



**DEPARTAMENTO  
DE COMPUTACION**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

# Trabajo Práctico 2

## Rutas en Internet

9 de noviembre de 2015

Teoría de las Comunicaciones  
2do Cuatrimestre de 2015

### Grupo 5

| Integrante       | LU     | Correo electrónico          |
|------------------|--------|-----------------------------|
| Abásolo, Nicolás | 310/08 | nabasolo@dc.uba.ar          |
| Garrone, Javier  | 151/10 | javier3653@gmail.com        |
| Negri, Franco    | 693/13 | franconegri2004@hotmail.com |
| Santos, Diego    | 874/03 | diego.h.santos@gmail.com    |

| Instancia       | Docente | Nota |
|-----------------|---------|------|
| Primera entrega |         |      |
| Segunda entrega |         |      |



**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**  
Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)

Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel/Fax: (54 11) 4576-3359

<http://www.fcen.uba.ar>

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción</b>                               | <b>2</b>  |
| 1.0.1. Host Destino . . . . .                        | 2         |
| <b>2. Desarrollo</b>                                 | <b>2</b>  |
| <b>3. Análisis de datos</b>                          | <b>4</b>  |
| 3.1. Universidad París Descartes - Francia . . . . . | 4         |
| 3.2. Universidad de Mosku - Rusia . . . . .          | 6         |
| 3.3. Universidad de Hong Kong - China . . . . .      | 9         |
| 3.4. Universidad de Sydney - Australia . . . . .     | 12        |
| <b>4. Conclusiones</b>                               | <b>16</b> |

## 1. Introducción

En el siguiente trabajo práctico hemos realizado nuestra propia implementación de la herramienta *traceroute*. Esta herramienta permite conocer la ruta de los paquetes en una conexión *end to end*. En nuestra implementación enviamos paquetes *ICMP* e incrementamos gradualmente el valor de *TTL* empezando con un valor fijo igual a 1 (uno). Utilizamos la herramienta para realizar distintas experimentaciones, entre ellas conocer las rutas que atraviesan los paquetes hasta que llegan a cuatro universidades localizadas en distintos puntos de la Tierra, y calcular los *RTT*s promedio de los distintos saltos. Una vez obtenida esta información se utilizó para detectar enlaces submarinos entre continentes. Nos hemos basado que ante grandes variaciones de *RTT* podríamos estar en presencia de un enlace submarino.

### 1.0.1. Host Destino

Se han utilizado sitios web de universidades dado que es más probable que los servidores web se encuentren en el propio país. Las universidades están ubicadas en otros continentes. Antes de los análisis hemos hecho un *ping* para comprobar el estado de la comunicación de nuestro host con el host destino. De esta manera no sólo hemos comprobado la conexión sino que además hemos obtenido la *IP* del host destino.

Se utilizarán como objetivos las siguientes universidades:

1. Universidad París Descartes - Francia (www.univ-paris5.fr) (IP: 193.51.86.16)
2. Universidad de Musku - Rusia (www.msu.ru) (IP: 188.44.50.103)
3. Universidad de Hong Kong - China (www.ust.hk) (IP: 143.89.14.2)
4. Universidad de Sydney - Australia (www.sydney.edu.au) (IP: 129.78.5.11)

## 2. Desarrollo

Hemos implementado una versión *traceroute* en Python utilizando la biblioteca Scapy. Hicimos uso del campo *Time To Live (TTL)*, el cual fuimos incrementando sucesivamente para alcanzar todos los nodos intermedios en la ruta hacia el host final (en nuestro caso una Universidad). Durante estos envíos almacenamos las *IPs* de los nodos alcanzados y calculamos el *RTT* promedio desde el origen hasta cada nodo. Una vez que hemos calculado la media *RTT* se calculó el desvío estandard para cada salto mediante la herramienta *std*<sup>1</sup> que nos ofrece la biblioteca *Numpy*. Por último, a partir del *RTT* promedio, hemos obtenido el valor  $\Delta RTT$  de cada enlace calculando la diferencia con el salto anterior:

$$\Delta RTT = RTT_i - RTT_{i-1} \quad (1)$$

Nuestro principal objetivo es detectar enlaces submarinos. Al ser un enlace punto a punto suponemos que el *RTT* debe aumentar de forma significativa al pasar por un enlace submarino. Nuestra suposición se basa en que no hay nodos intermedios y se recorre una gran cantidad de kilómetros. Por lo tanto, nos interesa identificar los *outliers* (valores atípicos) de la distribución de los *RTT*.

Se han tomado los  $\Delta RTT$  para detectar los *outliers* mediante el Test de *Grubbs*<sup>2</sup>. Dicho test asume que los datos iniciales siguen una distribución normal.

