en general y especialmente con las características de *modularidad* y desarmables.
55. *Escalabilidad*. Capacidad de ampliar. Implica un cambio mínimo en procedimientos actuales para acomodar el crecimiento
56. *Estandarizados*. Normalizados. Estándar especificación que debe utilizar un sistema para cumplir con las características que exige el mercado si es que quiere ser compatible y lograr la comunicación
57. *Estructura* Incluye todos los elementos comunes (pisos, muros, ventanas, etcétera) pero además, necesita incluir plafones, *ductos* adicionales para comunicaciones, áreas para los equipos de control y telecomunicaciones, espacio para colocar piso falso, analizar la orientación de la *estructura* para aprovechar la luz del sol, entre otros

58. *Excitatoria*. Conexión de intensidad positiva que afecta a la neurona que la recibe, activándola o disparándola. Dicese del elemento que puede provocar, intensificar alguna acción.
59. *Expansibilidad*. Dilatación de los cuerpos, aumento de su volumen o extensión de su superficie.
60. *Facsimil* Copia, reproducción o imitación exacta de un documento. Reproducción a distancia, por ondas hertzianas, de documentos en blanco y negro. Originalmente llamado telecopying (telecopia), es la comunicación de una página impresa entre lugares lejanos. Las máquinas fax exploran un formulario de papel y convierten su imagen en un código para la transmisión por el sistema telefónico. La máquina receptora reconvierte los códigos e imprime un *facsimil* del original. Una máquina fax está compuesta por un explorador, una impresora y un módem para fax.
61. *Fiabilidad*. Es el grado de confianza que puede concederse a un elemento, atendiéndose a la calidad de los materiales empleados, la perfección con que ha sido labrado, y la multiplicidad y cuidado de los controles y pruebas a que ha sido sometido.
62. *Fibra óptica*. Un medio de transmisión de datos que consiste en una fibra de vidrio (o de plástico) Una fuente luminosa emite un haz de luz que se va reflejando dentro del cable gracias a los diferentes grados de refracción entre el material de la fibra y una cubierta de un material similar. Aunque el costo de la fibra ha bajado, todavía resulta costoso y complejo el instalar fibra óptica en redes locales. Generalmente se utiliza para construir Back-Bones (conexión entre redes).
63. *Fotosensor*. Un dispositivo sensible a la luz que se usa en el mecanismo de exploración óptica
64. *fpm*. Feet per minute Pies por minuto Un pie es una medida de longitud que equivale a 28 cm..
65. *Frame(s)*. Trama o marca de referencia. Estructura. Secuencia de bits Es una estructura de datos para representar situaciones y objetos estereotipados. En gráficos por computadora, el contenido de una pantalla de datos a su espacio equivalente de almacenamiento. En comunicaciones, un grupo de bits que conforman un bloque elemental de datos para su transmisión por ciertos protocolos. En inteligencia artificial, *estructura* de datos que contiene una descripción general de un objeto. La descripción proviene de conceptos básicos y de la experiencia También trama de datos En Browsers de WWW como Netscape se refiere a una estructura de sub-ventanas dentro de un documento HTML. Unidad de información del nivel 2 del modelo OSI Usualmente un frame consta de tres partes: un Header (o encabezado) que trae información de control, direcciones fuente y destino, etc Un campo de información y un campo de CRC (verificación de errores)
66. *Funcional* Que responde a una función determinada. Dicese de la obra arquitectónica en la cual el aspecto artístico queda subordinado al aspecto utilitario y cuyas medidas y diseño son a propósito para la función a que se destinan
67. *Generador* Un programa que crea un programa Un dispositivo que crea potencia eléctrica o señales de sincronización

