

# Introducción

## Modelado y Análisis de Redes de Telecomunicaciones

Instituto de Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

Curso 2016



# Básicas

## ■ Docentes:

- Pablo Belzarena: `belza@fing.edu.uy`
- Paola Bermolen: `paola@fing.edu.uy`
- Federico “Larroca” La Rocca: `flarroca@fing.edu.uy`
- Claudina Rattaro: `crattaro@fing.edu.uy`
- María Simon: `maria@fing.edu.uy`

## ■ Evaluación:

- Ejercicios y laboratorios **individuales**.
- Los laboratorios NO son en Facultad: son tareas domiciliarias para las que se necesitan Matlab (Octave), algún software libre de estadística y el simulador libre ns-2.

## ■ Horarios:

- Lunes, miércoles y viernes de 18.00 a 19.30hs. Salón de seminarios IIE.
- Lunes y miércoles: teórico
- Viernes: práctico/laboratorio/consultas (normalmente, puede variar). **Usar el foro del curso!**



# Aprobación

- La mayoría de los prácticos y laboratorios son de entrega obligatoria.
  - Se podrá pedir complementar la entrega con una pequeña defensa oral.
- Aprobación del curso:
  - **Aprobación:** Nota promedio en las entregas mayor al 70%.
  - **Prueba final:** Nota promedio en las entregas entre el 30% y el 70%.  
Atención: **Hay una única prueba al final del curso, no habrá un examen en cada período**
  - **Reprobado:** Nota promedio en las entregas menor al 30% o rendir una prueba final insuficiente en caso de haber obtenido entre 30% y 70%.



# Contenidos

## ■ Objetivo:

*“Brindar al estudiante herramientas que le permitan modelar y analizar una red de telecomunicaciones. Se busca que el estudiante comprenda herramientas tanto de modelado como de simulación y mediciones de redes de datos. Al completar el curso, el estudiante estará en condiciones de comprender artículos académicos del estado del arte en esta área y será capaz de desarrollar simulaciones y mediciones sobre una red de datos.”*

## ■ O mejor dicho:

- varias herramientas básicas en el análisis y modelado de redes de telecomunicaciones
- quizá así puedan dar sus primeros pasos en investigación en el área



# Introducción

- ¿Para qué analizamos o modelamos una red?



# Introducción

- ¿Para qué analizamos o modelamos una red?
  - ¿Cuántos telefonistas tengo que contratar para que mi call-center funciones correctamente? (**Dimensionado**)



# Introducción

- ¿Para qué analizamos o modelamos una red?
  - ¿Cuántos telefonistas tengo que contratar para que mi call-center funciones correctamente? (**Dimensionado**)
  - ¿Qué sistema operativo es mejor instalar en mi servidor web? (**Comparación**)



# Introducción

- ¿Para qué analizamos o modelamos una red?
  - ¿Cuántos telefonistas tengo que contratar para que mi call-center funciones correctamente? (**Dimensionado**)
  - ¿Qué sistema operativo es mejor instalar en mi servidor web? (**Comparación**)
  - ...
  - Cuantificar el servicio otorgado por la red: **Evaluación de Performance.**





# Introducción

- ¿Para qué analizamos o modelamos una red?
  - ¿Cuántos telefonistas tengo que contratar para que mi call-center funciones correctamente? (**Dimensionado**)
  - ¿Qué sistema operativo es mejor instalar en mi servidor web? (**Comparación**)
  - ...
  - Cuantificar el servicio otorgado por la red: **Evaluación de Performance.**
- ¿Ingredientes?



# Introducción

- ¿Ingredientes?
  1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)



# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.



# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.
  - Cantidad promedio de llamadas por unidad de tiempo. Duración promedio de las llamadas. **Intensidad** ¿Sólo el promedio o la distribución también?



# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.
  - Cantidad promedio de llamadas por unidad de tiempo. Duración promedio de las llamadas. **Intensidad** ¿Sólo el promedio o la distribución también?
  - Cantidad promedio de pedidos al servidor por unidad de tiempo. ¿Tipo de pedidos (GET, PUSH, etc.)? ¿Tipo de archivos que hay que enviar y/o procesar (HTML, PHP, Flash, etc.)?



# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.
  - Cantidad promedio de llamadas por unidad de tiempo. Duración promedio de las llamadas. **Intensidad** ¿Sólo el promedio o la distribución también?
  - Cantidad promedio de pedidos al servidor por unidad de tiempo. ¿Tipo de pedidos (GET, PUSH, etc.)? ¿Tipo de archivos que hay que enviar y/o procesar (HTML, PHP, Flash, etc.)?
  - Alternativas: generarlas a partir de una caracterización o utilizar una carga pre-existente (benchmark).



# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.
  - Cantidad promedio de llamadas por unidad de tiempo. Duración promedio de las llamadas. **Intensidad** ¿Sólo el promedio o la distribución también?
  - Cantidad promedio de pedidos al servidor por unidad de tiempo. ¿Tipo de pedidos (GET, PUSH, etc.)? ¿Tipo de archivos que hay que enviar y/o procesar (HTML, PHP, Flash, etc.)?
  - Alternativas: generarlas a partir de una caracterización o utilizar una carga pre-existente (benchmark).
3. Métrica: lo que cuantifica el servicio.



# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.
  - Cantidad promedio de llamadas por unidad de tiempo. Duración promedio de las llamadas. **Intensidad** ¿Sólo el promedio o la distribución también?
  - Cantidad promedio de pedidos al servidor por unidad de tiempo. ¿Tipo de pedidos (GET, PUSH, etc.)? ¿Tipo de archivos que hay que enviar y/o procesar (HTML, PHP, Flash, etc.)?
  - Alternativas: generarlas a partir de una caracterización o utilizar una carga pre-existente (benchmark).
3. Métrica: lo que cuantifica el servicio.
  - Cantidad promedio de llamadas que son rechazadas por unidad de tiempo. Espera promedio para ser atendido. Costo.





# Introducción

## ■ ¿Ingredientes?

1. Sistema (en este caso la red o al menos una parte)
2. Carga: la entrada a mi sistema.
  - Cantidad promedio de llamadas por unidad de tiempo. Duración promedio de las llamadas. **Intensidad** ¿Sólo el promedio o la distribución también?
  - Cantidad promedio de pedidos al servidor por unidad de tiempo. ¿Tipo de pedidos (GET, PUSH, etc.)? ¿Tipo de archivos que hay que enviar y/o procesar (HTML, PHP, Flash, etc.)?
  - Alternativas: generarlas a partir de una caracterización o utilizar una carga pre-existente (benchmark).
3. Métrica: lo que cuantifica el servicio.
  - Cantidad promedio de llamadas que son rechazadas por unidad de tiempo. Espera promedio para ser atendido. Costo.
  - Throughput (cantidad de pedidos completados por unidad de tiempo), utilización del CPU, consumo de energía.



# Introducción

- ¿Cómo?
  1. Medidas del sistema real
  2. Simulaciones
  3. Métodos analíticos



# Introducción

- ¿Cómo?
  1. Medidas del sistema real
  2. Simulaciones
  3. Métodos analíticos
- Ejemplo clásico de 3: fórmula de Erlang

$$P_b = \frac{E^m / m!}{\sum_{i=0}^m E^i / i!}$$



# Introducción

## Algunos principios básicos

- Definir claramente objetivos, sistema, métricas y carga.
  - Dimensionado: la naturaleza exacta de la carga no es tan importante como la intensidad (sobre todo a futuro).
  - Comparación: casi que todo lo contrario.



# Introducción

## Algunos principios básicos

- Definir claramente objetivos, sistema, métricas y carga.
  - Dimensionado: la naturaleza exacta de la carga no es tan importante como la intensidad (sobre todo a futuro).
  - Comparación: casi que todo lo contrario.
- Conocer a fondo el sistema
  - Incluso los aspectos del mismo que no se están estudiando.



