

# Trabajo Práctico - Tecnología Digital IV

Juan Gonzalez Merlhe, Jonathan Jeifetz, Juan Ignacio Elosegui

Junio 2025

# Sección I: Ejercicios

## Ejercicio 1

a)

El protocolo ICMP es mayormente útil para reportar errores en la comunicación entre hosts y routers. Ejemplos comunes de uso incluyen: informar que un destino no es alcanzable; indicar que el TTL de un paquete expiró o realizar pruebas de conectividad mediante herramientas como ping.

b)

ICMP Type	Code	Description
0	0	echo reply (to ping)
3	0	destination network unreachable
3	1	destination host unreachable
3	2	destination protocol unreachable
3	3	destination port unreachable
3	6	destination network unknown
3	7	destination host unknown
4	0	source quench (congestion control)
8	0	echo request
9	0	router advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	IP header bad

Ping utiliza los siguientes tipos de mensaje ICMP:

- Tipo 8, Código 0: Echo Request → enviado por el host origen.
- Tipo 0, Código 0: Echo Reply → respuesta del host destino.

Proceso: en un primer momento, el host origen envía un mensaje ICMP tipo 8 (echo request) al destino. Después, el host destino, al recibir el mensaje, responde con un mensaje ICMP tipo 0 (echo reply). Finalmente, el host origen mide el tiempo entre envío y recepción para determinar la latencia y verificar la conectividad.

c)

*Traceroute* es una herramienta que permite descubrir la ruta que siguen los paquetes hasta llegar a un destino. Para hacerlo, envía datagramas IP con valores de TTL (*Time To Live*)

que comienzan en 1 y aumentan de a uno. Cada router que recibe un paquete le resta 1 al TTL.

Cuando el TTL llega a 0, el router descarta el paquete y responde con un mensaje ICMP de tipo 11 código 0, indicando que el tiempo se excedió. De esta forma, el primer paquete es descartado por el primer router, el segundo por el segundo router, y así sucesivamente. Cuando finalmente el TTL es lo suficientemente alto para que el paquete llegue al destino, el paquete no se descarta. En lugar de eso, llega al host final, que intenta procesarlo. Como *Traceroute* envía un segmento UDP con un número de puerto muy alto y poco probable (por ejemplo, un número de puerto que no está siendo usado por ningún servicio), el sistema operativo del host destino no encuentra ningún proceso que esté escuchando en ese puerto.

Por lo tanto, responde con un mensaje ICMP de tipo 3 código 3, que indica que el puerto de destino es inalcanzable. Ese mensaje le confirma a *Traceroute* que el paquete llegó al destino y que ya no es necesario seguir enviando más paquetes con TTL mayor.

Así, *Traceroute* puede identificar todos los routers intermedios y medir el tiempo de ida y vuelta a cada uno hasta alcanzar el destino final.

## Sección II: Experimentación e Informe

### Comentario Ejercicio 3

Nos dimos cuenta que implementamos en el código una forma de detectar los errores de Tipo 3. El problema es que no siempre nos devuelve el error, casi nunca nos lo devuelve. Esto puede ser por dos cosas:

1. Nuestro Router filtra este tipo de respuestas/errores
2. El Host no responde

### Ejercicio 4

a)

Consideramos enviar diez *ping* de 28 bytes con 0 bytes de payload a cinco universidades distintas de cinco continentes distintos un domingo a las 17:00hs. Hicimos los *ping* con el código que desarrollamos en el inciso 2.

Veamos los resultados de los *ping*:

Los *ping* que más tardaron fueron los que enviamos a la Universidad de Tsinghua (en China) y a la Universidad de Nairobi (en Kenia). Esto es algo lógico, va a tardar en llegar, ya que son dos países bastante lejos respecto de Buenos Aires.

Pero notamos algo curioso cuando enviamos un *ping* a la Universidad de Melbourne (en Australia). El tiempo promedio de RTT de los *ping* a Australia fue el más rápido de todos los que probamos. Australia está casi tan lejos como China, e incluso más lejos que Kenia. ¿Qué fue lo que pasó? Pensamos lo siguiente:

- Probablemente la Universidad de Melbourne tenga muy buenos servidores para darnos una respuesta lo más rápido que pueda.
- Es importante notar que, al hacer las consultas a las 17:00hs en Argentina, son las 06:00hs en Melbourne. Es lógico pensar que no haya tantos *requests* a esa hora probablemente.
- Pocas cosas hay entre Australia y Argentina, más allá del Océano Pacífico. Hay rutas muy directas y bien mantenidas entre América del Sur y Australia a través de cables como el *Southern Cross* o *Hawaiki*, que dan buena conectividad.

