

**UAEM** | Universidad Autónoma  
del Estado de México

**Centro Universitario UAEM Zumpango**

**Ingeniería en Computación**

**Protocolos de red, Unidad de Competencia V**





# Protocolos de red

## Propósito de la unidad de aprendizaje:

Comprender de manera teórica y práctica los conceptos del modelo de capas de las redes de telecomunicaciones, los protocolos de red involucrados en las primeras capas de los modelos de referencia y caracterizar las principales tecnologías de las redes de área local



# Introducción

La presente unidad de aprendizaje enfatiza el modelo de referencia OSI y TCP/IP y se concentra en la comprensión y practica de los protocolos de las capas de enlace de datos, red y transporte. Explora las diferentes tecnologías heredadas, actuales y emergentes usadas en las redes de área local (LAN) y redes de área personal (PAN). Las capas de red y transporte se concentran en el estudio de los protocolos más ampliamente usados en Internet.



## Unidad de competencia V

Analizar y evaluar protocolos de enrutamiento y de calidad de servicio IP.



## Unidad de competencia IV

- 5.1 Protocolos de enrutamiento por vector-distancia.
- 5.2 Protocolos de enrutamiento por estado del enlace.
- 5.3 Protocolos de enrutamiento híbrido.
- 5.4 RIP, OSPF, IGRP, EIGRP, BGP.
- 5.5 El modelo de calidad de servicios (QoS) en redes IP.
- 5.6 RSVP



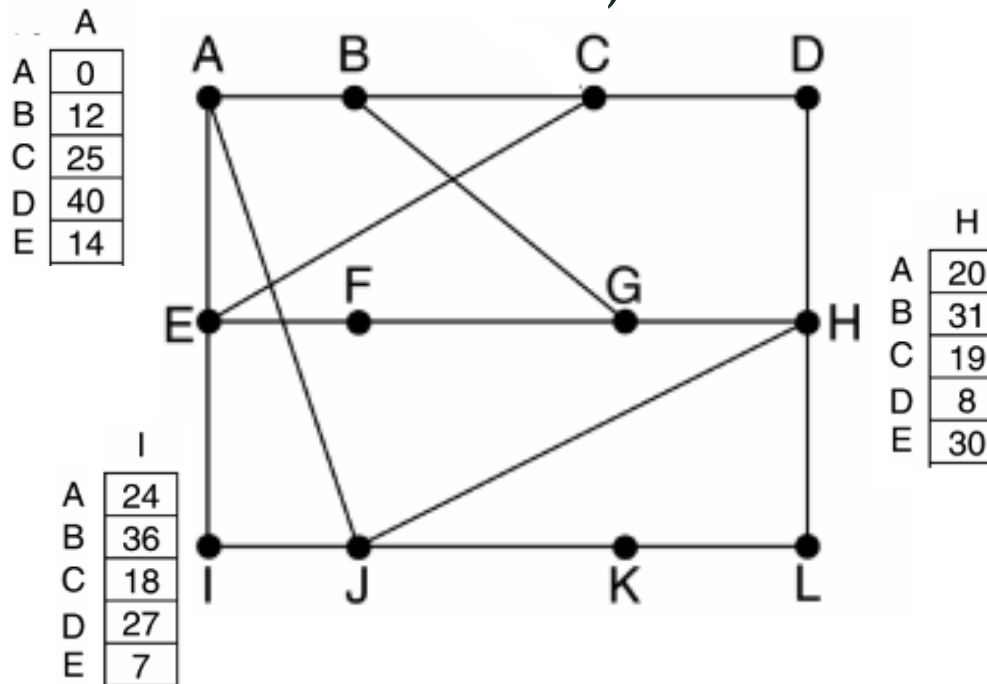
## 5.1 Enrutamiento por vector distancia

- Utiliza los Algoritmos *Bellman-Ford* y *Ford-Fulkerson*.
- Son los algoritmos originales de enrutamiento de la ARPANET (antecedente directo de internet).



## 5.1 Enrutamiento por vector distancia

La tabla de un enrutador almacena una entrada para cada uno de los enrutadores en la subred (los enrutadores son los índices).







## 5.1 Enrutamiento por vector distancia

Las entradas almacenan la línea preferida de salida y una estimación del tiempo

		J
8	A	
20	A	
28	I	
20	H	
17	I	

O puede ser:

La distancia al destino.

	A
A	0
B	12
C	25
D	40
E	14

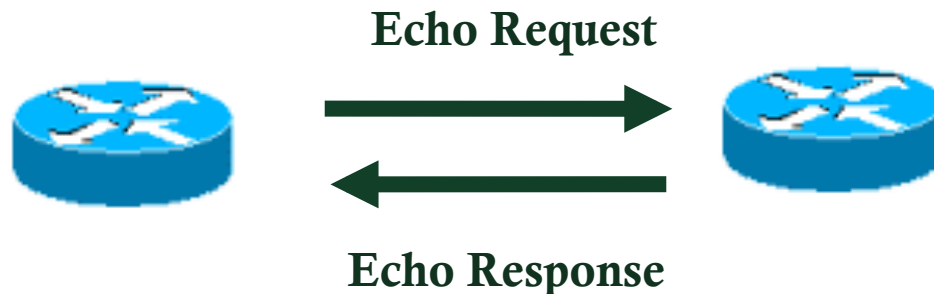
Se pueden usar métricas distintas (saltos, retrazos, etc.).