# Introducción

## Algunos principios básicos

- Definir claramente objetivos, sistema, métricas y carga.
  - Dimensionado: la naturaleza exacta de la carga no es tan importante como la intensidad (sobre todo a futuro).
  - Comparación: casi que todo lo contrario.
- Conocer a fondo el sistema
  - Incluso los aspectos del mismo que no se están estudiando.

	<b>Treatment A</b>	<b>Treatment B</b>
<b>Small Stones</b>	<i>Group 1</i> <b>93% (81/87)</b>	<i>Group 2</i> 87% (234/270)
<b>Large Stones</b>	<i>Group 3</i> <b>73% (192/263)</b>	<i>Group 4</i> 69% (55/80)
<b>Both</b>	78% (273/350)	<b>83% (289/350)</b>

- ¿Qué tratamiento conviene usar? ¿Y si no sé qué tipo de piedra tiene el paciente?



# Introducción

## Algunos principios básicos

### ■ Otro ejemplo

	<b>Applicants</b>	<b>Admitted</b>
<b>Men</b>	8442	<b>44%</b>
<b>Women</b>	4321	35%

<b>Department</b>	<b>Men</b>		<b>Women</b>	
	<b>Applicants</b>	<b>Admitted</b>	<b>Applicants</b>	<b>Admitted</b>
<b>A</b>	825	62%	108	<b>82%</b>
<b>B</b>	560	63%	25	<b>68%</b>
<b>C</b>	325	<b>37%</b>	593	34%
<b>D</b>	417	33%	375	<b>35%</b>
<b>E</b>	191	<b>28%</b>	393	24%
<b>F</b>	272	6%	341	<b>7%</b>



# Introducción

## Algunos principios básicos

- Elemento clave en cualquier sistema: la existencia de un **Cuello de Botella**.
- Si existe, es la porción del sistema que dicta la performance general.
  - Estudiamos la velocidad de respuesta de un servidor bajo distintas configuraciones a través de pedidos remotos. Todas las configuraciones obtienen resultados similares.
  - ANTEL se interesa por la velocidad de bajada de los servicios ADSL de 1Mbps. ¿Y su nuevo servicio VERA?





# Introducción

## Algunos principios básicos

- Cuidado con las conclusiones que se sacan de los experimentos:



# Introducción

## Algunos principios básicos

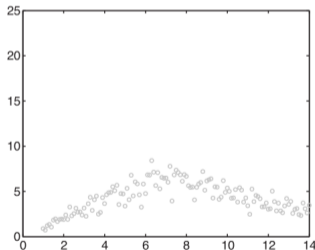
- Cuidado con las conclusiones que se sacan de los experimentos:
  - El protocolo A es más rápido que el B porque el promedio de tiempo de descarga es mayor para B que para A.



# Introducción

## Algunos principios básicos

- Cuidado con las conclusiones que se sacan de los experimentos:
  - El protocolo A es más rápido que el B porque el promedio de tiempo de descarga es mayor para B que para A.
  - Velocidad de descarga en función de cantidad promedio de usuarios activos en una hora de una red wireless.



- Conclusión (¿apresurada?): mi cuello de botella es el aire, tengo que conseguir más APs.



# Introducción

## Temario del Curso

1. Fundamentos estadísticos para el análisis de redes.
  - Construcción de intervalos de confianza en el contexto de la realización de mediciones y simulaciones de redes.
  - Repaso de los principales test de hipótesis. Aplicaciones al análisis de resultados de simulaciones y mediciones en redes.
  - Introducción a la simulación de redes.
2. Optimización Convexa. Aplicaciones al estudio de redes.
3. Modelado estocástico de redes.
  - Procesos de Markov en tiempo discreto y continuo. Aplicaciones.
  - Introducción al cálculo de Palm y a la geometría aleatoria. Aplicaciones.
4. Aprendizaje estadístico.
  - Aprendizaje supervisado y no supervisado.
  - Clasificación y regresión. Aplicaciones en redes.
  - Forecasting. Modelos ARMA, ARIMA, etc. Aplicaciones a la predicción del tráfico en redes.

