



## Enfoque Cuantitativo en el Diseño de Computadores

### Motivación:

- ✓ ¿Cuál es la evolución de las prestaciones de los computadores?
- ✓ ¿Para qué se necesitan más prestaciones?
- ✓ ¿Cómo influyen las mejoras hardware y software sobre las prestaciones?
- ✓ ¿Cómo se mide el rendimiento de los computadores?
- ✓ ¿Cómo podemos comparar el rendimiento de diferentes computadores?
- ✓ ¿Cómo influye la mejora de una parte del computador sobre su rendimiento?
- ✓ ¿Cómo influye el factor coste en los computadores y de qué depende?

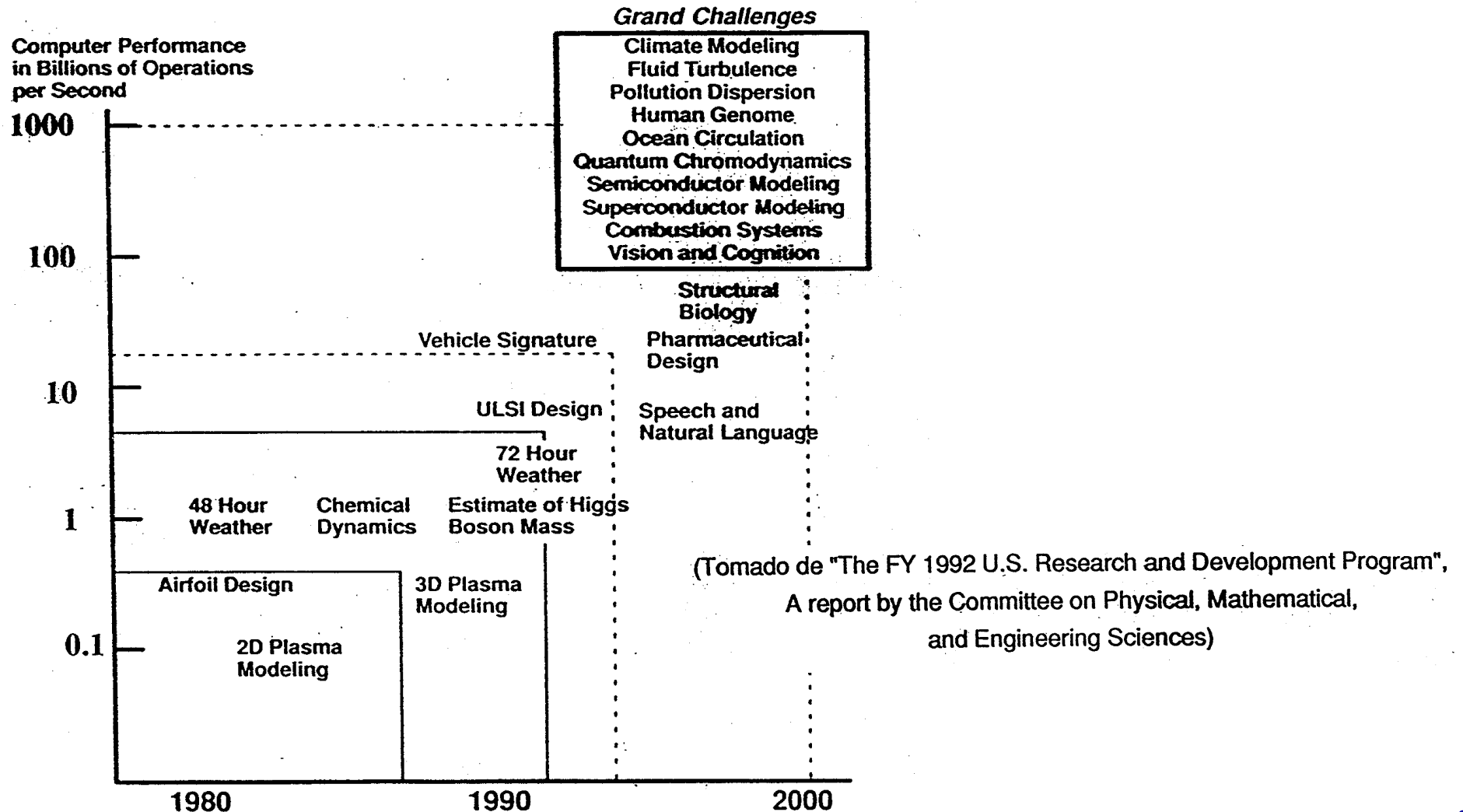


## Enfoque Cuantitativo en el Diseño de Computadores

- Introducción. Grandes Retos de la Ciencia. Mejoras Hard/Soft
- Rendimiento de Computadores. Comparación de Máquinas
- Mejora del Rendimiento. Ley de Amdahl
- Rendimiento y Coste

