

# Simulación

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 4º

# ¿ Cómo evaluar un sistema ?

- Medirlo (experimentos)
  - ¿Y si no existe?
  - ¿Y si es muy caro o costoso hacer cambios en él?  
(para preguntas “what if”)
- Análisis matemático
  - Solo para sistemas simples
  - Sistemas reales son complejos
- Simulación
  - Reconstruir el comportamiento del sistema en un programa
- Emulación
  - Reproducir el comportamiento mediante un programa

# Simulación

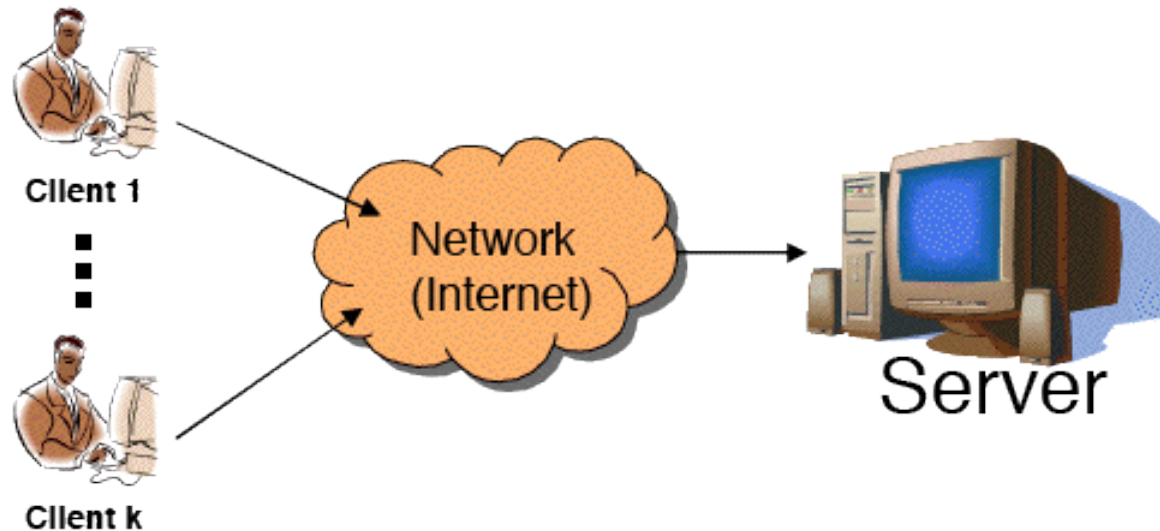
- Imitar el funcionamiento de un sistema real con el tiempo
- Esto no es nuevo...
- Trataremos simulaciones informáticas



- Se necesita un *modelo* del sistema real
- Se genera una historia artificial de sucesos en el sistema y sus repercusiones
- Se obtienen medidas de prestaciones
- Si el modelo es muy simple se puede resolver matemáticamente
- Modelos realistas suelen ser demasiado complejos para una solución analítica

