

Departamento de Ingeniería Química  
Universidad de Santiago de Chile



# SISTEMAS EXPERTOS

**Renato Salinas S, PhD**

**Dr. Francisco Cubillos**

# I. INTRODUCCIÓN

## DEFINICIONES BÁSICAS

### Sistema:

Conjunto de elementos interrelacionados de alguna manera (con un propósito).

### Estado:

Conjunto de propiedades relevantes y valores asociados a esas propiedades.

### Medio Ambiente:

Es el conjunto de elementos que no pertenecen al sistema, pero que influyen sobre su estado.

## **Heurística:**

Es un procedimiento que indica como tender a un cierto resultado u objetivo que no puede especificarse totalmente, ya que no se le conoce en forma precisa.

## **Control Convencional o Tradicional:**

Se refiere a teorías y métodos desarrollados en las últimas décadas para controlar sistemas dinámicos cuyo comportamiento se describe por ecuaciones diferenciales y de diferencias.

## Sistema Inteligente

“Es un programa computacional que posee un algoritmo que intenta **modelar** y **emular** y de este modo automatiza una tarea de ingeniería que solía ser efectuada por una persona.”

## Motivación para Controladores Inteligentes:

El control Inteligente ha sido una respuesta a:

- Inhabilidad de la teoría de control no-lineal para ofrecer soluciones prácticas y simples.
- La concentración del conocimiento “usable” en las plantas.
- El control inteligente representa una vía alternativa para resolver un problema de diseño de controladores no-lineales.

## II. SISTEMAS EXPERTOS

### Sistema Experto:

Es un programa computacional que contiene

- **Base de Conocimientos,**
- **Interfaz** para los usuarios,
- **Motor de Inferencias.**

### Hechos (facts):

Describen el estado, siempre cambiante, de mundo. Esta información es captada por el sistema experto durante su operación.

## Motor de Inferencias:

Es aquella parte del programa que toma las reglas y hechos para producir un resultado mediante razonamiento deductivo.

**Hecho1:** Su vehículo va a 50 Km/hr.

**Hecho2:** Hay una luz roja adelante

**Gatilla la Regla1:** Si hay luz roja usted debe parar

**Decisión Resultante:** Usted debe detener el vehículo

## Interfaz del Programa:

Colecciona hechos mediante preguntas al usuario y/o lectura de instrumentos y archivos de datos. La interfaz también proporciona información al usuario.

## Reglas (rules):

Describen qué hacer con los hechos o datos y tienen la forma de una sentencia.

Ej: “**Si** la temperatura de la caldera sube de 90°C,  
**Entonces** apague el quemador”

## Base de Conocimientos:

Es como una base de datos, que almacena Reglas y Hechos. Ejemplo (micro experto de tránsito):

Hecho1: La velocidad del vehículo es 50 Km/hr.

Hecho2: Hay una luz roja adelante

Regla1: Detenga vehículo con luz roja

Regla2: Siga con luz verde

Regla3: Lea y obedezca límites de velocidad

### Regla 1

Si  
Tarjeta = verificada y  
Fecha = no expirada y  
NIP= correcto y  
Intentos = no excedidos y  
Balance = suficiente y  
Límite = no excedido  
Entonces  
Pago = autorizado

### Regla 2

Si  
Tarjeta = no verificada  
Entonces  
Pago = no autorizado

### Regla 3

Si  
Fecha = expirada  
Entonces  
Pago = no autorizado

### Regla 4

Si  
NIP = incorrecto  
Entonces  
Pago = no autorizado

### Regla 5

Si  
Intentos = excedidos  
Entonces  
Pago = no autorizado

### Regla 6

Si  
Balance = insuficiente  
Entonces  
Pago = no autorizado

### Regla 7

Si  
Límite = excedido  
Entonces  
Pago = no autorizado

## Aplicaciones de los Sistemas Expertos:

- ❖ Diagnóstico Médico
- ❖ Identificación de Estructura Molecular de Compuestos
- ❖ Configuración de Computadores
- ❖ Localización de Depósitos Minerales
- ❖ Reparación de Circuitos Eléctricos Mantención de Motores de Locomotoras Diesel
- ❖ Manejo de Inversiones
- ❖ Manejo de Situaciones en el Campo de Batalla
- ❖ Control de Procesos