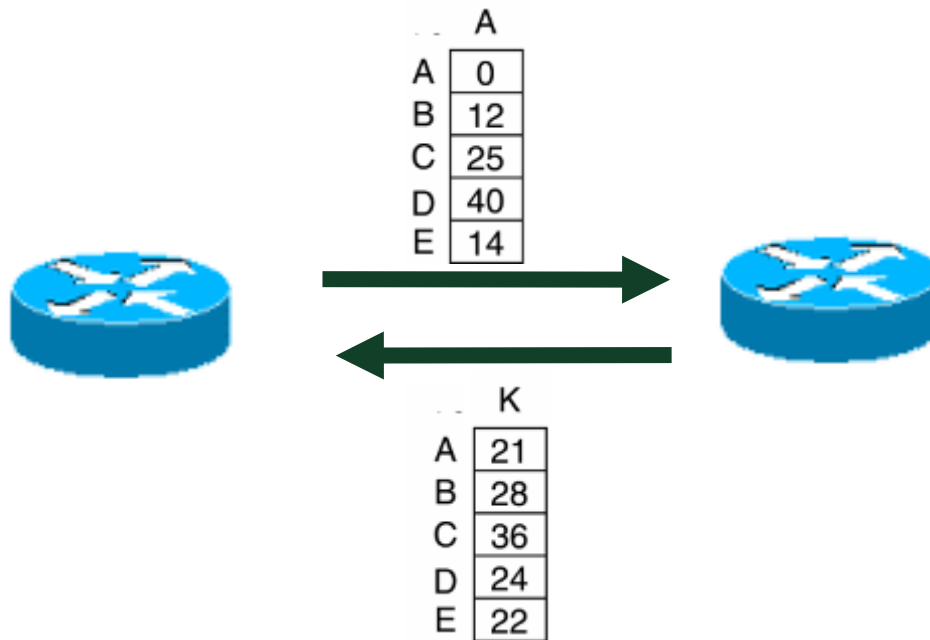
## 5.1 Enrutamiento por vector distancia

Cada enrutador tiene que medir las distancias a sus vecinos. Por ejemplo, si la métrica es el retraso, el enrutador la puede medir usando paquetes de eco.



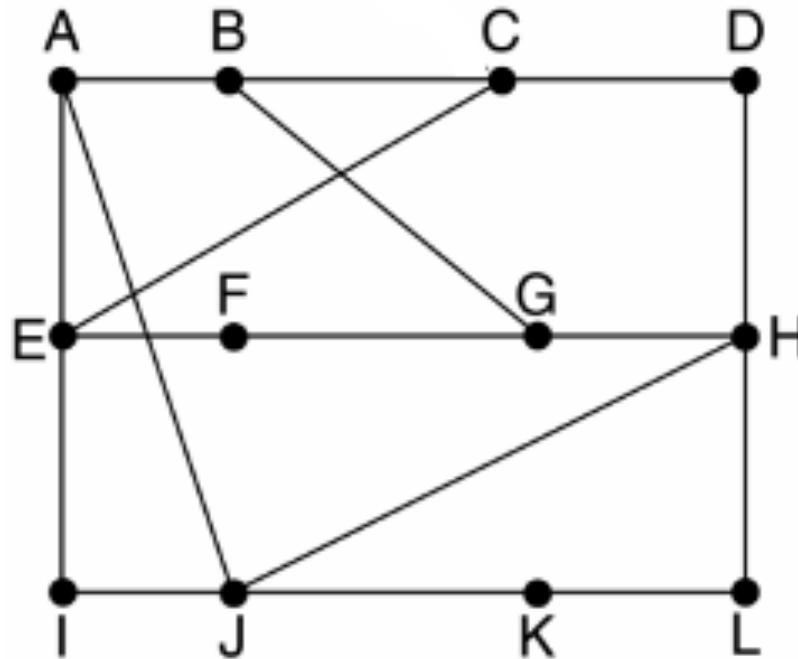


Cada “T” msecs los enrutadores intercambian sus tablas con sus vecinos. Un enrutador usa las tablas de sus vecinos y sus mediciones de las distancias a sus vecinos para calcular una nueva tabla.





✓ Ejemplo (Tanenbaum): A continuación se muestra una red, en el cual los enrutadores utilizan el algoritmo de vector distancia





Ejemplo: Ahora se muestran los vectores de retardo de los vecinos de J

	A	I	H	K
A	0	24	20	21
B	12	36	31	28
C	25	18	19	36
D	40	27	8	24
E	14	7	30	22
F	23	20	19	40
G	18	31	6	31
H	17	20	0	19
I	21	0	14	22
J	9	11	7	10
K	24	22	22	0
L	29	33	9	9



Ejemplo: Suponga que J ha medido o estimado el nuevo retardo de sus vecinos en:

A retardo de 8 mseg.