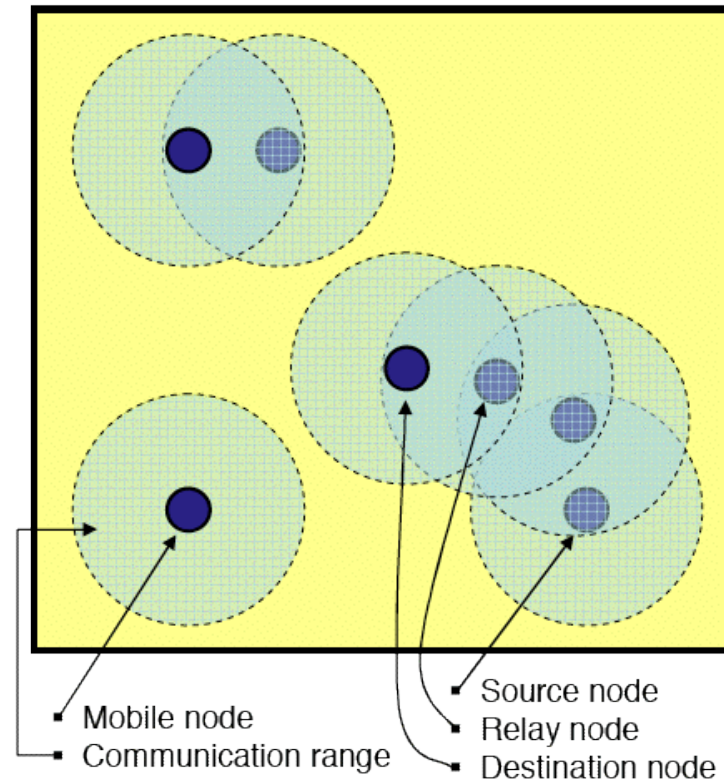
# Ejemplo

- Clientes solicitan un servicio a través de una red
  - Clientes: usuario y navegador web
  - Servidor: servidor web
  - Servicio: entrega de página web
  - Red: Internet
- Analizar el rendimiento del servidor y de la red



# Ejemplo

- Mobile Ad-hoc NETwork (MANET)
- Dos nodos se pueden comunicar sí están dentro del alcance
- Los nodos pueden reenviar tráfico de otros
- Se mueven
- Modelar su movimiento
- Modelar el tráfico
- Resultados: prestaciones



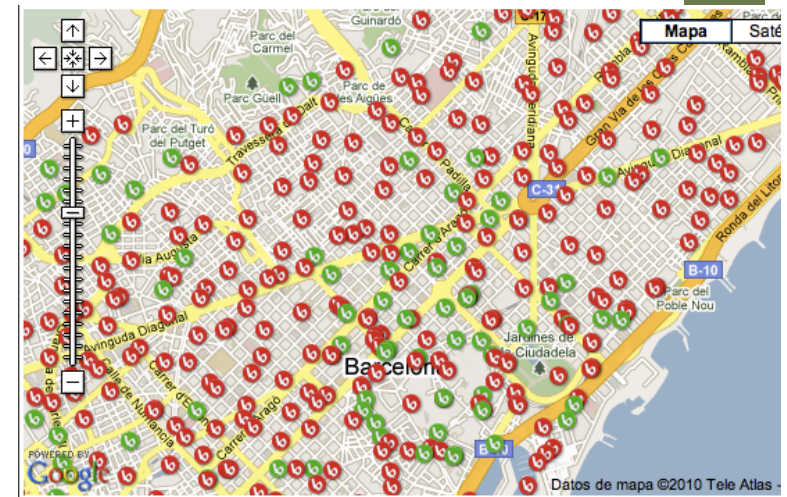
# Ejemplo

## Servicio

- Servicio de alquiler de bicicletas
- Usuario recoge una bici en una estación y la devuelve en otra (o la misma) tras un tiempo

## Dimensionar el negocio

- Cuántos huecos en cada parada?
- Cuántas bicicletas?
- Dónde comienzan el día?
- Hacer redistribución durante el día de las bicis?
- Si nos equivocamos el usuario no tiene bici para coger en la parada
- o no tiene dónde depositarla en el destino
- Un cambio en los parámetros requiere rediseñar las estaciones, comprar bicis, etc.