# Motivación para el uso de Sistemas Expertos (S.E)

- Capturan y almacenan conocimiento que podría perderse por renuncia, retiro o muerte de un experto.
- Permiten la distribución del conocimiento de operadores preparados hacia gente con menos experiencia.
- Automatizan procesos repetitivos, tediosos o complejos.
- Los Sistemas Expertos son excelentes para entrenamiento y estandarización de procedimientos complejos.

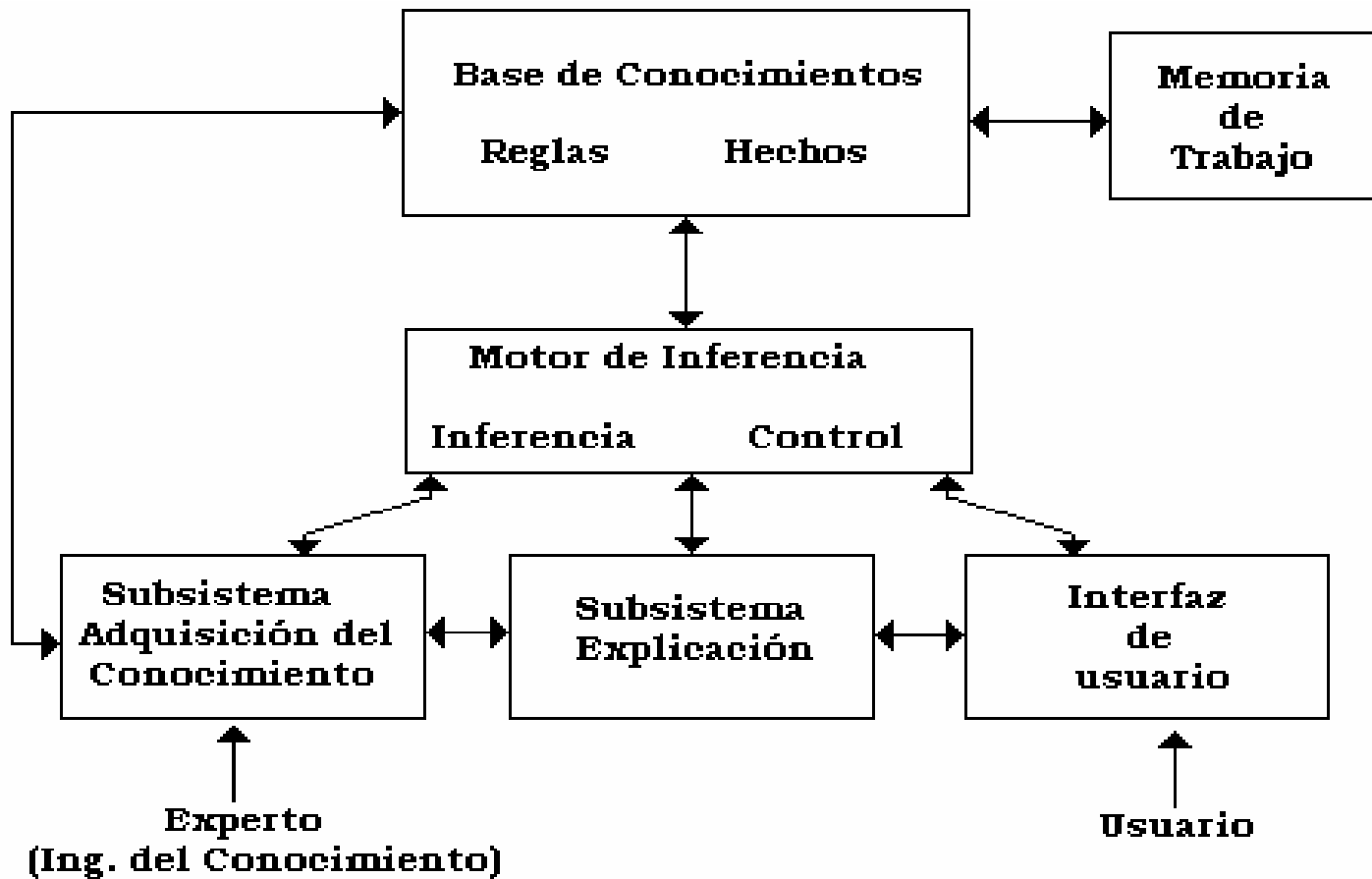
## Desventajas (o problemas)