<sup>1</sup><http://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/generated/numpy.std.html>

<sup>2</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Grubbs'\\_test\\_for\\_outliers](https://en.wikipedia.org/wiki/Grubbs'_test_for_outliers)

Hemos utilizado la herramienta *normalTest*<sup>3</sup> de Scipy. Con esta herramienta calculamos la probabilidad de que los  $\Delta RTT$  sigan una distribución normal. En nuestra implementación no toleramos una probabilidad menor al 95 %. En caso de lograr una probabilidad mayor se indica el valor *Alpha* de probabilidad de rechazo de la hipótesis. Una vez que hemos obtenido una buena probabilidad del test de normalidad se ha procedido a generar un test de hipótesis basándonos en el mencionado Test de *Grubbs*. *Grubbs* sugiere que en caso de existir *outliers* la hipótesis de que no existen valores atípicos es rechazada. Por lo cual tomaremos como *outliers* aquellos saltos que hagan rechazar la hipótesis. Estos *outliers*, suponemos, son producidos en las mediciones por los enlaces submarinos que alteran el  $\Delta RTT$  promedio.

Posteriormente hemos contrastado lo realizado y medido contra la realidad. Mediante la herramienta de geolocalización<sup>4</sup> pudimos ubicar en un mapa la localización aproximada de las direcciones *IP* que nuestro *traceroute* nos brinda. Al graficarnos una ruta hasta el host final hemos podido verificar si los *outliers* que hemos detectado corresponden a enlaces submarinos y comprender con mayor precisión lo que está sucediendo.

---

<sup>3</sup><http://docs.scipy.org/doc/scipy-0.14.0/reference/generated/scipy.stats.normaltest.html>

<sup>4</sup><http://www.plopi.com/>

### 3. Análisis de datos

Para cada host destino se ha monitoreado la ruta durante un tiempo considerable. De esta manera se ha buscado que los datos se estabilicen y sean lo más certero posible.

A continuación detallamos la información obtenida en las mediciones. Es importante aclarar que en las tablas de monitoreo la información de Ubicación fue obtenida de la herramienta *http://www.plopi.com/*. Como hemos hallado inconsistencias, dicha ubicación podría ser modificada en las conclusiones finales.

#### 3.1. Universidad París Descartes - Francia

Presentamos en la siguiente tabla los resultados obtenidos del último monitoreo.

| Hop | IP              | RTT promedio (s) | deltaRTT promedio | Ubicación                              |
|-----|-----------------|------------------|-------------------|--|
| 1   | 192.168.0.1     | 0,006502         | 0,006502          | Argentina - Buenos Aires               |
| 2   | 200.89.164.189  | 0,025426         | 0,018924          | Argentina - Buenos Aires               |
| 3   | 200.89.165.5    | 0,022739         | 0                 | Argentina - Buenos Aires               |
| 4   | 200.89.165.250  | 0,023967         | 0,001227          | Argentina - Buenos Aires               |
| 5   | 206.165.31.213  | 0,023886         | 0                 | Estados Unidos                         |
| 6   | 67.16.139.18    | 0.153896         | 0,130009          | Estados Unidos - Manhattan             |
| 7   | 213.248.76.189  | 0,147402         | 0                 | Europa (Telia Network Services)        |
| 8   | 62.115.143.64   | 0,173705         | 0,026303          | Europa (Telia Network Services UK)     |
| 9   | 213.155.130.86  | 0,174316         | 0,000610          | Europa (Telia Network Services UK)     |
| 10  | 80.239.132.130  | 0,183801         | 0,009485          | Alemania (Telia AB/Telia Int. Carrier) |
| 11  | 195.2.30.46     | 0,249497         | 0,065696          | Europa                                 |
| 12  | 195.2.28.154    | 0,244204         | 0                 | Europa                                 |
| 13  | 195.2.10.145    | 0,243621         | 0                 | Europa                                 |
| 14  | 195.10.54.66    | 0,269441         | 0,025820          | Francia (Dyson Ltd)                    |
| 15  | 193.51.177.25   | 0,271685         | 0,002243          | Francia - Paris                        |
| 16  | 193.51.177.116  | 0,258662         | 0                 | Francia - Paris                        |
| 17  | 193.51.181.101  | 0,258660         | 0                 | Francia - Paris                        |
| 18  | 195.221.127.166 | 0,269296         | 0,010635          | Francia - Paris                        |
| 19  | 193.51.86.16    | 0,256802         | 0                 | Francia                                |
| 20  | 193.51.181.101  | 0,258082         | 0,001279          | Francia                                |
| 21  | 193.51.181.101  | 0,254919         | 0                 | Francia                                |
| 22  | 193.51.181.101  | 0,255926         | 0,001007          | Francia                                |
| 23  | 193.51.181.101  | 0,254769         | 0                 | Francia                                |
| 24  | 193.51.181.101  | 0,256566         | 0,001797          | Francia                                |

Con estos datos hemos obtenido que los  $\Delta RTT$  siguen una distribución normal con una probabilidad del 99,5% ( $\alpha = 0,005$ ). Se ha realizado el test de *Grubbs* y nos ha devuelto que los *outliers* se encuentran en los saltos 6 y 11.

