ISE-Problemas.pdf

marinamuca01

Ingeniería de Servidores

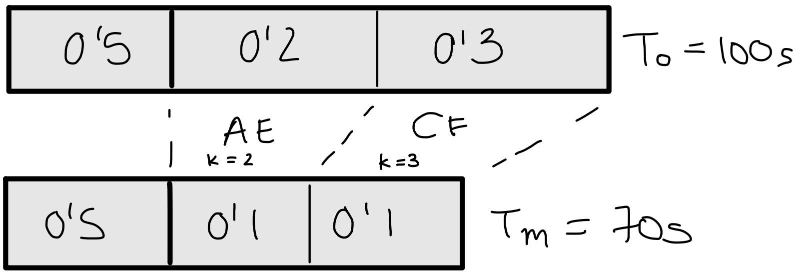
3º Grado en Ingeniería Informática

Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación
Universidad de Granada

Problema 1.3 Un computador tarda 100 segundos en ejecutar un programa de simulación de una red de interconexión para multicomputadores. El programa dedica el 20% en hacer operaciones de aritmética entera (AE), el 30% en hacer operaciones de aritmética en coma flotante (CF), mientras que el resto se emplea en operaciones de entrada/salida (E/S). Calcule la ganancia en velocidad y el tiempo de ejecución si las operaciones aritméticas enteras y reales se mejoran de manera simultánea 2 y 3 veces, respectivamente.

$f_{AE} = 0'2$

$f_{CF} = 0'3$



$$1-(f_{AE}+f_{CF}) \quad \frac{f_{AE} \times T_0}{K_{AE}} \quad \frac{f_{CF} \times T_0}{K_{CF}}$$

$$S_0(M) = \frac{V_m}{V_0} = \frac{T_0}{T_m} = \frac{100}{70} = 1'43 \Rightarrow 43\%$$

$$= \frac{\cancel{T_0}}{\underbrace{1-(f_{AE}+f_{CF})}_{\Sigma f_i} \quad \underbrace{\frac{f_{AE} \times \cancel{T_0}}{K_{AE}} \quad \frac{f_{CF} \times \cancel{T_0}}{K_{CF}}}_{\Sigma f_i / K_i}} = \frac{1}{1-(f_{AE}+f_{CF}) \quad \frac{f_{AE}}{K_{AE}} \quad \frac{f_{CF}}{K_{CF}}}$$

$$= \frac{1}{1-(f_{AE}+f_{CF}) \quad \frac{f_{AE}}{2} \quad \frac{f_{CF}}{3}}$$

PROBLEMA 1.13 Una aplicación informática se ejecuta en un computador durante un total de 70s. Mediante el uso de un monitor de actividad se ha podido saber que durante el 85% del tiempo de ejecución se utiliza la CPU (CPUo), mientras que el resto del tiempo se hace uso del disco duro (DD). Determine cuántas veces debe ser, como mínimo, más rápido un procesador (CPUm) que cuesta el doble que el procesador actual para que hubiese valido la pena comprarlo en lugar de éste ateniéndonos a la relación *prestaciones del sistema/coste del procesador*.

$$\frac{\text{Prestaciones}}{C_p \cdot 2} \qquad \frac{P'}{C_p}$$

Coste

Cuesta el doble
Prestaciones deben mantener la relación
⇓
Prestaciones tb x2

$0'15 \cdot 70 = 10'5s$	$0'85 \cdot 70 = 59'5s$

$T_o = 70s$

$f_{CPU} = 0'85$

$k?$

$10'5s$	$\frac{59'5}{k}$

$$S = \frac{T_o}{T_m} \geq 2 \Rightarrow S = \frac{70}{10'5 + \frac{59'5}{k}} \geq 2 \Rightarrow k > 2'43$$

PROBLEMA 1.11 Ante la necesidad de reducir el tiempo de ejecución de un programa de cálculo de trayectorias espaciales, un equipo de arquitectos de computadores ha diseñado un nuevo procesador que mejora 3 veces la ejecución de las operaciones de coma flotante. El programa, **cuando se ejecuta utilizando este nuevo procesador**, emplea el 65% del tiempo en la realización de operaciones de coma flotante.

a) Calcule qué tanto por ciento del tiempo de ejecución necesitaban las operaciones de coma flotante en el sistema con el procesador original.

b) Indique cuál es la ganancia en velocidad global conseguida por el nuevo procesador.

$(1-f_{cf}) \cdot T_o$ $\qquad$ $f_{cf} \cdot T_o$ (→ %)

$0'35 \cdot T_m$	$0'65 \cdot 3 \cdot T_m$

T_o

$k = 3$

$(1-f_{cf}) \cdot T_o$

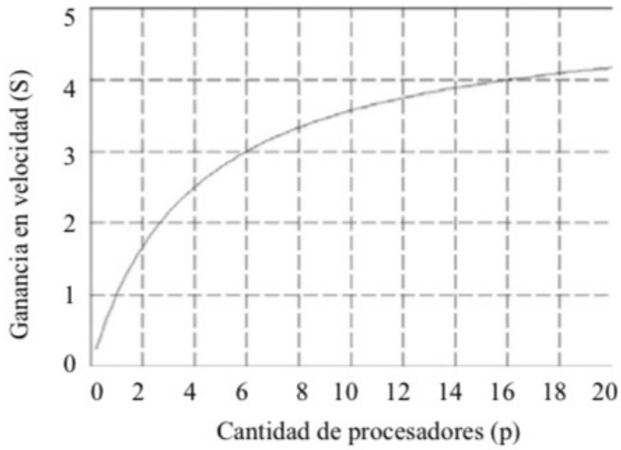
$0'35 \cdot T_m$	$0'65 \cdot T_m$

T_m

$$b) \quad S = \frac{T_o}{T_m} = \frac{0'35 \cdot \cancel{T_m} + 0'65 \cdot \cancel{T_m} \times 3}{\cancel{T_m}} = 2'3$$

$$a) \quad f_{cf} = \frac{0'65 \cdot T_m \cdot 3}{T_o} = \frac{0'65 \cdot 3}{T_o/T_m \rightarrow S} = \frac{0'65 \cdot 3}{2'3} = 0'85 \Rightarrow 85\%$$

PROBLEMA 1.10 Un equipo de biólogos que investiga sobre clonación de células utiliza el multiprocesador ALLIANT para ejecutar un simulador que se puede paralelizar en una fracción f de su tiempo de ejecución. La figura adjunta presenta la ganancia en velocidad conseguida por la máquina paralela en la ejecución del simulador para diferentes valores del número de procesadores (p).



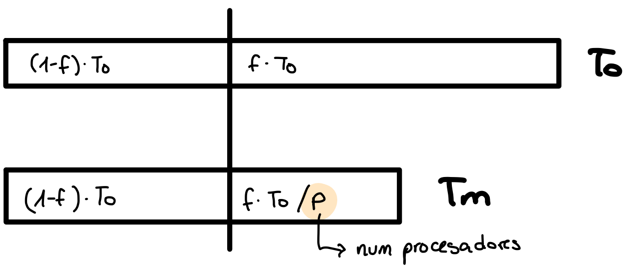
a) ¿Cuál es la fracción paralelizable f del programa de simulación?

b) Si la parte secuencial (=no paralelizable) del simulador se ejecuta en 65s, ¿cuánto tiempo han de esperar los biólogos para obtener los resultados de la simulación con una configuración de 6 procesadores?

c) Los científicos pretenden obtener resultados del simulador en un tiempo máximo de 70s sin modificar el código del programa. Si el sistema ALLIANT está preparado para ampliar el número de procesadores hasta p = 30, ¿podrán conseguir los biólogos su objetivo?

d) Un informático afirma que el sistema ALLIANT podría conseguir el objetivo anterior con p = 6 procesadores si se reduce a la mitad la fracción secuencial (=no paralelizable) del simulador. ¿Es válida esta propuesta?

a)

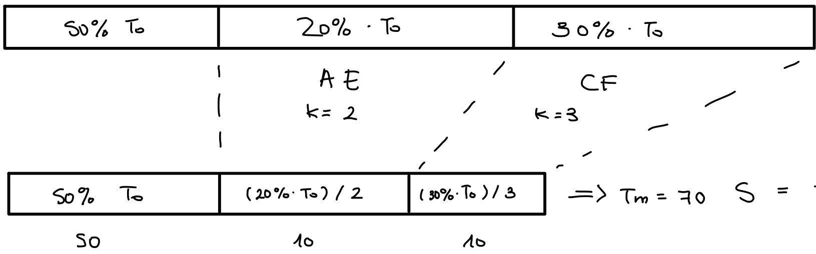


$$S = \frac{T_o}{T_m} = \frac{1}{1-f+\frac{f}{p}}$$

Si $p = 6 \Rightarrow S = 3$

$$3 = \frac{1}{1-f+\frac{f}{6}} \Rightarrow f = 0'8$$

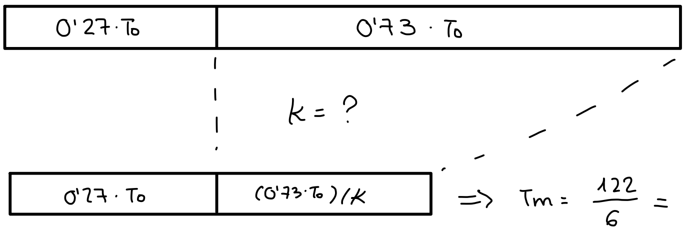
PROBLEMA 1.3 Un computador tarda 100 segundos en ejecutar un programa de simulación de una red de interconexión para multicomputadores. El programa dedica el 20% en hacer operaciones de aritmética entera (AE), el 30% en hacer operaciones de aritmética en coma flotante (CF), mientras que el resto se emplea en operaciones de entrada/salida (E/S). Calcule la ganancia en velocidad y el tiempo de ejecución si las operaciones aritméticas enteras y reales se mejoran de manera simultánea 2 y 3 veces, respectivamente.



