

# Dimensionamiento y Planificación de Redes

## Ejercicios Tema 5. Sistemas con Fuentes Finitas



**Ramón Agüero Calvo**

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de  
Tecnologías de Telecomunicación  
Dimensionado y Planificación de Redes

Hoja de Ejercicios - Tema 5  
Sistemas con fuentes finitas

**Problema 1.**

En una pequeña oficina remota hay tres terminales que se conectan mediante una red de área local a un *router* de acceso; éste, a su vez, se conecta mediante una línea SDSL de 768 kbps a Internet. Los trabajadores de la oficina realizan, con sus terminales, servicios de transacción contra el servidor de la central, que está conectada a Internet. Un servicio de transacción se compone de dos fases: primero se manda un paquete al servidor, y, posteriormente, el servidor responde con un paquete. Un terminal solo puede mandar el siguiente paquete tras haber recibido la repuesta del servidor al anterior. En este servicio los paquetes tienen una longitud media de 4096 Bytes y cada terminal genera, en promedio, 5 paquetes por segundo. Asumir que la duración del servicio está determinada principalmente por la línea de acceso.

- (a) Calcula las probabilidades de los estados de la cadena de *Markov* correspondiente  
(b) Calcula los parámetros de rendimiento del sistema, rellenando la tabla que se muestra seguidamente.

$P_w$	$\overline{N_T}$	$\overline{N_Q}$	$\overline{T_Q}$	$\rho$

- (c) Repetir el apartado anterior, asumiendo que los terminales no deben esperar a la confirmación del servidor y compara los resultados.

**Problema 2.**

Una oficina remota de una empresa tiene cinco puestos de trabajo equipados con ordenadores personales, que se conectan, a través de una red *Ethernet* a un *router* de salida, conectado a la Intranet de la compañía a través de una conexión ADSL.

El funcionamiento de los terminales es el que se indica seguidamente.

- El empleado manda un paquete de petición al servidor de la base de datos de la compañía.
- El servidor, si está ocupado, mantiene la petición en un *buffer* y, al liberarse, atiende la petición y genera el paquete de repuesta con los datos solicitados.
- Cuando el empleado recibe la repuesta, analiza los datos ( $t_{\text{think}}$ ).
- El proceso se repite para cada solicitud, de manera que un empleado no puede enviar peticiones nuevas si está a la espera de la respuesta previa.

Se estiman los siguientes datos:  $\overline{t_{\text{think}}} = 8$  s (va exponencial negativa); longitud media del paquete de la respuesta por parte del servidor  $\overline{L_r} = 10$  kBytes (va exponencial negativa); se estima además que la longitud del paquete enviado por los terminales es mucho menor; la velocidad de la conexión (bajada) es  $v_{\text{download}} = 64$  kbps.

- (a) Calcula el tiempo de servicio  $T_S$ , asumiendo que todos los tiempos (procesado, transmisión en la red Ethernet, transmisión del paquete de petición) son despreciables frente al tiempo de transmisión de la respuesta por parte del servidor. Calcular posteriormente el valor del tráfico ' $a$ ' que genera un usuario en reposo.  
(b) Dibujar la cadena de Markov que modela el sistema y calcular los parámetros de rendimiento del mismo ( $p_0, P_w, N_T, N_Q, T_T, T_Q$ ).

### Problema 3.

Un 'Internet-Café' tiene  $M = 5$  puestos, equipados con ordenadores personales; estos se conectan a través de una red de área local *Ethernet* a un *router*, que, a su vez, se conecta a Internet a través de una conexión ADSL ( $v_{\text{download}} = 128 \text{ kbps}$ ).

En la hora cargada, cuando todos los terminales están ocupados, los clientes solicitan páginas WEB con una longitud media de  $L = 100 \text{ kBytes}$ . Se asume que los clientes actúan de forma racional y esperan a que la página se haya descargado completamente, antes de realizar otra petición al ISP. Cuando la página WEB se descarga, un usuario la 'lee' durante un tiempo  $t_{\text{think}} = 16 \text{ s}$ , para posteriormente solicitar otra página.

Se asume además que las páginas WEB que llegan al DSLAM se memorizan, en el supuesto que la línea de acceso entre el DSLAM y el *router* situado en el 'Internet Café' esté ocupada, y que el *buffer* es lo suficientemente grande como para que no se produzcan pérdidas. Además, se asume que el retardo que sufren las páginas WEB entre el DSLAM y el *router* del 'Internet-Café' es significativamente mayor que el resto de retardos de la red, y que el procesado de los servidores web también se puede considerar despreciable.

