

## REDES

### Conjunto de problemas 7

Nota: En caso de no disponer de tablas deje indicado el resultado. Si la tabla que tiene no es suficientemente precisa aproxime el resultado o déjelo indicado

1. Suponga que el usuario medio está activo durante una llamada de 3 minutos en la hora cargada. ¿Cuál es la intensidad media de tráfico por usuario? ¿Cuál es la intensidad media de tráfico en una centralita de 10000 líneas (es decir, 10000 abonados)?
2. Considere un enlace troncal donde la probabilidad de bloqueo debe ser menor de 0.02. a) ¿Qué intensidad de tráfico puede soportar si el grupo tiene 18 canales? Si un usuario genera una intensidad de tráfico de 0.03E ¿cuántos usuarios pueden emplear dicho enlace tal que se mantenga la probabilidad de bloqueo por debajo del objetivo? b) ¿Cuántos canales hacen falta para soportar 13 Erlangs de tráfico?
3. Suponga una población de 250 usuarios telefónicos todos ellos con líneas del mismo conmutador de central local. En la hora cargada, para 200 de esos usuarios se puede aproximar que cada uno genera 1 llamada por hora y que dichas llamadas duran en media 3 minutos. Los 50 usuarios restantes generan 2.5 llamadas por hora (cada uno) con duraciones medias de 5 minutos. Si la central local tiene un enlace E1 hacia una central primaria calcule cuál es la probabilidad de bloqueo en la hora cargada.
4. Un departamento de una empresa quiere instalar impresoras en red utilizables por cualquiera de sus trabajadores. Cada impresora acepta un solo trabajo a la vez (no tienen cola) y los sistemas operativos de la empresa, cuando se intenta imprimir en una impresora ocupada reportan inmediatamente un error al usuario. Se estima que los trabajos de impresión tardan una media de 1.2 minutos en completarse. El departamento tiene 80 trabajadores y cada uno imprime en media 9 documentos al día. La jornada laboral es de 8 horas. Se debe decidir el número de impresoras a instalar y para ello se pone el requisito de que no más del 5% de las veces que un trabajador quiera imprimir se encuentre todas ocupadas. Haga su propuesta de número de impresoras. ¿Qué hipótesis necesita añadir para que ese cálculo sea correcto?
5. Una empresa dispone de un call-center con 10 líneas de entrada y 10 operadores que contestan llamadas. Su jefe se queja de que según los últimos datos, en la hora de máxima demanda un 15% de las llamadas están siendo rechazadas por no disponer de línea y operador que las atienda. Esto le parece inaceptable. Exige que como mucho un 0.5% de las llamadas puedan perderse. Se sabe que la duración media de estas llamadas es de 4 minutos. a) ¿Cuántas llamadas se están recibiendo por minuto en la hora de máxima demanda? b) Su jefe le plantea una primera opción para mejorar el servicio: puede comprar otra centralita telefónica con capacidad de 10 líneas más de entrada y alquilar más líneas de entrada a un proveedor de telefonía (así como más operadores). ¿Cuántas líneas debe alquilar? ¿Es suficiente con 5? ¿Es suficiente con 10? ¿O necesita comprar más de una centralita? c) Otra opción que nos da el proveedor de servicio es redireccionar en la red telefónica las llamadas que no podamos atender porque están las líneas ocupadas, a otro centro de servicio de otra sucursal de nuestra empresa. Pero para ello nos va a cobrar según el tráfico en erlangs que redireccione. ¿Qué intensidad de tráfico podemos esperar que se redireccione al segundo centro de servicio? ¿Cuántas llamadas por minuto se redirigirían?