$T_o = 100s$

$\Rightarrow T_m = 70 \quad S = \frac{T_o}{T_m} = \frac{100}{70} = 1'43 \Rightarrow 43\%$

PROBLEMA 1.1 Un programa para la simulación de sistemas hidráulicos se ejecuta en 122 segundos. Si las operaciones de división con números reales consumen el 73 % de este tiempo, ¿en cuánto se tendría que mejorar la velocidad de estas operaciones si queremos conseguir que dicho programa se ejecute seis veces más rápidamente? ¿Cuál es la ganancia en velocidad máxima que podríamos conseguir si pudiésemos mejorar dichas operaciones tanto como quisiéramos?



$T_o = 122s$

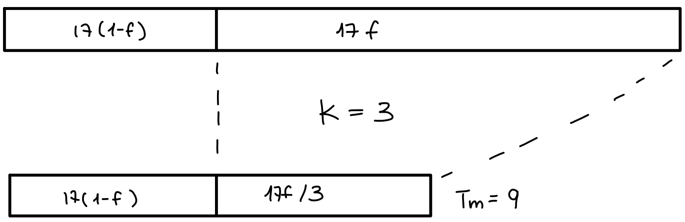
$\Rightarrow T_m = \frac{122}{6} = 20'33\ s$

$20'33 = 0'27 T_o + \frac{0'73 \cdot T_o}{k} = 0'27 \cdot 122 + \frac{0'73 \cdot 122}{k}$

$20'33k = 32'94k + 89'06 \Rightarrow -12'61k = 89'06 \Rightarrow k = -7'063 \Rightarrow$ Como $k < 0 \Rightarrow$ no se puede mejorar 6 veces

máxima ganancia $\Rightarrow \lim_{k \to \infty} S = \frac{1}{1-f} = \frac{1}{0'27} = 3'7$

PROBLEMA 1.2 Una mejora en un sitio web ha permitido rebajar de 17 a 9 segundos el tiempo medio de descarga de sus páginas. Si la mejora ha consistido en hacer 3 veces más rápido el subsistema de discos que almacena las páginas del servidor, ¿cuánto tiempo se dedicaba a acceder a los discos antes de realizar la mejora?



$T_o = 17$

$17(1-f) + \frac{17f}{3} = 9 \Rightarrow 51 - 51f + 17f = 27 \Rightarrow 34f = 24 \Rightarrow f = 0'706 \Rightarrow 17 \cdot 0'706 = 12s$ antes de mejora

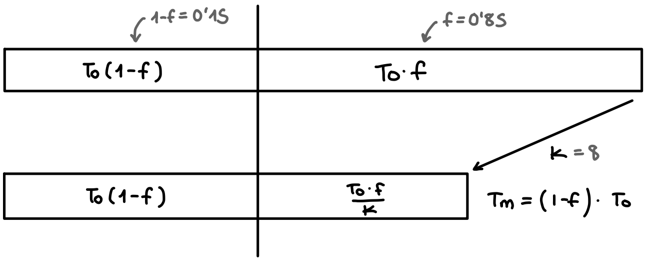
PROBLEMA 1.4 Una aplicación informática se ejecuta en un computador durante un total de 70 segundos. Mediante el uso de un monitor de actividad se ha podido saber que el 85 % del tiempo se utiliza la tarjeta de red, mientras que el resto del tiempo se hace uso del procesador. Se pide:

a) Calcular el incremento de prestaciones si se mejora en 8 veces la velocidad de la tarjeta de red.

b) Determinar en cuánto hay que mejorar el rendimiento del procesador si se quiere ejecutar la aplicación en 25 segundos.

Nota: en ambos casos considérese el sistema original como punto de partida.

a)

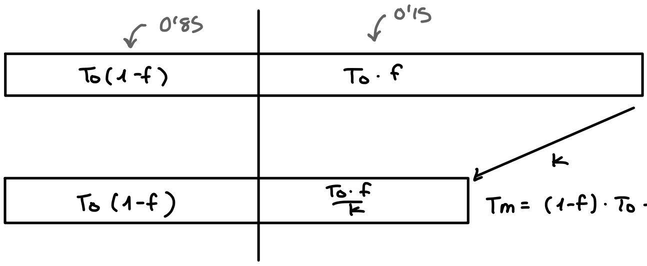


$T_o = 70s$

$$S = \frac{T_o}{T_m} = \frac{70}{17'9375} = 3'9024$$

$$T_m = (1-f)\cdot T_o + \frac{f\cdot T_o}{k} = 0'15\cdot 70 + \frac{0'85\cdot 70}{8} = 17'9375$$

b)



$T_o = 70s$

$$T_m = (1-f)\cdot T_o + \frac{T_o\cdot f}{k} = 25s$$

$$25 = 70\cdot 0'85 \cdot \frac{70\cdot 0'15}{k}$$

$$25k = 70\cdot 0'85k \cdot 70\cdot 0'15$$

$$25k - 59'5k = 70\cdot 0'15$$

$$-34.5k = 10'5$$

$$k = -\frac{10'5}{34'5}$$

Como $k<0$ $\Rightarrow$ no se puede mejorar el rendimiento de la CPU

PROBLEMA 1.5 Deduzca, a partir de la expresión de la ley de Amdahl, una expresión para la fracción de tiempo *f* en función de S (el speedup) y k (el nº de veces mejorado).

$$S = \frac{1}{1-f+\frac{f}{k}} \Rightarrow S - Sf + \frac{Sf}{k} = 1 \Rightarrow Sk - Sfk + Sf = k \Rightarrow -Sfk + Sf = k - Sk \Rightarrow Sf(1-k) = k(1-S)$$

$$\Rightarrow f = \frac{k(1-S)}{S(1-k)}$$

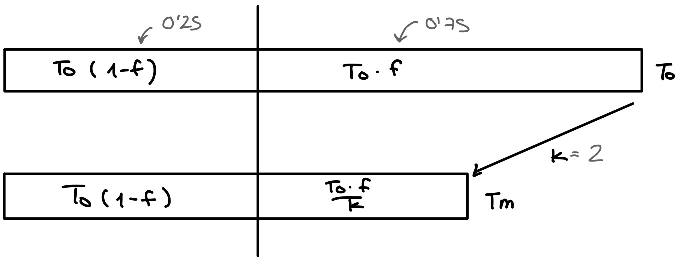
PROBLEMA 1.6 El administrador de un sistema informático pretende aumentar el rendimiento para evitar que el director del centro lo cese en sus funciones (ha habido más de quince quejas de usuarios en el último mes por el excesivo tiempo de ejecución de los programas). Indíquese, teniendo en cuenta la relación entre prestaciones y coste, qué opción de actualización de un sistema informático, de las dos que se enumeran, resultará más ventajosa:

a) Cambio del procesador (250 €). Esta modificación permite que el 75 % de los programas se ejecuten dos veces más rápidamente.

b) Ampliación de la memoria principal (150 €). La capacidad extra de memoria mejora tres veces el tiempo de ejecución del 40 % de los programas.

a) Coste: 250%

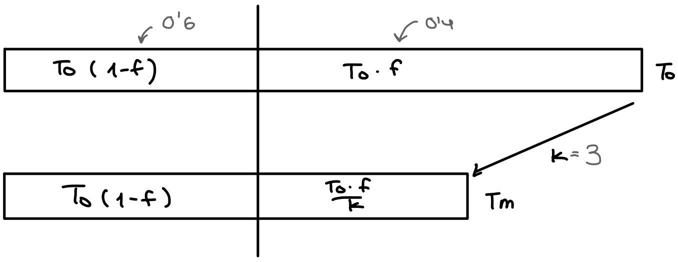
Mejora: 75% programas 2 veces + rápido



$$S = \frac{1}{1-f+\frac{f}{k}} = \frac{1}{0'25 + \frac{0'75}{2}} = 1'6$$

b) Coste: 150€

Mejora 40% Programas 3 veces + rápidos



$$S = \frac{1}{1-f+\frac{f}{k}} = \frac{1}{0'6 + \frac{0'4}{3}} = 1'36\,36$$

$$\frac{\text{Prestaciones}}{\text{Coste}} \rightarrow \text{(A)}\ \frac{1'6}{250} = 0'0064 \qquad \text{(B)}\ \frac{1'36}{150} = 0'0091 \Rightarrow$$

$$\text{A frente a B} = \frac{0'064}{0'0091} = 0'7 < 1 \Rightarrow \text{mejor B}$$

Es mejor ampliar memoria principal

PROBLEMA 1.7 Un programa de predicción meteorológica tarda 84 minutos en ejecutarse en un supercomputador diseñado al efecto. Sin embargo, esta cantidad de tiempo origina muchos problemas para los estudios de los meteorólogos. El responsable del equipo informático quiere reducir este tiempo sustituyendo la memoria principal por una más rápida, para lo cual existen dos modelos alternativos:

a) Modelo Lupita (1100 €), que disminuye el tiempo de ejecución hasta los 71 minutos.

b) Modelo Lucho (1300 €), que rebaja este tiempo de ejecución hasta los 63 minutos.

