

Análisis de desempeño en centros de datos

Daniela Hurtado

31 de mayo, 2018

Georgia Institute of Technology

Overall

- #7 Top Public University in the United States
- #7 Most Innovative University
- #71 (out of 1,000) Best Global University
- Program to Watch: Cooperative Education

As of March 2018



Undergraduate

- **#4 Best Undergraduate Engineering Program**
 - #1 Industrial Engineering
 - #1 Biomedical Engineering
 - #2 Aerospace Engineering
 - #2 Civil Engineering
 - #2 Mechanical Engineering
 - #4 Chemical Engineering
 - #4 Electrical Engineering
 - #4 Environmental Engineering
 - #6 Computer Engineering
 - #6 Materials Science & Engineering
- **#32 Best Undergraduate Business Program**
 - #6 Quantitative Analysis
 - #9 Management Information Systems
 - #12 Production/Operations Management
 - #16 Supply Chain Management/Logistics

As of September 2017

Graduate

- **#8 Computer Science Graduate Program**
 - #7 Artificial Intelligence
 - #9 Theory
 - #10 Systems
- **#8 Best Graduate Engineering School**
 - #1 Industrial Engineering
 - #2 Civil Engineering
 - #2 Biomedical Engineering
 - #4 Aerospace Engineering
 - #4 Computer Engineering
 - #5 Electrical Engineering
 - #5 Environmental Engineering
 - #5 Mechanical Engineering
 - #6 Chemical Engineering
 - #7 Materials Science & Engineering
 - #9 Nuclear Engineering

As of March 2018

Ingeniería Industrial y de Sistemas

ISyE Rankings

#1 Undergraduate Program

- ▶ The 23rd consecutive No. 1 ranking for ISyE. (USNWR's America's Best Colleges)

#1 Graduate Program

- ▶ The 28th consecutive No. 1 ranking for ISyE in the industrial/manufacturing/systems specialty. (USNWR's Best Graduate Programs)

#7 Statistics & Operational Research

- ▶ (2016 QS World University Rankings)