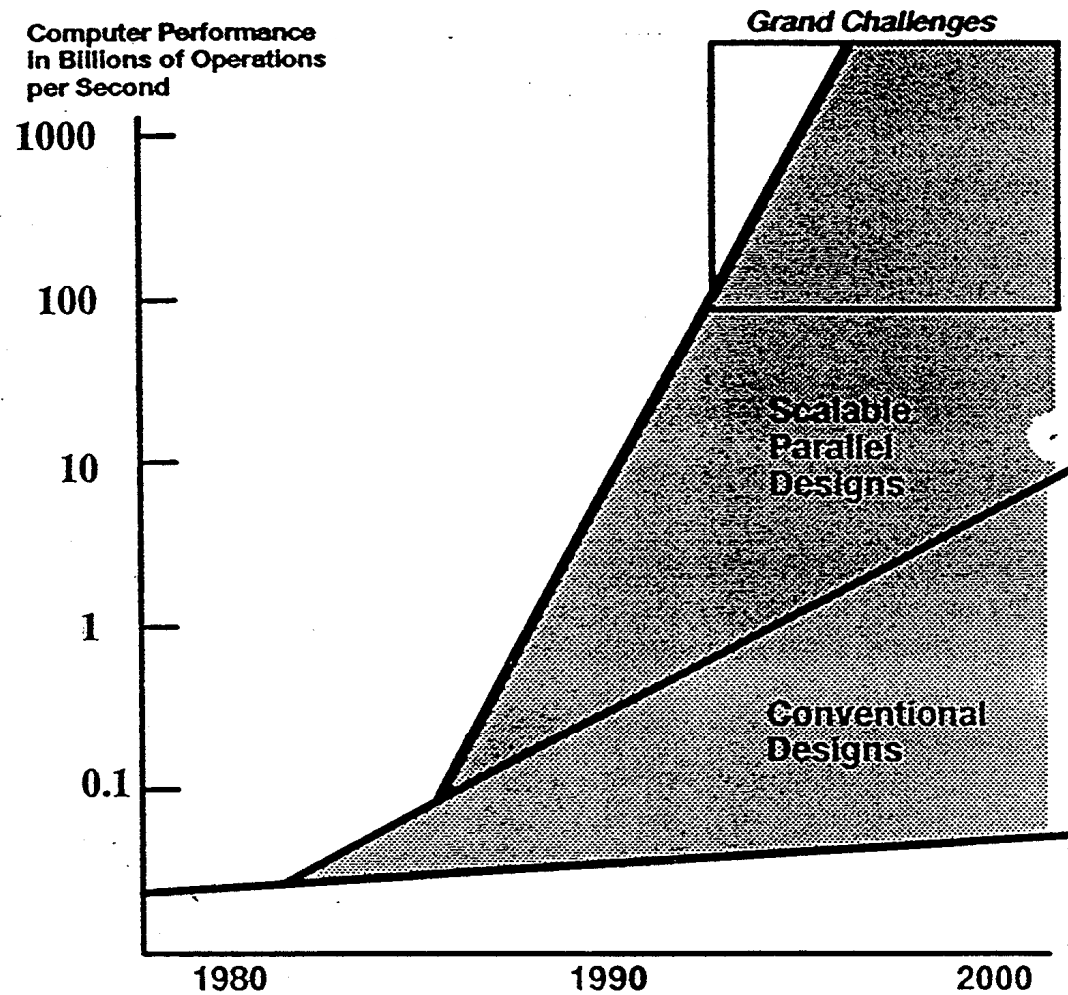


# Grandes Retos de la Ciencia





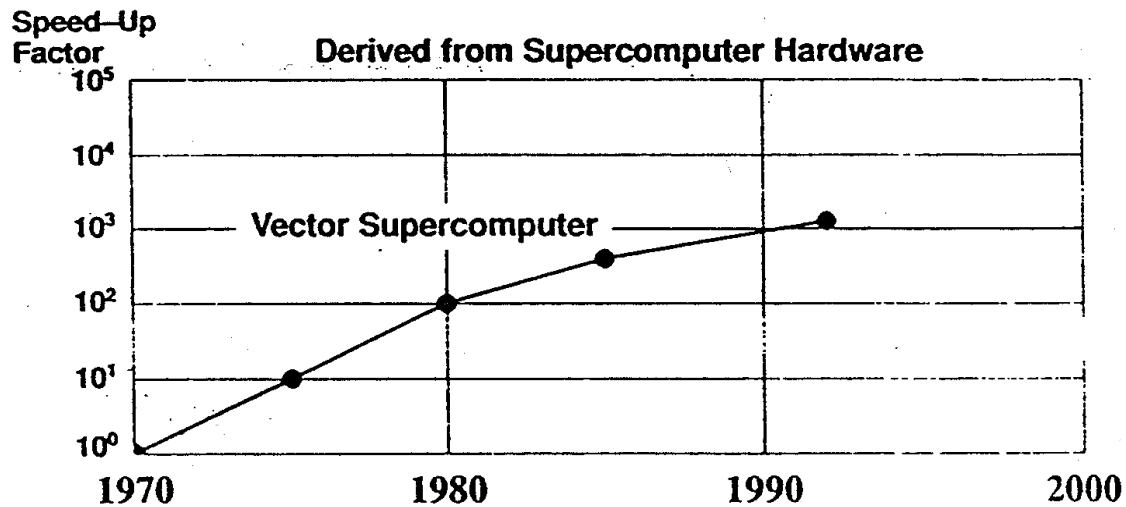
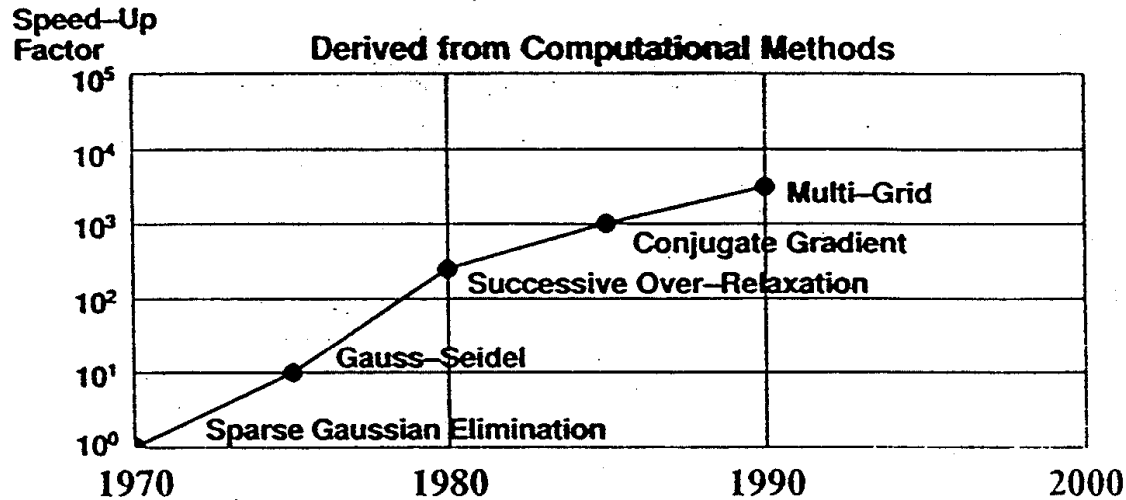
# Grandes Retos de la Ciencia



