

14 de febrero de 2003

Modelación de Incertidumbre para la Toma de Decisiones

Dr. Roberto Ley Borrás

CONSULTORÍA EN DECISIONES

robertoley (at) decidir. org

Basado en el libro

Análisis de Incertidumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones

La Modelación es Poder

- ❖ La modelación nos permite entender mejor las situaciones que enfrentamos.
- ❖ Este mayor conocimiento nos da más poder para influir en los resultados.
- ❖ Se pueden modelar sistemas tangibles, como las líneas de producción.
- ❖ También se pueden modelar sistemas intangibles, como las decisiones y la incertidumbre.

La Incertidumbre y su Medición

- ❖ **Incetidumbre es el conocimiento incompleto acerca de la ocurrencia de un evento, en particular acerca del suceso de ese evento que ocurrirá.**
- ❖ **No todos los eventos inciertos son igualmente inciertos. Para saber la diferencia necesitamos medir la incertidumbre.**
- ❖ **La incertidumbre se mide con distribuciones de probabilidad.**
- ❖ **El *Conocimiento Probabilístico* expresa lo que sabemos acerca de los eventos inciertos.**

El Riesgo y su Medición

- ❖ El riesgo es la posibilidad incierta de sufrir una pérdida.
- ❖ Para medir el riesgo se requiere:
 1. Expresar el conocimiento probabilístico que se tenga sobre el evento incierto, para definir los sucesos y asignar un valor de probabilidad a cada suceso.
 2. Cuantificar las consecuencia de cada uno de los sucesos.

$$\text{Riesgo} = \sum (\text{probabilidad}) \times (\text{pérdida})$$

¿Dónde Está la Incertidumbre?

- ❖ **Está en nuestra cabeza. Es un reflejo de nuestro conocimiento imperfecto.**
- ❖ **Está en todas partes. Casi todos los eventos que enfrentamos son inciertos.**
- ❖ **El análisis y medición de la incertidumbre son útiles cuando los eventos inciertos pueden afectar aquello que nos importa.**

La Disputa sobre Probabilidades “Objetivas” y “Subjetivas”

- ❖ Una antigua clasificación académica es la de probabilidades "objetivas" y probabilidades "subjetivas".
- ❖ Se consideraban probabilidades "objetivas" a aquellas basadas en valores estadísticos, experimentos repetidos o propiedades geométricas.
- ❖ Las probabilidades "subjetivas" eran aquellas basadas en el juicio de las personas.
- ❖ El fondo filosófico de esta clasificación está en la definición de la probabilidad como una propiedad del evento (independiente del observador) o una propiedad del observador.

No Existen Probabilidades "Objetivas" (Independientes del Observador)

- ❖ Toda asignación de probabilidad requiere el uso del juicio de las personas.
- ❖ Los valores estadísticos, experimentos repetidos o propiedades geométricas pueden no representar la incertidumbre de la situación de interés.
- ❖ Aseverar que esos valores representan la incertidumbre de interés, requiere un juicio. Aseverar que no la representan también requiere un juicio.
- ❖ Además, personas con diferente información pueden válidamente asignar probabilidades diferentes.

La Naturaleza de la Probabilidad

- ❖ En análisis de decisiones, los valores de probabilidad reflejan el estado de información de la persona y por lo tanto la probabilidad sólo existe con referencia a una persona específica, o a un grupo de personas con el mismo estado de conocimiento.
- ❖ El estado de conocimiento de la persona puede incluir válidamente información estadística y de experimentos, además de cualquier otra información que la persona posea sobre el evento de interés.
- ❖ Solo hay un tipo de probabilidad: la que refleja el conocimiento total que tiene la persona sobre el evento incierto.

Ejemplos de Eventos Inciertos Importantes

- ❖ El nivel de ventas del producto que planeamos lanzar al mercado.
- ❖ El tiempo que funcionará el reactor antes de fallar.
- ❖ El partido político que ganará las próximas elecciones presidenciales.
- ❖ La calidad del próximo lote de producción.
- ❖ El resultado de la intervención quirúrgica a la que se someterá un familiar nuestro.

La Modelación de Incertidumbre

- ❖ La modelación de incertidumbre permite:
 - ❖ Entender mejor la naturaleza de los eventos inciertos.
 - ❖ Tomar mejores decisiones.
 - ❖ Enfrentar mejor el riesgo.
- ❖ Se han desarrollado modelos para diferentes tipos de situaciones afectadas por eventos inciertos.
- ❖ La representación gráfica de la incertidumbre es muy valiosa en la modelación.

Ventajas de la Representación Gráfica de Situaciones Inciertas

1. Permite visualizar

- ❖ los eventos inciertos,
- ❖ los posibles sucesos de cada evento,
- ❖ la probabilidad asociada a cada suceso y
- ❖ la relevancia entre eventos inciertos.

2. Contribuye a una mejor comprensión de la incertidumbre que afecta los resultados de la decisión.

3. Ayuda a comunicar la información disponible a los clientes y a otros analistas.

Seis Formas de Modelar la Incertidumbre y el Riesgo

1. **Árboles de probabilidad.**
2. **Mapas de conocimiento.**
3. **Modelos de distribución continua y función de pérdidas.**
4. **Árboles de fallos para riesgos en sistemas complejos.**
5. **Modelación markoviana de fiabilidad con varios estados.**
6. **Modelación de fiabilidad en tiempo continuo.**

Árboles de Probabilidad

- ❖ Los árboles de probabilidad son representaciones gráficas detalladas del conocimiento que tenemos sobre eventos inciertos.
- ❖ Los árboles están constituidos por círculos que representan eventos inciertos, y ramas que emanan de esos círculos y que representan sucesos.
- ❖ Los valores de probabilidad anotados en las ramas representan la probabilidad del suceso condicionado en todos los sucesos que están en la trayectoria desde el origen del árbol hasta la rama que representa el suceso.