Determine cuál de los dos modelos anteriores representa la mejor opción ateniéndonos a la relación prestaciones/coste. Exprese el resultado como "% de mejora en la relación prestaciones/coste".

a) $T_o = 84$ min, $T_m = 71$ min $\Rightarrow S = \frac{T_o}{T_m} = \frac{84}{71} = 1'1831 \Rightarrow \frac{\text{Prest}}{\text{coste}} = \frac{1'1831}{1100} = 0'001073$

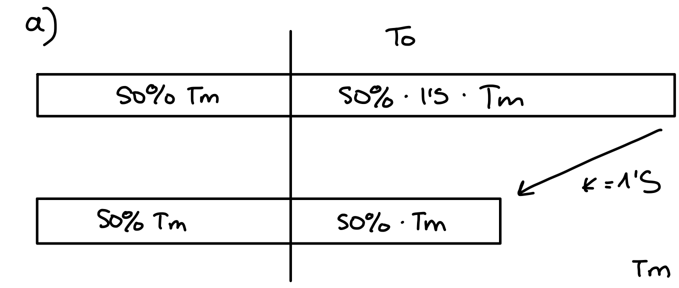
b) $T_o = 81$ min, $T_m = 63$ min $\Rightarrow S = \frac{84}{63} = 1'33 \Rightarrow \frac{\text{Prest}}{\text{Coste}} = \frac{1'33}{1300} = 0'001023$

A con respecto de B $\Rightarrow (1'0459 - 1) \cdot 100 = 4'6\%$

PROBLEMA 1.16 Después de reemplazar el antiguo disco duro del servidor de base de datos de una pequeña compañía granadina por una nueva unidad SSD, se ha constatado experimentalmente que el proceso principal se ejecuta 1.5 veces más rápido que antes. También se ha medido que ahora dicho proceso consume el 50% de su tiempo accediendo a esa nueva unidad SSD.

a) Calcule la fracción de tiempo que el proceso consumía antes accediendo al antiguo disco duro.
b) ¿Cuántas veces es más rápida la nueva unidad SSD que el antiguo disco duro?

a)



$$50\% \cdot T_m = \frac{T_o f}{k} \Rightarrow T_m = \frac{T_o f}{k \cdot 0'5}$$

$$T_m = T_o(1-f) + \frac{T_o f}{k}$$

$$\frac{\cancel{T_o} f}{1'5 \cdot 50\%} = \cancel{T_o}(1-f) + \frac{\cancel{T_o} f}{1'5}$$

$$\frac{f}{0'75} = 1-f + \frac{f}{1'5}$$

$$\frac{1}{0'75}f + f - \frac{1}{1'5}f = 1$$

$$\left(\frac{1}{0'75} + 1 - \frac{1}{1'5}\right)f = 1$$

$$1'6667 f = 1$$

$$f = 0'6$$

b)

$$S = \frac{T_o}{T_m} = \frac{0'5\,\cancel{T_m} + 0'5 \cdot 1'5\,\cancel{T_m}}{\cancel{T_m}} = 1'25$$

TEMA 4

PROBLEMA 4.14 Una gran empresa de seguros está estudiando dos propuestas con el objetivo de actualizar los computadores de su instalación informática. El precio de cada computador es de 1300€ para los de tipo A y 1450€ para los de tipo B. Se estima que el número de computadores a reemplazar es de 75. El ingeniero informático jefe de la empresa ha mandado ejecutar cinco de los programas que utilizan habitualmente en un computador de cada propuesta y ha obtenido los tiempos de ejecución, expresados en segundos, que se muestran a continuación:

Programa	Propuesta A ($t_A(s) = t_{ref}(s)$)	Propuesta B ($t_B(s)$)	Speedup A	Speedup B ($\frac{t_A(s)}{t_B(s)}$) ganancia en velocidad
1	23,6	24,5	1	0.96
2	33,7	41,6	1	0.81
3	10,1	6,6	1	1.53
4	12,9	13,7	1	0.94
5	67,8	66,4	1	1.02
MEDIA GEOM (INDICE SPEC)			1	1.028
PRECIO			1300	1450
INDICE prest/coste (SPEC/PRECIO)			0.00077	0.00071

a) Calcúlese el índice de prestaciones de las máquinas A y B según se hace en el benchmark SPEC_CPU, tomando como referencia la máquina A. Según ese índice, y suponiendo que no hay aleatoriedad en las medidas, ¿qué opción es la mejor? ¿qué opción sería la que compraría ateniéndonos a la relación prestaciones/coste?

B mejor xq > índice SPEC.

↳ prest/coste ⇒ mejor A

A $\frac{0.00077}{0.00071} = 1'085$
B

↳ máq A 1'085 veces mejor que máq B según índice prest./coste

$(1'085 - 1) \times 100 \Rightarrow 8'5\%$ mejor

b) Suponiendo que hay aleatoriedad en las medidas, determine si existen diferencias significativas (para un nivel de confianza del 95%) en el rendimiento de los computadores de las dos propuestas y qué opción sería la que compraría según esa información ateniéndonos a la relación prestaciones/coste. Justifique la respuesta. DATO: $|t_{0,025,4}| = 2,78$.

b) H_0: Rend(A) $\equiv$ Rend(B) $\Rightarrow d_i \sim N(0, \sigma^2) \Rightarrow \bar{d}_{real} = 0$

Programa	Propuesta A	Propuesta B	$d = t_A - t_B$ (s)
1	23,6	24,5	-0'90
2	33,7	41,6	-7'90
3	10,1	6,6	3'50
4	12,9	13,7	-0'80
5	67,8	66,4	1'40
media muestral ($\bar{d}$)			-0'94
desviación típica muestral (s)			4'29 (s)
$s/\sqrt{5}$			1'92 (s)
t_{exp}			-0'49

$$t_{exp} = \frac{\bar{d} - \bar{d}_{real}}{s/\sqrt{n}} \sim T_{5-1}$$

$$t_{exp} = \frac{-0'94 - 0}{1'92\,s} = -0'49$$

$|t_{0'05,4}| = 2'78$ ¿$-0'49 \in [-2'78, 2'78]$? Sí. No rechazar H_0

Como no se puede garantizar ⇒ nos quedamos con la que tiene menor precio.

//EXTRA ↗ Metodo 3

si H_0 cierta ⇒ $t_{exp} \in [-2,78, 2'78]$

$\bar{d}_{real} \in \left[\bar{d} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot 2'78, \bar{d} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot 2'78\right] = [-6'27, 4'39] \Rightarrow$ incluye al 0.

PROBLEMA 4.1 En la tabla siguiente se muestra el tiempo de ejecución (expresado en segundos) y el número de instrucciones ejecutadas en el computador Cleopatra para cinco programas distintos.

Programa	Tiempo (s)	Instrucciones ($\times 10^6$)
asterix	56	543
obelix	59	346
panoramix	113	415
idefix	132	256
abraracurcix	120	235

1. Calcule el número medio de MIPS de este computador al ejecutar los 5 programas.

2. Determine el número medio de ciclos por instrucción (CPI) obtenidos por este computador. Considere para ello que las instrucciones ejecutadas por los tres primeros programas duran 3 ciclos de media mientras que las del resto duran 5 ciclos.

1)

$$MIPS = \frac{NI}{T_{eje} \cdot 10^6} = \frac{1795 \cdot \cancel{10^6}}{480 \cdot \cancel{10^6}} = 3'74$$

2)

$$CPI = \frac{(543 + 346 + 415) \cdot 3 + (256 + 235) 5}{1795} = 3'55$$

PROBLEMA 4.2 La tabla siguiente muestra el tipo y número de las operaciones de coma flotante ejecutadas por un programa de prueba en el computador MATES; la última columna representa el coste computacional en operaciones normalizadas.