1 Teraops = 1000 Billion Operations per Second



# Mejoras Hardware/Software



Performance Improvement  
for Scientific Computing Problems



# Mejoras Hardware/Software

REPORT TO THE PRESIDENT

Computational Science:  
Ensuring  
America's Competitiveness

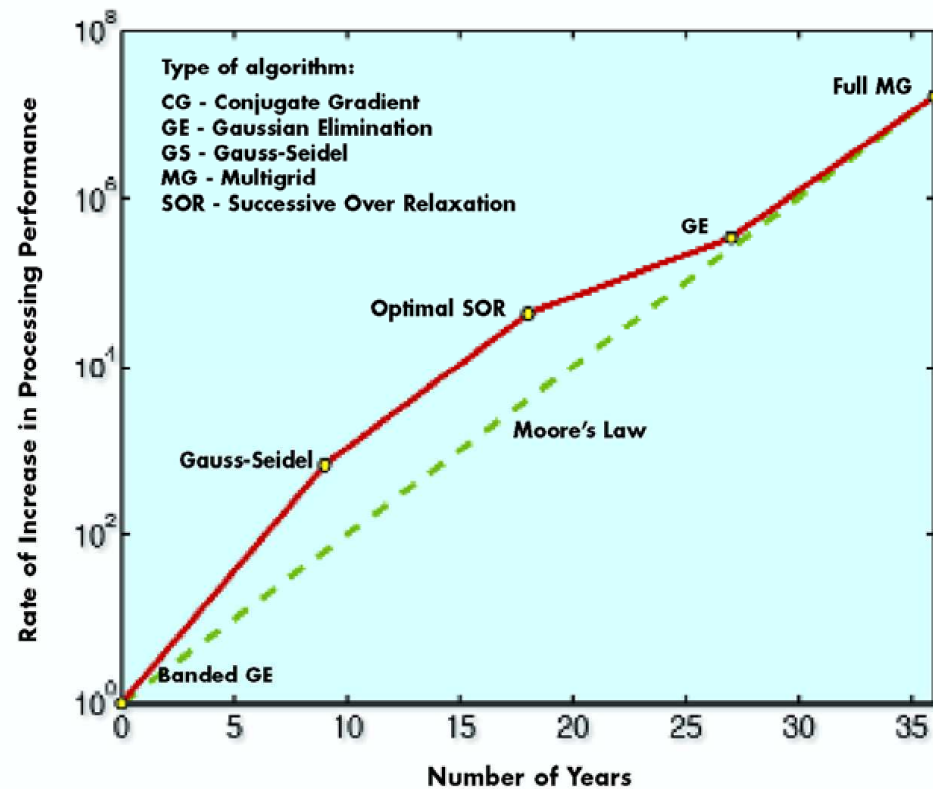
President's Information Technology  
Advisory Committee

June 2005



Improved algorithms and libraries have contributed as much to increases in capability as have improvements in hardware.

### Improvements in Algorithms Relative to Moore's Law





## ¿Que es el Rendimiento (Performance)?

Avión	Pasajeros (p)	Autonomía(km)	Velocidad (km/h)	Productividad(p x km/h)
Boeing 777	375	4360	610	228750
Boeing 747	470	4150	610	286700
AirBus A 3XX	656	8400	600	393600
Concorde	132	4000	1350	178200
Douglas DC-8	544	8720	544	295936

### Aviones con mejores prestaciones

Pasajeros	AirBus A 3XX
Autonomía	Douglas DC-8
Velocidad	Concorde
Productividad	AirBus A 3XX

- Entonces, ¿por qué hay tantos Boeing 7X7?:





# Rendimiento de Computadores

- **Tiempo de Respuesta** ( Tejecución, Latencia, *Elapsed time* )
  - ✓ ¿Cuanto tarda en completarse una tarea?
  - ✓ ¿Cuanto tarda un programa en ejecutarse?
  - ✓ ¿Cuanto debo esperar por una consulta a una base de datos?
- **Productividad** ( Rendimiento, *Throughput* )
  - ✓ ¿Cuántas tareas pueden ejecutarse en la máquina al mismo tiempo?
  - ✓ ¿Cual es el tiempo medio de ejecución?
  - ✓ ¿Qué cantidad de trabajo por unidad de tiempo puede realizar?

*¿Como mejorar el rendimiento?*

- ✓ Disminuyendo el tiempo de respuesta (
- ✓ Aumentando la productividad (





## Comparación de Máquinas

- Para un programa ejecutandose en las máquinas X e Y:

$$\text{Rendimiento}(X) = 1 / \text{Tejecucion}(X)$$

$$\text{Rendimiento}(Y) = 1 / \text{Tejecucion}(Y)$$


- ¿Cuanto mas rápida es la máquina X que la máquina Y?

✓ Si X es **n** veces mas rápida que Y:

$$\frac{\text{Rendimiento}(X)}{\text{Rendimiento}(Y)} = \frac{\text{Tejecucion}(Y)}{\text{Tejecucion}(X)} = n \quad (\text{Ganancia de velocidad, } Speedup)$$



## Mejora del Rendimiento

- La mejora de una parte del computador en un factor  $n$  no incrementa el rendimiento en ese mismo factor ¿Por qué?
- La mejora tendrá tanta mas influencia sobre el rendimiento cuanto mas tiempo sea efectiva durante la ejecución.  

- La **Ley de Amdahl** cuantifica el incremento de rendimiento obtenido con la mejora de una parte.