Intercambio
Master
PhD



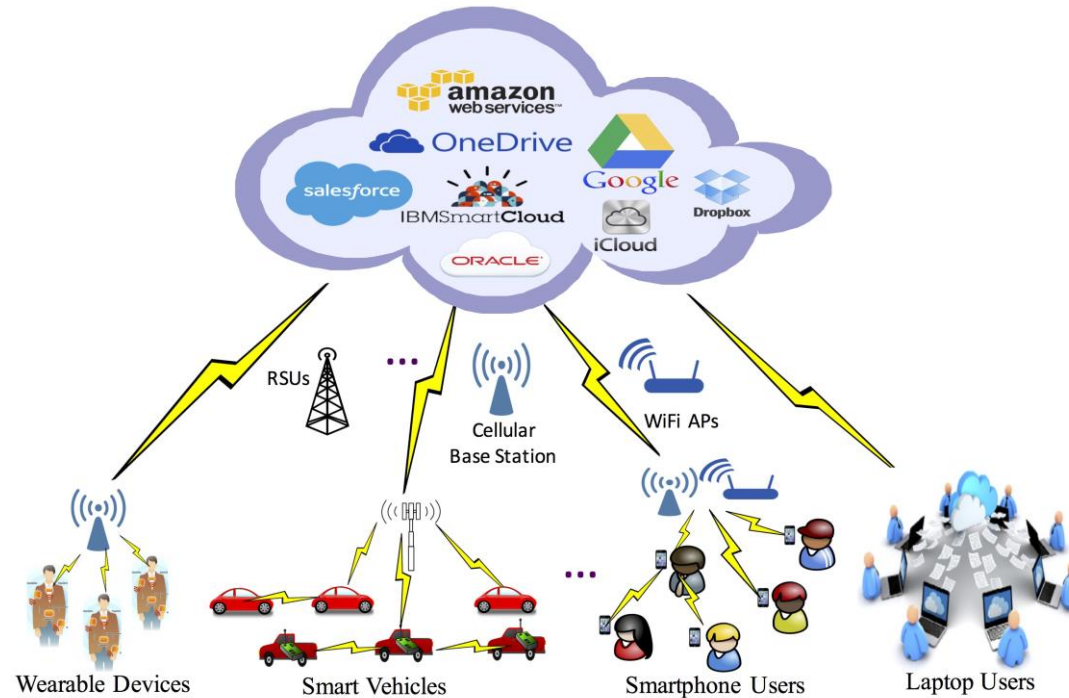
Computación en la nube