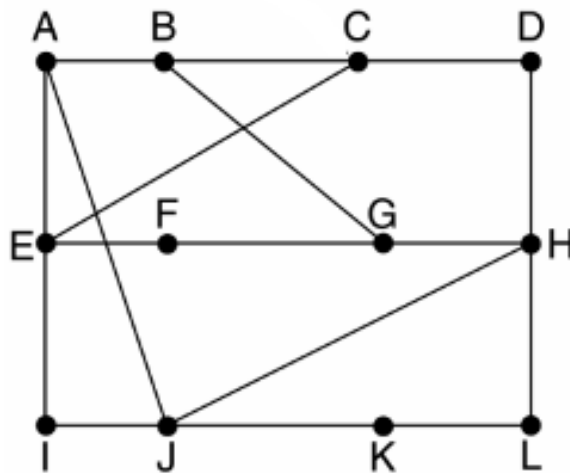
I retardo de 10 mseg.

H retardo de 12 mseg.

K retardo de 6 mseg.



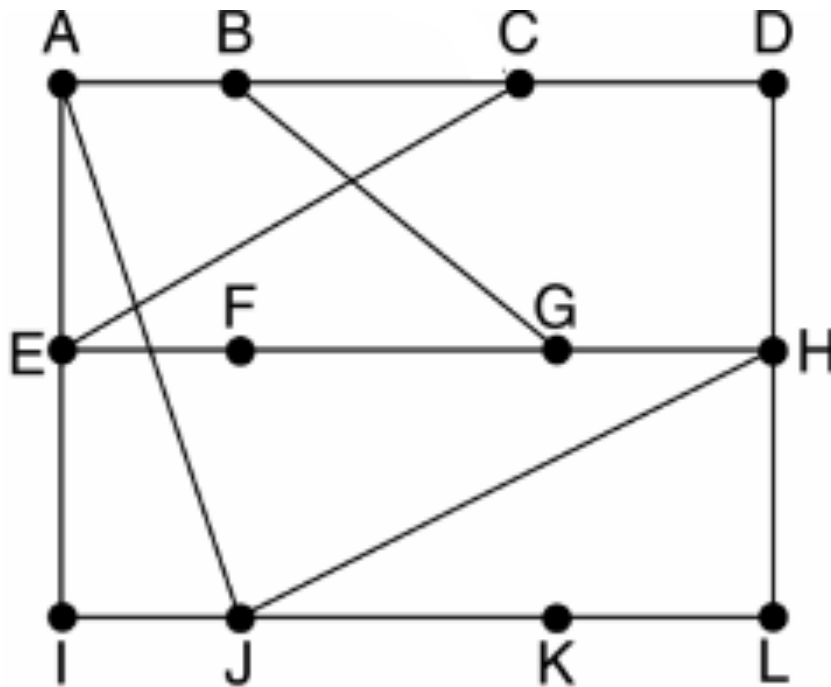
Ejemplo: Por lo tanto J debe de calcular las nuevas rutas, si desea enviar un datagrama.



	A	I	H	K
A	0	24	20	21
B	12	36	31	28
C	25	18	19	36
D	40	27	8	24
E	14	7	30	22
F	23	20	19	40
G	18	31	6	31
H	17	20	0	19
I	21	0	14	22
J	9	11	7	10
K	24	22	22	0
L	29	33	9	9
JA	8			
JI		10		
JH			12	
JK				6



Ejemplo: La nueva tabla de enrutamiento calculada por J es:



	J	
A	8	A
B	20	A
C	28	I
D	20	H
E	17	I
F	30	I
G	18	H
H	12	H
I	10	I
J	0	-
K	6	K
L	15	K





## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

Este enrutamiento sustituyó al algoritmo de vector distancia que fue utilizado en ARPANET hasta 1979.

### Problemas que resolvió

- “Cuenta hasta infinito”
- No se tomaba en cuenta el ancho de banda



## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

Esta fundamentado en 5 principios:

- Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones
- Medir el retardo y costo para cada vecino
- Construir un paquete informando de su aprendizaje
- Enviar el paquete a los enrutadores conocidos
- Calcular la ruta más corta a todos los enrutadores



## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 1. Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones

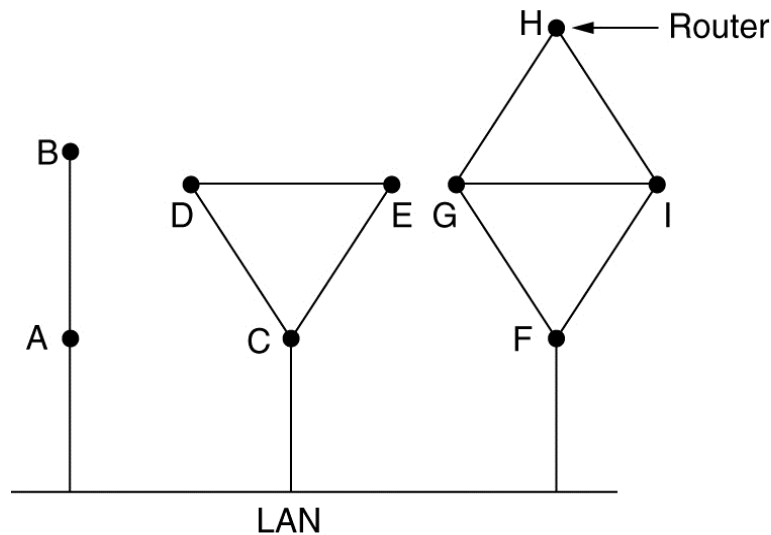
Para “descubrir” a sus vecinos envía un paquete HELLO a cada enlace y espera una respuesta.

