

# Guía de diseño de OSPF

## Contenido

[Introducción](#)

[Antecedentes](#)

[OSPF versus RIP](#)

[¿Qué queremos decir con estados de link?](#)

[Algoritmo de la Trayectoria más Corta Primero](#)

[Costo de OSPF](#)

[Árbol de trayecto más corto](#)

[Routers de área y de borde](#)

[Paquetes de estado de link](#)

[Activación de OSPF en el router](#)

[Autenticación OSPF](#)

[Autenticación simple mediante contraseña](#)

[Autenticación del resumen de mensaje](#)

[La estructura básica y área 0](#)

[links virtuales](#)

[Áreas no conectadas físicamente al área 0](#)

[Partición de la estructura básica](#)

[Vecinos](#)

[Adyacencias](#)

[Elección DR](#)

[Creación de adyacencias](#)

[Adyacencias en interfaces punto-a-punto](#)

[Adyacencias en redes de Acceso múltiple sin difusión \(NBMA\)](#)

[Cómo evitar los routers designados \(DR\) y el comando neighbor en NBMA](#)

[Subinterfaces punto a punto](#)

[Selección de tipos de red de interfaz](#)

[Resumen de ruta y OSPF](#)

[Resumen de rutas interzonales](#)

[Resumen de ruta externa](#)

[Zona fragmentada](#)

[Redistribución de rutas en OSPF](#)

[Rutas externas E1 vs. E2](#)

[Redistribución de OSPF en otros protocolos](#)

[Uso de una métrica válida](#)

[VLSM](#)

[Redistribución recíproca](#)

[Inserción de valores predeterminados en OSPF](#)

[Sugerencias para el diseño de OSPF](#)

[Número de routers por área](#)

[Cantidad de vecinos](#)

[Cantidad de áreas por ABR](#)

[Malla completa vs. Malla parcial](#)

[Problemas de memoria](#)

[Resumen](#)

[Apéndice A: Sincronización de la base de datos de estados de link](#)

[Avisos sobre el estado de los links](#)

[Ejemplo de base de datos OSPF](#)

[Apéndice B: Direccionamiento de multidifusión IP y OSPF](#)

[Apéndice C: Máscaras de subred de longitud variable \(VLSM\)](#)

[Información Relacionada](#)

## Introducción

El protocolo Open Shortest Path First (OSPF), definido en [RFC 2328](#), es un Internal Gateway Protocol (IGP) que se usa para distribuir la información de ruteo dentro de un solo sistema autónomo. [Este artículo analiza cómo funciona el OSPF y cómo se puede usar para diseñar y construir redes grandes y complicadas.](#)

## Antecedentes

El protocolo OSPF se desarrolló debido a la necesidad dentro de la comunidad de Internet de introducir un Internal Gateway Protocol (IGP) no patentado de gran funcionalidad para la familia de protocolos TCP/IP. La discusión sobre la creación de un IGP interoperable común para Internet comenzó en 1988 y no se formalizó hasta 1991. En aquel momento el Grupo de trabajo de OSPF pidió que el OSPF se considerara un avance de un borrador de estandarización de Internet.

El protocolo OSPF está basado en tecnología de estado de link, la cual es una desviación del algoritmo basado en el vector Bellman-Ford usado en los protocolos de ruteo de Internet tradicionales, como el RIP. OSPF ha introducido conceptos nuevos, como la autenticación de actualizaciones de ruteo, Máscaras de subred de longitud variable (VLSM), resumen de ruta, etc.

Estos capítulos discuten la terminología OSPF, el algoritmo y los pros y los contras del protocolo a la hora de diseñar y construir las redes grandes y complicadas de hoy en día.

## OSPF versus RIP

El rápido crecimiento y expansión de las redes de hoy en día ha hecho llegar a RIP hasta sus límites. RIP tiene ciertas limitaciones que pueden causar problemas en las redes grandes:

RIP tiene un límite de 15 saltos. Se considera inalcanzable a una red RIP que se extiende por más de 15 saltos (15 routers).

El protocolo RIP no puede gestionar máscaras de subred de longitud variable (VLSM). Dada la escasez de direcciones IP y la flexibilidad que proporciona VLSM en la asignación eficiente de direcciones IP, esto se considera un inconveniente importante.

Las difusiones periódicas de la tabla de ruteo completa consumen una gran cantidad de ancho de banda. Éste es un problema importante con las redes de gran tamaño,

especialmente en links lentos y nubes WAN.

RIP converge de manera más lenta que OSPF. En las grandes redes la convergencia se realiza en unos minutos. Los routers RIP atraviesan un periodo de retención y recolección de residuos y, lentamente, agotan el tiempo de espera de la información que no se ha recibido recientemente. No es apropiado que suceda en entornos amplios, ya que puede causar inconsistencias en el ruteo.

RIP no incluye ningún concepto de retrasos de red ni de costos de link. Las decisiones de ruteo se basan en los conteos de saltos. Siempre se prefiere la trayectoria con el menor conteo de saltos al destino, aun si la trayectoria más larga cuenta con un mejor ancho de banda total de links y menos retrasos.

Las redes RIP son redes planas. No existe ningún concepto de áreas o límites. Con la introducción del ruteo sin clases y el uso inteligente de la agregación y el resumen, las redes RIP parecen haber quedado atrás.

Se han introducido algunas mejoras en una nueva versión de RIP, denominada RIP2. RIP2 analiza las cuestiones de VLSM, de autenticación y de actualizaciones de ruteo de multidifusión. El RIP2 no es una gran mejora del RIP (ahora llamado RIP 1) porque aún tiene limitaciones en aspectos esenciales en las grandes redes de la actualidad, como el conteo de saltos y la convergencia lenta.

Por otra parte, el OSPF soluciona la mayoría de los problemas que se presentaron anteriormente:

Con OSPF, no hay limitación para el conteo de saltos.

La utilización inteligente de VLSM es muy útil para la asignación de una dirección de IP.

OSPF utiliza IP Multicast para enviar actualizaciones de estado de link. Esto garantiza menos procesamiento en los routers que no están escuchando los paquetes OSPF. Además, las actualizaciones sólo se envían en caso de cambios de ruteo en lugar de periódicamente. Esto asegura un mejor uso del ancho de banda.

OSPF tiene mejor convergencia que RIP. Esto se debe a que los cambios en el ruteo se propagan en forma instantánea y no periódica.

OSPF permite un mejor balanceo de carga.

OSPF permite una definición lógica de redes en la que los routers se pueden dividir en áreas. Esto limita la explosión de las actualizaciones de estado de link sobre toda la red. Esto también brinda un mecanismo para agregar rutas y reducir la propagación innecesaria de información de subred.

OSPF permite la autenticación de ruteo a través de distintos métodos de autenticación de contraseñas.

OSPF permite la transferencia y etiquetado de rutas externas introducidas en un sistema autónomo. Así se realiza un registro de las rutas externas introducidas por protocolos exteriores como el BGP.

Esto por supuesto conlleva más complejidad en la configuración y troubleshooting de las redes OSPF. Los administradores que están acostumbrados a la simplicidad de RIP se encuentran con gran cantidad de información nueva que deben aprender para mantenerse al día con las redes OSPF. Además, esto genera más sobrecarga en la asignación de memoria y la utilización del CPU. Podría ser necesario actualizar algunos de los routers que ejecutan RIP para administrar la tarea causada por el OSPF.

### ¿Qué queremos decir con estados de link?

OSPF es un protocolo de estado de link. Podemos pensar en un link como una interfaz en el router. El estado del link ofrece una descripción de esa interfaz y de su relación con los routers vecinos. Una descripción de la interfaz incluiría, por ejemplo, la dirección IP de la interfaz, la máscara, el tipo de red a la que se conecta, los routers conectados a esa red y así sucesivamente. La recolección de todos estos estados de link formaría una base de datos de estados de link.

### Algoritmo de la Trayectoria más Corta Primero

OSPF usa un algoritmo de trayectoria más corta primero para construir y calcular la trayectoria más corta a todos los destinos conocidos. La trayectoria más corta se calcula con el uso del algoritmo Dijkstra. El algoritmo en sí mismo es muy complicado. La siguiente es una forma simplificada de nivel muy elevado de analizar los diversos pasos del algoritmo:

En la inicialización y debido a cualquier cambio en la información de ruteo, un router genera un anuncio de estado de link. Este anuncio representa la colección de todos los estados de link en ese router.

Todos los routers intercambian estados de link mediante inundación. Cada router que recibe una actualización de estado de link debe almacenar una copia en su base de datos de estados de link y a continuación propagar la actualización a otros routers.

Una vez que la base de datos de cada router está completa, el router calcula un árbol de trayectoria más corta a todos los destinos. El router utiliza el algoritmo Dijkstra para calcular el árbol de trayectoria más corta. Los destinos, el costo asociado y el salto siguiente para alcanzar dichos destinos forman la tabla de IP Routing.

En caso de que no ocurran cambios en la red OSPF, tales como el costo de un link, o el agregado o eliminación de una red, OSPF debería permanecer muy tranquila. Cualquier cambio que ocurra se comunica a través de los paquetes de estado de link, y el algoritmo Dijkstra se recalcula para encontrar la trayectoria más corta.

El algoritmo coloca cada router en la raíz de un árbol y calcula la trayectoria más corta a cada destino basándose en el costo acumulativo necesario para alcanzar ese destino. Cada router dispondrá de su propia vista de la topología, a pesar de que todos los routers crearán un árbol de

trayectoria más corta usando la misma base de datos de estados de link. Las secciones siguientes indican qué comprende la creación de un árbol de trayecto más corto.

## Costo de OSPF

El costo (también llamado métrica) de una interfaz en OSPF es una indicación de la sobrecarga requerida para enviar paquetes a través de una interfaz específica. El costo de una interfaz es inversamente proporcional al ancho de banda de dicha interfaz. Un mayor ancho de banda indica un menor costo. El cruce de una línea serial de 56k implica mayores gastos generales (costo mayor) y más retrasos de tiempo que el cruce de una línea Ethernet de 10M. La fórmula que se usa para calcular el costo es:

$$\text{costo} = 100000000 / \text{ancho de banda en bps}$$

Por ejemplo, cruzar una línea Ethernet de 10M costará  $10 \text{ EXP}8/10 \text{ EXP}7 = 10$  y cruzar una línea T1 costará  $10 \text{ EXP}8/1544000 = 64$ .

De forma predeterminada, el costo de una interfaz se calcula sobre la base del ancho de banda; puede forzar el costo de una interfaz con el comando de modo de subconfiguración de interfaz `ip ospf cost <valor>`.

## Árbol de trayecto más corto

Suponga que tenemos el siguiente diagrama de red con los costos de la interfaz indicados. Para crear el árbol de trayecto más corto para RTA, se debe convertir a RTA en la raíz del árbol y se debe calcular el menor costo para cada destino.

Arriba se muestra la vista de la red tal como se ve desde RTA. Observe la dirección de las flechas al calcular el costo. Por ejemplo, el costo de la interfaz de RTB a la red 128.213.0.0 no es relevante al calcular el costo a 192.213.11.0. RTA puede llegar a 192.213.11.0 vía RTB con un costo de 15 (10+5). RTA también puede llegar a 222.211.10.0 por medio de RTC con un costo de 20 (10+10) o por medio de RTB con un costo de 20 (10+5+5). En caso de que existan trayectos de igual costo para el mismo destino, la implementación por parte de Cisco de OSPF realizará un seguimiento de los siguientes seis saltos al mismo destino.

Después de que el router cree el árbol de trayectoria más corta, comenzará a generar la tabla de ruteo según corresponda. Las redes conectadas directamente por medio de una métrica (de costo) 0 y otras redes se alcanzarán según el costo calculado en el árbol.

## Routers de área y de borde

Como se mencionó anteriormente, el OSPF utiliza la inundación para intercambiar las actualizaciones de estado de los links entre los routers. Cualquier cambio de la información de ruteo se distribuye a todos los routers en la red. Las áreas se introducen para que pongan un límite en la explosión de actualizaciones de estado de link. La inundación y el cálculo del algoritmo Dijkstra en un router están limitados a los cambios dentro de un área. Todos los routers dentro de un área tienen la base de datos de estado de link exacta. Los routers que corresponden a varias áreas y conectan estas áreas al área de estructura básica se denominan routers de borde (ABR). Por lo tanto, los ABR deben mantener información que describa las áreas de estructura básica y las otras áreas asociadas.

Un área es específica de la interfaz. Un router que tiene todas sus interfaces dentro de la misma área se denomina router interno (IR). Un router que tiene interfaces en varias áreas se denomina router de borde de área (ABR). Los routers que actúan como puertas de enlace (redistribución) entre los protocolos OSPF y otros protocolos de ruteo (IGRP, EIGRP, IS-IS, RIP, BGP, estático) u otras instancias de proceso de ruteo OSPF, se denominan routers de margen de sistema autónomo (ASBR). Cualquier router puede ser un ABR o un ASBR.

## Paquetes de estado de link

Existen diferentes tipos de paquetes de estado de link, que son los que ve normalmente en las bases de datos OSPF (Apéndice A). Los diferentes tipos se ilustran en el siguiente diagrama:

Como se mencionó anteriormente, los links del router son una indicación del estado de las interfaces en un router que pertenece a un área determinada. Cada router generará un link de router para todas sus interfaces. Los links de resumen se generan mediante routers ABR; es así como la información de alcance de la red se disemina entre las áreas. Por lo general, toda la información se inserta en la estructura básica (área 0) y esta estructura la pasará a otras áreas. La ABR se ocupa también de propagar el alcance de ASBR. Así es como los routers saben la forma de llegar a rutas externas en otros AS.

Los links de redes son generados por un Router designado (DR) en un segmento (los DR serán tratados más adelante). Esta información es una muestra de todos los routers conectados a un segmento de acceso múltiple en particular como Ethernet, Token Ring y FDDI (también NBMA)

Los links externos indicar redes fuera de AS. Estas redes se inyectan en OSPF mediante la redistribución. El ASBR está a cargo de inyectar estas rutas en un sistema autónomo.