A continuación mostramos que ocurre con los *RTT* promedio de cada salto y con los *zScore* promedio de cada salto:

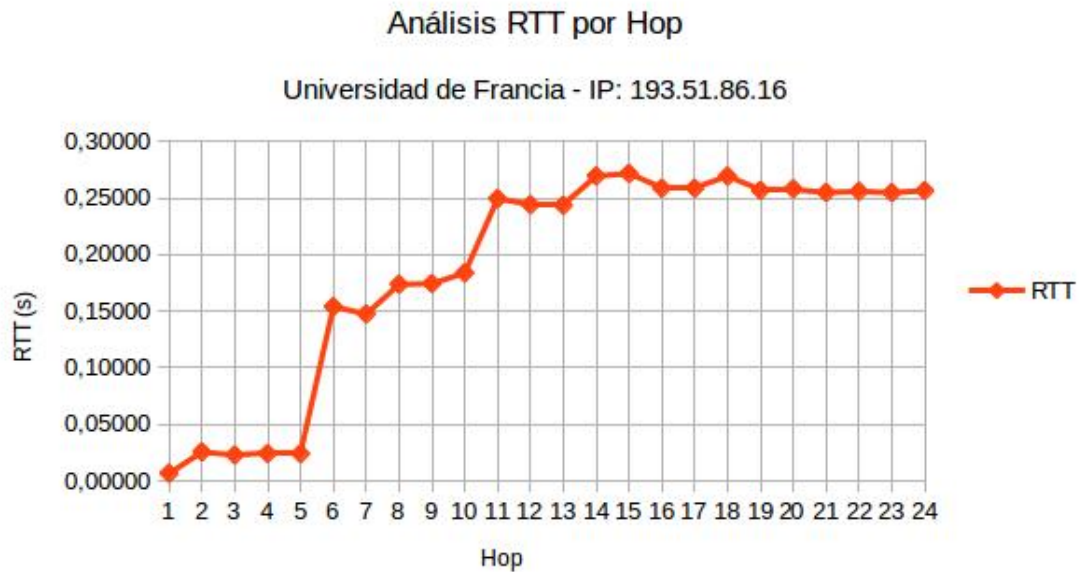


Figura 1: RTT promedio por hop - Universidad de Francia

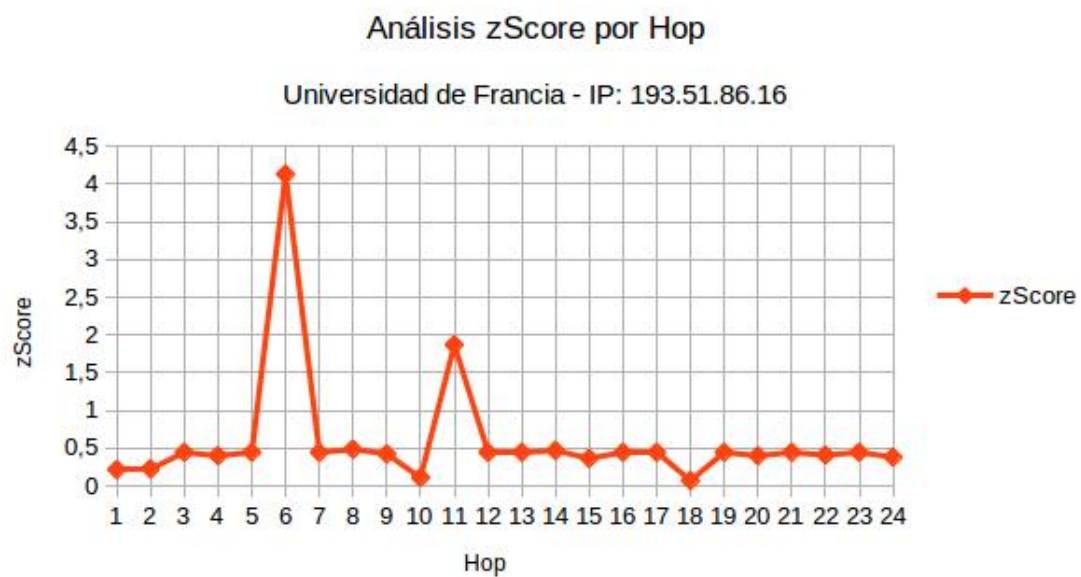


Figura 2: zScore promedio por hop - Universidad de Francia

En ambos gráficos se puede apreciar como en los saltos 6 y 11 (los que nos habían dado como *outliers* en el test de *Grubbs*) hay un cambio abrupto en la distribución de los datos. En el gráfico de *RTT* podemos notar cómo sube de golpe el *RTT* promedio. En el otro gráfico podremos observar cómo se forman picos en estos saltos.

Nos ha llamado la atención que figuren dos *outliers* cuando el enlace submarino debería ser solamente uno para ir hacia Francia. Verificando las ubicaciones de los host intermedios notamos

que el primer *outlier* corresponde a un host que se encuentra en Estados Unidos (el cual nosotros desde Argentina estamos a más de 8000 kilómetros). El salto 5, según nos indica la herramienta de geolocalización, se encontraría en Estados Unidos pero no creemos que sea cierto dado que el *RTT* es muy similar a los hosts ubicados en Argentina.

El segundo *outlier* detectado corresponde al salto 11 donde ya nos ubicamos en un host europeo. Aquí claramente ya hemos atravesado un enlace submarino desde Estados Unidos hacia Europa. También nos ha llamado la atención al localizar los hosts anteriores del salto 11: los hemos localizado en Europa. Sin embargo no tienen un cambio de *RTT* significativo por lo que estimamos que se encuentran en Estados Unidos. Los saltos 7, 8, 9 y 10 corresponden a hosts de la empresa de telecomunicaciones Telia y estimamos que debe contratar servicios en Estados Unidos. Por este motivo no notamos en los *RTT* cambios abruptos ni picos en los *zScore* obtenidos.

