



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON

"APLICACIÓN DE UN SISTEMA  
EXPERTO EN LA ELABORACION DE  
PLANOS DE LOCALIZACION  
GENERAL DE EQUIPOS (PLG'S)"

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACION  
P R E S E N T A :  
JOEL URBANO PINEDA HERNANDEZ

ASESOR: ING. AMILCAR A. MONTERROSA ESCOBAR

MÉXICO

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE  
ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN  
COMPUTACIÓN

OFICIO ENAR/JACO/402/98

ASUNTO: Asignación de jurado.

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS  
Secretario Académico  
P r e s e n t e .

Por éste conducto me permito presentar a usted, nombres de los Profesores que sugiero integren el *Sínodo del Examen Profesional* del alumno JOEL URBANO PINEDA HERNÁNDEZ, que presenta el tema de tesis: "APLICACIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO EN LA ELABORACIÓN DE PLANOS DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS (PLG'S)".

PRESIDENTE: ING. DAVID JAIME GONZÁLEZ MAXINEZ  
VOCAL: ING. AMILCAR A. MONTERROSA ESCOBAR  
SECRETARIO: ING. FORTUNATO CERECEDO HERNÁNDEZ  
SUPLENTE: ING. RAÚL REA PÉREZ  
SUPLENTE: ING. ANTONIA NAVARRO GONZÁLEZ

Quiero subrayar que el director de tesis es el Ing. Amilcar A Monterrosa Escobar, el cual está incluído con base en lo que reza el reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HARÉ ARABER EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de México, Noviembre 04 de 1998.  
EL JEFE DE CARRERA

ING. JUAN GASTALÓN  
ING. JUAN GASTALÓN, U. N. A. M.

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Departamento de Servicios Escolares.  
Ing. Amilcar A. Monterrosa Escobar.- Director de Tesis.

JGP/gga.

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres:  
Ángela y Urbano  
Por haberme apoyado en los  
momento más difíciles de mi vida  
y porque siempre se preocuparon  
por mí para ver realizado este sueño*

*A mis hermanos:  
Virginia  
Rafael  
Abel  
Velia  
Que siempre me brindaron  
su ayuda incondicional*

*A mis compañeros:  
Eduardo  
Armando  
Enrique  
Jackeline  
Lourdes  
Porque juntos logramos conformar  
un buen equipo que siempre lucho por un fin  
común, sin olvidar sus metas individuales*

*A todos los profesores que compartieron sus conocimientos conmigo.*

*En forma especial al Ing. Monterrosa Escobar Amilcar por su orientación para la realización de éste trabajo.*

---

## CONTENIDO

---

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

### **CAPITULO I**

#### *PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS.*

1.1 Generalidades .....	3
1.2 Principios en los que se basa la localización de equipos en plantas de proceso.....	4
1.3 Descripción del Plano de Localización General de Equipo .....	4
1.4 Consideraciones y Limitaciones .....	5
1.5 Acotaciones de Equipo e Instalaciones .....	9
1.6 Factores que intervienen en el Arreglo General .....	13
1.7 Problemas que se intentan resolver .....	14
1.8 Resumen .....	15

### **CAPITULO II**

#### *INTRODUCCION A LOS SISTEMAS EXPERTOS*

2.1 Generalidades .....	17
2.2 Inteligencia Artificial .....	17
2.2.1 Partes que integran la Inteligencia Artificial .....	18
2.2.2 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial .....	19
2.3 Sistemas Expertos .....	20
2.3.1 Partes que integran al Sistema Experto .....	20
2.3.2 Cuando se debe implementar un Sistema Experto .....	21
2.4 La base de conocimiento .....	22
2.5 Construcción de un Sistema Experto .....	37
2.6 Ventajas de utilizar Sistemas Expertos .....	40
2.7 Resumen.....	40

### **CAPITULO III**

#### *TECNICAS DE BUSQUEDA PARA LA APLICACIÓN DEL MOTOR DE INFERENCIA.*

3.1 Generalidades .....	43
3.2 La Búsqueda sistemática .....	44
3.2.1 Búsqueda en profundidad .....	46
3.2.2 Búsqueda en amplitud .....	47

3.3 Métodos que se guían por estimaciones de calidad heurística .....	48
3.3.1 Búsqueda de Ascenso de Colina .....	48
3.3.2 Búsqueda en Haz .....	49
3.3.3 Búsqueda el primero el mejor .....	51
3.3.4 Búsqueda enfriamiento disimulado .....	51
3.4 Método de Generación y Prueba, análisis de medios y fines y reducción del Problema .....	52
3.5 Sistemas de deducción basados en reglas (If-Then) .....	55
3.6 Resumen.....	56

## **CAPITULO IV**

### *IMPLEMENTACION DEL SISTEMA EXPERTO*

---

4.1 Generalidades .....	57
4.2 Delimitación del problema .....	57
4.3 Obtención y aplicación de la Base de Conocimiento .....	58
4.4 Elección de la técnica a utilizar en el Motor de Inferencia .....	59
4.5 Elección del lenguaje para la construcción del Sistema Experto .....	61
4.6 Interfaz del SE con el usuario.....	62
4.7 Interfaz del SE con el usuario.....	66
4.8 Validación del Sistema Experto .....	67
4.7 Mantenimiento .....	73
4.8 Resumen.....	73

## **CAPITULO V**

### *CONCLUSIONES*

---

Conclusiones .....	66
<b>Apéndice A</b> .....	79
<b>Apéndice B</b> .....	88
<b>Bibliografía</b> .....	96

---

## INTRODUCCIÓN

---

Los Sistemas Expertos (SE) constituyen una de las partes de mayor éxito en el campo de la Inteligencia Artificial. Estos sistemas tienen características que les permiten incorporar conocimiento de un dominio de aplicación específico para usarlo posteriormente en diferentes aplicaciones. Así, el conocimiento experto puede ser documentado, revisado, complementado y utilizado en diferentes lugares y tiempos, permitiendo a las empresas mejorar la toma de decisiones y facilitar la distribución de la experiencia en la organización. Por lo anterior, se hace atractiva una aplicación de un SE en la Elaboración de Planos de Localización General de Equipos (PLG'S) ya que para la construcción de estos, se requiere de Expertos Humanos (EH) que consumen en gran medida tiempo y esfuerzo.

Los (PLG'S) son planos de plantas de una refinería, vistas de una perspectiva superior, donde se aprecia la distribución de diferentes arreglos de equipos. Para la elaboración de estos planos, se toman distintos criterios y factores. Los EH comúnmente se basan en plantas existentes para realizar nuevas. Tomando como partida este punto y con la información en libros, manuales y lo más importante su experiencia, se inicia en la creación de un SE.

La finalidad de este trabajo es el de informar acerca de las técnicas más sobresalientes de los SE, su importancia en la actualidad y los grandes beneficios que proporcionan. Para ello se realizó una investigación en distintos libros y se contó con la asesoría de un experto en el tema.

El objetivo primordial es que cualquier Ing. Químico sin experiencia en PLG'S pueda realizar un PLG como lo haría un EH o lo más cercano posible, aplicando el SE.

Este trabajo está clasificado en capítulos, cada capítulo está realizado para que el lector entienda en una forma sencilla cada tema que sea de su interés.

El capítulo 1 es una introducción general al tema de PLG'S, donde se menciona la simbología que representa a cada equipo, las condiciones que se deben de tomar y los factores que intervienen para su realización. Al final del capítulo se menciona el problema que se desea resolver mediante la aplicación de un SE.

En el capítulo 2 se define lo que son los SE haciendo alusión a la Inteligencia Artificial (IA), con el propósito de observar como se integra los SE dentro del mismo, así como otros campos que conforman a la IA. También se describe lo que se conoce como Base de

Conocimiento (BC), su función que tiene en los SE y se explican diferentes técnicas de representación del conocimiento.

En el capítulo 3 se describe una rama importante de los SE, el Motor de Inferencia (MI). Se explican distintas técnicas del MI y se menciona preferentemente cuando deben aplicarse.

El desarrollo del SE se ve en el capítulo 4. Se mencionan los recursos con los que se cuenta referente a la información, las herramientas de trabajo y se proporcionan soluciones.

Por último, en el capítulo 5 se plantean las conclusiones que arroja el SE.

En el apéndice A se incorpora los diagramas empleados para la captura en el Motor de Inferencia. En el apéndice B se incluye parte del código del SE, explicando en forma general cada una de las funciones.

# CAPÍTULO 1

---

## PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS

---

### 1.1 GENERALIDADES

En este primer capítulo se tratará de explicar de una forma general las partes que componen un Plano de Localización General de Equipos (PLG'S), así como la importancia que tiene en la construcción de plantas de refinación y Petroquímica para Petróleos Mexicanos.

Para el diseño de un Plano de Localización General de Equipos (PLG'S) el grupo de incendio que lo desarrolla debe tener una experiencia sólida en campo donde generalmente se resuelven problemas de operación, mantenimiento y seguridad.

La realización de un PLG demanda especialidades de ingeniería que hacen posible un diseño que resulte seguro, estético y económico, especialidades tales como Proceso, Tuberías, Ingeniería Civil, Operación, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de control, Análisis de Esfuerzos, Ingeniería Mecánica, Instrumentación y Arquitectura.

Para un mejor entendimiento de la forma bajo la cual se diseña un PLG, al final de este trabajo se indica una bibliografía referente a la construcción del mismo.

## 1.2 PRINCIPIOS EN LOS QUE SE BASA LA LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS EN PLANTAS DE PROCESO.

En las plantas de Proceso se consideran seis principios básicos de la distribución, que indican:

- “1. - Toda distribución de plantas será integrada totalmente para que funcione como una sola unidad; es decir integrar hombres, equipo, maquinaria, servicios y otras actividades auxiliares.
2. - Se debe conservar una distancia mínima entre equipos y demás instalaciones que garantice el flujo del proceso y que esté en concordancia con el punto 1.
3. - Para obtener una buena distribución dentro del área de la planta es necesario ordenar los equipos y áreas de trabajo en la misma secuencia en que se efectúa el proceso, y así cumplir con el principio de recorrido.
4. - Se cuidará el aprovechamiento del Espacio Cúbico al utilizar económicamente el área disponible.
5. - Toda distribución de planta deberá tener el espacio adecuado para el hombre y sus facilidades físicas, a fin de garantizar el máximo de seguridad y operación.
6. - Es importante diseñar con flexibilidad para distribuir la planta tomando en cuenta variaciones de capacidad, alternativas de proceso, etc.”<sup>(1)</sup>

## 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPO.

Un Plano de Localización General de Equipo es un dibujo de la unidad en una vista en Planta, en el cual se encuentran perfectamente localizados todos y cada uno de los equipos, las estructuras y los edificios que componen la unidad.

En los planos generales de localización de equipos se limita el área de la planta por líneas claramente definidas llamadas Límites de Batería de la Unidad de la planta.

La Orientación en un plano general de Localización de Equipo se indica marcando sobre el dibujo el norte geográfico. Frecuentemente también se indica el norte de construcción que pocas veces coincide con el norte geográfico, y que es un norte convencional que sirve de base para construir la Planta; en un lugar del norte de construcción a menudo se indican en los límites de Batería las coordenadas en las que se encuentra localizada la planta. Estas coordenadas son referenciadas a un banco de coordenadas de la Refinería o del Complejo Petroquímico

---

(1) Rase, Howard F., Barrow, M.H. “Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso”, Compañía Editorial Continental, S.A. 1997, p. 117-122.

Dentro de la Planta los equipos, estructuras, etc., son localizados acotando el dibujo generalmente a las líneas centro de los elementos principales de las estructuras, frecuentemente en lugar de cotas se indican coordenadas. Para simplificar dentro de la Planta la localización de los equipos, se toma la esquina inferior izquierda como cero y se desarrolla un sistema de coordenadas internas.

El nivel de piso es otro de los datos que se deben indicar en los planos generales de localización de equipos, normalmente están referenciados a un banco de nivel previamente fijado dentro del Complejo o Refinería. Para simplificar el uso de los niveles dentro de la Planta, normalmente en un punto bajo de éstas, se hace un banco de nivel, entre el nivel de referencia de la Refinería o complejo con nivel 100, que usará de allí en adelante dentro de los límites de Batería.

La dirección de los vientos es un factor importante que se debe considerar al establecer en cuenta el plano de localización de equipo, y dado que se requiere prever hacia donde pueden los vapores o gases ser enviados por el viento cuando existe una fuga ó simplemente un venteo. Por esta razón es conveniente disponer de una Rosa de los vientos donde se indica la velocidad del viento, la dirección de éste y el porcentaje por año que sopla en cada una de las direcciones, o simplemente conocer cuales son los vientos reinantes y dominantes

También se requiere revisar el plano de configuración topográfica, en el cuál se estudia la localización de los equipos, tomando en cuenta los movimientos de tierra, de tal forma que sean los mínimos posibles, sobre todo los rellenos, ya que estos requieren de trabajos lentos y costosos, pues las especificaciones de compactación de terracerías y su control debe ser muy estricto, una mala compactación puede ocasionar asentamiento de equipos, y problemas graves principalmente en la tuberías, por tal motivo, si el proceso lo permite, se debe evitar que los equipos pesados o que vibren, estén localizados en áreas de relleno.

La distribución de equipos también depende de factores como son vientos dominantes, tipo de proceso, área disponible, capacidad de la Planta, entrada y salida en líneas de Proceso y Servicios, calles, accesos, soporterías adyacentes, vías de ferrocarril, puertos y características propias donde se localiza la Planta.

### 1.4 CONSIDERACIONES Y LIMITACIONES.

En este apartado se presentan algunas consideraciones y limitaciones al diseño:

⇒ “Los equipos serán localizados de acuerdo a la Secuencia del Proceso.

⇒ Las bombas para transporte de líquidos se colocarán cerca y abajo del punto de succión, con el accionador de la bomba de frente a la soportería.

⇒ Para equipos como hornos, cambiadores de calor y cualquier otro que tenga partes intercambiables, déjese una área suficiente para mantenimiento.

⇒ Los rehervidores, equipos de condensación y bombas de torres de destilación deben estar cerca de las mismas.

⇒ Los recalentadores y condensadores de succión de las compresoras, deben estar cerca de las mismas.

⇒ Los tanques de succión de las compresoras, deben estar cerca de las mismas.

⇒ Los equipos que se interconectan por medio de líneas en flujo a dos fases, materiales especiales, y/o se dispongan de poca presión en la misma, deberán localizarse adyacente lo más cercano posible.<sup>(2)</sup>

A continuación en la figura 1.1 se presenta una relación de partidas y su recomendación de localización respecto a la dirección de los vientos y después algunos arreglos típicos de Soportes de Tubería:

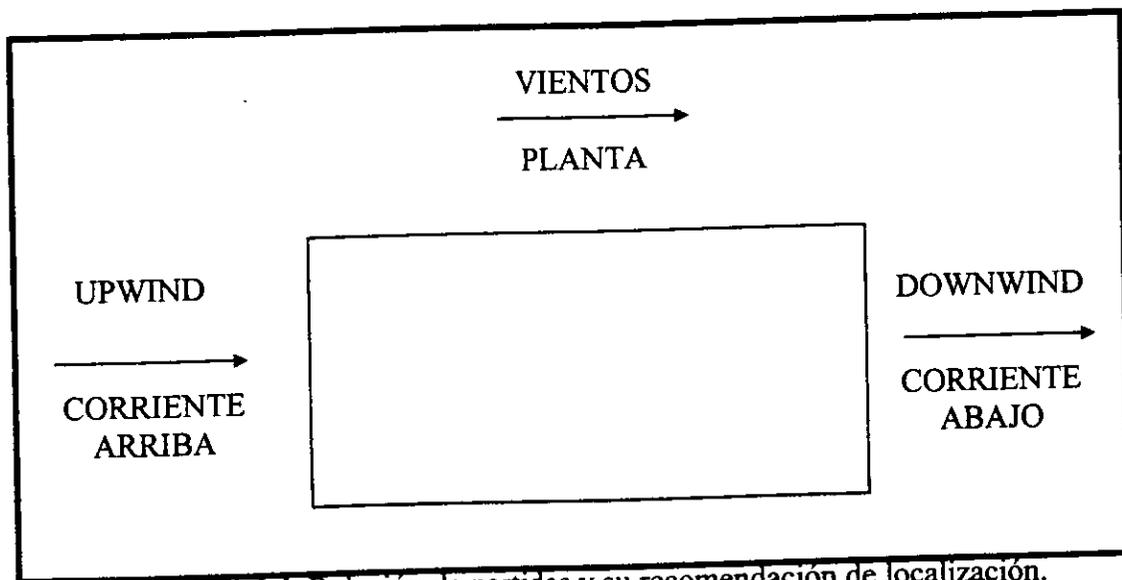


Figura 1.1. Relación de partidas y su recomendación de localización.

(2) Oil Insurance Association, "General Recommendations for Spacing in Refineries", Edit. Tablas, p. 105-112

**PARTIDAS QUE DEBERÁN LOCALIZARSE CORRIENTE ARRIBA DE LA PLANTA.**

Cuarto de control  
Laboratorios  
Talleres  
Edificios de oficina  
Cafetería  
Almacenes  
Servicio médico  
Casas de cambio  
Calderas  
Estación de bomberos  
Casa de fuerza  
Subestación eléctrica  
Planta de tratamiento de agua  
Compresores de aire  
Estacionamiento  
Bomba principal de agua  
Almacén de materiales no peligrosos, no explosivos y no flamables  
Calentadores a fuego directo  
Quemadores del sistema de relevo  
Todas las fuentes de ignición

PARTIDAS QUE DEBERÁN LOCALIZARSE CORRIENTE ABAJO DE LA PLANTA.

- Equipo que pueda derramar materiales inflamables
- Torres de enfriamiento.

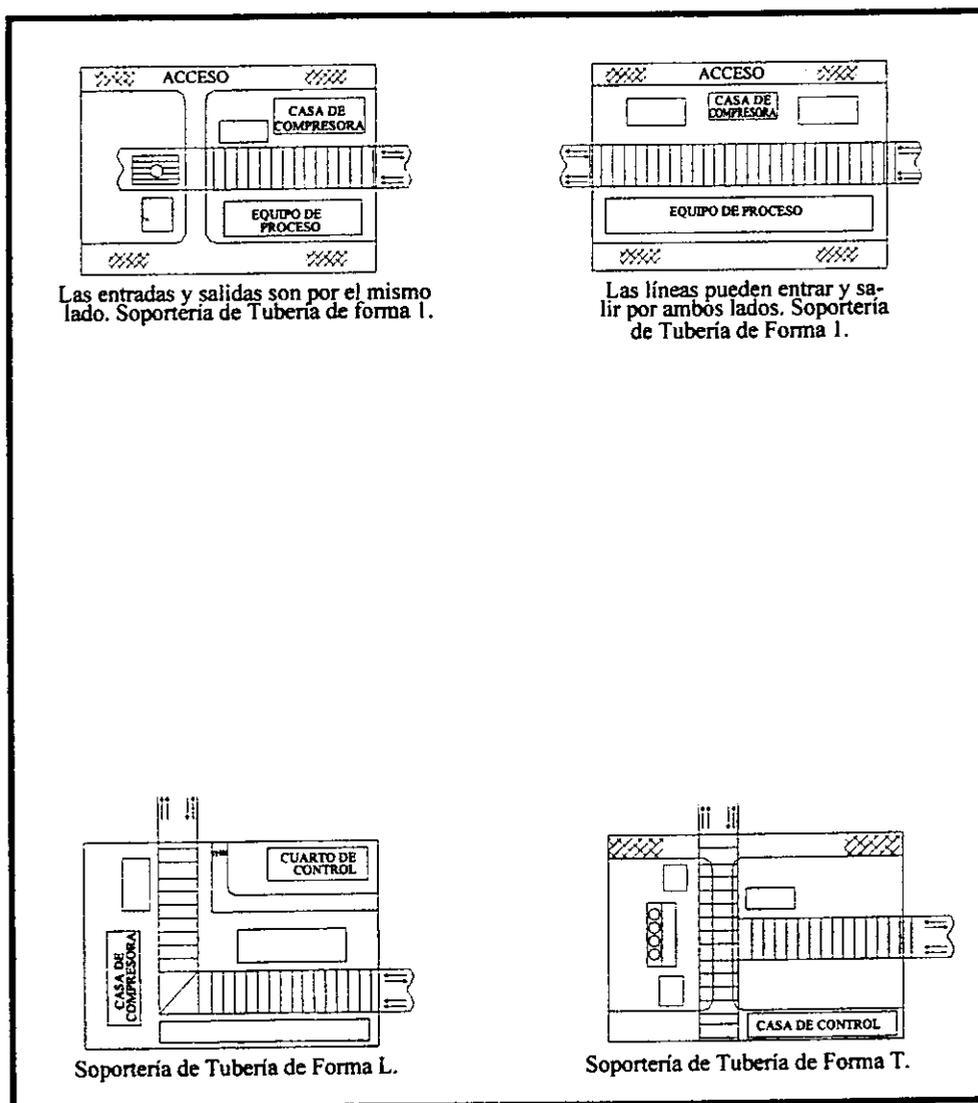


Figura 1.2. Arreglos típicos de tubería.

## 1.5 ACOTACIONES DE EQUIPO E INSTALACIONES

1.-Las instalaciones para recipientes verticales, torres, calentadores deben ser a centro de líneas. Observar la figura 1.3.

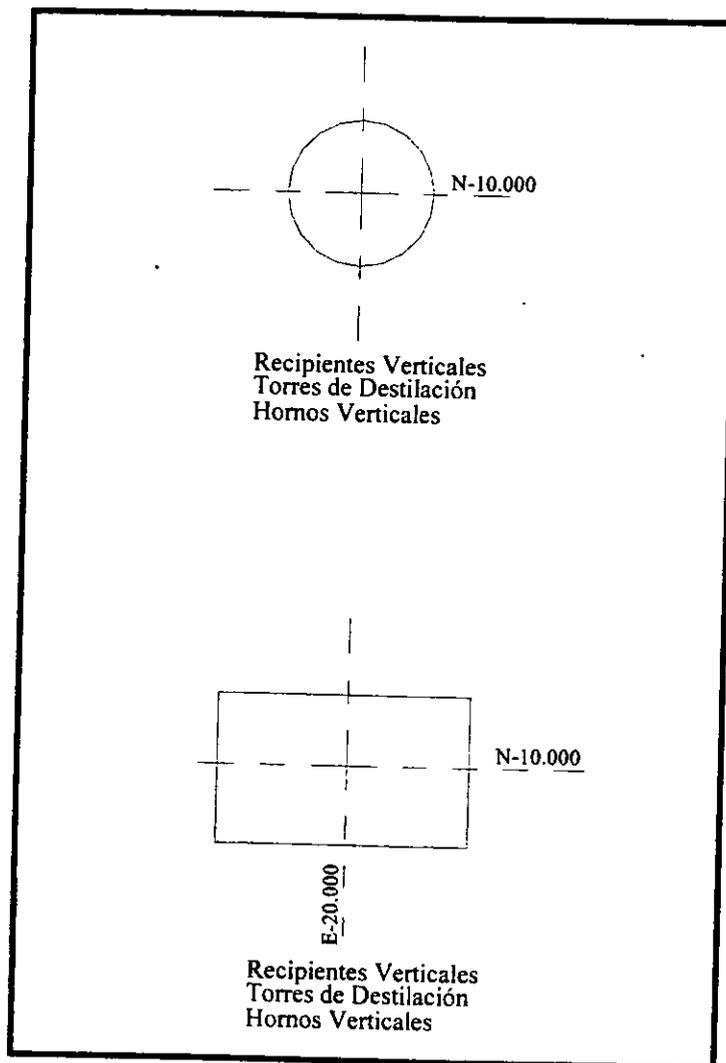
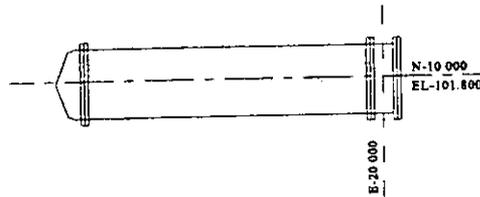
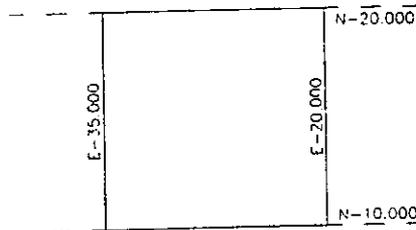


Figura 1.3. Representación típica de equipos.

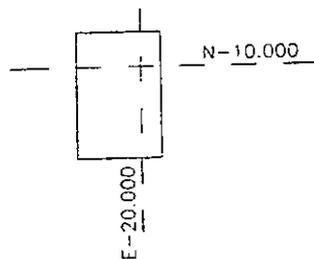
2.- Las acotaciones para cambiadores de calor de coraza y tubos, son a centro de líneas de la coraza y a centro de líneas de boquilla de los tubos. También se indica la elevación a centro de líneas.



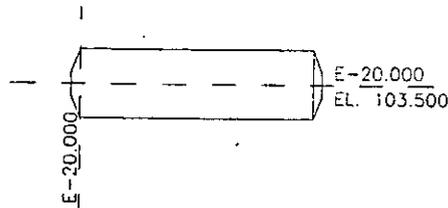
3.- Las acotaciones para motor de compresoras y cuartos de control, son a centro de columnas.



