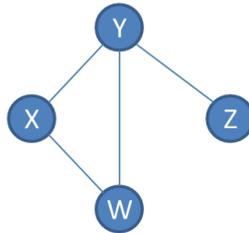


## Problema 1

Cuatro nodos de comunicación, X, Y, Z y W se conectan mediante un anillo SDH.

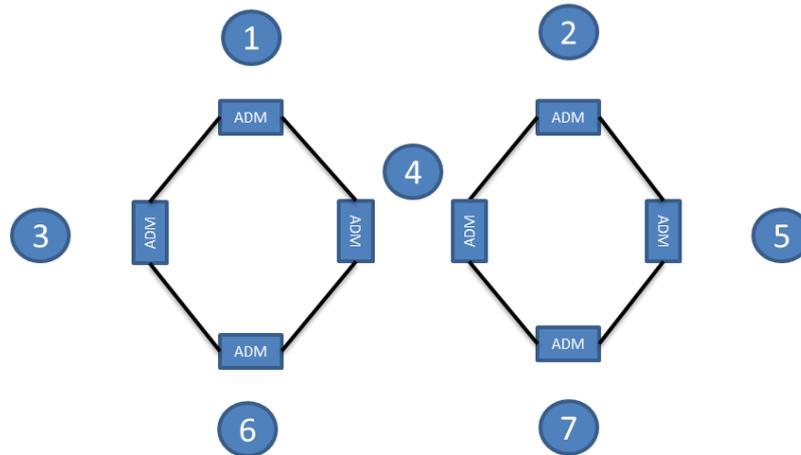
- a) Dibuje una posible configuración de la red física de acuerdo con la siguiente topología lógica:



- b) Si las comunicaciones entre nodos hacen uso de grupos STM-1, ¿Cuál será la capacidad total del anillo?
- c) Si la red física presenta protección contra fallos del anillo, cuál será la nueva configuración
- d) En la situación del apartado c, ¿Cuál será la capacidad total del anillo?
- e) ¿Cuál sería la configuración física final si se desea que cualquier nodo sea accesible desde cualquier origen?

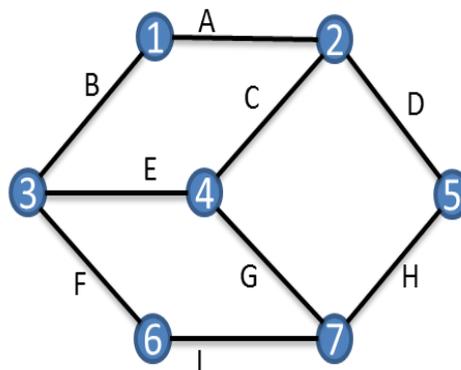
## Problema 2

Siete nodos de comunicación (numerados de 1 a 7) se encuentran interconectados mediante dos anillos SDH tal y como muestra la siguiente figura:



Se pide:

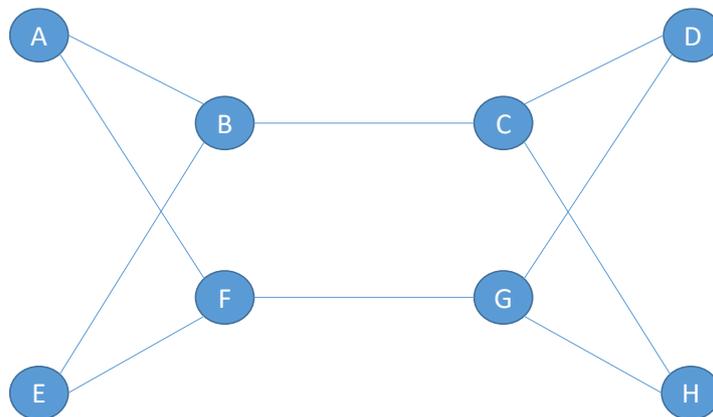
- a) Complete el esquema de interconexiones de acuerdo con el esquema lógico que se indica en la figura siguiente, en la que cada enlace presenta una capacidad de 1 STM-1. Recuerde indicar los puertos de entrada/salida en cada uno de los nodos.