Para los demás saltos hemos notado que los  $\Delta$  *RTT* son similares y los host debe estar equidistantes hasta llegar al host destino dado que no hemos observado valores atípicos.

A continuación hemos trazado en un mapa la ruta de nuestro host hasta el host destino ubicado en Francia:



Figura 3: Ruta en Internet - Universidad de Francia

### 3.2. Universidad de Mosku - Rusia

Presentamos en la siguiente tabla los resultados obtenidos del último monitoreo.

| Hop | IP              | RTT promedio (s) | deltaRTT promedio | Ubicación                      |
|-----|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1   | 192.168.0.1     | 0.003286         | 0.003286          | Argentina                      |
| 2   | 200.89.164.165  | 0.018267         | 0.014980          | Argentina                      |
| 3   | 200.89.165.130  | 0.018018         | 0                 | Argentina                      |
| 4   | 200.89.165.222  | 0.023129         | 0.005110          | Argentina                      |
| 5   | 206.165.31.213  | 0.0159362        | 0                 | United States                  |
| 6   | 67.17.75.66     | 0.153266         | 0.137330          | United States                  |
| 7   | 4.68.111.121    | 0.144784         | 0                 | United States                  |
| 8   | 4.69.158.253    | 0.267091         | 0.122307          | United States                  |
| 9   | 4.69.158.253    | 0.266443         | 0                 | United States                  |
| 10  | 213.242.110.198 | 0.313186         | 0.046742          | United Kingdom                 |
| 11  | 194.85.40.229   | 0.313147         | 0                 | Russian Federation             |
| 12  | 194.190.254.118 | 0.295875         | 0                 | Russian Federation             |
| 13  | 93.180.0.172    | 0.310500         | 0.014625          | Moscow City Russian Federation |
| 14  | 188.44.33.30    | 0.293746         | 0                 | Moscow City                    |
| 15  | 188.44.50.103   | 0.286035         | 0                 | Moscow City                    |

Con estos datos hemos obtenido que los  $\Delta RTT$  siguen una distribución normal con una probabilidad del 99,5% ( $\alpha = 0,005$ ). Se ha realizado el test de *Grubbs* y nos ha devuelto que los *outliers* se encuentran en los saltos 6 y 8.

A continuación mostramos que ocurre con los *RTT* promedio de cada salto y con los *zScore* promedio de cada salto:

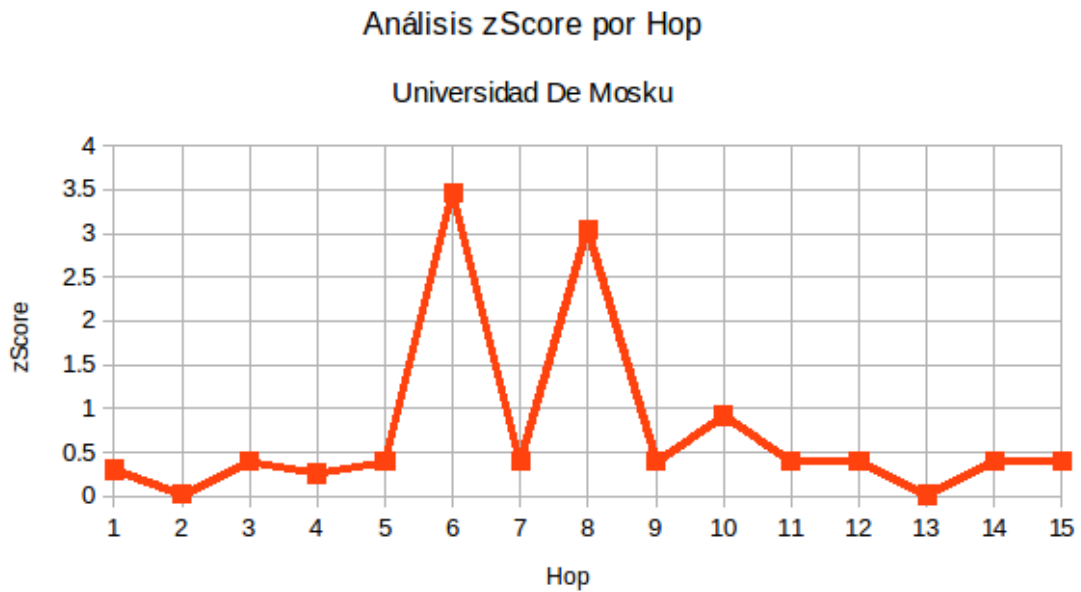


Figura 4: zScore promedio por hop - Universidad de Mosku



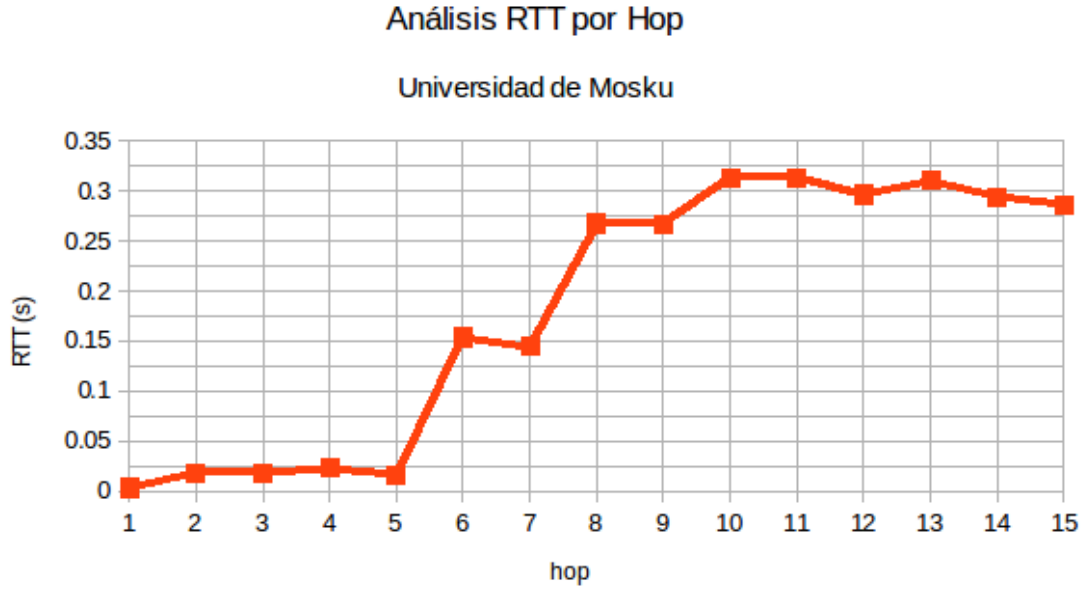


Figura 5: RTT promedio por hop - Universidad de Mosku

De manera preliminar puede verse que la diferencia temporal entre los diferentes saltos permanece en el orden de los  $10^{-3}$  segundos, habiendo tan solo dos casos en que esto no sucede. Primero en el salto 6 y luego en el salto 8 que se encuentran en el orden de los  $10^{-1}$  segundos. Cómo en el caso de la universidad anterior corresponden a los saltos detectados como *outliers*.

Al calcular los *zScore* apreciamos cuán alejados están los valores de la media. Aquí también puede verse que los saltos 6 y 8 son los mas patológicos y por lo tanto, los mejores candidatos a ser enlaces submarinos.

Aún así nos resulta extraño ver que tanto en el salto 6 como en el 8 las *IPs* dicen estar asignadas a hosts de Estados Unidos. Suponemos que podría deberse a que aunque las *IPs* estén asignadas a host de Estados Unidos, el lugar físico donde se encuentren sea otro. Utilizando la herramienta <http://www.infobyip.com/> pudimos observar algunos de los nombres de los hosts por los cuales hicimos el *traceroute*.

De esta herramienta conseguimos la siguiente información:

| hop | IP             | Host name                              |
|-----|----------------|--|
| 5   | 206.165.31.213 | xe-8-3-0.ar3.eze1.gblx.net             |
| 6   | 67.17.75.66    | po3-20G.ar3.MIA2.gblx.net              |
| 7   | 4.68.111.121   | ae5.edge2.miami2.level3.net            |
| 8   | 4.69.158.253   | ae-114-3504.bar1.Stockholm1.Level3.net |

Tomando como hipótesis que los nombres de los hosts se corresponden con su ubicación geográfica, entonces nuestros resultados sobre cuáles son los enlaces submarinos parecerían estar en lo correcto. Esto se debe a que del salto 5 al salto 6 el paquete habría viajado desde Argentina hacia Miami. Y del salto 7 al salto 8 el paquete parecería haber viajado de Miami hacia Estocolmo.

A continuación hemos trazado en un mapa la ruta de nuestro host hasta el host destino ubicado en Rusia tomando como cierta esta última información:



Figura 6: Ruta en Internet - Universidad de Mosku

### 3.3. Universidad de Hong Kong - China

Presentamos en la siguiente tabla los resultados obtenidos del último monitoreo.