**Importante: Los “nombre” de los enrutadores deben ser únicos globalmente**

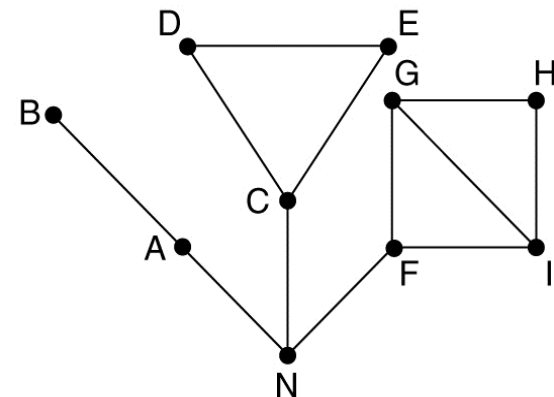


## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 1. Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones



(a)

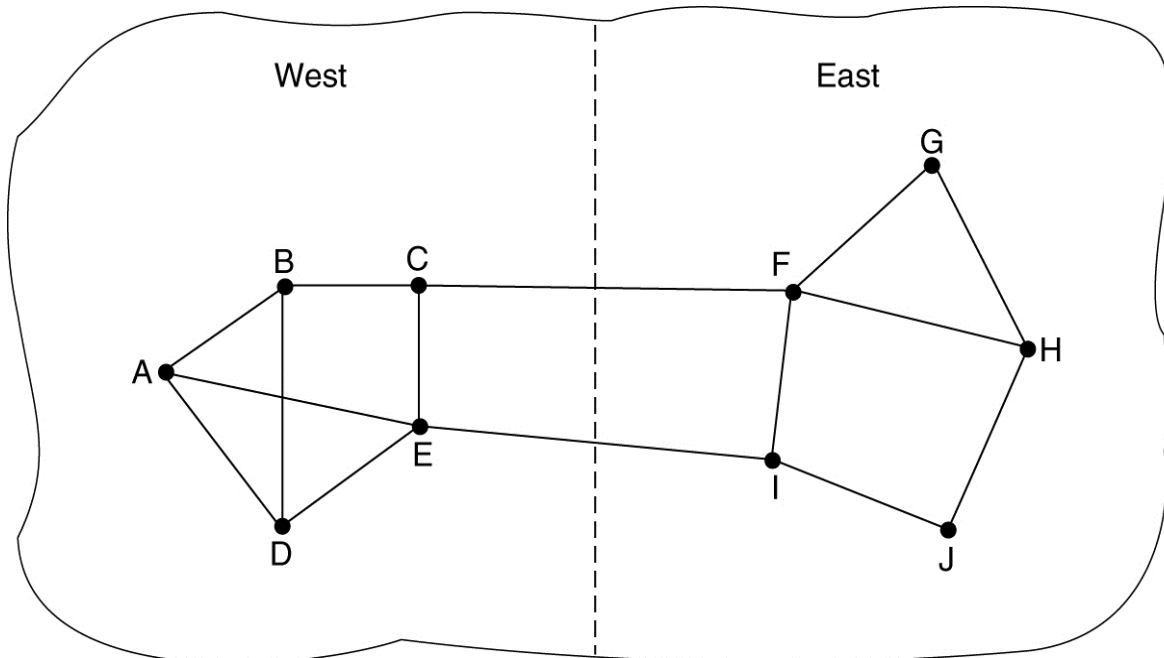


(b)



## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 2. Medir el retardo y costo para cada vecino

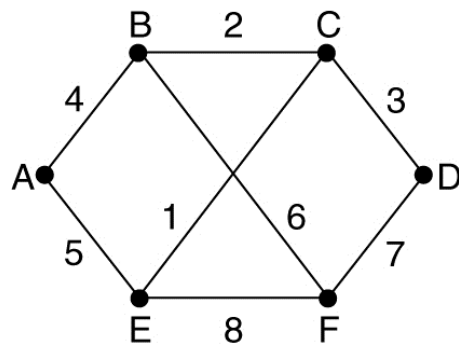




## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 3. Construir un paquete informando de su aprendizaje

Una vez recabada la información en el paso 2, se construye un paquete que los contenga; ID del emisor, número de secuencia, edad, Lista de vecinos



(a)

	Link	State	Packets
A	B	C	D
Seq.	Seq.	Seq.	Seq.
Age	Age	Age	Age
B   4	A   4	B   2	C   3
E   5	C   2	D   3	F   7
	F   6	E   1	
			E   5
			C   1
			F   8
			B   6
			D   7
			E   8

(b)



## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 3. Construir un paquete informando de su aprendizaje

¿ Con qué frecuencia se contruyen los paquetes ?