- ▶ Consumidores

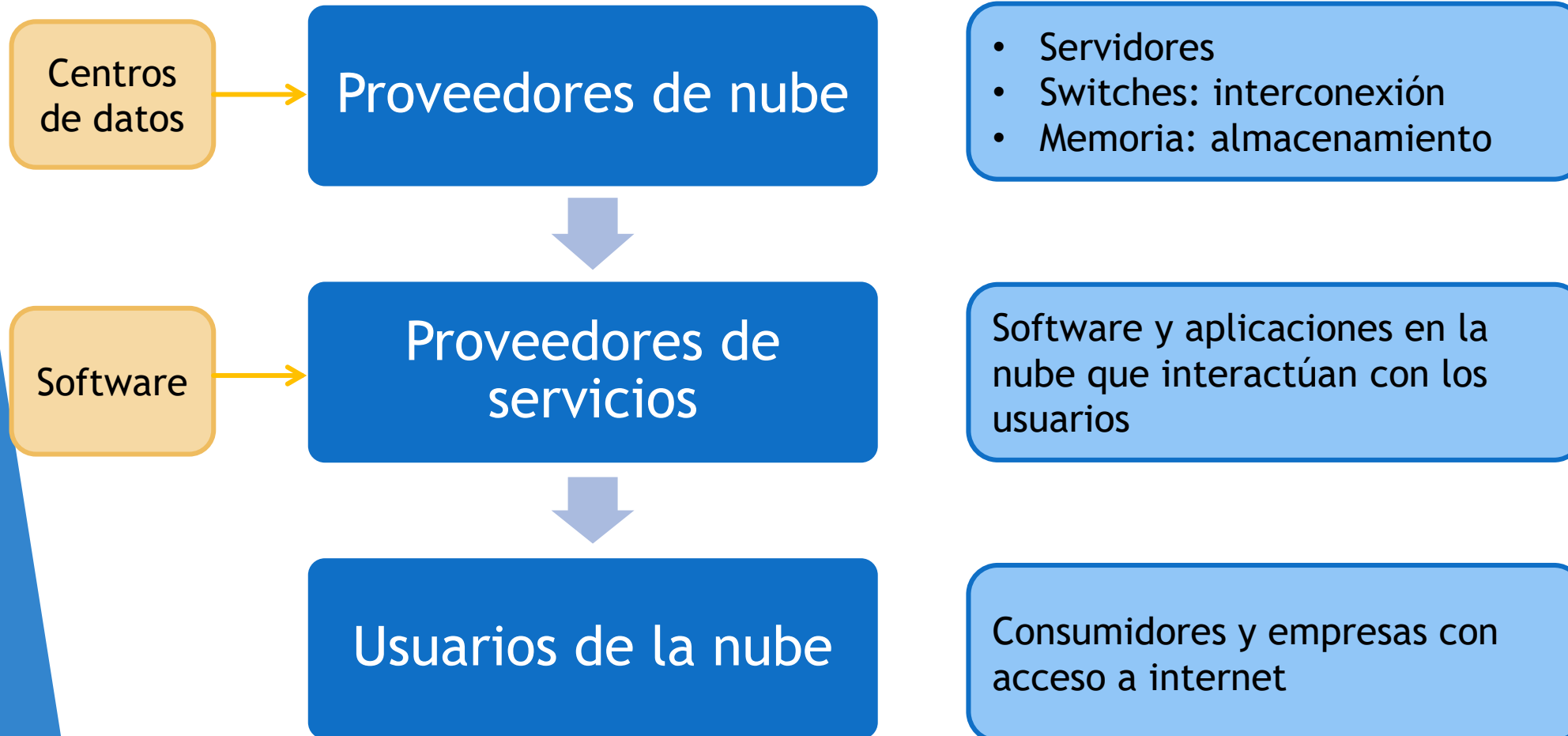
- ▶ Llevar el disco duro del PC a todas partes