68. *Genes*. Del lat. genus < gr. genos = origen, raza. Segmento de ADN que constituye la unidad hereditaria de los seres vivos, y que, en número constante para cada especie, forma parte de los cromosomas de las células.
69. *Heurística*. Un método de resolver problemas utilizando exploración y métodos de prueba y error. El *diseño* heurístico de programas provee de un marco para resolver el problema en contraposición con un conjunto fijo de reglas (*algoritmo*) que no puede variar
70. *Hidroneumáticos*. Dícese de los dispositivos en cuyo funcionamiento intervienen a la vez un líquido y un gas comprimido.
71. *Hipótesis*. Suposición o conjetura que se hace sobre algo y de la cual se infiere una consecuencia. En matemáticas, parte de un teorema que suponemos que se cumple.
72. *Incandescente(s)*. Dícese de la materia cuando, por efecto del calor, toma color rojo o blanco luminoso.
73. *Incertidumbre*. Ausencia de certidumbre, inseguridad. Desasosiego causado por la duda.
74. *Inferencia(s)*. El proceso de alcanzar una conclusión en base a un conjunto inicial de proposiciones, la verdad de las cuales es conocida o asumida.
75. *Informática*. Campo del conocimiento que se dedica a desarrollar conocimientos y técnicas para el procesamiento de información con auxilio de dispositivos y máquinas. La Informática no utiliza solamente computadoras, aunque ellas son el auxiliar más poderoso de que dispone
76. *Inhibitoria*. Conexión de intensidad negativa que afecta a la neurona que la recibe impidiéndole que se dispare
77. *Inteligencia Artificial*. Es la parte de la ciencia computacional que se encarga del *diseño* de sistemas computacionales inteligentes, esto es, sistemas que exhiben las características que asociamos con la inteligencia humana (su ambiente, entendimiento del lenguaje, *aprendizaje*, razonamiento, solución de problemas, etc.) Parte de la informática que estudia la simulación de la inteligencia
78. *Inteligente(s)*. Dícese de aquel que entiende. Potencia intelectual, facultad de conocer o de entender. Conocimiento. Que posee inteligencia. Está basado en el nivel de conocimientos individuales y en la habilidad para manipular apropiadamente y reformular dichos conocimientos y datos de entrada en función de los requerimientos de la situación o problema.
79. *Interfase*. El sistema mediante el cual el usuario interactúa con el ordenador. En general la unión entre 2 componentes. Una conexión e interacción entre hardware, software y usuario. Las interfaces de hardware son los conectores, zócalos y cables que transportan las señales eléctricas en un orden prescrito. Las interfaces de software son los lenguajes, códigos y mensajes que utilizan los programas para comunicarse unos con otros, tal como entre un programa de aplicación y el sistema operativo. Las interfaces de usuario son los teclados, ratones, diálogos, lenguajes de comando y menús empleados para la comunicación entre el usuario y la computadora.

- 
80. *Interfaz*. En electrónica, dispositivo que conecta dos sistemas o circuitos.
  81. *Interoperabilidad*. Proceso donde las computadoras pueden operar interactuando con otras a través de una red sin conversión de datos o intervención humana. Interoperable. Capacidad de un sistema para funcionar de forma adecuada sin otro sistema.
  82. *ISO*. En inglés, sigla de International Standards Organization (Organización Internacional de Normas). Organización internacional con sedes en París (Francia) y Ginebra (Suiza) cuyo cometido es desarrollar normas internacionales en diversas áreas. Organización internacional para la normalización
  83. *Kw/h*. Kilowatt por hora.
  84. *Lema(s)*. Contraseña escrita en las obras presentadas a concurso. Proposición que hay que demostrar antes de establecer un teorema matemático.
  85. *Lenguaje natural*. Lenguaje cuya sintaxis y semántica son muy complejas y están a menudo interrelacionadas, en ellos es posible escribir expresiones que sean sintácticamente correctas y sin embargo carentes de significado.
  86. *LISP*. LISP Processing. Desarrollado en 1960 por John McCarthy. Se utiliza ampliamente en aplicaciones A.I, como así también en creación de compiladores, y está disponible en ambas versiones: intérprete y compilador. Maneja automáticamente más actividades de programas que los lenguajes convencionales, como administración de memoria dinámica, y permite al programador concentrarse en la manipulación de los objetos. El lenguaje mismo puede ser modificado y expandido. Muchas variedades de LISP han sido desarrolladas, incluyendo versiones que realizan cálculos eficazmente.
  87. *Lógica*. Ciencia de las formas y leyes generales del pensamiento humano Método. correspondencia con lo razonable.
  88. *Luminarias*. Cualquier aparato, provisto de lámparas, propio para alumbrar locales o edificios.
  89. *Lux(es)*. Unidad de intensidad de iluminación, cuyo símbolo es lx, equivalente a la iluminación uniforme de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado
  90. *m/s*. Metros por segundo.
  91. *Métodos neumáticos*. Métodos Analógicos.
  92. *Microelectrónica*. La miniaturización de circuitos electrónicos
  93. *Microprocesadores*. Circuito integrado que puede realizar las funciones de una unidad central de un ordenador. Una CPU en un solo chip. Para funcionar como una computadora, requiere suministro de potencia, reloj y memoria La primera generación de microprocesadores fueron los 8080 de Intel, Z80 de Zilog, 6800 de Motorola y 6502 de Rockwell Internacional. El primer microprocesador fue creado por Intel