Es probable que haya tenido mejores tiempos que China o Kenia no sólo por una cuestión de distancia, sino por cómo están interconectados con redes internacionales. China, por ejemplo, tiene firewalls, filtros y otras capas que pueden hacer más lento el tráfico incluso si la distancia física no lo justifica del todo. Respecto a Kenia, a nivel de infraestructura, es uno de los tantos países africanos que aún dependen de rutas internacionales que pasan por Europa, lo que implica más saltos y posibles cuellos de botella.

**b)**

Los resultados de los *ping* hechos con nuestra implementación, y el comando *ping* original están detallados en la página 6.

¿Por qué se dieron estas diferencias -por más leves que sean- entre el *ping* desarrollado y *ping* original?

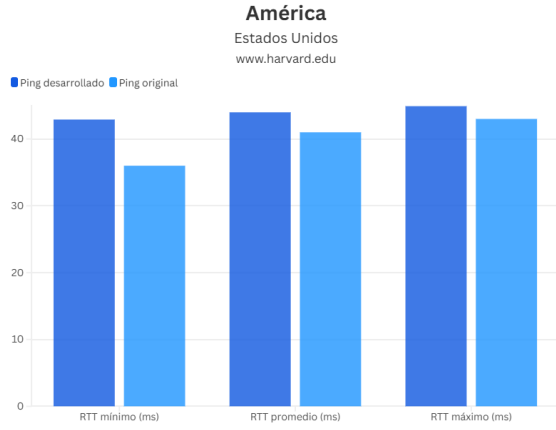
Las diferencias en el RTT pueden deberse a varios factores técnicos relacionados con la precisión de la medición, el tipo de paquetes utilizados, y el entorno de ejecución incluso.

Primero, la herramienta de Windows -el *ping* original- está optimizada para medir con mucha precisión, usando temporizadores de alta resolución y midiendo el RTT desde que realmente se envía el paquete hasta que se recibe la respuesta. En cambio, una herramienta propia puede usar relojes menos precisos o medir momentos diferentes (por ejemplo, incluyendo tiempo de procesamiento interno), lo que introduce errores. Obviando que claramente es menos sofisticada que una herramienta que pueda desarrollar Microsoft.

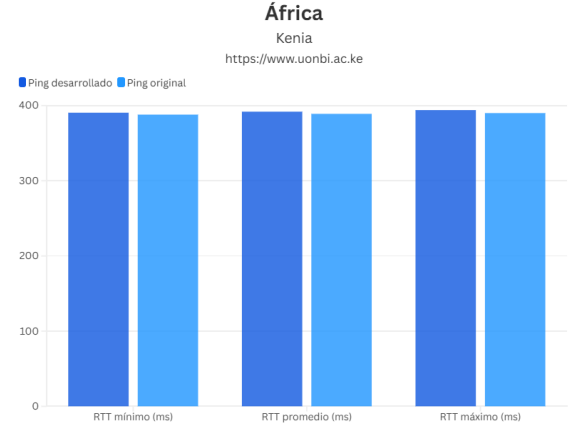
Además, puede haber diferencias si no se usa el mismo protocolo: *ping* de Windows usa ICMP *Echo Request/Reply*, que es tratado de forma especial por muchos routers. Si la herramienta nuestra usara otro protocolo, como TCP o UDP, o si cambia el tamaño o el formato del paquete, eso también puede afectar el resultado.

Finalmente, el entorno importa: llegamos a pensar que, incluso, puede variar (aunque sea mínimamente) el RTT si corremos el código en Linux, macOS, o bien Windows.

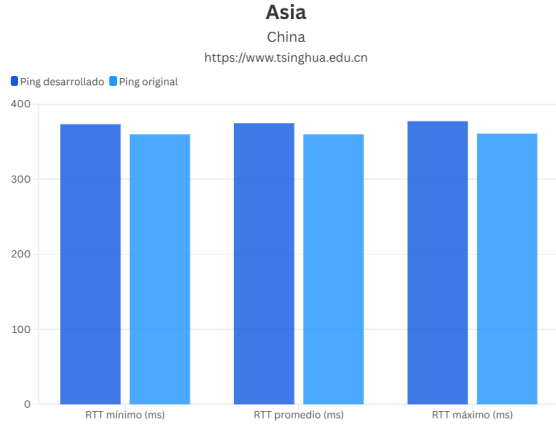
**Aclaración:** Modificamos la implementación original de *ping* para enviar paquetes de 28 bytes con 0 bytes de payload al igual que en nuestra implementación default propia.