- Calcular el tiempo medio de transmisión de una página desde el DSLAM hacia el *router*, la tasa de página por cliente  $\alpha$  y el tráfico  $a$  que genera cada cliente.
- Indicar, en la notación de *Kendall* cuál es el modelo más apropiado para analizar el comportamiento del sistema y calcular sus valores de rendimiento característicos:  $p_0$ ,  $P_w$ ,  $N_T$ ,  $N_Q$ ,  $\tau(T_T)$  y  $T_Q$ .

### Problema 4.

Cuatro fuentes comparten el acceso a dos servidores. Se asume que cada fuente (*libre*) genera peticiones según una variable aleatoria exponencial negativa, con un valor medio de  $\alpha^{-1} = 27$  minutos. El tiempo medio de servicio (también exponencial negativo) es  $\mu^{-1} = 3$  minutos. ¿Cuál es la probabilidad de bloqueo del sistema? ¿Y la probabilidad de pérdida? ¿Cuál es el incremento en ambas probabilidades cuando se incorpora una fuente nueva al sistema? Si un observador externo estudiara la tasa de llegadas al sistema durante una hora, ¿qué valor obtendría en ambos casos?

### Problema 5.

Se dispone de un servidor de impresión para dar servicio a una oficina con 4 terminales. Se programa el planificador de manera que un terminal no puede generar un trabajo hasta que el anterior no haya finalizado. Se estima que un terminal libre genera 5 trabajos cada hora y que el tiempo medio de impresión es de 3 minutos. Se supone, además, que el sistema tiene memoria suficiente para mantener trabajos en espera.

- ¿Cuál es el tiempo medio de espera en el sistema?
- Para analizar sus prestaciones se incorpora un módulo de gestión, que se encarga de monitorizar el sistema. ¿Qué tasa de llegadas estimaría (por terminal) utilizando únicamente sus observaciones?

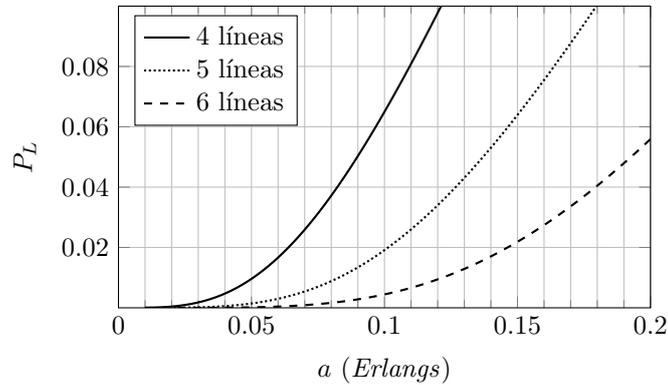
### Problema 6.

Se dispone de una base de datos para dar servicio a una oficina con 5 terminales, que no pueden hacer consultas hasta que la anterior haya sido completada; el sistema es capaz de atender una única petición cada vez, pero que dispone de memoria suficiente para mantener peticiones en espera. Se estima que el tiempo medio para completar una consulta es de 20 segundos. Tras monitorizar el sistema durante un tiempo lo suficientemente largo, se establece que el número de peticiones recibidas es, aproximadamente, 2.1454 por minuto y que el número medio de peticiones en espera es 0.7094.

- ¿Cuál es el tiempo medio de espera?
- Calcular el tiempo medio de *thinking* (tiempo entre que acaba una consulta y se lanza la siguiente) y el tráfico generado por terminal **libre**.

### Problema 7.

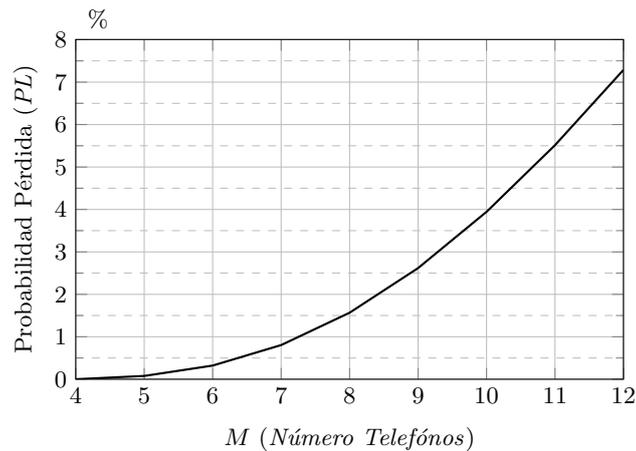
Se pretende instalar una centralita para dar servicio a los 20 usuarios de una oficina. Tras valorar las ofertas de los operadores, se plantean instalar 4, 5 ó 6 líneas de salida. La figura muestra la probabilidad de pérdida ( $P_L = \text{ENG}(S, M, a)$ ) para los tres valores, en función del tráfico por fuente libre. Se considera una duración media por llamada de 3 minutos.