## Activación de OSPF en el router

La activación de OSPF en el router comprende los dos pasos siguientes en el modo de configuración:

Activación de un proceso OSPF utilizando el comando **router ospf <process-id>**.

Asignación de áreas a las interfaces mediante el comando **network <network or IP address> <mask> <area-id>**.

El ID del proceso OSPF es un valor numérico local en el router. No tiene que coincidir con las id del proceso en otros routers. Es posible ejecutar varios procesos OSPF en el mismo router, pero no se recomienda dado que crea múltiples instancias de base de datos que agregan una sobrecarga adicional al router.

El comando network es un modo de asignar una interfaz a determinada área. La máscara se utiliza como acceso directo y ayuda a colocar una lista de interfaces en la misma área con una línea de configuración. La máscara contiene bits comodines donde el 0 es una coincidencia y el 1 es un bit de "no preocuparse"; por ejemplo, 0.0.255.255 indica una coincidencia en los dos primeros bytes del número de la red.

El ID de área es el número de área en el que queremos que esté la interfaz. El id de área puede ser un número entero entre 0 y 4294967295 o puede tomar una forma similar a una dirección de IP A.B.C.D.

Aquí tiene un ejemplo:

```
RTA#  
interface Ethernet0  
ip address 192.213.11.1 255.255.255.0  
  
interface Ethernet1  
ip address 192.213.12.2 255.255.255.0  
  
interface Ethernet2  
ip address 128.213.1.1 255.255.255.0  
  
router ospf 100  
network 192.213.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0  
network 128.213.1.1 0.0.0.0 area 23
```

La primera sentencia de red coloca a E0 y E1 en la misma área 0.0.0.0, y la segunda sentencia de red coloca a E2 en el área 23. Observe la máscara 0.0.0.0, que indica una concordancia total en la dirección IP. Ésta es una forma sencilla de colocar una interfaz en una área determinada si tiene problemas para entender una máscara.

## [Autenticación OSPF](#)

Es posible autenticar los paquetes OSPF para que los routers puedan participar en los dominios de ruteo en función de contraseñas predefinidas. De forma predeterminada, un router utiliza un valor Null de autenticación, lo que significa que los intercambios de ruteo en una red no están autenticados. Existen otros dos métodos de autenticación: Autenticación de contraseña simple y autenticación del resumen del mensaje (MD-5).

### [Autenticación simple mediante contraseña](#)

La autenticación simple de contraseña permite que se configure una contraseña (clave) por área. Los routers de la misma área que desean participar en el dominio de ruteo deberán ser configurados con la misma clave. La desventaja de este método es que es vulnerable a los ataques pasivos. Cualquier persona que tenga un analizador de link podría obtener la contraseña desde el cable fácilmente. Para habilitar la autenticación de contraseña, utilice los siguientes comandos:

[Clave ip ospf authentication-key \(se encuentra en la interfaz específica\)](#)

[area area-id authentication \(se encuentra en "router ospf <process-id>"\)](#)

Aquí tiene un ejemplo:

```
interface Ethernet0  
ip address 10.10.10.10 255.255.255.0  
ip ospf authentication-key mypassword  
  
router ospf 10  
network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0  
area 0 authentication
```

## Autenticación del resumen de mensaje

La autenticación de Digest de mensaje es una autenticación criptográfica. Se configura una clave (contraseña) y un ID de clave en cada router. El router utiliza un algoritmo basado en el paquete OSPF, en la clave y en la identificación de clave para generar "un resumen de mensaje" que se agrega al paquete. A diferencia de la autenticación simple, la clave no se intercambia a través del cable. También se incluye un número de secuencia no decreciente en cada paquete OSPF para protegerlo contra los ataques de repetición.

Este método también permite transiciones ininterrumpidas entre las claves. Esto resulta útil para los administradores que desean cambiar la contraseña OSPF sin deteriorar la comunicación. Si se configura una interfaz con una clave nueva, el router enviará copias múltiples del mismo paquete, cada una autenticada por claves diferentes. El router dejará de enviar paquetes duplicados cuando detecte que todos sus vecinos han adoptado la nueva clave. A continuación figuran los comandos utilizados para la autenticación del resumen de mensaje:

[ip ospf message-digest-key keyid md5 key \(utilizado en la interfaz\)](#)

[area area-id authentication message-digest \(usado bajo "router ospf <process-id>"\)](#)

Aquí tiene un ejemplo:

```
interface Ethernet0
ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 10 md5 mypassword

router ospf 10
network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
area 0 authentication message-digest
```

## La estructura básica y área 0

OSPF tiene limitaciones especiales cuando se trata de áreas múltiples. Si se configura más de un área, una de ellas tiene que ser el área 0. A esto se le llama la estructura básica. Al diseñar las redes, se recomienda comenzar con el área 0 y luego expandirse hacia las otras áreas.

La estructura básica tiene que estar en el centro del resto de las áreas, es decir, todas las áreas tienen que estar conectadas físicamente a la estructura básica. El razonamiento que subyace es que OSPF espera que todas las áreas inserten información de ruteo en la estructura básica y que, en respuesta, ésta disemine la información a las otras áreas. El siguiente diagrama ilustra el flujo de información en una red OSPF:

En el diagrama anterior, todas las áreas están conectadas directamente a la estructura básica. En el caso de que se introduzca una nueva área que no pueda tener acceso físico directo a la estructura básica, se deberá configurar un link virtual. Los links virtuales serán analizados en la próxima sección. Observe los distintos tipos de información de ruteo. Las rutas que se generan desde el interior de un área (el destino pertenece al área) se llaman **rutas dentro del área**. Estas rutas se representan normalmente con la letra **O** en la tabla de IP Routing. Las rutas que se originan desde otras áreas se llaman **inter-áreas** o **rutas de resumen**. La anotación de estas reglas es **O IA** en la tabla de IP Routing. Las rutas que se originan desde otros protocolos de ruteo (o desde procesos OSPF diferentes) y que se inyectan en OSPF a través de la redistribución se llaman **rutas externas**. En la tabla de IP Routing, estas rutas están representadas



por **O E2** u **O E1**. El orden de prioridad en los casos en los que múltiples rutas tienen el mismo destino es el siguiente: intra-área, inter-área, externa E1, externa E2. Los tipos externos E1 y E2 se explicarán luego.

## links virtuales

Los links virtuales se utilizan para dos propósitos:

Conectar un área que no tiene una conexión física a la estructura básica.

Parchar la estructura básica en caso de que se produzca una discontinuidad del área 0.

## Áreas no conectadas físicamente al área 0

Como se mencionó anteriormente, el área 0 debe estar en el centro de todas las demás áreas. En algunos casos extraños, en que es imposible tener un área físicamente conectada con la estructura básica, se utiliza un link virtual. El link virtual proporcionará al área desconectada una trayectoria lógica a la estructura básica. El link virtual tiene que establecerse entre dos ABR que tengan una área común, con un ABR conectado a la estructura básica. Esto se ilustra en el siguiente ejemplo:

En este ejemplo, el área 1 no tiene una conexión física directa al área 0. Debe configurarse un link virtual entre RTA y RTB. El área 2 se utilizará como un área de tránsito y RTB es el punto de entrada en el área 0. De esta manera, RTA y el área 1 tendrán una conexión lógica a la estructura básica. [Para configurar un enlace virtual, utilice el subcomando OSPF del router area <id de área> virtual-link <RID> tanto en RTA como en RTB, donde la id de área es el área de tránsito.](#) En el diagrama anterior, ésta es el área 2. El RID es el ID del router. Generalmente, el ID del router OSPF es la dirección IP más alta del cuadro, o la dirección de loopback más alta, si existe una. La identificación del router solamente se calcula en tiempo de arranque o cada vez que se reinicia el proceso OSPF recomienza. [Para hallar la ID del router, use el comando show ip ospf interface.](#) Si se asume que 1.1.1.1 y 2.2.2.2 son los RID respectivos de RTA y RTB, la configuración de OSPF para ambos routers sería:

```
RTA#  
router ospf 10  
area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

```
RTB#  
router ospf 10  
area 2 virtual-link 1.1.1.1
```

## Partición de la estructura básica

OSPF permite el link de partes discontinuas de la estructura básica mediante un link virtual. En algunos casos, es necesario conectar distintas áreas 0. Esto puede ocurrir si, por ejemplo, una compañía intenta combinar dos redes OSPF independientes en una red con una área común 0. En otros casos, se agregan links virtuales para redundancia por si alguna falla del router divide la estructura básica en dos. Cualquiera sea la razón, un link virtual se puede configurar entre ABR separadas que entren en contacto con el área 0 desde cada lado y que tengan un área en común. Esto se ilustra en el siguiente ejemplo:

En el diagrama precedente, dos áreas 0 están conectadas entre sí a través de un link virtual. En el caso de que un área común no exista, se podría crear un área adicional; por ejemplo el área 3, para que funcione como área de tránsito.

Si un área diferente de la estructura básica se divide, la estructura básica se ocupará de la división sin utilizar ningún link virtual. Una de las partes del área con partición se dará a conocer a la otra parte a través de rutas inter-área en lugar de rutas intra-área.

## Vecinos

Los routers que comparten un segmento común se convierten en vecinos en ese segmento. Los vecinos son elegidos a través del protocolo de saludo. Los paquetes de saludo se envían periódicamente fuera de cada interfaz mediante IP Multicast (Apéndice B). Los routers se convierten en vecinos apenas se detectan dentro del paquete de saludo del vecino. De esta manera, se garantiza una comunicación bidireccional. La negociación entre vecinos se aplica sólo a la **dirección primaria**. Las direcciones secundarias se pueden configurar en una interfaz con la restricción de que deben pertenecer a la misma área que la dirección primaria.

Dos routers no se convertirán en vecinos a menos que coincidan en lo siguiente:

**Id. de área:** Dos routers que tienen un segmento común; sus interfaces deben pertenecer a la misma área en ese segmento. Claro que las interfaces deben pertenecer a la misma subred y deben tener una máscara similar.

**Autenticación:** OSPF permite la configuración de una contraseña para un área específica. Los routers que quieren convertirse en vecinos tienen que intercambiar la misma contraseña en un segmento determinado.

**Intervalo Hello e Intervalo Muerto:** OSPF intercambia paquetes de saludo en cada segmento. Esta es una forma de keepalive que los routers utilizan para reconocer su existencia en un segmento y para elegir un router designado (DR) en segmentos de acceso múltiple. El intervalo Hello especifica el periodo de tiempo, en segundos, entre los paquetes Hello que un router envía sobre una interfaz OSPF. El intervalo muerto es la cantidad de segundos durante los cuales los paquetes Hello de un router no han sido vistos, antes de que sus vecinos declaren desactivado al router OSPF.

El OSPF requiere que estos intervalos sean exactamente los mismos entre dos vecinos. Si cualquiera de estos intervalos es diferente, estos routers no se convertirán en vecinos en un segmento particular. Los comandos de interfaz del router empleados para configurar estos temporizadores son:

**Indicador de área Stub:** Para convertirse en vecinos, dos routers también deben coincidir en el indicador de área stub de los paquetes Hello. Las áreas stub se tratarán en una sección posterior. De momento, recuerde que la definición de las áreas stub afectará al proceso de elección de vecino.

## Adyacencias

Adyacencia es el paso siguiente luego del proceso de establecimiento de vecinos. Los routers

adyacentes son routers que van más allá de un simple intercambio de Saludo y actúan en el proceso de intercambio de base de datos. Para reducir la cantidad de intercambio de información en un segmento determinado, OSPF selecciona un router como Router designado (DR) y un router como Router designado de respaldo (BDR) en cada segmento de acceso múltiple. Se elige el BDR como mecanismo de respaldo en caso de que falle el DR. La idea detrás de esto es que los routers tienen un punto central de contacto para el intercambio de la información. En lugar de que cada router intercambie actualizaciones con cada router en el segmento, todos los routers intercambian información con el DR y el BDR. El DR y el BDR confían la información al resto. En términos matemáticos, esto cancela el intercambio de información de  $O(n*n)$  a  $O(n)$ , donde  $n$  es el número de routers en un segmento de acceso múltiple. El siguiente modelo de router ilustra DR y BDR:

En el diagrama anterior, todos los routers comparten un segmento de acceso múltiple común. Debido al intercambio de paquetes de saludo, se selecciona un router como DR y otro como BDR. Cada router en el segmento (que ya se haya convertido en vecino) tratará de establecer una adyacencia con el DR y BDR.

## Elección DR

La elección del DR y BDR se lleva a cabo a través del protocolo Hello. Los paquetes de saludo se intercambian a través de los paquetes de multidifusión IP (Apéndice B) en cada segmento. El router con la prioridad OSPF más alta en un segmento se convierte en el DR para dicho segmento. El mismo proceso se repite para BDR. En caso de empate ganará el router con el RID más alto. El valor predeterminado para la prioridad de interfaz OSPF es uno. Recuerde que los conceptos DR y BDR son para cada segmento de acceso múltiple. [La configuración de prioridad OSPF en una interfaz se realiza utilizando el comando de interfaz `ip ospf priority <value>`.](#)

Un valor 0 de prioridad señala una interfaz que no debe elegirse como DR o BDR. El estado de la interfaz con prioridad cero será **DROTHER**. El siguiente diagrama ilustra la elección DR:

En el diagrama que se encuentra arriba, RTA y RTB tienen la misma prioridad de interfaz pero RTB tiene un RID mayor. RTB sería DR en ese segmento. RTC tiene mayor prioridad que RTB. RTC es DR en ese segmento.

## Creación de adyacencias

El proceso de construcción de adyacencias tiene efecto después de que se han completado varias etapas. Los routers adyacentes tendrán la misma base de datos de estados de link. A continuación, se proporciona un breve resumen de los estados por los que pasa una interfaz antes de tornarse adyacente a otro router:

**Abajo:** No se ha recibido información de ningún componente del segmento.

**Intento:** En las nubes de acceso múltiple sin difusión como Frame Relay y X.25, este estado indica que no se ha recibido ninguna información reciente del vecino. Debería tratar de contactar al vecino enviando paquetes de Saludo en el intervalo de sondeo de velocidad reducida.

**Init:** La interfaz ha detectado un paquete de saludo proveniente de un vecino pero aún no se ha establecido la comunicación bidireccional.

**Bidireccional:** Hay comunicación bidireccional con un vecino. El router se ha visto a sí mismo en los paquetes de saludo provenientes de un vecino. Al final de esta etapa, se habría realizado la elección del DR y el BDR. Al final de la etapa de dos vías, los routers decidirán si proceden o no a construir una adyacencia. La decisión depende de si uno de los routers es un DR o un BDR o si el link es un link virtual o punto a punto.

**Exstart** Los routers tratan de establecer el número de secuencia inicial que se usará en los paquetes de intercambio de información. La secuencia numérica asegura que los routers siempre reciban la información más reciente. Un router se convertirá en primario y el otro en secundario. El router primario consultará la información del secundario.

**Intercambio:** Los routers describirán sus bases de datos completas de estado de links al enviar paquetes de descripción de bases de datos. En este estado, los paquetes se podrían distribuir en forma de inundaciones a otras interfaces del router.

**Cargando:** En este momento, los routers están terminando con el intercambio de información. Los routers han creado una lista de peticiones de estado de link y una lista de retransmisión de estado de link. Toda la información que parezca incompleta o desactualizada se colocará en la lista de peticiones. Cualquier actualización enviada se colocará en la lista de retransmisión hasta que sea reconocida.

**Total:** En este estado, la adyacencia se ha completado. Los routers vecinos son completamente adyacentes. Los routers adyacentes tendrán una base de datos de estado de link similar.

Veamos un ejemplo:

RTA, RTB, RTD y RTF tienen un segmento en común (E0) en el área 0.0.0.0. Se muestran las configuraciones de RTA y RTF. RTB y RTD deben tener una configuración similar a RTF y no se incluirán.

