



DEPARTAMENTO  
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

## Taller 2

### Rutas en Internet

Teoría de las comunicaciones  
Segundo Cuatrimestre de 2020

Integrantes	LU	Correo electrónico
Luis Castro	422/14	castroluis1694@gmail.com
Felipe Mateo Curti	71/17	fmcurti@gmail.com
J. Martin Mamani Aleman	630/17	mr.tinchazo@gmail.com
Ian Luca Celestino Breitman	375/15	ian13celestino@gmail.com



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>3</b>
<b>2. Métodos y condiciones de los experimentos</b>	<b>3</b>
2.1. Código implementado . . . . .	3
2.2. Descripciones de las rutas . . . . .	3
<b>3. Experimentación</b>	<b>4</b>
3.1. América . . . . .	4
3.2. Europa . . . . .	5
3.3. Asia . . . . .	5
3.4. Oceanía . . . . .	6
3.5. Porcentaje de No Response's . . . . .	7
3.6. Predicción de saltos interoceánicos . . . . .	7
<b>4. Conclusiones</b>	<b>9</b>

## 1. Introducción

El constante tránsito de paquetes a lo largo y ancho de las diversas rutas que componen Internet es equivalente al paso de la sangre a través de las venas para cualquier millennial: sin él, no vivimos. Es por esto que, en el presente informe, exploraremos el flujo de datos que tiene lugar en el nivel de red. En particular, estudiaremos el ruteo de paquetes haciendo uso del protocolo ICMP, el campo TTL inherente a paquetes y los mensajes Echo Request/Reply y TTL Time Exceeded.

Luego de modificar la implementación de *traceroute* brindada por la cátedra, enviaremos ráfagas de paquetes a diversos continentes para poder seguir las diversas rutas que se irán formando. Usaremos como destino 10 sitios web de diversas universidades, teniendo 2 por continente. Al tener que realizar inevitablemente saltos interoceánicos, intentaremos ubicarlos viendo los RTT que nos indique nuestra implementación. Asimismo, constataremos que las ubicaciones de los dispositivos de ruteo antes y después de un salto sean consistentes con un salto entre continentes. También implementaremos la idea de John Cimbala para predecir, dada una ruta, cuáles son los enlaces intercontinentales.

Para presentar los resultados obtenidos, realizaremos diversos gráficos explicados más adelante y finalmente elaboraremos conclusiones que ayuden a insertar los resultados en el marco analítico que se viene estudiando en la materia.

## 2. Métodos y condiciones de los experimentos

### 2.1. Código implementado

El código principal consiste en un ciclo for de 30 iteraciones. En cada una de ellas usaremos un TTL distinto y dentro, por cada TTL, enviaremos una ráfaga de 30 paquetes para así guardar en un diccionario llamado *responses* la información útil: el número de TTL y un diccionario anidado con las IP's visitadas (a no ser que sean "No Response") y los RTT calculados para cada una de estas IP's. De esta manera, el código soporta que en 2 intentos distintos para un mismo TTL, el paquete haya pasado por distintos dispositivos de ruteo y por ende se hayan visitado distintas IP's. Después de esto, nos quedamos con la IP más frecuente dentro de los 30 intentos para un TTL. Además, escribimos en un archivo csv diversas filas que contengan un TTL, la IP más frecuente, el RTT promedio, el RTT máximo, el RTT mínimo y el RTT entre saltos (tomado como la diferencia entre RTT's promedios de 2 IP's válidas visitadas consecutivamente).

Por otra parte, la función *find\_outliers* se encarga de tomar como distribución probabilística a los RTT's entre saltos sin contar a los que originalmente daban negativo ni a los distorsionados por un RTT promedio exageradamente alto debido a un No Response. Luego, la función sigue el procedimiento descrito por John Cimbala: tomar el salto de mayor RTT como candidato, calcular el promedio, el desvío estándar ( $S$ ) de la muestra y el valor absoluto de la desviación ( $\delta$ ) del candidato, tomar el valor de  $\tau$  en la tabla modificada de Thompson correspondiente al tamaño de la muestra, y finalmente verificar si  $\delta > \tau * S$ . Si esto se verifica, entonces podemos afirmar que el RTT candidato efectivamente es un outlier, es decir, un salto interoceánico. Por esto, lo guardamos junto a su TTL asociado en la lista *outliers*. Después, se recalculan todos los datos habiendo descartado al outlier encontrado y se repite el proceso hasta que no sea posible la existencia de más outliers.