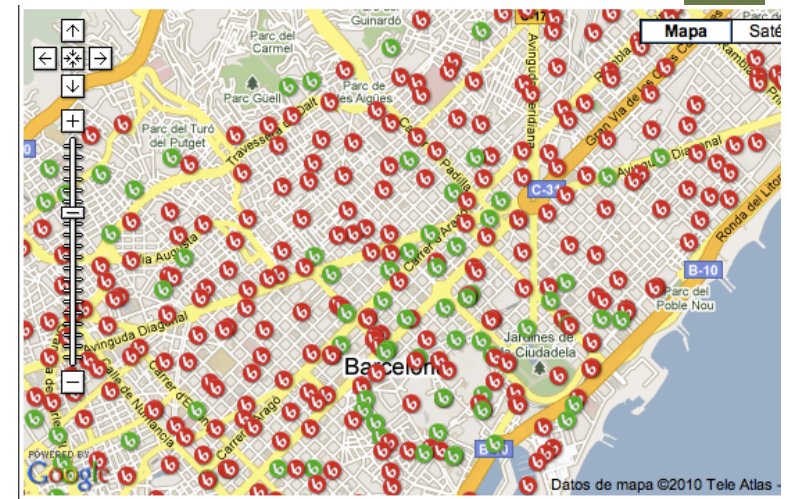
# Ejemplo

## Servicio

- Servicio de alquiler de bicicletas
- Usuario recoge una bici en una estación y la devuelve en otra (o la misma) tras un tiempo

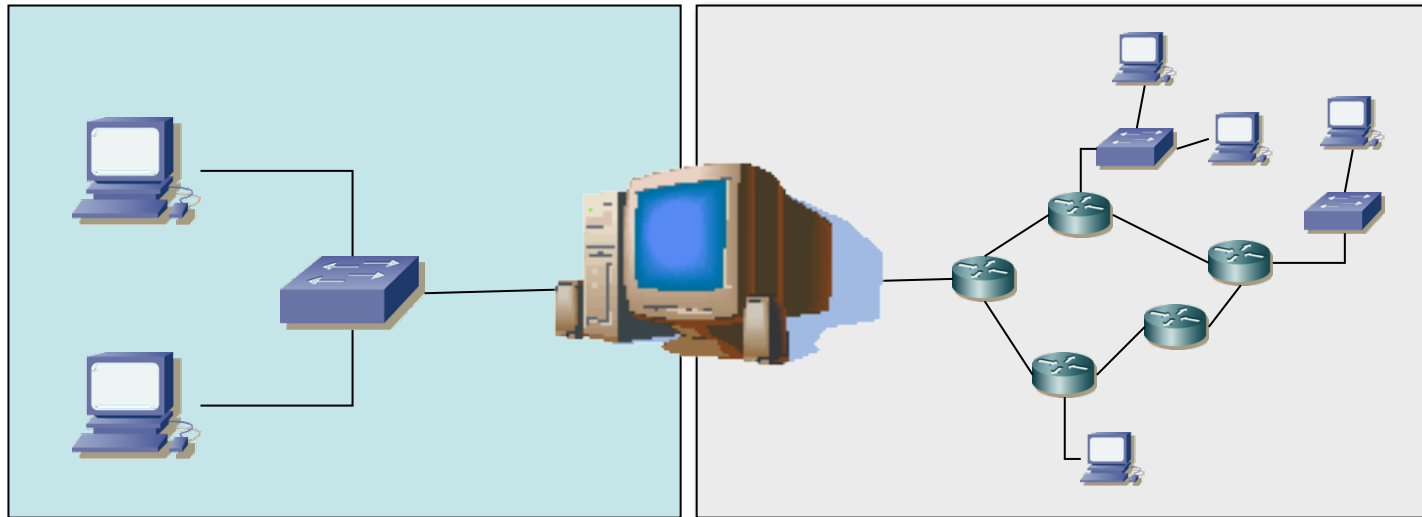
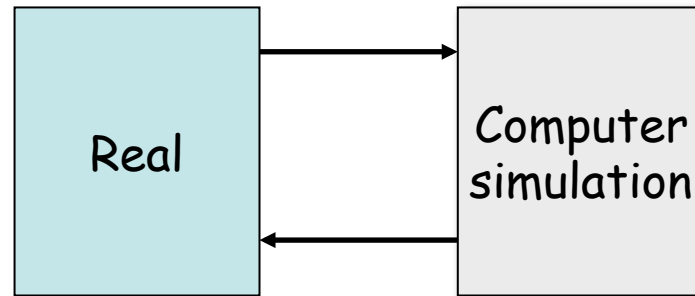
## Simulación