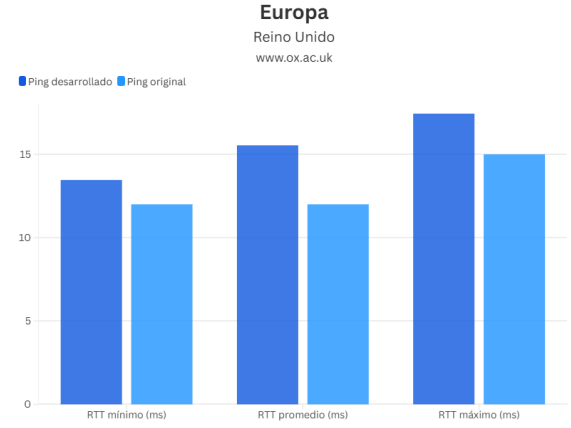
(a) *Ping* a Harvard (América)



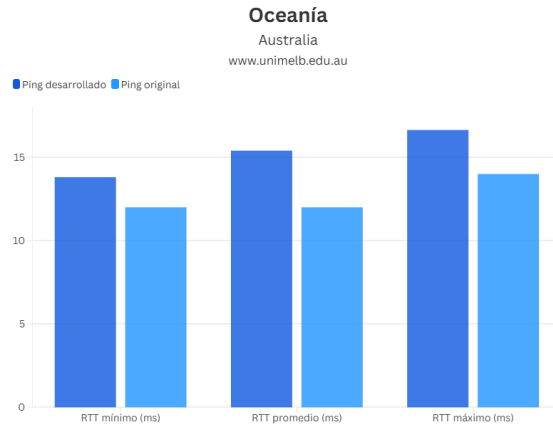
(b) *Ping* a Universidad de Nairobi (África)



(c) *Ping* a Universidad Tsinghua (Asia)



(d) *Ping* a Universidad Oxford (Europa)



(e) *Ping* a Universidad de Melbourne (Oceanía)

Figura 1: Resultados de *ping* desarrollado y *ping* original a universidades de distintos continentes.

## Ejercicio 5

Los resultados de los pings durante una semana a *www.utdt.edu* son los siguientes:

Día	Momento del día	RTT (en ms)
domingo 08.06	Mañana	20,09
	Tarde	21,04
	Noche	14,76
lunes 09.06	Mañana	24,14
	Tarde	18,39
	Noche	19,2
martes 10.06	Mañana	20,99
	Tarde	17,05
	Noche	15,55
miércoles 11.06	Mañana	22,44
	Tarde	23,43
	Noche	18,36
jueves 12.06	Mañana	21,95
	Tarde	16,29
	Noche	10,12
viernes 13.06	Mañana	21,71
	Tarde	19,9
	Noche	13,28
sábado 14.06	Mañana	20,36
	Tarde	15,82
	Noche	16,48
domingo 15.06	Mañana	21,78
	Tarde	27,99
	Noche	21,44

En la tabla de nuestras métricas notamos que los RTT por la noche suelen ser más bajos. Por la mañana y por la tarde, suelen ser más altos considerablemente.

Es importante diferenciar que *www.utdt.edu* es distinto al Campus Virtual. No es lo que estamos analizando.

Las explicaciones que intentamos darle a este fenómeno son las siguientes:

1. En general, durante el día, hay mayor actividad en internet por trabajo, estudio y uso recreativo. Esto genera más tráfico y puede elevar los tiempos de respuesta.
2. Además, algunos ISPs optimizan recursos en horarios de menor carga (como la madrugada o noche), lo que reduce el RTT.
3. Las pruebas fueron hechas en el barrio porteño de Núñez: si muchos usuarios están conectados al mismo nodo, los paquetes probablemente tarden más en pasar.
4. Algunos servicios técnicos o de mantenimiento de red se hacen de noche, aunque eso no necesariamente incrementa el RTT, puede también optimizarlo si liberan tráfico.

Concluimos en grupo que el tiempo de RTT puede estar directamente relacionado con la demanda y las cargas que se manejen en la red en un momento dado del día, aunque seguramente haya otros factores más o menos influyentes a menor escala, como los que detallamos en la lista.