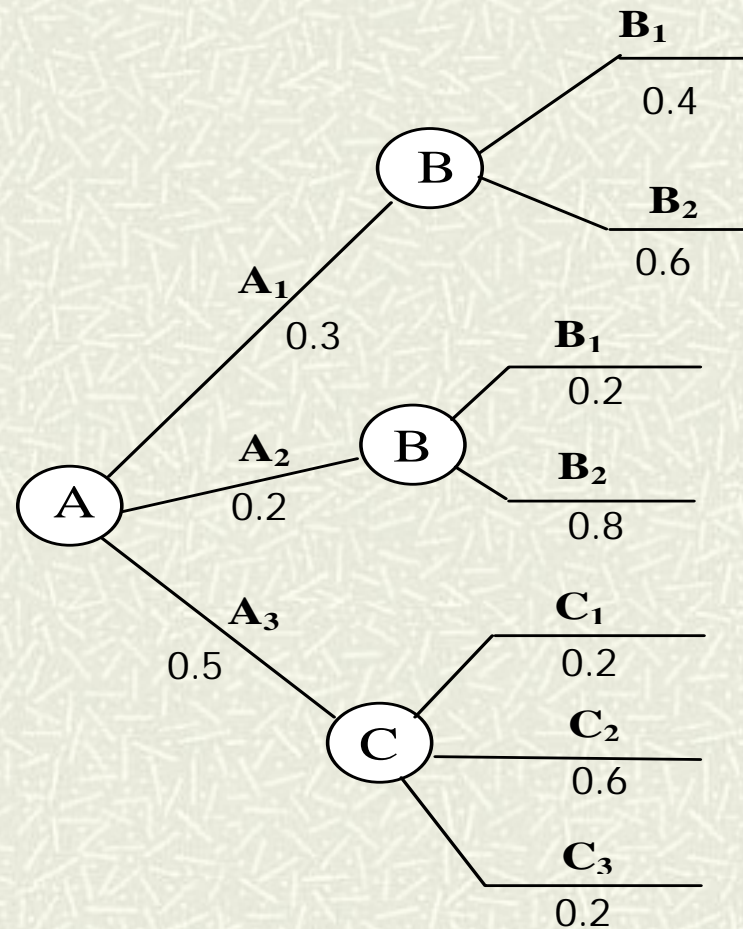
Un Árbol de Probabilidad

$$\{A_1|\&\} = 0.3$$
$$\{A_2|\&\} = 0.2$$
$$\{A_3|\&\} = 0.5$$

$$\{B_1|A_1\&\} = 0.4$$
$$\{B_2|A_1\&\} = 0.6$$

$$\{B_1|A_2\&\} = 0.2$$
$$\{B_2|A_2\&\} = 0.8$$

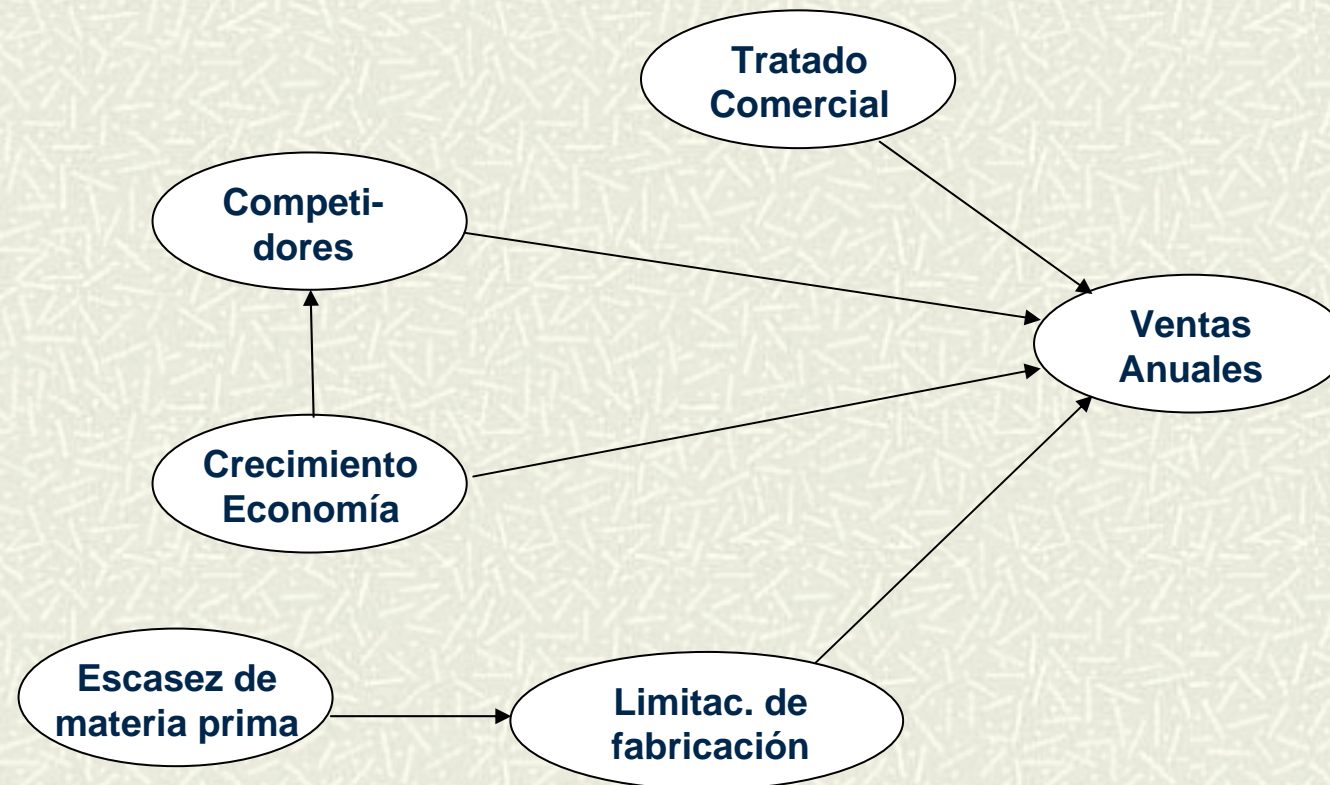
$$\{C_1|A_3\&\} = 0.2$$
$$\{C_2|A_3\&\} = 0.6$$
$$\{C_3|A_3\&\} = 0.2$$