```
RTA#
hostname RTA

interface Loopback0
 ip address 203.250.13.41 255.255.255.0

interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

router ospf 10
 network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

```
RTF#
hostname RTF
```

```
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0
```

```
router ospf 10
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

Lo expuesto es un ejemplo simple que demuestra la utilidad de un par de comandos que resultan muy útiles en el debugging de redes OSPF.

### [show ip ospf interface <interfaz>](#)

Este comando es una verificación rápida para ver si todas las interfaces pertenecen a las áreas en las que deben estar. La secuencia en la que son listados los comandos de red OSPF es muy importante. En la configuración de RTA, si la sentencia "network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0" se colocó antes de la sentencia "network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1", todas las interfaces estarían en el área 0, lo que es incorrecto dado que el loopback se encuentra en el área 1. Veamos el resultado obtenido por el comando en RTA, RTF, RTB y RTD:

```
RTA#show ip ospf interface e0 Ethernet0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.14.1
255.255.255.0, Area 0.0.0.0 Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type BROADCAST,
Cost: 10 Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1 Designated Router (ID) 203.250.15.1,
Interface address 203.250.14.2 Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address
203.250.14.1 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in
0:00:02 Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3 Adjacent with neighbor 203.250.15.1
(Designated Router) Loopback0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.13.41
255.255.255.255, Area 1 Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type LOOPBACK, Cost: 1
Loopback interface is treated as a stub Host RTF#show ip ospf interface e0 Ethernet0 is up, line
protocol is up Internet Address 203.250.14.2 255.255.255.0, Area 0.0.0.0 Process ID 10, Router
ID 203.250.15.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10 Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2 Backup Designated router
(ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40
, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in 0:00:08 Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router) RTD#show ip ospf interface e0
Ethernet0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.14.4 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
Process ID 10, Router ID 192.208.10.174, Network Type BROADCAST, Cost: 10 Transmit Delay is 1
sec, State DROTHER, Priority 1 Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address
203.250.14.2 Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1 Timer
intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in 0:00:03 Neighbor
Count is 3, Adjacent neighbor count is 2 Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router) RTB#show ip ospf interface e0
Ethernet0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.14.3 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
Process ID 10, Router ID 203.250.12.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10 Transmit Delay is 1 sec,
State DROTHER, Priority 1 Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1 Timer intervals
configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in 0:00:03 Neighbor Count is 3,
Adjacent neighbor count is 2 Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router) Adjacent
with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

El resultado anterior muestra información muy importante. Consideremos el resultado de RTA. Ethernet0 se encuentra en el área 0.0.0.0. El ID de proceso es 10 (router OSPF 10) y el ID del router es 203.250.13.41. Recuerde que el RID es la dirección IP más alta del cuadro o la interfaz del loopback, calculada durante el arranque o al reiniciarse el proceso OSPF. El estado de la

interfaz es BDR. Dado que todos los routers tienen la misma prioridad OSPF en Ethernet 0 (el valor predeterminado es 1), la interfaz de RTF fue seleccionada como DR debido al RID más elevado. De la misma forma, RTA se seleccionó como BDR. El RTD y el RTB no son ni un DR ni BDR y su estado es DROTHER.

Tome en cuenta también el conteo de vecinos y el conteo adyacente. RTD tiene tres vecinos y es adyacente a dos de ellos, el DR y el BDR. RTF posee tres vecinos y está adyacente a todos ellos porque es el DR.

La información acerca del tipo de red es importante y determinará el estado de la interfaz. En redes de transmisión como Ethernet, la elección de DR y DBR debería ser irrelevante para el usuario final. No debería importar quiénes son DR o BDR. En otros casos, tales como medios NBMA como Frame Relay y X.25, esto es muy importante para que OSPF funcione correctamente. Afortunadamente, con la introducción de subinterfaces de punto a punto y punto a multipunto, la elección de DR ya no es un problema. OSPF en NBMA se tratará en la siguiente sección.

Otro comando que debemos tener en cuenta es:

### [show ip ospf neighbor](#)

Consideremos el resultado de RTD:

```
RTD#show ip ospf neighbor Neighbor ID Pri State Dead Time Address Interface
203.250.12.1 1
2WAY/DROTHER 0:00:37 203.250.14.3 Ethernet0 203.250.15.1 1 FULL/DR 0:00:36 203.250.14.2
Ethernet0 203.250.13.41 1 FULL/BDR 0:00:34 203.250.14.1 Ethernet0
```

El comando show ip ospf neighbor muestra el estado de todos los vecinos en un segmento particular. No se alarme si el "ID de vecino" no pertenece al segmento que está mirando. En nuestro caso 203.250.12.1 y 203.250.15.1 no están en Ethernet0. Esto es correcto ya que la "Identificación del vecino" es de hecho el RID que podría ser cualquier dirección IP del equipo. RTD y RTB son solo vecinos, motivo por el cual el estado es 2WAY/DROTHER. RTD es adyacente a RTA y RTF y el estado es FULL/DR y FULL/BDR.

### [Adyacencias en interfaces punto-a-punto](#)

OSPF siempre formará una adyacencia con el vecino del otro lado de una interfaz punto a punto tal como las líneas seriales punto a punto. No existe ningún concepto de DR o BDR. El estado de las interfaces seriales es punto a punto.

### [Adyacencias en redes de Acceso múltiple sin difusión \(NBMA\)](#)

Se debe tener especial cuidado al configurar OSPF sobre medios de acceso múltiple sin broadcast como Frame Relay, X.25, ATM. El protocolo considera estos medios como cualquier otro medio de broadcast como Ethernet. Las nubes de NBMA generalmente se incorporan a la topología eje de conexión y radio. Los PVC o SVC están interconectados parcialmente y la topología física no proporciona el acceso múltiple que el OSPF cree que existe. La selección del DR se convierte en un problema debido a que el DR y el BDR necesitan tener una conectividad física total con todos los routers existentes en la nube. Además, dada la ausencia de capacidades de transmisión, el DR y BDR necesitan tener una lista estática de todos los routers conectados a la nube. [Esto se logra mediante el comando neighbor ip-address \[priority number\] \[poll-interval seconds\], donde "ip-address" y "priority" son la dirección IP y la prioridad OSPF concedidas al](#)

[vecino](#). Un vecino con prioridad 0 se considera que no reúne las condiciones para la elección de DR. El “intervalo de sondeo” es el plazo que espera una interfaz NBMA antes de sondear (envío de un mensaje de saludo) un vecino aparentemente inactivo. El comando neighbor se aplica a routers con potencial de ser DR o BDR (la prioridad de la interfaz no es igual a 0). A continuación se muestra un diagrama de red donde la selección DR es muy importante:

En el diagrama anterior, es esencial para la nube que la interfaz de RTA se elija como DR. Esto se debe a que RTA es el único router que tiene conectividad total con otros routers. La elección del DR podría estar influenciada por la configuración de la prioridad ospf en las interfaces. Los routers que no necesitan convertirse en DR o BDR tendrán una prioridad 0; otros routers podrían tener una prioridad baja.

[El uso del comando neighbor no se trata en profundidad en este documento ya que está quedando obsoleto con la introducción de nuevos medios que permiten configurar el tipo de red de la interfaz según se desee, independientemente del medio físico subyacente.](#) Esto se explica en la siguiente sección.

## [Cómo evitar los routers designados \(DR\) y el comando neighbor en NBMA](#)

Pueden utilizarse los distintos métodos para evitar las complicaciones de configurar vecinos estáticos y tener routers específicos volviéndose DR o BDR en la nube sin difusión. La decisión sobre qué método usar varía si estamos iniciando una red desde cero o si corregimos un diseño ya existente.

### [Subinterfaces punto a punto](#)

Una subinterfaz es una manera lógica de definir una interfaz. Es posible dividir una misma interfaz física en varias interfaces lógicas y cada una de las subinterfaces, a su vez, definirla como punto a punto. Originalmente, esto se creó para gestionar mejor los problemas ocasionados por un split horizon entre NBMA y protocolos de ruteo basados en vectores.

Una subinterfaz punto a punto tiene las propiedades de cualquier interfaz punto a punto física. En lo que respecta a OSPF, una adyacencia siempre se forma sobre una subinterfaz punto a punto sin elección de DR ni BDR. A continuación se incluye una ilustración de subinterfaces punto a punto:

En el diagrama anterior, en RTA, Serial 0 se puede dividir en dos subinterfaces punto a punto, S0.1 y S0.2. De esta forma, OSPF considerará a la nube como un conjunto de links punto a punto y no como una red de acceso múltiple. El único inconveniente del punto a punto es que cada segmento pertenecerá a una subred diferente. Es posible que esto no sea aceptable, puesto que algunos administradores ya tienen asignada una subred IP para toda la nube.

Otra solución alternativa es utilizar las interfaces sin numerar de IP en la nube. Esto podría ser un problema también para algunos administradores que administran la WAN en base a direcciones IP de las líneas seriales. A continuación, se muestra la configuración típica para RTA y RTB:

RTA#

```
interface Serial 0
  no ip address
  encapsulation frame-relay
```

```
interface Serial0.1 point-to-point
 ip address 128.213.63.6 255.255.252.0
 frame-relay interface-dlci 20

interface Serial0.2 point-to-point
 ip address 128.213.64.6 255.255.252.0
 frame-relay interface-dlci 30

router ospf 10
 network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
```

RTB#

```
interface Serial 0
 no ip address
 encapsulation frame-relay

interface Serial0.1 point-to-point
 ip address 128.213.63.5 255.255.252.0
 frame-relay interface-dlci 40

interface Serial1
 ip address 123.212.1.1 255.255.255.0

router ospf 10
 network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
 network 123.212.0.0 0.0.255.255 area 0
```

## [Selección de tipos de red de interfaz](#)

El comando que se usa para configurar el tipo de red de una interfaz OSPF es:

```
ip ospf network {broadcast | non-broadcast | point-to-multipoint}
```

### **Interfaces punto a multipunto**

Una interfaz punto a multipunto OSPF se define como una interfaz punto a punto enumerada que tiene uno o más vecinos. Este concepto lleva el concepto de punto a punto previamente descrito a un nivel superior. Los administradores no deben preocuparse de tener subredes múltiples para cada link punto a punto. La nube está configurada como una subred. Esto debería funcionar bien para las personas que están migrando al concepto de punto a punto sin modificar el direccionamiento IP en la nube. Además, no tendrán que preocuparse sobre las DR y sentencias de vecinos. La conexión punto a multipunto OSPF funciona mediante el intercambio de actualizaciones adicionales de estado de link que contienen un número de elementos de información que describen la conectividad con los routers vecinos.