94. *Modelo matemático.* Es una representación cuantitativa de la realidad, se aplican en los sistemas para apoyar las funciones del procesamiento de transacciones de una organización y para proporcionar la información para el apoyo de las actividades vitales de planeación y control. Consta de una lista de variables ( $P$  y  $t$ ) que describen la situación dada, junto con una o más ecuaciones que relacionan esas variables ( $dP / dt = KP$ ,  $P(o) = P_o$ ) que son conocidas o que se supone que tienen validez.
95. *Modular(es).* Proceso que realizan los módems para adaptar la información digital a las características de las líneas telefónicas analógicas. Mezclar una voz o señal de datos con una portadora para transmisión en una red de comunicaciones. Los datos se modulan sobre la portadora por varios métodos, incluyendo modulación de amplitud, en la cual la altura de la onda se cambia; o modulación de frecuencia, en la cual la frecuencia se cambia; o modulación de fase, en la cual la fase (polaridad) de la onda se cambia.
96. *Modularidad.* Este criterio de desempeño general significa que se pueden agregar o modificar fácilmente componentes de hardware o módulos de software. El componente estructural de la tecnología puede crecer y cambiar para satisfacer las necesidades de un sistema de información que crece y cambia. Se dice que un algoritmo que está construido a partir de un cierto número de módulos es modular. El grado de personalización o flexibilidad de un sistema.
97. *Módulo(s)* Es un algoritmo autocontenido que puede diseñarse en forma independiente del contexto en el cual va a utilizarse. Los módulos del hardware se hacen a menudo para enchufar al sistema principal. Los módulos de programas se diseñan para manejar una tarea específica dentro de un programa mayor.
98. *Neurona.* Célula nerviosa de forma generalmente irregular; consta de un cuerpo celular donde se encuentra el núcleo, del que parten numerosas ramificaciones, llamadas dendritas, receptoras de los estímulos; además, del cuerpo celular sale una prolongación única y más larga, el axón o neurita, que se encarga de enviar los estímulos nerviosos.
99. *Nodo(s).* Por definición punto donde convergen más de dos líneas. A veces se refiere a una única máquina en Internet. Normalmente se refiere a un punto de confluencia en una red.
100. *Objeto.* Cosa. Todo lo que puede ser conocido o sentido por un sujeto, incluso él mismo. Lo que sirve de materia o asunto al ejercicio de las facultades mentales. Término o fin de los actos que son posibles. Finalidad, intento. En la programación orientada a objetos, un objeto es un conjunto formado por un conjunto posiblemente vacío llamado datos miembro formado a su vez por un conjunto posiblemente vacío de variables y un conjunto posiblemente vacío de símbolos de constante y por un segundo conjunto posiblemente vacío de funciones computables llamado funciones miembro.
101.  $^{\circ}C$  Grados centígrados. Escala que asigna de forma arbitraria el número 0 al punto fijo inferior y el número 100 al punto superior, las cien unidades representan temperaturas comprendidas entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua.
102.  $^{\circ}F$  Grados Fahrenheit. Escala de medición de temperaturas que se basa en la relación de diferentes puntos fijos. La temperatura de una solución congelada de agua de sal como su punto inferior o 0. El punto superior lo escogió tomando como base la temperatura del cuerpo humano asignándole el  $96^{\circ}F$ .