## Mejora del Rendimiento

- *“La mejora de rendimiento que puede obtenerse al utilizar un modo de ejecución mas rápido está limitada por la fracción de tiempo que se puede utilizar dicho modo”*
- La ley se formula en términos de ganancia:

$$\text{Ganancia (G)} = \frac{\text{Rendimiento con mejora}}{\text{Rendimiento sin mejora}} = \frac{\text{Tejecucion sin mejora}}{\text{Tejecucion con mejora}}$$

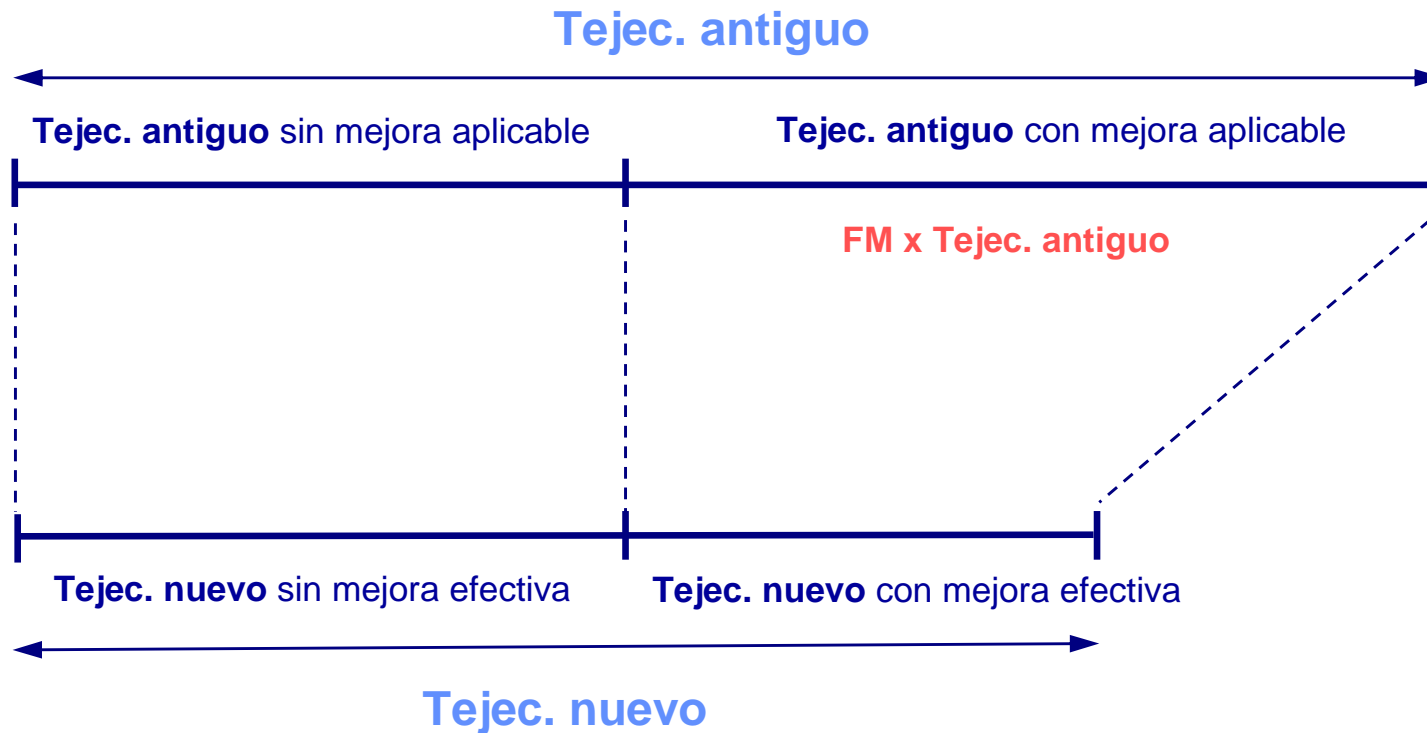
Fracción de Mejora (**FM**): *fracción del tiempo de ejecución en la máquina original durante la cual es efectiva la mejora*

Aceleración de Mejora (**AM**): *ganancia conseguida mientras es efectiva la mejora*



$$G = \text{Rend. con mejora} / \text{Rend. sin mejora} = \text{Tejec. sin mejora} / \text{Tejec. con mejora}$$

$$= \text{Tejec. antiguo} / \text{Tejec. nuevo}$$



$$\text{Tejec. nuevo} = (1-FM) \times \text{Tejec. antiguo} + (FM / AM) \times \text{Tejec. antiguo}$$

$$= [ (1-FM) + FM / AM ] \times \text{Tejec. antiguo}$$

→  $\text{Tejec. antiguo} / \text{Tejec. nuevo} =$



## Mejora del Rendimiento

$G =$

$G_{max} =$

- La ley de Amdahl ayuda a distribuir los recursos disponibles de cara a mejorar la relación Rendimiento/Coste del computador.
- La distribución se hará de forma proporcional al tiempo requerido en cada parte de la ejecución.
- Esta expresión simple de la ley de Amdahl no contempla la posibilidad de que durante la FM el trabajo de la parte del diseño mejorada se solape con el trabajo de otra parte, pudiendo en estos casos estar mas limitada la mejora global obtenida.



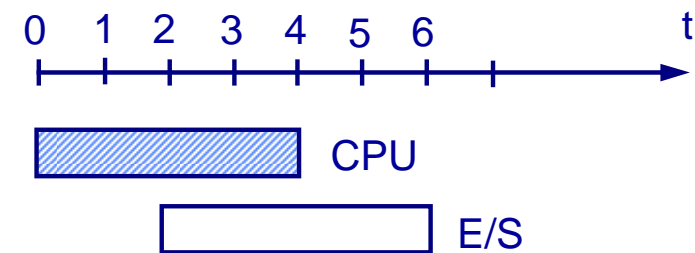
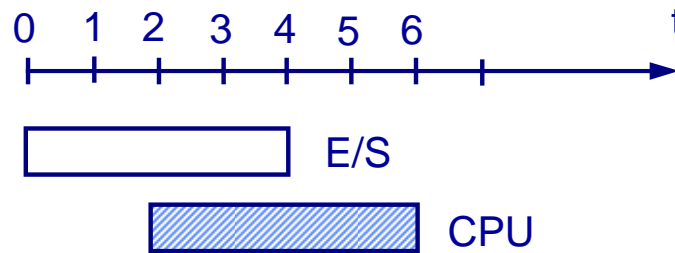
### Ejemplo: Mejora de CPU (FM, AM) + Solapamiento CPU – E/S