- ▶ Empresas

- ▶ Arrendar recursos compartidos en centros de datos
- ▶ *Win-win*



Computación en la nube



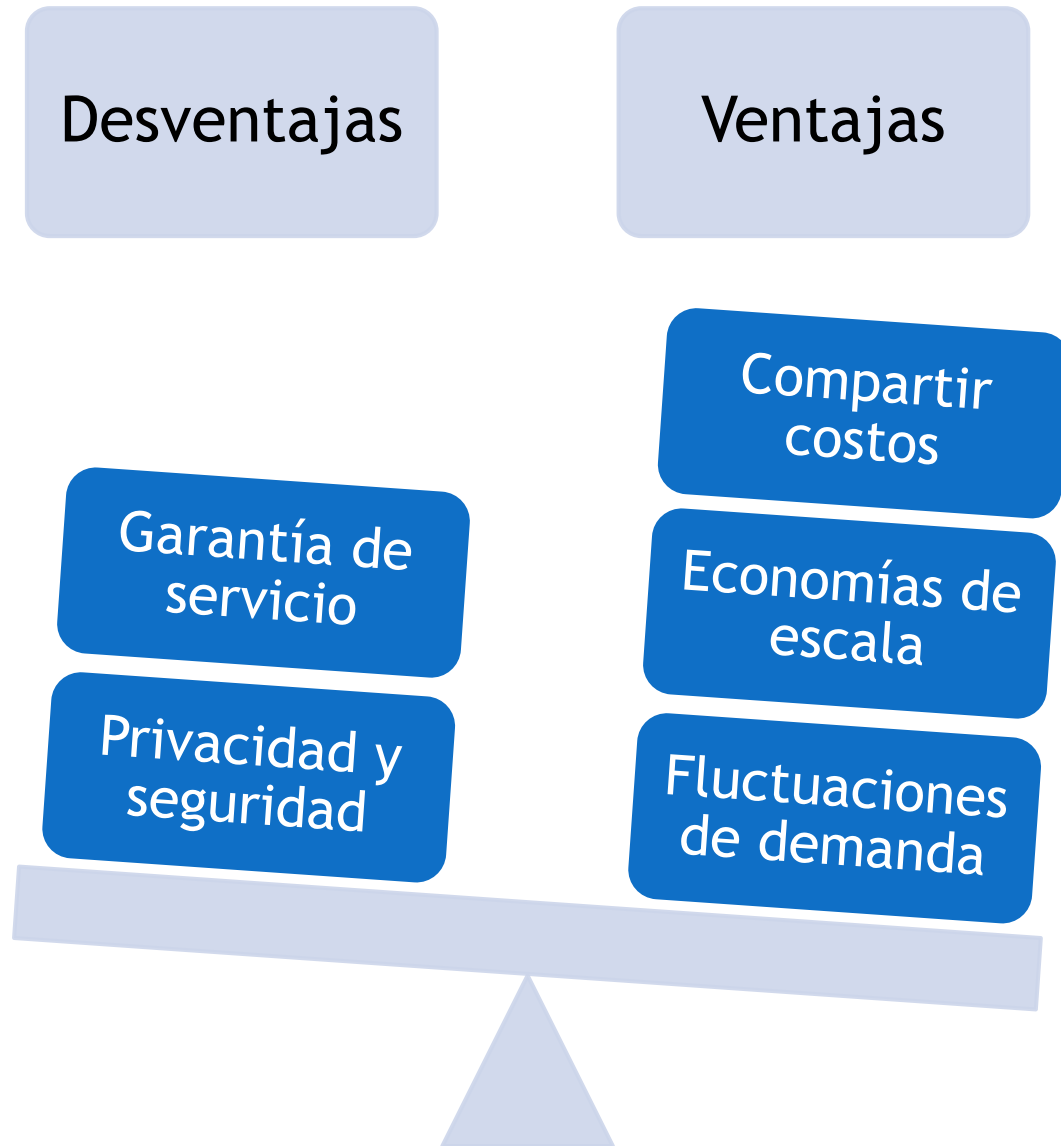
Centros de datos

- ▶ Instalaciones con muchísimos servidores conectados con *switches*
 - ▶ Cerca de 500.000 servidores
 - ▶ Más de 25.000 m²
 - ↳ Casa Central PUC: 32.336 m²
- ▶ Un iPhone es uno de los computadores más pequeños que utilizamos y un centro de datos es uno de los más grandes

Centros de datos



Ventajas y desventajas de la nube



¿Cómo funciona?



Switch

Router

Servidor

Aplicación
Transporte
Red interconectada
Link
Conexión física

Link
Conexión física

Red interconectada
Link
Conexión física

Aplicación
Transporte
Red interconectada
Link
Conexión física

En cada etapa hay sistemas de espera y DEBEMOS minimizar el tiempo de espera

- Amazon, 2006: 0.1 segundos de demora reduce las ventas web en un 1%

Sistema de espera con un solo servidor

$q(k)$: Número de paquetes en el sistema en el periodo k

$a(k)$: Número de llegadas al sistema en el periodo k

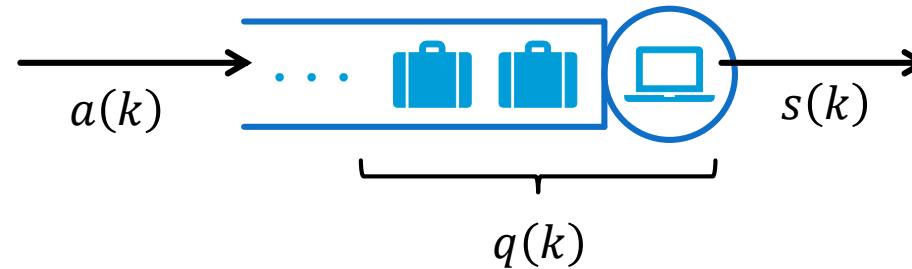
$s(k)$: Número de servicios ofrecidos en el periodo k