RTA#

```
interface Loopback0
 ip address 200.200.10.1 255.255.255.0

interface Serial0
 ip address 128.213.10.1 255.255.255.0
 encapsulation frame-relay
```



```
ip ospf network point-to-multipoint

router ospf 10
network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
```

RTB#

```
interface Serial0
ip address 128.213.10.2 255.255.255.0
encapsulation frame-relay
ip ospf network point-to-multipoint
```

```
interface Serial1
ip address 123.212.1.1 255.255.255.0
```

```
router ospf 10
network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
network 123.212.0.0 0.0.255.255 area 0
```

Tenga en cuenta que no se configuraron sentencias de mapa de frame relay estática; esto se debe a que el protocolo ARP inverso se hace cargo del mapping de direcciones de DLCI a IP. Observemos algunas de las salidas **show ip ospf interface** y **show ip ospf route**:

```
RTA#show ip ospf interface s0 Serial0 is up, line protocol is up Internet Address 128.213.10.1
255.255.255.0, Area 0 Process ID 10, Router ID 200.200.10.1, Network Type POINT_TO_MULTIPPOINT,
Cost: 64 Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPPOINT, Timer intervals configured, Hello
30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5 Hello due in 0:00:04 Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor
count is 2 Adjacent with neighbor 195.211.10.174 Adjacent with neighbor 128.213.63.130 RTA#show
ip ospf neighbor Neighbor ID Pri State Dead Time Address Interface 128.213.10.3 1 FULL/ -
0:01:35 128.213.10.3 Serial0 128.213.10.2 1 FULL/ - 0:01:44 128.213.10.2 Serial0 RTB#show ip
ospf interface s0 Serial0 is up, line protocol is up Internet Address 128.213.10.2
255.255.255.0, Area 0 Process ID 10, Router ID 128.213.10.2, Network Type POINT_TO_MULTIPPOINT,
Cost: 64 Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPPOINT, Timer intervals configured, Hello
30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5 Hello due in 0:00:14 Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor
count is 1 Adjacent with neighbor 200.200.10.1 RTB#show ip ospf neighbor Neighbor ID Pri State
Dead Time Address Interface 200.200.10.1 1 FULL/ - 0:01:52 128.213.10.1 Serial0
```

El único inconveniente de una conexión de punto a multipunto es que genera varias rutas Hosts (rutas con máscara 255.255.255.255) para todos los vecinos. Observe las rutas del host en la siguiente tabla de IP Routing para RTB:

```
RTB#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 200.200.10.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets O
200.200.10.1 [110/65] via 128.213.10.1, Serial0 128.213.0.0 is variably subnetted, 3 subnets, 2
masks O 128.213.10.3 255.255.255.255 [110/128] via 128.213.10.1, 00:00:00, Serial0 O
128.213.10.1 255.255.255.255 [110/64] via 128.213.10.1, 00:00:00, Serial0 C 128.213.10.0
255.255.255.0 is directly connected, Serial0 123.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets C
123.212.1.0 is directly connected, Serial1 RTC#show ip route 200.200.10.0 255.255.255.255 is
subnetted, 1 subnets O 200.200.10.1 [110/65] via 128.213.10.1, Serial1 128.213.0.0 is variably
subnetted, 4 subnets, 2 masks O 128.213.10.2 255.255.255.255 [110/128] via 128.213.10.1, Serial1
O 128.213.10.1 255.255.255.255 [110/64] via 128.213.10.1, Serial1 C 128.213.10.0 255.255.255.0
is directly connected, Serial1 123.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets O 123.212.1.0
[110/192] via 128.213.10.1, 00:14:29, Serial1
```

Observe que en la tabla de IP Routing del RTC, la red 123.212.1.0 puede alcanzarse a través del salto siguiente 128.213.10.1 y no a través de 128.213.10.2 como se ve normalmente en las nubes Frame Relay que comparten la misma subred. Ésta es una ventaja de la configuración punto a multipunto porque no necesita recurrir a la correlación estática en RTC para poder alcanzar el próximo salto 128.213.10.2.

## Interfaces de difusión

Este enfoque es un método alternativo para usar el comando "neighbor" que produce una lista de forma estática de todos los vecinos existentes. La interfaz se configurará en forma lógica para broadcast y se comportará como si el router estuviera conectado a una LAN. La elección de DR y BDR se seguirá realizando, por lo que se debe tener cuidado de asegurar una topología de interconexión completa o una selección estática del DR en base a la prioridad de la interfaz. El comando que configura la interfaz en modo de transmisión es:

```
ip ospf network broadcast
```

## Resumen de ruta y OSPF

El resumen es la consolidación de varias rutas en un único anuncio. Esto se realiza normalmente en los límites de los Routers de borde de área (ABR). Aunque puede configurarse el resumen entre dos áreas cualquiera, es mejor resumir en la dirección de la estructura básica. De esta manera el backbone recibe el total de direcciones y las inyecta a su vez, ya resumidas, en otras áreas. Hay dos tipos de resumen:

Resumen de rutas interzonales

Resumen de ruta externa

### Resumen de rutas interzonales

El resumen de las rutas interzonales se realiza en las ABR y se aplica a las rutas ubicadas dentro del AS. No se aplica a las rutas externas inyectadas dentro de OSPF vía redistribución. Para aprovecharse del summarization, los números de la red en áreas se deben asignar en una forma contigua para poder juntar estos direccionamientos en un rango. Para especificar un rango de direcciones, realice la siguiente tarea en el modo de configuración del router:

```
area area-id range address mask
```

Donde "area-id" es la zona donde se encuentran las redes a resumir. "address" y "mask" especificarán el rango de direcciones que se deben resumir en un rango. A continuación se presenta un ejemplo de resumen:

En el diagrama anterior, RTB está resumiendo el rango de subredes desde 128.213.64.0 hasta 128.213.95.0 a un solo rango: 128.213.64.0 255.255.224.0. Esto se logra mediante el enmascaramiento de los primeros tres bits del extremo izquierdo de 64 de una máscara de 255.255.224.0. De la misma manera, RTC está generando a la dirección de resumen 128.213.96.0 255.255.224.0 en el backbone. Observe que este resumen fue exitoso porque tenemos dos alcances distintos de subredes, 64-95 y 96-127.

Sería difícil resumir si las subredes entre el área 1 y el área 2 se superpusieran. El área de

backbone recibiría rangos de resumen que se superpondrían y los routers en el centro no sabrían dónde enviar el tráfico basado en la dirección de resumen.

A continuación se muestra la configuración relativa de RTB:

```
RTB#  
router ospf 100  
area 1 range 128.213.64.0 255.255.224.0
```

Antes de Cisco IOS® Software Release 12.1(6), se recomendaba configurar manualmente, en el ABR, una ruta estática de descarte para la dirección de resumen a fin de evitar posibles loops de ruteo. Para la ruta de resumen mostrada anteriormente, puede utilizar este comando:

```
ip route 128.213.64.0 255.255.224.0 null0
```

En la versión 12.1(6) y en las versiones superiores de IOS, la ruta de descarte se genera automáticamente de manera predeterminada. Si por algún motivo no desea utilizar esta ruta de descarte, puede configurar los siguientes comandos debajo de **router ospf**:

```
[no] discard-route internal  
O
```

```
[no] discard-route external
```

Nota sobre el cálculo de la métrica de la dirección de resumen: [RFC 1583](#) se requería para calcular la métrica de las rutas de resumen a partir de la métrica mínima de las trayectorias del componente disponibles.

[RFC 2178](#) (que se actualizó con [RFC 2328](#)) cambió el método especificado para calcular la métrica de las rutas de resumen, de modo que el componente del resumen con el costo máximo (o mayor) determinara el costo del resumen.

Antes de IOS 12.0, Cisco estaba en conformidad con el por entonces actual [RFC 1583](#). A partir de IOS 12.0, Cisco cambió el comportamiento de OSPF para estar en conformidad con el nuevo estándar, [RFC 2328](#). [Esta situación creó la posibilidad del ruteo por debajo del nivel óptimo si todos los ABR de un área no se actualizaron al nuevo código al mismo tiempo. A fin de tratar este problema posible, se agregó un comando a la configuración OSPF de Cisco IOS que le permite desactivar de manera selectiva la compatibilidad con RFC 2328. El nuevo comando de configuración está en router ospf y posee la siguiente sintaxis:](#)

```
[no] compatible rfc1583
```

[La configuración predeterminada es compatible con RFC 1583. Este comando está disponible en las siguientes versiones de IOS:](#)

12.1(03)DC

12.1(03)DB

Línea principal 12.001(001.003) - 12.1

12.1(01.03)T - 12.1 Tren T

Línea principal 12.000(010.004) - 12.0

12.1(01.03)E - 12.1 Tren E

12.1(01.03)EC

12.0(10.05)W05(18.00.10)

12.0(10.05)SC

## Resumen de ruta externa

El resumen de ruta externa es específico para las rutas externas que se introducen en OSPF mediante la redistribución. Además, asegúrese de que los rangos externos que se condensan sean contiguos. Los rangos superpuestos de resumen de dos routers diferentes podrían hacer que los paquetes se envíen al destino incorrecto. [El resumen se realiza mediante el siguiente subcomando router ospf:](#)

`summary-address ip-address mask`

Este comando sólo tiene eficacia en ASBR que realizan redistribución en OSPF.

En el diagrama anterior, RTA y RTD incorporan rutas externas en OSPF mediante la redistribución. RTA está inyectando subredes en el rango 128.213.64-95 y RTD está inyectando subredes en el rango 128.213.96-127. Para resumir las subredes en un rango en cada router, podemos hacer lo siguiente:

RTA#

```
router ospf 100
summary-address 128.213.64.0 255.255.224.0
redistribute bgp 50 metric 1000 subnets
```

RTD#

```
router ospf 100
summary-address 128.213.96.0 255.255.224.0
redistribute bgp 20 metric 1000 subnets
```

Esto hará que RTA genere una ruta externa 128.213.64.0 255.255.224.0 y hará que RTD genere 128.213.96.0 255.255.224.0.

Nótese que el **comando summary-address** no tiene efecto si se utiliza en RTB dado que RTB no está efectuando la redistribución en OSPF.

## Zona fragmentada

OSPF permite que ciertas áreas sean configuradas como áreas stub. No se permite que las redes externas, como aquellas redistribuidas desde otros protocolos a OSPF, inunden el área stub. El ruteo desde estas áreas al mundo exterior se basa en una ruta predeterminada. La configuración del área fragmentada reduce el tamaño de la base de datos topológica dentro de un área, y los requisitos de memoria de los routers que se encuentran en esa área.

Un área puede calificarse como stub cuando hay un único punto de salida desde ese área o si el ruteo hacia afuera del área no tiene que tomar un trayecto óptimo. La última descripción es sólo una indicación de que un área stub que posee múltiples puntos de salida tendrá uno o más routers de área marginal inyectando un valor predeterminado dentro del área. El ruteo al mundo exterior puede tomar un trayecto subóptimo para alcanzar el destino al salir del área a través de un punto de salida que está más lejos del destino que otros puntos de salida.

Otras restricciones del área stub es que no se puede usar como un área de tránsito para los links virtuales. Además, un ASBR no puede ser interno a un área stub. Se realizan estas restricciones porque un área fragmentada está configurada principalmente para no transportar rutas externas y cualquiera de las situaciones anteriores hace que links externos sean inyectados a dicha área. El backbone, por supuesto, no puede configurarse como un área stub.

Todos los routers OSPF dentro de un área stub deben configurarse como routers stub. Esto es así porque cuando se configura un área como stub, todas las interfaces que pertenecen a esa área comienzan a intercambiar paquetes de saludo con un indicador que señala que la interfaz es stub. En realidad, esto es solo un bit en el paquete Hello (bit E) que se fija en 0. Todos los routers que tienen un segmento común deben coincidir en dicho indicador. Si no coinciden, no se convertirán en vecinos y el ruteo no tendrá efecto.

Se denomina "zonas totalmente stub" a una extensión hacia las zonas stub. Cisco indica esto al agregar una palabra clave "no-summary" a la configuración del área Stub. Un área totalmente congestionada es aquella que bloquea el paso de las rutas externas y las rutas de resumen (rutas intra-área) al área. De esta manera, las rutas dentro del área y el valor predeterminado de 0.0.0.0 son las únicas rutas inyectadas en esa área.

El comando que configura un área como stub es:

```
area <area-id> stub [no-summary]
```

y el comando que configura un costo predeterminado en un área es:

```
area area-id default-cost cost
```

Si el costo no se establece utilizando el comando anterior, ABR anunciará un costo de 1.

Suponga que el área 2 debe ser configurada como un área stub. El siguiente ejemplo mostrará la tabla de ruteo de RTE antes y después de la configuración del área 2 como stub.

```
RTC#  
  
interface Ethernet 0  
 ip address 203.250.14.1 255.255.255.0  
  
interface Serial1  
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252  
  
router ospf 10  
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2  
 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0  
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -  
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF  
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate  
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C
```

203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:06:31, Serial0 128.213.0.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks O E2 128.213.64.0 255.255.192.0 [110/10] via 203.250.15.1, 00:00:29, Serial0 O IA 128.213.63.0 255.255.255.252 [110/84] via 203.250.15.1, 00:03:57, Serial0 131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:10, Serial0

RTE ha aprendido las rutas interzonales (O IA) 203.250.14.0 y 128.213.63.0 y ha aprendido la ruta intrazonal (O) 131.108.79.208 y la ruta externa (O E2) 128.213.64.0.

Si configuramos el área 2 como stub, es necesario hacer lo siguiente:

RTC#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
  area 2 stub
```

RTE#

```
interface Serial1
  ip address 203.250.15.2 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  area 2 stub
```

Tome en cuenta que el comando stub también se configura en RTE, sino RTE jamás se convertirá en un vecino de RTC. El costo predeterminado no fue configurado, entonces el RTC anuncia 0.0.0.0 al RTE con una medida de 1.

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is 203.250.15.1 to network 0.0.0.0 203.250.15.0 255.255.255.252
is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74]
via 203.250.15.1, 00:26:58, Serial0 128.213.0.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets O IA
128.213.63.0 [110/84] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0 131.108.0.0 255.255.255.240 is
subnetted, 1 subnets O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0 O*IA 0.0.0.0
0.0.0.0 [110/65] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
```

Observe que aparecen todas las rutas, a excepción de las rutas externas que fueron reemplazadas por una ruta predeterminada de 0.0.0.0. El costo de la ruta resultó ser 65 (64 para una línea T1 + 1 anunciada por RTC).

Ahora configuraremos el área 2 para que sea totalmente fragmentada y cambiaremos el costo predeterminado de 0.0.0.0 a 10.

RTC#

```

interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
  area 2 stub no-summary
  area 2 default cost 10

```

```

RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial0 131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:31:27, Serial0 O*IA 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/74] via
203.250.15.1, 00:00:00, Serial0

```

Tenga en cuenta que las únicas rutas que se muestran son las rutas dentro del área (O) y la ruta predeterminada 0.0.0.0. Las rutas externas e interzonales se han bloqueado. El costo de la ruta predeterminada es ahora de 74 (64 para una línea T1 + 10 anunciada por RTC). En este caso no se necesita configuración el RTE. El área ya es stub, y el **comando no-summary** no afecta al paquete Hello para nada, ya que el comando stub lo hace.