Figura 1.- Escenario del problema 5

6. Una empresa tiene repartidos a sus trabajadores en dos edificios (figura 3). Posee una centralita en cada uno y una tercera que hace de interconexión. Se espera que los usuarios hagan muy pocas llamadas de un edificio a otro y se dispone de 5 líneas del edificio 1 al central y de 7 desde el edificio 2. Si en la hora cargada las llamadas de usuarios del edificio 1 al 2 representan una intensidad de tráfico de 1.3 Erlangs y las de los usuarios del edificio 2 al 1 una intensidad de 0.9 Erlangs calcule la probabilidad de que una llamada entre edificios no pueda ser cursada.
7. El zoo de la ciudad ha decidido instalar dos webcams enfocando a su atracción principal. Llamaremos a dichas cámaras CAM1 y CAM2. Cada una de esas webcams es capaz de enviar 4 fotos de forma simultánea a usuarios diferentes. Debido al algoritmo de compresión de la imagen, dichas fotos son de tamaño variable, que se estima en unos 300KBytes. En realidad, debido a la colocación de las cámaras, todo el mundo va primero a ver la CAM1 y solo si ésta le devuelve un error prueban con la CAM2. En la hora del día que más gente intenta acceder a la web con estas imágenes se calcula que se reciben unos 300 accesos. Se estima que la conjunción de anchos de banda, retardos, etc, hacen que las imágenes de la cámara se envíen a unos 100Kbps. Calcule el número de peticiones por minuto que cursa la CAM1. Calcule la probabilidad de que un usuario no pueda ver ninguna de las dos imágenes.
8. Una empresa permite el acceso de sus trabajadores de forma segura a la red interna. Para ello deben crear un túnel. El extremo interno del túnel (el agregador) tendrá un límite en el número de túneles que puede tener establecidos simultáneamente (debido a limitaciones hardware a la hora de hacer la encriptación de tráfico). Se calcula que la empresa tiene en media unos 50 trabajadores siempre viajando. Debido a las diferencias horarias de los países en los que se pueden encontrar se estima que sus intentos de acceso a la red corporativa se reparten homogéneamente a lo largo de todo el día. Cada teletrabajador intentará acceder a la red de la empresa

una vez al día para procesar su correo electrónico y se calcula que estará usando el túnel durante unos 25 minutos. Calcule cuántos túneles debe soportar simultáneamente el agregador para que la probabilidad de que un teletrabajador no pueda establecer un nuevo sea inferior al 1%.

9. Una empresa tiene dos pequeños departamentos y tres impresoras. Todas las máquinas están en la misma LAN y mandan los trabajos de impresión directamente a las impresoras a través de la misma. Los ordenadores de los trabajadores del departamento 1 tienen configurada como impresora por defecto la impresora A, como impresora secundaria la impresora B y como impresora de último recurso la impresora C. Los ordenadores de los trabajadores del departamento 2 tienen configurada como impresora por defecto la impresora B y como impresora secundaria la impresora C. Cada impresora acepta un solo trabajo a la vez (no tienen cola) y si no se encuentra libre ninguna de las impresoras configuradas, el trabajo de impresión se cancela notificando al usuario de un error. Suponga que los usuarios del departamento 1 mandan una media de  $n_1$  trabajos de impresión por hora. Los del departamento 2 mandan una media de  $n_2$  trabajos de impresión por hora. La duración media de un trabajo de impresión es de  $T$  minutos.

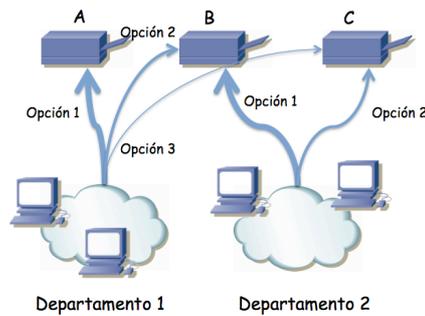


Figura 2.- Esquema del problema 9

Calcule la intensidad de tráfico referida a peticiones de trabajos, tanto la proveniente de trabajos de impresión de usuarios del departamento 1 como del departamento 2. Calcule la probabilidad de que una petición de impresión de un trabajador del departamento 1 no sea atendida por la impresora A. Calcule el número medio de trabajos por hora que son atendidos por la impresora A. Calcule la probabilidad de que una petición de impresión de un trabajador del departamento 2 no sea atendida. Calcule la probabilidad de que un trabajador del departamento 1 logre imprimir un documento.