Tejec. = 6 seg. }  
 $T_{CPU} = 0,4 \text{ seg.}$  }  $\rightarrow FM = 4/6$        $AM = 2$       Amdahl  $\rightarrow G = 1 / [(1-4/6) + (4/6) / 2] = 1,5$

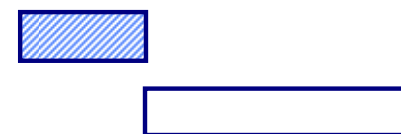
Solapamiento más favorable

Solapamiento más desfavorable

Sin mejora



Con mejora

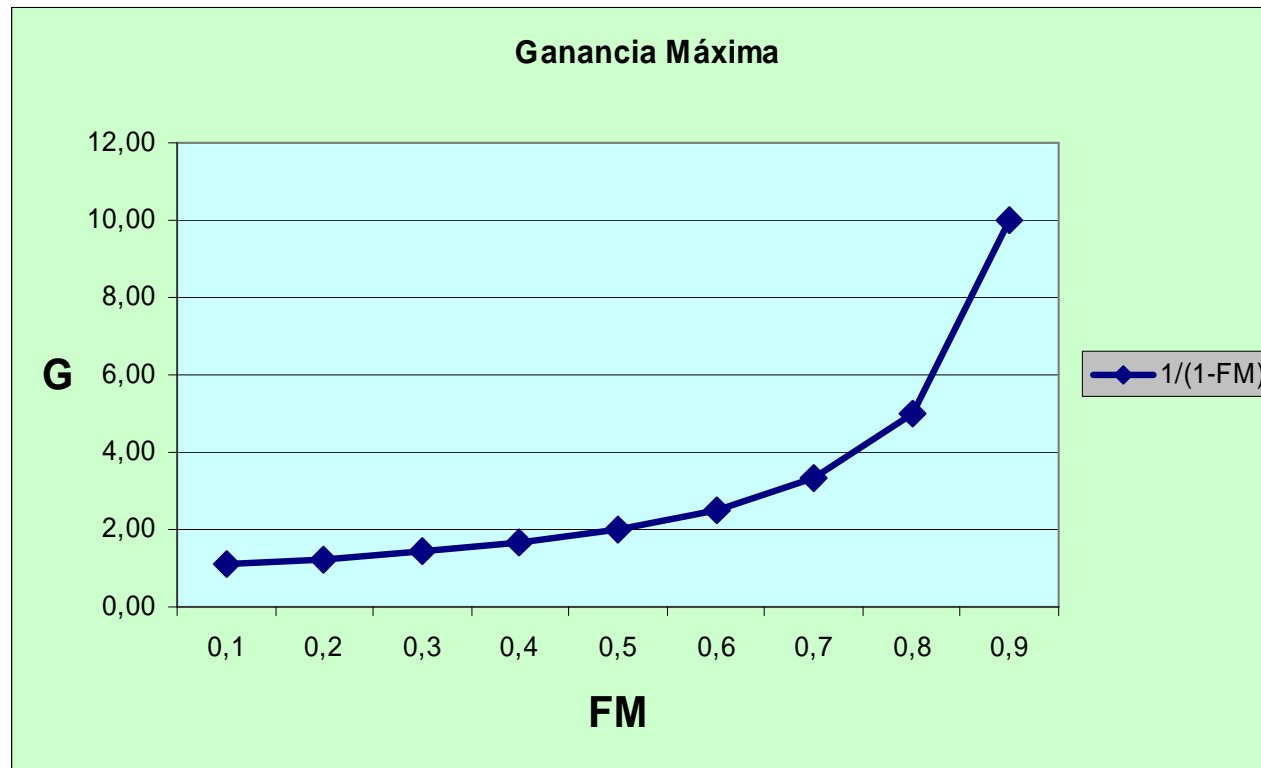


G =

G =



# Mejora del Rendimiento





## Rendimiento y Coste

- Factores determinantes a la hora de:
  - ✓ diseñar un computador (FABRICANTE)
  - ✓ seleccionar un computador (USUARIO)

### SUPERCOMPUTADORES

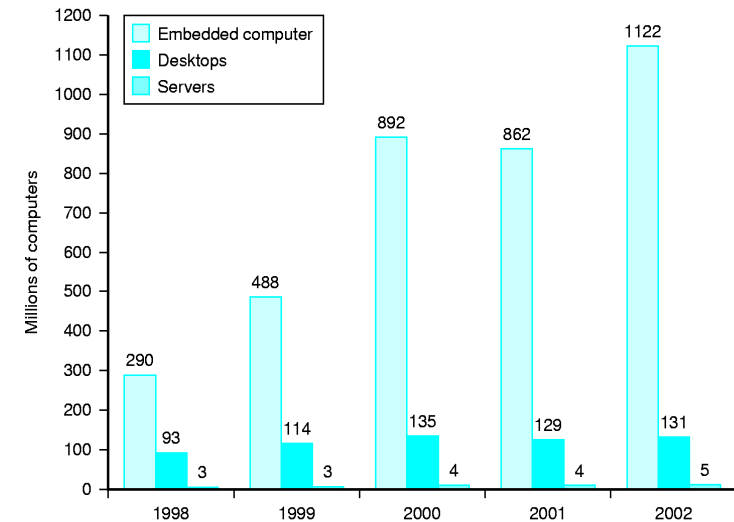
- ✓ diseño orientado al alto rendimiento
- ✓ el coste tiene una importancia secundaria

### SERVIDORES, ESTACIONES DE TRABAJO

- ✓ diseño orientado al Rendimiento/Coste
- ✓ se valoran ambos aspectos por igual