- Modelar el comportamiento del usuario:
  - Dónde y cuándo recoge la bici
  - Cuánto tiempo usa la bici
  - Dónde la devuelve
- Sistema dinámico, obtener:
  - Probabilidad de que un usuario no encuentre bici
  - Probabilidad de que no tenga dónde devolverla
  - Estimación de beneficios
  - Cómo mejoran ante diferentes parámetros (nº bicis, slots por parada, etc)



# Simulation & Emulation

- La emulación obtiene eventos del sistema real
- Devuelve eventos tras una simulación de lo que les ha sucedido
- Esos eventos de salida deben producirse en el instante real que les corresponda





# Cuándo no es apropiada

- Si el sentido común nos da la respuesta
- Si el problema se puede resolver analíticamente
- Si es más sencillo realizar experimentos
- Si el coste (€) del estudio de simulación es mayor que el ahorro posible con el conocimiento que se obtiene
- Si el sistema es demasiado complejo
- Si creemos que es la respuesta a cualquier problema.

# Componentes de la simulación

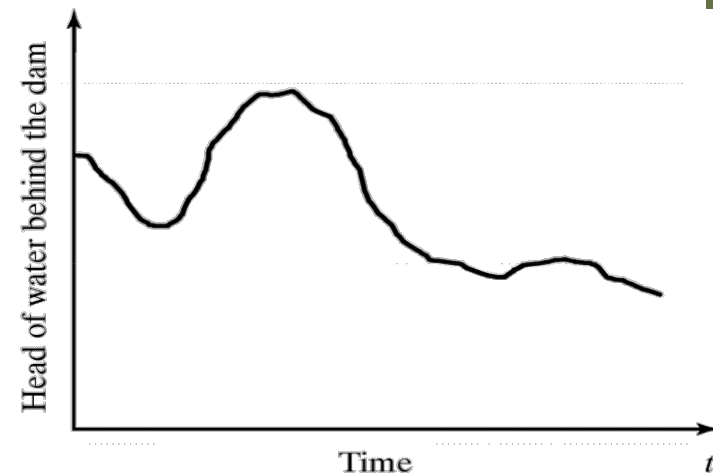
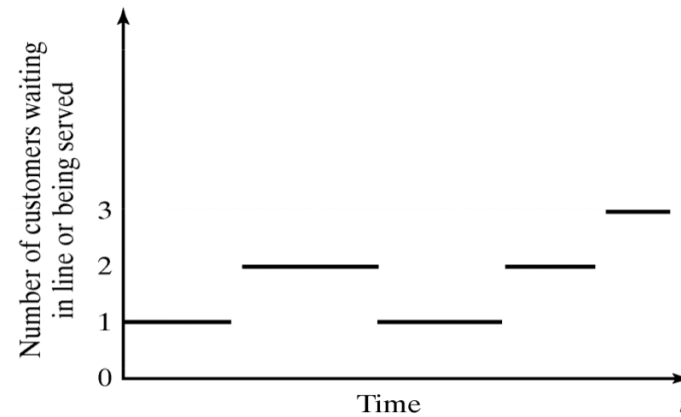
- Sistema (*system*)
  - Grupo de objetos con una interacción o interdependencia orientada hacia un propósito
- Componentes
  - Entidad (*entity*)
    - Un objeto de interés en el sistema
  - Atributo (*attribute*)
    - Propiedad de una entidad
  - Actividad (*activity*)
    - Un periodo de tiempo de una longitud especificada
- Ejemplo: Sucursal de un banco
  - Los clientes podrían ser entidades
  - Su saldo en cuenta sería un atributo
  - Hacer depósitos una actividad