- b) ¿Cuál es la capacidad de cada anillo?
- c) ¿Cuál es el factor de utilización de cada anillo?
- d) Realice un nuevo diseño de forma que se aumente el factor de utilización. Justifique la respuesta. **Pista:** Puede cambiar las conexiones de anillo y/o utilizar elementos de interconexión adicionales.

### Problema 3

Un Proveedor de Servicios de Interconexión tiene desplegada una red dorsal basada en 8 nodos de conmutación (A-H) interconectados según el esquema lógico de la figura siguiente:



a) Realice una propuesta de diseño de la configuración anterior utilizando tecnología SDH, teniendo en cuenta que todos los enlaces de comunicación deben presentar una capacidad de conexión de respaldo de al menos 100 Mbps full-duplex. Especifique todos los elementos de interconexión, así como sus capacidades.

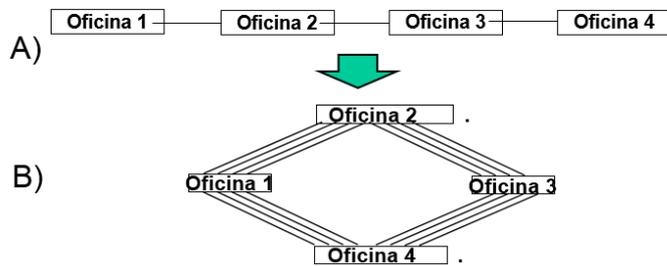
b) Si la capacidad máxima de los equipos SDH fuera de STM4, cómo afectaría al diseño anterior. En caso de provocar modificaciones, indique cuáles.

Tras analizar las cargas de tráfico soportadas por los diferentes enlaces, el Proveedor decide introducir una jerarquía de red, separando entre enlaces de agregación y enlaces dorsales, con capacidades full duplex mínimas de 100Mbps y 1Gbps respectivamente.

c) Realice una propuesta de diseño en el caso de que solamente los enlaces BC y FG sean dorsales.

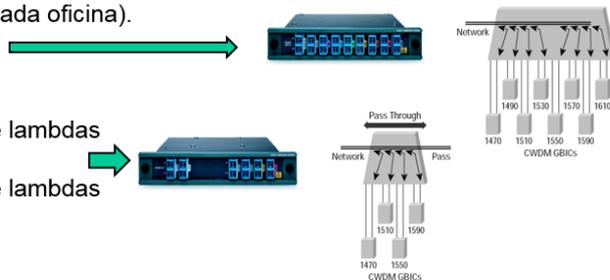
## Problema 4

A partir de la topología física indicada en A, diseñe la topología lógica mostrada por B:

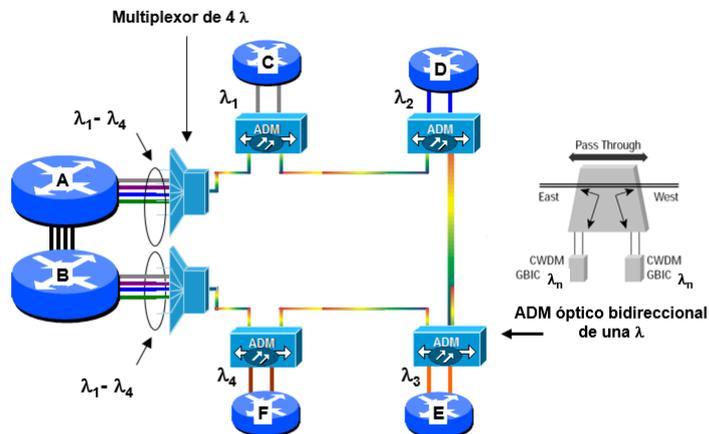


Se disponen de los siguientes elementos:

- 4 conmutadores LAN, cada uno con 16 puertos Gigabit Ethernet (8 se utilizarán para conectar las oficinas entre sí y 8 para la LAN de cada oficina).
- 4 multiplexores de ocho lambdas.
- 4 ADMs ópticos unidireccionales de lambdas impares (1,3,5,7).
- 4 ADMs ópticos unidireccionales de lambdas pares (2,4,6,8).

