

# UD4. Enrutamiento

## Índice

Enrutamiento.....	2
Enrutamiento en hosts.....	3
Enrutamiento en routers.....	4
Rutas resumizadas.....	6
Creación de rutas estáticas en CISCO.....	8
Reparto de carga en Round Robin.....	8
Rutas flotantes.....	8

# Enrutamiento

Otra función de la capa de red es dirigir los paquetes entre los hosts. Un host puede enviar un paquete:

A sí mismo: en este caso, se utiliza una dirección IP especial, **127.0.0.1**, que se denomina “**interfaz loopback**”. Esta dirección de loopback se asigna automáticamente a un host cuando se ejecuta TCP/IP. La capacidad de un host de enviarse un paquete a sí mismo mediante la funcionalidad de la red resulta útil para realizar pruebas. Cualquier dirección IP dentro de la red 127.0.0.0/8 se refiere al host local.

A un host local: un host en la misma red que el host emisor. Los hosts comparten la misma dirección de red.

A un host remoto: un host en una red remota. Los hosts no comparten la dirección de red.

Para determinar si un paquete está destinado a un host local o un host remoto, se compara la combinación de la dirección IP y la máscara de subred del dispositivo de origen (o emisor) con la dirección IP y la máscara de subred del dispositivo de destino.

Los hosts locales pueden comunicarse y compartir información sin necesidad de ningún dispositivo adicional. Si un host envía un paquete a un dispositivo que está configurado con la misma red IP que el dispositivo host, el paquete tan solo se reenvía por la interfaz del host, a través del dispositivo intermediario, directamente al dispositivo de destino.

Por supuesto, en la mayoría de las situaciones deseamos que los dispositivos puedan conectarse más allá del segmento de red local: a otros hogares, a otras empresas y a Internet. Los dispositivos que están más allá del segmento de red local se conocen como “hosts remotos”. Cuando un dispositivo de origen envía un paquete a un dispositivo de destino remoto, se necesita la ayuda de routers y el enrutamiento. El enrutamiento es el proceso mediante el cual se identifica el mejor camino hacia un destino. El router conectado al segmento de red local se denomina gateway predeterminado.

El **gateway predeterminado** es el dispositivo que enruta el tráfico desde la red local hacia los dispositivos en las redes remotas. En un entorno doméstico o de pequeña empresa, el gateway predeterminado se suele utilizar para conectar la red local a Internet.

Si el host envía un paquete a un dispositivo en otra red IP, debe reenviar el paquete al gateway predeterminado a través del dispositivo intermediario. Esto se debe a que los dispositivos host no mantienen la información de enrutamiento más allá de la red local para llegar a destinos remotos; esto lo hace el gateway predeterminado. El gateway predeterminado, que en general es un router, mantiene una tabla de enrutamiento. Una **tabla de enrutamiento** es un archivo de datos que se encuentra en la RAM y que se utiliza para almacenar información de la ruta sobre la red conectada directamente, así como las entradas de redes remotas descubiertas por el dispositivo. El router utiliza la información en la tabla de enrutamiento para determinar cuál es el mejor camino para llegar a esos destinos.

Es importante observar que la ruta predeterminada y, por lo tanto, el gateway predeterminado, se utilizan solo cuando un host debe reenviar paquetes a una red remota. No se requieren, ni es necesario configurarlos, si solo se envían paquetes a dispositivos en la red local.

## Enrutamiento en hosts

En un host de Windows, se pueden utilizar los comandos **route print** o **netstat -r** para ver la tabla de enrutamiento del host. Los dos comandos provocan al mismo resultado.

Al introducir el comando netstat -r o su equivalente, route print, se ven tres secciones relacionadas con las conexiones de red TCP/IP actuales:

Lista de interfaces: enumera las direcciones de control de acceso al medio (MAC) y el número de interfaz asignado de cada interfaz con capacidad de red en el host, incluidos los adaptadores Ethernet, Wi-Fi y Bluetooth.

Tabla de rutas IPv4: enumera todas las rutas IPv4 conocidas, incluidas las conexiones directas, las rutas de red locales y las rutas predeterminadas locales.