- Si se quiere que la probabilidad de pérdida ( $P_L$ ) no sea superior al 4%, ¿cuál sería la tasa de generación de llamadas por fuente libre máxima para cada una de las posibles configuraciones?
- Se deciden instalar 5 líneas y finalmente se determina que la tasa por fuente libre es  $\alpha = 2$  llamadas por hora. Se instala un sistema de gestión, que monitoriza la actividad de la centralita. ¿Qué tasa de llamadas estimaría el sistema por fuente?

**Problema 8.**

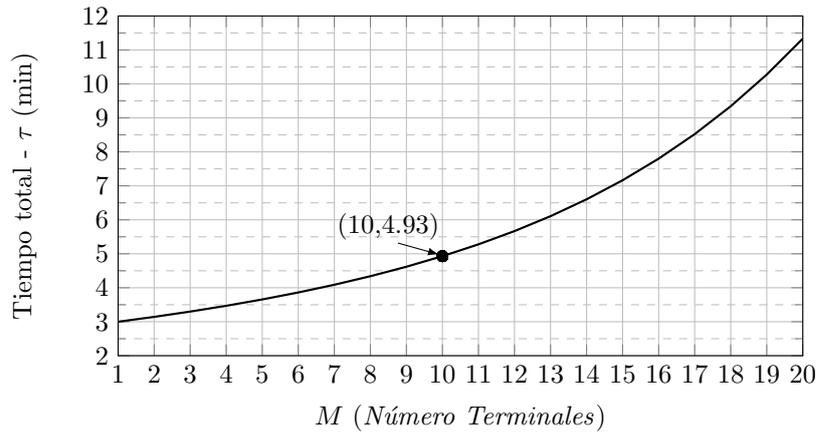
Se quiere dimensionar el sistema de telefonía de una compañía. Se cuenta con grupos de 4 líneas de salida y se quiere establecer el número máximo de teléfonos que se pueden conectar a cada uno de ellos. Se sabe que el tráfico por fuente libre es de 0.2 Erlangs. Se llevan a cabo análisis previos en los que se calcula la probabilidad de pérdida en función del número de teléfonos ( $M$ ), generando la gráfica que se muestra a continuación.



- ¿Cuántos terminales se podrían conectar si se pretende que la probabilidad de pérdida sea inferior al 5%? Si la jornada laboral es de 8 horas, ¿cuánto tiempo estarían las cuatro líneas ocupadas de manera simultánea?
- Para el número de fuentes calculadas en el apartado anterior ¿cuánto tiempo medio hay entre llamadas de un mismo teléfono, si se sabe que la duración media por llamada son 2 minutos? Utilizar el resultado anterior para calcular la tasa de llegadas que observaría un sistema de gestión de monitorización del tráfico de entrada al grupo de 4 líneas.

**Problema 9.**

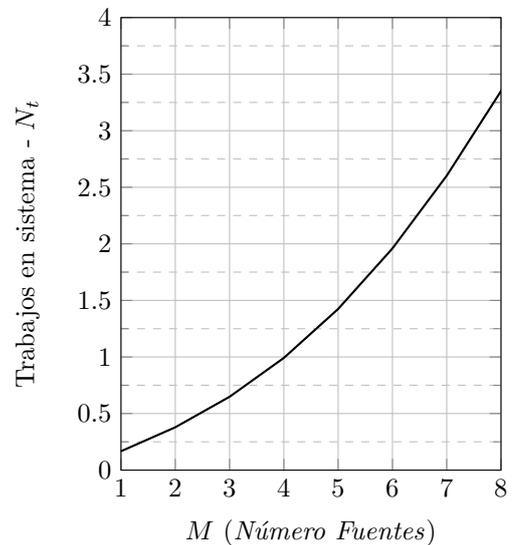
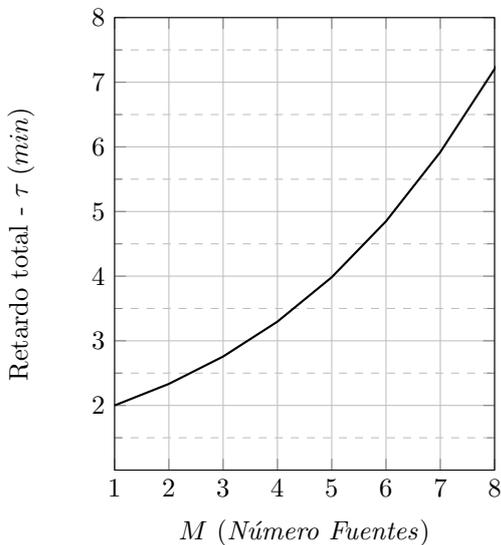
Un centro de investigación dispone de un súper-computador para llevar a cabo análisis complejos. Tras generar una petición, un terminal permanece “parado” hasta obtener sus resultados antes de generar la siguiente petición. Se supone además que el súper-computador tiene capacidad suficiente para almacenar las peticiones que vayan llegando mientras el procesador esté ocupado. Para analizar su rendimiento, se ha hecho una simulación en la que se han ido añadiendo terminales y se ha medido el tiempo transcurrido desde que se genera la petición hasta que se obtienen sus resultados, obteniendo la figura que se muestra a continuación.