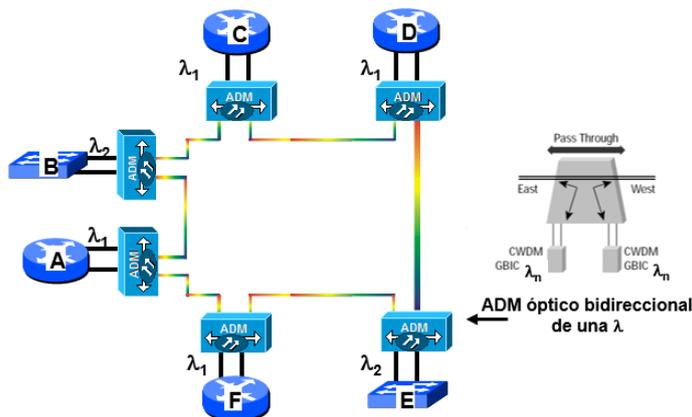


## Problema 5



Explicar como funciona esta red, a que topología equivale y que debería hacerse para obtener el máximo rendimiento

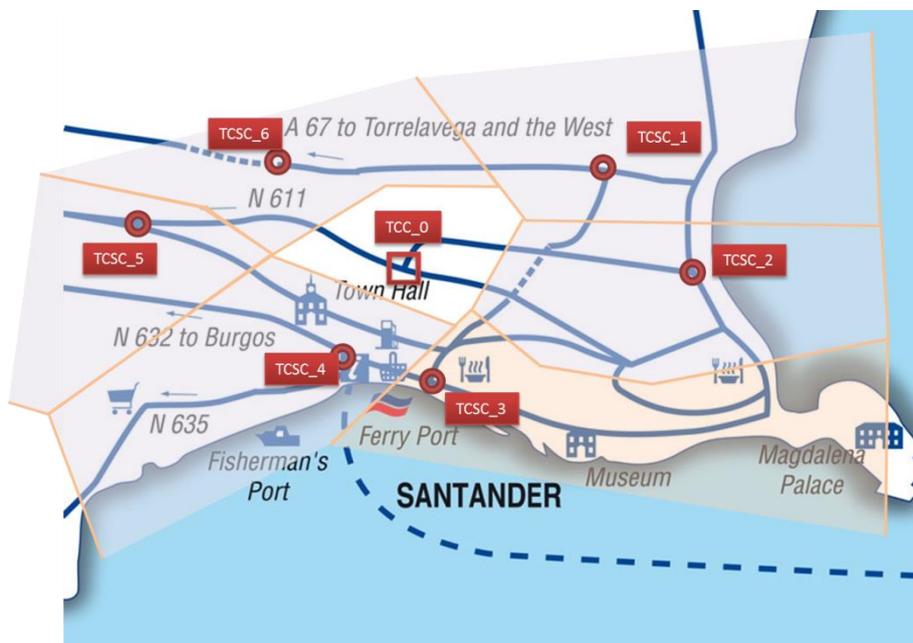
### Problema 6



Explique en detalle como funciona dicha red, cual es la topología equivalente y que debería hacerse para obtener de ella el máximo rendimiento y fiabilidad ante posibles averías.

### Problema 7

Dentro del proceso de implementación de un nuevo sistema de control de tráfico inteligente en la ciudad de Santander, el Ayuntamiento establece el despliegue de una red de sensores dividida en seis grandes áreas (identificada de 1 a 6), tal y como se muestra en la imagen siguiente:



Cada área será gestionada un Centro Subsidiario de Control de Tráfico (TCSC\_#area) que a su vez depende de un Centro de Control de Tráfico (TCC\_0) en el que reside el Centro de Proceso de Datos de todo el sistema. Cada TCSC realiza el pre-procesado de la información recogida por la red de sensores a su cargo y posteriormente transfiere toda la información al TCC.

Tras un acuerdo con un Operador de Red con infraestructuras desplegadas en la ciudad, la interconexión entre los TCSC y el TCC puede ser realizada mediante

el uso de fibra oscura (dark fibre) entre cada TSCC y el TCC, o bien entre TSCCs. En cualquier caso, cada segmento de fibra utilizado se alquila por separado.

Los equipos de interconexión tienen que ser en propiedad, por lo que se debe tener en cuenta su compra en cada caso. Las tablas de precios se acompañan.