10. Una empresa permite el acceso de sus trabajadores de forma segura a la red interna. Para ello deben crear un túnel. El extremo interno del túnel (el agregador) acepta un máximo de  $S$  sesiones simultáneas. Se calcula que los teletrabajadores de la empresa representan una carga sobre dicho agregador de unos  $X$  Erlangs en la peor hora. Cada uno de esos teletrabajadores, un  $P$  % de las veces que accede a la red interna necesita mandar un documento a imprimir para que el personal de administración lo envíe por correo postal (normalmente una oferta económica). Para poder imprimir el documento debe emplear una de las  $N$  impresoras en red que tiene la empresa. Dichas impresoras deben atender también al resto de trabajadores de la empresa, que se puede considerar que durante cualquier hora del día envían entre todos una media de  $K$  trabajos a dichas impresoras. Un trabajo de impresión cualquiera tiene una duración media de unos  $T$  minutos. Indique cómo calcular la probabilidad de que un teletrabajador intente enviar un documento a imprimir y no lo logre, bien por no lograr establecer el túnel o por no encontrar impresora libre.

11. Una empresa tiene dos edificios y una red telefónica como se ve en la figura 4. Como administrador de la red de la empresa tiene acceso a las estadísticas de uso de la misma y sabe que durante la hora cargada de la mañana las intensidades de tráfico típicas entre los destinos de su red y el exterior vienen dadas por la tabla 1. Como la empresa tiene buena relación con el proveedor de servicio telefónico, el enlace al exterior salía muy barato y se ha sobredimensionado con 16 líneas. Sin embargo el enlace tendido entre los dos edificios es de solo 8 líneas. Como administrador de la red, debe prepararse para el tráfico que se generará por una promoción que pretende realizar la empresa. Se han distribuido 2500 cupones entre los clientes que pueden llamar para reclamar su premio durante 5 días en horario de 9 a 13. Para atender a estos clientes se ha habilitado un call center con 8 operadoras que responden a llamadas al número de la promoción. El call center está en el edificio A. Se espera, por promociones anteriores, que la duración media de las llamadas de la promoción sea de 2 minutos. a) ¿Cuál es la carga extra de tráfico que tendremos en el enlace entre los dos edificios debido a la promoción? b) ¿Qué fracción de las llamadas de la promoción es rechazada por no haber líneas hasta el edificio A?

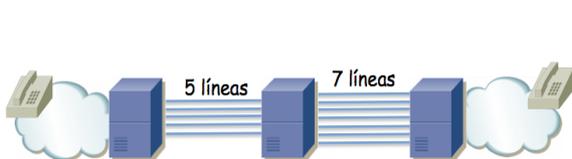


Figura 3.- Escenario del problema 6

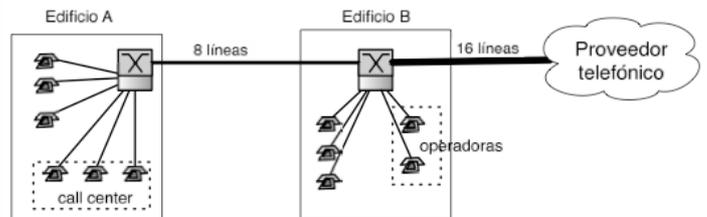


Figura 4.- Escenario del problema 11

Origen	Destino		
	A	B	Exterior
A	4.1	1.4	0.9
B	1.5	2.4	2.3
Exterior	0.1	0.2	-

Tabla 1.- Tráfico en la hora cargada para el problema 11 (en Erlangs)

12. La empresa GhostISP ofrece servicios de transporte de datos de alta capacidad en un entorno metropolitano y para ello posee una pequeña red con la topología de la figura 5. En la actualidad ofrece el servicio de transporte solo entre los edificios A y B los cuales albergan numerosas pequeñas empresas dedicadas al análisis de grandes volúmenes de información. Para dar servicio a las necesidades intermitentes de comunicación de alta capacidad entre ambos edificios, GhostISP ofrece el transporte de tramas PDH E3 (aprox 34Mbps) entre ambos edificios. Cuando una empresa tiene un alto volumen de datos que intercambiar entre los edificios contrata con GhostISP un E3 entre ambos edificios, hace la transferencia y termina el contrato. Todos los enlaces son de la misma velocidad y pueden transportar 12 E3.