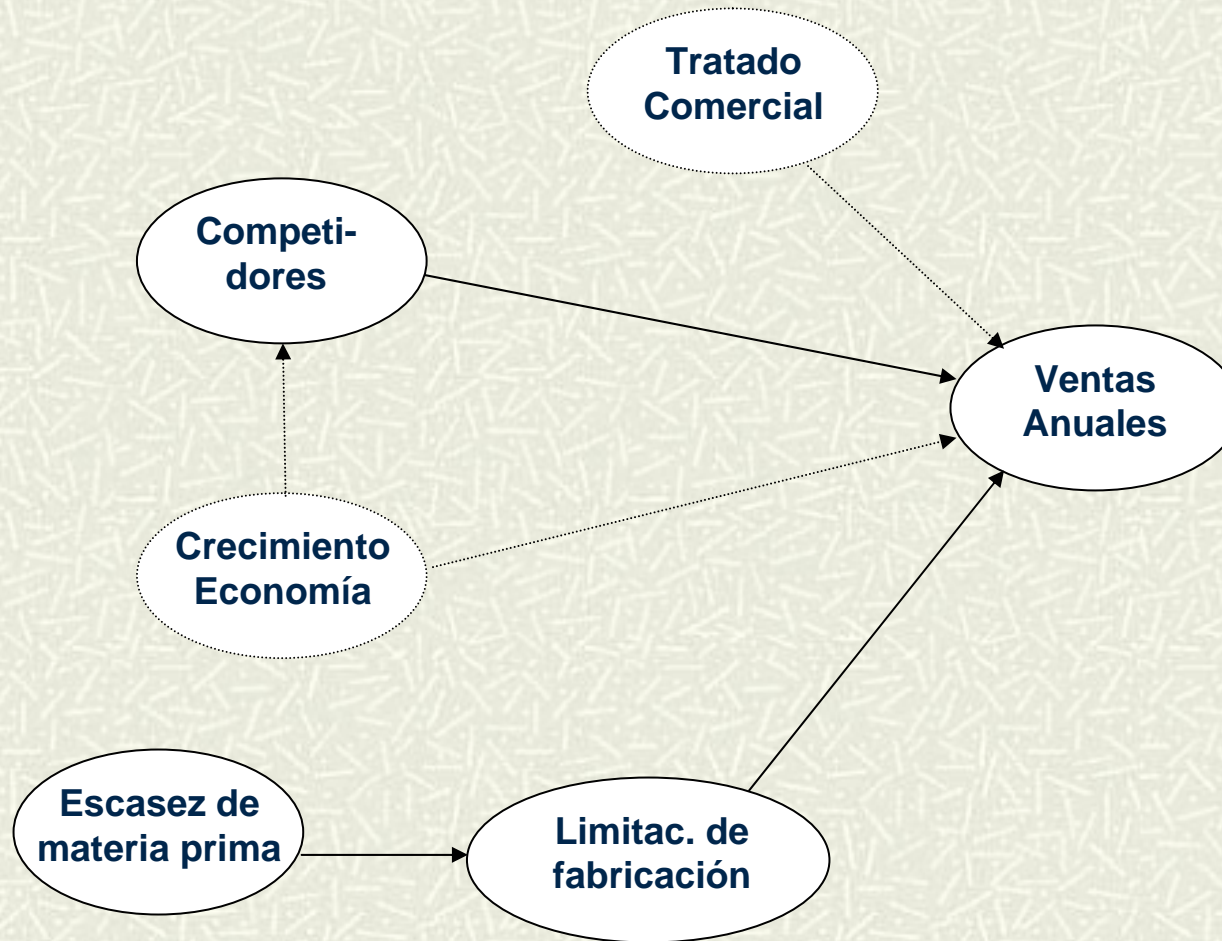
Mapas de Conocimiento

- ❖ Los mapas de conocimiento son representaciones gráficas compactas del conocimiento que tenemos sobre eventos incierto y sus relaciones.
- ❖ Los mapas de conocimiento se construyen con nodos circulares que representan eventos inciertos y flechas entre ellos que indican relevancia (dependencia probabilística).
- ❖ Cada nodo contiene una distribución de probabilidad condicionada en los nodos cuyas flechas llegan a él.
- ❖ Las modificaciones gráficas a los mapas, deben cumplir las leyes de probabilidad.

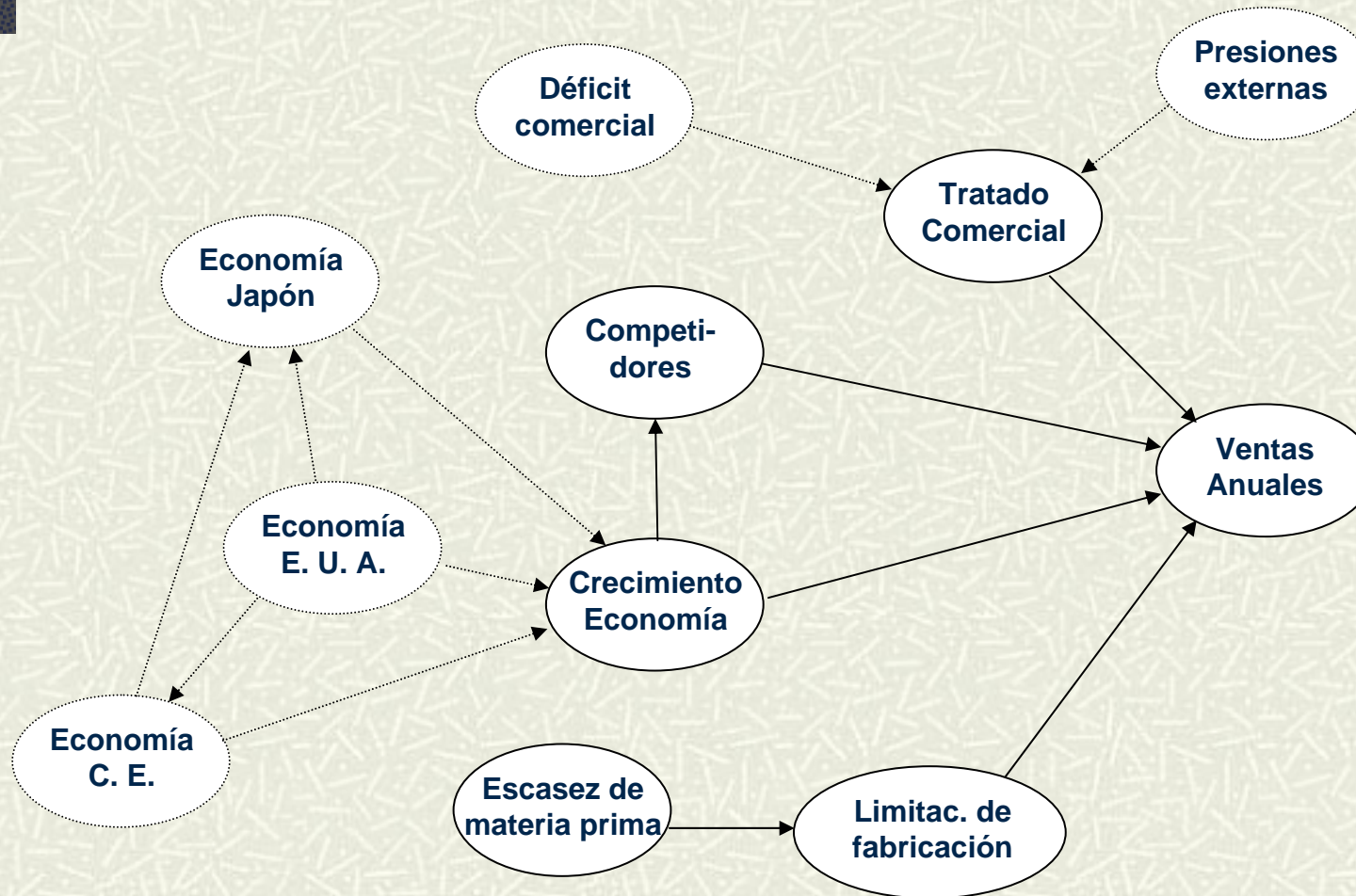
Mapa de Conocimiento Básico (Diagrama de Relevancia)