| Hop | IP              | RTT promedio (s) | deltaRTT promedio | Ubicación                    |
|-----|-----------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| 1   | 192.168.0.1     | 0.021503         | 0.021503          | Argentina - Buenos Aires     |
| 2   | 200.89.166.177  | 0.028651         | 0.007148          | Argentina - Buenos Aires     |
| 3   | 200.89.165.130  | 0.025739         | 0                 | Argentina - Buenos Aires     |
| 4   | 200.89.165.222  | 0.031074         | 0.005334          | Argentina - Buenos Aires     |
| 5   | 208.178.195.205 | 0.02794          | 0                 | Estados Unidos - Florida     |
| 6   | 67.17.106.162   | 0.1641088        | 0.136164          | Estados Unidos - Kansas      |
| 7   | 64.212.107.98   | 0.1607451        | 0                 | Estados Unidos - Kansas      |
| 8   | 129.250.3.172   | 0.1631746        | 0.002429          | Estados Unidos - Colorado    |
| 9   | 129.250.2.219   | 0.1854111        | 0.022236          | Estados Unidos - Colorado    |
| 10  | 129.250.7.69    | 0.1903247        | 0.004913          | Estados Unidos - Colorado    |
| 11  | 129.250.2.177   | 0.307158         | 0.116833          | Estados Unidos - Colorado    |
| 12  | 129.250.6.144   | 0.313425         | 0.006267          | Estados Unidos - Colorado    |
| 13  | 129.250.2.222   | 0.366600         | 0.0531743         | Estados Unidos - Colorado    |
| 14  | 129.250.6.125   | 0.351373         | 0                 | Estados Unidos - Colorado    |
| 15  | 129.250.3.11    | 0.3576226        | 0.006249          | Estados Unidos - Colorado    |
| 16  | 203.131.246.154 | 0.391269         | 0.0336466         | Hong Kong - Distrito Central |
| 17  | 115.160.187.110 | 0.387334         | 0                 | Hong Kong - Distrito Central |
| 18  | 202.130.98.102  | 0.373508         | 0                 | Hong Kong - Distrito Central |
| 19  | 203.188.117.130 | 0.380355         | 0.006846          | Hong Kong - Distrito Central |
| 20  | 202.14.80.153   | 0.378142         | 0                 | Hong Kong - Distrito Central |
| 21  | 143.89.14.2     | 0.380775         | 0.002632          | Hong Kong - Distrito Central |
| 22  | 143.89.14.2     | 0.382564         | 0.001789          | Hong Kong - Distrito Central |
| 23  | 143.89.14.2     | 0.383357         | 0.000793          | Hong Kong - Distrito Central |
| 24  | 143.89.14.2     | 0.384837         | 0.001479          | Hong Kong - Distrito Central |
| 25  | 143.89.14.2     | 0.384046         | 0                 | Hong Kong - Distrito Central |
| 26  | 143.89.14.2     | 0.385690         | 0.001644          | Hong Kong - Distrito Central |

En base a los resultados obtenidos tomamos los *Delta RTT* y realizamos un test de normalidad de nivel *alpha* 0,005 y podemos concluir que sigue una distribución Normal.

Además realizamos el Test de Grubbs para determinar la existencia de outliers, dichos valores representan a los saltos oceánicos, es decir cuando un paquete realiza un salto de un servidor situado en un continente distinto al del salto anterior.

El test nos dio *Rechadazo*, como era de esperarse, debido a que realizamos una consulta a una Universidad situada en el continente asiático. Para sorpresa nuestra, detectamos outliers en los Hop 6 y 11. El número 11 efectivamente es un salto oceánico, ya que pasa de un router situado en *Estados Unidos* a uno en *HongKong*. En cambio el número 6 es un salto desde *Argentina* a *Estados Unidos*, debido a la distancia entre un router y otro nuestro test lo detecta como un salto oceánico, a pesar de no serlo.