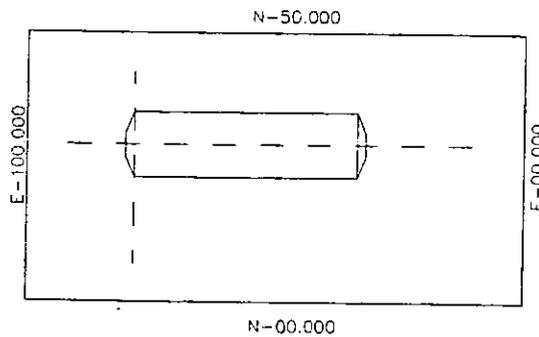
4.- Las acotaciones para bombas son a centro de líneas de la boquilla de descarga.



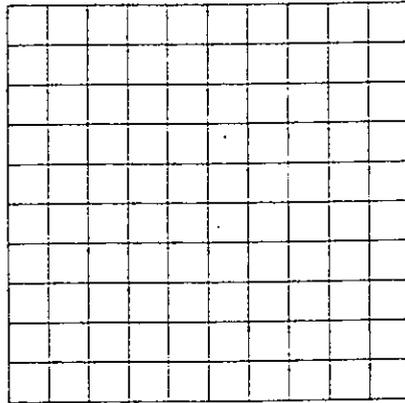
5.- Las acotaciones para recipientes horizontales, son a centro de líneas y a la línea de tangente. También se debe indicar la elevación a centro de líneas.



6.- Al área disponible para instalar la planta se le deben indicar las acotaciones perimetrales, así como indicar la ubicación con respecto al norte geográfico, dirección de los vientos dominantes y reinantes.

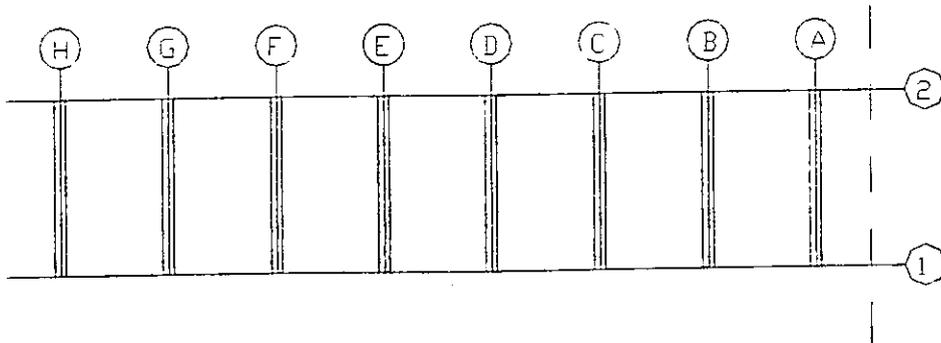


Si se prefiere se puede cuadricular el área en módulos de 10 mts x 10 mts, ó cualquiera otras dimensiones con líneas delgadas y tenues.



7.- La soportería de tubería, también denominada rack, se acotará así.

Las columnas principales se indicarán con números. Las columnas dentro de la planta, se indicarán con letras (Omitiendo la letra I y O para evitar confusión).



## 1.6 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ARREGLO GENERAL.

### Factores Ambientales

La situación del lugar puede afectar la distribución, mientras un buen arreglo puede minimizar los efectos nocivos en el ambiente. Puede tomarse la ventaja de los contornos existentes, tal que el posicionamiento de equipo reduzca la cantidad de movimiento de tierra en cortes y rellenos.

En la distribución del lugar se deben considerar las ondulaciones del terreno y los árboles para crear una especie de cerca a los edificios tanto como sea posible. Los procesos no deberán ser localizados próximos a una operación vecina peligrosa. Se deben verificar chimeneas altas que puedan constituir un peligro aéreo y por lo tanto, requerir de luces indicadoras. La dirección de los vientos ambientales deberá ser considerada tal que las plantas que produzcan afluentes gaseosos o ruido no estén viento arriba de propiedades habitacionales. No se debe permitir que los efluentes líquidos salgan de la planta a propiedades adyacentes o viceversa en el lugar en montones previos a la transportación, deberán estar alejados de propiedades adyacentes. Las espuelas de ferrocarril deberán ser localizadas de tal modo que el ruido de maniobras de desvío sea minimizado.

### Factores Geográficos.

En la distribución de planta, los siguientes factores geográficos deben ser tomados en consideración:

La dirección de los vientos dominantes que afecten la localización de algunos equipos como quemadores, torres de enfriamiento y hornos, deberán analizarse para cada caso en particular.

Se debe entender como vientos dominantes, la intensidad y dirección del viento que predomina y que sirve como referencia para determinar la localización de quemadores y hornos con relación a la torres de ligeros ya que por seguridad en caso de fuga el evitar que los ligeros sean llevados por los vientos al fuego, será el primer objetivo de seguridad.

En climas calientes algunos equipos, como tanques de almacenamiento refrigerados deben estar localizados a la sombra y éstos demandan un conocimiento de la dirección y elevación del sol. En algunos países el aislamiento para tubería aérea o subterránea es totalmente innecesario. En otros se requiere una protección más estricta, dado que al bajar la temperatura algunos líquidos llegan a congelarse.

La lluvia puede variar hasta ser prácticamente nula, a tomar consideraciones monzónicas, y esto obviamente tienen un gran efecto en la capacidad del sistema de drenaje.

### Consideraciones Económicas.

El equipo deberá ser distribuido para dar la máxima economía. Como regla general una distribución tan compacta como sea posible con todo el equipo al nivel de piso, es el primer objetivo, consistente con accesos y requerimientos de seguridad.

### Consideraciones de Seguridad.

Donde se manejen materiales tóxicos, la distribución puede ser complicada por la necesidad de aislar las secciones de la planta. Los equipos que puedan ser considerados como posible fuente de peligro deberán ser agrupados, y donde sea posible localizarlos separadamente de otras áreas de la planta, por ejemplo: hornos, quemadores, etc.

Existen otras más consideraciones que se tiene para realizar un PLG, pero se consideran más importantes las antes mencionadas.

## 1.7 PROBLEMAS QUE SE INTENTAN RESOLVER

En el departamento de Ing. de sistemas, situado en el Instituto Mexicano del Petróleo, se requiere de un Sistema Experto que realice una revisión general de un Plano de Localización General de Equipo (PLG'S), además que sirva como una base de conocimiento para orientar al usuario del sistema referente a cómo ordenar y para qué sirve el equipo dentro del mismo.

Un PLG es un plano que contiene una serie de arreglos de equipos: tanques, bombas, torres, condensadores, cuartos de control, etc., de una planta de refinería y es vista de una perspectiva superior.

Un Sistema Experto lo conforman uno ó más programas que basan su base de conocimiento con la experiencia de un experto humano.

La necesidad del departamento al realizar los PLG'S se centra únicamente en la coherencia que se lleve en la ordenación del equipo y la distancia del mismo.

Este Sistema Experto tendrá la versatilidad de informar al tiempo que se va realizando el PLG elaborando una serie de búsquedas y proporcionando una respuesta óptima, la cual tendrá que cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Transparencia. La respuesta tendrá que ser lo más entendible posible por el usuario.
2. Naturalidad. La respuesta no perderá sus características natas.
3. Eficiencia. El tiempo de respuesta deberá ser el mínimo.

Este Sistema Experto tiene una serie de ventajas importantes, por ejemplo:

- En cualquier trabajo existen expertos humanos, de los cuales al aplicarse este Sistema, reducirá la cantidad de los mismos y así se obtendrán beneficios económicos en la compañía.
- Permitirá al experto humano dedicarse a estudiar otras áreas utilizando su creatividad a la investigación.

Con todo lo expuesto anteriormente, se espera que el sistema experto cumpla con los requisitos ya mencionados.

## **1.8 RESUMEN**

El plano de Localización General de Equipos es un dibujo de la Unidad vista en planta en la cual se encuentran perfectamente localizados todos y cada uno de los equipos, las estructuras y los edificios que componen la unidad, en donde se toman en cuenta consideraciones hidráulicas de materiales, de operación, de esfuerzos, mantenimiento, meteorológicos, económicos y de seguridad.

De lo anterior, se ven los problemas de determinar una ordenación del equipo de trabajo. Por lo cual en esta investigación se describe por procedimientos, recomendaciones de localización de equipo, así como criterios de distancias mínimas y maneras de acotar equipo e instalaciones.

Así mismo, se enuncia la importancia de tomar en cuenta consideraciones importantes como son: La seguridad, clima, geografía, etc. que nos proporciona resultados satisfactorios si se aplican las reglas anteriormente dichas.

# CAPÍTULO **2**

---

## **SISTEMAS EXPERTOS**

---

### **2.1 GENERALIDADES**

En este capítulo se aborda el tema de Sistemas Expertos, se proporciona una definición y se explica qué son, partes que la integran y para qué sirven. Los SE es una derivación o rama importante de la Inteligencia Artificial, por lo que es necesario hacer mención de IA para lograr un mejor entendimiento del mismo, y dar una idea en general, de la importancia de otros subcampos que la conforman.

### **2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)**

La Inteligencia Artificial tuvo alcance considerable en la investigación de Sistemas Expertos a mediados de éste siglo. El área de la IA se ha concentrado en la realización de programas de alto nivel, especializados en diferentes campos profesionales e intenta simular los procesos complicados del pensamiento para encontrar métodos generales y resolver cualquier tipo de problema, usando diferentes tipos de reglas.

La IA es parte de la Informática que intenta hacer a las computadoras más inteligentes y rápidos, y por lo tanto que resulten más útiles. Estas computadoras se programan en un área limitada y estos a su vez puedan razonar como lo haría un ser humano habitualmente.

### 2.2.1. Partes que integran la inteligencia artificial.

Para la IA un problema que no tenga que resolverse mediante una solución algorítmica es posible aplicar las técnicas de la IA. En la figura 2.1 se mencionan algunas partes que la integran.

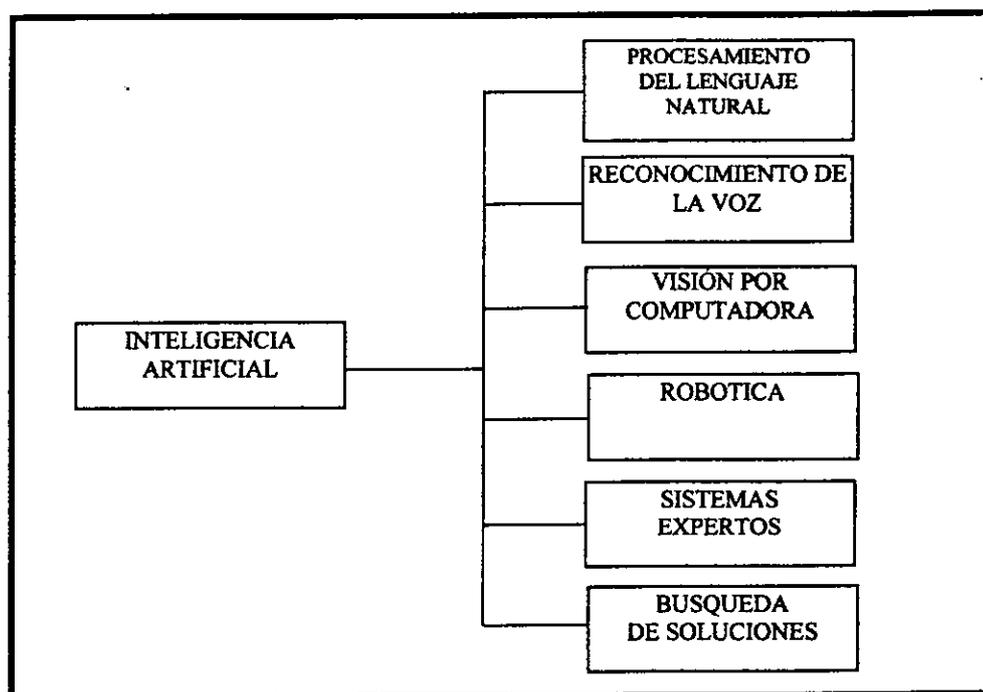


Figura 2.1. Partes que conforman a la IA.

❖ *Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP).*

Por lenguaje Natural se entiende los distintos lenguajes humanos, escrito y hablado. En computación el Lenguaje Natural puede ser de bajo o de alto nivel, un ejemplo de ello es el sistema binario que es de bajo nivel, pero este resulta demasiado complejo y expuesto a muchos errores. Los lenguajes de alto nivel como: Basic, Fortran, Pascal, etc., y ensambladores se desarrollan para facilitar la comunicación entre máquina - hombre. Por lo que el Lenguaje Natural permite a las computadoras comprender el lenguaje humano.

❖ *Reconocimiento de la voz.*

Reconocimiento de la voz proporciona una nueva forma de usar a las computadoras. El Reconocimiento de la voz imita la capacidad auditiva humana de reconocer e interpretar la voz.

❖ *Visión por computadora.*

La Visión por computadora utiliza las técnicas de la IA y estas dotan a los ordenadores de capacidad de percepción visual, para analizar e interpretar información visual.

❖ *Robótica.*

Son dispositivos electromecánicos que realizan movimientos inteligentes imitando al cuerpo humano. LA IA imita a la mente humana y la Robótica imita al cuerpo humano.

❖ *Búsqueda de soluciones o Búsqueda inteligente*

Aunque más bien es una técnica de la IA, es importante hacer mención de la misma, ya que todas las partes de la IA dependen directamente de la búsqueda de soluciones por ser una de las técnicas más básicas.

Se ha hecho mención de los principales subcampos de la IA, pero existen otros de menor entidad.

### **2.2.2 Aplicaciones de la IA**

La IA tiene una gran variedad de aplicaciones, por ejemplo en el control y calidad en fábricas de Visión por Computadora reemplazando a trabajadores humanos.

La Robótica tiene una mayor aplicación en las empresas sustituyendo a gran escala a los trabajadores humanos moviendo y levantando componentes, estos son conocidos como manipuladores. Son múltiples los usos que se le da a los Robots ya sea para pintar, soldar, etc.

Una aplicación nueva es el auto-aprendizaje de la computadora, esto es algo innovador que resulta un gran paso para la IA en todas sus ramas.

También se utiliza para la educación, pues la computadora simula a un instructor y el estudiante puede aprender en una forma interactiva que a su vez le resulta agradable, con la ventaja que el sistema pueda detectar las partes débiles de conocimiento del usuario.

Como ya se mencionó, son múltiples los usos que le ha dado a la IA, en algunos casos hasta la sustitución del hombre, por lo que resulta conveniente conocer más acerca de esta nueva ciencia tecnológica, pues los beneficios que proporciona resultan incontables.

## 2.3 SISTEMAS EXPERTOS

Los SE surgieron como consecuencia de la I.A. al hacer inteligentes a las computadoras. Por lo que su uso es más frecuente que antes, principalmente en los países de desarrollo tecnológico de vanguardia como son: Estados Unidos, Japón y algunos países de Europa. Para poder continuar, forzosamente se tiene que mencionar una definición de los "Sistemas Expertos".

Se han dado diferentes definiciones a los SE a través de los años, debido al constante cambio y desarrollo tecnológico que se le implica al Software y Hardware, como también la nuevas técnicas y reglas que han hecho que los SE sean menos difíciles de utilizar. Y bien, específicamente "Un Sistema Experto es aquel programa (s) que esta integrado por un motor de inferencia y una base de conocimiento, capaz de resolver problemas reales, basando su conocimiento en la experiencia, capturada de especialistas humanos de una área determinada."

### 2.3.1 Partes que integran al sistema experto.

El SE lo podemos subdividir de la siguiente forma:

- ♣ Motor de Inferencia: Es aquel programa que manipula y realiza una búsqueda en la base de conocimiento
- ♣ Base de conocimiento: Es todo el conocimiento que ha sido capturado y almacenado en el SE del o de los especialistas.
- ♣ Memoria de Trabajo: Es el conjunto de datos que se este manipulando, sin tener la necesidad de emplear la base de conocimiento.
- ♣ Interfaz con el usuario: Se realiza la interacción entre el usuario y el sistema experto. Su función principal será el de recibir datos y proporcionar resultados
- ♣ Interfaz con el experto: Se realiza la interacción entre el Ing. de conocimiento y el sistema experto. Su función es el de poder manipular y/o agregar más conocimiento al sistema.

Cada una de las partes anteriores cumple una actividad específica dentro de los SE Cada una de estas partes se apreciarán mejor con la implantación del SE en el capítulo IV.

Principalmente las partes que debe abarcar un SE son los siguientes:

- Efectividad : Esto quiere decir que el SE debe proporcionar respuestas con ciertas probabilidades de éxito, no la mejor, pero al menos la más óptima.
- Eficiencia : El tiempo de respuesta debe ser rápida (con la rapidez que nos da la experiencia y el conocimiento para resolver problemas con profundidad.).
- Claridad : Esto hace referencia al conocimiento almacenado en la Base de Conocimiento, pues debe ser lo suficientemente entendible para el usuario.

Es importante cumplir con las condiciones expuestas hasta ahora para la construcción de un SE si realmente se quiere tener éxito. También es importante hacer énfasis en el COSTO que podría tener la construcción de un SE, porque si la realización de este es mayor a los resultados que se esperan, dejará de ser una buena opción y parecerá poca atractiva la construcción del mismo.

### 2.3.2 ¿Cuándo se debe implementar un SE?

A continuación se presentan diferentes razones por la cual se debe elegir como una alternativa un SE.

- ♣ Cuando un programa convencional no pueda proporcionar resultados esperados por haber sido construido con un algoritmo definido.
- ♣ Cuando los expertos humanos ó especialistas no se encuentren disponibles por falta de tiempo o por que simplemente sea muy cara su asesoría.
- ♣ Cuando se requiere utilizar personal no especializado para resolver problemas especializados.
- ♣ Cuando se requiera que las soluciones sean más rápidas y confiables.
- ♣ Cuando el conocimiento sea demasiado abstracto, y sólo pueda solucionarse mediante reglas que dá la experiencia.
- ♣ Reducir los costos.
- ♣ Cuando existe un desconocimiento general entre los que necesitan el conocimiento.

En primer lugar se hace mención acerca de los programas convencionales, a diferencia de los SE, estos programas funcionan solamente con datos precisos. Con un SE resulta todo lo contrario, su principal característica es resolver problemas con datos inciertos o con ambigüedades. Esto es porque un SE, tiene la capacidad de razonar y poder proporcionar una serie de respuestas fiables para el usuario.

Además se menciona en los puntos anteriores la falta de expertos humanos. El SE es capaz de sustituir en gran medida al experto humano, proporcionando al empresario grandes ahorros y beneficios, pues cualquier persona no especializada, podrá resolver problemas reales con la ayuda del SE, dejando al usuario escoger la respuesta que mejor convenga. Las respuestas que proporcione el SE deberán ser rápidas y concisas.

## 2.4 LA BASE DE CONOCIMIENTO.

Al hacer mención de la base de conocimiento, se tiene que hablar de la diferencia que existe entre conocimiento e información. Por conocimiento se entiende como la comprensión de datos importantes mediante análisis, y por información; la representación de hechos e imágenes de datos que no han sido interpretados. Dicha esta diferencia ahora se abordará el tema de la base de conocimiento.

La base de conocimiento es la parte más importante del SE, la razón de esto, es porque aquí reside todo el *conocimiento* sustraído de una forma abstracta de los especialistas humanos y el Ing. de Conocimiento tendrá que manipularlo de una manera en el que el proceso de razonamiento sea más sencillo al sistema. A continuación se hace referencia de aspectos básicos de la *representación del conocimiento* y se describen varios sistemas del conocimiento que se utilizan en la *representación del conocimiento*.

Para la representación del conocimiento es importante saber con anterioridad la estructura a emplear para describir los elementos del conocimiento, así como buscar un proceso interpretativo para emplear el conocimiento que ya se haya adquirido.

La base de conocimiento esta constituida en forma general de tres partes:

- Conocimiento factual (basados en hechos)
- Conocimiento procedimental (basadas en reglas)
- Conocimiento heurístico (basadas en la experiencia)

La primera hace alusión al elemento del dominio o al conocimiento concreto.

La segunda describe alguna acción dinámica relativa al dominio de los elementos o al conocimiento abstracto. Por ejemplo:

SI o IF                                    (conjunto de condiciones)  
 ENTONCES o THEN                    (acciones a tomar).

El conjunto de condiciones verifica si las condiciones se cumplieron para poder aplicar la regla y las acciones a tomar se ejecutan una vez que se cumplieron las reglas.

Por último se tiene al conocimiento heurístico que hace mención al conocimiento empírico de los especialistas, éste se emplea cuando no se puede aplicar el conocimiento procedimental, y es necesario basarse en la experiencia de los expertos (reglas heurísticas).

Ahora bien, el conocimiento puede ser dispuesto en diferentes niveles, desde un nivel bajo hasta el nivel más alto. La principal diferencia es que el conocimiento de nivel bajo (principios primarios) da el conocimiento de una forma más flexible, pero menos potente, mientras que el nivel de conocimiento más alto lo da de una manera más potente, pero inflexible.

La base de conocimiento la conforman 4 partes fundamentales:

- Una parte de léxico que determina qué símbolos están permitidos utilizar en el vocabulario de la representación.
- Una parte estructural que describe como van a ordenarse esos símbolos.
- Una parte operativa que va a establecer los procesos de acceso para poder modificar al conocimiento.
- Una parte semántica que establece la forma de interpretar el conocimiento.

A continuación se presentan 2 estructuras de la representación del conocimiento.

- ◇ **Lógica Formal**
- ◇ **Lógica No Formal**

### **Lógica Formal**

La lógica formal también conocida como lógica de predicados de primer orden, esta conformada de 4 partes:

- *ALFABETO*
- *LENGUAJE FORMAL*
- *AXIOMAS* (expresados en el lenguaje formal).
- *REGLAS DE INFERENCIA*

Cada axioma describe un fragmento de conocimiento y las reglas de inferencia se aplican a los axiomas para deducir nuevos enunciados verdaderos.

### *ALFABETO*

Esta constituida de símbolos para poder realizar fórmulas. El alfabeto que se utiliza para conformar fórmulas son:

- Constantes
- Variables
- Funciones
- Predicados

Las Constantes representan un elemento específico del dominio guardando siempre su valor. Se representa con letras mayúsculas. Por ejemplo:

TIEMPO	Un reloj
AUTO	Un transporte

Las variables representan un conjunto de elementos dentro del dominio. No tienen un valor en específico y se representan con letras minúsculas. Por ejemplo:

reloj	Elemento que es un reloj, pero sin identidad especificada.
transporte	Cualquier Transporte.

Las Funciones proporcionan el valor de un elemento del dominio, es decir, identifican un elemento de otros. Se representan con letras minúsculas acompañadas de argumentos que pueden ser constantes, variables o hasta una misma función. Por ejemplo:

Orlando (Auto)	Se refiere que el auto es de Orlando
Jessica (Casa)	Se refiere que la casa es de Jessica.
David (rojo (Motocicleta))	Se refiere que es de color rojo la motocicleta y que el dueño es de nombre David

Los Predicados relacionan los elementos que están dentro del dominio. Los predicados junto con los términos que califican a los elementos forman fórmulas atómicas.

MARCAAUTOS (FORD)	Se refiere que Ford es una marca de autos
MASCAROAUTO(MUSTANG,CAVALIER)	Se refiere que es más caro un auto Mustang que un auto Cavalier

Se observa que en enunciados pequeños, no existen problemas al interpretarlos mediante fórmulas FBD (fórmulas bien definidas). Las complicaciones existen cuando se tienen enunciados largos, por lo que es necesario ocupar conjunciones y cuantificadores para obtener FBD complejas. Entre las conjunciones más comunes son:

- ^ and (Y)
- ∨ or (O)
- implica
- ≡ equivalente a
- ~ no (negación)

- ^ Esta conjunción se utiliza cuando sus componentes son verdaderos.
- ∨ Esta conjunción se utiliza cuando alguno de sus componentes sea verdadero.
- Esta conjunción se utiliza para desarrollar construcciones SI-ENTONCES. Ambos Componentes también deben ser verdaderos.
- ≡ Esta conjunción se utiliza para indicar que dos fórmulas son equivalentes.
- ~ Esta conjunción no enlaza en realidad fórmulas, se considera un pseudo-conjunción. Se emplea para cambiar FBD que sean verdaderas a falsas y viceversa.

El empleo de cuantificadores es porque aún con la ayuda de las conjunciones antes nombradas, no se pueden realizar expresiones como "Todo automóvil necesita combustible" ó "EEUU es la potencia de América también lo es del mundo". Los cuantificadores que se utilizan son los siguientes:

$\forall x$  Este cuantificador universal se utiliza para demostrar que la formula es verdadera siempre y cuando todos sus componentes ó variables también sean verdaderos. Por ejemplo:

$$\forall x[\text{AUTO}(x) \rightarrow \text{NECESITA} - \text{COMBUSTIBLE}(x)]$$

$\exists x$  Este cuantificador existencial se utiliza cuando al menos exista alguna asignación para x, que haga que la fórmula sea verdadera.

$$\exists x [\text{POTENCIAEEUU}(x, \text{AMERICA}) \wedge (\text{EEUU}(x, \text{MUNDO}))]$$

### LENGUAJE FORMAL

El lenguaje formal asociado con la lógica de predicados es el conjunto de todos los enunciados que se puedan realizar legalmente a partir del alfabeto de símbolos. Cabe mencionar que todo enunciado que sea una FBD deberá estar legalmente construida.