- El desarrollo de un Sistema Experto es una tarea difícil. Tanto la extracción del conocimiento del experto como su codificación computacional requieren esfuerzo.
- Los Sistemas Expertos no son 100% confiables. Por esta razón, la recomendación propuesta por el sistema debiera ser analizada y validada antes de su uso industrial

## Etapas Usuales del Desarrollo de SE:

- ❖ Consulta con experto(s)
- ❖ Desarrollo de prototipo (utilizando algún lenguaje)
- ❖ Pruebas/Evaluación del prototipo
- ❖ Consulta con experto
- ❖ Ajuste del prototipo (Alfa)
- ❖ Pruebas en pequeña escala (Beta)
- ❖ Comercialización (Versión 1.0)
- ❖ Refinamiento (Versión 2.0)

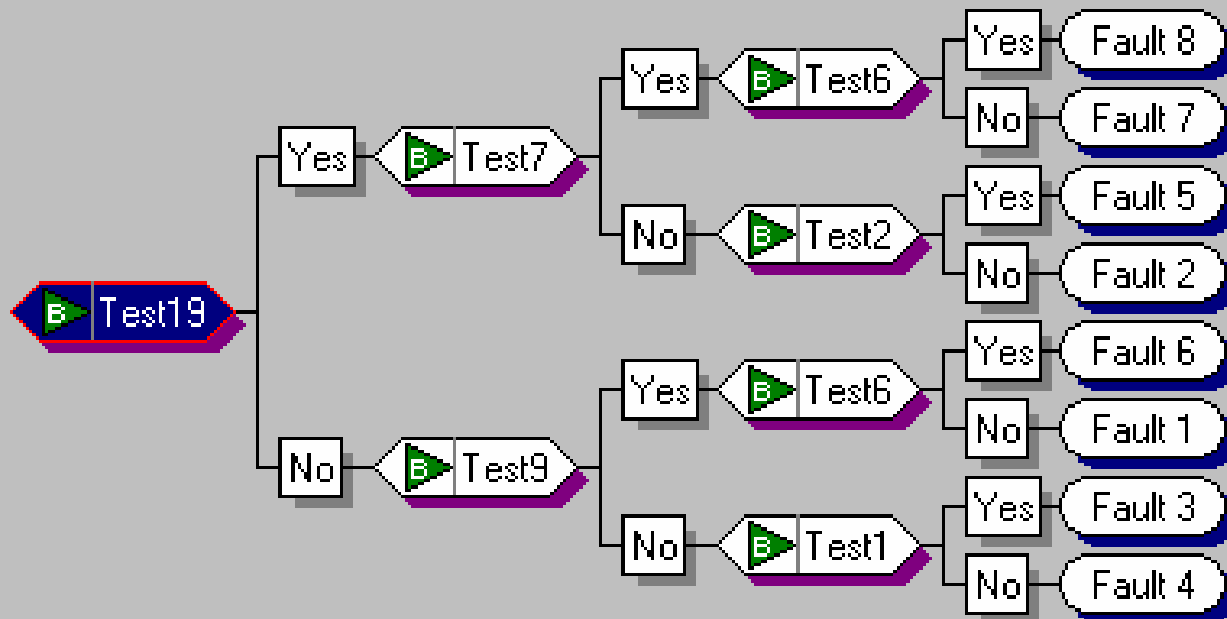
# Estructura de un Sistema Experto Basado en Conocimiento:



**Fig. 4. Estructura de Sistemas Expertos.**

# Decision Tree

Navigation icons: Run, Undo, Redo, Print, Save, Copy, Paste, Find, Help, etc. No of leafs : 8

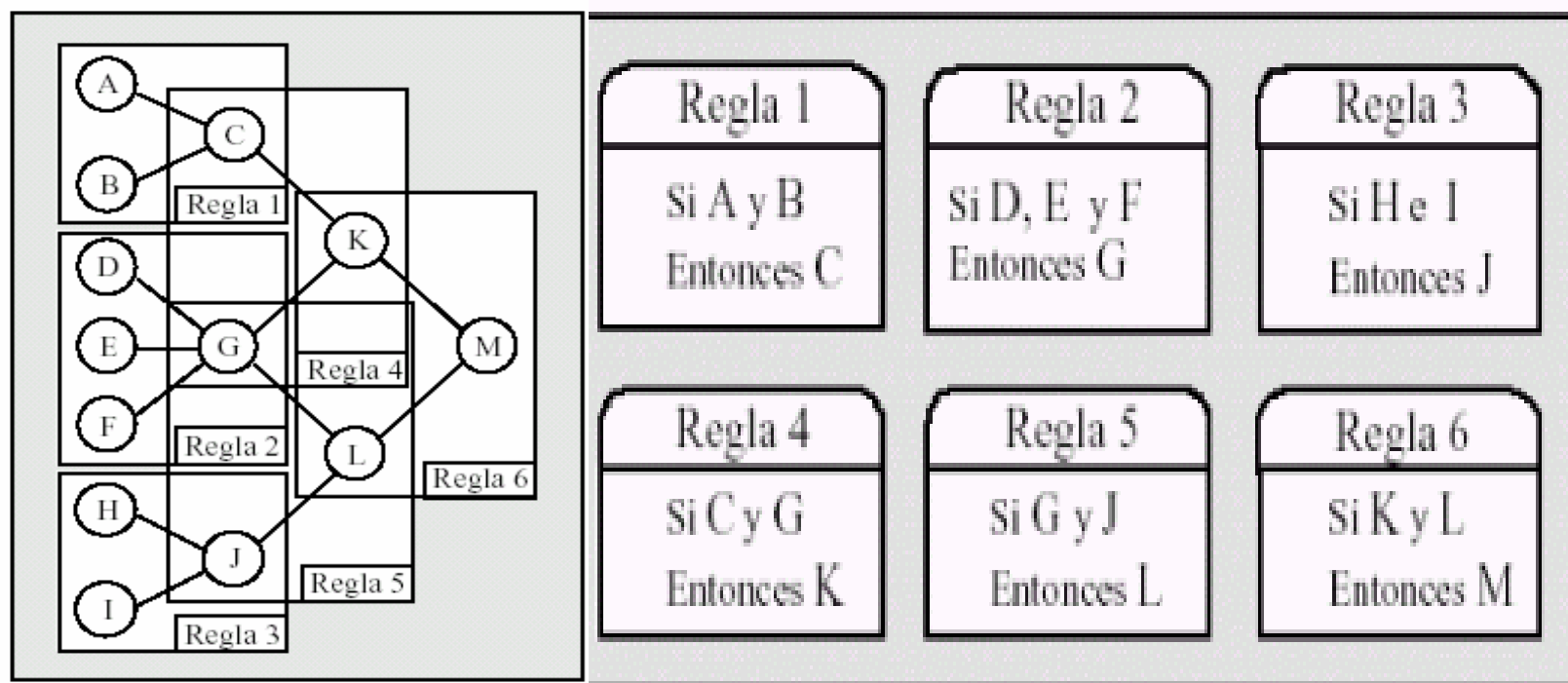


# REGLAS DE INFERENCIA

El Modus Ponens es quizás la regla de inferencia más comúnmente utilizada. Se utiliza para obtener conclusiones simples. En ella, se examina la premisa de la regla, y si es cierta, la conclusión pasa a formar parte del conocimiento. Como ilustración, supóngase que se tiene la regla, “Si  $A$  es cierto, entonces  $B$  es cierto” y que se sabe además que “ $A$  es cierto”. La regla Modus Ponens concluye que “ $B$  es cierto.” Esta regla de inferencia, que parece trivial, debido a su familiaridad, es la base de un gran número de sistemas expertos.

La regla de inferencia Modus Tollens se utiliza también para obtener conclusiones simples. En este caso se examina la conclusión y si es falsa, se concluye que la premisa también es falsa. Por ejemplo, supóngase de nuevo que se tiene la regla, “Si  $A$  es cierto, entonces  $B$  es cierto” pero se sabe que “ $B$  es falso.” Entonces, utilizando la regla Modus Ponens no se puede obtener ninguna conclusión pero la regla Modus Tollens concluye que “ $A$  es falso”.

La Figura 2 muestra un ejemplo de seis reglas que relacionan 13 objetos, del *A* al *M*. Las relaciones entre estos objetos implicadas por las seis reglas pueden representarse gráficamente, tal como se muestra en la Figura 3, donde cada objeto se representa por un nodo. Las aristas representan la conexión entre los objetos de la premisa de la regla y el objeto de su conclusión. Nótese que las premisas de algunas reglas coinciden con las conclusiones de otras reglas. Por ejemplo, las conclusiones de las Reglas 1 y 2 (objetos *C* y *G*) son las premisas de la Regla 4.