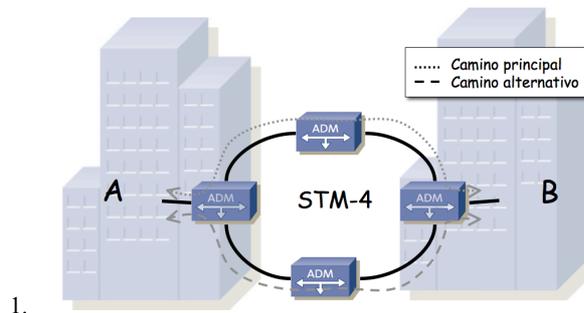


Figura 5.- Red SDH de GhostISP

GhostISP, ante una nueva solicitud de un E3, intenta establecer un circuito en su red empleando lo que llama el “camino principal”. Si el camino principal está saturado intenta emplear el “camino alternativo”. Si no queda capacidad por ninguna de estas rutas GhostISP pierde un valioso cliente.

Tras bastante tiempo en el negocio, GhostISP conoce bien a sus clientes y sabe que en media recibe 2 peticiones al día de nuevos circuitos y que los contratos duran una media de 10 días.

- ¿Cuál es la intensidad de tráfico medida en Erlangs que recibe la red de GhostISP?
- ¿Cuál es la probabilidad de que GhostISP no pueda atender una nueva petición y pierda un cliente?

13. La empresa del problema 6 llega un día que decide permitir que sus trabajadores hagan llamadas al exterior de la empresa. Para ello contrata 2 líneas externas hacia la PSTN y que conecta al conmutador telefónico central. Se estima que el tráfico interno no ha cambiado pero ahora se esperan llamadas al exterior con una intensidad en la hora cargada de 0.2 Erlangs desde cada uno de los edificios. No se aceptan llamadas desde el exterior. Calcule ahora la probabilidad de que una llamada entre edificios no pueda cursarse. Calcule también la probabilidad de que una llamada al exterior no pueda cursarse.

14. El enlace al exterior desde el router de acceso de la sede de una empresa se hace mediante una red de transporte de una operadora basada en tecnología MPLS. Se han establecido tres LSPs en ese enlace, uno de ellos lleva hasta un router equivalente en otra sede de la empresa y tiene reservada una capacidad de 10 Mbps simétricos para el tráfico de datos interno de la empresa. El segundo emplea un servicio de acceso a Internet ofrecido por la operadora con 3Mbps simétricos. El tercer LSP se emplea exclusivamente para el tráfico de VoIP entre las dos sedes. Cada usuario hace una media de 0.5 llamadas por hora a compañeros de la otra sede. Estas llamadas tienen una duración media de 5 minutos. En la sede mencionada hay 620 usuarios mientras que en la otra hay 310 usuarios. Cada vez que un usuario, desde su PC, emplea el software de VoIP corporativo para establecer una llamada telefónica con un usuario de la otra sede, ese tráfico circula por este tercer LSP. El router de acceso y su homólogo en el otro extremo gestionan el uso de este LSP para evitar que se establezcan más llamadas que aquellas que soporta por su capacidad máxima. Esta capacidad es de 640 Kbps simétricos. Los routers extremo del enlace filtran la señalización del tráfico de VoIP para impedir que se establezca una llamada si ésta va a hacer que se exceda el 90% de la utilización de ese LSP. El tráfico de VoIP está formado principalmente por los flujos de voz en cada sentido. Cada uno de estos flujos se compone de los paquetes con las muestras de voz. Supondremos que el compresor empleado genera un paquete cada 50 milisegundos, todos ellos de 80 bytes. El software corporativo de VoIP, si intenta establecer una llamada telefónica y fracasa guarda la información de este evento en una base de datos en un servidor de la empresa que se encuentra localizado en la sede de la figura. Calcule el número medio de consultas de inserción por hora que se enviarán a esa base de datos.