IPv4 Route Table				
Active Routes:				
Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface
0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10
127.0.0.0	255.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1
127.0.0.1	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1
127.255.255.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1
192.168.10.0	255.255.255.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10
192.168.10.10	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10
192.168.10.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10
224.0.0.0	240.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1
224.0.0.0	240.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10
255.255.255.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1
255.255.255.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10

Redes a las que puedes llegar

Mascara que se usará para cada red

A quien se manda o si se entrega directamente

Por qué interfaz se envía

Coste de cada ruta que se usa para saber calcular las rutas mejores

**0.0.0.0** ruta predeterminada local. Todos los paquetes con destinos que no coincidan con otras direcciones de la tabla de enrutamiento se reenvían al gateway.

**127.0.0.0 a 127.255.255.255.** Todas estas direcciones de loopback se relacionan con la conexión directa y proporcionan servicios al host local.

**192.168.10.0 – 192.168.10.255** Todas estas direcciones se relacionan con el host y la red local. Todos los paquetes con direcciones de destino dentro de esta categoría salen por la interfaz 192.168.10.10.

**224.0.0.0** Direcciones multicast de clase D especiales reservadas para usar mediante la interfaz loopback (127.0.0.1) o la dirección IP del host (192.168.10.10).

**255.255.255.255** Direcciones broadcast para usar mediante la interfaz loopback o la ip del host

Tabla de rutas IPv6: enumera todas las rutas IPv6 conocidas, incluidas las conexiones directas, las rutas de red locales y las rutas predeterminadas locales.

IPv6 Route Table				
Active Routes:				
If	Metric	Network	Destination	Gateway
16	58	::/0		On-link
1	306	::1/128		On-link
16	58	2001::/32		On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::/64		On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128		On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128		On-link
1	306	ff00::/8		On-link
16	306	ff00::/8		On-link
15	281	ff00::/8		On-link

Métrica. Cuanto más bajo mejor

If número de interfaz

Redes a las que puedes llegar

A quien se manda o si se entrega directamente

**::/0** equivalente en IPv6 a la ruta predeterminada local

**::1/128** equivale a la dirección de loopback IPv4 y proporciona servicios al host local.

**2001::/32** prefijo de red unicast global.

**2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128:** dirección IPv6 unicast global del PC

**fe80::/64** dirección de la ruta de red de enlace local, que representa todas las PC en la red IPv6 de enlace local.

**fe80::2c30:3071:e718:a926/128** dirección IPv6 link-local de la PC local.

**ff00::/8:** direcciones multicast de clase D especiales y reservadas que equivalen a las direcciones IPv4 224.x.x.x.

## Enrutamiento en routers

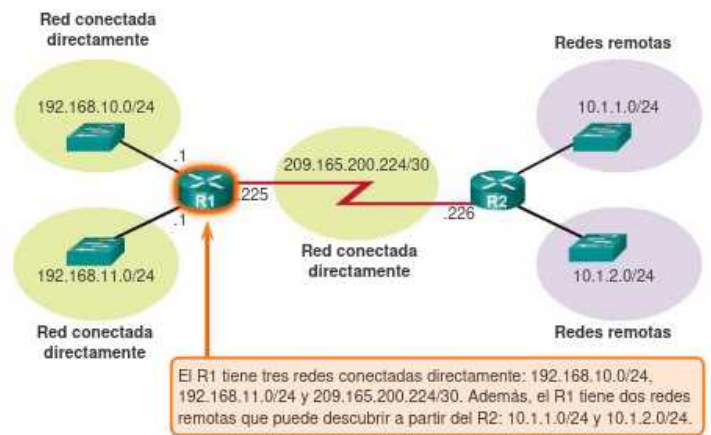
Cuando un host envía un paquete a otro host, utiliza la tabla de enrutamiento para determinar adónde enviar el paquete. Si el host de destino está en una red remota, el paquete se reenvía a la dirección de un dispositivo de gateway.

¿Qué sucede cuando un paquete llega a una interfaz del router? El router examina la tabla de enrutamiento para determinar adónde reenviar los paquetes.

La tabla de enrutamiento de un router almacena información sobre lo siguiente:

**Rutas conectadas directamente:** estas rutas provienen de las interfaces del router activas. Los routers agregan una ruta conectada directamente cuando se configura una interfaz con una dirección IP y se activa. Cada una de las interfaces del router se conecta a un segmento de red diferente. En la tabla de enrutamiento, los routers mantienen información acerca de los segmentos de red a los que están conectados.