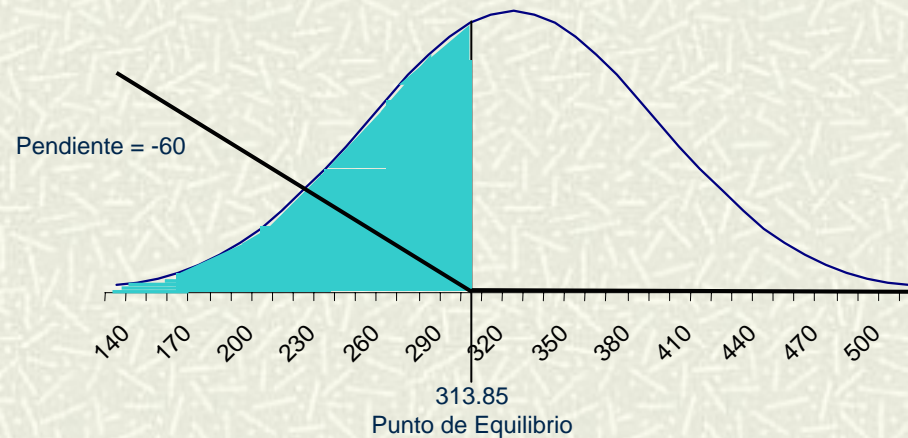
Simplificación del Mapa Utilizando Nodos Evocativos



Enriquecimiento del Mapa Incluyendo Nodos Adicionales



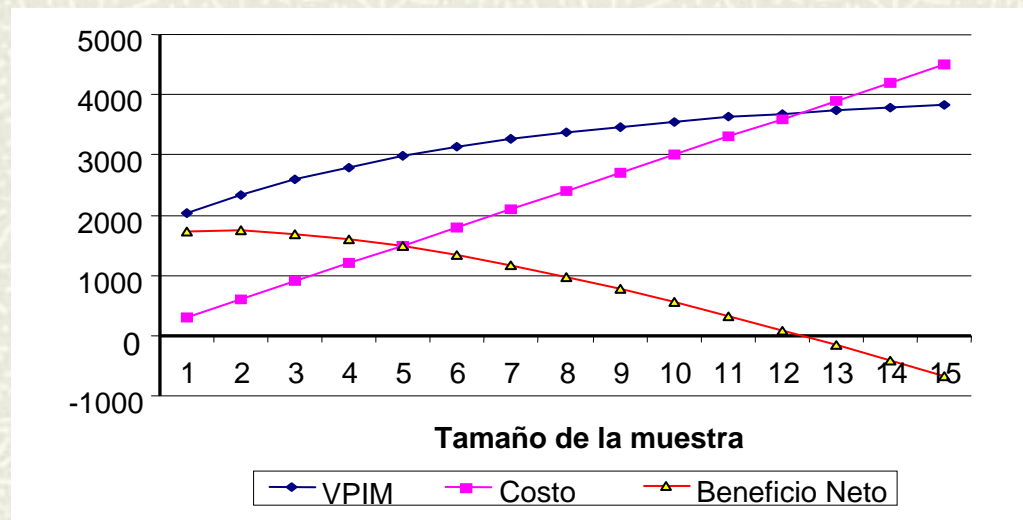
Modelos de Distribución Continua y Función de Pérdidas



- ❖ Las distribuciones de probabilidad previas normales y las funciones lineales de pérdidas tienen una solución cerrada.
- ❖ Se puede adquirir conocimiento mediante muestreo e integrar los resultados a la distribución previa.

Cálculo del Valor de la Información de la Muestra

- ❖ Utilizando el concepto de cantidad de información se puede obtener una distribución revisada y calcular un nuevo valor esperado.
- ❖ Se puede analizar el comportamiento del valor de la información de la muestra para el conjunto de costos de la situación particular.