Para la evaluación del lenguaje formal se recurre a 2 métodos de prueba que son:

Fórmulas atómicas  
Lógica proposional

La primera se determina mediante la aplicación de la interpretación del predicado. Es decir que los argumentos deberán ser ciertos para que la interpretación del predicado también lo sea. Por ejemplo: VELOZ (x) se interpreta que "x corre al menos a una velocidad de 120 Km./hr.", y después se comprueba el valor de verdad mediante otro ejemplo como VELOCIDAD (MUSTANG) para observar a que velocidad se desplaza el auto, dependiendo del resultado, se verificará si la fórmula es verdadera o resulta falsa, tomando como mínimo que el auto corra a 120 Km./hr.

Para la lógica proposional su evaluación se realiza mediante el método de la tabla de verdad. Se utiliza para comprobar la veracidad o falsedad de una complicada fórmula compuesta en lógica de predicados. El método consiste en aplicar en forma sucesiva las relaciones de la tabla de verdad (tabla 2.1) para reducir las fórmulas componentes, comenzando desde adentro hacia afuera. Por ejemplo:

$$[((A \wedge B) \vee (C \wedge \sim B))] \rightarrow (A \equiv D)$$

donde

A y D son verdaderas  
B y C son falsas

Para comenzar se realiza la operación de  $A \wedge B$  y resulta falsa: ff quedando la expresión de la siguiente forma:

$$[ff \vee (C \wedge \sim B)] \rightarrow (A \equiv D)$$

después se realiza la operación  $C \wedge \sim B$  y esta resulta falsa : ff quedando la expresión de la siguiente forma :

$$(ff \vee ff) \rightarrow (A \equiv D)$$

continuando con la expresión  $(ff \vee ff)$  y esta también resulta falsa: ff quedando la expresión de la siguiente forma :

$$ff \rightarrow (A \equiv D)$$

ahora la expresión es  $(A \equiv D)$  que resulta verdadera : vv quedando la expresión de la siguiente forma :

$$ff \rightarrow vv$$

por lo tanto el resultado de la formula es verdadera : vv

X	Y	$X \wedge Y$	$X \vee Y$	$X \rightarrow Y$	$\sim X$	$X \equiv Y$
V	V	V	V	V	F	V
V	F	F	V	F	F	F
F	F	F	F	V	V	V
F	V	F	V	V	V	F

Tabla 2.1. Tabla de verdad.

### REGLAS DE INFERENCIA.

En la lógica formal las reglas de inferencia crean FBD a partir de las ya existentes. La regla más común es la de *modus ponens* y dice lo siguiente: “si P1 es verdadero y P2 siendo cierta implica que P2 sea verdadera, entonces P2 será verdadera”. Simbólicamente se expresa así:

$$[P1 \wedge (P1 \rightarrow P2)] \rightarrow P2$$

La siguiente regla de inferencia se llama *sustitución* para generar nuevas FBD. Esta regla se basa en el reconocimiento de las leyes de equivalencia que son ciertas para todas las fórmulas. Estas leyes se observan en la siguiente tabla (tabla 2.2).

1	$P1 \rightarrow P2 \equiv \sim P1 \vee P2$	
2	$P1 \vee P2 \equiv P2 \vee P1$	Conmutativa
3	$P2 \wedge P1 \equiv P1 \wedge P2$	Distributiva
4	$P1 \vee (P2 \wedge P3) \equiv (P1 \vee P2) \wedge (P1 \vee P3)$	Distributiva
5	$P1 \wedge (P2 \vee P3) \equiv (P1 \wedge P2) \vee (P1 \wedge P3)$	Distributiva
6	$(P1 \vee P2) \vee P3 \equiv P1 \vee (P2 \vee P3)$	Asociativa
7	$(P1 \wedge P2) \wedge P3 \equiv P1 \wedge (P2 \wedge P3)$	Asociativa
8	$P1 \rightarrow P2 \equiv \sim P1 \rightarrow \sim P2$	
9	$\sim(\sim P1) \equiv P1$	
10	$\sim(P1 \vee P2) \equiv \sim P1 \wedge \sim P2$	de DeMorgan
11	$\sim(P1 \wedge P2) \equiv \sim P1 \vee \sim P2$	de DeMorgan
12	$P1 \vee \text{FALSO} \equiv P1$	
13	$P1 \vee \text{VERDADERO} \equiv \text{VERDADERO}$	
14	$P1 \wedge \text{VERDADERO} \equiv P1$	
15	$P1 \wedge \text{FALSO} \equiv \text{FALSO}$	
16	$P1 \vee \sim P1 \equiv \text{VERDADERO}$	
17	$P1 \wedge \sim P1 \equiv \text{FALSO}$	

Tabla 2.2. Leyes de equivalencia para lógica proposional.

### Ventajas

Al utilizar la lógica formal en la representación del conocimiento se obtiene la veracidad de cada FBD.

### Desventajas

El tiempo de procesamiento directo resulta tardado, ya que no todas las fórmulas resultan útiles.

### Lógica no Formal

La utilización de la lógica no formal es debida a que resulta *más flexible* que los esquemas de la lógica simbólica (lógica formal) descrita anteriormente.

En este punto de la lógica no formal se abordan los esquemas siguientes:

- *REGLAS DE PRODUCCIÓN*
- *REDES SEMÁNTICAS*
- *OBJETOS ESTRUCTURADOS*

## REGLAS DE PRODUCCIÓN

Las reglas de producción fueron creadas por Post en 1943. La reglas de producción es la forma más sencilla de representar el conocimiento, debido a que utiliza el principio de casualidad (causa y efecto).

Las reglas de producción constan de conjuntos de acciones o efectos, que serán verdaderas cuando se cumplan un conjunto de condiciones.

La vida diaria de una persona esta basada en reglas de producción y se logra mediante un conjunto de hechos que son ciertos y un conjunto de reglas de producción que muestran la forma de evolución de estos hechos. En la representación del conocimiento de tipo procedimental la forma de describir la vida diaria de una persona es similar ya que se realiza mediante los datos y los algoritmos, obteniéndose datos ciertos o falsos. Observar el siguiente ejemplo:

Hecho: En mi jardín tengo una PLANTA PERENNE, ALTA Y CON EL TRONCO DESNUDO

Regla 1: Un árbol es una planta perenne, alta y con el tronco desnudo.  
Nuevo Hecho: En mi jardín tengo un árbol

La formula general de una regla será la siguiente:

SI < Condiciones > ENTONCES < Conclusiones o acciones >

Se dice que la conclusión se refiere a la creación de un nuevo hecho válido y la acción suele referirse a la transformación del hecho.

REGLA 1: <árbol> SI <planta Y perenne Y alta Y tronco desnudo >.  
REGLA 2. <arbusto> SI <planta Y perenne Y NO alta Y tronco NO desnudo>.  
REGLA 3. <alta> SI <altura> = 6 metros>.

“Existe una restricción de la sintaxis en las reglas de producción que se denominan cláusulas de Horn y son las siguientes:

- 1.- Sólo existe una conclusión por regla.
- 2.- La conclusión no puede aparecer negada.

El conocimiento acerca de las reglas de producción que siguen ésta misma estructura, se denomina Metarreglas. Estas Metarreglas ayudan en la resolución de problemas. Un ejemplo de esto es si la base de conocimiento está construida en forma modular, las Metarreglas pueden quitar partes de los módulos por lo que resulta más rápida la búsqueda de soluciones.”<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Sistemas Expertos, "Juan Pablo Sánchez Beltrán", Edit. Macrobit, pág. 72

Las metarreglas están divididas en 2 clases:

Las metarreglas ciegas: Éstas contienen conocimientos sobre la estructura de las reglas (sintaxis), ejemplos:

Elegir la regla más corta  
Elegir la primera regla  
Elegir la regla con mayor peso  
Elegir la regla utilizada más recientemente.

Las metarreglas no ciegas: Son aquellas que contiene conocimiento en el contenido de las reglas,  
ejemplo:

Un árbol joven no es alto, por lo que no es aplicable la regla 1.

NO <REGLA> SI <joven>.

#### *Ventajas*

Las ventajas de emplear las reglas de producción es que resulta sencillo por su carácter declarativo, su sencillez y principalmente su independencia que le permite incluir o quitar sin ser afectado la base de conocimiento.

#### *Desventajas*

Las desventajas de las reglas de producción es que resulta difícil la relación de las reglas, por lo que constantemente se recurren a las Metarreglas. Crecen muy rápido las reglas y esto ocasiona que sea lento el proceso de inferencia.

### *REDES SEMÁNTICAS*

Las redes semánticas representan el conocimiento mediante nodos y ramas. (Relaciones entre los nodos, estas relaciones pueden ser de herencia o de descripción). Fueron creadas en 1968 por Quillian y Collins.

Estas redes semánticas se basan en la asociación de conocimientos que realiza la memoria humana. Las redes semánticas al igual que las reglas de producción se pueden transformar con facilidad en una lista.

Ejemplo (figura 2.2) de la red semántica:

planta (características (raíz, tronco, hojas), ejemplo (árbol)).  
 árbol (característica (alto), ejemplo (encina)).

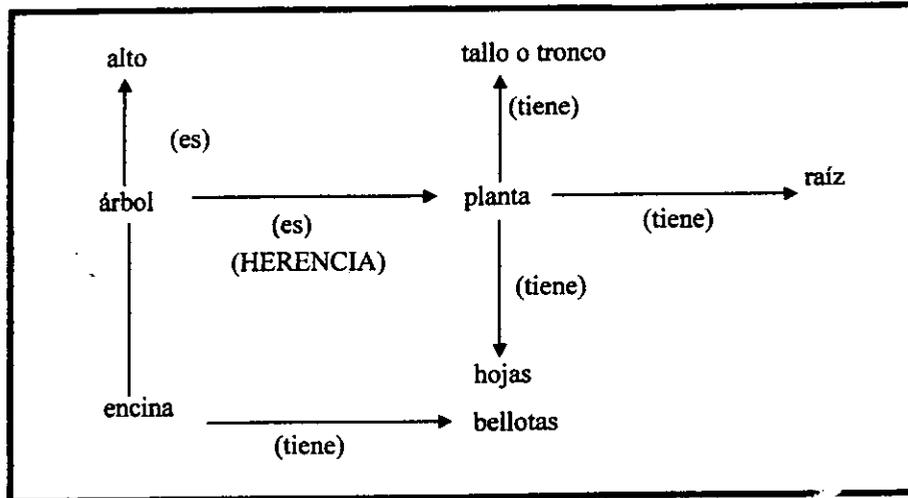


Figura 2.2. Ejemplo de una red semántica.

La inferencia de nuevos hechos se realiza por seguimiento de los enlaces ó por acción de herencias.

Ejemplo:

Hecho: El pino es un árbol.

Con el nuevo hecho se necesita hacer modificaciones a la red semántica.

Los nuevos hechos que se infieren al incorporar un hecho a la red semántica son los siguientes:

Nuevos hechos: El pino es una planta alta; tiene raíz, tallo y hojas.

Existe un caso particular de red semántica con ciertas limitaciones que es la terna (Objeto - Atributo - Valor). Ver la siguiente figura 2.3.

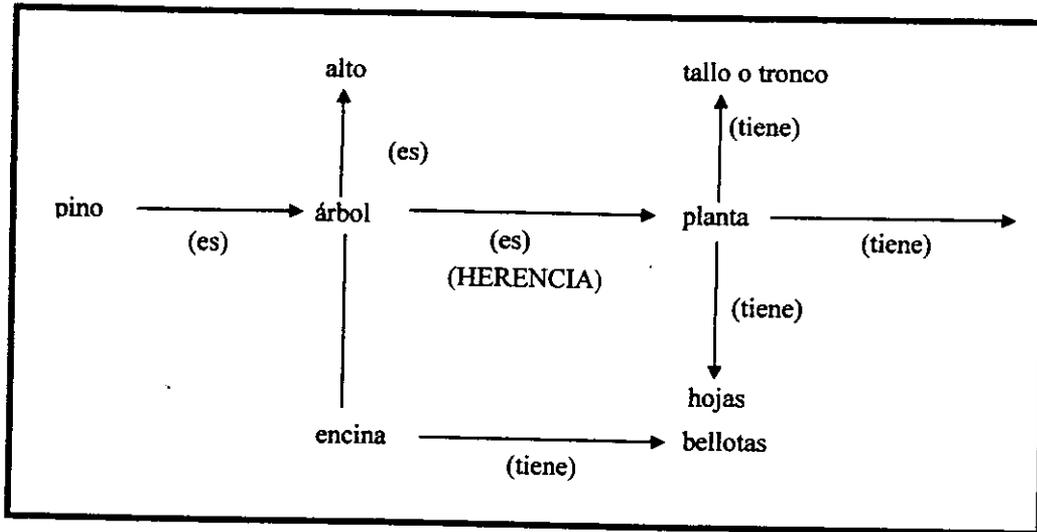
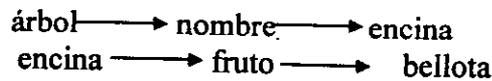


Figura 2.3. Red semántica con ciertas limitaciones.

A continuación se presentan algunos ejemplos de formas reducidas de red.



Estas ternas son sencillas y de estructura uniforme, generalmente utilizadas en el lenguaje LISP.

*Ventajas*

Las ventajas de las redes semánticas es su potencia a la hora de definir relaciones y su especial adaptación a sistemas interactivos.

*Desventajas*

Las redes semánticas tienen poca flexibilidad, por lo que resulta difícil realizar modificaciones.

En realidad las redes semánticas casi no son utilizables por sí solas, por lo regular su empleo es relacionado con las reglas de producción.

### *OBJETOS ESTRUCTURADOS.*

Los objetos estructurados son parte de las redes semánticas, es decir que incluyen conocimientos procedimentales pero no inferenciales. De los objetos estructurados reciben diferentes denominaciones como:

Marcos  
Guiones  
Objetos  
Esquemas  
Formas y clases  
Plantillas  
Reglas

Existen pocas diferencias o ninguna, uno de otros, pero todas incorporan conocimiento procedimental.

En lo siguiente se empleará el término Plantilla.

La relación que existe entre la Plantilla con las redes semánticas es que permite aprovechar el conocimiento general.

Las plantillas contienen *descriptores* y *valores de descriptores*. Los descriptores (slots) son parámetros que ayudan a la descripción del objeto, y si existen datos se les llaman valores de los descriptores.

A las plantillas que describen casos individuales como "Tigre, un felino" se le conoce como plantillas ejemplares.

A las plantillas que describen clases completas en las que están incluidas varios ejemplares se les llama plantilla de clases ó clases.

En los descriptores existen 2 en especial y son los siguientes:

**Es** (abreviatura de *es* miembro de la clase). Asigna ejemplares a las clases de los que son miembros.

**Ako** (siglas en inglés *a kind of*, que en español significa "un tipo de"). Vincula clases entre sí.

En la figura 2.4 se observa un sistema de plantillas en forma jerárquica.

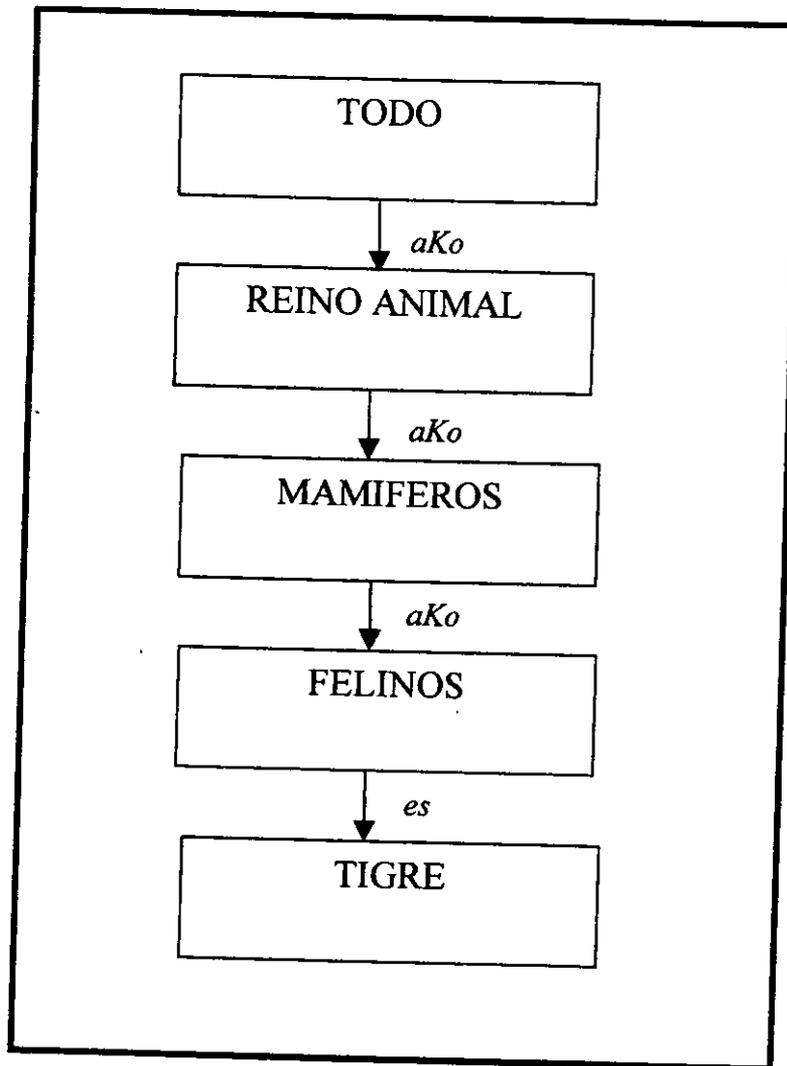


Figura 2.4. Plantilla en forma jerárquica.

Donde Tigre es miembro de la clase de los felinos, que es una subclase directa de los mamíferos y una subclase directa de los mamíferos y una subclase del reino animal. Finalmente, cada clase se considera como una subclase de la clase Todo.

#### *Procedimientos de Acceso en Plantillas.*

En cualquier representación se necesitan procedimientos de acceso para poder formar ejemplares y clases y poder manipularlos. Estos procedimientos son los siguientes:

Constructor de clases. El constructor de clases puede hacer plantillas de clase que contenga otros descriptores y más de una superclase directa.

Escritor de descriptores. Instala valores de descriptor. La entrada es una plantilla, el nombre de un descriptor y un valor que se va a instalar.

Lector de descriptores. Recupera valores de descriptores. La entrada es una plantilla y el nombre de un descriptor, su salida es el valor de descriptor correspondiente.

### *Herencia*

La herencia permite a los procedimientos *cuando-se-construye* mover valores de descriptor por omisión de clases a ejemplares.

Los descriptores de un ejemplar están determinados por las superclases de dicho ejemplar. Si una superclase tiene un descriptor, entonces, el ejemplar “hereda” dicho descriptor. A veces los valores de descriptor se especifican después de que se construye un ejemplar.

Una manera de compartir el conocimiento es utilizar procedimientos *cuando-se-construye* asociado con las clases de las que el ejemplar es miembro.

Puede ocurrir que al realizar un procedimiento *cuando-se-construye* no se este enterado de cual es ganador. Ver el siguiente ejemplo:

Tigre  
Felinos      Aquí se almacena el procedimiento  
Mamíferos   Aquí se almacena el procedimiento  
Reino Animal  
Todo

Cada clase de las jerarquías del ejemplo tiene sólo un enlace *Ako* existente (refiriéndose al diagrama anterior). Resulta fácil formar una lista ordenada e integrada por Tigre y las clases a las que éste pertenece. Dicha lista se le conoce como *lista de precedencia de clases*.

A tigre se le proporcionan dos procedimientos para calcular valores del descriptor alimenticio.

*Donde se menciona que el procedimiento asignado a la clase de felinos dice que es carnívoro. Mientras que el procedimiento asignado a la clase Mamíferos dice que es herbívoro.*

Para resolver esta ambigüedad se recurre a la lista de precedencia de clases, y el que esté mas cerca a Tigre será el procedimiento aplicable más específico, en este caso es felino. Por lo tanto Tigre es carnívoro.

*Jerarquía de clases ramificadas*

La Jerarquía de clases ramificadas se presentan cuando existe más de un enlace *Es* por encima de un ejemplar, o más de un enlace *ako* por encima de una clase. Cuando se tiene una jerarquía ramificada y si tiene varios procedimientos *cuando-se-construye* que afecten a un descriptor, se deben tomar varios criterios. Una alternativa es una búsqueda en *profundidad-exhaustiva* de izquierda a derecha con la condición de *subir-hasta-la-uni6n*. La condici6n *subir-hasta-la-uni6n*, indica que cualquier clase que se encuentre m1s de una vez durante toda la b1squeda sea ignorada hasta que se le encuentre por 1ltima vez.

Para la construcci6n de la lista de precedencia de clases mediante la b1squeda en profundidad exhaustiva es hacer un recorrido en profundidad de cada rama hasta llegar a un nodo ya visitado. Una vez terminado la rama, recorrer la rama de la derecha, de modo que el recorrido de ramas se hace de izquierda a derecha. Observar la figura 2.5.

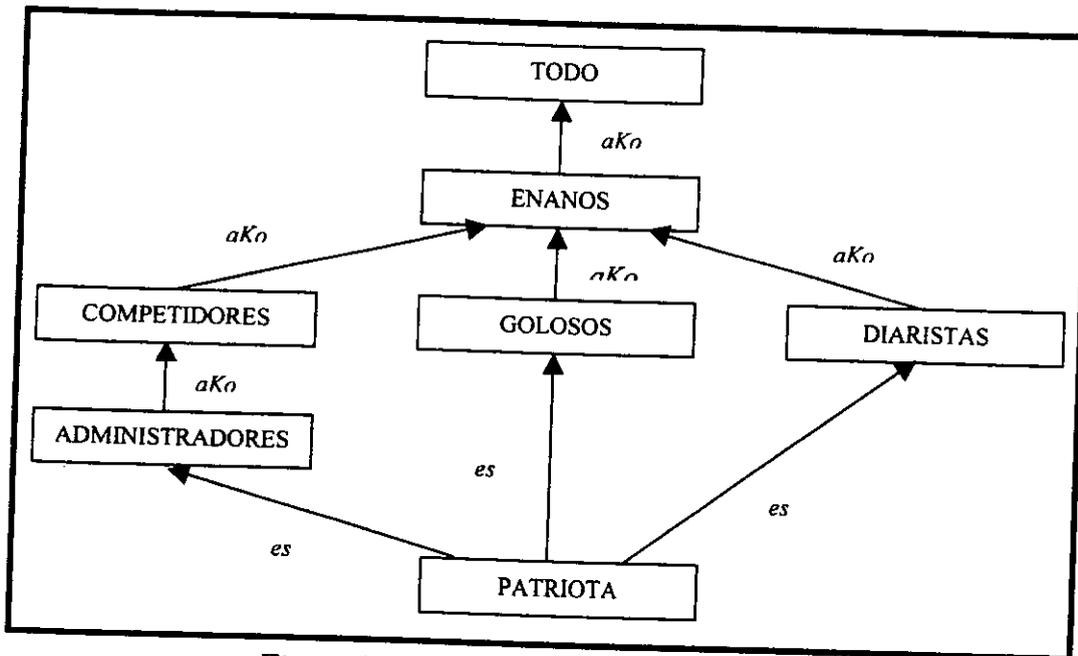


Figura 2.5. Jerarquía de clases ramificadas.

Para 6ste ejemplo se cuenta con la siguiente informaci6n:

- ❖ Los competidores y los golosos de cuentos de hadas son enormes
  - ❖ La mayoría de los enanos de cuentos de hadas son gordos
  - ❖ El apetito de la mayoría de los enanos de cuentos de hadas es reducido
  - ❖ El apetito de la mayoría de los golosos de cuentos de hadas es enorme
  - ❖ La mayoría de los competidores de cuento de hadas son delgados
- Sean los dos procedimientos para calcular apetito.

Para llenar el descriptor *Apetito cuando-se-construye* un nuevo enano  
 ➤ Escribir Reducido en el descriptor

Para llenar el descriptor Apetito cuando se construye un nuevo Goloso

➤ Escribir Enorme en el descriptor

Con lo descrito anteriormente, la lista de precedencia queda de la siguiente manera:

Patriota  
Administradores  
Competidores  
Golosos  
Diaristas  
Enanos  
Todo

De esta forma, se deduce que Patriota tiene Apetito Enorme.

#### *Procedimiento de ordenamiento Topológico*

Se emplea cuando el procedimiento de búsqueda en profundidad, de izquierda a derecha y de la condición *subir-hasta-la-uni3n, no sea suficiente*. Este procedimiento es m1s complicado que los anteriores, pero tiene la ventaja de mantener las superclases directas en orden en la *lista de precedencia* de clases.

El procesamiento se basa en hacer pares de clases adyacentes que permiten construir la jerarquía conservando el orden *abajo-arriba e izquierda a derecha*.

#### *Procedimiento Demonio*

Mediante procedimiento Demonio la lectura o escritura puede activar procedimientos *cuando-se-pide, cuando-se-lee 3 cuando-se-escribe*.

El t3rmino Demonio es usado porque se emplean para invalidar los valores de descriptor. Por ejemplo, se dice en el siguiente procedimiento *los tigres normalmente cazan por hambre*.

Cuando se pide un valor para la ranura Hambre de un tigre

➤ Responda cazar

De esta manera, los procedimientos *cuando-se-pide* manejan una especie de valor virtual, y es porque en realidad la palabra cazar no esta en ninguna ranura, pero da la apariencia que s3 lo esta.