$u(k)$: Número de servicios perdidos en el periodo k

λ : Tasa media de llegadas

μ : Tasa media de atención

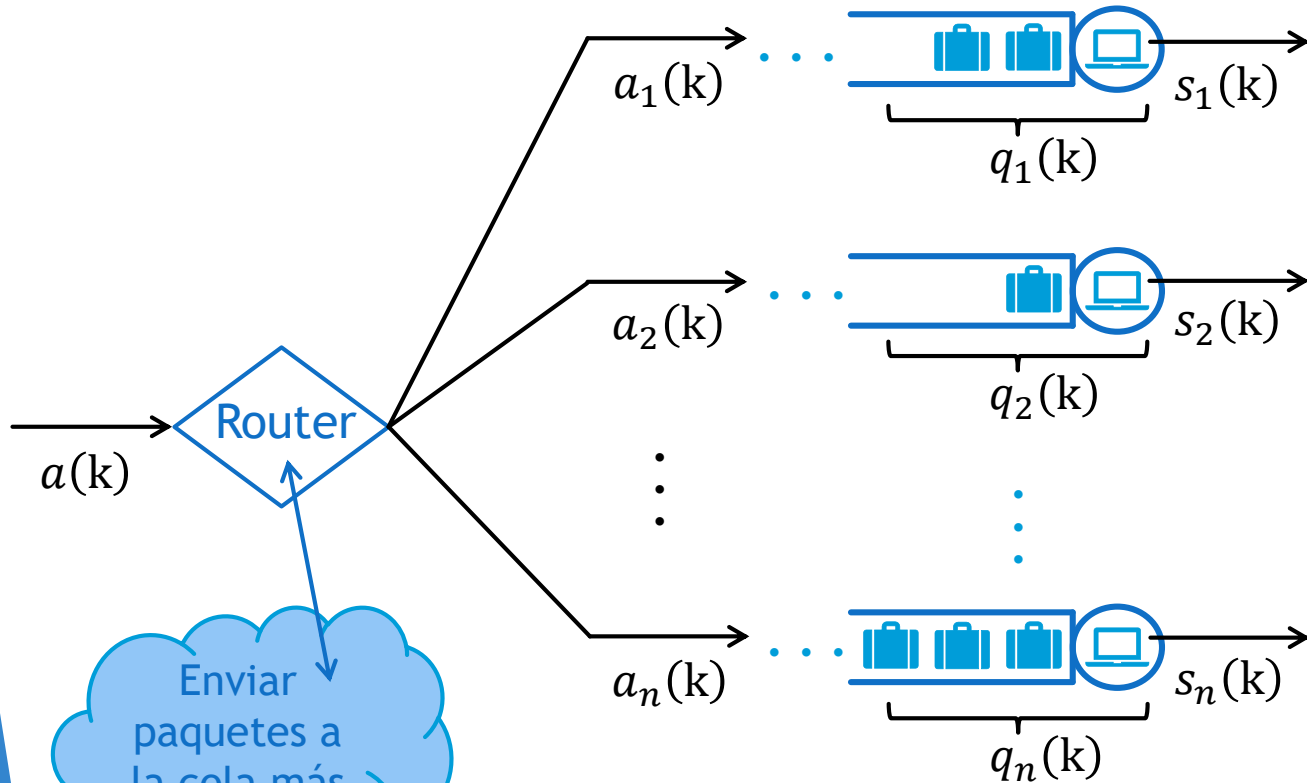
$\epsilon = \mu - \lambda$: Medida de tráfico



$$q(k+1) = q(k) + a(k) - s(k) + u(k)$$

Si $\epsilon > 0$ el sistema es estable:
 $E[q] < \infty$

Problema de balanceo de carga



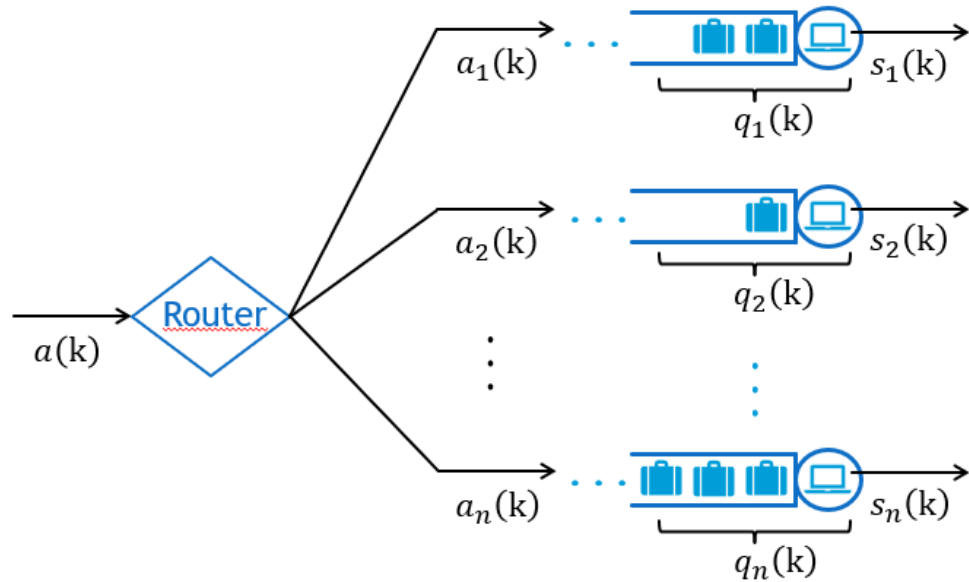
Enviar paquetes a la cola más corta

¿Cómo estudiar este sistema? ?