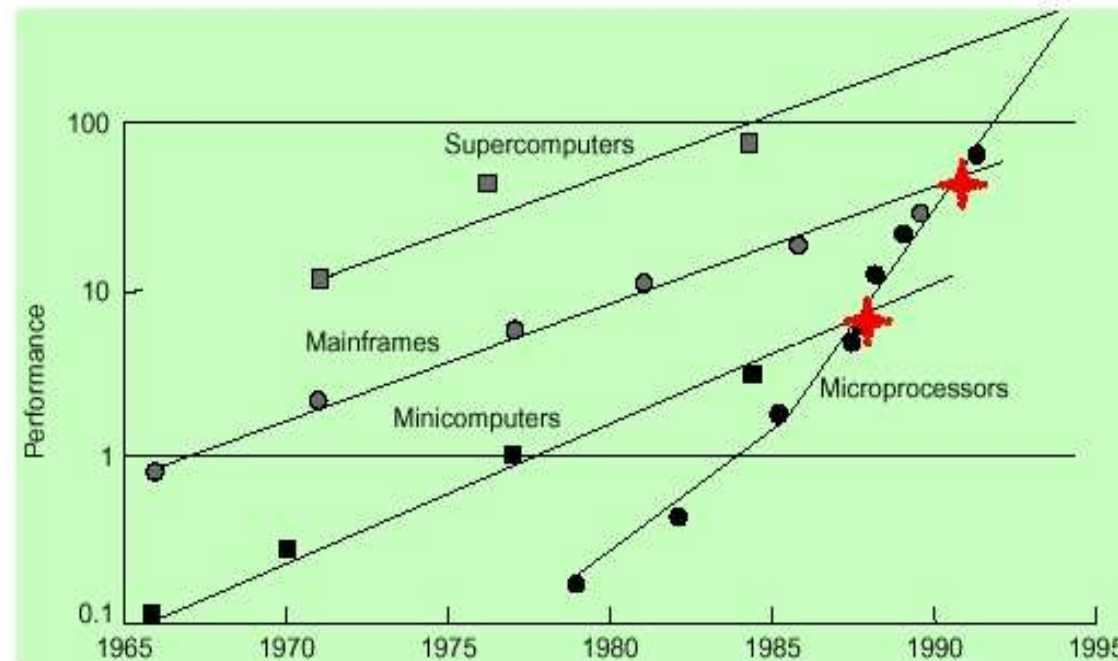
### COMPUTADORES PERSONALES

- ✓ diseño orientado al bajo coste
- ✓ se sacrifica rendimiento a favor de un bajo coste





## Rendimiento y Coste

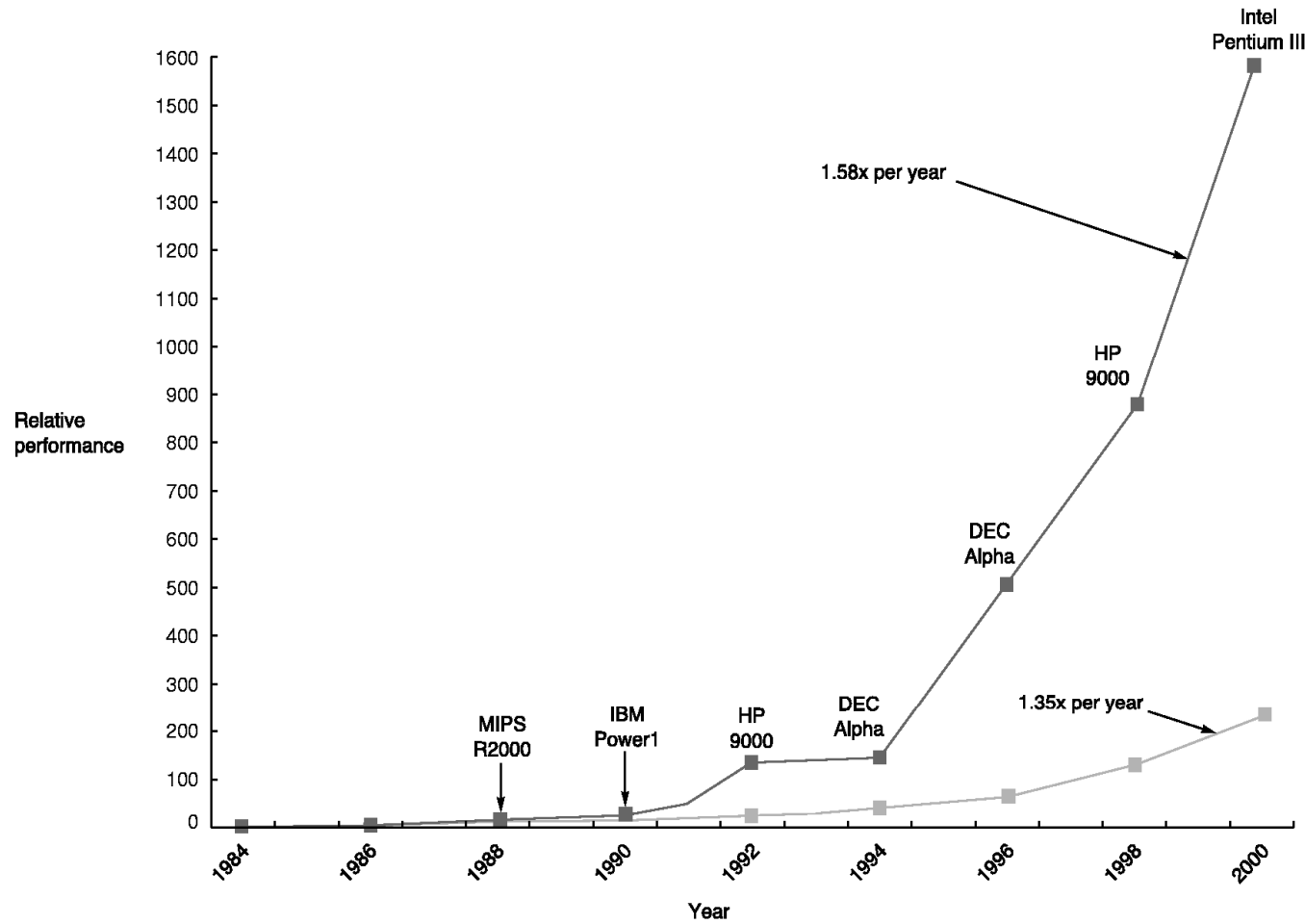


IBM Power2 Ws (1993) más rendimiento Cray YMP(1988) costo 50 veces menor

- Microcomputadores:
  - ✓ aprovechan los últimos avances tecnológicos
  - ✓ incorporan todas las mejoras arquitectónicas
  - ✓ tiempos de diseño muy cortos permiten productos muy competitivos