Los procedimientos *cuando-se-lee* y *cuando-se-escribe* se activan cuando los valores de descriptor, son respectivamente, lectura y escritura. Puede usarse para asignar que un cambio

en un valor de descriptor se refleje en un cambio apropiado y automático en otro valor de descriptor. Por ejemplo:

Cuando se escribe un valor en el descriptor Físico de un tigre.

- Si el nuevo valor es Fuerte, escriba grande en el descriptor Apetito.

El siguiente procedimiento son llamados *con-respecto-a*, los cuales son procedimientos *cuando-se-pide* especializados y permiten establecer puntos de vista de acuerdo a un contexto. Ejemplo:

Cuando se pide el valor del descriptor velocidad de Tigre, desde la perspectiva de una persona normal.

- Responda Rápido

Cuando se pide el valor del descriptor velocidad de Tigre, desde la perspectiva de un Chita.

- Responda Lento.

Las plantillas son consideradas como una red semántica generalizada. La diferencia está en el uso de los términos con que se llaman, mientras que en plantillas se emplea ejemplares, clases, descriptores y valores de los descriptores en redes semánticas se utilizan nodos, enlaces y destinos de enlace. Sus procedimientos de acceso son los lectores de descriptores y escritores de descriptores, se cuenta además con ciertos procedimientos de permiten manejar la información llamados procedimientos demonio. Los procedimientos *cuando-se-construye* permiten la aplicación del término de herencia en un sistema de plantillas.

Esta forma de representación de conocimiento es considerada como fácil de construir y corregir y los procedimientos descritos anteriormente dan cabida a un proceso de aprendizaje por parte del sistema.

## 2.5 CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO.

Los pasos a seguir para la construcción del un SE son los siguientes:

- \* Estudio de la demanda
- \* Análisis del problema
- \* Elección de la fuente de conocimiento
- \* Preselección del soporte
- \* Adquisición del conocimiento
- \* Selección del soporte
- \* Construcción de prototipo

- \* Validación del prototipo
- \* Mantenimiento

### Estudio de la demanda.

Para la realización de un SE se debe observar el mercado computacional, para saber lo que necesitan los usuarios que en este caso resultan principalmente empresas y centros de investigación. Los motivos por los cuales se inclinan por un SE y no por programas convencionales. Algunas de las razones ya fueron expuestas anteriormente.

Otro motivo que se debe desatacar es el costo del SE, para los empresarios de estos sistemas, tienen que analizar perfectamente cuánto se invertirá en la realización del mismo, tomando en cuenta los factores que hacen posible que el SE cumpla con los objetivos que fueron establecidos. Los factores son los siguientes:

1. Costo de desarrollo. La persona o personas que van a proporcionar sus conocimientos y experiencias que pueden ser desde un nivel básico hasta la del especialista.
2. Costo de explotación. Hace referencia al equipo que se va a utilizar a nivel software y hardware.
3. Costo de mantenimiento. Hace referencia a la persona o personas que van a dar mantenimiento al SE, como también el cambio de equipo si así se requiere.

### Análisis del problema.

El análisis del problema se lleva a cabo en el área perfectamente determinada donde se va a recurrir con la realización del SE donde el Ing. de conocimiento va a establecer cuales serán sus herramientas de trabajo (Software, Hardware), como también el de analizar si es preferible la implantación del SE (ventajas y desventajas). Un ejemplo de esto es que si en el problema no requiere de un experto humano sencillamente es porque el problema es trivial y existe una manera más fácil de resolverlo o porque resulta demasiado complejo el problema por lo que ya este resuelto de otra forma.

### Elección de la fuente de conocimiento.

En este punto el Ing. de conocimiento debe escoger a los expertos humanos, una forma de lograr esto es mediante entrevistas con los usuarios para saber cual sería la persona idónea para extraer sus conocimientos y experiencias.

### Preselección del soporte

Se debe establecer qué lenguaje se va a emplear en la realización del SE. Ver que el lenguaje proporcione un mantenimiento fácil y un tiempo de respuesta rápido. Todo esto se logra tomando en cuenta factores como el diseño de la representación del conocimiento, como el programa que realice la búsqueda en el mismo (motor de inferencia).

### Obtención del conocimiento

El Ing. de conocimiento debe adaptarse al área que va a realizar el SE o al menos familiarizarse, ya sea mediante entrevistas con los especialistas, leyendo revistas, libros, manuales, etc. y con esto saber delimitar el problema.

Otra gran ayuda para el Ing. de conocimiento es el de observar cómo los especialistas resuelven los problemas.

Cada método que aplique el Ing de conocimiento para extraer las experiencias de los especialistas, será de gran ayuda al final para la realización de la base de conocimiento.

### Selección del soporte

A diferencia del punto precedente, aquí se mencionan nuevos parámetros importantes como son:

- ◆ La elección de motor de inferencia
- ◆ La capacidad que requiere la base de conocimiento
- ◆ Los interfaces del experto, usuarios, Ing. de conocimiento, etc.
- ◆ Formas de actualización de la base de conocimiento.

Lo óptimo será que la elección haya sido la correcta desde un principio.

### Construcción del prototipo

Aquí se tiene que hacer una evaluación del conocimiento adquirido, demostrar que el Ing. de conocimiento no se equivocó para que el experto no sienta que fueron inútiles sus esfuerzos, esto lo estimulará más y su participación será mayor.

### Validación del prototipo

La forma más fácil de evaluar el SE es un enfrentamiento con el experto humano. Él evaluará al SE mediante un estudio del comportamiento del mismo frente a una gama de problemas comparando la resolución que dá con la que él realizaría.

### Mantenimiento

El Ing. de conocimiento estará alimentando constantemente de conocimiento al SE para que no resulte obsoleto con el tiempo.

## **2.6 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.**

Algunas de ellas ya se han señalado durante la exposición precedente. Ahora se presentan las ventajas respecto a los especialistas humanos.

- ◆ La disponibilidad de tiempo. A cualquier hora se puede consultar al SE de forma ininterrumpida.
- ◆ Se pueden duplicar.
- ◆ La portabilidad que tienen. Se pueden transportar a cualquier parte.
- ◆ Explican procesos. (Esto ayuda en gran medida a los usuarios, porque indirectamente los hace expertos también).
- ◆ Mantendrán siempre el conocimiento. A diferencia de los expertos humanos que se pierde sus conocimientos y experiencias cuando mueren.
- ◆ Se dice que son de mentalidad abierta, pues son fáciles de reprogramar.
- ◆ Pueden adoptar conocimiento constantemente.

En la actualidad el SE resulta torpe y limitado, conforme pase el tiempo poco a poco se irá avanzando en nuevas técnicas para la base de conocimiento así como mejores programas para el motor de inferencia, todo esto con el fin de lograr la sustitución del experto humano, sin extrañarse que es el objetivo principal del SE.

## **2.7 RESUMEN**

Hasta ahora se han descrito la definición de un SE así como de dónde procede, partes que la integran, sus ventajas, etc.

La base de conocimiento es el lugar donde reside toda la información disponible para la solución de problemas. La base de conocimiento esta constituida en forma general de tres partes: Conocimiento factual, Conocimiento procedimental y Conocimiento heurístico. Para la representación del conocimiento se dividió en 2 estructuras: Lógica formal y Lógica no formal. Se ha tratado de ser lo más claro en cada punto, en ocasiones proporcionando ejemplos cuando resulta difícil entender el concepto.

Para el desarrollo del SE en la elaboración de planos de localización general de equipos, es tentativa para la representación del conocimiento las reglas de producción. Se podrá comprobar si las reglas de producción son las adecuadas al SE cuando se obtenga toda la base

de conocimiento sustraído de los especialistas, ésto se observará en el capítulo 4 en la implementación del SE.

## CAPÍTULO 3

---

# MOTOR DE INFERENCIA

---

### 3.1 GENERALIDADES

En el siguiente capítulo se aborda el tema del Motor de Inferencia (MI). Se hará mención de diferentes técnicas de búsqueda, proporcionando ejemplos en cada uno de ellos.

El MI es la parte donde radica el tiempo de respuesta del SE, siendo importante realizar una buena elección en la técnica en la que se va a desarrollar. También involucra las explicaciones o razones por las que se llegó a distintas soluciones.

El MI realiza la búsqueda e interpreta el conocimiento en la Base de Conocimiento(BC), por lo que es la segunda parte importante de. SE después de la BC

En forma general se puede dividir el MI en dos partes:

*La búsqueda que no ordena las soluciones.* Ésta a su vez esta conformada en dos estructuras y son las siguientes:

- Aleatoria. Esta técnica revisa toda la BC en forma exhaustiva por lo que el resultado es de lo más óptimo. Esta técnica es recomendable aplicarla cuando la BC es relativamente pequeña, de lo contrario, la proporción de las posibles soluciones serán lentas.
- Heurísticas. Esta técnica divide la BC en módulos, y consiste en buscar en algunas partes de la BC, por lo que resulta más rápida que la búsqueda exhaustiva.

*La búsqueda que ordena las soluciones.* Para éste caso la aplicación que se le dá es cuando la representación del conocimiento está formada por reglas, y consiste en un encadenamiento que permite a una regla ser el antecedente de la siguiente regla a considerar. Con la utilización de este método se genera una estructura similar a un árbol, y finaliza cuando proporcione el resultado o el conjunto de soluciones.

*La búsqueda que ordena las soluciones se divide en 3 partes:*

- Encadenamiento hacia adelante
- Encadenamiento hacia atrás
- Encadenamiento Mixto

*Encadenamiento hacia adelante.* Consiste en conjuntar conocimientos con los datos que se proporcionen para poder dar una solución.

*Encadenamiento hacia atrás.* Consiste en comprobar que un objetivo es cierto basándose en unos hechos que forman el universo del sistema y en la base a un conocimiento.

*Encadenamiento Mixto.* Consiste primeramente en buscar un conjunto de soluciones mediante un encadenamiento hacia delante, tras lo cual mediante un encadenamiento hacia atrás se verifican estas soluciones.

A continuación se explican varias técnicas de búsqueda de procedimiento para la realización del MI

### 3.2 LA BÚSQUEDA SISTEMÁTICA

La primera técnica que se describe es la búsqueda que se realiza en forma *heurística y aleatoria* (búsqueda sistemática) y es la siguiente:

Búsqueda sistemática { Búsqueda en profundidad  
Búsqueda en amplitud

Como se observa, la búsqueda sistemática se divide en 2 partes. Esta técnica se aplica para obtener trayectorias de un punto a otro. Para la elección de ésta, se debe tomar en cuenta lo siguiente: buscar una trayectoria que resulte más corta ó buscar una trayectoria que resulte con menos cálculo (es decir la primera trayectoria que se encuentre de un punto al objetivo al que se quiera llegar sin importar si ésta sea la más corta). Se representan mediante diagramas en forma de árboles y estos están compuestos por:

- ↳ Nodos que representan trayectorias
- ↳ Las ramas conectan trayectorias a extensiones de trayectorias de un paso

Contiene escritores

- ↳ Cada trayectoria la conectan a una descripción de trayectoria

Contiene lectores que

- ↳ Producen una descripción de trayectoria.

Observar las siguientes figuras 3.1 y 3.2:

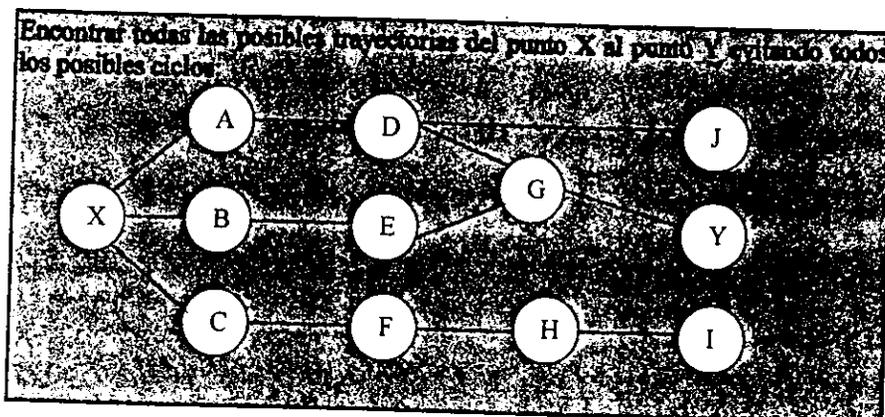


Figura 3.1. Búsqueda en profundidad.

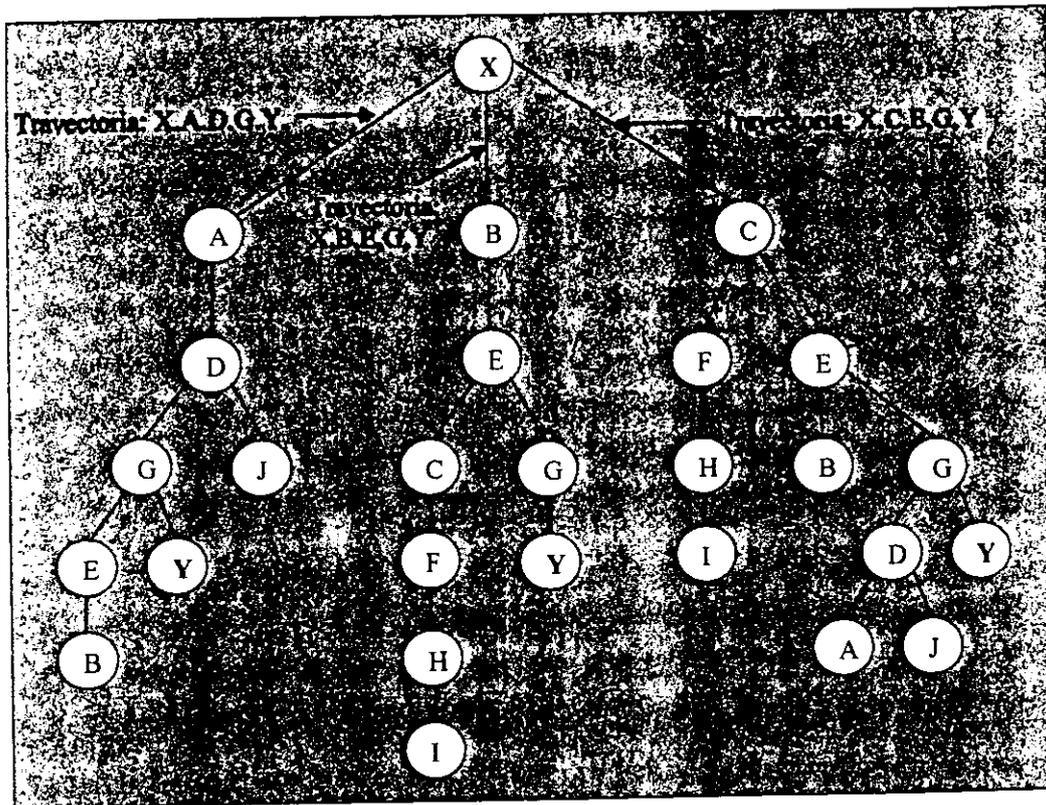


Figura 3.2. Aquí se observan todas las trayectorias.

En donde X es el nodo raíz por no tener un nodo antecesor. Los nodos como A, B y C son llamados nodos hijos del nodo X y padres de los nodos D, E y F, estos a su vez pasan a ser nodos padres de los nodos G, J, H, C y B y así consecutivamente. Los nodos que no tienen nodos hijos se les nombra nodos hoja.

Las trayectorias que no alcanzan su objetivo se les llama trayectorias parciales y las trayectorias que alcanzan la meta se nombran trayectorias completas. Al nodo al que se quiera llegar se le conoce como nodo meta.

Una vez dadas estas bases para la realización de una búsqueda sistemática, ahora se describirán 2 métodos de búsqueda para encontrar trayectorias.

### 3.2.1 Búsqueda en Profundidad.

La búsqueda en profundidad consiste en localizar una trayectoria que se encuentre en la parte izquierda del árbol (por convención de intentar las alternativas de izquierda a derecha) y tomar uno de los hijos en cada nodo que se visita, y continuar a partir de ese hijo, ignorando otras alternativas posibles en cada nivel si existen posibilidades de encontrar un nodo meta mediante la elección original. Cada trayectoria que se realice deberá ser indicada por una línea punteada.



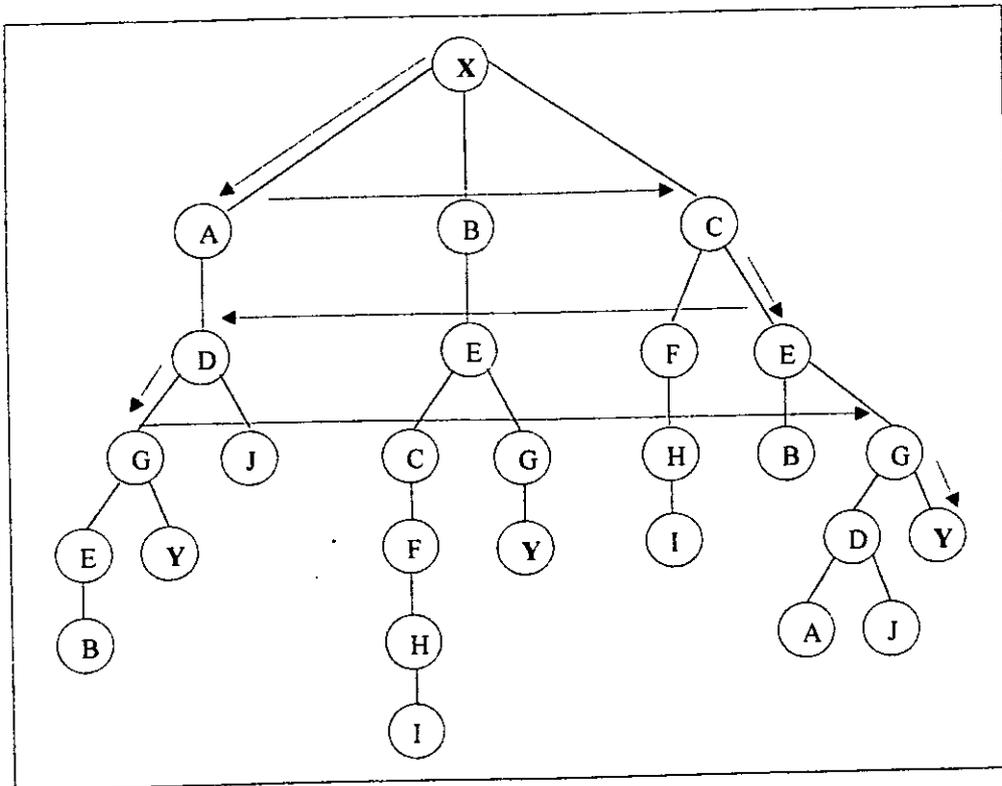


Figura 3.4. Ejemplo de una búsqueda en Amplitud.

Este método es idóneo para trayectorias largas o profundas, pero resulta en ocasiones un desperdicio de tiempo cuando todas las trayectorias conducen a la meta a la misma profundidad.

### 3.3 MÉTODOS QUE SE GUÍAN POR ESTIMACIONES DE CALIDAD HEURÍSTICA.

La esencia de este método es realizar una serie de selecciones para poder disponer de las trayectorias más prometedoras y elaborar mediciones. Con ello se logra obtener un ordenamiento razonable.

#### 3.3.1 Búsqueda de Ascenso de Colina

La búsqueda en ascenso de colina es similar al método de búsqueda en profundidad. La diferencia consiste que al emplear este método realizan primeramente mediciones heurísticas que ordenan las alternativas conforme los nodos se extienden por lo que se

ignora la estrategia de iniciar izquierda a derecha. El ejemplo siguiente se aprecia en la figura 3.5.

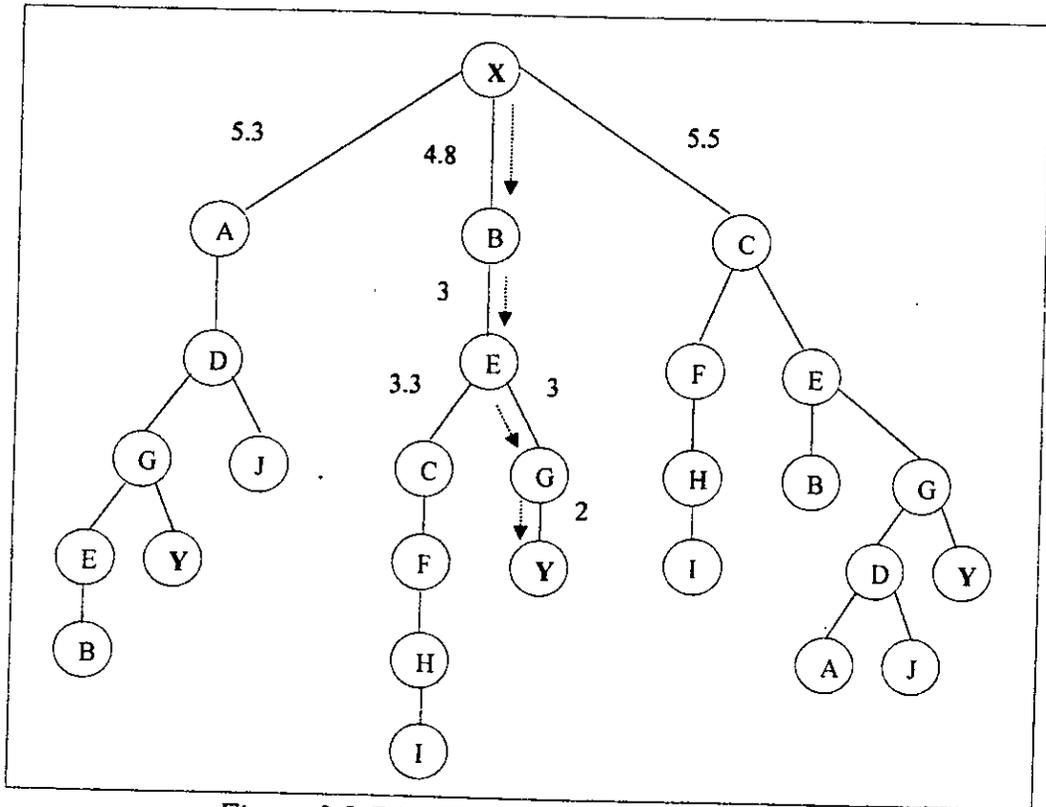


Figura 3.5. Búsqueda de Ascenso de Colina.

Como se observó, el empleo de este método ahorra mayor tiempo que la búsqueda en profundidad ya que se ignoran las trayectorias menos prometedoras. Esto se debe porque se tiene un mayor conocimiento al realizar la búsqueda.

### 3.3.2 Búsqueda en Haz

La búsqueda en Haz es parecida a la búsqueda en amplitud, pero como el anterior método, realiza también mediciones heurísticas. Este método consiste en escoger los mejores nodos  $n$  de cada nivel, desconociendo los otros nodos. Para el siguiente ejemplo tomamos a  $n$  nodos = 3. Observar la figura 3.6 (A,B,C,D y E).

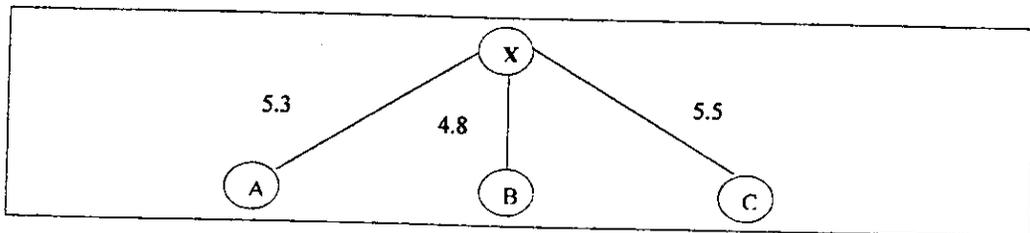


Figura 3.6 A.

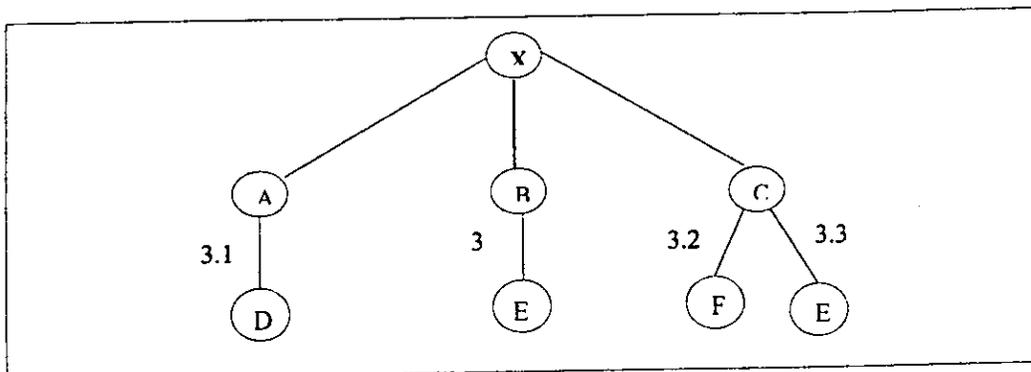


Figura 3.6 B.