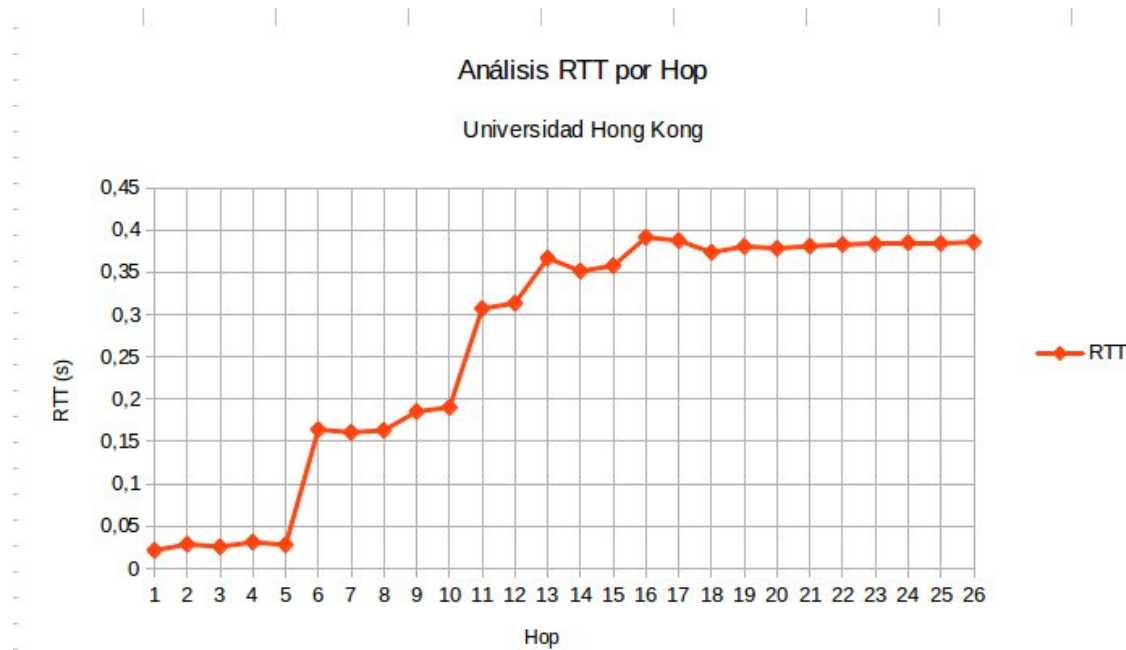


Figura 7: RTT promedio por hop - Universidad de Hong Kong

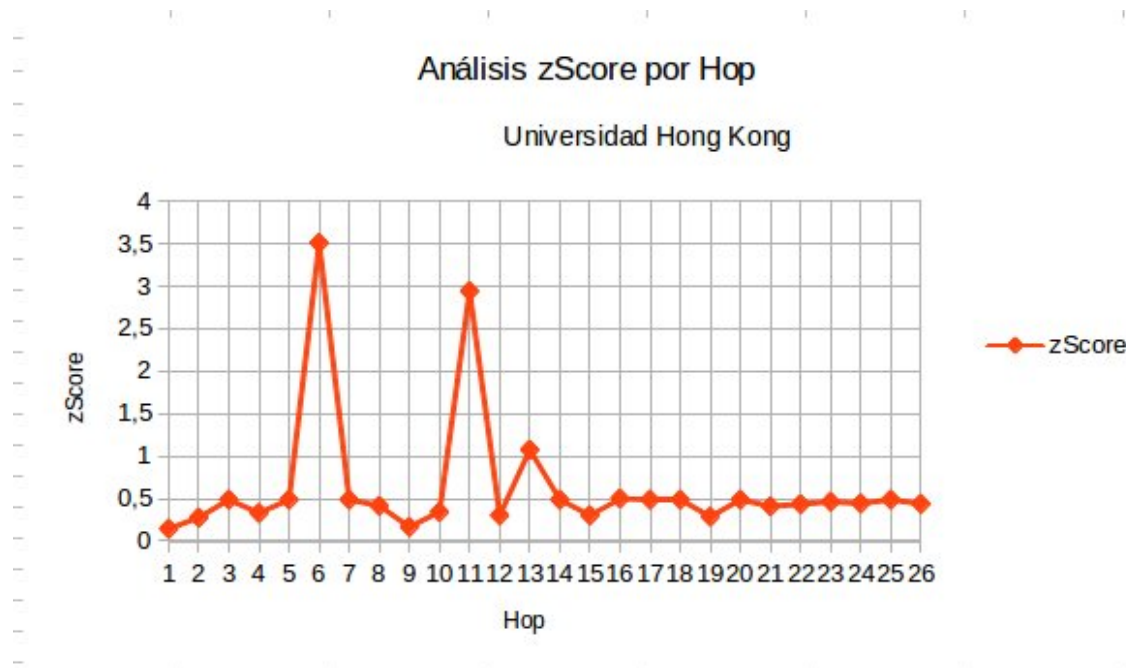


Figura 8: zScore promedio por hop - Universidad de Hong Kong

A continuación hemos trazado en un mapa la ruta de nuestro host hasta el host destino ubicado en Hong Kong - China:



Figura 9: Ruta en Internet - Universidad de Hong Kong

### 3.4. Universidad de Sydney - Australia

Presentamos en la siguiente tabla los resultados obtenidos del último monitoreo.

| Hop | IP              | RTT promedio (s) | deltaRTT promedio | Ubicación                   |
|-----|-----------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1   | 192.168.0.1     | 0.00317819338096 | 0.00317819338096  | Argentina - Buenos Aires    |
| 2   | 200.89.165.169  | 0.0273115007501  | 0.0241333073691   | Argentina - Buenos Aires    |
| 3   | 200.89.165.5    | 0.0295196944161  | 0.00220819366606  | Argentina - Buenos Aires    |
| 4   | 200.89.165.250  | 0.0303499635897  | 0.000830269173572 | Argentina - Buenos Aires    |
| 5   | 207.136.166.241 | 0.0279953793476  | 0                 | Estados Unidos              |
| 6   | 67.16.139.18    | 0.15700549953    | 0.129010120183    | Estados Unidos - Illinois   |
| 7   | 64.208.27.102   | 0.151270602879   | 0                 | Estados Unidos              |
| 8   | 129.250.3.172   | 0.15870277662    | 0.00743217374149  | Estados Unidos - Colorado   |
| 9   | 129.250.2.219   | 0.176934030495   | 0.0182312538749   | Estados Unidos - Colorado   |
| 10  | 129.250.7.69    | 0.185023287409   | 0.00808925691404  | Estados Unidos - Colorado   |
| 11  | 129.250.3.123   | 0.185811053765   | 0.000787766356217 | Estados Unidos - Colorado   |
| 12  | 204.1.253.166   | 0.185876883959   | 6.58301930679e-05 | Estados Unidos - California |
| 13  | 202.158.194.172 | 0.3106533885     | 0.124776504542    | Australia - New South Wales |
| 14  | 113.197.15.68   | 0.305794251593   | 0                 | Australia - New South Wales |
| 15  | 113.197.15.66   | 0.331599779819   | 0.0258055282267   | Australia - New South Wales |
| 16  | 113.197.15.62   | 0.330528166733   | 0                 | Australia - New South Wales |
| 17  | 113.197.15.13   | 0.330654288593   | 0.000126121859801 | Australia - New South Wales |
| 18  | 138.44.5.47     | 0.337141043261   | 0.00648675466839  | Australia                   |
| 19  | 129.78.5.11     | 0.337009869124   | 0                 | Australia - Sydney          |
| 20  | 129.78.5.11     | 0.337688013127   | 0.000678144003216 | Australia - Sydney          |
| 21  | 129.78.5.11     | 0.336762147514   | 0                 | Australia - Sydney          |
| 22  | 129.78.5.11     | 0.338513030818   | 0.00175088330319  | Australia - Sydney          |
| 23  | 129.78.5.11     | 0.336039300028   | 0                 | Australia - Sydney          |
| 24  | 129.78.5.11     | 0.339367595158   | 0.00332829513048  | Australia - Sydney          |