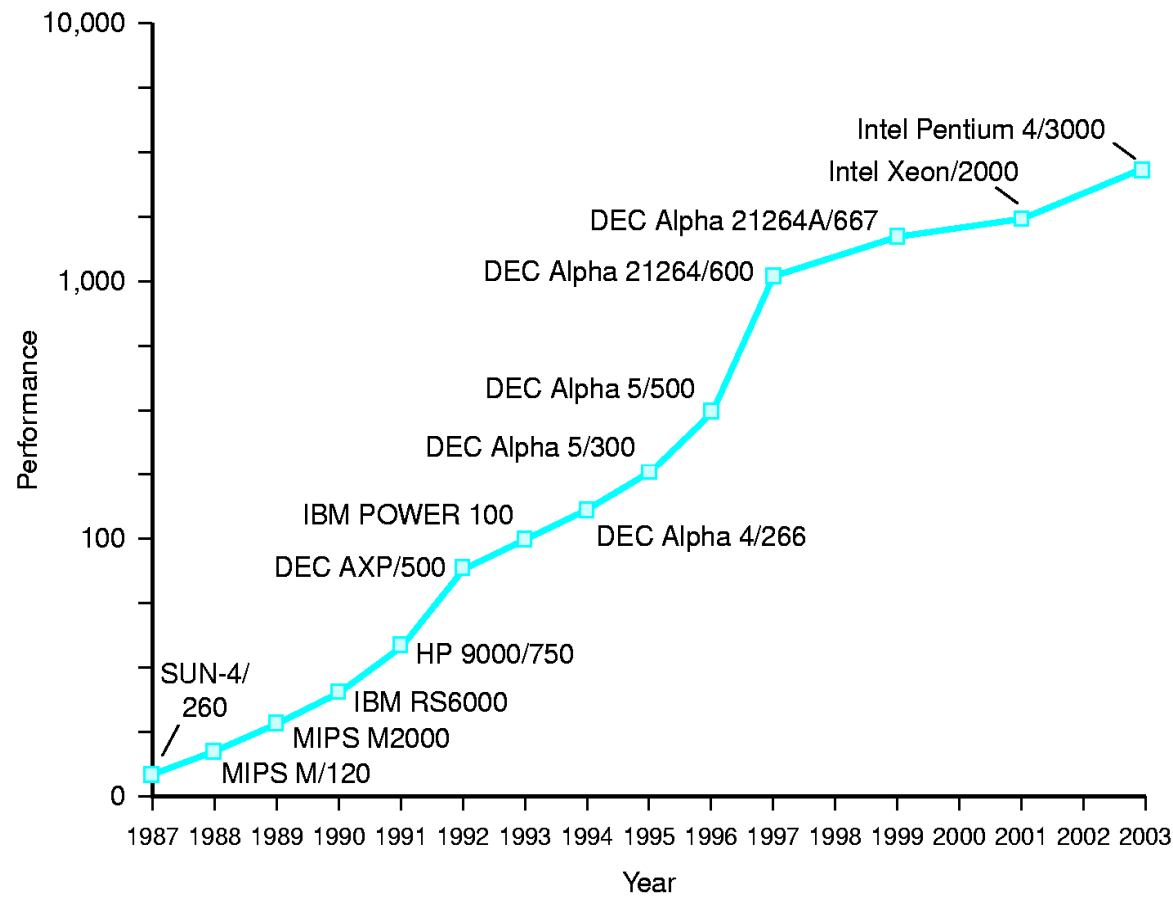


# Rendimiento y Coste



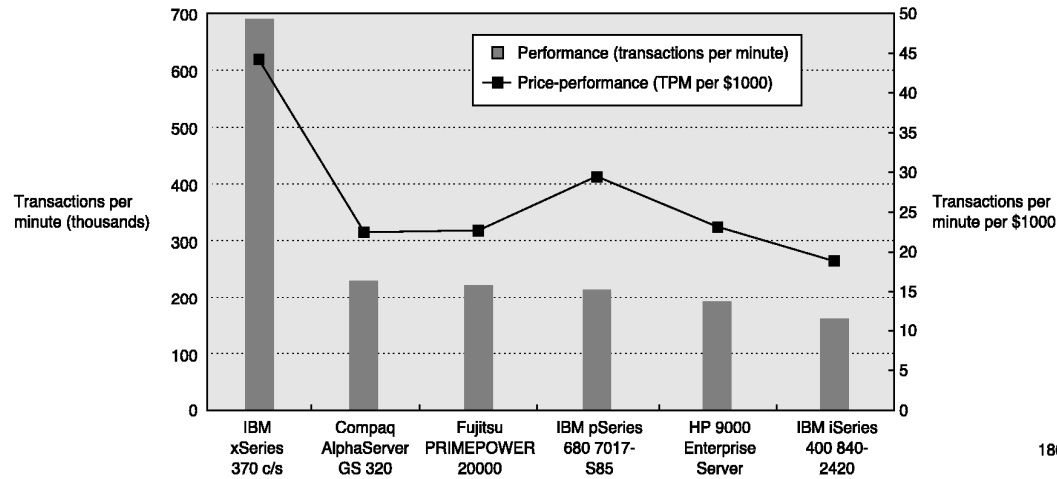


# Rendimiento y Coste

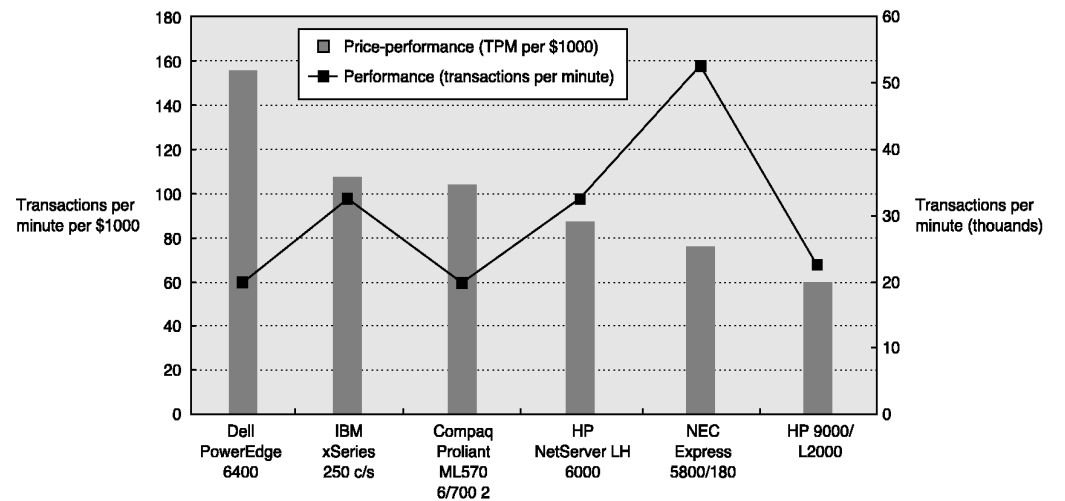




# Rendimiento y Coste



© 2003 Elsevier Science (USA). All rights reserved.



© 2003 Elsevier Science (USA). All rights reserved.

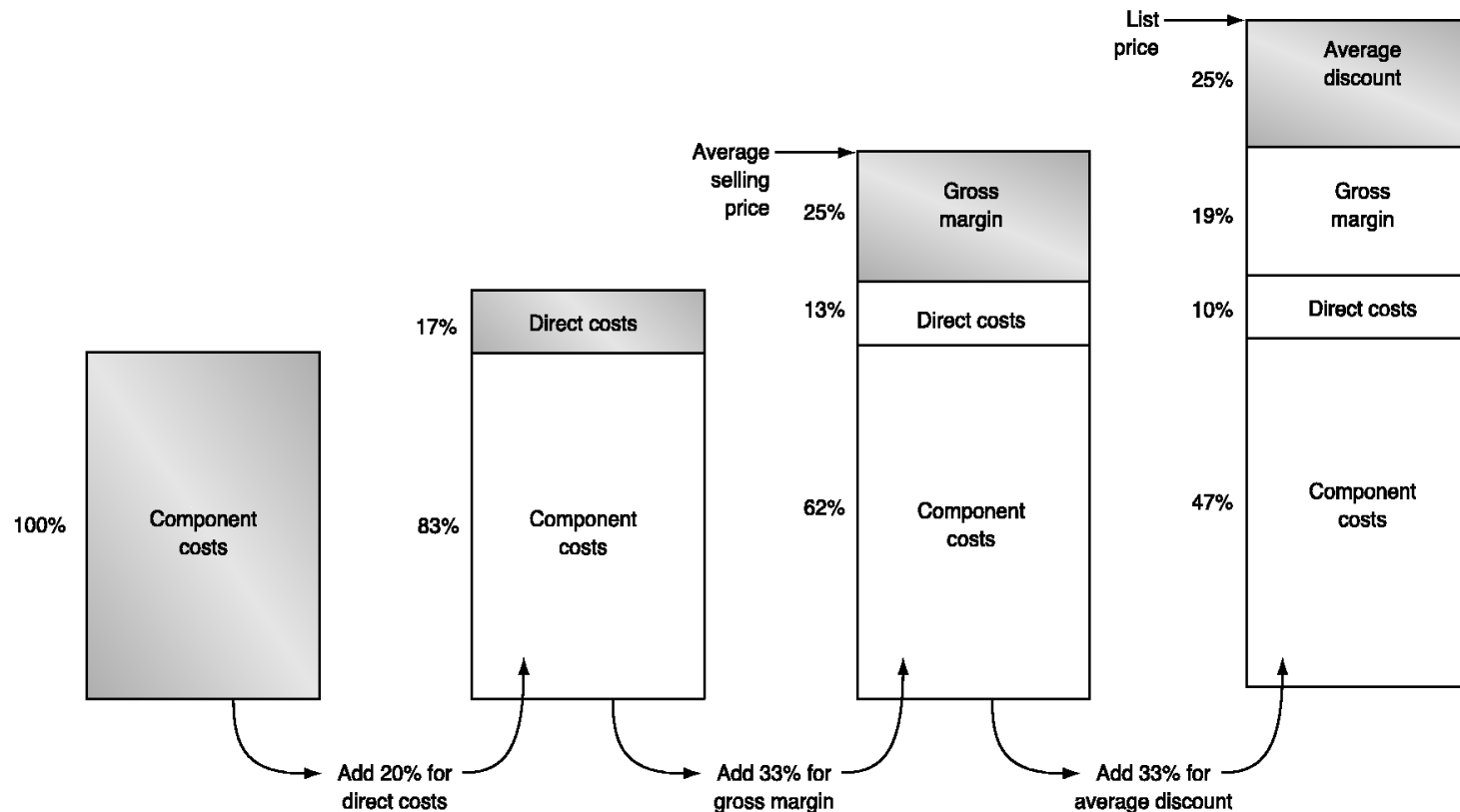


## Rendimiento y Coste

- Precio equipo = Coste de componentes + Otros costes
- Otros costes:
  - ✓ costes directos (compras, ensamblado y garantías)
  - ✓ costes indirectos (I+D, marketing, ventas, mantenimiento de equipos, alquileres, financiación, margen de beneficio e impuestos)
  - ✓ descuento medio (por volumen de ventas)
- Compleja relación entre coste y precio final
  - ✓



# Rendimiento y Coste



© 2003 Elsevier Science (USA). All rights reserved.