Análisis de Riesgos en Sistemas Complejos

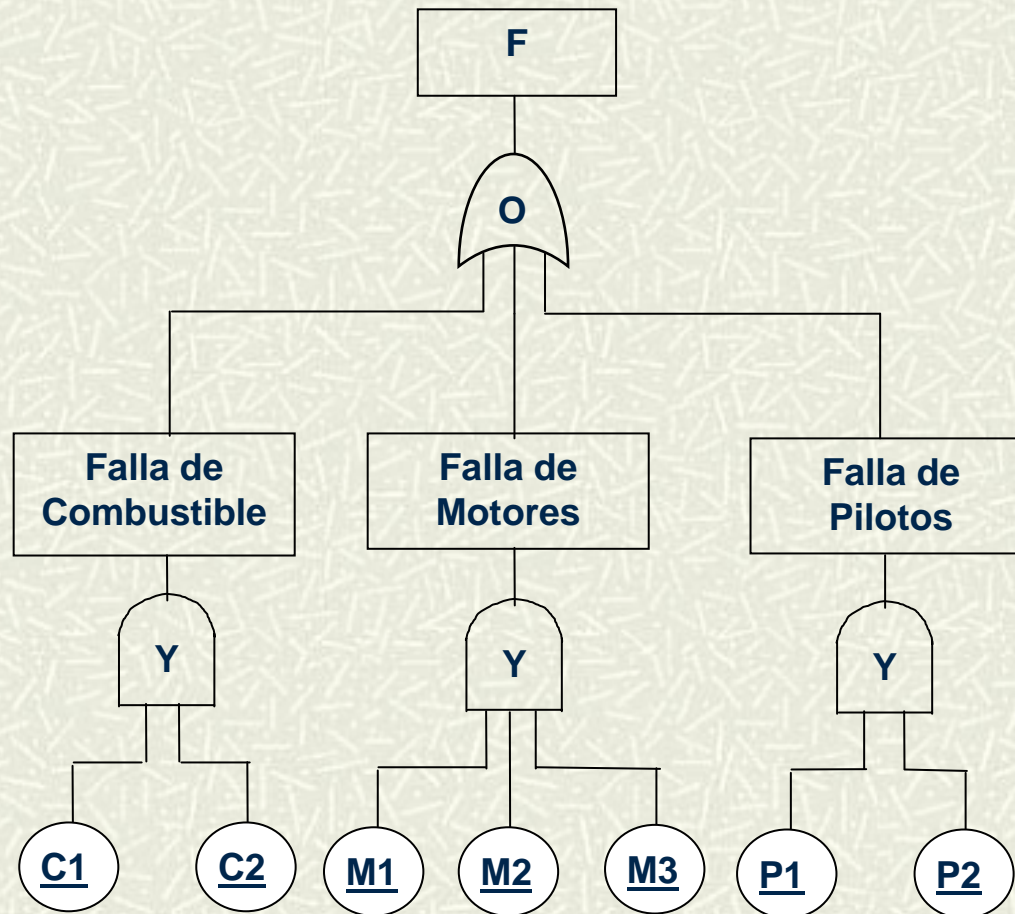
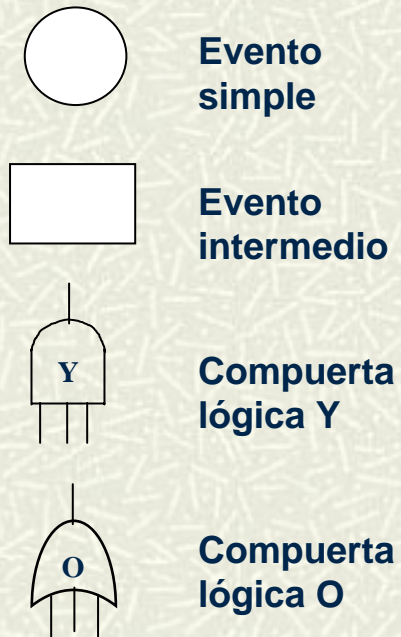
- ❖ Los sistemas complejos están constituidos por muchos componentes interrelacionados, cada una de ellos con alguna probabilidad de fallo.
- ❖ El propósito del análisis de riesgos es: **Determinar la magnitud de los efectos del fallo del sistema y la probabilidad de dicho fallo, en base al estudio de los componentes del sistema y sus interrelaciones.**

Ejemplos de sistemas complejos:

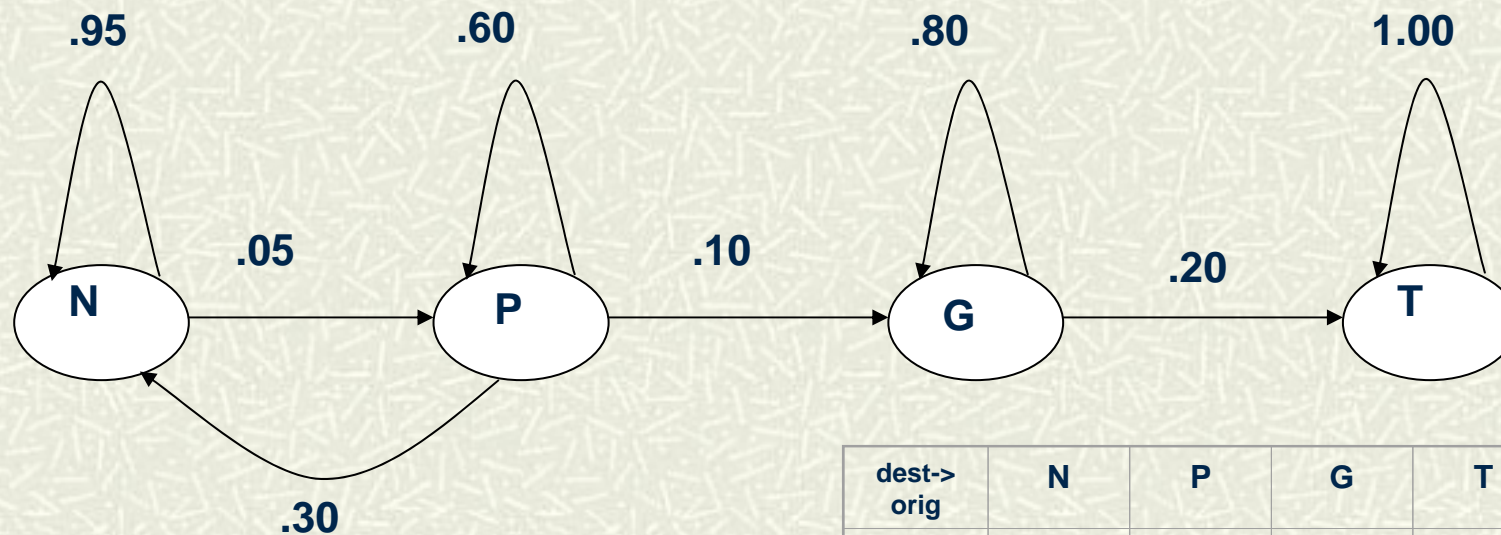
- ❖ Plataformas marinas de explotación petrolera.
- ❖ Aeronaves y vehículos espaciales.
- ❖ Plantas nucleares.
- ❖ Plantas químicas.
- ❖ Redes de distribución de electricidad
- ❖ Satélites de comunicación.