**Rutas remotas:** estas rutas provienen de las redes remotas conectadas a otros routers. El administrador de red puede configurar las rutas a estas redes de forma manual en el router local, o estas se pueden configurar de forma dinámica habilitando al router local para que intercambie información de enrutamiento con otros routers mediante protocolos de enrutamiento dinámico.



En una tabla de enrutamiento de host, solo se incluye información sobre las redes conectadas directamente. Un host requiere un gateway predeterminado para enviar paquetes a un destino remoto. La tabla de enrutamiento de un router contiene información similar, pero también puede identificar redes remotas específicas.

La tabla de enrutamiento de un router es similar a la tabla de enrutamiento de un host. Ambas identifican lo siguiente:

- Red de destino

- Métrica asociada a la red de destino

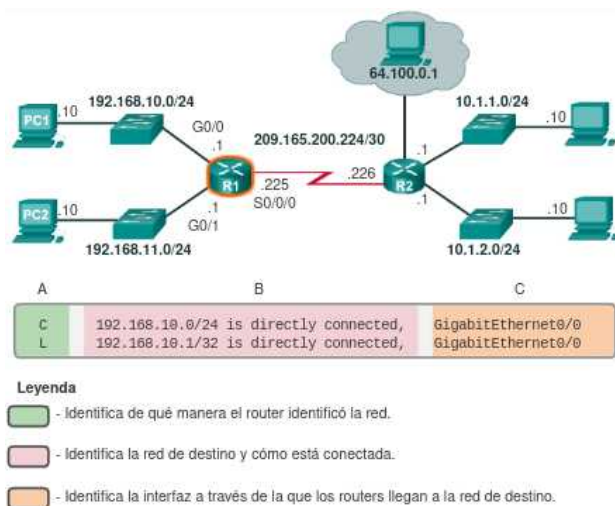
- Gateway para llegar a la red de destino

En un router Cisco IOS, se puede utilizar el comando **show ip route** para ver la tabla de enrutamiento. Un router también proporciona información adicional de la ruta, incluida la forma en que se descubrió la ruta, cuándo se actualizó por última vez y qué interfaz específica se debe utilizar para llegar a un destino predefinido.

Cuando un paquete llega a la interfaz del router, este examina el encabezado del paquete para determinar la red de destino. Si la red de destino coincide con una ruta de la tabla de enrutamiento, el router reenvía el paquete utilizando la información especificada en la tabla. Si hay dos o más rutas posibles hacia el mismo destino, se utiliza la métrica para decidir qué ruta escoge de las que aparecen en la tabla de enrutamiento.

A diferencia de la tabla de enrutamiento de host, no hay encabezados de columna que identifiquen la información incluida en una entrada de la tabla de enrutamiento. Por lo tanto, es importante conocer el significado de los distintos tipos de información incluidos en cada entrada.

Cuando se configura una interfaz del router activa con una dirección IP y una máscara de subred, automáticamente se crean dos entradas en la tabla de enrutamiento.



A la izquierda se muestran las entradas de la tabla de enrutamiento en el R1 para la red conectada directamente 192.168.10.0. Estas entradas se agregaron de forma automática a la tabla de enrutamiento cuando se configuró y se activó la interfaz GigabitEthernet 0/0. Las entradas contienen:

Origen de la ruta: Identifica el modo en que se descubrió la ruta. Las interfaces conectadas directamente tienen dos códigos de origen de la ruta: **C**: identifica una **red conectada directamente**. Las redes conectadas directamente se crean de forma automática cuando se configura una interfaz con una dirección IP y se activa. **L**: identifica que la ruta es **link-local**. Las redes link-local se crean de forma automática cuando se configura una interfaz con una dirección IP y se activa.

Red de destino: Identifica la dirección de la red remota.

Interfaz de salida: Identifica la interfaz de salida que se debe utilizar al reenviar paquetes a la red de destino.

Las entradas de la tabla de enrutamiento de link-local no aparecían en las tablas de enrutamiento antes de la versión 15 de IOS.



En las entradas sobre rutas remotas, el origen de la ruta identifica cómo se descubrió la ruta. Por ejemplo, los códigos comunes para las redes remotas incluyen lo siguiente:

**S**: indica que un administrador creó la ruta manualmente para llegar a una red específica. Esto se conoce como **"ruta estática"**.

**D**: indica que la ruta se obtuvo de forma dinámica de otro router mediante el protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado (**EIGRP**).