λ : Tasa media de llegadas
 μ_i : Tasa media de atención en el sistema i
 $\epsilon = \sum_i \mu_i - \lambda$: Medida de tráfico

Si $\epsilon > 0$ el sistema es estable:
 $E[\sum_i q_i] < \infty$

Problema de balanceo de carga



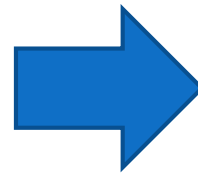
λ : Tasa media de llegadas

μ_i : Tasa media de atención en el sistema i

$\epsilon = \sum_i \mu_i - \lambda$: Medida de tráfico

Colapso del espacio de estados:
Si $\epsilon \rightarrow 0^+$, todas las colas tienden a ser iguales:

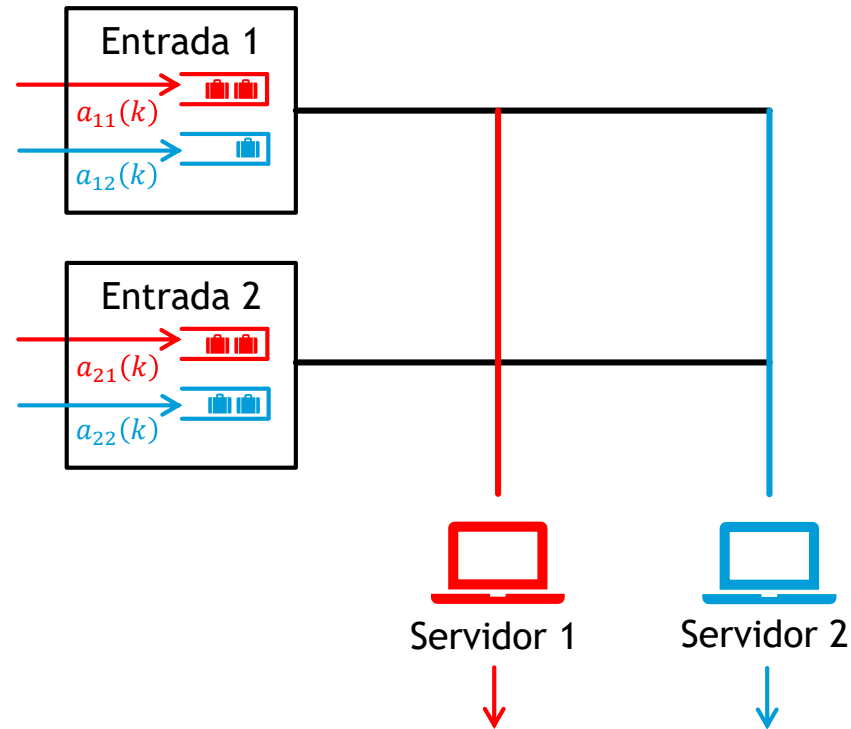
$$E[q_j] \approx \frac{1}{n} E \left[\sum_{i=1}^n q_i \right] \quad \forall j$$



Si $\epsilon \rightarrow 0$ y $k \rightarrow \infty$: $\epsilon \vec{q} \sim X \vec{e}$
donde X es una v.a.
exponencial con media
$$\frac{\text{Var}[a(1)] + \sum_i \text{Var}[s_i(1)]}{2}$$

Switch: Asignación de recursos

- ▶ Llegan paquetes a cada entrada
- ▶ Cada paquete debe ser procesado por un servidor predeterminado
- ▶ Cada entrada tiene una cola para cada servidor
- ▶ En cada periodo se procesa:
 - ▶ A lo más un paquete de cada puerto de entrada (filas)
 - ▶ A lo más un paquete en cada servidor (columnas)



¿Qué colas se debiesen servir en cada periodo?