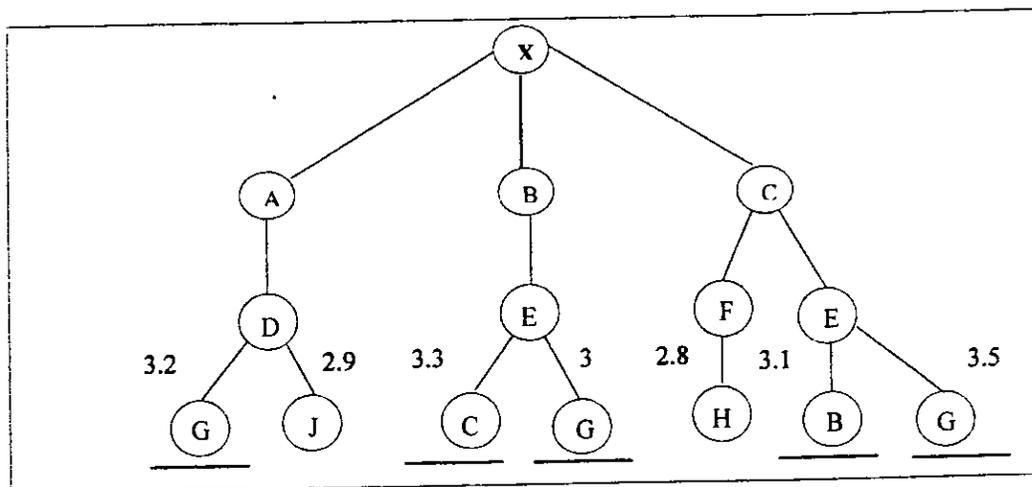


Figura 3.6 C.

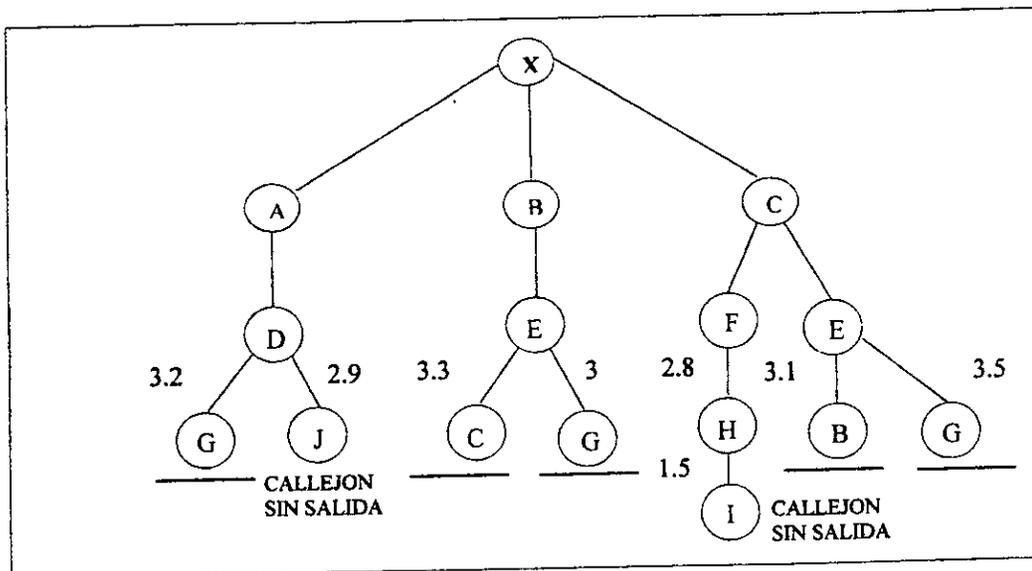


Figura 3.6 D.

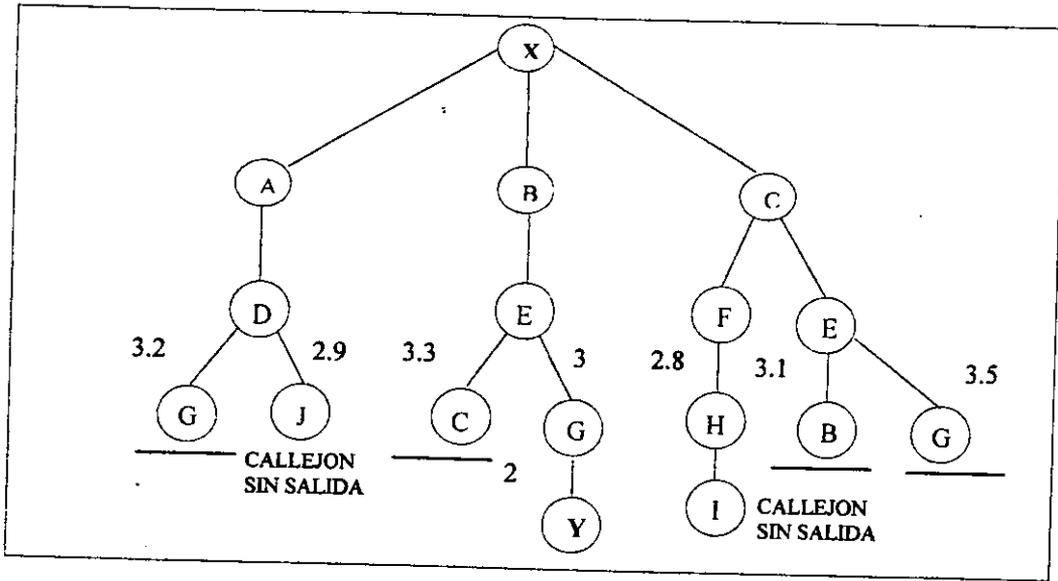


Figura 3.6 E.

### 3.3.3 Búsqueda el primero el mejor

El método el primero el mejor consiste en realizar un movimiento a partir del mejor nodo abierto que se tiene hasta ese punto, sin importar donde se encuentre ese nodo en el árbol parcialmente desarrollado.

Es aplicable este método cuando se tiene una medida de la distancia hacia a la meta. Por lo tanto, este método podría resultar mejor que los anteriores.

### 3.3.4 Enfriamiento disimulado

Consiste en realizar una exploración lo suficientemente amplia al principio. Similar a un "descenso" de colina, es decir, pretender minimizar la función objetivo que maximizarla.

El enfriamiento simulado visto como proceso computacional "se basa en el proceso físico de la aleación, en la que ciertas sustancias físicas como los metales se funden (es decir se incrementan sus niveles de energía) para luego sufrir un proceso gradual de enfriamiento hacia un estado solido. El objetivo de este proceso es alcanzar un estado final de mínima energía"<sup>1</sup>.

Tomando como comparación el hecho de que el objetivo sea el nivel de energía y el proceso físico de la aleación es el método de descenso de colina. Como las sustancias físicas normalmente obtienen configuraciones de más baja energía, el descenso de colina se presenta sin ningún problema. Pero existen probabilidades de que ocurra lo contrario,

<sup>1</sup> Rich Elaine, Knight Kevin "Inteligencia Artificial", Edit. McGraw-Hill, pág. 77-78.

es decir, transiciones con energía más alta. A esta probabilidad se le representa mediante la siguiente fórmula:

$$p = e^{-\Delta E / kT}$$

donde  $\Delta E$  es el cambio positivo en el nivel de energía,  $T$  es la temperatura y  $K$  es la constante de Boltzmann.

Este método es aplicable en problemas en los que los números de movimientos que puedan realizarse en un cierto estado, sea muy elevado.

### 3.4 MÉTODO DE GENERACIÓN Y PRUEBA, ANÁLISIS DE MEDIOS Y FINES Y REDUCCIÓN DEL PROBLEMA.

#### 3.4.1 Método de Generación y Prueba

El método de Generación y Prueba consiste en proporcionar una posible solución. En algunos casos significa generar un objetivo particular en el espacio del problema, o bien, se propone generar un camino a partir de un estado inicial. También compara el objetivo elegido por el objetivo final para ver si realmente es verdadero.

El método de Generación y Prueba localiza y proporciona la solución, si esta existe. El problema es que si el espacio del problema es muy grande, el tiempo de respuesta será considerablemente lento. Esto es porque realiza una búsqueda exhaustiva similar a la búsqueda en profundidad ya antes mencionada. También la búsqueda se puede hacer en forma heurística, sin garantizar que se encuentre la solución mediante este método.

#### 3.4.2 Análisis de medios y fines

Este método consiste en búsquedas con razonamiento hacia adelante y hacia atrás. Se centra en la detección de diferencias entre el estado actual y el estado objetivo. Una vez que se ha aislado una diferencia, debe encontrarse un operador que pueda reducirla. Es posible que el operador no produzca exactamente el estado objetivo que se desea. Por lo que entonces a partir de donde se establezca el operador (estado) tendrá que llegar hasta el objetivo.

El análisis de medios y fines cuenta con un conjunto de reglas que puedan transformar un estado problema en otro. Se representa con un lado izquierdo que describe las condiciones que deben cumplirse para que pueda aplicarse la regla (llamada precondiciones de la regla), y un lado derecho que describe aquellos aspectos del estado

problema que cambian al aplicar la regla, ver la figura 3.7. Se ayuda de una tabla que ordena las reglas atendiendo a las diferencias a reducir.

Ver el ejemplo siguiente, donde el objetivo es que un robot mueva un escritorio de una habitación a otra, con dos objetos encima de él.

Aqui se muestran los operadores, precondiciones y resultados que se disponen. Ver tabla 3.1.

Operador	Precondiciones	Resultados
EMPUJAR(obj, lug)	en(robot, obj) $\wedge$ grande(obj) $\wedge$ despejado(obj) $\wedge$ brazo_vacio	en(obj, lug) $\wedge$ en(robot, lug)
LLEVAR(obj, lug)	en(robot, obj) $\wedge$ pequeño(obj)	en(obj, lug) $\wedge$ en(robot, lug)
ANDAR(lug)	Ninguna	en(robot, lug)
COGER(obj)	en(robot, obj)	sostiene(obj)
DEJAR(obj)	Sostiene(obj)	-sostiene(obj)
COLOCAR(obj1, obj2)	en(robot, obj2) $\wedge$ sostiene(obj1)	sobre(obj1, obj2)

Tabla 3.1. Operadores del robot

En la tabla de diferencias 3.2 se describe cuando es apropiado cada operador.

	Empujar	Llevar	Andar	Coger	Dejar	Colocar
Mueve objeto	*	*				
Mueve robot			*			
Despeja objeto				*		
Pone objeto en objeto						*
Vacía brazo					*	*
Sujeta objeto				*		

Tabla 3.2. Tabla de diferencias.

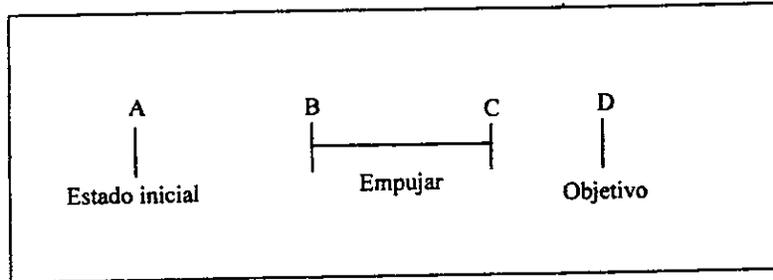


Figura 3.7. Progreso del método de análisis de medios y fines

Donde los operadores que nos lleva al objetivo son : EMPUJAR, CAMINAR. COGER, COGER, DEJAR, EMPUJAR Y COLOCAR.

Para el empleo de este método se recomienda no implementarlo en problemas complejos y grandes, ya que el resultado serán tablas de diferencia enormes.

### 3.4.3 Reducción del problema.

Este método consiste en reconocer las metas y a estas las convierte en submetas apropiadas. Por lo que también se conoce como reducción de metas. La esencia de este método es explorar un árbol de metas y dividir estas metas, para obtener una reducción del problema. Ejemplo :

Se tiene que Luís quiere entrevistarse con su novia, pero para ello él tiene que viajar del D.F. a Monterrey.

La meta principal es viajar de su casa a la casa de su novia.

La forma de resolverlo por el método de Reducción del problema es dividir en otras metas la meta principal y así reducir el problema. Ver figura 3.8.

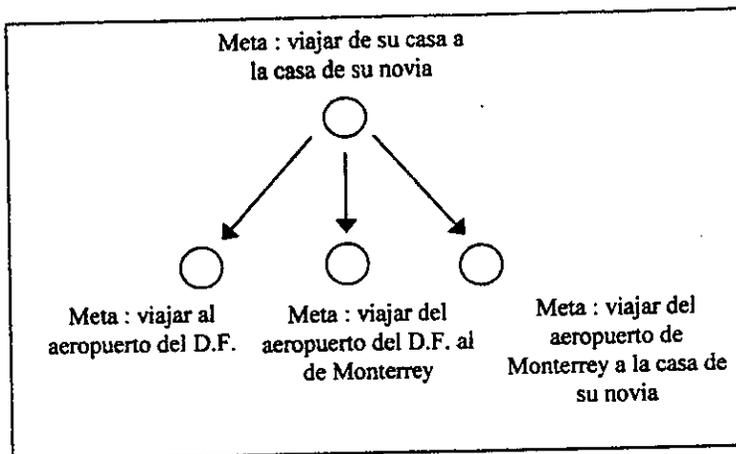


Figura 3.8. Reducción del problema.

Una vez que se haya dividido la meta, es posible resolverlo de una manera más sencilla mediante el método de medios y fines.

### 3.5 SISTEMAS DE DEDUCCIÓN BASADOS EN REGLAS (IF-THEN).

El sistema de deducción basados en reglas esta compuesto por reglas IF-Then. Se representa mediante gráficas similares a la figura 3.9.

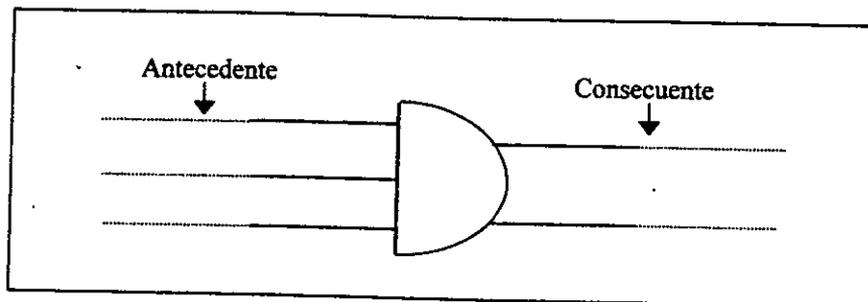


Figura 3.9. La representación gráfica es una compuerta AND (dispositivo electrónico) por conveniencia.

Esta compuesto por uno o varios patrones *si* y uno o varios *entonces*:

Si       $si_1$   
            $si_2$   
           .  
           .  
           .  
 entonces  $entonces_1$   
                $entonces_2$   
           .  
           .  
           .

Este método consiste en expresar el conocimiento en reglas *si - entonces*. Estas reglas están representadas por antecedentes y consecuentes como lo muestra la figura 3.9.

Este método es aplicable en dos formas:

- Encadenamiento progresivo
- Encadenamiento regresivo

El encadenamiento progresivo se aplica a través de afirmaciones hasta llegar a las conclusiones, mientras que el encadenamiento regresivo se aplica a partir de hipótesis

hasta llegar a las preguntas. La elección de estos dependerá del tipo de problema que se quiera resolver. Esto se aprecia mejor en la tabla 3.3.

<p>Cuando las reglas sean tales que un conjunto típico de hechos puedan llevar a conclusiones</p>	<p>Esto quiere decir que el sistema de reglas exhibirá un alto grado de <i>Amplitud de salida</i> por lo que debe aplicarse el método de:</p>	<p><b>Encadenamiento Regresivo</b></p>
<p>Cuando las reglas sean tales que una hipótesis típica pueda conducir a muchas preguntas</p>	<p>Esto quiere decir que el sistema de reglas mostrará un alto grado de <i>Amplitud de entrada</i> por lo que debe aplicarse el método de:</p>	<p><b>Encadenamiento Progresivo</b></p>

Tabla 3.3. Tabla de encadenamiento regresivo y progresivo.

### 3.6 RESUMEN

El MI es la parte del Sistema que se encarga de hacer las búsquedas necesarias en la base de conocimiento. El MI hará uso de los conocimientos para obtener una o varias soluciones.

Se ha hecho mención de diferentes métodos de búsqueda, se proporcionaron algunos ejemplos en cada método, así como una posible aplicación. Ahora le corresponde al Ingeniero elegir la que mejor convenga de acuerdo a la Base de Conocimiento que se cuente.

Si las reglas de producción son las adecuadas para la representación del conocimiento en el SE (el que se ha planteado en un principio para la realización de PLG'S), muy probablemente sea encadenamiento hacia adelante el que se emplee como método de búsqueda.

# CAPÍTULO 4

---

## IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO

---

### 4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se explica la técnica de búsqueda para el MI y la forma de representación del conocimiento para la BC que se eligieron para realizar el SE. Se hace referencia de los 2 lenguajes que se emplearon para la construcción del SE (Visual Basic y Visual C) y se mencionan otros lenguajes que generalmente se emplean para el desarrollo del mismo. Se explica en forma general partes del código del sistema y se hace alusión de la interfaz que se realizó de Visual C a Visual Basic mediante librerías dinámicas (DLL). También se anexa una descripción del funcionamiento del mismo.

### 4.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Para la realización de Planos de Localización General de Equipos en el capítulo 1 se proporcionaron diferentes criterios y condiciones que se deben tomar para su elaboración. Tomando en cuenta esos 2 puntos y sumándola con la experiencia de especialista, se parte hacia el inicio del S.E.. La intención del SE no es el crear un nuevo PLG, sino el brindar al usuario una

serie de arreglos de equipos que hayan sido analizados y que por lo tanto se encuentran en funcionamiento. El SE esta enfocado únicamente a proporcionar ese tipo de arreglos de equipos, divididos en diferentes grupos en forma de módulos. Estos módulos se clasifican como a continuación se indican:

- Módulo Torres
- Módulo Reactores
- Módulo Compresores

El SE no realizará dibujos, sino que brindará al usuario el arreglo de equipos que considere conveniente (arreglos que ya fueron creados) de acuerdo a las condiciones que proporcione el usuario. Cada módulo contiene las características de cada equipo. También se tomaron en cuenta las distancias mínimas que deben tener los equipos unos de otros. El sistema será capaz de autoevaluarse, es decir, explicar como llegó a un resultado.

### 4.3 OBTENCIÓN Y APLICACIÓN EN LA BASE DE CONOCIMIENTO

Para la obtención en la BC, fue necesario la asesoría de Expertos Humanos(EH) en el área de Ing. Química, el de consultar revistas, libros, una gran cantidad de PLG'S y diferentes tipos de materiales que se involucraban directamente con el tema. Por ejemplo:

- Hojas de Datos (contiene toda la información de cada equipo)
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (representan en forma esquemática tuberías, instrumentos de control en equipos de proceso)

Una vez que se familiarizó con el tema, y después de una serie de entrevistas con los EH, se llegó a la conclusión de que todas las plantas tienen en sus equipos arreglos similares. Por ejemplo, una Planta Fraccionadora con capacidad de 65000 barriles diarios y una Planta Reformadora con capacidad de 115000 barriles diarios, tomando en cuenta a las torres como equipo principal, se observó que las Torres independientemente de la capacidad y el número de equipos que le acompañan, siempre contaría mínimo con un Agotador, un Condensador, un Acumulador y un Horno. Al igual que las Torres, los Reactores y los Compresores cuentan con un mínimo de equipos para poder funcionar en forma correcta

El siguiente paso fue el de escoger un equipo principal de cada arreglo ó módulo, los que se eligieron fueron los ya antes mencionados: Torres, Compresores y Reactores. Después se formo una lista de cada arreglo resaltando a los equipos principales. Para la obtención de los arreglos fue necesario el consultar PLG de plantas existentes y para garantizar el buen funcionamiento de las mismas, se realizaron entrevistas a los ingenieros químicos que habían tenido la oportunidad de conocer las plantas en las distintas comisiones en los que son enviados por el IMP.

Para saber cual sería la mejor manera de interpretar el conocimiento, se estudiaron las distintas técnicas de representación del conocimiento mencionadas en el capítulo 2, eligiéndose finalmente



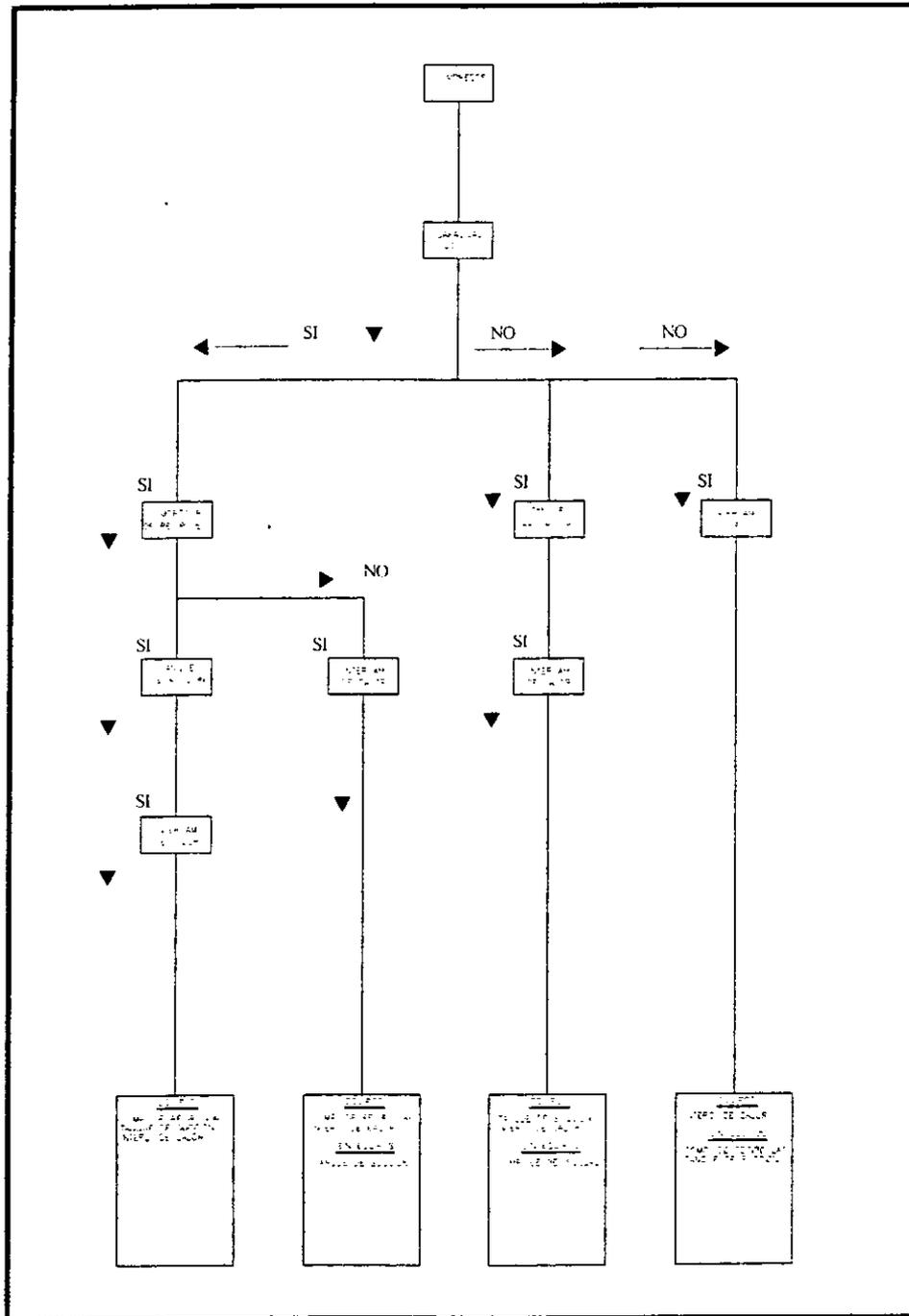


Diagrama 4.1. Módulo del Compresor.

En este caso se trata de un módulo de compresor con capacidad de 25,000 bda. El programa de MI recorre el diagrama de izquierda a derecha. Cada respuesta positiva, el programa continuará al siguiente equipo posterior, de lo contrario, el programa buscará en la siguiente opción de la derecha.

Otros diagramas empleados se observan en el apéndice A.

## 4.5 ELECCIÓN DEL LENGUAJE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA EXPERTO

Existen lenguajes que resultan idóneos para la realización de un SE, por ejemplo los más empleados son los SHELL por incluir un motor de inferencia facilitando al Ingeniero el de sólo preocuparse en la representación del conocimiento olvidándose de la programación. La desventaja es que en ocasiones la base de conocimiento no se adapta a las reglas que se quieren representar. El lenguaje PROLOG y LISP al igual que los SHELL también incluyen un Motor de Inferencia, pero la desventaja del lenguaje LISP es que se tiene que implementar los métodos de búsqueda. Los lenguajes convencionales (Basic, Pascal, C, etc.) también son empleados, pero requieren de una mayor programación para la construcción del Motor de Inferencia por lo que se requiere de mayor tiempo y en ocasiones el adicionar un programador al proyecto para auxiliar en la realización de un SE.

Para el desarrollo de este SE en particular, se eligieron Visual C y Visual Basic. Las razones son las siguientes:

- Por no contar con ningún SHELL y lenguajes de PROLOG y LISP. (estos lenguajes fueron solicitados anteriormente a la gerencia de informática del IMP, pero se informó que en esos momentos no se contaba con un presupuesto)
- No se contaba con conocimientos de los anteriores lenguajes, por lo que llevaría tiempo el de aprender dichos lenguajes.
- En un inicio se planteó en que se realizaría el Motor de Inferencia en lenguaje (Visual C) porque así resultaría más rápida la búsqueda y se optimizaría la memoria por el uso de apuntadores. La utilización de Visual Basic es porque resulta más fácil la interfaz gráfica y por la posible continuación de la 2da. Etapa (se menciona en las conclusiones) en el desarrollo del SE.
- Por tener mejor dominio en estos 2 lenguajes.