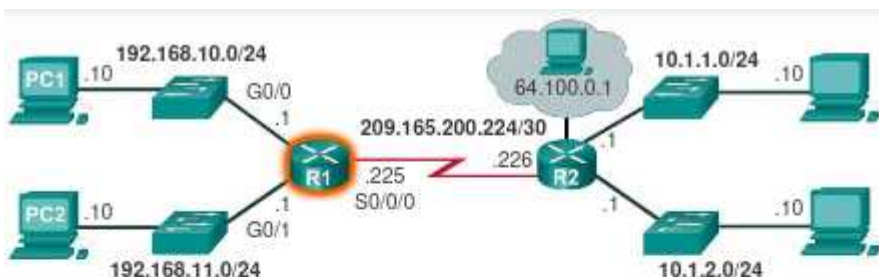
**O**: indica que la ruta se obtuvo de forma dinámica de otro router mediante el protocolo de enrutamiento Open Shortest Path First (**OSPF**).



El siguiente salto es la dirección del dispositivo que procesará el paquete a continuación. Para un host en una red, la dirección del gateway predeterminado (interfaz del router) es el siguiente salto para todos los paquetes que se deben enviar a otra red. En la tabla de enrutamiento de un router, cada ruta a una red remota incluye un siguiente salto.

Cuando un paquete destinado a una red remota llega al router, este busca una correspondencia entre la red de destino y una ruta en la tabla de enrutamiento. Si se encuentra una coincidencia, el router reenvía el paquete a la dirección IP del router de siguiente salto mediante la interfaz que se identificó con la entrada de la ruta.

Un router de siguiente salto es el gateway a las redes remotas.



Por ejemplo, en la ilustración, un paquete que llega al R1 destinado a la red 10.1.1.0 o la red 10.1.2.0 se reenvía a la dirección de siguiente salto 209.165.200.226 mediante la interfaz serial 0/0/0.

Las redes conectadas directamente a un router no tienen dirección de siguiente salto, porque los routers pueden reenviar los paquetes en forma directa a los hosts en esas redes mediante la interfaz designada.

El router no puede reenviar los paquetes sin una ruta para la red de destino en la tabla de enrutamiento. Si no hay una ruta que represente la red de destino en la tabla de enrutamiento, el paquete se descarta (es decir, no se reenvía).

Sin embargo, de la misma manera en que un host puede utilizar un gateway predeterminado para

reenviar un paquete a un destino desconocido, un router también se puede configurar para que utilice una ruta estática predeterminada para crear un gateway de último recurso.

## Rutas sumarizadas.

Usadas cuando se tienen varias redes contiguas que pueden alcanzarse a través de una misma interfaz del propio router y pueden unificarse en una sola dirección que las englobe a todas.

Sirva como ejemplo la red de la imagen de la página siguiente, en la que pueden verse las tablas de enrutamiento de los routers R2 y R3, configuradas de forma estática o manual por el administrador del sistema.

```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile,
       B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       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, ia -
       IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D    10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05,
    Serial0/0/0
D    10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05,
```