# Estado del sistema

- Grupo de variables necesarias para describir el sistema en un momento cualquiera, en relación con los objetivos del estudio
- Ejemplo: banco
  - Número de cajeros ocupados
  - Número de clientes esperando en cola
  - Instante en que llegará el siguiente cliente
- **Evento:** suceso instantáneo que puede cambiar el estado del sistema (endógenos o exógenos)
- Ejemplo:
  - Llegada de un nuevo cliente (exógeno)
  - Cliente termina de ser atendido (endógeno)

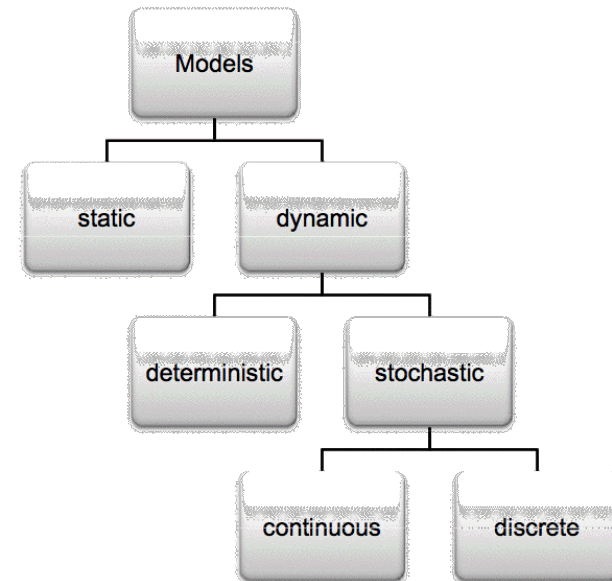
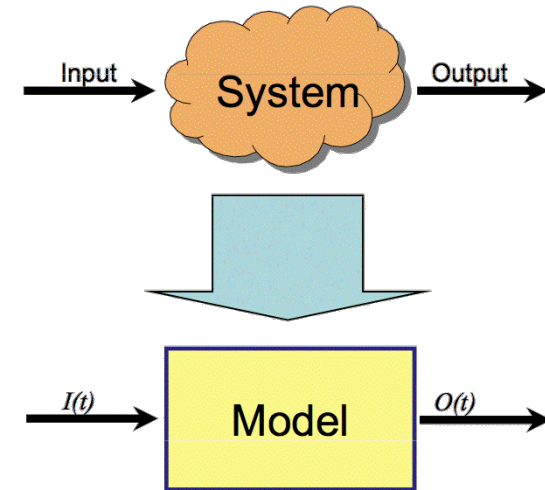
# Tipos de sistemas

- Discretos o continuos
- Difícil ser solo de un tipo pero normalmente suelen predominar los cambios de uno de los dos tipos
- **Sistema discreto**
  - Las variables de estado cambian solo en un conjunto discreto de puntos en el tiempo
  - Ejemplo: banco con llegadas y salidas
- **Sistema continuo**
  - Las variables de estado cambian de forma continua con el tiempo
  - Ejemplo: nivel de agua en un pantano



# Modelo del sistema

- Representación de un sistema para estudiarlo
- Simplifica el sistema
- Considera solo los aspectos que afectan al problema en estudio
- Debe ser lo suficientemente detallado para poderse obtener conclusiones que apliquen al sistema real
- Tipos:
  - Matemático/Físico
  - Estático (Monte Carlo)/Dinámico
  - Determinista/Estocástico
  - Discreto/Continuo
- Nos interesan los estocásticos, dinámicos y discretos.



# Simulation table

- Método para seguir el estado del sistema con el tiempo
- Metodología
  1. Determinar las características de los *inputs* a la simulación (normalmente distribuciones de probabilidad)
  2. Construir una tabla de simulación
  3. Para cada iteración *i* generar un valor de cada uno de los *p inputs* y evaluar la función calculando la respuesta  $y_i$  que normalmente depende de los *inputs* y de respuestas previas
- Tabla:
  - $p$  inputs  $x_{ij}$ ,  $j = 1, 2, \dots, p$
  - Una respuesta  $y_i$
  - Para cada iteración  $i$