Ejemplo de Árbol de Fallos

Componentes Básicos de un Avión



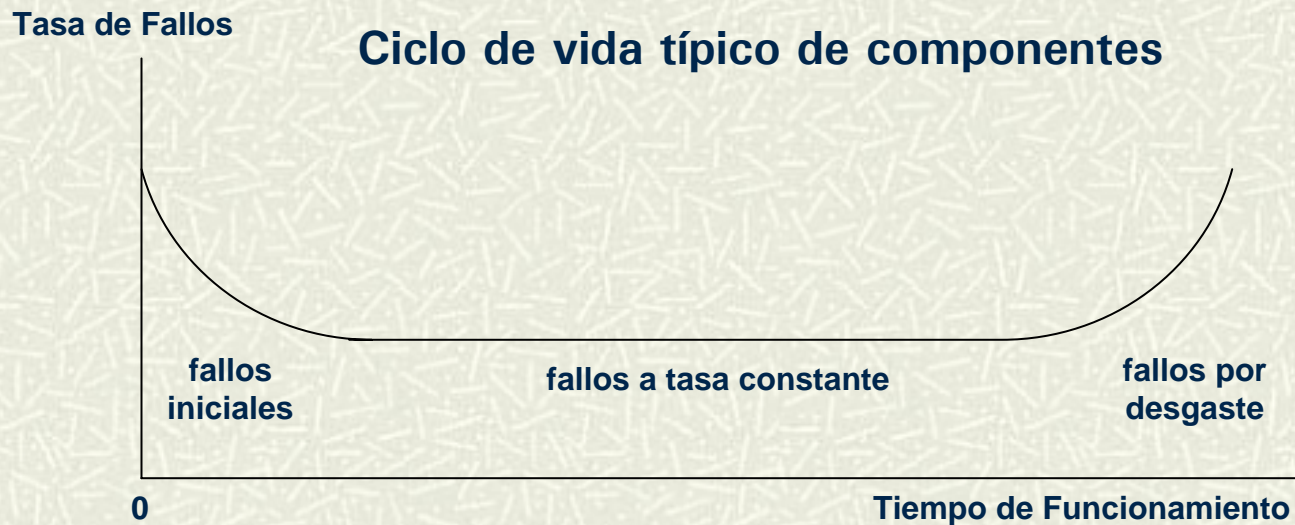
Modelación Markoviana de Fiabilidad



**Evolución de Obstrucciones
en una Tubería**

dest-> orig	N	P	G	T
N	.95	.05	0	0
P	.30	.60	.10	0
G	0	0	.80	.20
T	0	0	0	1.00

Modelación de Fiabilidad en Tiempo Continuo



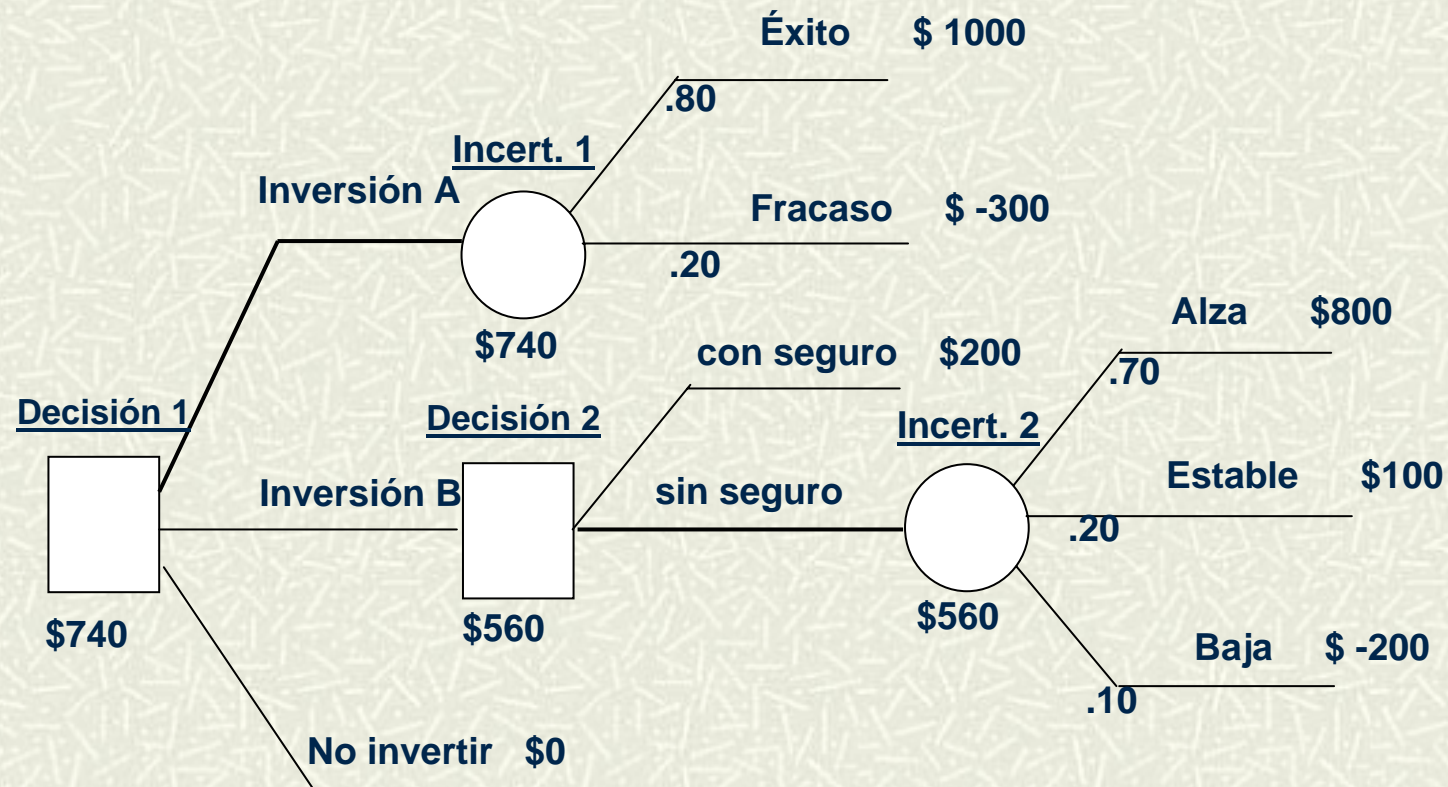
Tasa Constante \rightarrow Exponencial: $R_c(t) = \exp \left[-\int_0^t c \, dx \right] = \exp [-ct]$