### 2.2. Descripciones de las rutas

Las reconstrucciones de las 8 rutas fueron realizadas un domingo entre las 19 y las 20 horas teniendo como origen una computadora ubicada en el barrio de Villa Urquiza, Ciudad de Buenos Aires. Por su parte, los sitios web elegidos y las direcciones IP correspondientes son:

- University of Toronto: 128.100.166.120 (<https://www.utoronto.ca/>). Localizada en Toronto, Canadá.

- University of California, Los Angeles: 128.97.27.37 (<https://www.ucla.edu/>). Localizada en California, Estados Unidos.
- Moscow State University: 188.44.50.103 (<https://www.msu.ru/>). Localizado en Moscú, Rusia (región europea).
- Universitat Politècnica de Catalunya: 147.83.2.135 (<https://www.upc.edu/es>). Localizada en Barcelona, España.
- Hiroshima City University: 153.125.233.90 (<https://www.hiroshima-cu.ac.jp/>). Localizada en Hiroshima, Japón.
- Bangladesh University of Engineering and Technology: 103.94.135.200 (<https://www.buet.ac.bd/web/>). Localizada en Dhaka, Bangladesh.
- The University of Melbourne: 43.245.43.59 (<https://www.unimelb.edu.au/>). Localizada en Melbourne, Australia.
- Auckland University of Technology: 156.62.238.90 (<https://www.aut.ac.nz/>). Localizada en Auckland, Nueva Zelanda.

### 3. Experimentación

En esta sección, presentaremos los resultados observados de las 8 rutas asociadas según su continente destino. También, para cada una, conjeturaremos qué saltos son interoceánicos basándonos en observar los RTT más altos y constataremos esto localizando las IP's correspondientes a dichos saltos.

Para comprobar nuestra hipótesis, utilizamos la herramienta provista por Dazzlepod<sup>1</sup>.

#### 3.1. América

Aquí presentamos los resultados de las rutas a las universidades ubicadas en Toronto y Estados Unidos. Obtuvimos las siguientes distribuciones de RTT's entre saltos:

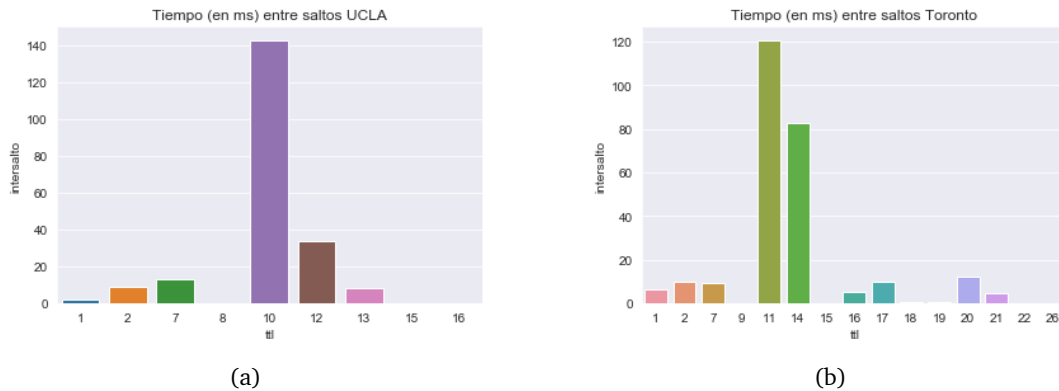


Figura 1: RTT entre saltos para América del Norte

A partir de la observación de la figura 1a, podemos conjeturar que se produjo un salto interoceánico en el salto 10. Con esta hipótesis, procedemos a revisar la localización de las direcciones IP correspondientes a TTL = 9 y TTL = 10: como la dirección correspondiente a TTL = 9 fue marcada como No