103. *Par trenzado*. Par de hilos de cobre utilizado habitualmente en sistemas de cableado. Par de pequeños alambres aislados que se emplean comúnmente en los cables telefónicos. Los alambres están retorcidos uno alrededor del otro a fin de minimizar la interferencia proveniente de otros alambres del cable.
104. *Patrimonio*. Bienes heredados de los ascendientes. Conjunto de bienes, propiedades, derechos y obligaciones, pertenecientes a una misma persona natural o jurídica.
105. *Percepción*. Acción y efecto de percibir. Impresión inmediata en el entendimiento de cualquier cosa material proporcionada a través de los sentidos. Idea, posesión de ideas, conocimiento.
106. *Perceptrón*. Es un ejemplo clásico de red neural. En este modelo una neurona tiene  $n$  entradas, cada una de ellas ponderada con pesos  $w_i$ ;  $i = 1, \dots, n$ , además de un término adicional llamado de predisposición.
107. *Plafón(es)*. Plano inferior del saliente de una cornisa. Adorno en el centro del techo de una habitación donde está el soporte de la lámpara. Lámpara traslúcida y plana que se coloca pegada al techo o a una pared para ocultar las bombillas. Placa lisa que cubre una cosa o forma un falso techo. Cielo raso. Tablero rehundido.
108. *Plataformas*. Cualquier construcción descubierta a modo de tablado elevado sobre el suelo. Programa o conjunto de reivindicaciones que presenta un grupo político, profesional, etc. Conjunto de personas que se constituyen en organización para conseguir un objetivo. La arquitectura del hardware de un modelo particular o familia de computadoras. La plataforma es el estándar con que los diseñadores de software escriben sus programas. El término a menudo se refiere al sistema operativo incluido con el hardware.
109. *Plotter*. Una impresora gráfica que dibuja imágenes con plumas de tinta. Los trazados requieren datos en formato de gráficos vectoriales, de manera que una imagen se compone de una serie de líneas de punto a punto.
110. *Pool*. Polling. El término viene del inglés "poll": sondeo. Es una forma de control en redes de comunicaciones del tipo LAN, según la cual la unidad central de proceso pide, de acuerdo con una programación determinada a cada puesto de trabajo conectado a la red, si ha de enviar alguna información. Literalmente, encuestamiento. Bajo esta técnica, un dispositivo atiende a varios a través de ir "revisando" cada uno de ellos, y verificar si tiene algo que recibir o transmitir.
111. *Predicción*. Acción y efecto de predecir o anunciar un hecho que se producirá en el futuro. Palabras con que se predice y cosa predicha.
112. *Premisa(s)*. Una primera proposición sobre la que descansan los razonamientos subsiguientes. Cada una de las proposiciones del silogismo de donde se infiere la conclusión y que ya contiene en su interior los elementos necesarios para no caer en tautología. Indicio. Hecho del que se parte para llegar a una conclusión o valoración; supuesto, base de argumentación.
113. *Problemas NP-Complejos*. El conjunto de problemas que tienen un veloz algoritmo de prueba, se denomina NP (el nombre NP proviene de una definición matemática del conjunto más precisa). Cualquier problema que sea uno de los más difíciles en NP se denomina NP-completo.