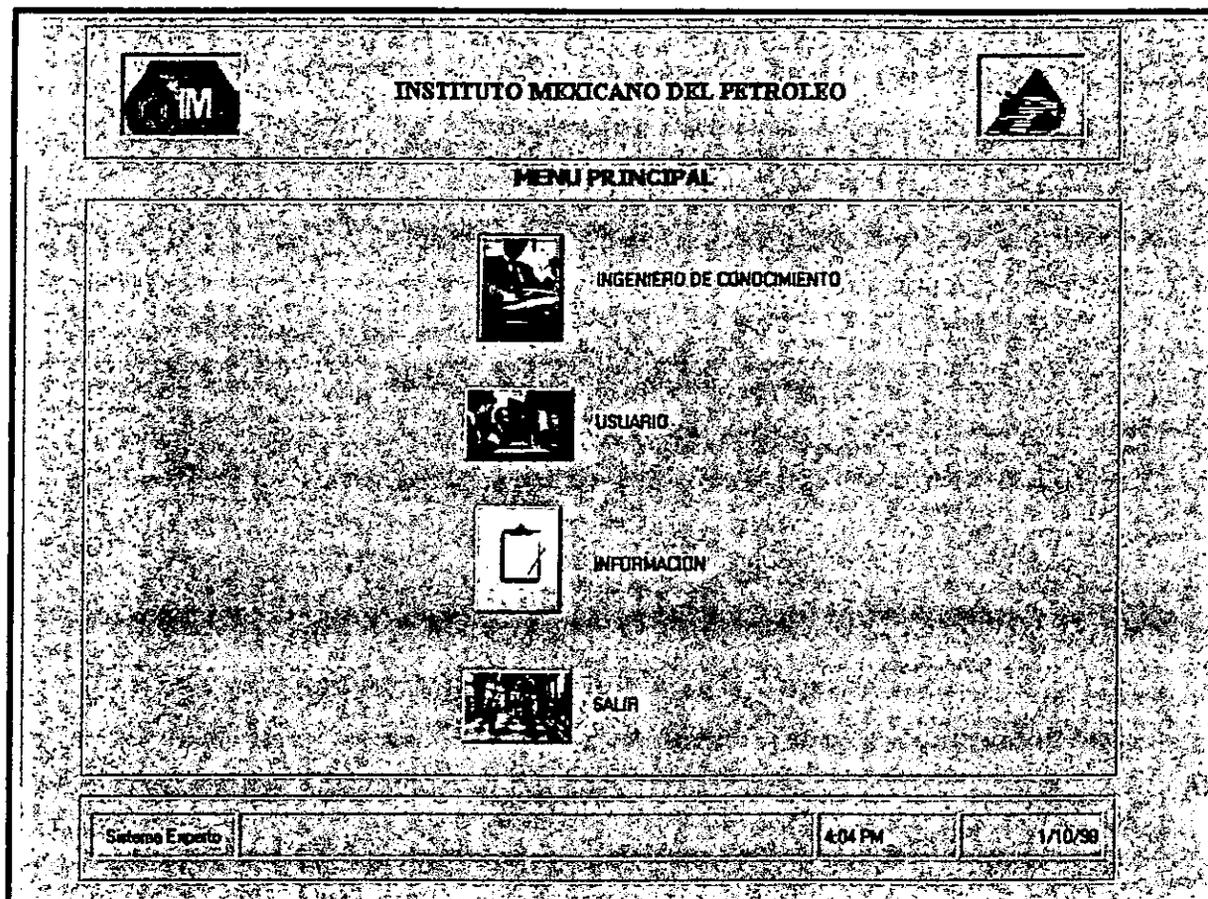
Se ha hecho una descripción de los lenguajes aplicables en los SE. En una escala de prioridad, la elección debe elegirse de la siguiente manera:

1. SHELL
2. LISP o PROLOG
3. Lenguajes convencionales

Es importante señalar que se realizó una interfaz entre Visual Basic y Visual C para automatizar código y tiempo en la programación, por lo que se creó una Librería Dinámica (DLL), dentro del siguiente punto se explica a detalle.

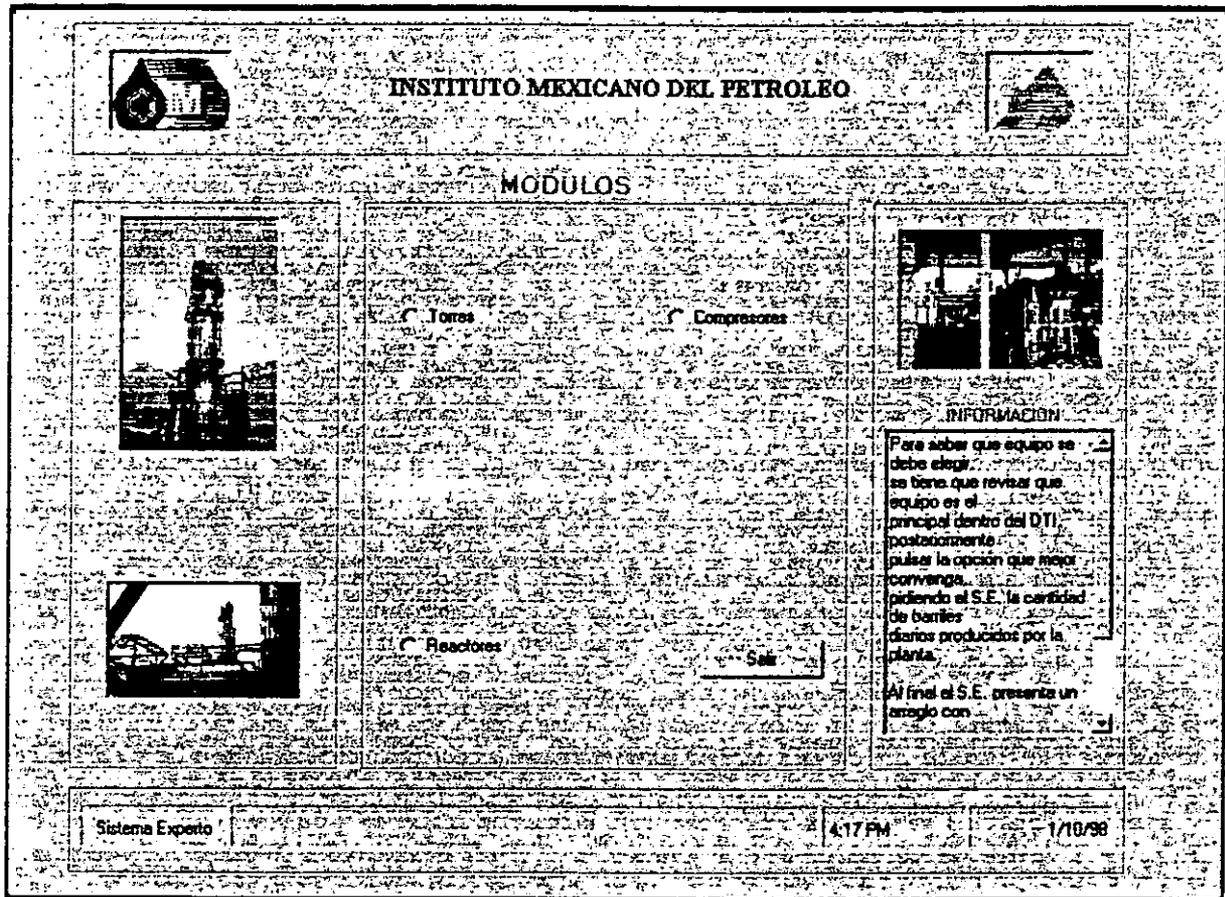
## 4.6 INTERFAZ DEL SE CON EL USUARIO

El Sistema Experto presenta al inicio un menú principal. Como se observa en la pantalla 4.1 existen una de serie de opciones. Básicamente el usuario tendrá disponibilidad de 3 botones: USUARIO, INFORMACION Y SALIR.



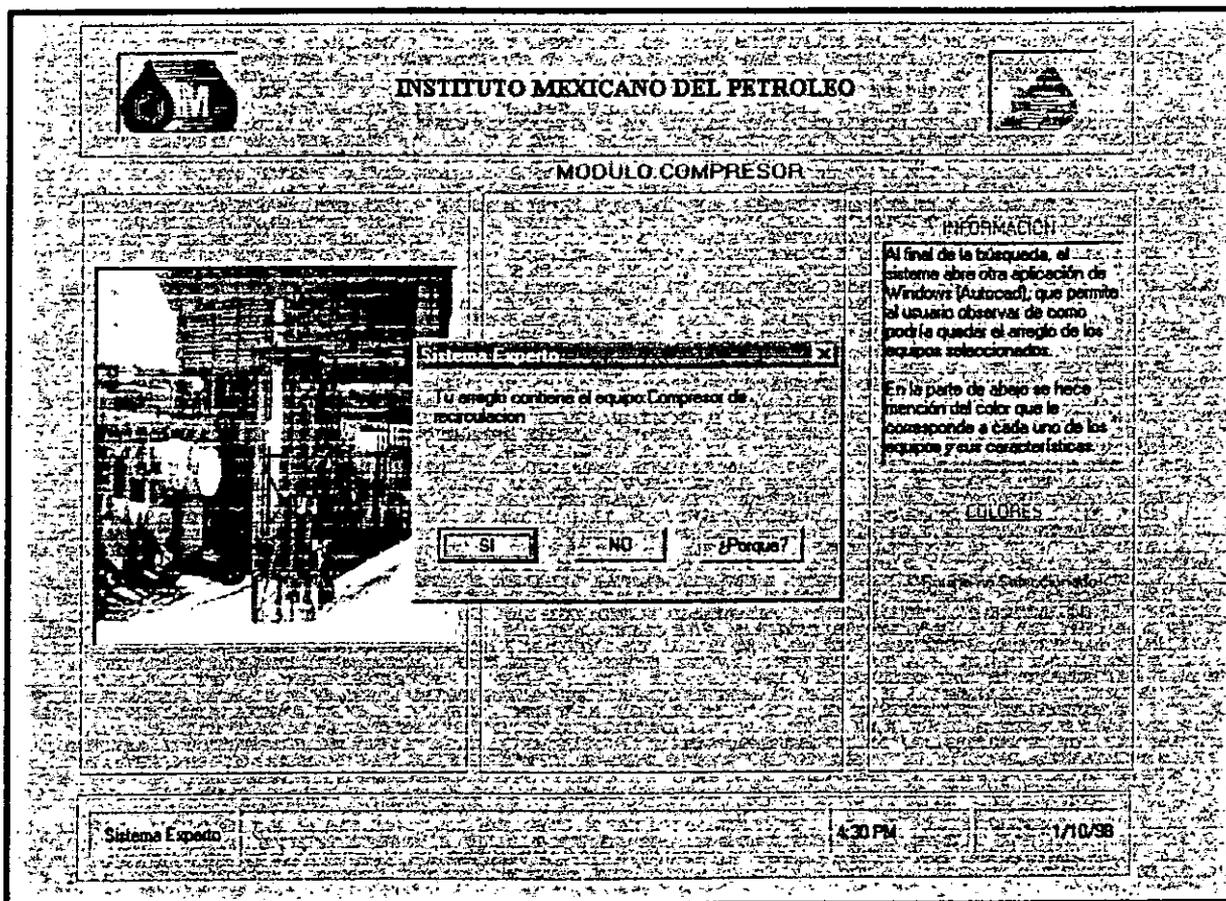
*Pantalla 4.1. Menú principal del SE.*

Al oprimir el botón de USUARIO el SE despliega otra pantalla y se visualizan 3 equipos principales. Aquí es donde el usuario puede elegir cual será su equipo principal. Ver pantalla 4.2



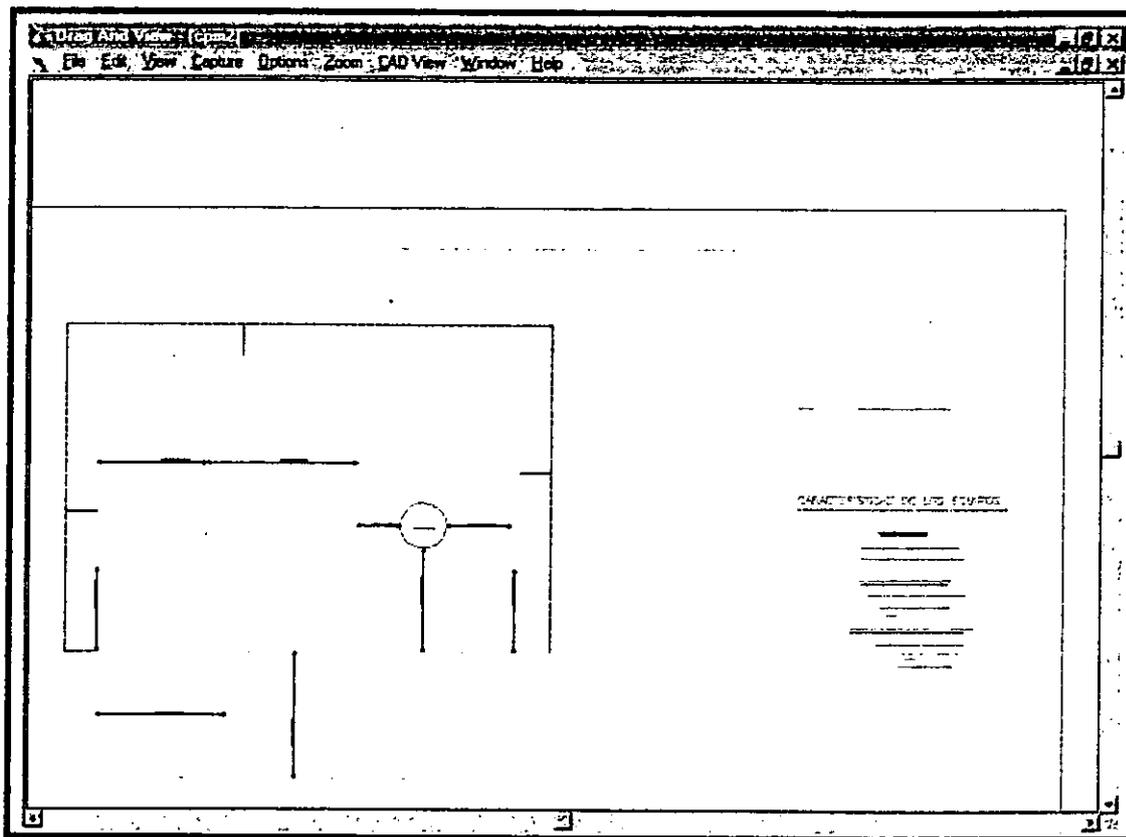
Pantalla 4.2. Equipos principales.

Una vez elegido el equipo principal, el SE preguntará al usuario la cantidad de barriles diarios producidos por la planta y de acuerdo a los datos que proporcione el usuario, se presentará la última pantalla con 2 opciones: BUSQUEDA Y SALIR. Al oprimir el botón de BUSQUEDA el SE preguntará los posibles equipos que componen al arreglo principal almacenados en su BC. El usuario escogerá si los equipos que proporcione el SE son los necesarios para su planta. Para este ejemplo se eligió como equipo principal el Compresor. Ver pantalla 4.3



Pantalla 4.3. Módulo del Compresor.

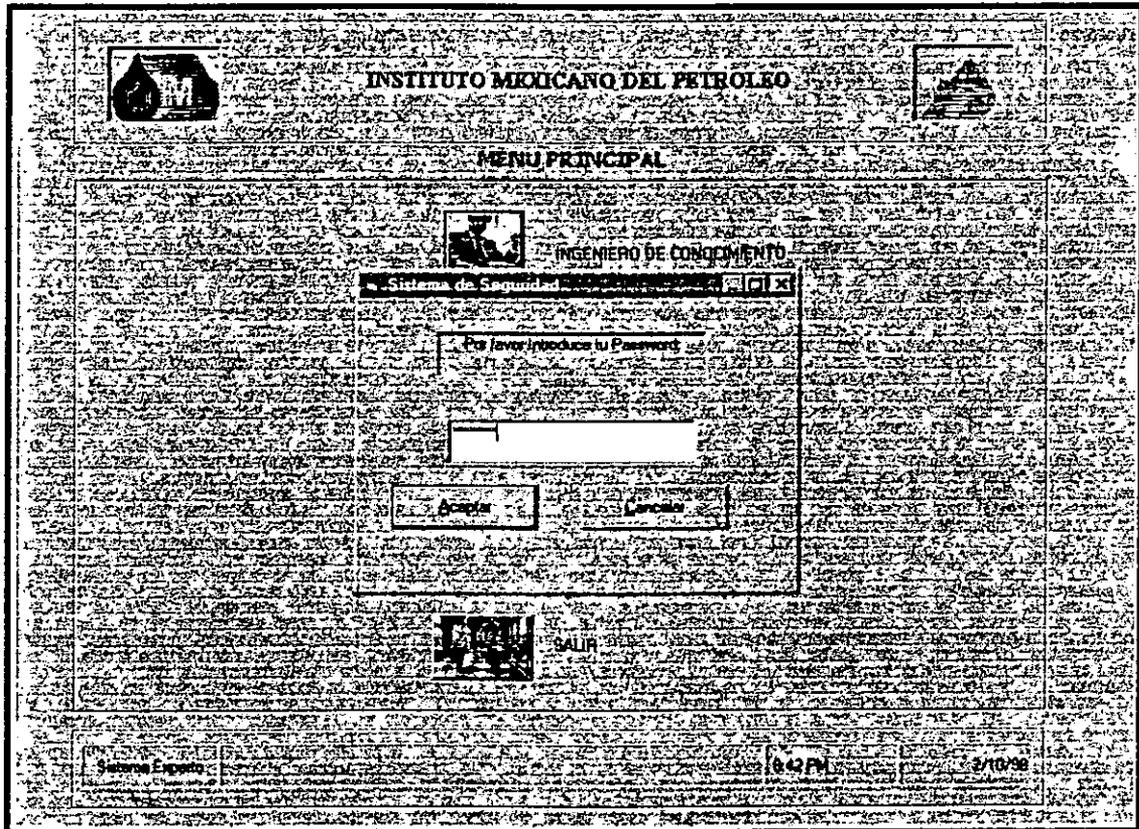
Al final el SE, presentará un visualizador en donde se pueden apreciar cómo podrían quedar los arreglos de equipos que se eligieron, como también de otros equipos que le harían falta a la planta para poder trabajar correctamente. En la pantalla 4.4 se observan también los nombres de los equipos y las posibles características de cada uno de ellos.



Pantalla 4.4. Arreglo de Equipos.

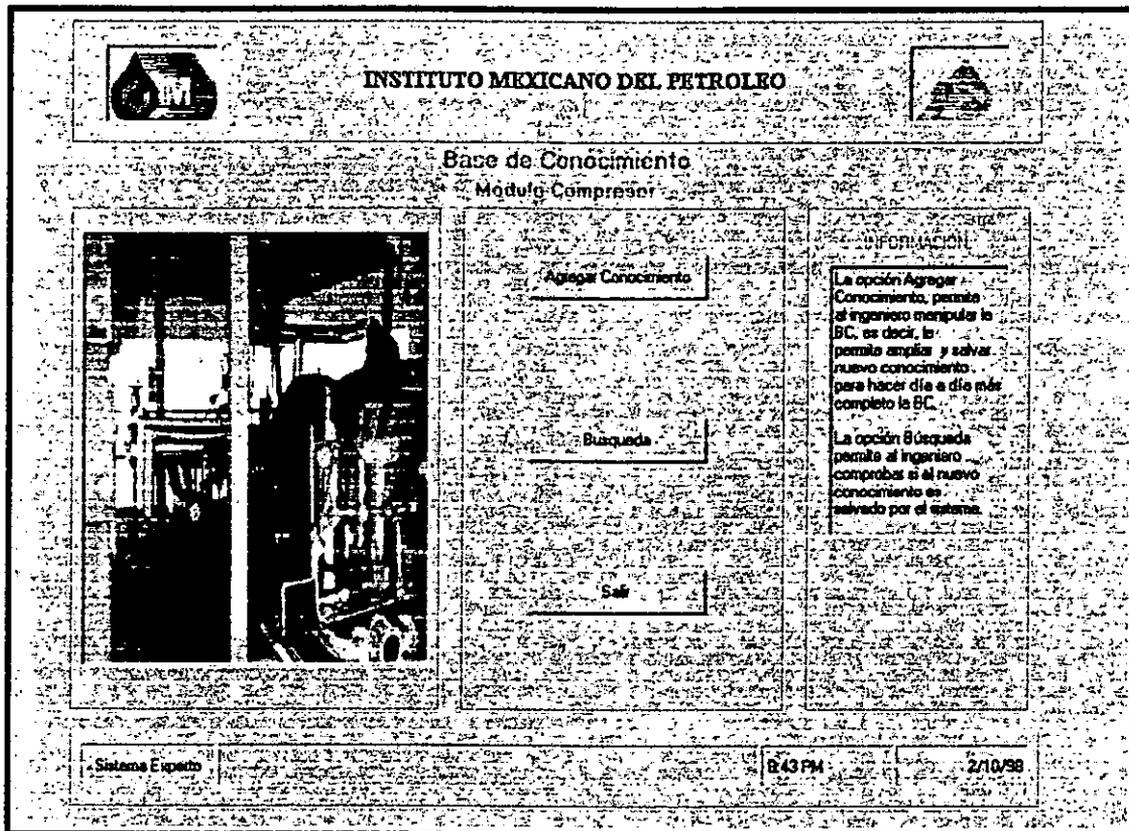
### 4.7 INTERFAZ DEL SE CON EL USUARIO

El Ing. podrá manipular la BC introduciendo una clave que el SE pedirá por seguridad. Ver pantalla 4.5. Una vez proporcionada la clave correcta se observará una pantalla similar a la pantalla 4.2. De lo contrario no se tendrá acceso a la BC.



*Pantalla 4.5. Programa de seguridad.*

En el SE contiene 8 archivos, cada uno corresponde a una planta. Estos archivos tienen una serie de arreglos de equipos que el programa de MI busca para dar una solución. Si algún archivo (Planta) requiere de alguna modificación, el ingeniero será el encargado de manipular el SE. La siguiente pantalla es similar 4.3, la diferencia es que en esta pantalla contiene un tercer botón llamado agregar. Ver pantalla 4.6.



Pantalla 4.6. Programa de seguridad

#### 4.8 VALIDACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO

La validación del SE se pueden expresar a través de los siguientes puntos:

- Tiempo
- Experiencia
- Capacidad

Con base en lo señalado en el capítulo 2, la técnica de "Reglas de Producción", permite el manejo confiable de la representación del conocimiento, y ha sido posible manejar mas de 400 respuestas o arreglos de los equipos según la capacidad de la planta.

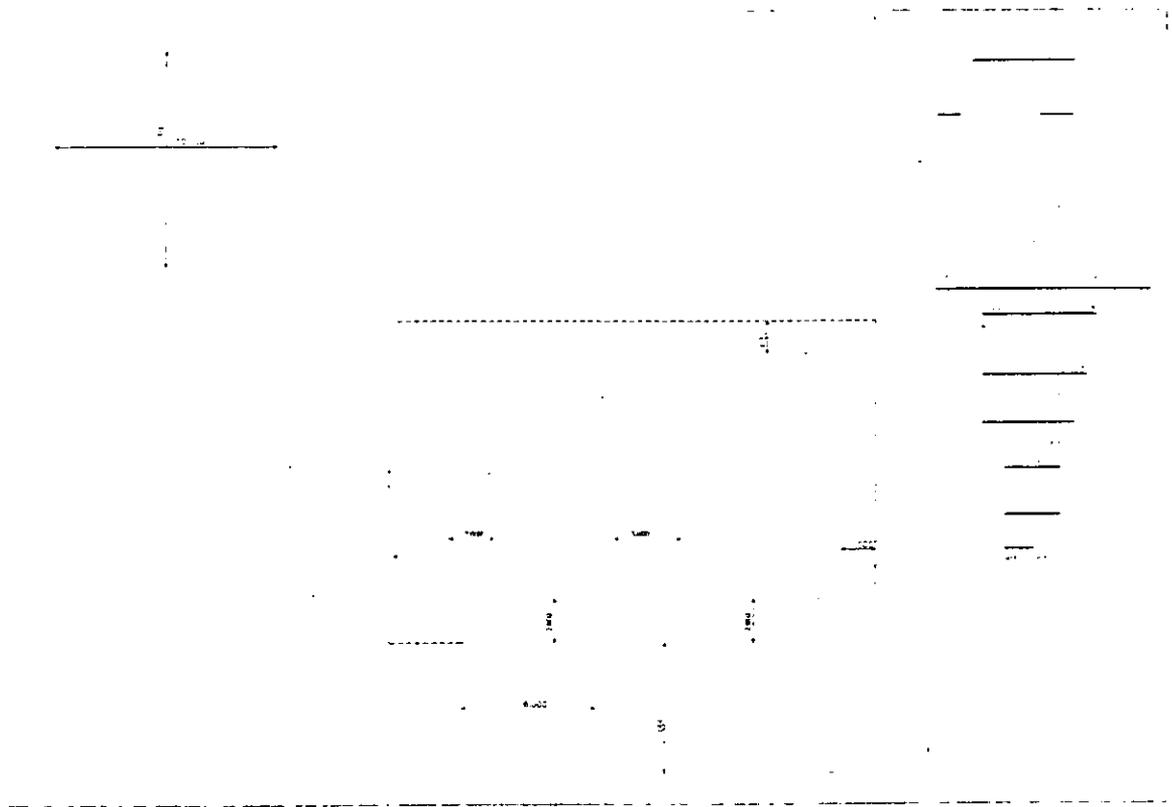
Se ha comprobado que las interfaces con el usuario son de fácil acceso, amigables y de respuesta inmediata.