SDH ADM	
STM-1/4/16SDH MULTIPLEXER (ADM) Simplex Fiber ports = 8XSTM-1/2XSTM-4CARD	832.00 €

DWDM OADM	
1 channel 100G DWDM add/drop OADM Bi-Directional Duplex Fiber	209.00 €
2 channels 100G DWDM add/drop OADM Bi-Directional Duplex Fiber	383.00 €
4 channels 100G DWDM add/drop OADM Bi-Directional Duplex Fiber	729.00 €
8 channels 100G DWDM add/drop OADM Bi-Directional Duplex Fiber	1,422.00 €
16 channels 100G DWDM add/drop OADM Bi-Directional Duplex Fiber	2,808.00 €

Alquiler fibra oscura urbana (Anual)	
1 fibra	1,513.00 €

Se decide realizar el despliegue de la red dorsal haciendo uso de tecnología SDH, con capacidad de respaldo de al menos 100 Mbps full-duplex en cada TCSC.

- Represente la red lógica equivalente que se corresponde con la especificación del sistema de comunicación entre TCSCs y TCC
- Realice el diseño más económico indicando la asignación de circuitos y capacidades en cada caso, tanto para las conexiones de acceso como para las conexiones troncales.
- Con la configuración anterior, realice el estudio de costes asociados al equipamiento durante el primer año de operación.

Como alternativa se plantea la posibilidad de utilizar equipos con tecnología DWDM exclusivamente manteniendo las características del acceso de los TCSCs al TCC.

- Realice el diseño más económico, indicando la asignación de circuitos y capacidades en cada caso, tanto para las conexiones de acceso como para las conexiones troncales.
- Con la configuración anterior, realice el estudio de costes asociados al equipamiento durante el primer año de operación.
- ¿Cuáles son la/s ventaja/s de la migración a WDM?



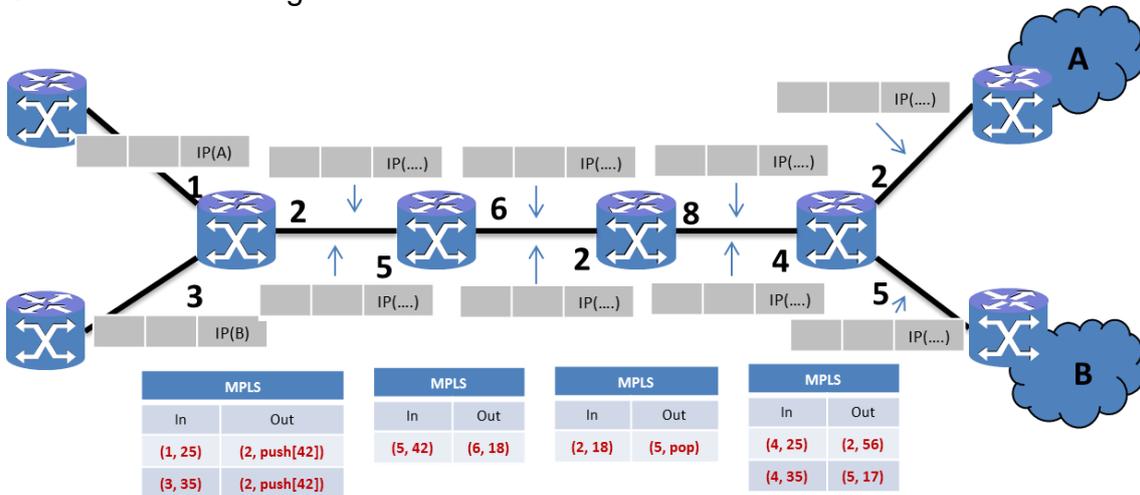
c) Realice una propuesta de diseño de la configuración del apartado B utilizando tecnología SDH, teniendo en cuenta que todos los nodos de comunicación deben presentar una capacidad de conexión de respaldo de al menos 100 Mbps full-duplex. Especifique todos los elementos de interconexión, así como sus capacidades

d) En un momento dado cada dispositivo de interconexión pasa a utilizar CONMUTACION DE CIRCUITOS VIRTUALES, pero manteniendo la conectividad existente ¿Cuáles serían las TABLAS DE FORWARDING bajo este supuesto?

e) Realice una propuesta de diseño de la configuración del apartado B en el caso de utilizar dispositivos ópticos CWDM. Especifique todos los elementos de interconexión, así como sus capacidades.