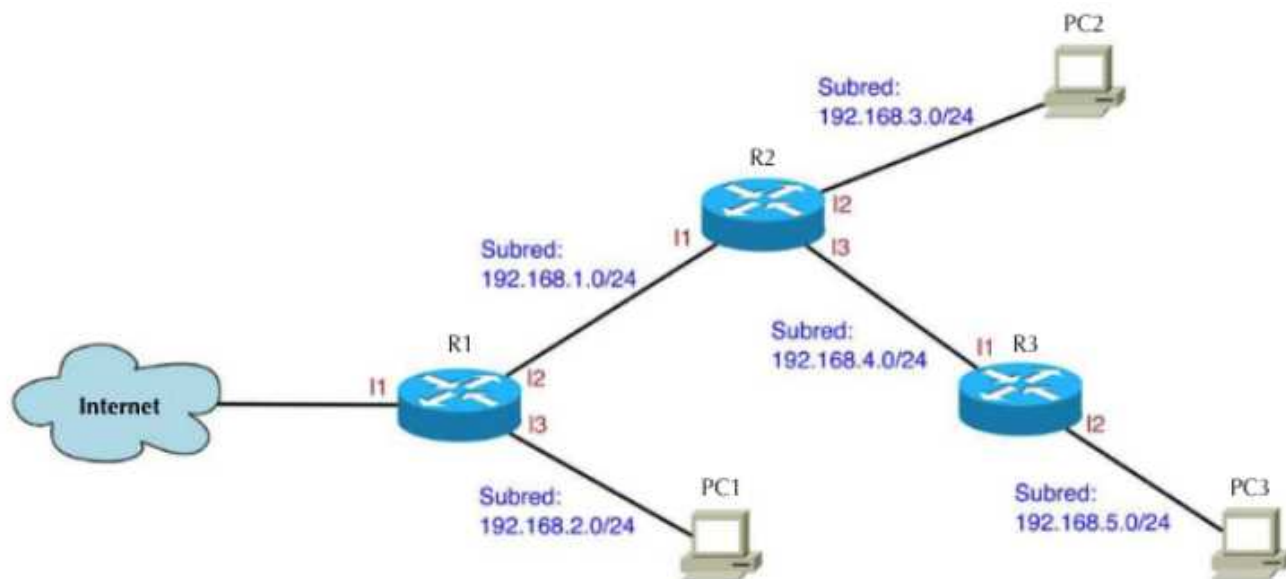


Tabla de rutas del router R2

Red destino	Máscara	Siguiente salto	Interfaz	Métrica
192.168.2.0	255.255.255.0	R1-I2	R2-I1	1
192.168.5.0	255.255.255.0	R3-I1	R2-I3	1
0.0.0.0	0.0.0.0	R1-I2	R2-I1	?

Tabla de rutas del router R3

Red destino	Máscara	Siguiente salto	Interfaz	Métrica
192.168.1.0	255.255.255.0	R2-I3	R3-I1	1
192.168.2.0	255.255.255.0	R2-I3	R3-I1	2
192.168.3.0	255.255.255.0	R2-I3	R3-I1	1
0.0.0.0	0.0.0.0	R2-I3	R3-I1	?

En estas tablas no aparecen las rutas conectadas directamente pero si la ruta por defecto. Esta tabla podría simplificarse utilizando una ruta sumariada (ya que las tres primeras entradas tienen el mismo siguiente salto y la misma interfaz), lo cual, optimizaría la propia tabla y su tiempo de ejecución.

Red destino	Máscara	Siguiente salto	Interfaz	Métrica
192.168.0.0	255.255.0.0	R2-I3	R3-I1	2
0.0.0.0	0.0.0.0	R2-I3	R3-I1	?

# Creación de rutas estáticas en CISCO

Para configurar las tablas de enrutamiento, el administrador del sistema dispone de un conjunto de comandos en la línea de órdenes. La configuración del enrutamiento del router R2 del esquema anterior, asumiendo que las IP de cada interfaz llevan la numeración equivalente de la figura (por ejemplo, la interfaz I2 del R1 equivaldría a la IP 192.168.1.2), sería como se indica a continuación:

```
R2> enable
R2# configure terminal
R2(config)# ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.1.2
R2(config)# ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 192.168.4.1
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.2
```

Se puede observar que el comando de inserción de una ruta estática, utilizando comandos Cisco, configura tres parámetros, por este orden: IP de la red de destino (192.168.2.0), máscara de red (255.255.255.0) y siguiente salto (192.168.1.2). La ruta por defecto se introduce mediante los valores 0.0.0.0 y 0.0.0.0 en los parámetros uno y dos, respectivamente

## Reparto de carga en Round Robin

Si en un router CISCO ponemos dos rutas hacia la misma red, el router hará round robin entre ellas, es decir, mandará los paquetes consecutivamente por una y otra repartiendo la carga. Por ejemplo:

```
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.2
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.2
```

En este caso se tiene dos gateways por defecto. Si uno fallase (se apagase por ejemplo) todo se mandaría por el otro.

## Rutas flotantes.

Las rutas estáticas flotantes son rutas estáticas que tienen una distancia administrativa mayor que la de otra ruta estática o la de rutas dinámicas. Son muy útiles para proporcionar un respaldo a un enlace principal, como se muestra en la ilustración.

De manera predeterminada, las rutas estáticas tienen una distancia administrativa de 1. La distancia administrativa de una ruta estática se puede aumentar para hacer que la ruta sea menos deseable que otra principal. De esta manera, la ruta “flota” y no se utiliza cuando está activa la ruta con la mejor distancia administrativa. Sin embargo, si se pierde la ruta de preferencia, la ruta estática flotante puede tomar el control, y se puede enviar el tráfico a través de esta ruta alternativa. Para ello ponemos la distancia administrativa a continuación del salto