Se ha comprobado que el ingeniero de conocimiento puede hacer adaptaciones y mantenimiento del SE para actualizarlo constantemente a través de las interfaces siguientes:

- Base de conocimiento
- Motor de Inferencia
- Memoria de trabajo
- Interfaz usuario
- Interfaz experto

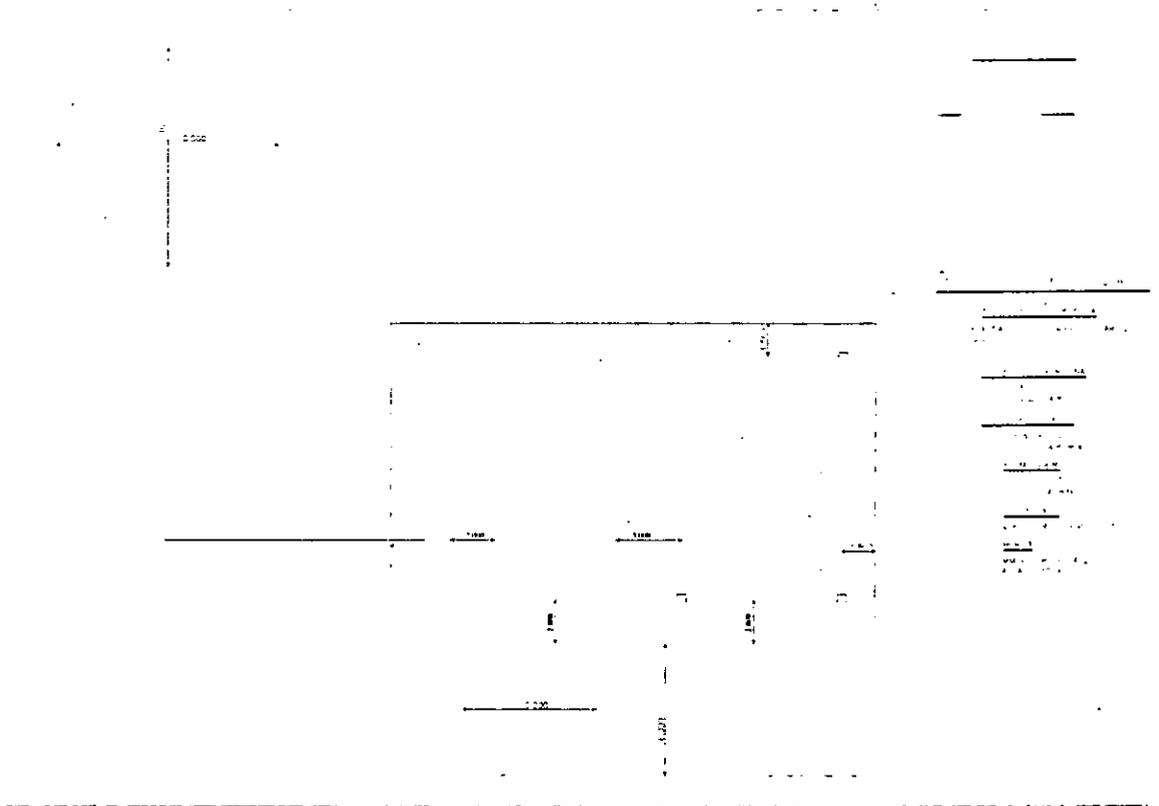
El SE se ha probado para una planta Fraccionadora de crudo ligero de 50 000 bda. De capacidad para la refinería "M. Antonio Amor" en Salamanca Gto. Pemex – Refinación y el resultado se muestra en los esquemas siguientes en el cual se obtiene la solución correcta.





*Esquema 4.2. Arreglo de equipos para Torres.*

En este esquema 4.2 el SE argumenta la falta de un Tanque en el arreglo, proporcionando también sus posibles características.



*Esquema 4.3. Arreglo de equipos para Torres*

Este esquema es el idóneo para el arreglo. Esto se debe a que ya ha sido implantado en una refinería.

#### TIEMPO

El SE ha demostrado ser una herramienta de alto rendimiento en función del tiempo de ejecución; respecto al método tradicional en el cual el usuario puede pasar horas antes de plasmar el resultado de su análisis.

El SE responde entre 5 y 10 segundos al usuario, plasmando un arreglo que ya ha sido probado en otras plantas y que han sido construidas.

EXPERIENCIA

El SE utiliza como base de su conocimiento el siguiente esquema 4.4:

MÓDULOS	PLANTAS	RESPUESTA
Reactores	1 Fraccionadora de hidroc. 3000 bda. Tula, Hgo.	Más de 400 Arreglos de equipos que el usuario podrá implantar en su planta.
	2.- Reformadora de Naftas. 18000 bda. Tula, Hgo.	
	3.- Reformadora de Naftas. 5000 bda. Salamanca. Gto.	
Torres	1.- Alquiler -55000 bda. Salamanca, Gto.	
	1.- Fraccionadora de hidro. 115000 bda. Salamanca Gto.	
Compresores	1 Fraccionadora de hidroc. 3000 bda. Tula, Hgo.	
	2.- Reformadora de Naftas. 18000 bda. Tula, Hgo.	
	3.- Reformadora de Naftas. 5000 bda. Salamanca. Gto.	

Esquema 4.4. Plantas de dónde se obtuvo parte para la BC.

CAPACIDAD

Las respuestas del SE son mas de 400 arreglos de equipos sólo para 8 módulos (Reactores, torres, compresores) en tantas plantas. Se considera que dentro del concepto usado en este trabajo el Ingeniero puede incrementar la cantidad y tipo de módulos y respuestas para crecer la capacidad del sistema.

El esquema actual 4.5 consume los siguientes recursos de computo:

Procesador	Pentium 133 Hhz
Resolución Video	SVGA o superior
RAM	16 Mb
Lenguaje	Visual Basic 5.0 Visual "C" 5.0
Ambiente	Windows 95
Espacio en disco duro	15 Mb

Esquema 4.5. Recursos necesarios para el buen desempeño del SE.

El ejecutable del SE puede operar en cualquier computadora provista de ambiente Windows 95.

### 4.9 MANTENIMIENTO

El Ingeniero alimentará, modificará y actualizará la base de conocimiento cuando éste se requiera. Si se añade un módulo diferente, por ejemplo, tendrán que introducirse otros atributos adicionales, posibles resultados y ejemplos para poder deducir un nuevo diagrama de decisión. Cualquier otro cambio se manejaría de la misma forma. En caso de implementarse la 2da. etapa en el SE (se explica en la conclusiones) esta parte de representación del conocimiento no sufriría ningún cambio.

Como se hizo referencia en el 2do. capítulo, el mantenimiento es importante ya que de no realizarse en un tiempo determinado, el SE podría resultar obsoleto.

### 4.10 RESUMEN

El SE no realizará dibujos, únicamente brindará al usuario un arreglo de equipos que mejor se adapte de acuerdo a las condiciones que proporcione. Los arreglos están almacenados en su BC del SE. La técnica que se empleó para la BC fue la de *Reglas de Producción*. Para el MI la técnica que se utilizó fue la de *Encadenamiento hacia adelante*.

Los lenguajes que se emplean para los SE son: SHELL, LISP o PROLOG y lenguajes convencionales. Para el caso del SE que se realizó se ocuparon 2 lenguajes convencionales: Visual C y Visual Basic.

La validación del SE se puede expresar en 3 puntos: Tiempo, Experiencia y Capacidad.

Para el mantenimiento del sistema, el ingeniero será el encargado de almacenar, modificar y actualizar el SE.

# CAPÍTULO 5

---

## CONCLUSIONES

---

### CONCLUSIONES

Con el SE se ha demostrado la integración de la experiencia de los especialistas y la aportación que dá un ingeniero para desarrollar un SE que puede ser utilizado en el diseño de Planos de Localización General de equipos dentro de la ingeniería básica de plantas de refinación y petroquímicas.

Los resultados permiten decir que las técnicas elegidas dentro de los SE han sido adecuadas para éste propósito.

#### Futuro

1er. Etapa. Con la captura de más módulos (arreglos de equipos), se espera llegar a la construcción final de una refinería.

2da. Etapa. La segunda etapa consiste en que el sistema sea capaz de dibujar los equipos de acuerdo a la introducción de los mismos proporcionado por el usuario al sistema, tomando en cuenta las distancias mínimas, cama de tubería, materiales y el sentido de los vientos (vientos dominantes y reinantes).

### Presente

Es importante señalar que ha sido éste el primer SE aplicado a la realización de PLG'S. El impacto con el que se ha recibido la implantación del SE ha resultado buena en términos generales. Al usuario la interfaz con el sistema le ha resultado fácil y agradable. Para el especialista químico la manipulación en la BC le ha resultado sencilla. Con el SE elaborando han surgido nuevas ideas, algunas de ellas mencionadas en el párrafo anterior y otras se mencionan en las aplicaciones que se le pueden dar a éste sistema.

Actualmente el SE se encuentra resolviendo problemas reales por usuarios inexpertos en la elaboración de PLG'S. Por lo que se ha logrado el objetivo principal.

### Alternativas a otras técnicas

Para el MI es posible emplear las técnicas de *La búsqueda que no ordena las soluciones*, exceptuando enfriamiento disimulado (por no basarse en probabilidades).

Referente al empleo de otros lenguajes convencionales, se considera que es preferible emplear no un lenguaje convencional ya que resulta un tanto complejo y lleva tiempo (dependiendo del dominio del lenguaje) en la creación del programa, sino el empleo de algún SHELL pues éste ahorra tiempo en la programación.

### Otras aplicaciones que se le pueden dar a este sistema

Este trabajo y el modelo de SE desarrollado para la aplicación al diseño de Plano de Localización de Equipo, el SE se ha enfocado a plantas de refinación y petroquímica. No obstante la aplicación se puede extender al entorno del diseño de plataformas marinas debido a que también se aplica el concepto de trabajar con módulos por ejemplo: endulzamiento, producción, compresión, bombeo, capacidades de paquetes auxiliares tales como aire de instrumentos, dosificación de químicos, de almacenamiento, de generación de vapor, de relevo de presión, etc.

Como una fuerte aportación de este trabajo esta la oportunidad de enfocar esfuerzos hacia desarrollar nuevos SE o bien en ampliar y/o modificar lo presentado aquí, para obtener tamaños de nuevas plantas (superficie), distribuciones y tamaños de equipos y posiblemente estimados de costos entre mas - menos 40% de exactitud todo esto antes de tener un esquema de proceso y balances de materia y energía. Dar al cliente una visión preliminar de la planta que requiere en un muy corto tiempo, puede resultar en una información de gran valor para ayudarle a tomar decisiones sobre el proyecto en cuestión.

### Los SE

En este trabajo se ha presentado una introducción a los SE. Se revisó la historia de los mismos, y se analizó las técnicas utilizadas en estos sistemas y los componentes que los constituyen.

En la actualidad estos sistemas que exhiben características que los humanos asocian como inteligentes, pueden utilizarse fundamentalmente como reemplazo del EH (en ciertas aplicaciones), como reemplazo parcial del EH, como soporte del EH, como soporte de una aplicación y como reemplazo de documentación.

Por otra parte, los SE deben evitar tareas que involucren aspectos de los procesos mentales que aún no conocen lo suficiente como para formalizarlos, como por ejemplo: sentido común, intuición, razonamiento automático, conocimiento por percepciones y razonamientos por analogías.

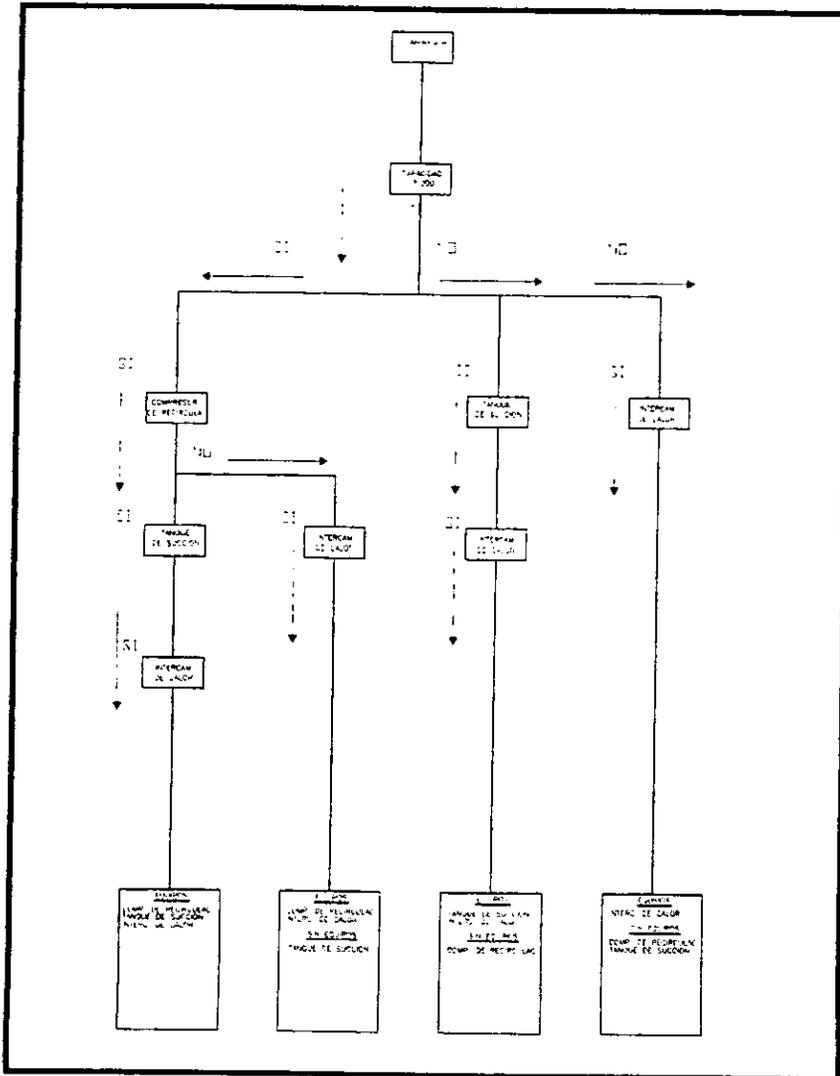
### Futuro del los SE

Se espera que dentro de unos años los SE estén difundidos como hoy en día los están las bases de datos, y esto proporcionará una mayor inteligencia a los usuarios. También se espera que sean baratos, de fácil utilización y programación.

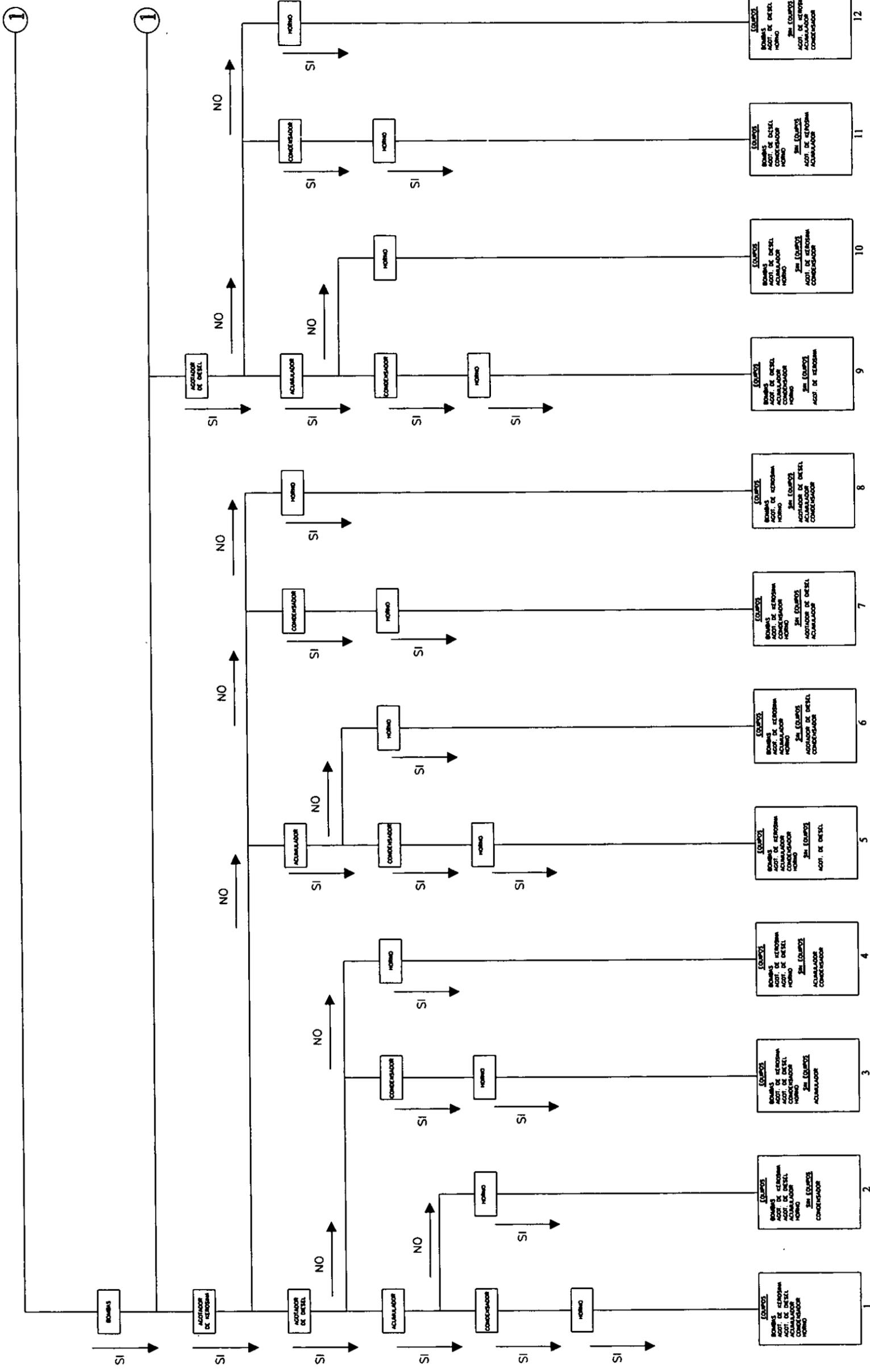
Los SE se venderán preferentemente vacíos circulando bases de conocimiento de algunos temas generales, y existirán manuales para los usuarios y aficionados

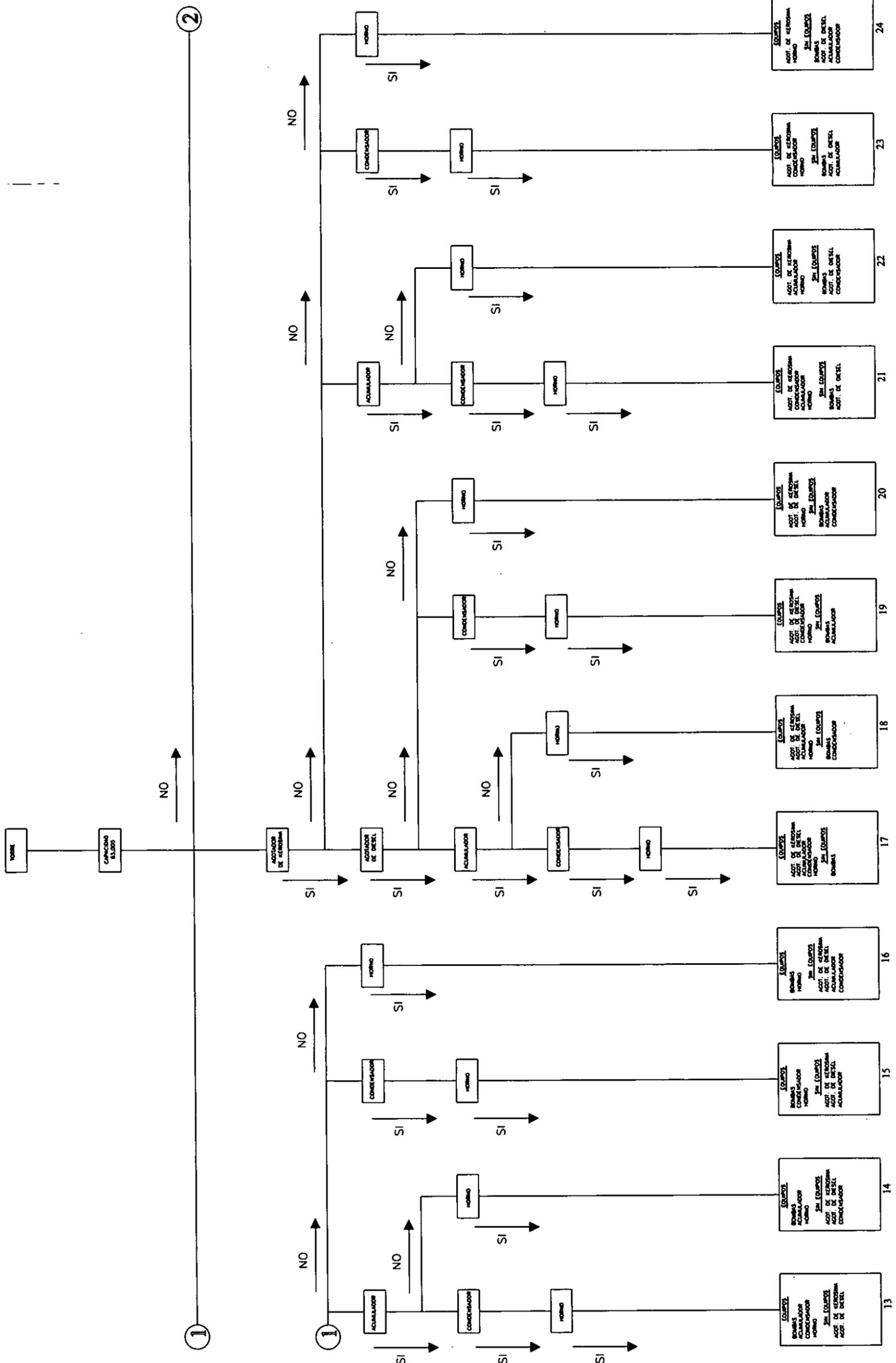
**DIAGRAMAS EMPLEADOS EN EL SE.**

Los siguientes diagramas fueron empleados en la captura en la base de conocimiento, el funcionamiento de estos, es igual al descrito en el capítulo 4. Cada diagrama representa un módulo, es decir un arreglo de equipos, el inicio de cada uno de estos diagramas se realiza con el nombre del equipo principal y con la capacidad de la planta.



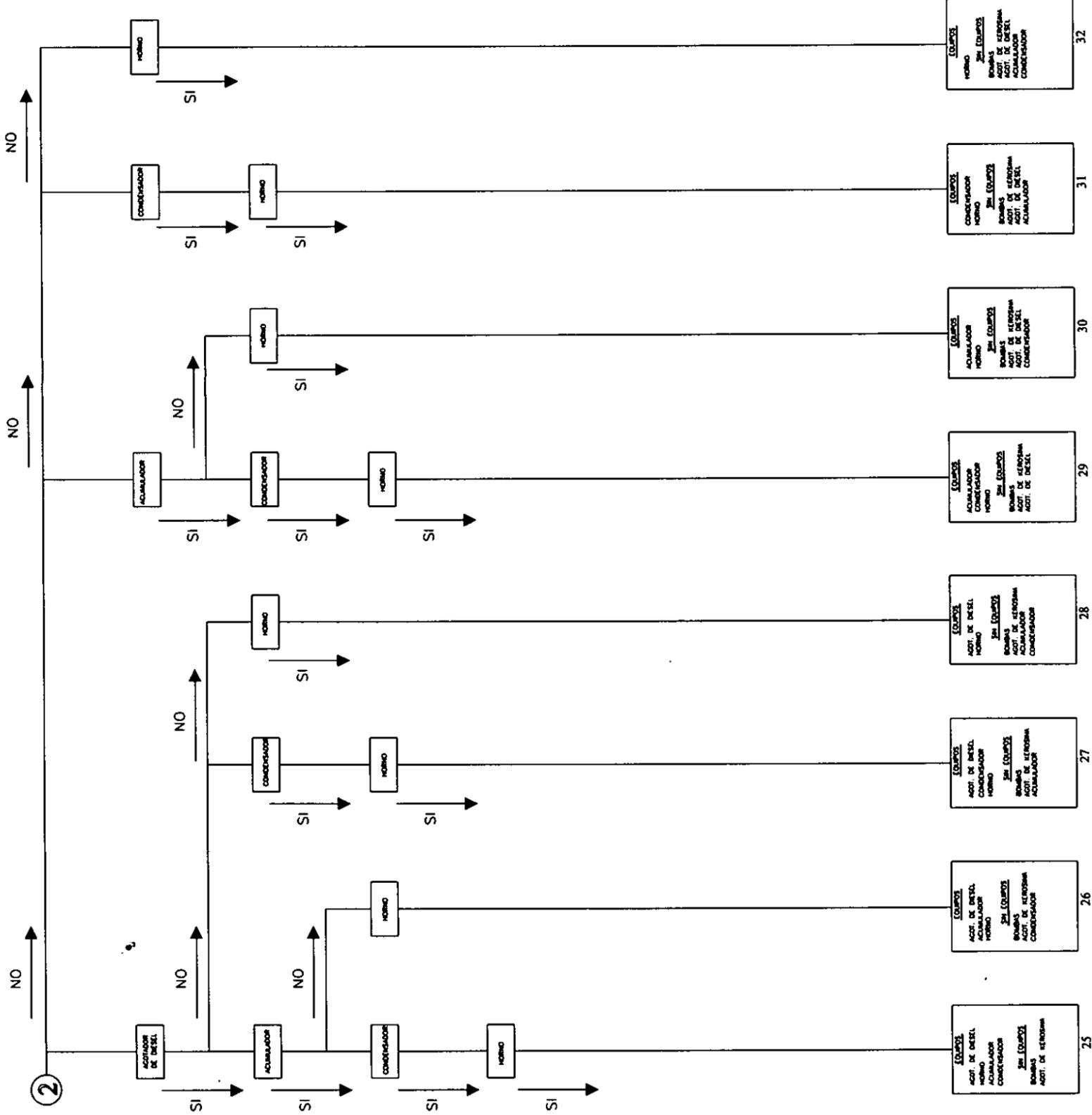
*El programa recorre el diagrama de izquierda a derecha.*





IMPLEMENTACION DE UN SE EN LA ELABORACION DE (PLC'S)  
 TESS PROFESIONAL EN ING. EN COMPUTACION  
 CAMPUS ARAGON

PARTE 2 DE 3 DEL DIAGRAMA MODULO TORRES.  
 LA CAPACIDAD DE LA PLANTA ES DE 65000 MW.  
 LAS FLECHAS ACORRANADAS CON LAS LETRAS SI, MUESTRAN QUE EL USUARIO HA ACEPTADO EL EQUIPO  
 DE LO CONTRARIO ESE EQUIPO SE QUITA DE LA LISTA Y CONTINUA CON LAS FLECHAS QUE INDICAN NO.  
 JOEL URBANO Pineda Hernandez  
 20 DE OCTUBRE DE 1998.