Supóngase que se dan los hechos  $H = \text{cierto}$ ,  $I = \text{cierto}$ ,  $K = \text{cierto}$  y  $M = \text{falso}$ . Supóngase, en primer lugar, que el motor de inferencia usa las dos reglas de inferencia Modus Ponens y Modus Tollens. En este caso, se obtiene

1. La Regla 3 concluye que  $J = \text{cierto}$  (Modus Ponens).
2. La Regla 6 concluye (Modus Tollens) que  $K = \text{falso}$  o  $L = \text{falso}$ , pero, puesto que  $K = \text{cierto}$ , deberá ser  $L = \text{falso}$ .
3. La Regla 5 concluye (Modus Tollens) que  $G = \text{falso}$  o  $J = \text{falso}$ , pero, puesto que  $J = \text{cierto}$ , deberá ser  $G = \text{falso}$ .

En consecuencia, se obtiene la conclusión  $G = \text{falso}$ . Sin embargo, si el motor de inferencia sólo utiliza la regla de inferencia Modus Ponens, el algoritmo se detendrá en la Etapa 1, y no se concluirá nada para el objeto  $G$ . Este es otro ejemplo que ilustra la utilidad de la regla de inferencia Modus Tollens.

## Encadenamiento de Reglas

Una de las estrategias de inferencia más utilizadas para obtener conclusiones compuestas es el llamado *encadenamiento de reglas*. Esta estrategia puede utilizarse cuando las premisas de ciertas reglas coinciden con las conclusiones de otras. Cuando se encadenan las reglas, los hechos pueden utilizarse para dar lugar a nuevos hechos. Esto se repite sucesivamente hasta que no pueden obtenerse más conclusiones. El tiempo que consume este proceso hasta su terminación depende, por una parte, de los hechos conocidos, y, por otra, de las reglas que se activan.

Las estrategias de encadenamiento de reglas se utilizan en problemas en los que algunos hechos (por ejemplo, síntomas) se dan por conocidos y se buscan algunas conclusiones (por ejemplo, enfermedades). Por el contrario, las estrategias de encadenamiento de reglas orientadas a un objetivo se utilizan en problemas en los que se dan algunos objetivos (enfermedades) y se buscan los hechos (síntomas) para que éstos sean posibles.