A intervalos regulares (periódicamente)

Ante eventos ocurridos en la red





## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 4. Enviar el paquete a los enrutadores conocidos

Es la parte más complicada del algoritmo, debido a que los distintos enrutadores podrían estar usando versiones diferentes de la topología, por lo que se cae en inconsistencias, paquetes duplicados, ciclos o destinos inalcanzables



## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 4. Enviar el paquete a los enrutadores conocidos

- Cada paquete posee un número de secuencia y emisor.
- Usa inundación selectiva para informar a enrutadores.
  - Si es nuevo se envía
  - Si es duplicado se descarta
- Si llega un paquete con número de secuencia menor, se rechaza por obsoleto.
- El Campo Edad (age) se decrementa a medida que circula por los enrutadores, si el valor es 0, se descarta



## 5.2 Enrutamiento basado en estado del enlace

### 5. Calcular la ruta más corta a todos los enrutadores

- Cada enrutador obtiene un mapa de la subred
  - Busca rutas óptimas (camino más corto)
  - Almacenamiento en cada enrutador suficiente
- $n$  enrutadores con  $k$  vecinos = Memoria proporcional a  $nk$

Ejemplo: OSPF usado en Internet y basado en este esquema



## 5.3 Enrutamiento híbrido

### 5. Calcular la ruta más corta a todos los enrutadores

- Es una combinación de las características del enrutamiento por vector distancia y de estado de enlace.
- También se denomina enrutamiento híbrido balanceado
- Las métricas que son utilizadas en los vectores de distancia son más precisas, por lo que se calculan mejores rutas hacia las redes destino.



## 5.3 Enrutamiento híbrido

### 5. Calcular la ruta más corta a todos los enrutadores

- Las topologías son cambiadas para mejorar las actualizaciones en las bases de datos de enrutamiento.
- Su convergencia es más rápida que la de los protocolos de estado de enlace.
- Utilizan menos recursos de ancho de banda, memoria y ciclos del procesador.



## 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol

Fue desarrollado por Xerox y adoptado por el Protocolo de Internet (IP) a principios de la década de 1980.

Esta definido en el RFC 1058

En su funcionamiento utiliza el algortimo de vector distancia Bellman-Ford



## 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol

### Características

- El número de saltos se utiliza como métrica para la selección de rutas.
- Cada enrutador envía a sus vecinos su vector de distancia cada 30 segundos.
- Si el número de saltos es mayor que 15 el paquete se descarta (inalcanzable).