Operación	Cantidad ($\times 10^9$)	Operaciones normalizadas
add.s, sub.s	456	1
div.s, mul.s	340	3
sqrt.s	180	12
sqrt.d	70	15
log.d	30	18

Se sabe que el programa tarda una hora en ejecutarse. Indique el rendimiento de este computador mediante el uso de MFLOPS y MFLOPS normalizados. ¿Existe mucha diferencia entre ambos valores?

$$MFLOPS = \frac{(456 + 340 + 180 + 70 + 30) 10^9}{3600 \cdot 10^6} = \frac{1076 \cdot 10^3}{3600} = 298'8\cancel{9}$$

$$MFLOPS\ norm = 1451'67$$

PROBLEMA 4.3 Considere la información (incompleta) obtenida por la orden siguiente en un computador sin más carga que la ejecución de esta orden y sin operaciones de E/S:

```
$ time simulador
   real 0m130s
   user -----s
   sys 0m5s
```

Se sabe que el número de instrucciones ejecutadas es de 32×10^9; de estas últimas, el 60 % se ejecuta en dos ciclos, mientras que el resto lo hace en cinco ciclos. Calcule el número medio de ciclos por instrucción (CPI) obtenidos por el programa, la frecuencia de funcionamiento del procesador y los MIPS alcanzados por el procesador.

$$CPI = \frac{\cancel{32 \cdot 10^9} \cdot 0'6 \cdot 2 + \cancel{32 \cdot 10^9}\ 0'4 \cdot 5}{\cancel{32 \cdot 10^9}} = 3'2$$

$$MIPS = \frac{NI}{T_{eje} \cdot 10^6} = \frac{32 \cdot 10^9}{130 \cdot 10^6} = 246'15$$

$$MIPS = \frac{freq}{CPI \cdot 10^6} \Rightarrow freq = MIPS \cdot 10^6 CPI = 787'68 \cdot 10^6 = 0'787 GHz$$

$$T_{ejec} = \frac{NI \cdot CPI}{frq}$$

PROBLEMA 4.6 Considere los tiempos de ejecución, en segundos, obtenidos en los computadores R (referencia), A y B para un conjunto de cinco programas de prueba:

Programa	R (s)	A (s)	B (s)
tinky-winky	2600	503	539
dipsy	2100	654	762
laa-laa	9800	707	716
po	2300	748	760
noo-noo	1800	363	235

1. Compare el rendimiento de A y B utilizando el tiempo total de ejecución.

2. Calcule, a la manera de SPEC, un índice de rendimiento para A y B, y compare el rendimiento de ambas máquinas con este índice. ¿Obtiene los mismos resultados que en el apartado anterior?

1. $t_{TOTAL}(A) = 2975$ ← +rapido $\quad S_A(B) = \frac{3012}{2975} = 1'012$

$t_{TOTAL}(B) = 3012$

2.

$$SPEC_A = \sqrt[5]{\prod_{i=1}^{5} \frac{t_{REF\,i}}{t_i}} = 5'117$$

$$S_B(A) = \frac{5'31}{5'117} = 1'04$$

$$SPEC_B = 5'31 \leftarrow \text{mejor}$$

PROBLEMA 4.11 En un computador se ha llevado a cabo un estudio para determinar si el tipo de memoria principal es un factor importante en su rendimiento. Para ello se ha medido el tiempo de ejecución de seis programas con dos tipos de memoria: MA (más rápida y más cara) y MB (más lenta y más barata). Las medidas de los tiempos de ejecución (en segundos) de los programas son los siguientes:

Programa	MA	MB	$d_i = MA - MB$	d_i^2
lucho	45	48	−3	9
lupita	32	35	−3	9
lulila	51	56	−5	25
lurdo	43	49	−6	36
lutecio	48	51	−3	9
	219	239	−20	88

Calcule si las diferencias observadas son significativas al 95% de confianza y, en caso afirmativo, determine la mejora de velocidad conseguida debido al uso del tipo de memoria más rápida. DATO: $|t_{0,025,\,4}| = 2,78$.

$H_0 =$ Rendimiento MA $\equiv$ Rendimiento MB

$\alpha = 0'05$

$$\bar{d} = \frac{-20}{5} = -4$$

$$S = \sqrt{\frac{88 - 5\cdot(-4)^2}{4}} = \sqrt{\frac{8}{4}} = \sqrt{2}$$

Intervalo confianza

$$\left[\bar{d} - \frac{S}{\sqrt{n}} \times t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \,,\; \bar{d} + \frac{S}{\sqrt{n}} \times t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}\right]$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma d_i^2 - n\cdot(\bar{d})^2}{n-1}}$$

$$\left[-4 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{4}}\, t_{0'025,4} \,,\; -4 + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{4}} \cdot t_{0'025,4}\right]$$

$$0 \notin [-5'96, -2'034] \Rightarrow \text{Rechazamos } H_0$$

Mejora: $S = \frac{t_B}{t_A} = \frac{239}{219} = 1'091$

% mejora $= (S-1)\cdot 100 = 9'1\%$

A 9'1% mejor que B

PROBLEMA 4.12 La empresa Facebook está estudiando dos grandes propuestas con el objetivo de actualizar los computadores personales de su oficina principal en Menlo Park, California. El precio de cada computador es de 1850€ para el Modelo A y 2200€ para el Modelo B. Los responsables informáticos de la empresa han ejecutado los ocho programas que utilizan habitualmente en un computador de cada propuesta, y han obtenido los tiempos de ejecución, expresados en segundos, que se muestran a continuación:

Programa	Modelo A	Modelo B	d_i (A-B)	$(d_i - \bar{d})^2$
1	23,6	24,0	−0.4	1.353
2	33,7	41,6	−7.9	40.158
3	10,1	8,7	+1.4	8.779
4	12,9	13,5	−0.6	0.927
5	67,8	66,4	+1.4	8.779
6	9,3	15,2	−5.9	18.809
7	47,4	50,5	−3.1	2.364
8	54,9	52,3	+2.6	17.331
			−12.5	98'5

Determínese, para un nivel de confianza del 95%, si existen diferencias significativas en el rendimiento de los computadores personales de las dos propuestas y qué opción sería mejor. DATO: $|t_{0,025\,,\,7}| = 2,365$.

H_0 = A y B son equivalentes.

$$\bar{d} = \frac{-12.5}{8} = -1.5625$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma d_i^2 - \bar{d}^2 \cdot n}{n-1}} = \sqrt{\frac{98'5}{7}} = 3'75$$

$$\left[\bar{d} - \frac{S}{\sqrt{n}} t_{0'025,7} \,,\ \bar{d} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{0'025,7}\right]$$

$$\left[-1'5625 - \frac{3'75}{\sqrt{8}} \cdot 2'365 \,,\ -1'5625 + \frac{3'75}{\sqrt{8}} \cdot 2'365\right]$$

$$0 \in [-4,6981 \,,\ 1'5730] \Rightarrow \text{no podemos rechazar } h_0.$$

TEMA 5

PROBLEMA 5.20 Considere un servidor web que recibe una media de 0,3 peticiones por segundo y es modelado con los siguientes parámetros (los tiempos de la tabla se expresan en segundos):

Dispositivo	S_i	V_i
Procesador (1)	0,2	15
Disco A (2)	0,07	6
Disco B (3)	0,02	8

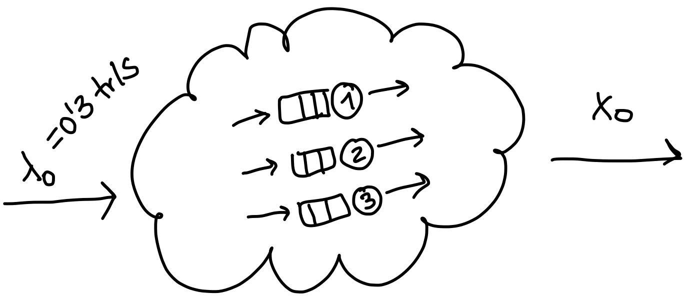
Después de apurar su copa de vino, una informática avezada en temas de modelado y evaluación de rendimiento hace estas confesiones a sus compañeros de cena respecto del modelo anterior (suponga que $W_i=N_i \times S_i$): ⇒ Hip. llegada indep.

a) Si se substituye el procesador por otro dos veces y media más rápido, el tiempo medio de respuesta del servidor web mejora más del 1100%.

b) Si se equilibra la demanda de servicio de los dos discos, entonces el tiempo medio de respuesta del servidor web mejora menos del 1%.

¿Ha afectado la ingesta de alcohol la mente despierta de nuestra protagonista? Justifique numéricamente la respuesta.