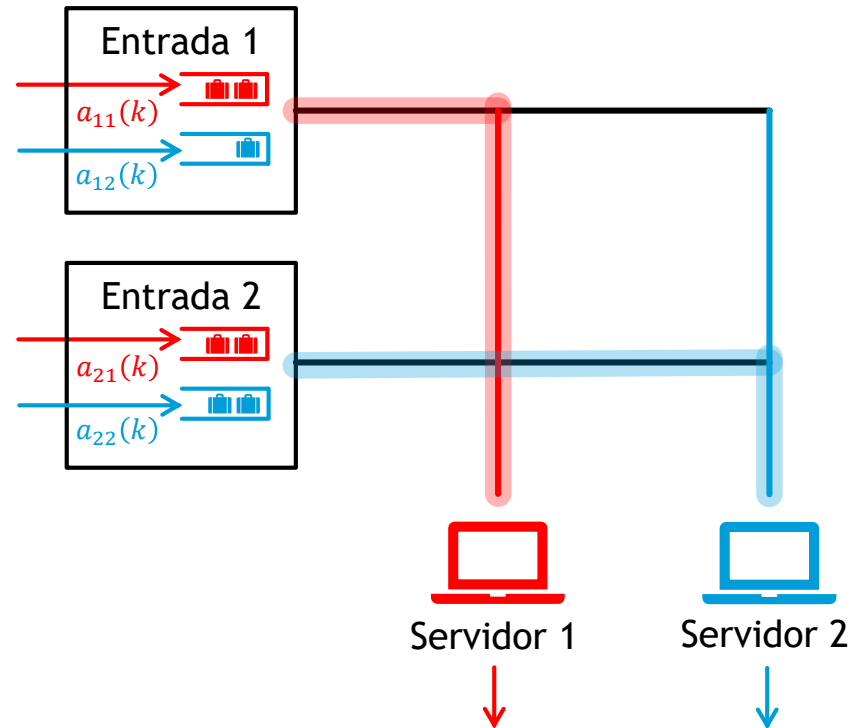
Problema de asignación de recursos: Algoritmo MaxWeight

▶ Problema:

- ▶ Si hay n entradas y n servidores, entonces hay n^2 colas
- ▶ Solo se pueden servir n en cada periodo

▶ Solución óptima:

- ▶ Cada paquete en cola vale 1 punto
- ▶ Servir las colas que maximicen el puntaje total de la asignación



	Entrada 1	Entrada 2	Puntaje
Conexión 1	Servidor 1	Servidor 2	$2+2 = 4$
Conexión 2	Servidor 2	Servidor 2	$1+2 = 3$