## Redistribución de rutas en OSPF

La redistribución de rutas en OSPF desde otros protocolos de ruteo o desde estática hará que estos routers se conviertan en routers externos de OSPF. Para redistribuir las rutas en OSPF, use el siguiente comando en el modo de configuración del router:

```

redistribute protocol [process-id] [metric value] [metric-type value] [route-map map-tag]
[subnets]

```

**Nota:** El comando anterior debe estar en una línea

El ID del proceso y el protocolo son el protocolo que estamos inyectando en OSPF y su ID del proceso, si existe. La métrica es el costo que le asignamos a la ruta externa. Si no se especifica una métrica, OSPF coloca un valor predeterminado de 20 al redistribuir las rutas de todos los protocolos con excepción de las rutas BGP, que reciben una métrica de 1. El tipo de métrica se trata en el siguiente párrafo.

El método route-map se utiliza para controlar la redistribución de las rutas entre los dominios de ruteo. El formato de un mapa de ruta es el siguiente:

```

route-map map-tag [[permit | deny] | [sequence-number]]

```

Al redistribuir rutas en OSPF, si no se ha especificado la **palabra clave subnets**, solo se redistribuyen las rutas que no están constituidas en subredes.

## Rutas externas E1 vs. E2

Las rutas externas se incluyen en dos categorías, tipo externo 1 y tipo externo 2. La diferencia entre ellas es la forma en que se calcula el costo (métrica) de la ruta. El costo de una ruta tipo 2 es siempre el costo externo sin importar el costo interno para alcanzar esa ruta. Un costo tipo 1 es la suma del costo externo y del costo interno que se utilizó para alcanzar esa ruta. Una ruta tipo 1 siempre es preferible sobre una ruta tipo 2 para el mismo destino. Esto se ilustra en el siguiente diagrama:

Como indica el diagrama anterior, RTA está volviendo a distribuir dos rutas externas en OSPF. N1 y N2 tienen un costo externo de  $x$ . La única diferencia es que N1 se redistribuye en OSPF con un tipo de métrica 1 y N2 se redistribuye con un tipo de métrica 2. Si seguimos las rutas desde el Área 1 al Área 0, el costo para alcanzar N2 visto desde RTB o RTC siempre será  $x$ . El costo interno a lo largo del camino no se considera. Por otro lado, el costo de alcanzar N1 es incrementado por el costo interno. El costo es  $x+y$  como se puede observar de RTB y  $x+y+z$  como se observa de RTC.

Si las rutas externas son ambas de tipo 2 y los costos externos a la red de destino son iguales, entonces se selecciona como mejor trayecto el que presenta un menor costo hacia el ASBR.

A menos que se indique lo contrario, el tipo externo predeterminado que se especifica para las rutas externas es el tipo 2.

Suponga que agregamos dos rutas estáticas dirigidas a E0 en el RTC. 16.16.16.0 255.255.255.0 (la notación /24 indica un máscara de 24 bits que comienza desde el extremo izquierdo) y 128.213.0.0 255.255.0.0. A continuación se muestran los distintos comportamientos cuando se utilizan diferentes parámetros en el **comando de redistribución** en RTC.

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 redistribute static network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area
0 ip route 16.16.16.0 255.255.255.0 Ethernet0 ip route 128.213.0.0 255.255.0.0 Ethernet0 RTE#
interface Serial0 ip address 203.250.15.2 255.255.255.252 router ospf 10 network 203.250.15.0
0.0.0.255 area 2
```

El siguiente es el resultado del comando **show ip route** en RTE:

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1,
00:02:31, Serial0 O E2 128.213.0.0 [110/20] via 203.250.15.1, 00:02:32, Serial0
```

Tenga en cuenta que la única ruta externa que ha aparecido es 128.213.0.0, ya que no utilizamos la **palabra clave subnet**. Recuerde que si no se utiliza la palabra clave **subnet**, solo se redistribuirán las rutas que no estén constituidas en subredes. En nuestro caso 16.16.16.0 es un router clase A que está conectado en subredes y no se redistribuye. Debido a que no se utilizó la **palabra clave metric** (o una **sentencia default-metric** bajo el router OSPF), el costo asignado a la ruta externa es 20 (el predeterminado es 1 para BGP). Si utilizamos lo siguiente:



```
redistribute static metric 50 subnets RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 16.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets O E2 16.16.16.0 [110/50] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0 O E2 128.213.0.0 [110/50] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0
```

Observe que ahora apareció 16.16.16.0 y el costo de las rutas externas es 50. Puesto que las rutas externas son del tipo 2 (E2), el costo interno no se ha agregado. Ahora, suponga que cambiamos el tipo a E1:

```
redistribute static metric 50 metric-type 1 subnets RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 16.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets O E1 16.16.16.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:04:20, Serial0 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:09:41, Serial0 O E1 128.213.0.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:04:21, Serial0
```

Tenga en cuenta que el tipo fue cambiado a E1 y el costo ha sido incrementado por el costo interno de S0 que es 64, el costo total es  $64+50=114$ .

Suponga que agregamos un mapa de ruta a la configuración de RTC; obtendremos lo siguiente:

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 redistribute static metric 50 metric-type 1 subnets route-map STOPUPDATE network 203.250.15.0
0.0.0.255 area 2 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0 ip route 16.16.16.0 255.255.255.0
Ethernet0 ip route 128.213.0.0 255.255.0.0 Ethernet0 access-list 1 permit 128.213.0.0
0.0.255.255 route-map STOPUPDATE permit 10 match ip address 1
```

El mapa de ruta anterior solamente permitirá que 128.213.0.0 sea redistribuido en OSPF y negará todo lo demás. Ésta es la razón por la cual 16.16.16.0 ya no aparece en la tabla de ruteo de RTE.

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:04, Serial0 O E1 128.213.0.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:00:05, Serial0
```

## [Redistribución de OSPF en otros protocolos](#)

## Uso de una métrica válida

Siempre que se redistribuye OSPF en otros protocolos, deben respetarse las reglas de esos protocolos. En particular, la métrica aplicada debe coincidir con la métrica que utiliza ese protocolo. Por ejemplo, la métrica RIP es un conteo de saltos que va de 1 a 16, donde 1 indica que la red se encuentra a un salto de distancia y 16 que la red se encuentra fuera de alcance. Por otro lado, IGRP y EIGRP requieren una métrica de la forma:

```
default-metric bandwidth delay reliability loading mtu
```

## VLSM

Otro problema a considerar es VLSM (Guía de subred de longitud variable) (Apéndice C). El OSPF puede llevar información de subred múltiple para la misma red principal, pero otros protocolos como RIP y IGRP (EIGRP es compatible con VLSM) no pueden. Si la misma red principal atraviesa las fronteras de un dominio RIP y OSPF, se perderá la información VLSM redistribuida al RIP o al IGRP y habrá que configurar las rutas estáticas en los dominios RIP o IGRP. El siguiente ejemplo ilustra este problema:

En el diagrama anterior, RTE ejecuta OSPF y RTA ejecuta RIP. RTC está realizando la redistribución entre los dos protocolos. El problema es que la red 203.250.15.0 de clase C está dividida en subredes de diferentes maneras y tiene dos máscaras distintas: 255.255.255.252 y 255.255.255.192. Veamos la configuración y las tablas de ruteo de RTE y RTA.

```
RTA#  
interface Ethernet0  
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192  
router rip  
 network 203.250.15.0
```

```
RTC#  
interface Ethernet0  
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192  
  
interface Serial1  
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252  
router ospf 10  
 redistribute rip metric 10 subnets  
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0  
router rip  
 redistribute ospf 10 metric 2  
 network 203.250.15.0
```

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -  
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF  
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate  
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C 203.250.15.0 255.255.255.252 is directly connected, Serial0 O 203.250.15.64 255.255.255.192  
[110/74] via 203.250.15.1, 00:15:55, Serial0 RTA#show ip route Codes: C - connected, S - static,  
I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter  
area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-  
1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0  
255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
```

Tenga en cuenta que RTE reconoció que 203.250.15.0 tiene dos subredes, mientras que RTA piensa que tiene sólo una (la que se configuró en la interfaz). La información acerca de la subred 203.250.15.0 255.255.255.252 se perdió en el dominio RIP. Para alcanzar esa subred, es preciso configurar una ruta estática en RTA:

```
RTA#  
interface Ethernet0  
ip address 203.250.15.68 255.255.255.192  
router rip  
network 203.250.15.0  
  
ip route 203.250.15.0 255.255.255.0 203.250.15.67
```

De esta manera, el RTA será capaz de alcanzar a las otras subredes.

## Redistribución recíproca

La redistribución mutua entre protocolos debe ser realizada muy cuidadosamente y de una manera controlada. Una configuración incorrecta podría ocasionar un posible loop de la información de ruteo. Una regla práctica para la redistribución mutua es no permitir que la información obtenida de un protocolo se inyecte en el mismo protocolo. Las interfaces pasivas y las listas de distribución deberían utilizarse en los routers de redistribución. El filtrado de información con protocolos de estado de link como OSPF es un tema complicado. **Distribute-list out** funciona en el ASBR para filtrar rutas redistribuidas hacia otros protocolos. **Distribute-list in** funciona en cualquier router para evitar que estos sean puestos en la tabla de ruteo pero no evita que se propaguen los paquetes de estado de link, los routers descendentes aún conservan las rutas. Es mejor evitar el filtro de OSPF en lo posible si los filtros pueden aplicarse a los demás protocolos a fin de prevenir loops.

Para ejemplificar esto, suponga que RTA, RTC y RTE están ejecutando RIP. RTC y RTA también ejecutan OSPF. Tanto RTC como RTA están realizando la redistribución entre RIP y OSPF. Supongamos que usted no desea que el RIP que viene de RTE se inserte en el dominio OSPF, por lo que coloca una interfaz pasiva para RIP en E0 de RTC. Sin embargo, ha permitido que el RIP que proviene de RTA se introduzca en OSPF. Aquí está el resultado:

**Nota:** No utilice la siguiente configuración.

```
RTE#  
interface Ethernet0  
ip address 203.250.15.130 255.255.255.192  
  
interface Serial0  
ip address 203.250.15.2 255.255.255.192  
  
router rip  
network 203.250.15.0
```

```
RTC#  
interface Ethernet0  
ip address 203.250.15.67 255.255.255.192  
  
interface Serial1  
ip address 203.250.15.1 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 passive-interface Ethernet0
 network 203.250.15.0
```

```
RTA#
 interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
router rip
 redistribute ospf 10 metric 1
 network 203.250.15.0
```

```
RTC#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 R
203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.68, 00:01:08, Ethernet0 [120/1] via 203.250.15.2,
00:00:11, Serial1 O 203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 00:21:41, Ethernet0
```

Observe que RTC tiene dos trayectos para alcanzar la subred 203.250.15.128: Serial 1 y Ethernet 0 (E0 obviamente es la trayectoria incorrecta). Esto ocurrió porque RTC otorgó esa entrada a RTA a través de OSPF y RAT la devolvió a través de RIP dado que RTA no la reconoció a través de RIP. Este ejemplo es una escala muy pequeña de loops que pueden originarse como resultado de una configuración incorrecta. Esta situación se agrava aún más en redes grandes.

Para solucionar el problema en nuestro ejemplo, podría detener el envío de RIP a la Ethernet 0 de RTA a través de una interfaz pasiva. Esto podría no ser apropiado si algunos routers en la Ethernet son routers de RIP solamente. En este caso, podría permitir que RTC envíe RIP en la Ethernet; de este modo, RTA no lo enviará de vuelta en el cable debido a split horizon (es posible que esto no funcione en los medios NBMA si está desactivado split horizon). El horizonte dividido no permite el envío de actualizaciones de regreso a través de la misma interfaz por la que fueron aprendidas (a través del mismo protocolo). Otro método útil es aplicar listas de distribución a RTA para evitar que vuelvan a incluirse las subredes aprendidas a través de OSPF en el RIP en Ethernet. Este último es el que utilizaremos:

```
RTA#
 interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
router rip
 redistribute ospf 10 metric 1
 network 203.250.15.0
 distribute-list 1 out ospf 10
```

El resultado de la tabla de ruteo de RTC sería el siguiente:

```
RTF#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 R
203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:19, Serial1 O 203.250.15.192 [110/20] via
203.250.15.68, 00:21:41, Ethernet0
```

## Inserción de valores predeterminados en OSPF

Un router del límite del sistema autónomo (ASBR) puede ser forzado a generar una ruta predeterminada en el dominio OSPF. Como se ha explicado anteriormente, un router se convierte en un ASBR siempre que las rutas son redistribuidas en un dominio OSPF. Sin embargo, el ASBR no genera, en forma predeterminada, una ruta predeterminada dentro del dominio de ruteo OSPF.

Para que OSPF genere una ruta predeterminada, utilice lo siguiente:

```
default-information originate [always] [metric metric-value] [metric-type type-value] [route-map
map-name]
```

**Nota:** El comando anterior debe estar en una línea

Existen dos maneras para generar un valor predeterminado. La primera es anunciar 0.0.0.0 dentro del dominio pero sólo si ASBR ya tiene una ruta predeterminada. La segunda es anunciar 0.0.0.0 independientemente de si ASBR tiene una ruta predeterminada. El último se puede configurar agregando la palabra clave **always**. Debe tener cuidado al utilizar la palabra clave **always**. Si el router anuncia un valor predeterminado (0.0.0.0) dentro del dominio y no tiene un valor predeterminado propio o una trayectoria para alcanzar los destinos, se interrumpirá el ruteo.

La métrica y el tipo de métrica son el costo y el tipo (E1 o E2) asignados a la ruta predeterminada. La correspondencia de la ruta especifica el conjunto de condiciones que deben ser cumplidas para que se genere el valor predeterminado.

Suponga que RTE está inyectando una ruta predeterminada 0.0.0.0 en RIP. RTC tendrá un gateway de último recurso de 203.250.15.2. RTC no propagará el valor predeterminado a RTA hasta que configuremos RTC con un **comando default-information originate**.