$\lambda_0 = 0'3$ (tr/s)



Disp	V_i	S_i (s)	D_i (s) ya q S_i (s)	R_i (s)
CPU (1)	15	0'2	3 Cb	2
HDA (2)	6	0'07	0'42	0'08
HDB (3)	8	0'02	0'16	0'021

SIEMPRE
↳ $X_0 = \frac{1}{3} = 0'33$ ← D_b

como $\lambda_0 < 0'33 \Rightarrow$ Eq. flujo ⇓ $X_0 = \lambda_0 = 0'3$

demostración xq eq. flujo

$$R_i = W_i + S_i = \ldots = \frac{S_i}{1 - X_0 \cdot D_i}$$

	$V_i \cdot R_i$
1	30
2	0'48
3	0'17

$$R_0^{inicial} = \sum_{i=0}^{k} V_i \cdot R_i = 30'65$$

---

a) Para CPU 2'5veces + rápida

Disp	V_i	S_i (s)	D_i (s)	R_i (s)	$V_i \cdot R_i$ (s)
CPU (1)	15	0'08	1'2	0'125	1'88
HDA (2)	6	0'07	0'42	0'08	0'49
HDB (3)	8	0'02	0'16	0'021	0'17

R_0 (s) = 2'52

$$\underbrace{Speedup^a}_{\text{ganancia}} = \frac{V_a}{V_{inicial}} = \frac{R_0^{ini}}{R_0^a} = \frac{30'65}{2'52}$$

$Speedup^a = 12'14$ veces + rapido

% mejora $= (Speedup - 1) \cdot 100 = 1114$ %
⇓
NO TA BORRACHA

b) Para equilibrio Demanda servicio de los 2 discos

Disp	V_i	S_i (s)	D_i (s)	R_i (s)	$V_i \cdot R_i$ (s)
CPU (1)	15	0'2	3	2	30
HDA (2)	3'1	0'07	0'217	0'075	0'23
HDB (3)	10'9	0'02	0'218	0'021	0'23

$R_0 = 30'47$

$Speedup^b = 1'006$

% mejora = 0'6 %

NOTA BORRACHA

queremos que $D_2 = D_3$

$$\left.\begin{array}{l} V_2 \cdot 0'07 = V_3 \cdot 0'02 \\ V_2 + V_3 = 14 \end{array}\right\} \quad 14 - V_3 \cdot 0'07 = V_3 \cdot 0'02 \Rightarrow 14 = 0'09 V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{14}{0'09} = 10'9$$

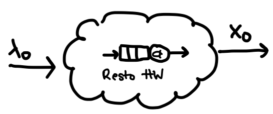
$$V_2 = 14 - V_3 = 3'1$$

PROBLEMA 5.15 El equipo de informáticos de una gran empresa tiene dos alternativas para implementar el subsistema de discos de la base de datos a la que se accede a través de una página web: un único disco con tiempo de servicio de 0,03 segundos, o tres discos idénticos con tiempo de servicio de 0,09 segundos. Cada petición recibida en el servidor web genera, de media, 36 solicitudes al subsistema de discos.

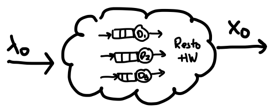
a) Demuestre numéricamente qué opción de las dos anteriores podrá conseguir una mayor productividad media del servidor suponiendo que:
   - Suposición 1: Las visitas se reparten equitativamente entre los tres discos en la segunda configuración.
   - Suposición 2: El disco es el dispositivo cuello de botella en el caso de la primera configuración.

b) ¿A qué conclusión podríamos llegar si no se cumpliera la segunda de las suposiciones?

Alt. 1 $\quad S_d = 0'03$



Alt 2. $\quad S_{D_1} = S_{D_2} = S_{D_3} = 0'09$



$Vd_1 + Vd_2 + Vd_3 = 36$

$Vd = 36$

a) Cuál mayor X_0

Sup. 1 $\Rightarrow Vd_1 = Vd_2 = Vd_3 = \frac{36}{3} = 12$

Sup. 2 $\Rightarrow$ disco = cuello botella.

Cuando Tasa de llegada baja, nos da igual configuración 1 que 2

$X_0^{máx} = \frac{1}{D_b}$ Alt.

① $X_0^{máx} = \frac{1}{D_d} = \frac{1}{1'08} = 0'93$ tr/s

$D_d = V_d \cdot S_d = 36 \cdot 0'03 = 1'08$ s

② $X_0^{máx} = \frac{1}{D_b} = \frac{1}{D_1} = \frac{1}{D_2} = \frac{1}{D_3} = 0'93$ tr/s

	V_i	S_i (s)	D_i (s)
D	36	0'03	1'08
HW	?	?	?

1'08 $\Rightarrow$ cuello botella

? $\rightarrow \leq 1'08$

	V_i	S_i (s)	D_i (s)
D_1	12	0'9	1'08
D_2	12	0'9	1'08
D_3	12	0'9	1'08
HW	?	?	?

cuello botella cualquiera de los 3 discos.

Por tanto misma $X_0^{máx}$ si se reparte bien la info entre los discos duros.

b) Si disco no cuello botella en Alt 1 => $D_d > 1'08$

Por tanto en alt 2 ocurriría lo mimo. => $X_0^{máx}$ = en ambas configuraciones. (depende de D_b no de Discos)

TEMA 5

PROBLEMA 5.6 El subsistema de disco de un servidor dedicado a comercio electrónico se ha monitorizado durante 120 segundos. El monitor ha permitido saber que, de este tiempo, el subsistema ha estado activo durante 78 segundos; además, se han producido 84 peticiones de acceso, de las cuales se han servido 82. Según esta información determine:

1. La productividad y la utilización del subsistema de disco.

Por otro lado, se sabe que cada interacción con el servidor provoca un número medio de 5 visitas al subsistema de disco y que el número medio de peticiones activas en el servidor es de 13. A partir de estos datos calcule:

2. La productividad del servidor y el tiempo medio de respuesta de una interacción con el servidor.

$T = 120s$

$B_{DISCO} = 78$

$A_{DISCO} = 84$

$C_{DISCO} = 82$

1

$X_{DISCO} = \frac{82}{120} = 0'6833$

$U_{DISCO} = \frac{B_{DISCO}}{T} = \frac{78}{120} = 0'65$

2

$V_{DISCO} = 5$

$N_0 = 13$

$X_0 = \frac{C_0}{T} = \frac{16'4}{120} = 0'137$

$5 = \frac{82}{C_0}$

$R_0 = \frac{13}{0'137} = 95'12$

PROBLEMA 5.7 El sitio web de una empresa dedicada a productos de deporte recibe una media de 450 visitas por minuto. De todas estas visitas únicamente el 20% hace un pedido de material en firme. Cada uno de estos pedidos se procesa en un servidor dedicado mediante un script escrito en PHP y requiere, por término medio, una demanda de servicio del procesador de 0,6 segundos.

a) Calcule la utilización media del procesador debida al procesamiento de pedidos.

b) ¿Cuál sería la nueva utilización del procesador si un nuevo diseño del programa PHP permite mejorar su tiempo de ejecución (el de la CPU) 2,5 veces?

c) ¿Cuál sería la nueva utilización del procesador si utilizáramos un viejo diseño del programa PHP con un tiempo de ejecución por parte del procesador 2 veces mayor? ¿Qué podríamos concluir en ese caso sobre el funcionamiento del servidor?

$\lambda_0 = 450$ tr/min $= 7'5$ tr/s

$20\% \lambda_0 = \lambda_{SERVER\ PET}$

$D_{CPU} = 0'6$ s

20% λ_0

a) $U_{CPU} = X_0 \cdot D_{CPU} = 1'5 \cdot 0'6 = 0'9$

b) $U_{CPU} = \frac{0'9}{2'5} = 0'36$

c) $U_{CPU} = 100\%$

$\lambda_0 = 4$ tr/s

PROBLEMA 5.8 Un servidor web recibe, por término medio, 4 peticiones por segundo. El comportamiento de las peticiones se asemeja al modelo del servidor central. Los tiempos de servicio y de respuesta (expresados en segundos), así como las razones de visita a los dispositivos de este servidor se indican en la siguiente tabla:

flujo forzado

$= X_0 \cdot V_i$ $= X_i \cdot S_i$

Dispositivo	V_i	S_i	R_i	D_i (s)	$R_i \cdot V_i$	X_i (tr/s)	U_i
Procesador (1)	8	0,01	0,0147	0'08	0'1176	32	0'32
Disco (2)	4	0,04	0,1111	0'16	0'4444	16	0'64
Disco (3)	3	0,03	0,0469	0'09	0'1407	12	0'36
				R_0	0'7027 s		

A partir de la información anterior determine:

a) La demanda de servicio de cada dispositivo (D_i).

b) El tiempo de respuesta del servidor web (R_0).

c) El número medio de peticiones en el servidor web (N_0).

d) La productividad de cada dispositivo (X_i).

e) La utilización de cada dispositivo (U_i).

$N_0 = 4 \cdot 0'7027 = 2'8108$ tr

PROBLEMA 5.9 Un determinado servidor web que consta esencialmente de un procesador y un disco duro tiene una productividad máxima de 25 peticiones por segundo. Un monitor software instalado en el mismo ha permitido conocer que la demanda de servicio del procesador es de 0,02 segundos; sin embargo, un problema de compatibilidad binaria ha impedido medir la demanda de servicio del disco, el cual parece estar dando problemas de congestión. ¿Podría indicar cuánto vale esta demanda?