Repetitions	Inputs						Response
	$x_{i1}$	$x_{i2}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{ip}$	
$i$							$y_i$
1							
2							
3							
...							
$n$							

# Ejemplo: Servidor Web

- Un servidor web *single-threaded*
- Recibe peticiones de ficheros que debe obtener del disco duro
- El S.O. atiende las peticiones en serie, completando una antes de atender la siguiente
- Si el disco está ocupado, el hilo del servidor web se bloqueará a la espera de que el disco finalice
- El disco es capaz de servir datos a 80 Mbps (aprox. 10MBps)



# Ejemplo: Servidor Web

- Número infinito de clientes (las llegadas no cambian porque estemos atendiendo a alguno)
- Entre cada par de peticiones consecutivas pasa un tiempo aleatorio (uniforme) entre 10 y 90 milisegundos
  - Media 50 mseg  $\Rightarrow$  20 peticiones/seg
- Independientes
- Los ficheros que se solicitan son de entre 100 y 500 KBytes (igual probabilidad, independientes)
  - Media 300 KBytes  $\approx$  2.4 Mbits/petición
- En media se solicitan 48 Mbps
- Caso peor: 500 KBytes a 80 Mbps  $\Rightarrow$  51 mseg  $>$  10 mseg
- Se formará una cola de peticiones en el servidor