114. *Procesamiento de Lenguaje Natural*. Sistemas informáticos capaces de generar y "entender" un lenguaje natural.
115. *Protagonismo* Condición de protagonista. Tendencia de una persona u organización a mostrarse como la más cualificada o a ocupar el primer plano en relación con un asunto.
116. *Protocolos* Es un conjunto de reglas que regulan el intercambio de información entre elementos que se comunican. En comunicaciones, un conjunto de normas y regulaciones que gobiernan la transmisión y recepción de datos. Conjunto de interconexiones, tanto de software como de hardware, que permiten establecer una red de comunicaciones en terminales y computadoras. Se denomina protocolo a un conjunto de normas y/o procedimientos para la transmisión de datos que ha de ser observado por los dos extremos de un proceso comunicacional (emisor y receptor). Estos protocolos "gobiernan" formatos, modos de acceso, secuencias temporales, etc. Son las normas que deben cumplir dos o más ordenadores para intercambiar mensajes entre sí. El protocolo describe tanto el formato de los mensajes como la forma de respuesta a cada uno de ellos. Descripción formal de formatos de mensaje y de reglas que dos ordenadores deben seguir para intercambiar dichos mensajes. Un protocolo puede describir detalles de bajo nivel de las interfaces máquina-máquina o intercambios de alto nivel entre programas de asignación de recursos. Conjunto de reglas convencionales, utilizado para comunicar dos dispositivos de la misma naturaleza.
117. *Radio frecuencia*. Frecuencia de radio. Rango de frecuencias electromagnéticas superior al de audio e inferior al de la luz visible. Todas las transmisiones radiales, desde las de radio AM hasta las de satélites, entran en este rango, que va desde los 30 KHz hasta los 300 GHz. Cualquier radiación electromagnética coherente. La mínima frecuencia de dicha radiación es aproximadamente 15 Kíloherz.
118. *Red(es)*. Equipos de comunicación interconectados, a través de uno o varios caminos o medios de transmisión. Equipos de comunicación llamados nodos conocidos también como vértices o puntos que están interconectados a través de uno o varios medios de comunicación llamados segmentos, trayectorias o aristas. Una disposición de objetos que están interconectados. En comunicaciones, los canales de transmisión y el soporte de hardware y software.
119. *Redes neurales*. Redes neuronales. Conjunto de neuronas interconectadas de una manera concreta, y una neurona como la unidad básica de la red, que recibe múltiples entradas, elabora la información recibida y emite una única salida o respuesta que puede transmitirse a otras neuronas.
120. *Redundancia*. Repetición innecesaria o inútil de un concepto. Exceso, abundancia excesiva.
121. *Redundante*. Abundante, repetido.
122. *Refutación* Un intento de probar la imposibilidad de una conclusión hipotetizada u objetivo. Argüir contra las razones de otro. Rechazar.
123. *Reglas de producción*. Una estructura modular de conocimientos que representa una parte sustancial de conocimientos, usualmente en forma de "si-entonces" (if-then) o en forma de "antecedente-consecuente". Expresión muy utilizada en sistemas expertos.

124. *Rentable. Rentabilidad.* Dícese de las inversiones de fondos que producen renta o beneficio suficiente  
Dícese de todo lo que puede ser beneficioso.
125. *Representación del conocimiento.* La forma de la estructura de datos usada para organizar los conocimientos requeridos para un problema.
126. *Robot(s).* Son principalmente máquinas con manipuladores que pueden programarse fácilmente para hacer una gran variedad de tareas automáticamente. Del ingl. robot < checo robota = trabajo, prestación personal. Máquina *electrónica* o electromagnética que opera automáticamente. Automata. Sistema de computación híbrido independiente que realiza actividades físicas y de cálculo. Los robots se pueden diseñar con una forma similar a la humana, aunque la mayoría de los robots industriales no se parecen en nada a una persona. Poseen uno o más brazos y articulaciones diseñados para actividades específicas. La ventaja de un robot es que se trata de un dispositivo de movimientos múltiples, capaz de realizar muchas tareas diferentes, como una persona.
127. *Robótica. Robotics.* Arte y ciencia de la creación y empleo de robots
128. *Scanner* Explorador. Dispositivo que lee texto, imágenes y códigos de barras. Los exploradores de texto y de código de barras reconocen las letras impresas y los códigos de barras y los convierten en código digital, tal como el ASCII. Los exploradores gráficos convierten una imagen impresa en una de video (gráficos por trama) sin reconocer el contenido real del texto.
129. *Secuenciamiento* de operaciones. Proceso de dividir un mensaje de datos, en piezas más pequeñas, para su transmisión
130. *Sensor(es)* Dispositivo que mide o detecta una condición del mundo real, tal como el movimiento, el calor o la luz, y convierte la condición en una representación analógica o digital de la misma. Un sensor óptico detecta la intensidad o brillo de la luz, o la intensidad de rojo, verde y azul para sistemas en color.
131. *Serpentín.* Tubo de diámetro pequeño respecto a su longitud, curvado varias veces sobre sí mismo, que ocupa poco espacio y presenta una gran superficie de irradiación. Grabación en serpentina. Formato de grabación de cintas de pistas paralelas en el que los datos "reptan" de un lado a otro de pista a pista. Tubo en espiral, en hélice o acodado para facilitar el enfriamiento de la destilación en los alambiques. Antigua pieza de artillería. Serpentina, roca
132. *Servicios.* Sistemas que se integran al caparazón y que generalmente son componentes tecnológicos, cuyo ciclo de vida es de entre 15 y 20 años, tales como sistema eléctrico, aire acondicionado, sistema hidráulico y sanitarios, elevadores y escaleras eléctricas, telecomunicaciones e *informática*, sistemas de control y seguridad, etcétera
133. *Servo.* Del lat. servus = siervo. Elemento que entra a formar parte de palabras propias de la mecánica y que designa sistemas auxiliares. Servofreno, servomotor. Dispositivo electromecánico que emplea retroalimentación para proveer señales precisas de arranque y detención para funciones tales como las de los motores de una unidad de cinta o el movimiento de un brazo de acceso sobre un disco