```
RTC#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is 203.250.15.2 to network 0.0.0.0 203.250.15.0 255.255.255.192
is subnetted, 4 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is
directly connected, Ethernet0 R 203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:17, Serial1 O
```

```
203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 2d23, Ethernet0 R* 0.0.0.0 0.0.0.0 [120/1] via
203.250.15.2, 00:00:17, Serial1 [120/1] via 203.250.15.68, 00:00:32, Ethernet0 RTC# interface
Ethernet0 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192 interface Serial1 ip address 203.250.15.1
255.255.255.192 router ospf 10 redistribute rip metric 10 subnets network 203.250.15.0 0.0.0.255
area 0 default-information originate metric 10 router rip redistribute ospf 10 metric 2 passive-
interface Ethernet0 network 203.250.15.0 RTA#show ip route Codes: C - connected, S - static, I -
IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-
1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is 203.250.15.67 to network
0.0.0.0 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets O 203.250.15.0 [110/74] via
203.250.15.67, 2d23, Ethernet0 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 O E2
203.250.15.128 [110/10] via 203.250.15.67, 2d23, Ethernet0 C 203.250.15.192 is directly
connected, Ethernet1 O*E2 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:17, Ethernet0
```

Observe que RTA reconoció a 0.0.0.0 como una ruta externa con una métrica de 10. La configuración del gateway del último recurso es 203.250.15.67, según estaba previsto.

## Sugerencias para el diseño de OSPF

El OSPF RFC (1583) no especificaba las pautas para el número de routers en un área ni el número de vecinos por segmento ni la mejor forma de definir la arquitectura de la red. Distinta gente tiene distintos enfoques para las redes OSPF de diseño. Lo importante es que cualquier protocolo puede fallar bajo presión. La idea no es desafiar al protocolo sino más bien trabajar con él para obtener su mejor funcionamiento. A continuación se enumera una lista de factores que se deben tener en cuenta.

### Número de routers por área

El número máximo de routers por área depende de varios factores, incluidos los siguientes:

¿Qué clase de área tiene?

¿Qué tipo de potencia de CPU tiene en dicha área?

¿Qué clase de medios?

¿Estará ejecutando OSPF en modo NBMA?

¿Está mallada la red NBMA?

¿Tiene muchas LSA externas en la red?

¿Están otras áreas bien resumidas?

Por esta razón, es difícil especificar una cantidad máxima de routers por área. Para obtener ayuda con el diseño de red específico consulte con su ingeniero de ventas o ingeniero de sistemas local.

## Cantidad de vecinos

El número de routers conectados a la misma LAN también es importante. Cada LAN tiene un DR y un BDR que crean adyacencias con todos los demás routers. Mientras menos vecinos existan en la LAN, menor será el número de adyacencias que tenga que crear un DR o BDR. Esto depende de cuánta energía tiene el router. Siempre podría cambiar la prioridad OSPF para seleccionar su DR. También si es posible, intente evitar que el mismo router sea el DR en más de un segmento. Si la selección de DR se basa en el RID más alto, un router podría convertirse accidentalmente en un DR en todos los segmentos a los que está conectado. Este router estaría realizando un esfuerzo extra mientras otros están inactivos.

## Cantidad de áreas por ABR

Los ABR guardarán una copia de la base de datos de todas las áreas que administran. Si un router está conectado a cinco áreas de ejemplo, tendrá que mantener una lista con cinco bases de datos diferentes. La cantidad de áreas por ABR es un número que depende de muchos factores, incluido el tipo de área (normal, stub, NSSA), la energía del CPU de ABR, el número de rutas por área y el número de rutas externas por área. Por este motivo, no se recomienda un número específico de áreas por ABR. Por supuesto, es mejor no sobrecargar un ABR siempre que se puedan diseminar las áreas por otros routers. El siguiente diagrama muestra la diferencia en un ABR con cinco bases de datos diferentes (incluida el área 0) y dos ABR con bases de datos cada uno. Nuevamente, éstas son simplemente pautas, mientras más áreas configure por ABR, menor será el desempeño que obtendrá. En algunos casos, se puede tolerar un menor rendimiento.

## Malla completa vs. Malla parcial

Las nubes de Acceso múltiple sin difusión (NBMA), como por ejemplo Frame Relay o X.25, siempre son un desafío. La combinación del ancho de banda bajo con muchos estados de links es una fórmula para problemas. Se ha demostrado que una topología de interconexión parcial se comporta mucho mejor que una interconexión total. Una red de punto a punto o de punto a multipunto realizada con atención funciona mucho mejor que las redes multipunto que tienen que lidiar con problemas de DR

## Problemas de memoria

No es fácil calcular la memoria que se necesita para una configuración OSPF determinada. Los problemas con la memoria generalmente aparecen cuando se introducen demasiadas rutas externas en el dominio OSPF. Un área de estructura básica con 40 routers y una ruta predeterminada al mundo exterior tendría menos problemas de memoria comparada con un área de estructura básica de 4 routers y 33.000 rutas externas insertadas en OSPF.

La memoria también puede conservarse utilizando un buen diseño OSPF. El resumen en los routers de borde de área y el uso de áreas stub podrían minimizar aún más el número de rutas intercambiadas.

[La memoria total utilizada por OSPF es la suma de la memoria usada en la tabla de ruteo \(show ip route summary\) y la usada en la base de datos de estado de los links.](#) Los siguientes números son una estimación de la regla práctica. Cada entrada en la tabla de ruteo consumirá aproximadamente entre 200 y 280 bytes, más 44 bytes por cada trayecto adicional. Cada LSA una sobrecarga de 100 bytes más el tamaño del anuncio de estado de link real, posiblemente otros 60 a 100 bytes (para los links de router, esto depende del número de interfaces en el router). Esto debería ser agregado a la memoria utilizada por otros procesos y por el mismo IOS.

Si realmente quiere saber el número exacto, puede ejecutar **show memory** con OSPF encendido o apagado. La diferencia en la memoria del procesador utilizada sería la respuesta (conservar una copia de seguridad de las configuraciones).

Por lo general, las necesidades de memoria de una tabla de ruteo con menos de 500K bytes se podrían acomodar con de 2 a 4 MB de RAM; Las grandes redes de más de 500K quizás necesiten entre 8 y 16 MB, o entre 32 y 64 MB si las rutas completas son inyectadas desde Internet.

## Resumen

El protocolo OSPF definido en RFC 1583 proporciona un protocolo abierto de alta funcionalidad que permite que redes de proveedores múltiples se comuniquen mediante la familia de protocolos TCP/IP. Algunas de las ventajas de OSPF son: convergencia rápida, VLSM, autenticación, segmentación jerárquica, resumen de ruta y agregación que son necesarias para gestionar redes complicadas y de gran tamaño.

## Apéndice A: Sincronización de la base de datos de estados de link

En el diagrama anterior, los routers en el mismo segmento pasan a través de una serie de estados antes de formar una adyacencia exitosa. La elección de vecino y DR se lleva a cabo a través del protocolo de saludo. Cuando un router se vea a sí mismo en el paquete hello de su vecino, el estado hace una transición a bidireccional. En ese momento, la elección de DR y BDR se desarrolla en segmentos de acceso múltiple. Un router continúa formando una adyacencia con un vecino si alguno de los dos routers es un DR o BDR o están conectados a través de un link punto a punto o virtual.

En el estado **Exstart**, los dos vecinos establecen una relación maestro/esclavo en la que coinciden en un número de secuencia inicial. El número de secuencia se utiliza para detectar Anuncios de estado de link (LSA) antiguos o duplicados.

En el estado de **intercambio**, se intercambiarán Paquetes de descripción de bases de datos (DD). Éstos son anuncios de estado de link abreviados en forma de encabezado de estado de link. El encabezado provee información suficiente para identificar un link. El nodo maestro envía los paquetes DD que se reconocen con los paquetes DD del nodo esclavo. Todas las adyacencias en estado de intercambio o superior son utilizadas por el procedimiento de inundación. Estas adyacencias son totalmente capaces de transmitir y recibir todos los tipos de paquetes del protocolo de ruteo de OSPF.

En el **estado de carga**, los paquetes de pedido del estado del link se envían a los vecinos con objeto de solicitar avisos más recientes que hayan sido descubiertos pero que aún no se hayan recibido. Cada router crea una lista de LSA requeridos para actualizar su adyacencia. Se mantiene una **Lista de retransmisión** para asegurarse de que cada LSA es reconocido. Para especificar el número de segundos entre las retransmisiones de anuncios de estado de link para la adyacencia puede utilizar:

`ip ospf retransmit-interval seconds`

Se envían paquetes de actualización de estado de link en respuesta a los paquetes de petición. Los paquetes de actualización de estado de link se inundarán en todas las adyacencias.



En el estado **Full**, los routers vecinos son totalmente adyacentes. Las bases de datos para un área común son tienen concordancia exacta entre routers adyacentes.

Cada LSA posee un **campo de edad** que se incrementa periódicamente mientras permanece en la base de datos o a medida que se inunda en el área. Cuando un LSA alcanza una **Maxage** (Antigüedad máxima) se purga de la base de datos si ese LSA no figura en ninguna lista de retransmisión de vecinos.

### Avisos sobre el estado de los links

Los anuncios de estado de link se dividen en cinco tipos. Los links de router (RL) son generados por todos los routers. Estos links describen el estado de las interfaces del router dentro de un área determinada. Estos links se inundan solamente dentro del área del router. Los links de red (NL) son generados por un DR de un determinado segmento y son una indicación de los routers conectados a dicho segmento. Los links de resumen (SL) son los enlaces intra-área (tipo 3) y enumerarán las redes dentro de otras áreas pero todavía pertenecen al sistema autónomo. Los links de resumen son inyectados por el ABR desde el backbone hacia otras áreas y desde otras áreas hacia el backbone. Estos links se utilizan para el agrupamiento entre áreas. Otros tipos de link de resumen son los enlaces de resumen ASBR. Estos son links de tipo 4 que apuntan al ASBR. Esto es para asegurarse de que todos los routers conocen el camino para salir del sistema autónomo. El último tipo es el tipo 5, los links externos (EL), que son inyectados por el ASBR en el dominio.

El diagrama anterior ilustra los diferentes tipos de links. RTA genera un link de router (RL) en el área 1 y también genera un link de red (NL), ya que parece ser el DR de ese segmento particular. RTB es un ABR, y genera un RL en el área 1 y en el área 0. RTB también genera links de resumen en el área 1 y en el área 0. Estos links son la lista de las redes que se intercambian entre dos áreas. RTB también inyecta un link de resumen ASBR en el área 1. Esto es una indicación de la existencia de RTD, el router del límite del sistema autónomo (ASBR). De forma similar, RTC, que es otro ABR, genera un RL para el área 0 y el área 2, y un SL (3) en el área 2 (puesto que no anuncia ningún ASBR), y un SL (3,4) en el área 0 que anuncia RTD. El RTD genera un RL para el área 2 y un EL para las rutas externas aprendidas vía BGP. Los routers externos se inundarán en todo el dominio.

La siguiente tabla es un resumen de los anuncios de estado de link

Tipo de LSA	Descripción del anuncio
1	Anuncios de estado de link. Generado por el router para cada área a la que pertenece. Describen los estados del link del router al área. Estos son inundados sólo dentro de un área determinada.
2	Anuncios de link de red. Son generados por routers designados. Describen el conjunto de routers conectados a una red determinada. Se inundan en el área que contiene la red.
3 4	Avisos de link de resumen. Son generados por los routers de borde de área. Describen los routers inter-área (entre áreas). El Tipo 3 describe las rutas a las redes, que también se utilizan para agregar rutas. El tipo 4 describe las rutas a ASBR.

5	Anuncios de link externo de AS Originado por ASBR. Describen rutas hacia los destinos externos al AS. Inundado en su totalidad excepto en las áreas fragmentadas.
---	---

[Si observa la base de datos OSPF detalladamente, mediante el comando `show ip ospf database detail`, verá varias palabras claves como \*\*Link-Data\*\*, \*\*Link-ID\*\* y \*\*Link-state ID\*\*.](#) Estos términos pueden resultar confusos ya que el valor de cada uno depende del tipo de estado de link y del tipo de link. Repasaremos esta terminología y proveeremos un ejemplo detallado en la base de datos OSPF tal como se ve desde el router.

La Id. de estado de link define básicamente la identidad del estado del link según el tipo de LS. El Router ID (RID) del router que originó el anuncio identifica los **links de router**. Los **links de red** se identifican por la dirección IP relativa del DR. Esto tiene sentido porque el Router designado origina los Links de red. Los **links de resumen** (tipo 3) se identifican por los números de red IP de los destinos que indican. Los **links de resumen ASBR** (links de resumen del tipo 4) se identifican por el RID del ASBR. Por último, los **links externos** se identifican por los números de red IP de los destinos externos que indican. La tabla a continuación resume esta información:

Ti po LS	ID de estado de link (en la vista de alto nivel de la base de datos, cuando se hace referencia a un router, esto se llama ID de link)
1	La ID del router (RID) del router de origen.
2	La dirección de interfaz IP del Router designado de la red.
3	El número de la red de destino.
4	El ID del router del router de frontera AS descrito.
5	El número de la red externa.

A continuación, describiremos los distintos links disponibles:

**Links de red stub:** Este término no tiene nada que ver con las áreas stub. Un segmento stub es un segmento que tiene sólo un router que lo acompaña. Un segmento Ethernet o Token Ring que tiene un router conectado es considerado un link a una red stub. Una interfaz Loopback también se considera un link a la red stub con una máscara 255.255.255.255 (ruta del host).

**Links punto a punto:** Éstos pueden ser conexiones de link seriales punto a punto físicas o lógicas (subinterfases). Estos links pueden estar numerados (hay una dirección IP configurada en el link) o sin numerar.

**Links de tránsito:** Estas son interfaces conectadas a las redes que tienen más de un router conectado, de ahí el nombre tránsito.

**Links virtuales:** Estos son los links lógicos que conectan áreas que no tienen conexiones físicas con la estructura básica. A los links virtuales se los trata como links punto a punto numerados.

El **ID de link** es una identificación del propio link. Esto es diferente para cada tipo de link. Un **link de tránsito** se identifica por la dirección IP del DR en ese link. El RID del router vecino identifica un link punto a punto numerado en el link punto a punto. **Los links virtuales son idénticos a los links punto a punto.** Finalmente, la dirección IP de la interfaz a la **red stub** identifica los links a dichas redes. La tabla a continuación resume esta información:

Tipo de Link	ID de link (esto se aplica a los links individuales)
Punto a punto	ID del router vecino
Link a red de tránsito	Dirección de interfaz de DR
link a la red stub (en caso de que la máscara del loopback sea 255.255.255.255)	Número de red/subred
link virtual	ID del router vecino

La **Información del link** es la dirección IP del link salvo por la red stub en la cual la información del link es la máscara de la red.

Tipo de Link	Datos de link
Red stub	Máscara de red
Otras redes (solo corresponde a los links de router)	Dirección de la interfaz IP asociada del router

Finalmente, un **Router de anuncio** es el RID del router que ha enviado el LSA.

## [Ejemplo de base de datos OSPF](#)

Teniendo en cuenta el diagrama anterior, las siguientes configuraciones y las tablas de rutas IP, observemos las diferentes maneras de comprender la base de datos OSPF.