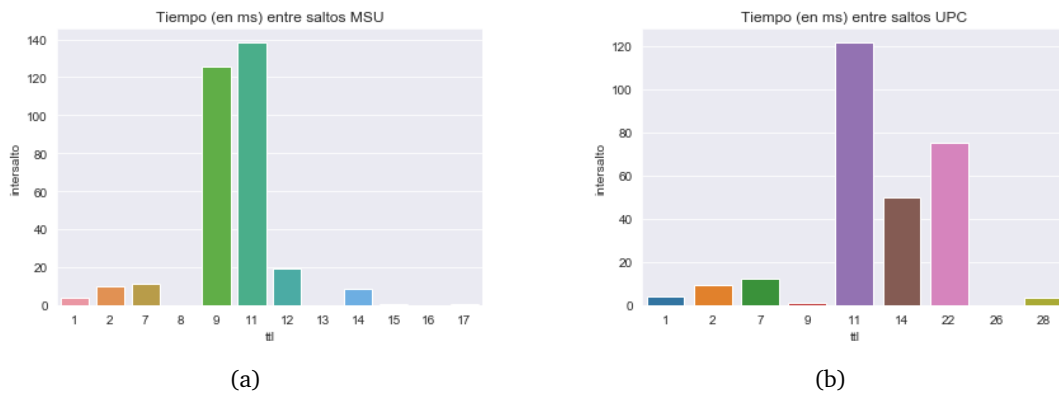
<sup>1</sup><https://dazzlepod.com/ip/>

Response, la primera dirección será en su lugar la correspondiente a TTL = 8 (185.70.203.22). Esta corresponde a un router ubicado en Buenos Aires, mientras que la segunda dirección (4.68.71.225) está ubicada en Miami, Estados Unidos. Esto verifica nuestra hipótesis ya que dicho salto sólo pudo haberse realizado vía marítima.

Por otro lado, en la figura 1b, nuestra hipótesis es que hubo un salto con TTL = 11. Como la dirección correspondiente a TTL = 10 fue marcada como No Response, vemos en su lugar la correspondiente a TTL = 9 (181.96.120.63), que se encuentra en Argentina. La siguiente dirección (67.17.94.249) está ubicada en Estados Unidos, por lo que podemos reafirmar nuestra hipótesis.

### 3.2. Europa

Para las rutas a la universidad de Moscú y la Politécnica de Cataluña, obtuvimos los siguientes RTT entre saltos:

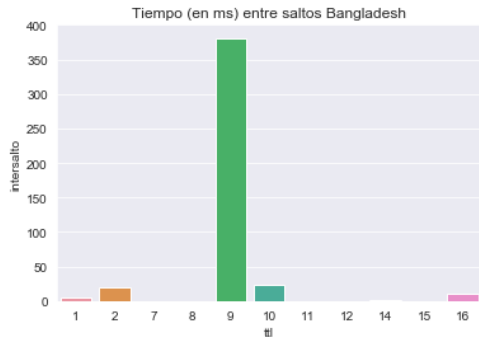


Veremos si, para la ruta a la MSU, se produjo un salto interoceánico en el salto 11. Sin embargo, luego revisaremos el salto 9 dado que es viable que sea otro salto interoceánico. Para el primer candidato, revisamos las direcciones de los saltos 11 (4.69.158.253) y 9 (67.17.94.249), dándonos que este salto fue entre 2 ciudades de Estados Unidos, por lo que no es un salto interoceánico. Por otro lado, para el otro candidato, las direcciones son las de los saltos 9 (67.17.94.249) y 8 (190.216.88.1), lo que significa que este salto fue de Argentina a Estados Unidos. Este último es un salto interoceánico, pero no hemos logrado captar el salto de Estados Unidos a Europa. De hecho, para la primera dirección europea que registramos (213.249.107.166) hemos calculado un RTT entre saltos muy bajo. Esto puede ser una anomalía causada por algún evento particular y el subsiguiente corrimiento del tiempo promedio por el onceavo salto, además de hacernos pensar que era un salto interoceánico cuando no fue así.

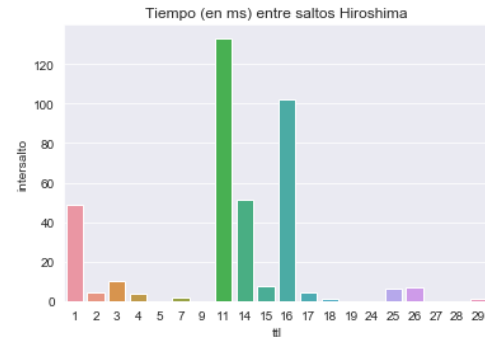
Por otro lado, para la UPC nuestra hipótesis es que los saltos 11 y 22 son interoceánicos. Con respecto al primer candidato, vemos que efectivamente es un salto de Argentina (181.89.2.125) a Estados Unidos (67.17.99.233). Para el segundo candidato, lo óptimo sería revisar las direcciones correspondientes a un TTL = 22 y TTL = 21, pero esta última está marcada como No Response. De hecho, esto sucede para los saltos 15 a 21, por lo que recién podemos revisar la dirección 14 (4.68.72.230), que se encuentra en Estados Unidos. De esta manera, el primer candidato efectivamente era un salto interoceánico y el segundo probablemente no lo haya sido, pero por la gran cantidad de No Responses no hemos podido localizar la última dirección IP en el continente americano ni la primera en Europa.