Tasa creciente o decreciente \rightarrow Weibull: $R(t) = \exp[-at^b]$

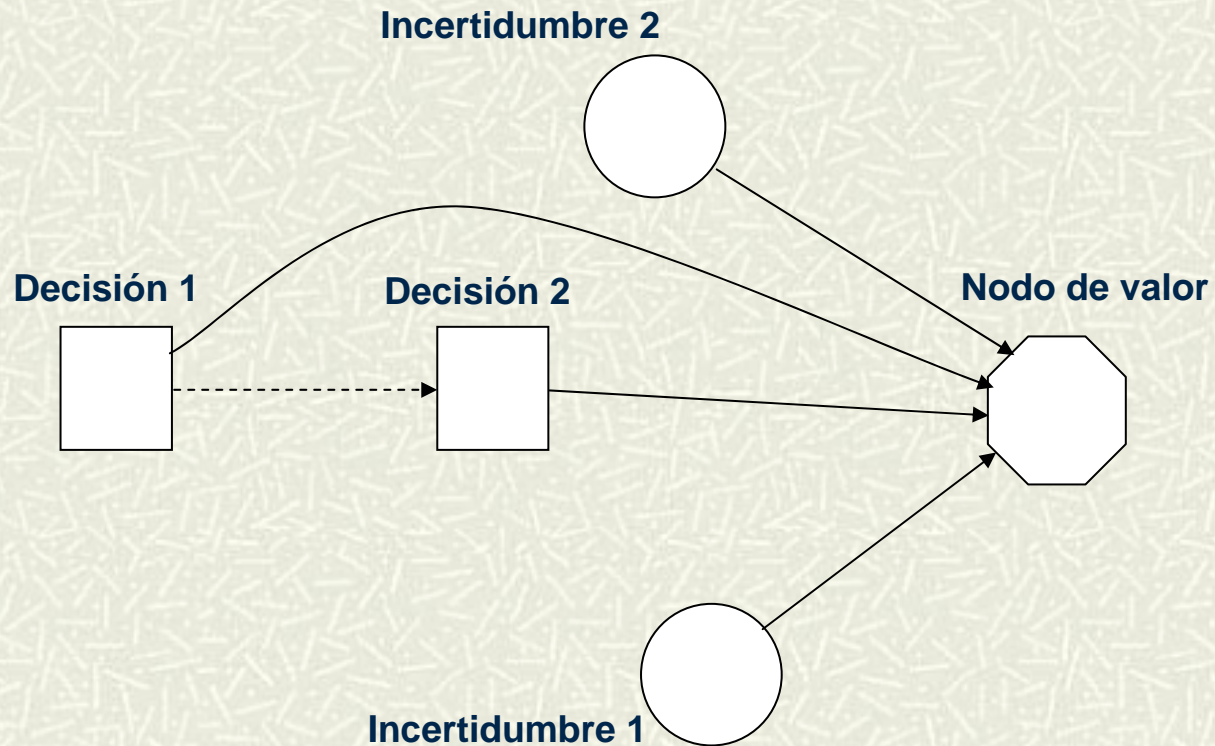
Importancia de las Probabilidades en el Análisis de Decisiones

- ❖ La inclusión de los eventos inciertos que afectan los resultados es una de las fortalezas del análisis de decisiones.
- ❖ Lo que ignoramos nos puede dañar: el cerrar los ojos a la incertidumbre no nos protege del posible daño, sino que nos hace más vulnerables.
- ❖ Frecuentemente las distribuciones de probabilidad son el aspecto clave que determina el valor de las alternativas.

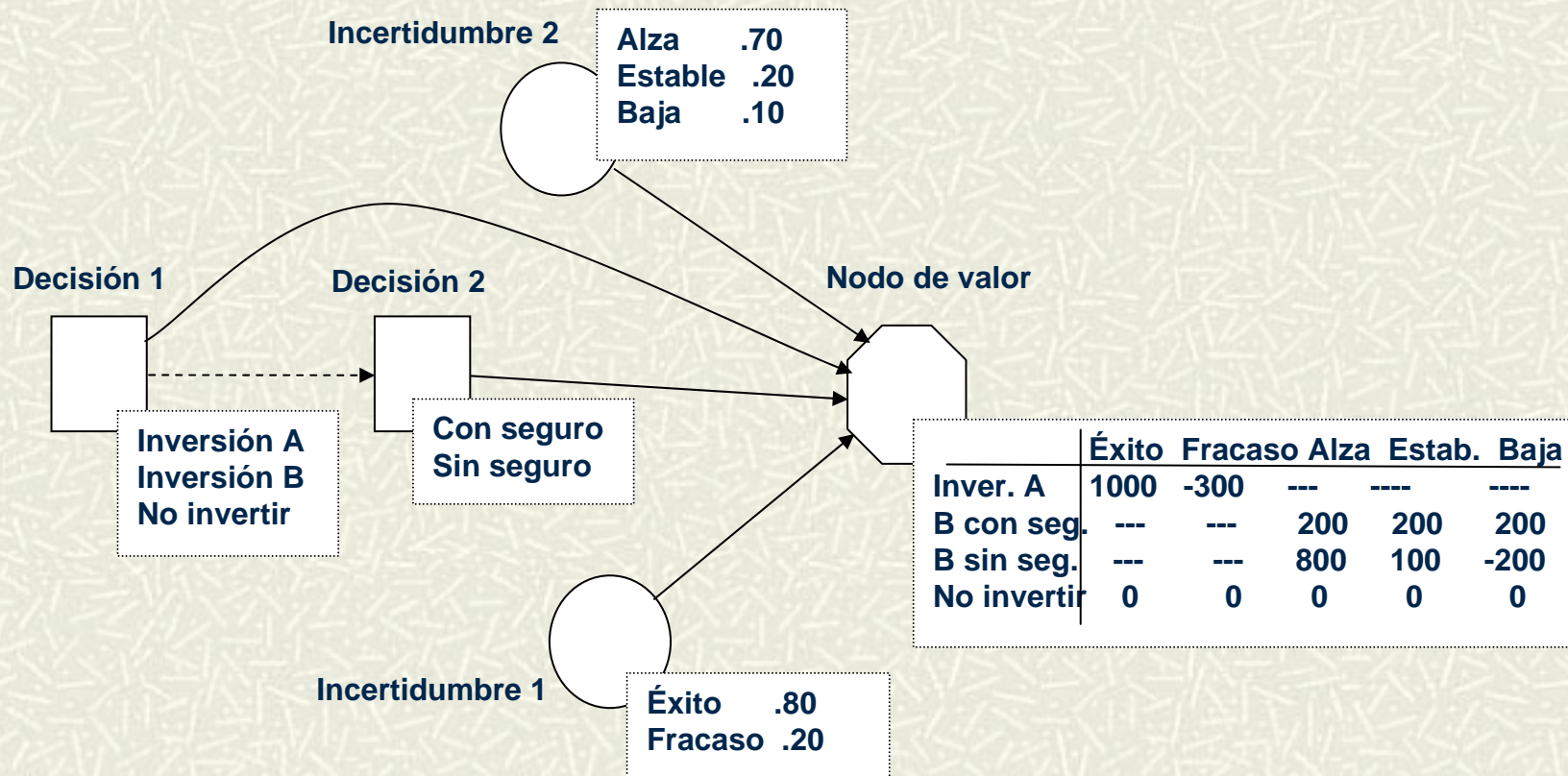
Modelación de Decisiones con Incertidumbre: Árboles de Decisiones