```

RTA#
interface Loopback0
 ip address 203.250.13.41 255.255.255.255

interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192

interface Ethernet1
 ip address 203.250.15.193 255.255.255.192

router ospf 10
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0

RTA#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is 203.250.15.67 to network 0.0.0.0 203.250.16.0 255.255.255.192
is subnetted, 1 subnets O E2 203.250.16.128 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0
203.250.13.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets C 203.250.13.41 is directly connected,
Loopback0 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets O IA 203.250.15.0 [110/74] via
203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 C
203.250.15.192 is directly connected, Ethernet1 O*E2 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.67,
00:00:50, Ethernet0 RTE# ip subnet-zero interface Ethernet0 ip address 203.250.16.130
255.255.255.192 interface Serial0 ip address 203.250.15.2 255.255.255.192 router ospf 10

```

```

redistribute rip metric 10 subnets network 203.250.15.0 0.0.0.63 area 1 default-information
originate metric 10 router rip network 203.250.16.0 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Ethernet0 RTE#show
ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX
- EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external
type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway
of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0 203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1
subnets C 203.250.16.128 is directly connected, Ethernet0 203.250.13.0 is variably subnetted, 2
subnets, 2 masks O IA 203.250.13.41 255.255.255.255 [110/75] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets C 203.250.15.0 is directly connected,
Serial0 O IA 203.250.15.64 [110/74] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0 O IA 203.250.15.192
[110/84] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0 S* 0.0.0.0 0.0.0.0 is directly connected, Ethernet0
RTC# ip subnet-zero interface Ethernet0 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192 interface
Serial1 ip address 203.250.15.1 255.255.255.192 router ospf 10 network 203.250.15.64 0.0.0.63
area 0 network 203.250.15.0 0.0.0.63 area 1 RTF#show ip route Codes: C - connected, S - static,
I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-
1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is 203.250.15.2 to network
0.0.0.0 203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets O E2 203.250.16.128 [110/10] via
203.250.15.2, 04:49:05, Serial1 203.250.13.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets O
203.250.13.41 [110/11] via 203.250.15.68, 04:49:06, Ethernet0 203.250.15.0 255.255.255.192 is
subnetted, 3 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is directly
connected, Ethernet0 O 203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 04:49:06, Ethernet0 O*E2
0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.2, 04:49:06, Serial1

```

## Panorama General de la Base de Datos

```

RTC#show ip ospf database OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Router Link States
(Area 1) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum Link count 203.250.15.67 203.250.15.67 48
0x80000008 0xB112 2 203.250.16.130 203.250.16.130 212 0x80000006 0x3F44 2 Summary Net Link
States (Area 1) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum 203.250.13.41 203.250.15.67 602 0x80000002
0x90AA 203.250.15.64 203.250.15.67 620 0x800000E9 0x3E3C 203.250.15.192 203.250.15.67 638
0x800000E5 0xA54E Router Link States (Area 0) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum Link count
203.250.13.41 203.250.13.41 179 0x80000029 0x9ADA 3 203.250.15.67 203.250.15.67 675 0x800001E2
0xDD23 1 Net Link States (Area 0) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum 203.250.15.68
203.250.13.41 334 0x80000001 0xB6B5 Summary Net Link States (Area 0) Link ID ADV Router Age Seq#
Checksum 203.250.15.0 203.250.15.67 792 0x80000002 0xAEBD Summary ASB Link States (Area 0) Link
ID ADV Router Age Seq# Checksum 203.250.16.130 203.250.15.67 579 0x80000001 0xF9AF AS External
Link States Link ID ADV Router Age Seq# Checksum Tag 0.0.0.0 203.250.16.130 1787 0x80000001
0x98CE 10 203.250.16.128 203.250.16.130 5 0x80000002 0x93C4 0

```

Éste es un panorama general de la base de datos OSPF completa. La base de datos se enumera según las áreas. En este caso, estamos observando la base de datos de RTC, la cual es un ABR. Se enumeran el área 1 y el área 0 de las bases de datos. El área 1 se compone de los links de router y los de resumen. No existen links de red porque no existe DR en ninguno de los segmentos del área 1. No existen links de resumen de ASBR en el área 1 porque el único ASBR está en el área 0. Los enlaces externos no pertenecen a ningún área en particular porque están inundados en todo el dominio. Observe que todos los links son los links acumulativos recopilados de todos los routers de un área.

Nos concentraremos principalmente en la base de datos del área 0. El ID de link que se indica es en realidad el ID de estado de link. Ésta es una representación del todo el router, no de un link determinado. Esto es un poco confuso, pero recuerde que este ID de enlace de alto nivel (debería ser Link-State ID [Identificación de estado del enlace]) representa a todo el router y no sólo a un enlace.

## Links de router

Router Link States (Area 0)

```
Link ID          ADV Router      Age    Seq#           Checksum Link count 203.250.13.41
203.250.13.41 179 0x80000029 0x9ADA 3 203.250.15.67 203.250.15.67 675 0x800001E2 0xDD23 1
```

Comenzaremos con los links del router. Se enumeran dos entradas para 203.250.13.41 y 203.250.15.67, son los RID de los dos routers del área 0. También se indica el número de links en el área 0 para cada router. RTA tiene tres links hacia el área 0 y RTC tiene un link. Esta es una vista detallada de los links de router de RTC:

```
RTC#show ip ospf database router 203.250.15.67 OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID
10) Router Link States (Area 1) LS age: 1169 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links
Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000008 Checksum:
0xB112 Length: 48 Area Border Router Number of Links: 2 Link connected to: another Router
(point-to-point) (Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130 (Link Data) Router Interface
address: 203.250.15.1 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Link connected to: a Stub
Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192
Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64
```

Algo que es digno de ser observado aquí es que OSPF genera un link stub adicional para cada interfaz punto a punto. No se confunda si ve que el conteo de links es mayor que el número de interfaces físicas.

Router Link States (Area 0)

```
LS age: 1227
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq
Number: 80000003 Checksum: 0xA041 Length: 36 Area Border Router Number of Links: 1 Link
connected to: a Transit Network (Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68 (Link Data)
Router Interface address: 203.250.15.67 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10
```

Observe que el ID de link es igual a la dirección IP (no el RID) del DR adjunto; en este caso, es 203.250.15.68. Los datos de link son la propia dirección IP de RTC.

## Links de Red

Net Link States (Area 0)

```
Link ID          ADV Router      Age    Seq#           Checksum
203.250.15.68   203.250.13.41  334    0x80000001 0xB6B5
```

Se enumera un link de red, señalado por la dirección IP de la interfaz (no el RID) del DR, en este caso 203.250.15.68. Sigue una vista detallada de esta entrada:

```
RTC#show ip ospf database network OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Net Link
States (Area 0) Routing Bit Set on this LSA LS age: 1549 Options: (No TOS-capability) LS Type:
Network Links Link State ID: 203.250.15.68 (address of Designated Router) Advertising Router:
203.250.13.41 LS Seq Number: 80000002 Checksum: 0xB4B6 Length: 32 Network Mask: 255.255.255.192
Attached Router: 203.250.13.41 Attached Router: 203.250.15.67
```

Tenga en cuenta que el link de red enumera los RID de los routers conectados a la red de tránsito; en este caso se enumeran los RID de RTA y RTC.

## Links de Resumen

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.15.0	203.250.15.67	792	0x80000002	0xAEED

Area 0 has one summary link represented by the IP network address of the link 203.250.15.0. This link was injected by the ABR RTC from area 1 into area 0. A detailed view of this summary link follows, summary links for area 1 are not listed here:

```
RTC#show ip ospf database summary (area 1 is not listed) Summary Net Link States (Area 0) LS
age: 615 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary Links(Network) Link State ID:
203.250.15.0 (summary Network Number) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xACBE Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 64
```

## Links de ASBR de resumen

Summary ASB Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.16.130	203.250.15.67	579	0x80000001	0xF9AF

Esto indica quién es el ASBR. En este caso, el ASB es RTE representado por su RID 203.250.16.130. El router anunciante para esta entrada en el área 0 es RTC con RID 203.250.15.67. A continuación se proporciona una vista detallada de la entrada del ASBR de resumen:

```
RTC#show ip ospf database asbr-summary OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)
Summary ASB Link States (Area 0) LS age: 802 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary
Links(AS Boundary Router) Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address) Advertising
Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000003 Checksum: 0xF5B1 Length: 28 Network Mask: 0.0.0.0
TOS: 0 Metric: 64
```

## Links externos

AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
0.0.0.0	203.250.16.130	1787	0x80000001	0x98CE	10
203.250.16.128	203.250.16.130	5	0x80000002	0x93C4	0

Tenemos dos links externos; el primero es el 0.0.0.0 inyectado en OSPF a través del comando **default-information originate**. La otra entrada es la red 203.250.16.128 que se inyecta en el OSPF por redistribución. El router que anuncia estas redes es 203.250.16.130, el RID de RTE. La siguiente es la vista detallada de las rutas externas:

```
RTC#show ip ospf database external OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) AS
External Link States Routing Bit Set on this LSA LS age: 208 Options: (No TOS-capability) LS
Type: AS External Link Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number ) Advertising Router:
203.250.16.130 LS Seq Number: 80000002 Checksum: 0x96CF Length: 36 Network Mask: 0.0.0.0 Metric
Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10 Forward Address: 0.0.0.0 External
Route Tag: 10 Routing Bit Set on this LSA LS age: 226 Options: (No TOS-capability) LS Type: AS
External Link Link State ID: 203.250.16.128 (External Network Number) Advertising Router:
203.250.16.130 LS Seq Number: 80000002 Checksum: 0x93C4 Length: 36 Network Mask: 255.255.255.192
Metric Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10 Forward Address: 0.0.0.0
External Route Tag: 0
```

Observe la dirección de reenvío. Siempre que la dirección sea 0.0.0.0, indica que las rutas

externas se pueden alcanzar a través del router anunciante; en este caso 203.250.16.130. Esta es la razón por la cual, mediante las ABR, se inyecta la identidad del ASBR en otras áreas a través de los links de resumen del ASBR.

Esta dirección de reenvío no siempre es 0.0.0.0. En algunos casos, podría ser la dirección IP de otro router en el mismo segmento. El siguiente diagrama ilustrará esta situación:

En la situación presentada arriba la RTB ejecuta BGP con RTA y OSPF con el resto del dominio. RTA no está ejecutando OSPF. RTB está redistribuyendo rutas BGP en OSPF. Según OSPF, RTB es un ASBR que anuncia rutas externas. La dirección de reenvío en este caso se establece en 125.211.1.1 y no al router anunciante (0.0.0.0) RTB. Esto tiene sentido porque no hay necesidad de efectuar un salto adicional. Algo importante para recordar es que los routers dentro del dominio OSPF deben estar en condiciones de alcanzar la dirección de reenvío a través de OSPF para que los routers externos puedan colocarse en la tabla de IP Routing. Si la dirección de reenvío llega a través de algún otro protocolo o no es accesible, las entradas externas estarían en la base de datos pero no en la tabla de IP Routing.

Surgiría otra situación si tanto RTB como RTC fueran ASBR (RTC también ejecuta BGP con RTA). En esta situación, para eliminar el esfuerzo doble, uno de los dos routers no anunciará (purgará) las rutas externas. El router con RID más alto gana.

## La base de datos completa

Finalmente, éste es un listado de la base de datos completa en forma de ejercicio. Ahora usted debería poder revisar cada entrada y explicar que está sucediendo:

```
RTC#show ip ospf database router OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Router Link States (Area 1) LS age: 926 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000035 Checksum: 0x573F Length: 48 Area Border Router Number of Links: 2 Link connected to: another Router (point-to-point) (Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130 (Link Data) Router Interface address: 203.250.15.1 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Link connected to: a Stub Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Routing Bit Set on this LSA LS age: 958 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.16.130 Advertising Router: 203.250.16.130 LS Seq Number: 80000038 Checksum: 0xDA76 Length: 48 AS Boundary Router Number of Links: 2 Link connected to: another Router (point-to-point) (Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.15.67 (Link Data) Router Interface address: 203.250.15.2 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Link connected to: a Stub Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Router Link States (Area 0) Routing Bit Set on this LSA LS age: 1107 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.13.41 Advertising Router: 203.250.13.41 LS Seq Number: 8000002A Checksum: 0xC0B0 Length: 60 AS Boundary Router Number of Links: 3 Link connected to: a Stub Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.13.41 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.255 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 1 Link connected to: a Stub Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.192 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10 Link connected to: a Transit Network (Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68 (Link Data) Router Interface address: 203.250.15.68 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10 LS age: 1575 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000028 Checksum: 0x5666 Length: 36 Area Border Router Number of Links: 1 Link connected to: a Transit Network (Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68 (Link Data) Router Interface address: 203.250.15.67 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10 RTC#show ip ospf database network OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Net Link States (Area 0) Routing Bit Set on this
```