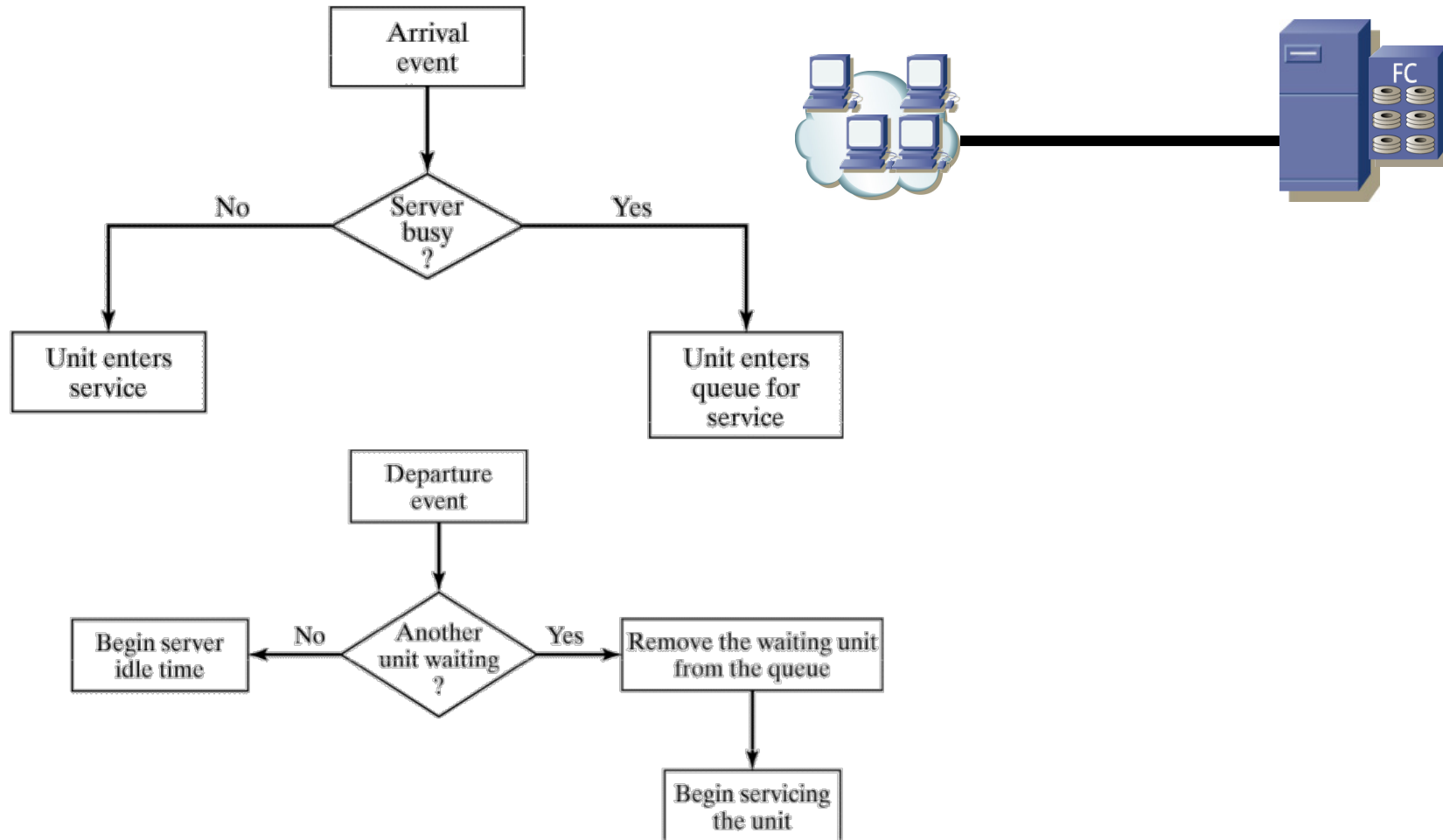
# Ejemplo: Servidor Web

- Más hipótesis:
  - Ignoramos los efectos de la red
  - Servidor no es multi-hilo
  - El disco no atiende a varias peticiones a la vez
  - No contamos tiempos de búsqueda en el disco
  - Puede mantener a la espera tantas peticiones como necesite
- Preguntas:
  - ¿ Cuántas peticiones tienen que esperar a que se atienda otra ?
  - ¿ Cuánto tiene que esperar un usuario a que empiecen a servirle el fichero que ha solicitado ? ¿ Caso peor ? ¿ Media ? ¿ El 95% ?
  - ¿ Cuánto podría aumentar la carga y seguir “funcionando” el sistema ?
  - ¿ Qué velocidad de discos se necesita para una “calidad” ojetivo ?



# Ejemplo: Servidor Web

- Pregunta simple: ¿ Cuánto tiene que esperar un usuario a que empiecen a servirle el fichero que ha solicitado ?



# Ejemplo: Servidor Web

min\_tinter: 10 msec  
 max\_tinter: 90 msec  
 min\_tam: 1 x100 KB  
 max\_tam: 5 x100 KB  
 vel\_disco: 80 Mbps

t\_espera\_media 2,82

tinter (msec)	tam (KB)	t_servir (msec)	t_lleg(msec)	t_salida(msec)	t_espera(msec)
30,28	339,00	34,71	30,28	64,99	0,00
30,21	452,00	46,28	60,48	111,27	4,51
87,97	421,00	43,11	148,45	191,56	0,00
22,14	113,00	11,57	170,59	203,13	20,97
19,02	387,00	39,63	189,60	242,76	13,52
26,36	101,00	10,34	215,97	253,10	26,79
88,59	491,00	50,28	304,56	354,84	0,00
14,86	191,00	19,56	319,42	374,40	35,42
49,96	111,00	11,37	369,38	385,77	5,02
24,98	315,00	32,26	394,36	426,61	0,00
34,83	428,00	43,83	429,19	473,01	0,00
46,14	301,00	30,82	475,33	506,15	0,00

# Ejemplo: Servidor Web

- ¿ Es realista el modelo de usuario ?
  - ¿Uniforme el tiempo entre llegadas?
  - ¿Y peticiones a ráfagas? (html + imágenes)
  - ¿Ficheros tamaños uniformes?
  - ¿A partir de cuántos usuarios es razonable suponer una población “infinita”?
- ¿ De verdad puedo ignorar la red ?
  - ¡ Es un flujo en media de 48 Mbps y con picos de 240 Mbps !
  - TCP: RTT, pérdidas, control de flujo