- (a) Si se pretende que el tiempo que un análisis esté esperando (desde que se genera la petición en el terminal hasta que comienza a procesarse) sea inferior a 5 minutos, ¿cuántos terminales podrían hacer uso del sistema de análisis?
- (b) En una segunda prueba se conectaron al sistema 10 terminales, que estuvieron activos durante un periodo de 8 horas y se comprobó que el procesador estuvo ocupado 3.696 horas. ¿Cuál es la tasa de generación de simulaciones por fuente libre que utilizan los terminales?
- (c) Durante esta segunda prueba se conectó al sistema una sonda, para medir la tasa de llegadas *real*, ¿qué valor obtuvo? Utilizar dos métodos de cálculo para corroborar la validez del resultado.

**Problema 10.**

A la hora de dimensionar el servidor de impresión para una PYME se llevan a cabo una serie de análisis previos, en los que se incrementa el número de terminales que se conectarían a una impresora. Se supone que todos ellos generan la misma cantidad de trabajos y que, además, no pueden enviar un documento hasta que el anterior se haya imprimido completamente. Las gráficas representan el tiempo total de permanencia en el sistema (espera e impresión) y el número medio de trabajos en todo el sistema.



- (a) ¿Cuántos terminales se podrían conectar al servidor si se pretende que el tiempo de espera por trabajo sea inferior a 1.5 minutos?
- (b) ¿Cuál es la tasa de generación de trabajos que se ha utilizado por fuente *libre*?
- (c) Obtener la tasa de generación de trabajos por terminal que observaría un sistema de monitorización externo para el valor de *M* calculado en el apartado (a). Comprobar la validez del resultado, utilizando dos estrategias de cálculo diferentes.



## Dimensionado y Planificación de Redes

### Tema 5 - Sistemas con fuentes finitas Soluciones de la hoja de problemas

#### **Problema 1.**

- (a)  $p_0 = 0.51, p_1 = 0.32, p_2 = 0.14$   
 $p_3 = 0.03$
- (b)  $p_w = 0.49, N_T = 0.69$   
 $N_Q = 0.196, T_Q = 16.955 \text{ ms}$   
 $\rho = 0.492$
- (c)  $p_w = 0.64, N_T = 1.78$   
 $N_Q = 1.14, T_Q = 75.85 \text{ ms}$   
 $\rho = 0.64$

#### **Problema 2.**

- (a)  $T_S = 1.28 \text{ s}, a = 0.16$
- (b)  $p_0 = 0.3775, p_w = 0.6225,$   
 $N_T = 1.11, N_Q = 0.487,$   
 $T_T = 2.28 \text{ s}, T_Q = 1 \text{ s}$

#### **Problema 3.**

- (a)  $T_S = 6.4 \text{ s}, \alpha = 3.75 \text{ p/m}, a = 0.4$
- (b)  $p_0 = 0.07, p_w = 0.93$   
 $N_T = 2.675, N_Q = 1.745$   
 $T_T = 18.41 \text{ s}, T_Q = 12 \text{ s}$

#### **Problema 4.**

- (a) 4 Fuentes  
 $PB = 0.0488, PL = 0.027$   
 $\lambda = 8.02 \text{ ll/h}$   
5 Fuentes  
 $PB = 0.0735, PL = 0.0488$   
 $\lambda = 10.04 \text{ ll/h}$

#### **Problema 5.**

- (a) 2.409 min.
- (b) 3.4465 ll/h.

#### **Problema 6.**

- (a) 0.33 min (19.83 s).
- (b)  $T_0 = 100 \text{ s}, a = 0.2$

#### **Problema 7.**

- (a) 4 líneas:  $\alpha = 1.66 \text{ ll/h}$   
5 líneas:  $\alpha = 2.52 \text{ ll/h}$   
6 líneas:  $\alpha = 3.6 \text{ ll/h}$
- (b)  $\tilde{\alpha}_0 \approx 1.82 \text{ ll/h}$

#### **Problema 8.**

- (a) 10 teléfonos  
26.4 m
- (b)  $T_{ia} = 11.92 \text{ m}$   
 $\lambda = 50.34 \text{ llamadas/hora}$

#### **Problema 9.**

- (a) 16 terminales
- (b)  $\alpha = 1 \text{ llegadas/h}$
- (c)  $\tilde{\alpha} = 0.924 \text{ llegadas/h}$

***Problema 10.***

- (a) 4 terminales
- (b)  $\alpha = 6$  trabajos/ $h$
- (c)  $\tilde{\alpha} = 4.5$  trabajos/ $h$