$X_{HDD} = 25$ tr/s $\Rightarrow D_{HDD}$?

$D_{CPU} = 0'02$ s   HDD = cuello botella

$X_{HDD} = \frac{1}{D_{HDD}} \Rightarrow D_{HDD} = \frac{1}{25} = 0'04$

PROBLEMA 5.10 Durante un tiempo T, se encuentran haciendo uso de un servidor de ficheros un total de 3000 usuarios, cada uno asociado a un único fichero (1 usuario = 1 fichero = 1 trabajo de nuestro modelo). Suponiendo que el tiempo medio de reflexión de cada usuario es de 20 segundos y que el tiempo medio de respuesta del servidor es de 10 segundos por cada fichero:

a) ¿Cuál es la productividad media del servidor y cuántos trabajos se encuentran, de media, en reflexión?

b) Si se quiere conseguir una productividad de 125 trabajos por segundo, ¿qué tiempo de respuesta debería tener el servidor?

c) ¿Qué habría que hacer para conseguir una productividad de 200 trabajos/s?

$N_T = 3000$ tr

$Z = 20s$

$R_0 = 10s$

a) Supongo eq. flujo

$N_T = N_0 + N_Z$ little

$N_T = X_0 \cdot R_0 + X_0 \cdot Z$

$\frac{N_T}{X_0} = R_0 + Z \Rightarrow X_0 = \frac{N_T}{R_0 + Z} = 100$ tr/s

$N_Z = X_0 \cdot Z = 2000$ tr

b) Si $X_0 = 125$ tr/s ¿R_0?

$R_0 = \frac{N_T}{X_0} - Z \Rightarrow R_0 = \frac{3000}{125} - 20 \Rightarrow R_0 = 4s$

c) Si $X_0 = 200$ tr/s

$R_0 = \frac{3000}{200} - Z = -5 \Rightarrow$ Nunca puede conseguirse $X_0 = 200$ tr/s

PROBLEMA 5.11 Consideremos un sistema informático interactivo (=servidor + clientes) con un procesador y tres unidades de disco. Los tiempos de servicio y razones de visita de estos dispositivos se muestran en la siguiente tabla:

Dispositivo	Razón de visita	Tiempo de servicio (s)	D_i	X_i	U_i
Procesador (1)	7	0,1	0.7	8.4	0.84
Disco (2)	3	0,025	0,075	3.6	0.09
Disco (3)	1	0,050	0,05	1.2	0.06
Disco (4)	2	0,035	0,07	2.4	0.084

Sabiendo que el número de usuarios en todo el sistema informático es de 10, el tiempo medio de reflexión es de 6 segundos, y que la productividad del servidor es de 1,2 trabajos por segundo:

a) Calcúlense las demandas de servicio de cada dispositivo. ✓

b) ¿Cuál es el número medio de usuarios (=trabajos) que están en reflexión?

c) ¿Cuántos usuarios están conectados de media en el servidor?

d) ¿Cuál es el tiempo de respuesta del servidor?

e) Calcúlense, para cada dispositivo del servidor, la productividad y la utilización.

b) ¿ N_Z ? $X_0^{máx} = \frac{1}{0,7} = 1'42$ como $X_0 < 1'42 \Rightarrow$ Equilibrio flujo

$N_T = 10$
$Z = 6$
$X_0 = 1,2$

Aplico ley little

$N_Z = X_0 \cdot Z = 1,2 \cdot 6 = 7,2$

c) $N_0 = N_T - N_Z = 10 - 7'2 = 2'8$

d) R_0 Aplico ley little

$$N_0 = X_0 \cdot R_0 \Rightarrow R_0 = \frac{N_0}{X_0} = \frac{2'8}{1'2} = 2'33$$

e) X_i y U_i

$$U_i = \frac{B_i}{T}$$

$$D_i = \frac{B_i}{C_0} = \frac{B_i/T}{C_0/T} = \frac{U_i}{X_0} \Rightarrow U_i = D_i \cdot X_0$$

$$V_i = \frac{C_i}{C_0} = \frac{C_i/T}{C_0/T} = \frac{X_i}{X_0} \Rightarrow X_i = V_i \cdot X_0$$

PROBLEMA 5.12 Los parámetros del modelo de un sistema informático transaccional (red abierta) son los siguientes (los tiempos se expresan en milisegundos):

Dispositivo	Si	Vi	D_i	U_i
Procesador (1)	0,4	9	3.6	0.54
Disco (2)	0,5	8	4	0.6

cuello botella

La tasa de llegadas al sistema es de 0,15 transacciones por milisegundo.

a) Identifique el cuello de botella del sistema. Disco

b) ¿Cuál es la utilización del cuello de botella?

c) Calcule la productividad máxima del sistema. 1/4 tr/ms

d) Determine el tiempo mínimo de respuesta de una transacción.

$\lambda_0 = 0'15 \text{ tr/s} \Rightarrow X_0^{max} = \frac{1}{4} \Rightarrow \lambda_0 < X_0^{max} \Rightarrow$ eq. flujo

$\lambda_0 = X_0 \Rightarrow U_i = D_i \cdot X_0$

d) $R_0^{min} = \sum_{i=1}^{k} D_i = 7'6 \text{ ms.}$

$N_0 = \lambda_0 \cdot R_0 \Rightarrow R_0 = \frac{\lambda_0}{N_0}$

$R_0 = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot R_i = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot (W_i + S_i)$ si $R_0 \to R_0^{min} \Rightarrow \cancel{W_i}^{0} \Rightarrow R_0^{min} = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot S_i = \sum_{i=1}^{k} D_i$

PROBLEMA 5.13 Considere la siguiente parametrización del modelo de un sistema informático interactivo con 25 usuarios (suponga un trabajo por usuario) y un tiempo medio de reflexión de 6 segundos (los tiempos de la tabla se expresan en segundos):

Dispositivo	Si	Vi	D_i
Procesador (1)	0,5	4	2
Cinta (2)	0,75	3	2,25

$N_T = 25$

$Z = 6s$

a) Identifique el cuello de botella. 2
b) Determine el tiempo mínimo de respuesta del servidor.
c) ¿Cuál es el punto teórico de saturación (*knee point*)? A la vista de su valor, ¿el servidor se encuentra sometido a baja o alta carga?
d) Indique las ecuaciones de los límites optimistas del tiempo de respuesta y de la productividad.

b) $R_0^{min} = \sum_{i=1}^{k} V_i R_i = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot (\cancel{W_i}^{0} + S_i) \Rightarrow \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot S_i = \sum_{i=1}^{k} D_i$

$R_0^{min} = 4'25 \text{ s}$

c) ¿N_T^*?

$D = D_b \cdot N_T^* - Z \Rightarrow N_T^* = \frac{D+Z}{D_b} = \frac{4'25+6}{2,25} = 4'56 < N_T \Rightarrow$ alta carga

d) Para N_T grandes:

$U_b = X_0 \cdot D_b$; Si $U_b \to 1 \Rightarrow X_0 \to X_0^{max} = \frac{1}{D_b} = \frac{1}{2'25}$

$R_0 = \frac{N_T}{X_0} - Z$; Si $X_0 \to X_0^{max} \Rightarrow R_0 \to \frac{N_T}{X_0^{max}} - Z =$

$= N_T \cdot D_b - Z = 25 \cdot 2'25 - 6 = 50'25$

Para N_T pequeño:

$R_0 \to R_0^{min} = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot R_i = \sum_{i=1}^{k} V_i (\cancel{W_i}^{0} + S_i) = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot S_i = \sum_{i=1}^{k} D_i \equiv D = 4'25$

$X_0 \to \frac{N_T}{R_0^{min} + Z} = \frac{N_T}{D+Z} = \frac{25}{4'25+6} = 2'43$

$X_0 \leq \min\{2,43, 0'44\}$ $\quad R_0 \geq \max\{4'25, 50'25\}$

PROBLEMA 5.15 El equipo de informáticos de una gran empresa tiene dos alternativas para implementar el subsistema de discos de la base de datos a la que se accede a través de una página web: un único disco con tiempo de servicio de 0,03 segundos, o tres discos idénticos con tiempo de servicio de 0,09 segundos. Cada petición recibida en el servidor web genera, de media, 36 solicitudes al subsistema de discos.

a) Demuestre numéricamente qué opción de las dos anteriores podrá conseguir una mayor productividad media del servidor suponiendo que:
   - Suposición 1: Las visitas se reparten equitativamente entre los tres discos en la segunda configuración.
   - Suposición 2: El disco es el dispositivo cuello de botella en el caso de la primera configuración.

b) ¿A qué conclusión podríamos llegar si no se cumpliera la segunda de las suposiciones?