## Problema 9

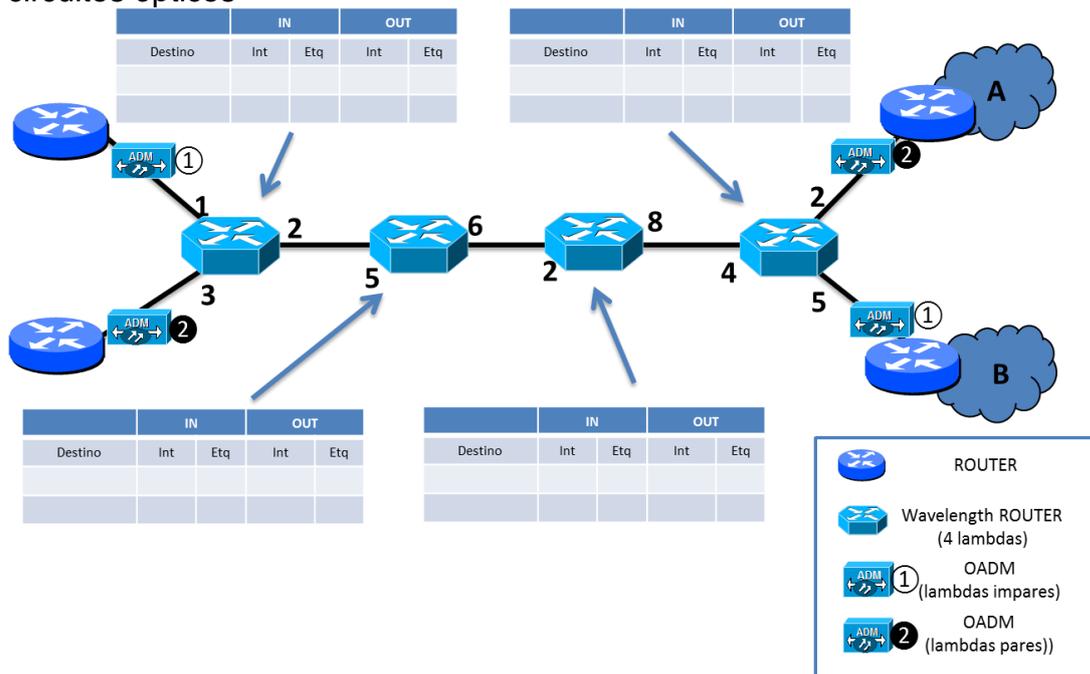
Sobre la red de la figura:



- Complete todos los datagramas IP con destino a A y a B que aparecen en la figura de acuerdo con las tablas de forwarding de los routers, todos ellos LSR-MPLS.
- Señalice cada uno de los dominios MPLS que determina la conmutación virtual de circuitos resultante

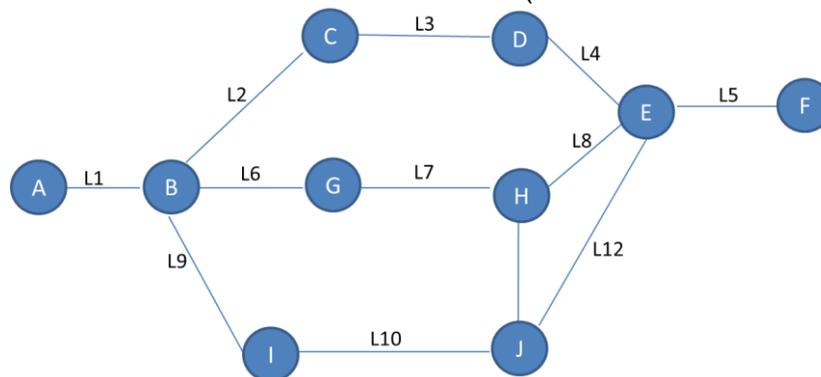
En un momento dado se opta por migrar toda la red de interconexión al dominio óptico, salvo en los puntos de acceso (routers de usuario) a los que se dota de capacidad DWDM mediante sendos OADM de una sola Lambda.