### 3.3. Asia

Los datos de los tiempos de espera en cada salto para el continente asiático son los siguientes:



(a)



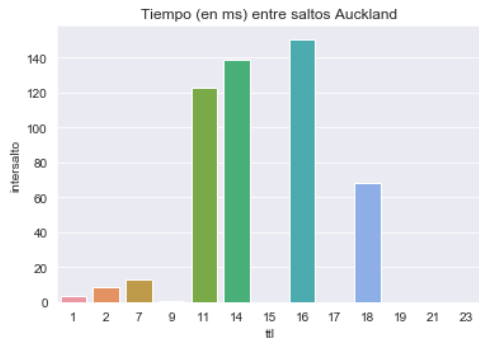
(b)

Para la ruta hacia Bangladesh, vemos que la dirección número 9 (195.22.223.161) está ubicada en Singapur y la número 8 en Argentina, por lo que aquí tenemos un salto interoceánico completamente inesperado. Ante la incredulidad de este salto, hemos revisado el mapa actual de cables submarinos que se encuentra en Submarine Cable Map<sup>2</sup> y no hemos encontrado ningún cable que conecte directamente a Argentina con Singapur. A priori, hemos corroborado nuestra hipótesis.

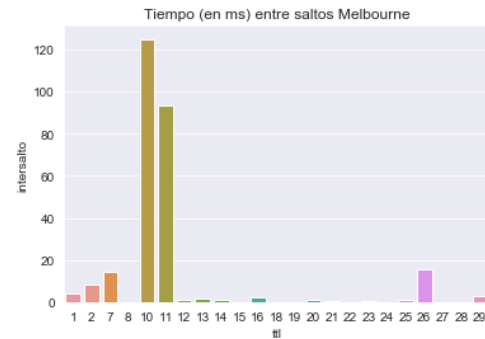
Para la ruta en dirección Hiroshima, Japón, predecimos un salto interoceánico en la iteración 11 y otro en la 16. En cuanto al primer pico, se comprueba lo esperado pues los paquetes saltaron de Argentina a Estados Unidos. Sin embargo, la llegada a Japón ocurre en el paso 15, no en el 16. Estimamos que puede ser una cuestión geográfica dado que Estados Unidos es realmente muy grande y la costa oeste norteamericana no está tan lejos de Japón.

### 3.4. Oceanía

A continuación los tiempos promedio de las rutas hacia las universidades del continente de Oceanía.



(a)



(b)

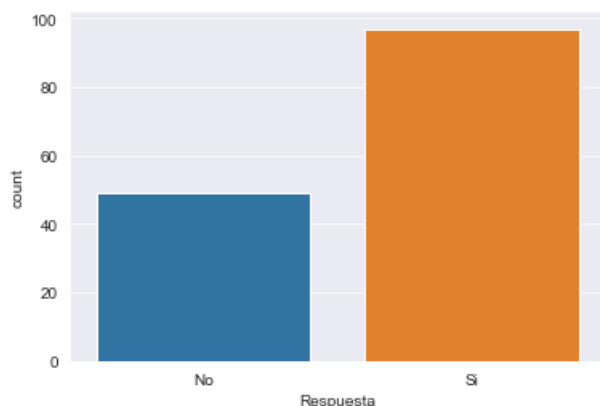
Para la ruta a Auckland, veremos los saltos 11, 14 y 16 ya que los 3 son significativamente superiores a los demás. Para empezar, el salto 11 se produjo de Argentina (181.89.2.125) a Miami (67.17.99.233), por lo que es interoceánico. El salto 14 no fue interoceánico, dado que se mantuvo en Estados Unidos. Por otra parte, el salto 16 recorre un trayecto de Estados Unidos (4.53.158.194) a Nueva Zelanda (210.7.33.246), por lo que es completamente un salto interoceánico.

Para la ruta en dirección Melbourne, vemos que hay dos picos claros en la décima y onceava iteración. Comprobamos que en el décimo salto pasamos de un dominio en Argentina a uno en Estados Unidos y posteriormente, en el onceavo, a uno en el Reino Unido. Queda así comprobada la hipótesis de los saltos interoceánicos.