15. Un ISP ofrece un servicio añadido de vídeo bajo demanda a sus abonados. Tiene dos tipos de abonados, los abonados "premium" y los abonados "basic". Cuando un abonado premium solicita una película se le intenta atender desde el Data Center HPAS (High Premium Advanced Services). Ese centro de datos tiene una capacidad máxima en número de películas que puede estar enviando simultáneamente. Si en un momento dado ha alcanzado ese máximo y llega una nueva petición de un usuario premium la redirige al Data Center VBAS (Very Basic Advanced Services). Si el VBAS ha alcanzado su máxima capacidad rechaza nuevas peticiones hasta que quede libre alguno de sus servidores. Las peticiones de los usuarios basic van directamente al VBAS y no pueden usar nunca el HPAS. Todas las peticiones que llegan a un data center se consideran equivalentes a la hora de atenderlas. Los usuarios premium en media solicitan una película al día mientras que los basic solicitan una película a la semana. Se tienen 100 abonados premium y 2.000 abonados classic. Todas las películas tienen una duración aproximada de 90 minutos. En estos momentos cada centro de datos puede atender a un máximo de 10 peticiones simultáneamente. Calcule el número de películas al año que se atiende de los usuarios premium y el número de los usuarios classic. Los usuarios premium pagan por cada película que ven 10 veces más que los usuarios classic. Se va a mejorar la capacidad de uno de los centros de datos para que en vez de 10 películas pueda servir 11 películas simultáneamente. Con qué opción obtiene más beneficio el ISP: mejorando el HPAS o el VBAS? Justifique la respuesta con cálculos si es preciso.

16. Suponga la división de atención telefónica de una empresa fabricante de computadoras. Dicha división gestiona un centro de llamadas atendido por  $n$  operadores entrenados para resolver problemas sencillos (servicio de primer nivel). Se reciben una media de  $n$  llamadas a este centro de atención cada hora. El centro de llamadas no emplea una centralita con sistema de espera con lo que cuando todos los operadores están ocupados se rechazan las llamadas siguientes hasta que algún operador quede libre. Para esas circunstancias se ha contratado un servicio de la operadora telefónica de forma que si no se puede establecer la llamada con el centro de llamadas se le

reproduzca al usuario una locución que dura  $Tr1$  segundos, disculpándose la empresa por la saturación de las líneas. En caso de que el cliente encuentre un operador libre suele tardar en media  $T1$  minutos en atenderle.

Una fracción  $q$  de los clientes atendidos por los operadores de nivel 1 no logra resolver su problema y el operador decide redirigir la llamada a la división técnica especializada de la empresa (nivel 2), momento en el cual el operador de primer nivel queda libre para atender a un nuevo cliente. La división técnica tiene  $c2$  especialistas en el servicio de atención telefónica, de nuevo sin sistema de espera, de forma que un cliente puede que vea rechazada su llamada al ser transferido a la división técnica. En el caso de que el cliente encuentre un operador libre suele tardar en media  $T2$  minutos en atenderle. Se supone que los operadores del nivel 2 siempre resuelven el problema del cliente.

- Indique qué proporción de los clientes no logra ser atendido por operadores del primer nivel.
- Indique qué proporción de los clientes es redirigido al segundo nivel de atención especializada.
- Indique qué proporción de los clientes es redirigido al segundo nivel pero no logra ser atendido.
- Indiquen cuál es la duración media de las llamadas.

17. Un conjunto de 110 aerogeneradores emplea telefonía móvil inalámbrica para comunicar datos de estado a la sede central de la empresa que los gestiona. Cada uno de estos aerogeneradores dispone de un módem GSM y hace llamadas telefónicas a la sede central de forma aleatoria para evitar que los aerogeneradores se sincronicen y llamen todos al mismo tiempo. Se va a programar que los aerogeneradores en media hagan una llamada cada 5 minutos. La duración de cada una de esas llamadas depende de la cantidad de datos que deba intercambiar el aerogenerador con los ordenadores de la sede central. La cantidad de datos es aleatoria con media 40 KBytes y se transfieren durante la llamada a una velocidad de 9.600 bps. 70 de esos aerogeneradores (grupo A) emplean la estación base de telefonía móvil asociada al conmutador telefónico  $S_A$ . El canal inalámbrico de esta estación base tiene reservados 20 canales para las llamadas desde los aerogeneradores. Los 40 aerogeneradores restantes (grupo B) emplean la estación base asociada al conmutador telefónico  $S_B$ . El canal inalámbrico de esta estación base tiene reservados 15 canales para las llamadas desde los aerogeneradores. El conmutador  $S_A$  tiene un enlace directo con otro conmutador  $S_B$ . Este enlace tiene capacidad para un máximo de 32 llamadas simultáneas. El conmutador  $S_B$  tiene un enlace directo con un conmutador presente en la sede de la empresa que gestiona los aerogeneradores; dicho enlace soporta 20 llamadas simultáneas. Los conmutadores  $S_A$  y  $S_B$  dan además servicio a dos poblaciones de habitantes que hacen llamadas entre ellos así como de vez en cuando a números de teléfono de la sede central de la empresa que gestiona los aerogeneradores. Todas las llamadas siguen la ruta directa y no existen caminos alternativos.