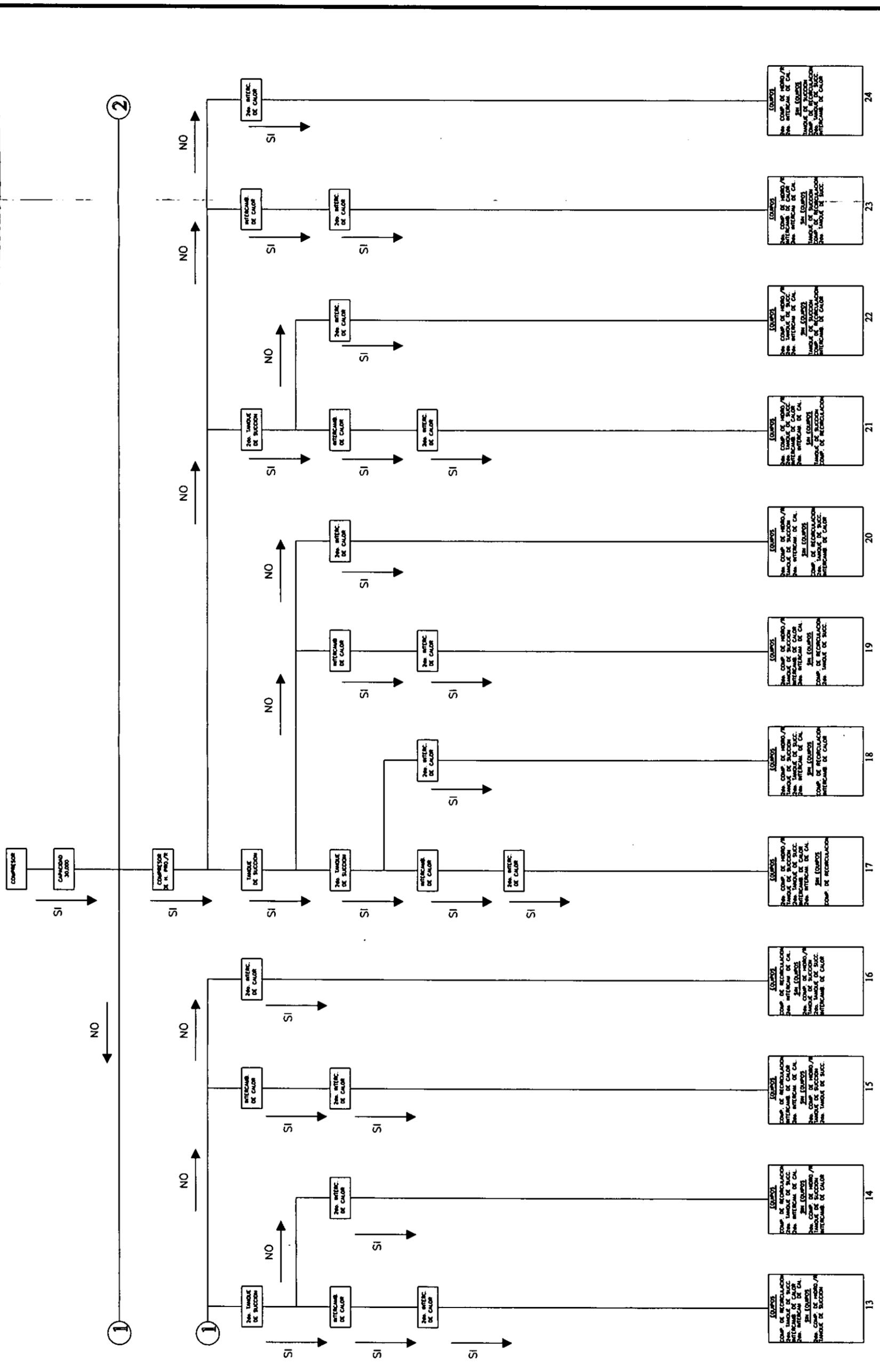
IMPLEMENTACION DE UN SE EN LA ELABORACION DE (P.L.G.'S)

TESS PROFESIONAL EN ING. EN COMPUTACION

CAMPUS ARAGON

PARTE 3 DE 3 DEL DIAGRAMA, MODULO TORRES.  
 ESTA ES LA ULTIMA PARTE DEL DIAGRAMA DE MODULO TORRES CON CAPACIDAD DE 65.000 BARRIL.  
 EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SIGUIENTES DIAGRAMAS SON IGUALES A LOS QUE SE HAN PRESENTADO  
 HASTA EL MOMENTO. LA CANTIDAD DE EQUIPOS ES DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DE LA PLANTA Y AL  
 EQUIPO PRINCIPAL.





IMPLEMENTACION DE UN SE EN LA ELABORACION DE (PLG 5)

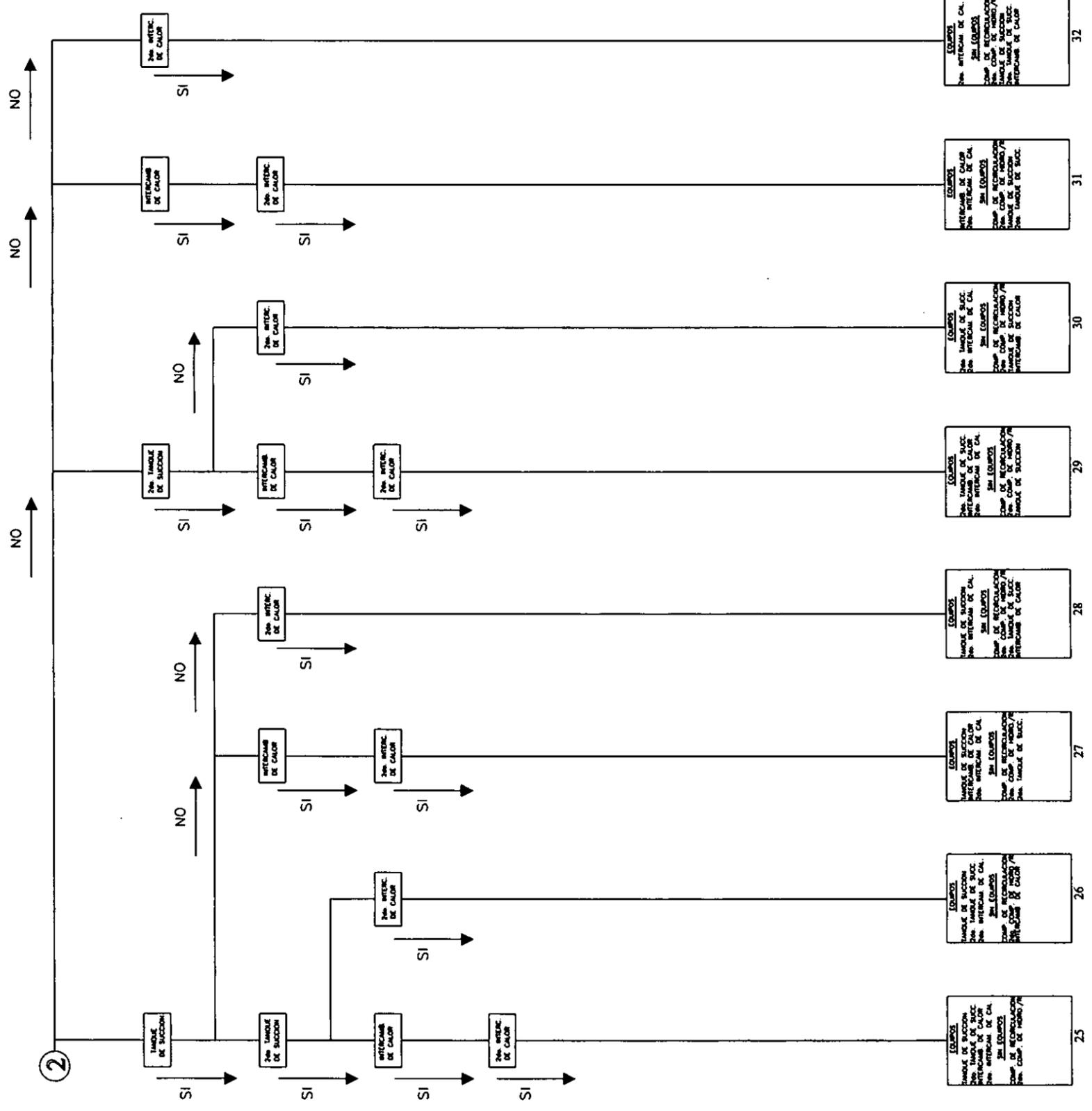
TESIS PROFESIONAL EN ING. EN COMPUTACION

CAMPUS ARACON

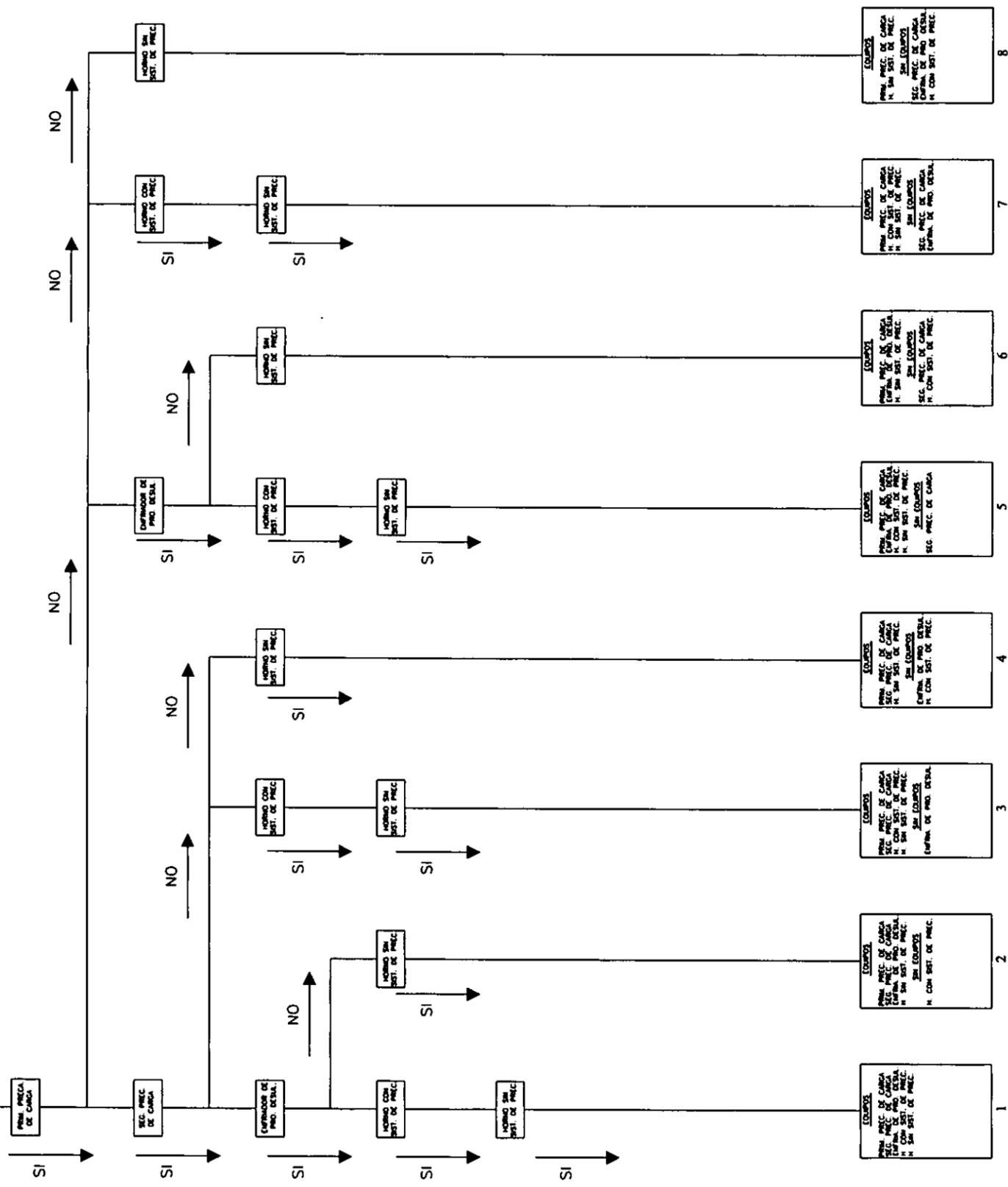
PARTE 2 DE 3 DEL DIAGRAMA MODULO COMPRESOR  
 ESTA ES LA SEGUNDA PARTE DE DIAGRAMA MODULO TORRES.  
 SE OBSERVA QUE ESTE MODULO DE TORRES CORRESPONDE A UNA PLANTA QUE PRODUCE 30.000 bdd.

JOEL URBANO PINEDA HERNANDEZ

20 DE OCTUBRE DE 1988.



1



IMPLEMENTACION DE UN SE EN LA ELABORACION DE (PLC S)

TESIS PROFESIONAL EN ING. EN COMPUTACION

PARTE 1 DE 2 DEL DIAGRAMA MODULO DEL REACTOR.  
AL IGUAL QUE LOS DIAGRAMAS ANTERIORES, LA BUSQUEDA QUE REALIZA EL MI ES SIMILAR COMO LO INDICAN LAS FLECHAS

CAMPUS, ABACON

JOEL URBANO PINEDA HERNANDEZ

20 DE OCTUBRE DE 1998.



## DESARROLLO DEL SOFTWARE

A continuación se explican en forma general 4 partes que resultan ser las más importantes dentro del SE. También se hace mención de la construcción de una Librería dinámica (DLL).

Esta función limpia los objetos deseados y no deseados.

```
void free_trails()
{
    struct attribute *p;
    while (yes) {
        p=yes -> next;
        free(yes);
        yes=p;
    }
    while (no) {
        p=no->next;
        free(no);
        no=p;
    }
    r_pos=-1;
}
```

Esta función permite la introducción de los Objetos y sus atributos a la base de conocimiento, por ejemplo el objeto torres y sus atributos: bombas, tanques, etc.

```
// CAPTURA DE UN OBJETO Y ATRIBUTOS
```

```
enter ()
{
    CAgregar dlg;
    int t,i,x;
    struct attribute *p, *oldp;
    for(;;){
        t=get_next();
        if (t==1) {
            x=AfxMessageBox("Fuera del rango permitido");
        }
    }
}
```

```

        return 0;
    }

    dlg.m_mensaje="Introduce el nombre del Modulo: ";
    x = dlg.DoModal();

    strcpy(k_base[t].name,(LPCTSTR) dlg.m_resultado);

    if (!*k_base[t].name){
        l_pos--;
        break;
    }
    p=(struct attribute*) malloc (sizeof(at));
    if (p=="\0") {
        x=AfxMessageBox("Fuera de memoria");
        return 0;
    }

    k_base[t].alist=p;
    for (i=0;i<sizeof(p->attrib);i++) p->attrib[i]=' ';
    x=AfxMessageBox("Presionar <Enter> al terminar");

    for (;) {
        dlg.m_mensaje="Equipo: ";
        x = dlg.DoModal();
        strcpy(p->attrib,(LPCTSTR) dlg.m_resultado);

        if (!p->attrib[0]) break;
        oldp=p;
        p-> next= (struct attribute *) malloc (sizeof(at));
        if (p->next=="\0") {
            x=AfxMessageBox("Fuera de memoria");
            return 0;
        }
        p=p->next;
        p->next="\0";
        for (i=0; i<sizeof(p->attrib);i++) p->attrib[i]=' ';
    }
    oldp-> next = "\0";
}

int nosirve=save();

return 0;

```

Esta función permite consultar la base de conocimiento

```
query()
{
    AFX_MANAGE_STATE(AfxGetStaticModuleState());

    CVentana dlg;
    int x;
    int res;
    CString mensaje;

    char *cadena;
    int t;
    char ch;
    struct attribute *p;
    for (t=0;t<=l_pos;t++) {
        p=k_base[t].alist;
        if (intenta(p,k_base[t].name)) {

            cadena=k_base[t].name;
            dlg.m_mensaje = "Estas son las características corresponden al
Modulo:" +(CString) cadena+ " desea continuar?";
            res = dlg.DoModal();

            if (res==IDYES) {
                ch = 'y';
            }
            else {
                ch = 'n';
            }

            if (ch=='n'){
                return 0;}
        }
    }

    x=AfxMessageBox("no hay mas módulos que cumplan con estas características");

    return 0;
}
```

Esta función carga la base de conocimiento en memoria.

```
load ()
{
    int t,x;
    struct attribute *p, *oldp;
    FILE *fp;
    char archivo[30];

    switch (m) {
    case 1: switch (c) {
        case 1: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Torre1.dat");
            break;
        case 2: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Torre2.dat");
            break;
        }
        break;
    case 2: switch (c) {
        case 1: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Compres1.dat");
            break;
        case 2: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Compres2.dat");
            break;
        case 3: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Compres3.dat");
            break;
        }
        break;
    case 3: switch (c) {
        case 1: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Reactor1.dat");
            break;
        case 2: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Reactor2.dat");
            break;
        case 3: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Reactor3.dat");
            break;
        }
        break;
    }

    if ((fp=fopen(archivo,"r"))==0) {
        x=AfxMessageBox("No se puede abrir el archivo");
        return 1;
    }

    x=AfxMessageBox("La base de conocimiento fue cargada con Exito");
}
```

```

clear_kbase();

for (t=0;t<MAX;++t) {
    if ((k_base[t].name[0]=getc(fp))==0) break;
    for (x=1; x<sizeof(k_base[t].name);x++)
        k_base[t].name[x]=getc(fp);

    k_base[t].alist=(struct attribute *) malloc(sizeof(at));
    p=k_base[t].alist;
    if(!p) {
        x=AfxMessageBox("Fuera de memoria");
        return 1;
    }
    for (;;) {
        for (x=0; x<sizeof (p->attrib);x++)
            p->attrib[x]=getc(fp);

        if (!p->attrib[0]) {
            oldp->next='\0';
            break;
        }
        p->next=(struct attribute *) malloc (sizeof (at));
        if (!p->next) {
            x=AfxMessageBox("Fuera de memoria");
            break;
        }
        oldp=p;
        p=p->next;
    }
}
fclose(fp);
l_pos=t-1;
return 0;}

```

Esta función permite salvar la base de conocimiento en el archivo correspondiente.

```

save ()
{
    int t,x;
    struct attribute *p;
    FILE *fp;
    char archivo[30];

    switch (m) {
    case 1: switch (c) {

```

```

        case 1: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Torre1.dat");
                break;
        case 2: strcpy(archivo,"c:\\experto\\Torre2.dat");
                break;
    }
    break;
case 2: switch (c) {
        case 1: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Compres1.dat");
                break;
        case 2: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Compres2.dat");
                break;
        case 3: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Compres3.dat");
                break;
    }
    break;
case 3: switch (c) {
        case 1: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Reactor1.dat");
                break;
        case 2: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Reactor2.dat");
                break;
        case 3: strcpy(archivo,"c:\\Experto\\Reactor3.dat");
                break;
    }
    break;
}
}

```

```

if((fp=fopen(archivo,"w"))==0) {
    x=AfxMessageBox("No se puede abrir el Archivo");
    return 0;
}

```

```

x=AfxMessageBox("Salvando la base de conocimiento");

```

```

for (t=0;t<=l_pos;++t) {
    for (x=0; x<sizeof(k_base[t].name);x++)
        putc(k_base[t].name[x],fp);
    p=k_base[t].alist;
    while(p){
        for (x=0;x<sizeof(p->attrib);x++)
            putc(p->attrib[x],fp);
        p=p->next;
    }
    for (x=0;x<sizeof(p->attrib);x++) putc('\0',fp);
}
putc('\0',fp);
fclose (fp);

```

```
clear_kbase();  
return 0;}
```

## LIBRERIAS DINAMICAS (DLL)

Las librerías dinámicas, abreviadamente DLL, es un fichero ejecutable de funciones o de recursos. Una DLL personalizada es una librería dinámica y es realizada por nosotros mismos para satisfacer nuestras necesidades. Es precisamente una DLL personalizada la que se empleó para realizar la *interfaz entre Visual Basic y Visual C*.

Una función en una DLL está disponible para ser llamada por cualquier aplicación Windows. Las ventajas que esto supone, es la reducción del código de la aplicación, velocidad de compilación y ahorro en disco duro. Las desventajas son: el tiempo de acceso a ellas cuando se ejecuta una aplicación que las utiliza.

Las características de una DLL son las siguientes:

- No tienen stack propio; utilizan el de la aplicación que solicita sus servicios.
- Las funciones de la DLL a las que puede acceder una aplicación tienen que ser exportadas explícitamente en el fichero de definición de módulos.

En Visual C versión 5, se crean las DLL de forma sencilla, ya que existe la opción en el mismo lenguaje de construirlas automáticamente, colocando únicamente en el fichero de definición de módulos (.def) las funciones que se van a exportar. Ejemplo:

```
; Experto.def : Declares the module parameters for the DLL.
```

```
LIBRARY "Experto"  
DESCRIPTION 'Experto Windows Dynamic Link Library'
```

### EXPORTS

```
; Las funciones que se van a exportar deben colocarse aquí  
inicio //En este caso es la función inicio la que se va a exportar.
```

---

## BIBLIOGRAFIA

---

- Sánchez y Beltrán, Juan P., "*Sistemas Expertos*", Edit. Ra-Ma, Madrid, 1990.
- Rich, Elaine ; Knight, Kevin, "*Inteligencia Artificial*", Edit. McGraw-Hill, 2da. Edic., México, 1994.
- Frenzel, Louis, "*A fondo: Sistemas Expertos*", Edit. Howard W.Sams & Co., 1993.
- Castillo, Enrique ; Alvarez, Elena, "*Sistemas Expertos (Aprendizaje e incertidumbre)*", Edit. Paraninfo, 1992.
- Sell, Peter S., "*Sistemas Expertos para principiantes*", Edit. Limusa, 1993.
- "*Importancia y recomendaciones para la elaboración del Plano de Localización de Equipos en Plantas de Proceso*", División de Ing. de Sistemas Hidráulicos, Instituto Mexicano del Petroleo, México.
- Ludwig, Ernest E., "*Desig for Chemical and Petrochemical Plants*", Edit. Gulf Publishing Company, 1984.
- House, Frederick F., "*An Engineer's Guide to Process Plant Layout*", Edit. Limusa, México., 1969.
- Kaess, David Jr., "*Guide to Trouble - Free Plant Layout*", Edit. McGraw-Hill, México, 1970.
- Kaura, M.L., "*Plot Plan Must Include Safety*", Edit. Limusa, México, 1980.
- Eddon, Guy; Eddon Henry, "*Visual Basic 5.0*", Edit. McGraw-Hill, México, 1997.
- Cornell, Gary, "*Manual de Visual Basic 5.0*", Edit. McGraw-Hill, España, 1997.
- Heyman Steven, Mark, "*La esencia de Visual Basic 5.0*", Edit. Prentice Hall, México, 1997.
- Pappas, Chris, "*Manual de C++ 4.0*", Edit. McGraw-Hill, 3ra. Edic., España, 1994.
- Gillet, Dave, "*Visual C++ 5.0 Masterclass*", Edit. Wrox, México, 1997.