$\sum_{i=1}^{k} V_i = 36$

a) (1) Visitas repartidas entre discos

	V_i	S_i	D_i
DISCO 1	12	0.09	1.8
DISCO 2	12	0.09	1.8
DISCO 3	12	0.09	1.8

$\Rightarrow X_0^{máx} = \frac{1}{D_b} = \frac{1}{1.8}$

(2) DISCO = Cuello botella

	V_i	S_i	D_i
DISCO	36	0.03	1.8

$X_0^{máx} = \frac{1}{D_b} = \frac{1}{1.8}$

Como coste disp. = en ambas config. y sabemos que DISCO = C_b

Ambas opciones misma productividad máxima

b) En otro caso, el cb sería otro dispositivo $\Rightarrow$ Mismo resultado X_0^{max} no variaría.

PROBLEMA 5.16 Considere que en el supuesto del problema anterior el procesador del servidor web tiene un tiempo de servicio de 0,01 segundos y una razón de visita de 37. Si el servidor web recibe una media de 0,5 peticiones por segundo determine, para cada configuración del sistema de discos, la siguiente información sobre las prestaciones del servidor web:

1. Cuello de botella.
2. Productividad máxima.
3. Tiempo mínimo de respuesta.
4. Tiempo medio de respuesta suponiendo que $W_i=N_i \times S_i$.

Atendiendo al tiempo medio de respuesta, ¿cuál es la mejor opción? ¿Qué mejora se consigue?

$\lambda_0 = 0{,}5$ tr/s

	V_i	S_i	D_i
DISCO 1	12	0.09	1.08
DISCO 2	12	0.09	1.08
DISCO 3	12	0.09	1.08
CPU	37	0.01	0.37

Cuello b

$U_i = D_i \cdot X_0$; si $U_i \to 1 \Rightarrow X_0 \to X_0^{max} = \frac{1}{D_i} = \frac{1}{D_b} = \frac{1}{1.8} = 0'93$

si $R_0 \to R_0^{min} \Rightarrow W_i \to 0 \Rightarrow R_0^{min} = \sum_{i=1}^{k} V_i \cdot R_i = \sum V_i \cdot (\cancel{W_i}^{0} + S_i) =$

$= \sum V_i \cdot S_i = \sum D_i \equiv D$

$R_0^{min} = D = 2.437$

Little   f.forzado

$N_0 = \sum_{i=1}^{k} N_i \Rightarrow X_0 \cdot R_0 = \sum X_i R_i \Rightarrow \cancel{X_0} \cdot R_0 = \sum \cancel{X_0} V_i \cdot R_i \Rightarrow R_0 = \sum V_i R_i$

$R_0 = \sum V_i \cdot R_i = \sum V_i \cdot \frac{S_i}{1-U_i} = \sum \frac{D_i}{1-U_i} = \sum \frac{D_i}{1-D_i \cdot X_0} =$

$R_i = W_i + S_i = N_i \cdot S_i + S_i = X_i \cdot R_i\, S_i + S_i \Rightarrow 1 = X_i\, S_i + \frac{S_i}{R_i}$

$R_i = \frac{S_i}{1 - X_i S_i} = \frac{S_i}{1-U_i} = \frac{S_i}{1-D_i \cdot X_0}$

	V_i	S_i	D_i
DISCO	36	0.03	1.08 Cb
CPU	37	0.01	0.37

$X_0 = \frac{1}{D_b} = 0'56$

$R_0 = \frac{1.08}{1-1.08 \cdot 0'5} =$

$R_0^{min} = 2.17$

PROBLEMA 5.17 Un sistema interactivo con 30 usuarios (suponga un trabajo por usuario) y un tiempo medio de reflexión de 12 segundos se modela mediante los siguientes parámetros (los tiempos se expresan en segundos):

Dispositivo	S_i	V_i	D_i
CPU (1)	0,01	11	0.11
Disco (2)	0,05	3	0.15
Disco (3)	0,08	7	0.56

Determine:

a) El cuello de botella del servidor.
b) La productividad máxima y el punto teórico de saturación (*knee point*).
c) Los límites optimistas del tiempo de respuesta y de la productividad.
d) Utilice solvenet para calcular el número medio de trabajos en reflexión suponiendo que $\boldsymbol{R_i(n_T) = (N_i(n_T - 1) + 1) \times S_i}$.

a) $X_0^{max} = \frac{1}{0.56}$

b) $N_T^* = X_0^{max}(R_0^{min} + Z) = \frac{D + Z}{D_b} = \frac{0.82 + 12}{0,56} = 22'89$

c) $R_0 \geq \max\{22'89 , N_T \cdot 0'56 - 12\}$

$X_0 \leq \min\left\{\frac{N_T}{22'89 + 12} , \frac{1}{0,56}\right\}$

PROBLEMA 5.20 Considere un servidor web que recibe una media de 0,3 peticiones por segundo y es modelado con los siguientes parámetros (los tiempos de la tabla se expresan en segundos):

$\lambda_0 = 0'3$ tr/s

Dispositivo	S_i	V_i
Procesador (1)	0,2	15
Disco A (2)	0,07	6
Disco B (3)	0,02	8

Después de apurar su copa de vino, una informática avezada en temas de modelado y evaluación de rendimiento hace estas confesiones a sus compañeros de cena respecto del modelo anterior (suponga que $W_i = N_i \times S_i$):

a) Si se substituye el procesador por otro dos veces y media más rápido, el tiempo medio de respuesta del servidor web mejora más del 1100%.

b) Si se equilibra la demanda de servicio de los dos discos, entonces el tiempo medio de respuesta del servidor web mejora menos del 1%.

¿Ha afectado la ingesta de alcohol la mente despierta de nuestra protagonista? Justifique numéricamente la respuesta.

a)

Dispositivo	S_i	V_i	D_i
Procesador (1)	0,2	15	3
Disco A (2)	0,07	6	0,42
Disco B (3)	0,02	8	0,16

$\leftarrow Cb \Rightarrow X_0^{máx} = \frac{1}{3}$ $\quad \lambda_0 = 0'3 < X_0^{max}$ eq. flujo

$R_0 = \sum \frac{D_i}{1 - X_0 \cdot D_i} \overset{\text{eq flujo}}{=} \sum \frac{D_i}{1-\lambda_0 D_i} = 30'6486$

Dispositivo	S_i	V_i	D_i
Procesador (1)	0'08	15	1,2
Disco A (2)	0,07	6	0,42
Disco B (3)	0,02	8	0,16

$\leftarrow Cb \Rightarrow X_0^{máx} = \frac{1}{1'2}$ $\quad \lambda_0 = 0'3 < X_0^{max}$ eq flujo

$R_0 = 2'5236$

$N_0 = \sum_{i=1}^{k} N_i \overset{\text{Little}}{\Rightarrow} X_0 \cdot R_0 = \sum X_i \cdot R_i \overset{\text{flujo forzado}}{\Rightarrow} \cancel{X_0} \cdot R_0 = \sum \cancel{X_0} \cdot V_i \cdot R_i \Rightarrow R_0 = \sum V_i \cdot R_i = \sum \frac{V_i \cdot S_i}{1 - X_0 \cdot V_i S_i} = \sum \frac{D_i}{1 - X_0 \cdot D_i}$

$R_i = W_i + S_i = N_i \cdot S_i + S_i = X_i \cdot R_i\, S_i + S_i \Rightarrow 1 = X_i \cdot S_i + \frac{S_i}{R_i} \Rightarrow R_i = \frac{S_i}{1 - X_i S_i} = \frac{S_i}{1 - X_0 \cdot V_i \cdot S_i}$

$S = \frac{R_0^1}{R_0^2} = 12.1447 \qquad (\%) = (S-1) \cdot 100 = 1114\,\%$ ✓

$N_0 = \sum N_i \overset{\text{Little}}{\Rightarrow} X_0 R_0 = \sum X_i R_i \overset{\text{ley flujo forzado}}{\Rightarrow} \cancel{X_0} R_0 = \sum \cancel{X_0} V_i R_i \Rightarrow \underline{R_0 = \sum V_i \cdot R_i} \Rightarrow R_0 = \sum \frac{V_i \cdot S_i}{1 - X_0 \cdot V_i \cdot S_i}$

$R_0 = \sum R_i\, V_i$

$V_i = \frac{C_i/T}{C_0/T} = \frac{X_i}{X_0} \Rightarrow X_i = X_0 \cdot V_i$

$R_0 = \sum \frac{D_i}{1 - X_0 \cdot D_i}$

$W_i = N_i \cdot S_i$

$R_i = W_i + S_i = N_i \cdot S_i + S_i = X_i \cdot R_i \cdot S_i + S_i$

$1 = X_i\, S_i + \frac{S_i}{R_i} \Rightarrow R_i = \frac{S_i}{1 - X_i \cdot S_i} = \frac{S_i}{1 - V_i \cdot X_0\, S_i}$