- Complete las tablas de forwarding en el supuesto de unificar toda la red de transporte mediante la de GMPLS como mecanismo de conmutación de circuitos ópticos



## Problema 10

Sea la siguiente estructura lógica de una red perteneciente a un proveedor de servicio de interconexión, formada por 10 nodos (identificados como A-J) interconectados mediante 12 enlaces virtuales (identificados como L1-L12):

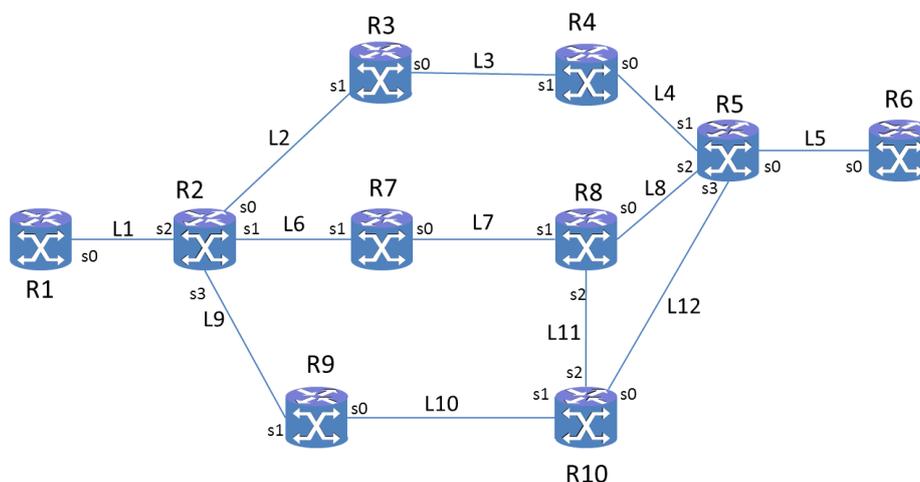


a) Realice el diseño de un anillo SDH que solucione el problema de interconexión de acuerdo al esquema lógico anterior y a los siguientes requerimientos de ancho de banda por enlace:

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Bandwidth (Mbps)	1000	100	1000	100	100	100	10	10	100	1000	100	100

- b) ¿Cuál es la capacidad final del anillo? Justifique la respuesta
- c) ¿Cuál será el factor de utilización teórico? (de acuerdo a los agrupamientos SDH desplegados)
- d) ¿Cuál será el factor de utilización real? (de acuerdo a los anchos de banda de los enlaces virtuales)

El esquema lógico anterior se corresponde con la estructura de la red Overlay que ha implementado el Operador, para lo cual ha desplegado un dominio MPLS, siendo R1 y R6 sus LER, tal y como muestra la siguiente figura:



Si las características fundamentales de cada uno de los enlaces se resumen en la siguiente tabla:

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Delay (ms)	5	5	5	20	3	5	5	5	3	3	5	1
Bandwidth (Mbps)	1000	100	1000	100	100	100	10	10	100	1000	100	1000

Analice la posibilidad de establecer un LSP de R1 a R6 que cumpla con los siguientes requerimientos

- e) Bandwidth  $\geq$  1000 Mbps. y Delay  $\leq$  60 ms.
- f) Bandwidth  $\geq$  100 Mbps. y Delay  $\leq$  30 ms.

El operador da servicio a tres clientes diferentes, dos ISP's (ONO y JAZZTEL) conectados a los puertos s1 y s2 respectivamente del LER R1, y un CDP (Content Delivery network - NETFLIX) conectado en el puerto s1 del LER R6.

- g) Si ambos ISP's tienen contratos con idéntico SLA (Service Level Agreement), complete las tablas de forwarding para todos los routers incluidos en el LSP para el acceso a NETFLIX. IMPORTANTE: El enrutamiento dentro del dominio MPLS es RIP
- h) Si ONO tiene una cláusula en su SLA (Service Level Agreement), por el cual el retardo máximo debe ser  $\leq$ 30 ms complete las tablas de forwarding para todos los routers incluidos en el LSP para el acceso a NETFLIX:
- i) ¿Qué condiciones se deberían cumplir para que la situación del apartado (h) fuera posible? Indique al menos 2 posibilidades.