← Óptima

Problema de asignación de recursos

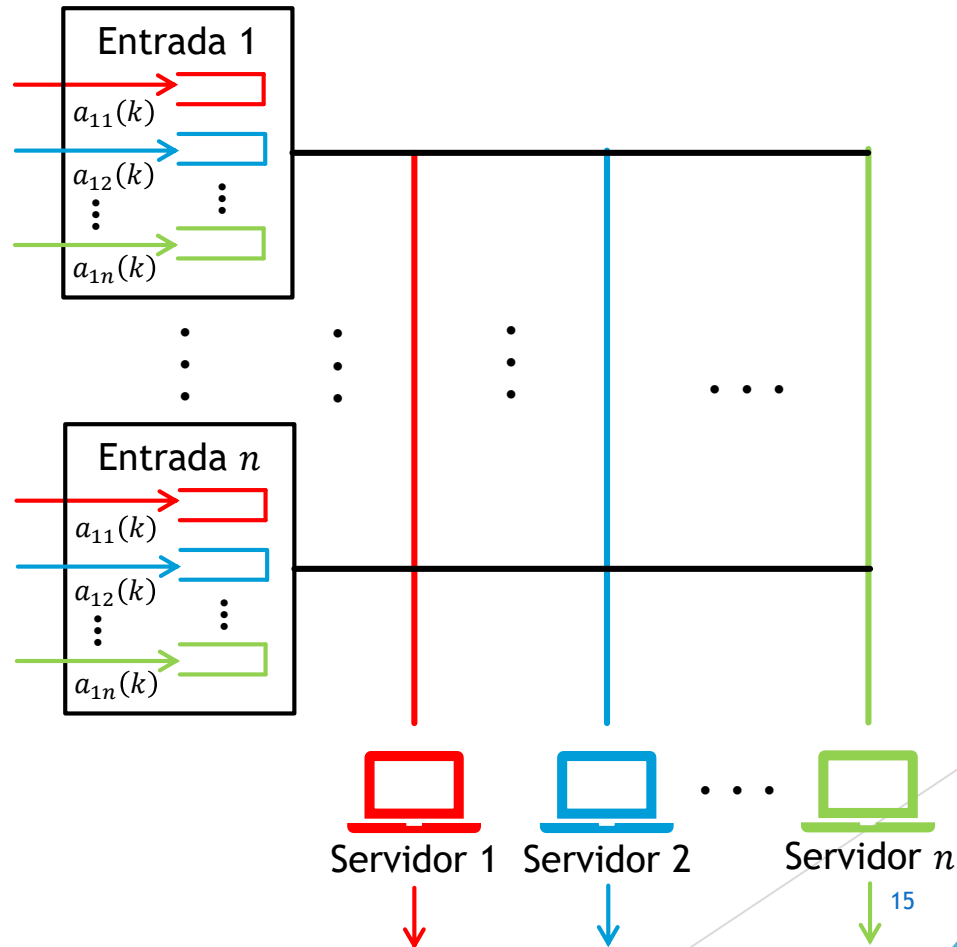
► Capacidad del sistema:

- $\lambda_{i,j}$: Tasa de llegada a la entrada i con destino al servidor j

$$C = \left\{ \lambda \in R^{n \times n} : \sum_i \lambda_{i,j} \leq 1 \forall j \text{ y } \sum_j \lambda_{i,j} \leq 1 \forall i \right\}$$

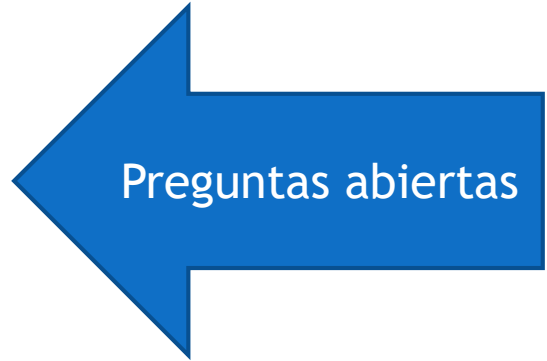
- Sistema estable si vector de tasas está en el interior de C
- ϵ : Distancia del vector de tasas de llegadas al borde de C

Colapso del espacio de estados:
Si $\epsilon \rightarrow 0^+$, todas las conexiones
tienden a tener igual puntaje



Problema de asignación de recursos

- ▶ ¿Cómo minimizar la demora?
- ▶ ¿MaxWeight minimiza la demora?
- ▶ Ideas:
 - ▶ Distribución de largos de cola
 - ▶ Momentos de largos de cola



- ▶ Hasta ahora solo se conoce:

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \epsilon \cdot E \left[\sum_{i,j} q_{i,j} \right]$$

en el largo plazo

Conclusiones

- ▶ Hoy en día dependemos de la nube y los centros de datos
- ▶ Minimizar tiempos de procesamiento es esencial
- ▶ Balanceo de carga
 - ▶ Sistema bien estudiado
- ▶ Switch es un centro de datos ideal
 - ▶ ¿Cómo minimizar el tiempo de procesamiento?

Análisis de desempeño en centros de datos

Daniela Hurtado

31 de mayo, 2018