<sup>2</sup><https://www.submarinecablemap.com/#/>

### 3.5. Porcentaje de No Response's

También, de manera global, hemos contabilizado la cantidad de dispositivos que no están configurados para responder el mensaje Time to live exceeded, por lo que la IP emisora es marcada como 'No Response'. Presentamos un gráfico en el que mostramos la tasa de respuestas:



Aquí podemos ver que casi un tercio de los dispositivos de ruteo visitados han sido marcados como No Response. Esto puede influir significativamente en los resultados obtenidos y principalmente en el cálculo de los RTT entre saltos: supongamos que tenemos 2 routers, R1 y R2 en el mismo continente. Si los routers que se encuentran entre medio de estos 2 son varios y no responden, el RTT entre saltos calculado será mucho mayor para R2 dado que se restará el RTT promedio hasta llegar a R2 con el RTT promedio hasta llegar a R1, y esa diferencia será mucho más grande que la diferencia entre R2 y el router que realmente le precede pero que no contesta. Esta es una posible explicación a elevados RTT entre saltos que hemos señalado erróneamente como saltos interoceánicos. Esto sucedió, por ejemplo, en el salto 14 de la ruta hacia Auckland (sección 3.4) en donde un salto entre 2 ciudades de Estados Unidos nos pareció un salto intercontinental, siendo que antes del salto 14 teníamos 2 No Responses consecutivos.

### 3.6. Predicción de saltos interoceánicos

En esta sección, desarrollamos lo obtenido al aplicar el método de Cimbala. Para comenzar, presentamos el valor  $\frac{|X_i - \bar{X}|}{S}$  para cada salto en la ruta perteneciente a la distribución de RTT's entre saltos. Cabe destacar que tanto el promedio como la desviación estándar de la muestra corresponden a la muestra sin haber quitado ningún outlier. Cuando encontremos uno, lo eliminaremos de la muestra y tendremos que volver a calcular  $\frac{|X_i - \bar{X}|}{S}$  para cada  $X_i$ . A continuación, un gráfico por cada ruta tomada como instancia seguido de un breve análisis:

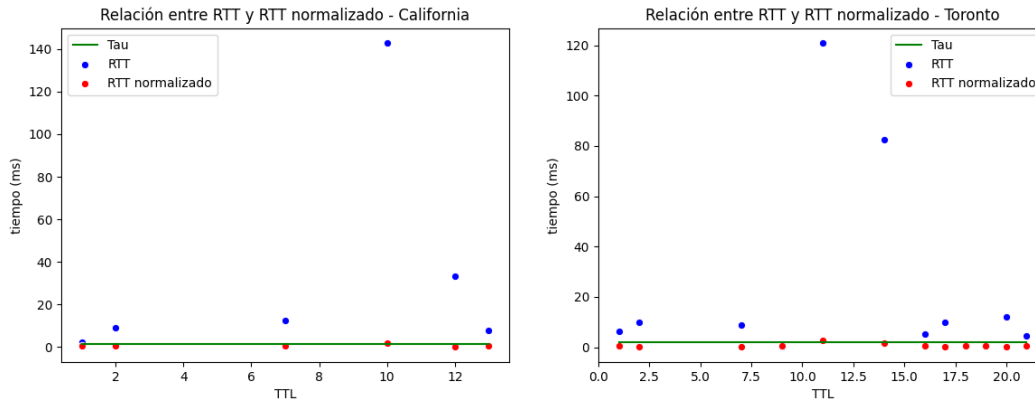


Figura 5: Predicción de saltos interoceánicos para América del Norte.

Aquí, la implementación del método de Cimbala acertó para la ruta hacia California que el décimo salto es interoceánico. Sin embargo, predijo que también lo es el salto número 12, y esto es falso. Para Toronto, acertó que el salto número 11 es interoceánico pero indicó erróneamente que el salto 14 también lo es. En ambas rutas, el outlier extra arrojado puede deberse a la uniformidad del resto de los valores (ver figura 1). Una vez que el salto interoceánico es quitado de la distribución probabilística, recalculan el promedio y el desvío hacen que el outlier extra sea visto como un salto interoceánico.

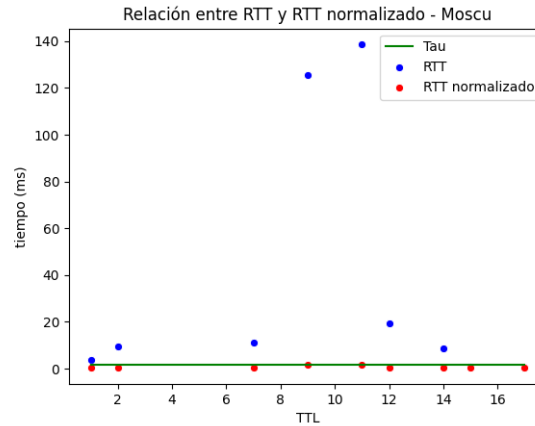


Figura 6: Predicción de saltos interoceánicos para Moscú, en Europa Oriental.

