



**E.T.S.I.I.T - Grado en Ingeniería de  
Tecnologías de Telecomunicación**  
**Redes de Comunicaciones - Curso 2014/2015**

P1	
P2	
P3	

Examen de la convocatoria de junio

Problemas

Apellidos:..... Nombre:.....

**Problema 1** (2 puntos). Para analizar las prestaciones de su red corporativa, una empresa utiliza el algoritmo de *Floyd-Warshall*, que devuelve la matriz de predecesores  $\Pi$  y, además, estima que el tráfico generado en la red es el que se indica en la matriz  $\Lambda$ .

$$\Pi = \begin{pmatrix} - & 1 & 2 & 3 \\ 2 & - & 2 & 3 \\ 2 & 3 & - & 3 \\ 2 & 3 & 4 & - \end{pmatrix}$$

Matriz de predecesores  $\Pi$

		<i>Destino</i>			
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>Origen</i>	<b>1</b>	-	4	8	2
	<b>2</b>	8	-	6	4
	<b>3</b>	4	-	-	4
	<b>4</b>	2	-	-	-

Matriz de tráfico  $\Lambda$  (paquetes/segundo)

- (a) **[0.5 puntos]** ¿Cuáles son las rutas de coste mínimo entre cada pareja posible de origen/destino?
- (b) **[0.5 puntos]** Teniendo en cuenta la matriz de tráfico  $\Lambda$ , ¿cuál es el número medio de enlaces que tendría que recorrer un paquete originado en el nodo 2?
- (c) **[0.5 puntos]** Se asume que todos los enlaces se pueden modelar como sistemas M/M/1 y que la longitud media de los paquetes es  $L = 512$  Bytes, ¿cuál es la capacidad mínima necesaria si se decide que todos ellos (se asumen unidireccionales) tengan la misma capacidad?
- (d) **[0.5 puntos]** ¿Cuánto tiempo tardaría un paquete en llegar del nodo 1 al 3 si la empresa decide contratar líneas de capacidad  $C = 128$  kbps?

En un sistema M/M/1, el tiempo de transferencia se puede calcular como  $T_t = \frac{L}{C} \frac{1}{1 - \rho}$ , siendo  $\rho$  el tráfico correspondiente.

**Problema 2** (2.5 puntos). La empresa *Abufalia* dispone de una máquina para procesar tendencias de mercado. Para ello dispone de un súper computador con un procesador y memoria adicional para mantener una petición en espera. Se supone que los análisis llegan según un proceso de *Poisson*, a una tasa  $\lambda = 5$  peticiones por minuto. Los análisis tienen una duración que se puede modelar con una variable aleatoria exponencial negativa, de media 3 segundos.

- (a) [0.5 puntos] Modelar el sistema con una cadena de *Markov* y calcular la probabilidad de pérdida. Utilizar la relación de *Little* para calcular el tiempo de permanencia en el procesador y en el sistema de memoria.
- (b) [0.75 puntos] Los ingenieros comprueban que los análisis sólo terminan de manera satisfactoria con probabilidad  $\psi = \frac{3}{4}$ ; en caso contrario, el análisis se reinicia de manera instantánea. Volver a modelar el sistema y calcular la probabilidad de bloqueo y el tiempo medio de permanencia en el procesador.
- (c) [0.5 puntos] Utilizar el resultado del apartado anterior para calcular el número medio de procesados que se necesitan ejecutar por análisis.

Los ingenieros plantean una modificación al sistema; así, se adquiere un segundo procesador, en el que se ejecutan *únicamente* los análisis que no han finalizado correctamente tras el primer procesado, en un tiempo que se puede modelar con una variable aleatoria exponencial negativa, de media  $\mu_2^{-1}$  s. Por limitaciones de la gestión de la base de datos, los dos procesadores no pueden emplearse simultáneamente, planteándose dos alternativas para la gestión de la memoria.

*Alternativa 1* En la memoria se mantiene una petición, que pasa al primer procesador *únicamente* cuando la que estuviera ejecutándose finalice correctamente (ya sea en el primer procesador o en el segundo).