## 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol

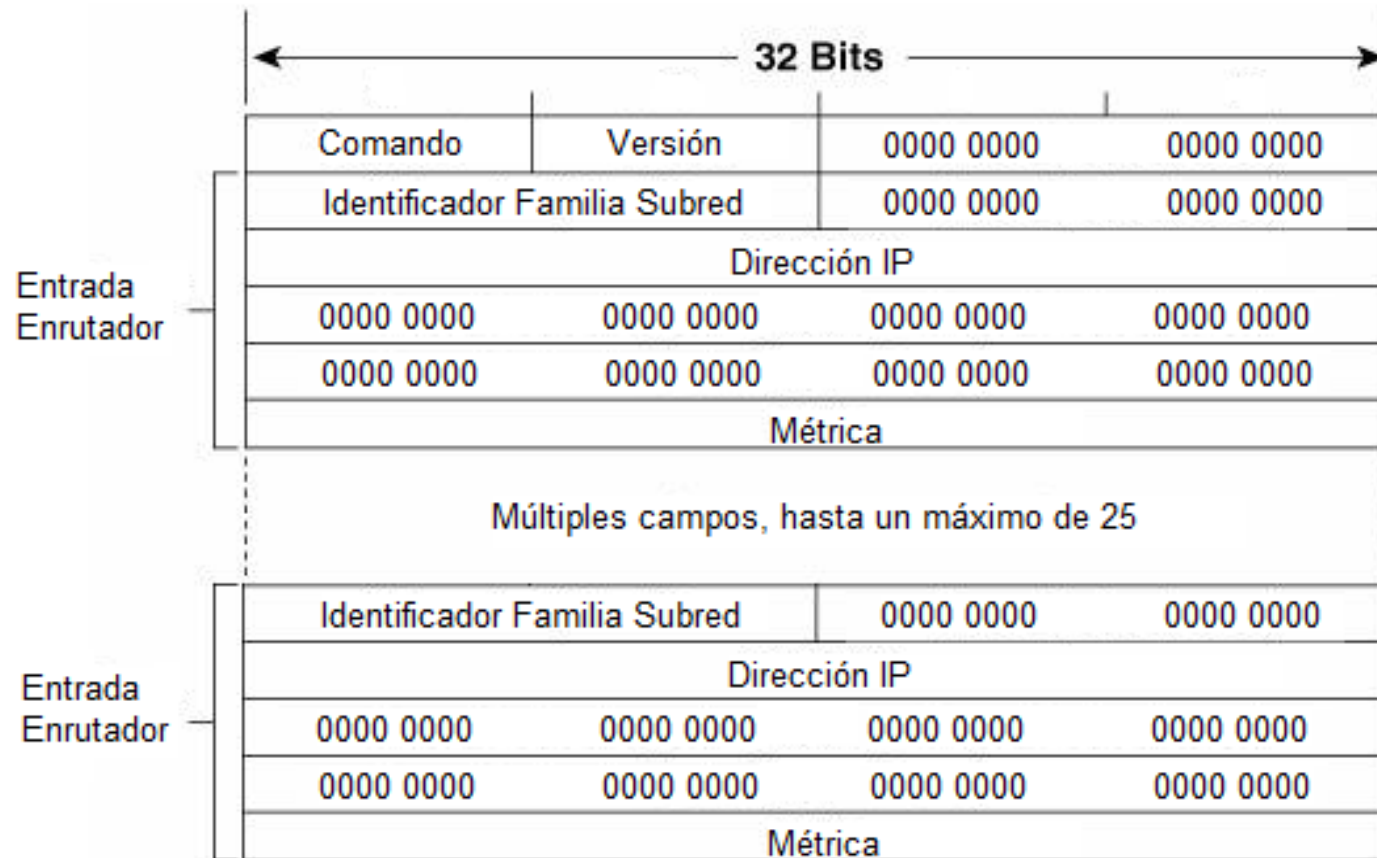
### Características

- Una entrada de la tabla de enrutamiento se vuelve inválida si pasan 180 segundos sin que sea actualizada.
- Los mensajes RIP se encapsulan en datagramas UDP, pueden enviarse hasta 25 entradas del vector de distancia.
- Para transportar vectores grandes se utilizan varios mensajes (segmentación).

# 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol



## Formato del mensaje RIPv1





## 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol

RIP ha evolucionado de Classful Routing Protocol RIP Version 1 (RIPv1) a Classless Routing Protocol RIP Version 2 (RIPv2)

- Classful: La máscara de subred tiene la misma longitud
- Classless: Diferente longitud en la máscara de subred



## 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol

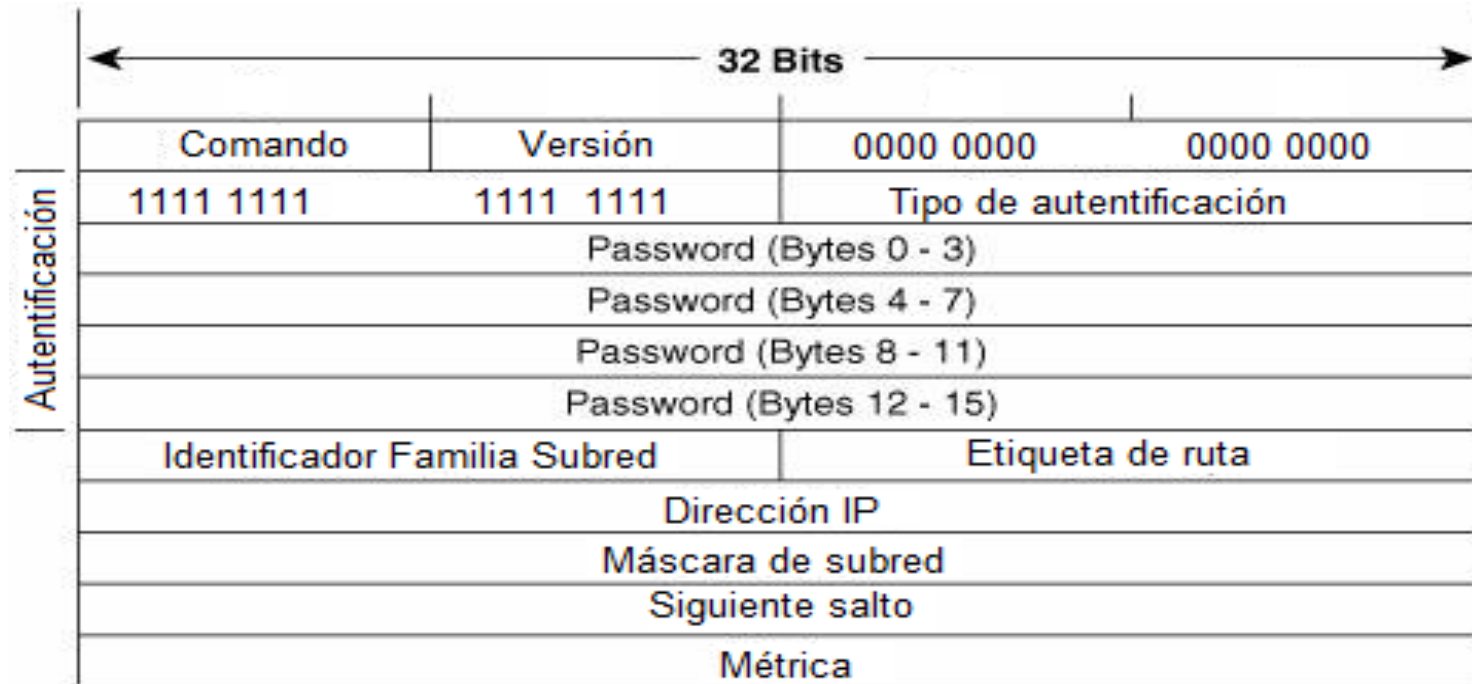
Las mejoras de RIP v2 incluyen:

- Envía la máscara de subred.
- Soporta Variable Length Subnet Masking (VLSM).
- Tiene un mecanismo de autenticación: Password o MD5.
- Utiliza multicast (224.0.0.9) en lugar de broadcast

# 5.4.1 RIP: Routing Information Protocol



## Formato del mensaje RIPv2



Múltiples campos, hasta un máximo de 25



## 5.4.2 OSPF: Open Shortest Path First

La evolución de los protocolos de enrutamiento llevo a desarrollar un protocolo que cumpliera con los siguientes requisitos:

- No propietario
- Deberi tenet soporte para diversas métricas
- Adaptativo
- Utilizaría enrutamiento por tipo de servicio





## 5.4.2 OSPF: Open Shortest Path First

La evolución de los protocolos de enrutamiento llevo a desarrollar un protocolo que cumpliera con los siguientes requisitos:

- Debe ser capaz de un balanceo de cargas sobre los enlaces
- Utilizar un enrutamiento jerárquico para alcanzar escalabilidad
- Mejorar el nivel de seguridad para la información de los enrutadores







## 5.4.2 OSPF: Open Shortest Path First

OSPF soporta:

- Conexiones punto a punto.
- Redes de acceso múltiple acceso y redes de área local (broadcast).
- Redes de múltiple acceso sin broadcast, es decir, redes de paquetes conmutados)

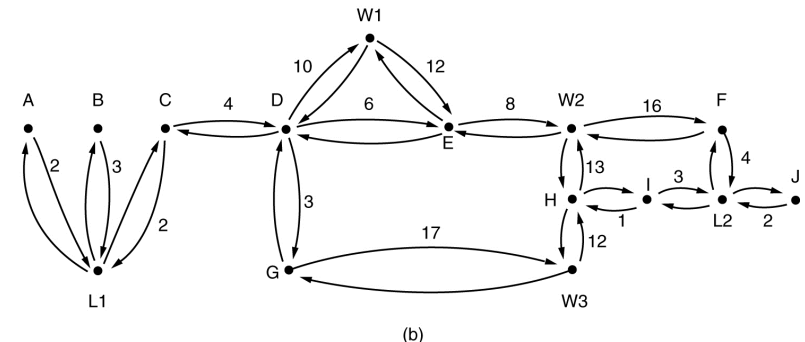
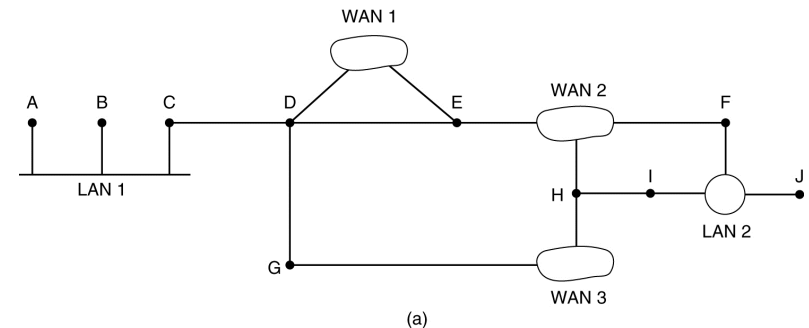


## 5.4.2 OSPF: Open Shortest Path First

Este protocolo trabaja mediante la utilización de un grafo:

Nodo: Enrutador o Red de acceso múltiple

Arco: Enlace (métrica)