Para la ruta hacia la dirección de la MSU, el método captó primero el salto 11, luego el 9 y finalmente el 12 como saltos interoceánicos. La primera predicción fue errónea dado que el salto 11 es entre 2 ciudades de Estados Unidos, pero la segunda efectivamente es un salto interoceánico. Con respecto a la última predicción, la del salto 12, nos hemos llevado la grata sorpresa de que este sea interoceánico (va de Estados Unidos a España). A simple vista, no lo hemos captado y ni siquiera lo propusimos en la sección 3.2. De hecho, el salto de Estados Unidos a Europa nos había quedado pendiente, y por la implementación del método de Cimbala pudimos ubicarlo.



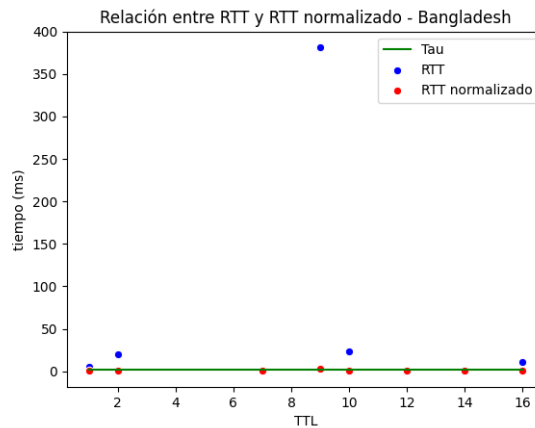


Figura 7: Predicción de saltos interoceánicos para Bangladesh, en el sur de Asia.

En cuanto a la ruta a Bangladesh, la única predicción fue respecto al salto 9, que claramente es el único salto interoceánico que encontramos. Un posible trabajo a futuro puede ser investigar la topología de la red de cables submarinos y verificar si existe realmente una conexión directa entre Argentina y Singapur.

Por otro lado, no hemos apreciado ningún tipo de influencia por parte del largo de la ruta a la hora de detectar saltos interoceánicos. Consideramos que lo que más diferencia ha marcado es la cantidad de direcciones que no responden los mensajes de tipo Time Exceeded.

## 4. Conclusiones

Encontramos este taller sumamente interesante, pues nos permitió experimentar con datos reales geográficos acerca de las rutas de información. Es interesante este tipo de trabajos ya que durante la carrera lo más común es trabajar en ambientes controlados provistos por los docentes.

Nos hubiera gustado poder jugar un poco con algún dominio de alguna universidad pública en el continente africano, sin embargo tuvimos muchas dificultades por la falta de respuesta a la hora de hacer el ping.

Por otra parte, vimos que nos topamos con algunas anomalías en cuanto a los caminos marcados en los mapas. Suponemos que una posible explicación es la del problema de "false links" descrita en Traceroute Anomalies<sup>3</sup>. Debido a la posibilidad de que existan caminos distintos, la decisión de tomar la IP más frecuente en cada salto permite este tipo de problemas con los caminos dibujados.

Otra enseñanza adquirida es sobre la influencia de los No Response: en la ruta hacia la universidad de Auckland, hemos obtenido respuesta por parte de sólo 7 routers de un total de 23. Esto produjo que, al utilizar el predictor automático de saltos interoceánicos con esta ruta, el promedio y el desvío estándar se vieran influenciados por la poca cantidad de datos y que los RTT entre saltos fueran severamente afectados, dada la gran cantidad de RTT's promedio ausentes entre un router que responde y otro. Todo esto desemboca en que nuestro predictor determine que no hay saltos interoceánicos entre Argentina y Nueva Zelanda, lo que es totalmente falso. Resulta fundamental reconocer que no todas las direcciones tienen la misma ponderancia, tener en cuenta qué direcciones fueron marcadas como No Response y con qué periodicidad, y nunca perder de vista el mapa.

<sup>3</sup>[https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2012-08-1/NET-2012-08-1\\_02.pdf](https://www.net.in.tum.de/fileadmin/TUM/NET/NET-2012-08-1/NET-2012-08-1_02.pdf)