134. *Sinapsis*. Conexión de una neurona con otra en la que se produce un flujo de información. Es la conexión de una neurona *j* con otra neurona *i*.
135. *Sistema Experto*. Sistemas que proporcionan a los usuarios humanos conclusiones técnicas sobre materias especializadas. Una aplicación de inteligencia artificial que usa una base de conocimiento de la experiencia humana para ayudar a la resolución de problemas. El grado de resolución de problemas está basado en la calidad de los datos y reglas del experto humano. Los sistemas expertos rinden tanto muy por debajo como muy por arriba de un experto individual. El sistema experto deriva sus respuestas pasando la base de conocimientos a través de un motor de inferencia, un programa de software que interactúa con el usuario y procesa los resultados de las reglas y los datos de la base de conocimientos.
136. *Sistema Inteligente (SI)*. Controla y coordina los diferentes recursos de un edificio. Conjunto de elementos interrelacionados, en donde se combina la tecnología, los conocimientos y métodos de inferencia propios de la Inteligencia Artificial que tienen como objetivo el realizar acciones que implican un *comportamiento inteligente*.
137. *Sistemas abiertos*. Un sistema independiente del fabricante que está diseñado para interconectarse con una variedad de productos comúnmente disponibles. Implica que los estándares para tal sistema están determinados a partir de un consenso de las partes interesadas, más que de uno o dos fabricantes solamente.
138. *Sistemas conexionistas*. Sistemas que se orientan a la construcción de sistemas inteligentes simulando por medio de redes neuronales la actividad del cerebro humano, máquinas con capacidad de aprendizaje, intenta implementar la capacidad de conocimientos inciertos distribuidos globalmente, controlado de modo difuso y con capacidad de aprendizaje. Procesamiento de la información globalmente distribuida e interconectada.
139. *Sistemas Distribuidos* Se compone en los cables, *adaptadores*, y otro equipo de apoyo que permiten conectar teléfonos, terminales de datos, sistemas de energía, seguridad y dispositivos *sensores* de alarmas, para que tengan comunicación entre ellos.
140. *Sistemas informáticos* Un sistema formado por una CPU, todos los dispositivos periféricos conectados a ella y el sistema operativo. Los sistemas informáticos pueden englobarse en categorías llamadas microcomputadoras (computadoras personales), minicomputadoras y macrocomputadoras, es decir (aproximadamente) pequeñas, medianas y grandes
141. *Sistemas inteligentes*. Conjunto de elementos interrelacionados, en donde se combina la *tecnología*, los conocimientos y métodos de *inferencia* propios de la *Inteligencia Artificial* que tienen como objetivo el realizar acciones que implican un *comportamiento inteligente*
142. *Suministro(s)*. Acción y efecto de suministrar. Lo que se suministra
143. *Tecnología* Estudio de los métodos, procedimientos y utillaje relativos a una rama de la industria. Conjunto de términos técnicos relativos a las ciencias, artes y oficios