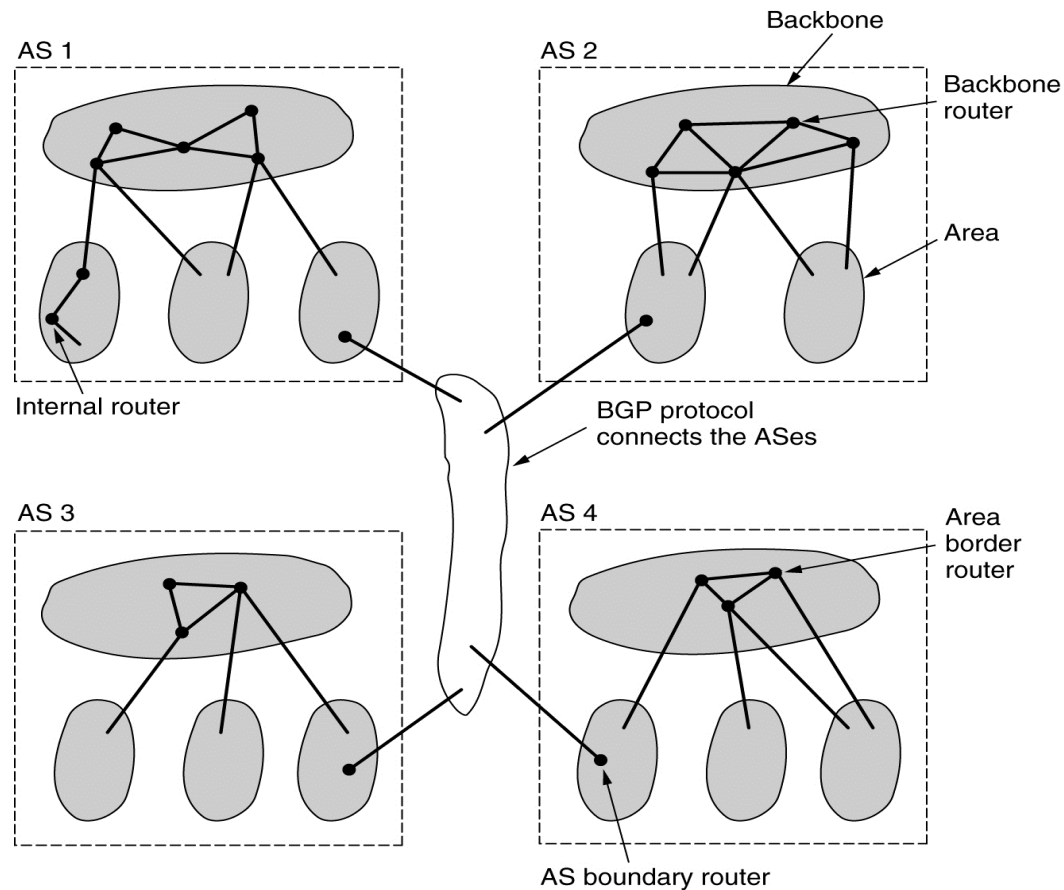


## 5.4.2 OSPF: Open Shortest Path First

- Con el protocolo es posible subdividir las redes en áreas
- Los enrutadores pueden pertenecer o no a las áreas
- Todas las áreas poseen red de trocal (backbone)



## 5.4.2 OSPF: Open Shortest Path First





## 5.4.3 IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

Interior Gateway Routing Protocol es un protocolo propietario de Cisco que utiliza el algoritmo de vector de distancia (como RIP)

Utilizado en los equipos Cisco, como los que utilizamos en el simulador Packet Tracer



## 5.4.3 IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

### Características

- A diferencia de RIP el número de saltos no está limitado a 15.
- Las actualizaciones se envían cada 90 segundos, por lo que se carga menos la red con información de enrutamiento.
- Puede balancear la carga entre múltiples rutas que tienen una distancia equivalente.



## 5.4.3 IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

### Características

- Utiliza una métrica compuesta (ancho de banda, carga, latencia, fiabilidad).

Media	Bandwidth	BW <sub>IGRP</sub>	Delay	DLY <sub>IGRP</sub>
100M ATM	100000K	100	100mS	10
Fast Ethernet	100000K	100	100mS	10
FDDI	100000K	100	100mS	10
HSSI	45045K	222	20000mS	2000
16M Token Ring	16000K	625	630mS	63
Ethernet	10000K	1000	1000mS	100
T1	1544K	6476	20000mS	2000
DS0	64K	156250	20000mS	2000
56K	56K	178571	20000mS	2000
Tunnel	9K	1111111	500000mS	50000





## 5.4.4 EIGRP: Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

EIGRP es la versión mejorada del IGRP también de Cisco.

- Al igual que los anteriores, es un protocolo de enrutamiento de vector distancia pero mejorado.
- Usa balanceo de cargas unequal-cost y equal-cost.
- Usa una combinación de capacidades del vector distancia y estado del enlace.
- Usa Diffused Update Algorithm (DUAL) para calcular el camino más corto.



## Referencias bibliográficas

[1] Tanenbaum, Andrew S. , "Redes de computadoras", Quinta Edición, Editorial Pearson Educación de México, 2011, ISBN 9786073208178.

[2] Stallings, William, "Data and computer communications", Novena Edición, Pearson Prentice Hall, 2011, ISBN 9780131392050

[3] Kurose, James F., Ross, Keith W., " Redes de computadoras. Un enfoque descendente" Quinta edición, Pearson Educación, 2010, ISBN 9788478291199



## Referencias bibliográficas

[4] Parkhurst, Bill, “Routing first-step ”, Cisco Press, 2005, ISBN 978-1587201226

[5] Natalia Olifer, Victor Olifer, "Redes de computadoras : principios, tecnologías y protocolos para el diseño de redes" Primera edición, McGraw Hill, 2009, 9789701072493



## Enlaces Web

[A] <http://authors.phptr.com/tanenbaumcn4/> , página del libro Redes de computadoras de Andrew S. Tanenbaum.

[B] <http://labredes.esimez.ipn.mx/> , pagina laboratorio de redes de ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional.

[C] [http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/sistemas/plan97/tecn\\_informac/briano/seoane/tp/2002\\_1/redes.h](http://www.econ.uba.ar/www/departamentos/sistemas/plan97/tecn_informac/briano/seoane/tp/2002_1/redes.h) Materia: Tecnología de la Información Dr. José Seoane Departamento de Sistemas Universidad de Buenos Aires, Argentina.

[D] <http://informatica.uv.es/iiguia/AER/Tema4.pdf>, Materia: Aplicaciones específicas de red, Jose J. Samperio, departamento de Informática, Universidad de Valencia, España.



# HUMANISMO QUE TRANSFORMA

---

[www.uaemex.mx](http://www.uaemex.mx)