*Alternativa 2* Para priorizar los análisis ‘novedosos’ se decide que, si hay una petición en espera, un análisis que no converja en el primer procesado sea descartado, pasando a procesarse la que estuviera en el *buffer*.

- (d) [0.75 puntos] Modelar ambas alternativas como cadenas de *Markov* e indicar cómo se podría calcular la probabilidad de pérdida.

**Sugerencia:** En este caso es recomendable que en los estados de la cadena se indique la etapa que se está ejecutando en el procesador.

**Problema 3** (2.5 puntos). La compañía *Imura* está diseñando una red de comunicaciones móviles en una zona rural, con los siguientes datos de mercado.

- Densidad de usuarios:  $\alpha = 16$  habitantes/Km<sup>2</sup>.
- Tráfico por usuario:  $\rho = 75$  *miliErlangs*.

Para ello dispone de antenas omnidireccionales con una cobertura de  $R = 800$  m, que se disponen en el terreno para formar la red que se muestra en la figura.

- (a) [0.5 puntos] Si la empresa cuenta con 32+32 canales (*ascendentes + descendentes*) para dar el servicio, ¿cuál es el factor de reuso máximo que podría emplear, si pretende ofrecer una calidad de servicio del 95% a sus clientes?
- (b) [0.5 puntos] Si se requiere que la CIR del sistema sea superior a 12 dB, ¿cuál sería el valor mínimo del exponente de pérdidas de propagación que garantizaría un correcto funcionamiento del sistema?

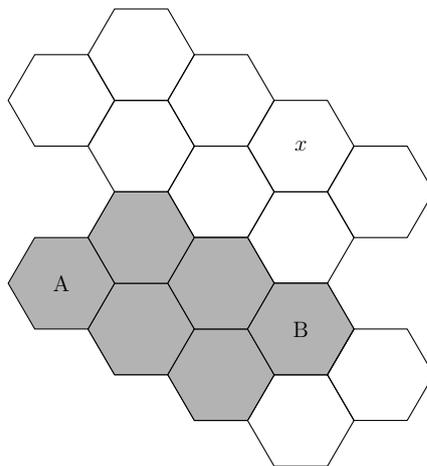
*Utilizar la celda 'x' para el cálculo. En el cálculo de la CIR asumir que todas las BS interferentes se encuentran a la distancia de reuso.*

Tras la puesta en marcha del sistema, se detecta que la densidad de usuarios en el centro de la población (que cubre seis de las celdas originales) es superior a la inicialmente prevista, creciendo hasta  $\alpha_{nu} = 21.65$  habitantes/Km<sup>2</sup>. Los ingenieros deciden instalar dos estaciones base *paraguas* en los mástiles **A** y **B**, con patrón de radiación de 120° (con la referencia de la figura los haces serían  $[-60^\circ, 60^\circ]$  y  $[240^\circ, 120^\circ]$ , respectivamente) y cobertura  $R_s = 2R$ .

- (c) [0.75 puntos] Si con el objetivo de ahorrar costes *Imura* decide emplear las misas frecuencias en los dos nuevos emplazamientos, ¿cuál sería la CIR correspondiente a este nuevo despliegue, si se asume que el exponente de pérdidas de propagación es  $\gamma = 4$ ?
- (d) [0.75 puntos] La empresa adquiere 2 + 2 (*ascendentes + descendentes*) canales y decide que los usuarios que estén en la cobertura de las nuevas antenas sean atendidos inicialmente por ellas, desbordando posteriormente al despliegue original. Calcular el grado de servicio medio en el centro de la población

**Sugerencia:** Promediar los GoS correspondientes a las diferentes 'zonas' que conforman todo la superficie.

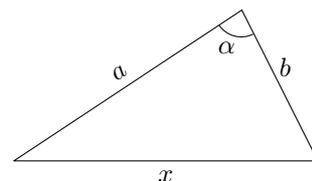
*Asumir independencia entre las ocupaciones de las dos infraestructuras de red y que el tráfico desbordado sigue una distribución de Poisson.*



Emplazamiento de las BS en la zona rural

**Ayuda:**  $A_{\text{hexágono}} = \frac{3\sqrt{3}}{2}R^2$

Teorema coseno:



$$x^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$$