Little $\rightarrow N_? = X_? \cdot R_?$

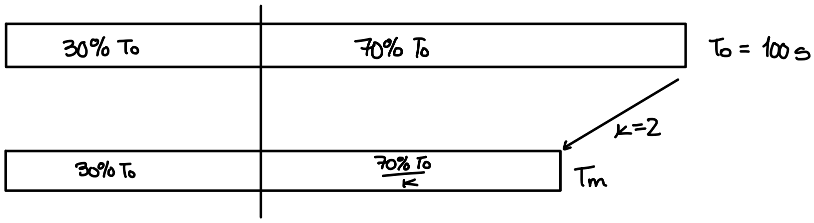
Ff $\rightarrow V_i = \frac{C_i/T}{C_0/T} = \frac{X_i}{X_0}$ $\qquad$ Utilización $\rightarrow S_i$

Rel- $V_i D_i \rightarrow D_i = \frac{B_i/T}{C_0/T} = \frac{U_i}{X_0}$ $\qquad$ interactivo $\rightarrow N_T = N_0 + N_Z$

Ley tiempos gene $\rightarrow N_0 = \sum N_i \overset{\text{Little}}{\Rightarrow} X_0 \cdot R_0 = \sum X_i R_i \overset{\text{f.f}}{\Rightarrow} X_0 R_0 = \sum X_0 V_i R_i$

EJERCICIOS EXÁMEN

3.- Una determinada hebra de código se ejecuta en un servidor durante 100s. De esos 100s, el 30% transcurre accediendo al disco duro y el resto transcurre ejecutando instrucciones en la CPU. Si reemplazamos ahora esa CPU por otra el doble de rápida, la hebra se ejecuta en Tm segundos. Indique si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: "Tras la mejora, el tiempo que pasa la hebra accediendo al disco duro supone un 60% de Tm".



$T_m = 30 + 35 = 65$ $\qquad$ $65 \longrightarrow 100\%$, $35 \longrightarrow x$ $\qquad$ $\frac{35 \cdot 100}{65} = \frac{3500}{65} = 53'8 \Rightarrow$ FALSO

Durante las últimas 24 horas, se ha monitorizado un servidor de base de datos no saturado con el fin de obtener un modelo del mismo basado en redes de colas. Como resultado de dicha monitorización, se han obtenido las siguientes medidas:

- La productividad media del disco A ha sido de 10 accesos de lectura/escritura atendidos por segundo y la del disco B el doble.
- Por cada consulta al servidor, se ha accedido, de media, 5 veces al disco A.
- La utilización de la CPU ha sido del 50%.
- El servidor tarda 3s en atender, de media, cada consulta que se le hace.

Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

11.- La razón de visita del disco B es 10. V

12.- Suponiendo que cada cliente envía una única consulta, hay una media de 6 clientes conectados al servidor durante el tiempo de monitorización.

13.- La demanda de servicio de la CPU es 250 ms. V

$X_A = 10\ tr/s$ $\qquad V_A = 5$ $\qquad R_0 = 3s$

$X_B = 20\ tr/s$ $\qquad U_{CPU} = 50\%$ $\qquad T = 24h = 86400\ s$

Supongo eq. flujo ya que no saturado

(11) ¿V_B? $\quad V_B = \frac{C_B}{C_0} = \frac{20 \cdot 86400}{\frac{10 \cdot 86400}{5}} = \frac{20}{2} = 10$

$X_B = \frac{C_B}{T} = 20 \Rightarrow \frac{C_B}{86400} = 20 \Rightarrow C_B = 20 \cdot 86400$

$X_a = \frac{C_A}{T} = 10 \Rightarrow C_A = 10 \cdot 86400 \qquad V_A = \frac{C_A}{C_0}$

(12) Suponiendo Cliente 1 consulta ¿Media de 6 clientes conectados al servidor? V

¿N_0? $\quad N_0 \overset{\text{ley little}}{=} \lambda_0 \cdot R_0 = 2 \cdot 3 = 6$

Ley flujo forzado $v_i = \frac{C_i}{C_0} = \frac{C_i / T}{C_0 / T} = \frac{X_i}{X_0} \Rightarrow X_0 = \frac{X_i}{V_i} \Rightarrow X_0 = \frac{X_A}{V_A} = \frac{10}{5} = 2$

(B) ¿D_{CPU}?

$$D_{CPU} = \frac{B_{CPU}}{C_0} = \frac{B/T}{C_0/T} = \frac{U_{CPU}}{X_0} = \frac{0'5}{2} = 0'25 \text{ s}$$

Considere un servidor web que recibe una media de 0,3 peticiones por segundo y es modelado con los siguientes parámetros (los tiempos de la tabla se expresan en segundos): $X_0 = 0'3$ tr/s

Dispositivo	S_i	V_i	D_i
CPU	0,20	15	3
DiscoA	0,04	6	0'24
DiscoB	0,06	8	0'48

Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

22.- Si se substituye el procesador por otro dos veces y media más rápido, es razonable suponer que su razón de visita sea menor. F

23.- Si conseguimos repartir el contenido de cada uno de los dos discos para equilibrar la demanda de servicio entre ellos, las nuevas razones de visita de los discos serían: V_DiscoA = 8,4; V_DiscoB = 5,6. V

$$D_A = D_B \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_A \cdot S_A = V_B \cdot S_B \\ V_A + V_B = 14 \end{array} \right\} \quad V_A = \frac{V_B \cdot 0'06}{0'04} = V_B \cdot 1'5 \Rightarrow V_a = 5'6 \cdot 1'5 = 8'4$$

$$1'5 V_B + V_B = 14$$

$$2'5 V_B = 14 \Rightarrow V_B = \frac{14}{2'5} = 5'6$$

Se ha monitorizado durante 1000s un servidor de base de datos no saturado con el fin de obtener un modelo del mismo basado en redes de colas. En dicho modelo sólo aparecen dos componentes: CPU y disco duro. Como resultado de dicha monitorización, se han obtenido las siguientes medidas:

- El servidor ha completado un total de 10000 consultas. C_0
- El tiempo medio de respuesta de la CPU es 0,25s. R_{CPU}
- La utilización media del disco duro es el 38%. U_{HDD}
- En total, el disco duro ha atendido durante ese intervalo de tiempo 38000 peticiones de lectura/escritura. C_{HDD}
- El tiempo medio de espera en la cola del disco duro es de 0,75s. W_{HDD}

A partir de esta información, indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

$T = 1000$ s
$K = 2$ eq. flujo → CPU, → HDD

→ $C_0 = 10000$ tr
$R_{CPU} = 0'25$ s
$U_{HDD} = 0'38$
$C_{HDD} = 38000$ tr
$W_{HDD} = 0'75$ s

20 $$V_{HDD} = \frac{C_{HDD}}{C_0} = \frac{38000}{10000} = 3'8 \Rightarrow F$$

21 $$R_{HDD} = W_{HDD} + S_{HDD} = 0'75 + 0'01 = 0'76 \text{ s} \Rightarrow V$$

$$S_{HDD} = \frac{B_{HDD}}{C_{HDD}} = \frac{0'38 \cdot 1000}{38000} = 0'01$$

$$U_{HDD} = \frac{B_{HDD}}{T} \Rightarrow B_{HDD} = 0'38 \cdot 1000$$

Los parámetros del modelo de un servidor de comercio electrónico (red abierta) son los siguientes:

Dispositivo	tiempo medio de servicio (ms)	razón media de visita	D_i (ms)
CPU (1)	1	9	9
SSD (2)	0,5	10	5

Teniendo en cuenta que el servidor recibe una media de 0,15 peticiones por milisegundo, indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: $\hookrightarrow \lambda_0 = 0'15$ tr/ms

26.- La demanda de servicio media de la unidad de estado sólido es 5 tr/ms. F

27.- La utilización media de la unidad de estado sólido es 0,75 (75%).

26 D_{SSD} ? $\quad D_i = \frac{B_i}{C_0} = V_i \cdot S_i = 5$ (ms)

27 U_{SSD} $\quad U_{SSD} = \frac{B_i}{T} \quad D_i = \frac{B_i}{C_0} = \frac{B_i/T}{C_0/T} = \frac{U_i}{X_0} \Rightarrow U_i = D_i \cdot X_0$

$U_i = 5 \cdot 0'111 = 0'555$

$X_0^{max} = \frac{1}{D_b} = \frac{1}{9} = 0'111$ tr/ms $< \lambda_0 \Rightarrow$ No eq flujo

28.- Un determinado proceso monohebra se ejecuta en un servidor durante un tiempo To. Sabemos que se hace uso del disco duro durante una fracción f (con f > 0) de To y que resto del tiempo transcurre accediendo a la CPU. Si reemplazamos ahora esa CPU por otra el doble de rápida, el nuevo tiempo de ejecución de la hebra pasa a ser Tm (con Tm<To). Indique si, en este caso, la siguiente afirmación es verdadera o falsa:
"Una vez realizada la mejora, la fracción de Tm en la que se usa el disco duro es menor o igual que f". F