```
LSA LS age: 1725 Options: (No TOS-capability) LS Type: Network Links Link State ID:
203.250.15.68 (address of Designated Router) Advertising Router: 203.250.13.41 LS Seq Number:
80000026 Checksum: 0x6CDA Length: 32 Network Mask: 255.255.255.192 Attached Router:
203.250.13.41 Attached Router: 203.250.15.67 RTC#show ip ospf database summary OSPF Router with
ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Summary Net Link States (Area 1) LS age: 8 Options: (No TOS-
capability) LS Type: Summary Links(Network) Link State ID: 203.250.13.41 (summary Network
Number) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000029 Checksum: 0x42D1 Length: 28
Network Mask: 255.255.255.255 TOS: 0 Metric: 11 LS age: 26 Options: (No TOS-capability) LS Type:
Summary Links(Network) Link State ID: 203.250.15.64 (summary Network Number) Advertising Router:
203.250.15.67 LS Seq Number: 80000030 Checksum: 0xB182 Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192
TOS: 0 Metric: 10 LS age: 47 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary Links(Network) Link
State ID: 203.250.15.192 (summary Network Number) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq
Number: 80000029 Checksum: 0x1F91 Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 20
Summary Net Link States (Area 0) LS age: 66 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary
Links(Network) Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number) Advertising Router:
203.250.15.67 LS Seq Number: 80000025 Checksum: 0x68E0 Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192
TOS: 0 Metric: 64 RTC#show ip ospf asbr-summary OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID
10) Summary ASB Link States (Area 0) LS age: 576 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary
Links(AS Boundary Router) Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address) Advertising
Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000024 Checksum: 0xB3D2 Length: 28 Network Mask: 0.0.0.0
TOS: 0 Metric: 64 RTC#show ip ospf database external OSPF Router with ID (203.250.15.67)
(Process ID 10) AS External Link States Routing Bit Set on this LSA LS age: 305 Options: (No
TOS-capability) LS Type: AS External Link Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number)
Advertising Router: 203.250.16.130 LS Seq Number: 80000001 Checksum: 0x98CE Length: 36 Network
Mask: 0.0.0.0 Metric Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10 Forward
Address: 0.0.0.0 External Route Tag: 10 Routing Bit Set on this LSA LS age: 653 Options: (No
TOS-capability) LS Type: AS External Link Link State ID: 203.250.16.128 (External Network
Number) Advertising Router: 203.250.16.130 LS Seq Number: 80000024 Checksum: 0x4FE6 Length: 36
Network Mask: 255.255.255.192 Metric Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10
Forward Address: 0.0.0.0 External Route Tag: 0
```

## Apéndice B: Direccionamiento de multidifusión IP y OSPF

OSPF usó la multidifusión de IP para intercambiar paquetes de saludo y actualizaciones de estado de links. Una dirección IP Multicast se implementa mediante direcciones de clase D. Una dirección clase D posee un rango de 224.0.0.0 a 239.255.255.255.

Algunas direcciones IP Multicast especiales están reservadas para OSPF:

224.0.0.5: Todos los routers OSPF deben ser capaces de transmitir y escuchar esta dirección.

224.0.0.6: Todos los routers DR y BDR deben ser capaces de transmitir y escuchar esta dirección.

El mapping entre direcciones IP Multicast y direcciones MAC tiene la regla siguiente:

Para redes de acceso múltiple que soportan multidifusión, los 23 bits de bajo orden de la dirección IP se usan como bits de bajo orden de la dirección MAC multidifusión 01-005E-00-00-00. Por ejemplo:



224.0.0.5 se asignaría a 01-00-5E-00-00-05

224.0.0.6 se asignaría a 01-00-5E-00-00-06

OSPF emplea transmisión en redes Token Ring.

## Apéndice C: Máscaras de subred de longitud variable (VLSM)

A continuación se presenta un cuadro de conversión binario/decimal:

	00 00	01 01	10 10	11 11	00 00	01 01	10 10	11 11	00 00	01 01	10 10	11 11	00 00	01 01	10 10	11 11
0	00 00	1 6	00 00	3 2	00 00	4 8	00 00	6 4	00 00	8 0	00 00	9 6	00 00	1 1 2	00 00	
1	00 01	1 7	00 01	3 3	00 01	4 9	00 01	6 5	00 01	8 1	00 01	9 7	00 01	1 1 3	00 01	
2	00 10	1 8	00 10	3 4	00 10	5 0	00 10	6 6	00 10	8 2	00 10	9 8	00 10	1 1 4	00 10	
3	00 11	1 9	00 11	3 5	00 11	5 1	00 11	6 7	00 11	8 3	00 11	9 9	00 11	1 1 5	00 11	
4	01 00	2 0	01 00	3 6	01 00	5 2	01 00	6 8	01 00	8 4	01 00	1 0 0	01 00	1 1 6	01 00	
5	01 01	2 1	01 01	3 7	01 01	5 3	01 01	6 9	01 01	8 5	01 01	1 0 1	01 01	1 1 7	01 01	
6	01 10	2 2	01 10	3 8	01 10	5 4	01 10	7 0	01 10	8 6	01 10	1 0 2	01 10	1 1 8	01 10	
7	01 11	2 3	01 11	3 9	01 11	5 5	01 11	7 1	01 11	8 7	01 11	1 0 3	01 11	1 1 9	01 11	
8	10 00	2 4	10 00	4 0	10 00	5 6	10 00	7 2	10 00	8 8	10 00	1 0 4	10 00	1 2 0	10 00	
9	10 01	2 5	10 01	4 1	10 01	5 7	10 01	7 3	10 01	8 9	10 01	1 0 5	10 01	1 2 1	10 01	
10	10 10	2 6	10 10	4 2	10 10	5 8	10 10	7 4	10 10	9 0	10 10	1 0 6	10 10	1 2 2	10 10	
11	10 11	2 7	10 11	4 3	10 11	5 9	10 11	7 5	10 11	9 1	10 11	1 0 7	10 11	1 2 3	10 11	

1 2	11 00	2 8	11 00	4 4	11 00	6 0	11 00	7 6	11 00	9 2	11 00	1 0 8	11 00	1 2 4	11 00
1 3	11 01	2 9	11 01	4 5	11 01	6 1	11 01	7 7	11 01	9 3	11 01	1 0 9	11 01	1 2 5	11 01
1 4	11 10	3 0	11 10	4 6	11 10	6 2	11 10	7 8	11 10	9 4	11 10	1 1 0	11 10	1 2 6	11 10
1 5	11 11	3 1	11 11	4 7	11 11	6 3	11 11	7 9	11 11	9 5	11 11	1 1 1	11 11	1 2 7	11 11
	10 00		10 01		10 10		10 11		11 00		11 01		11 10		11 11
1 2 8	00 00	1 4 4	00 00	1 6 0	00 00	1 7 6	00 00	1 9 2	00 00	2 0 8	00 00	2 2 4	00 00	2 4 0	00 00
1 2 9	00 01	1 4 5	00 01	1 6 1	00 01	1 7 7	00 01	1 9 3	00 01	2 0 9	00 01	2 2 5	00 01	2 4 1	00 01
1 3 0	00 10	1 4 6	00 10	1 6 2	00 10	1 7 8	00 10	1 9 4	00 10	2 1 0	00 10	2 2 6	00 10	2 4 2	00 10
1 3 1	00 11	1 4 7	00 11	1 6 3	00 11	1 7 9	00 11	1 9 5	00 11	2 1 1	00 11	2 2 7	00 11	2 4 3	00 11
1 3 2	01 00	1 4 8	01 00	1 6 4	01 00	1 8 0	01 00	1 9 6	01 00	2 1 2	01 00	2 2 8	01 00	2 4 4	01 00
1 3 3	01 01	1 4 9	01 01	1 6 5	01 01	1 8 1	01 01	1 9 7	01 01	2 1 3	01 01	2 2 9	01 01	2 4 5	01 01
1 3 4	01 10	1 5 0	01 10	1 6 6	01 10	1 8 2	01 10	1 9 8	01 10	2 1 4	01 10	2 3 0	01 10	2 4 6	01 10
1 3 5	01 11	1 5 1	01 11	1 6 7	01 11	1 8 3	01 11	1 9 9	01 11	2 1 5	01 11	2 3 1	01 11	2 4 7	01 11
1 3 6	10 00	1 5 2	10 00	1 6 8	10 00	1 8 4	10 00	2 0 0	10 00	2 1 6	10 00	2 3 2	10 00	2 4 8	10 00
1 3 7	10 01	1 5 3	10 01	1 6 9	10 01	1 8 5	10 01	2 0 1	10 01	2 1 7	10 01	2 3 3	10 01	2 4 9	10 01
1 3 8	10 10	1 5 4	10 10	1 7 0	10 10	1 8 6	10 10	2 0 2	10 10	2 1 8	10 10	2 3 4	10 10	2 5 0	10 10
1 3	10 11	1 5	10 11	1 7	10 11	1 8	10 11	2 0	10 11	2 1	10 11	2 3	10 11	2 5	10 11

9		5		1		7		3		9		5		1	
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	00	5	00	7	00	8	00	0	00	2	00	3	00	5	00
0		6		2		8		4		0		6		2	
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	01	5	01	7	01	8	01	0	01	2	01	3	01	5	01
1		7		3		9		5		1		7		3	
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	10	5	10	7	10	9	10	0	10	2	10	3	10	5	10
2		8		4		0		6		2		8		4	
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	11	5	11	7	11	9	11	0	11	2	11	3	11	5	11
3		9		5		1		7		3		9		5	

El concepto de las máscaras de subred de longitud variable es ofrecer mayor flexibilidad al tratar de dividir una red principal en varias subredes y conservar la capacidad de mantener un número adecuado de hosts en cada subred. Sin VLSM, una máscara de subred solo se puede aplicar a una red principal. Esto restringe el número de hosts dado el número de subredes necesarias. Si elige la máscara para que tenga bastantes subredes, no podrá asignar suficientes hosts en cada subred. Ocurre lo mismo con los hosts; es posible que una máscara que admite suficientes hosts no provea suficiente espacio de subred.

Por ejemplo, suponga que se le asignó una red 192.214.11.0 de clase C y necesita dividir dicha red en tres subredes con 100 hosts en una subred y 50 hosts para cada una de las subredes restantes. Si ignora los dos límites extremos 0 y 255, en teoría, tiene disponibles 256 direcciones (192.214.11.0 - 192.214.11.255). Esto no se puede hacer sin VLSM.

Hay una serie de máscaras de subred que pueden ser utilizadas; observe que una máscara debe tener un número contiguo de unos que empiecen por la izquierda y el resto de los bits son todos ceros.

- 252 (1111 1100) The address space is divided into 64.
- 248 (1111 1000) The address space is divided into 32.
- 240 (1111 0000) The address space is divided into 16.
- 224 (1110 0000) The address space is divided into 8.
- 192 (1100 0000) The address space is divided into 4.
- 128 (1000 0000) The address space is divided into 2.

Sin el VLS usted tiene la opción para utilizar la máscara 255.255.255.128 y dividir los direccionamientos en 2 subredes con el 128 recibe cada uno o el uso 255.255.255.192 y divide el espacio en 4 subredes con 64 recibe cada uno. Esto no cumple el requisito. Si utiliza varias máscaras, puede utilizar la máscara 128 y luego conectar en subredes el segundo bloque de direcciones con la máscara 192. La siguiente tabla muestra cómo hemos dividido el espacio de la dirección en consecuencia.

Ahora, tenga cuidado al asignar direcciones IP a cada máscara. Una vez que asigne una dirección IP al router o a un host, habrá utilizado toda la subred para ese segmento. Por ejemplo, si asigna 192.214.11.10 255.255.255.128 al E2, el E2 consume todo el rango de direcciones entre 192.214.11.0 y 192.214.11.127. De la misma manera, si asigna 192.214.11.160 255.255.255.128 a E2, todo el rango de direcciones entre 192.214.11.128 y 192.214.11.255 es consumido por el segmento E2.

Éste es un ejemplo de cómo el router interpreta estas direcciones. Recuerde que cada vez que utilice una máscara distinta de la máscara natural, por ejemplo, cuando está realizando la división

en subredes, el router expresará inconformidad si la combinación de dirección IP y máscara resulta en una subred cero. [Use el comando ip subnet-zero en el router para resolver este problema.](#)

```
RTA#
ip subnet-zero
interface Ethernet2
  ip address 192.214.11.10 255.255.255.128
interface Ethernet3
  ip address 192.214.11.160 255.255.255.192
interface Ethernet4
  ip address 192.214.11.226 255.255.255.192

RTA#show ip route connected 192.214.11.0 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks C
192.214.11.0 255.255.255.128 is directly connected, Ethernet2 C 192.214.11.128 255.255.255.192
is directly connected, Ethernet3 C 192.214.11.192 255.255.255.192 is directly connected,
Ethernet4
```

## [Información Relacionada](#)

- [OSPF y MTU](#)
- [Los vecinos OSPF se atascan en el estado exstart y exchange debido a la discordancia MTU](#)
- [Página de Soporte OSPF](#)
- [OSPF \(Abrir la ruta más corta en primer lugar\) Preguntas Frecuentes](#)
- [Soporte Técnico y Documentación - Cisco Systems](#)