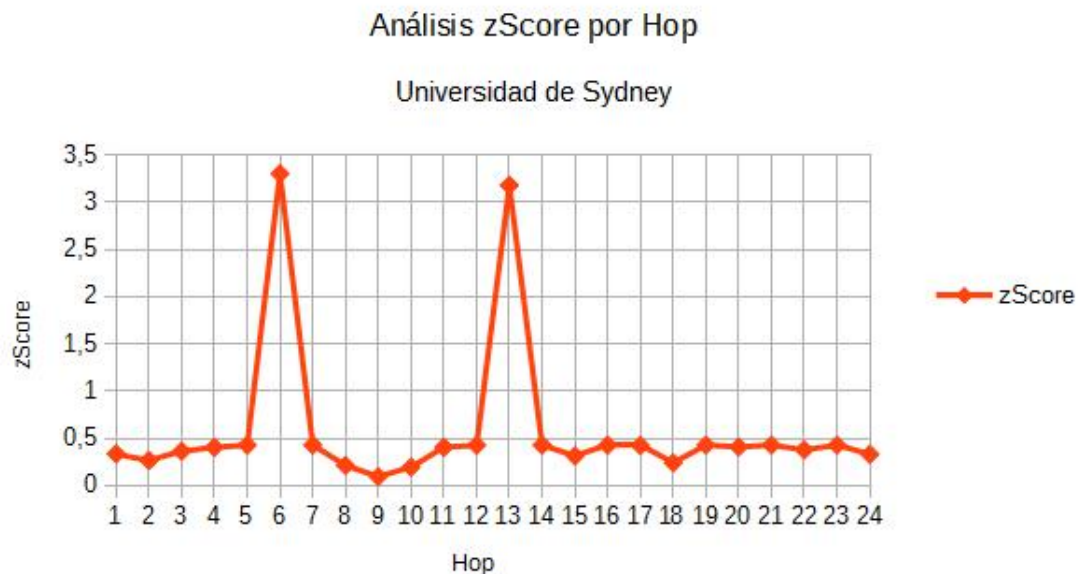


Figura 10: zScore promedio por hop - Universidad de Sydney

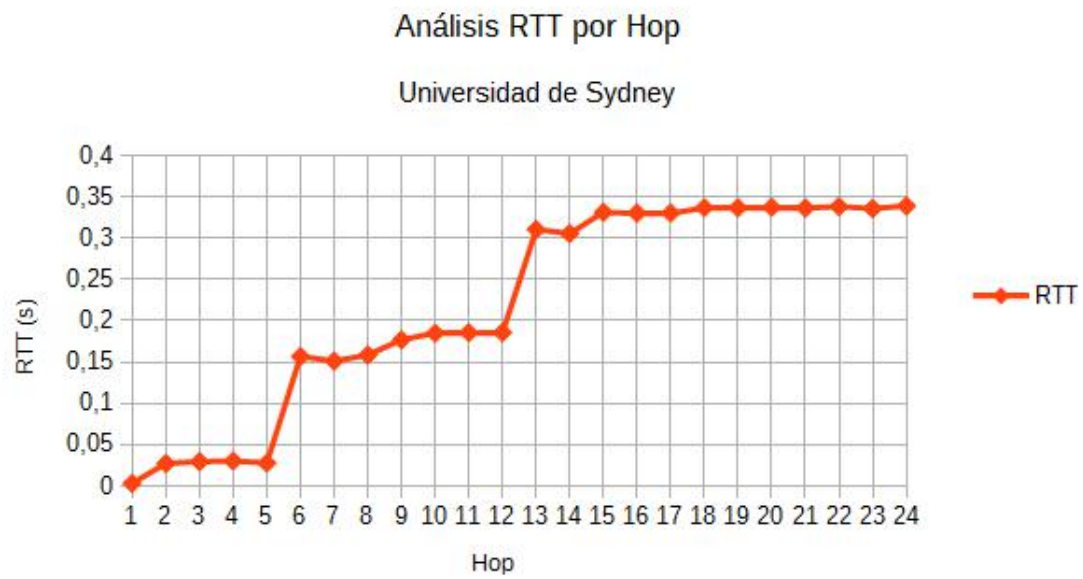


Figura 11: RTT promedio por hop - Universidad de Sydney

A continuación hemos trazado en un mapa la ruta de nuestro host hasta el host destino ubicado en Australia:



Figura 12: Ruta en Internet - Universidad de Sydney



## 4. Conclusiones