La tabla 2 muestra la intensidad de tráfico en Erlangs entre las diferentes poblaciones (adicional al tráfico introducido por los aerogeneradores).

Origen	Destino		
	Población 1	Población 2	Sede central
Población 1		4.1	1.4
Población 2	3.2		3.1
Sede central	1.6	1.2	

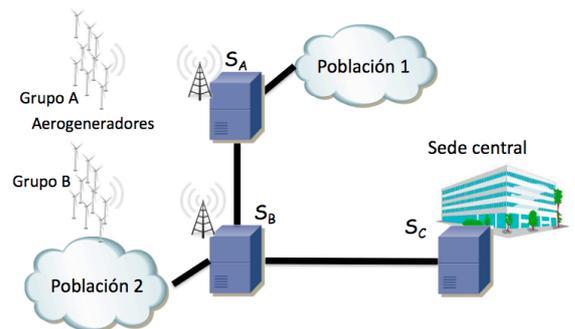


Figura 6

Tabla 2 – Intensidades de tráfico (Erlangs)

Calcule la intensidad de tráfico producida por cada población de aerogeneradores. Calcule la probabilidad de que una de las llamadas automáticas de los aerogeneradores fracase, en función del grupo de aerogeneradores al que pertenezca. Calcule el número medio de llamadas de un aerogenerador que se perderán en una semana, en función del grupo de aerogeneradores al que pertenezca. Si en un momento un operario de la sede central desea hacer una llamada a un aerogenerador para hacer una configuración manual calcule la probabilidad de que dicho intento de llamada se bloquee, en función del grupo de generadores al que vaya dirigida.

18. En la figura 7 se muestra la topología de interconexión de la red telefónica entre cuatro poblaciones de usuarios, cada una atendida por una central de conmutación diferente. Los cuatro enlaces entre centrales son de tipo E1. Las llamadas se intentan establecer siempre por el camino más corto entre las centrales y si fracasan no se reintentan por otro camino. Las llamadas entre las poblaciones A y C y entre las poblaciones B y D se encuentran con dos posibles caminos, ambos utilizando dos enlaces. En esos casos la mitad del tráfico se encamina por uno de los caminos y la otra mitad por el otro. Esto se hace probabilísticamente, independiente del estado de los enlaces. Es decir, por ejemplo al llegar una petición de llamada desde la población A hacia la población C, con una probabilidad del 50% se encamina por la ruta a través de B, y con un 50% por la ruta a través de D. Si fracasa la llamada por el camino seleccionado no se intenta por el otro. La tabla 3 muestra las intensidades de tráfico medidas en Erlangs correspondientes a los intentos de llamada entre cada pareja de poblaciones.

	A	B	C	D
A		5	20	7
B	5		3	1
C	4	4		3
D	4	1	12	

Tabla 3 - Intensidades

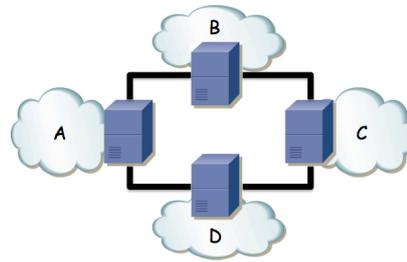


Figura 7 – Topología

Calcule la intensidad de tráfico ofrecida a cada enlace. Calcule la probabilidad de bloqueo de llamadas entre la población A y la población B. Calcule cuántas llamadas en media fracasan en una semana entre la población A y la B. Calcule la probabilidad de bloqueo de llamadas entre la población A y la población C. Calcule el número de llamadas totales que en media fracasan en una semana