Modelación de Decisiones con Incertidumbre: Diagramas de Influencia

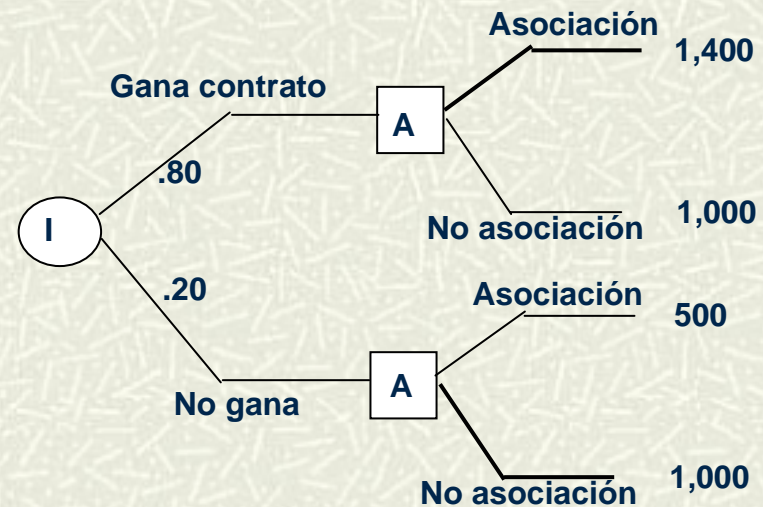
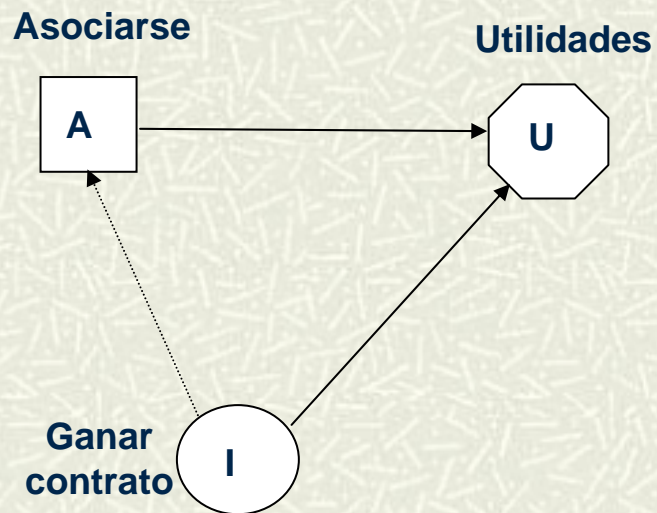


Datos Dentro de los Nodos de Diagramas de Influencia



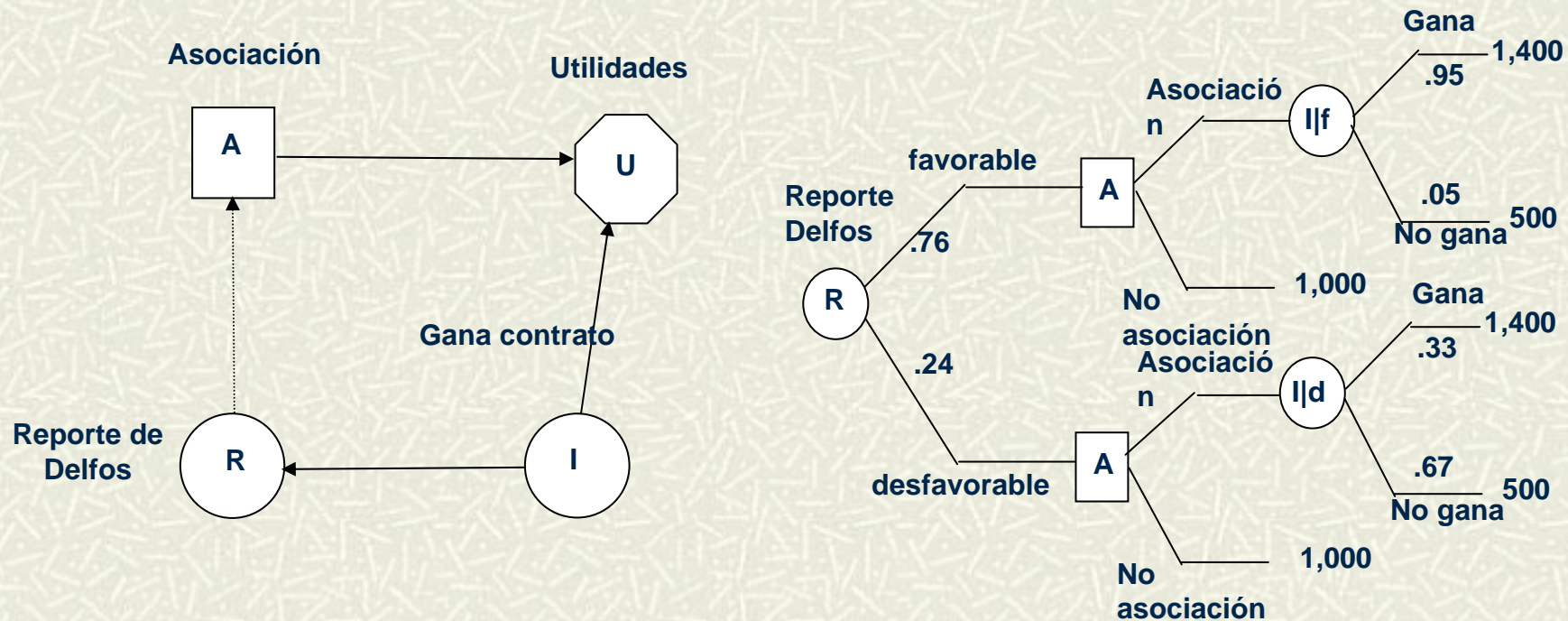
Valoración de Información Perfecta

Se dispone de información completamente confiable antes de tomar la decisión.



Valoración de Información Imperfecta

La información disponible es sólo un indicador de lo que puede pasar.



Temas Avanzados de Valoración de Información

- ❖ Fuentes de información con dependencia probabilística.
- ❖ Cuantificación de la relevancia entre sucesos y entre eventos inciertos.
- ❖ Valor de la información cuando la alternativa seleccionada cambia la distribución de probabilidad.
- ❖ Capacidad de discriminación de los indicadores.
- ❖ Valoración de opciones (compra de derechos).

Comentario Final

- ❖ La incertidumbre está presente en todos los aspectos de la vida personal y profesional.
- ❖ Las técnicas para modelar la incertidumbre aumentan nuestra comprensión sobre la incertidumbre y el riesgo, y nuestro poder para enfrentarlos.
- ❖ Saber analizar la incertidumbre y el riesgo es una importante habilidad profesional.

Información adicional en: decidir.org

Libro de referencia: *Análisis de Incertidumbre y Riesgo para la Toma de Decisiones*. Roberto Ley Borrás, 2001.