144. *Telecomunicaciones*. Comunicación de todas las formas de información, incluidas la voz, (el audio) y el video. La transferencia *electrónica* de información de un lugar a otro. Las comunicaciones de datos se refieren a las transmisiones digitales, y las telecomunicaciones se refieren a todas las formas de transmisión, incluyendo voz y video *analógico*. Transmisión de información mediante un sistema de telefonía que se expresa de forma oral o por señales de computadora. Es un sistema de comunicación a larga distancia en cualquier de sus modalidades: teléfono, telex, T.V., telégrafo, fax, radio, microondas, satélites.
145. *Telefonía avanzada*. Es telefonía digital. Posteriormente se ofrecerían servicios como: telefonía avanzada, INTERNET A ALTA VELOCIDAD, música digital, información y teletramitación, pago por visión (PPV), videojuegos a distancia, telecompra, telebanca, TV a la carta, video bajo demanda (VOD), etc...
146. *Telepuertos*. Cuáles son las principales características del telepuerto propio de Imagen Satelital? La empresa cuenta con dos estaciones terrenas: transmisoras. Una de ellas está compuesta por una antena transmisora de 7.60 mts. En banda C, con dos amplificadores de alta potencia de 3.3 kw en configuración redundante, la que es utilizada en estos momentos para transmitir las señales a Latinoamérica. La otra estación terrena está compuesta por una antena transmisora de 5.6 mts en banda Ku, con dos amplificadores de alta potencia de 2.2 kw en configuración redundante, la cual está preparada para realizar transmisiones al satélite Nahuel. Tiene como objetivo principal el brindar comunicación satelital conjuntar las mejores características del satélite y la fibra óptica. Para poner las comunicaciones satelitales al alcance de todas las empresas ubicadas en las principales ciudades del país, emplazamos nuestros telepuertos Regionales. Canales digitales de transmisión de datos, punto a punto, transparentes al protocolo, canales de voz, ordenes, y voz/fax. Los telepuertos son centros de comunicaciones físicas, telemáticas e informáticas, ubicados en una zona especialmente diseñada, en la cual existen equipamientos de servicio avanzados con el objeto de brindar conexiones más efectivas y rápidas en todo el planeta.
147. *Telex*. Telegrafía por teletipo cuando se transmiten las señales aprovechando las corrientes portadoras de las líneas telefónicas.
148. *Teorema(s)*. Proposición que afirma una verdad que se puede demostrar.
149. *Termostato(s)*. Aparato conectado a una fuente de calor que impide que la temperatura suba o baje del grado conveniente. Regulador que permite conservar una temperatura sensiblemente constante en el interior de un recinto
150. *UPS*. Uninterruptible Power Supply. Suministro ininterrumpible de energía. Fuente de alimentación ininterrumpible. Energía de seguridad para un sistema de computación cuando la energía eléctrica de la línea se interrumpe o baja a un nivel de tensión inaceptable. Los pequeños sistemas UPS proveen energía de baterías por sólo unos pocos minutos; los necesarios para apagar la computadora de manera ordenada. Los sistemas más sofisticados están conectados a *generadores* eléctricos y pueden proveer energía durante días enteros. Un sistema UPS puede estar conectado a un servidor de archivos en una red de área local de modo tal que, de existir algún problema, pueda alertarse a todos los usuarios de la red para que graben sus archivos y apaguen sus estaciones inmediatamente. Una UPS en línea provee una fuente constante de energía eléctrica a partir de una batería, mientras ésta es recargada a partir de la energía de la línea de corriente alterna. Una

UPS fuera de línea, también conocida como "standby power system" (SPS), conmuta a energía de batería en unos pocos milisegundos después de detectar un fallo en el suministro de energía. Un protector contra sobrecargas filtra oleadas y picos de tensión, y un regulador de voltaje mantiene una tensión uniforme durante una caída de tensión, pero una UPS mantiene a la computadora en funcionamiento cuando no hay energía eléctrica. Los sistemas UPS proveen generalmente protección contra sobrecargas y pueden proveer asimismo regulación de tensión. Fuente de poder alterna que nos sirve de respaldo para que cuando se presente una falla de energía, no se suspenda el suministro en los dispositivos que se encuentren conectados a este.

151. *Versatilidad*. Que se vuelve o cambia fácilmente. Inconstante, caprichoso.
152. *Via(s)*. Cada uno de los carriles del ferrocarril o conjunto de los dos y terreno en que se asientan. Camino; hoy se utiliza con el sentido de ruta o pasando por... Conducto del cuerpo humano. Procedimiento, modo.
153. *Videokonferencia* Una video teleconferencia es una video conferencia realizada entre varios usuarios mediante cámaras y monitores de videos ubicados en las instalaciones del cliente o en un centro de conferencias público.
154. *Videotexto*. Una tecnología de información interactiva que incluye compras, bancos, noticias, meteorología y servicios de correo electrónico. Puede además proporcionar una puerta de acceso a otros servicios de tiempo compartido y de información. Se transmite sobre una línea telefónica a un decodificador, que contiene un teclado adosado al T.V. del abonado. La información de videotexto se almacena en el decodificador y se muestra como pantallas predefinidas, o marcos, que pueden ser recuperados por números o por selección de menú. Debido al bajo ancho de banda de las líneas telefónicas, el videotexto entrega gráficos simples y animación limitada.
155. *Visión* Acción y efecto de ver. Contemplación inmediata y directa de los objetos. Representación fantástica o ilusoria que se toma por real.
- 156 *Zonificación*. Establecer una extensión de tierra o demarcación territorial.

**Fuentes:**

- Diccionario Anaya.  
<http://www.ctv.es/USERS/alberfon/dicsear1s.htm>
- DICCIONARIO INTERDIC (Informática e Internet).  
[http://www.arrakis.es/~aikido/interdic/in\\_m\\_p.htm](http://www.arrakis.es/~aikido/interdic/in_m_p.htm)
- ABC INTERNET.  
<http://www.servitel.es/atv/AYU/INTERNET/DICCIO/diccio.htm#A>
- Diccionario inglés-castellano de Informática e Internet.  
<http://www.muni2000.com/ANUNCIAN/LOGOS/dicinfo.htm>
- Diccionario de términos en Internet.  
<http://www.render.es/ayuda/diccionario/c.html>
- Diccionario de computación  
Alan Freedman 1981-1993  
The Computer Language Co Inc.
- Pequeño Larousse Técnico  
Tomás De Galiana Mingot.  
Editorial Larousse México 1975
- Diccionario Aristos  
Editorial Ramón Sopena.  
Barcelona España 1967.
- The art of computer programming.  
Donald E. Knuth  
Editorial Addison-Wesley.  
2ª. Edición 1973
- Diccionario McGraw-Hill de Computación. Tomo I.  
Sybil P Parker.



Editorial McGraw-Hill

México 1989.

- Introducción moderna a la ciencia de la computación con un enfoque algorítmico.

Les Goldschlager, Andrew Lister.

Editorial Prentice Hall.

México 1986.

- <http://www.gap.upv.es/espanyol/investigacion.html>

Grupo de Arquitecturas Paralelas

Departamento de Ingeniería de Sistemas, Computadores y Automática

Universidad Politécnica de Valencia

- <http://dsi.cem.itesm.mx/~ltrejo/PAR/Par/Par.html>

Procesamiento Paralelo. Apuntes del curso

Luis Ángel Trejo

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Estado de México

Jul. 31 1996

- <http://www.ati.es/PUBLICACIONES/novatica/gjointv2.html>

Malamud, C., "Analyzing Sun Networks", VanNostrand Reinhold, New York, NY, 1992.

- <http://research.cem.itesm.mx/jesus/cursos/compd2/presentacion.html>

COMPUTO PARALELO Y DISTRIBUIDO

Maestría en Ciencias Computacionales, I T E S M - C E M

Dr. Jesús Sánchez Velázquez

- <http://www.tectel.com.mx/>

La Red HFC de CTC Cable i Televisió de Catalunya, S.A

- Enciclopedia de la Ciencia y de la técnica

Editorial Oceano-Danae Volúmen 8

Barcelona, España

- Fundamentos de Inteligencia Artificial

Luis Álvarez Munárriz.

Editorial Universidad de Murcia 1994.

- <http://www.redsat.com/procsp.html>

- Diseño de Sistemas de Información.

John G. Burch, Gary Grudnitski.

Grupo Noriega Editores. Megabyte

1a. reimpresión. México D.F. 1992.

- Ecuaciones Diferenciales Elementales y Problemas con Condiciones en la Frontera.

C.H. Edwards Jr., David E. Penney.

Editorial Prentice Hall.

3a. edición, México 1993.

- <http://www.impsat.com.ar/solucion/telepuerto/telpuerto.htm>

Impsat: "Soluciones: TelePuestos".

- <http://www.nt.com.ar/cordoba/ciudad/desarrol/adencia.htm>

Telepuerto Córdoba. Proyecto telepuerto.

- Máquinas inteligentes.

William M. Gevarter.

Editorial Díaz de Santos.

Madrid España 1987.