

## **SIMULACIÓN SISTEMAS DE COLAS**

<https://www.estadistica.net/SIMULACION/Simulacion-Sistemas.pdf>





## ¿QUÉ ES LA SIMULACIÓN?

La Simulación se refiere a un conjunto de métodos y aplicaciones que tratan de imitar el comportamiento de sistemas reales. En la actualidad es un término general dado que se utiliza en diversos campos, industrias y aplicaciones, que dispone de mejores computadores y software.

La simulación, al igual que la mayoría de los métodos de análisis, implica sistemas y sus modelados.

La simulación por computadora trata con modelos de sistemas. Un sistema es una instalación o un proceso real o planeado, como:

- Una planta de manufactura con máquinas, personas, métodos de transporte, bandas transportadoras y espacio de almacenamiento.
- Un cajero con diferentes tipos de clientes, servidores e instalaciones como ventanillas de cajeros, cajeros automáticos (ATM, por sus siglas en inglés), mesas de préstamos y cajas de seguridad para depósitos.
- Un aeropuerto con pasajeros que facturan, que pasan por seguridad y que van a la puerta de embarque y embarcan; vuelos de salida que compiten por los remolcadores de empuje y de retorno y por la asignación de franjas horarias en las pistas de aterrizaje y despegue; vuelos de llegada que compiten por pistas, puertas y personal de llegada; pasajeros que acaban de aterrizar y se dirigen a las bandas de entrega de equipaje para esperar sus maletas; y el sistema de manejo de equipajes que trata con retrasos, seguridad y fallas.
- Una red de distribución de plantas, almacenes y enlaces de transporte.
- Las instalaciones de urgencias de un hospital, incluido el personal, las habitaciones, el equipo, los suministros y el transporte de los pacientes.
- Una red de computadores con servidores, clientes, unidades de disco, unidades de cintas magnéticas, impresoras, redes y operadores.
- Un sistemas de autopistas de segmentos de carreteras, cruces, controles y tráfico.
- Una oficina central de reclamaciones de seguros donde las personas y las máquinas reciben, revisan, copian, archivan y envían por correo una gran cantidad de papeles.
- Un sistema de justicia de tribunales, jueces, personal de apoyo, funcionarios de libertad probatoria, agentes de libertad condicional, abogados, demandantes, delincuentes declarados culpables y horarios.
- Una planta de productos químicos con tanques de almacenamiento, tuberías, reactores y carros tanque ferroviario para enviar el producto terminado.
- Un restaurante de comida rápida con diferentes tipos de personal, clientes y equipo.
- Un supermercado con control de inventarios, cajas y servicio al cliente.
- La respuesta del personal de emergencia cuando ocurre una catástrofe.
- Un parque temático con atracciones, tiendas, restaurantes, trabajadores, visitantes y estacionamiento.

Las personas a menudo estudian un sistema para medir su ejecución o mejorar su operación, o diseñarlo si es que no existe. Los gerentes o controladores de un sistema desean tener una ayuda disponible para las operaciones cotidianas, como decidir qué hacer en una fábrica si una máquina importante se avería.

Muchas veces los analistas de simulación encuentran que el proceso para definir el funcionamiento del sistema (que debe realizarse antes de que se puede empezar a desarrollar el modelo de simulación) proporciona una gran perspectiva sobre los cambios que tienen que hacerse.

Muchas veces los analistas de simulación encuentran que el proceso para definir el funcionamiento del sistema (que debe realizarse antes de que se puede empezar a desarrollar el modelo de simulación) proporciona una gran perspectiva sobre los cambios que tienen que hacerse.

📖 El enfoque de experimentar sólo con el sistema tiene sus ventajas, cuando se puede experimentar de forma directa con el sistema y se sabe que nada más con respecto a él cambiará significativamente.

Hay casos en los que es posible experimentar con el sistema físico actual:

- Un administrador de supermercado puede probar diferentes políticas para un control de inventarios y de tareas de los cajeros para ver qué combinaciones son las más rentables y las que proporcionan el mejor servicio.
- Una línea aérea puede examinar el uso extendido de los módulos de facturación y chequeo automático (y que los empleados instaran a los pasajeros para utilizarlos) para observar si ello acelera la facturación.
- Una instalación de computadoras puede experimentar con diferentes diseños de redes y prioridades de trabajo para ver cómo éstos afectan el uso y tiempo de respuesta de la máquina.

📖 En muchos casos no se puede o no se sabe jugar con el sistema. En estas situaciones se debe construir un "modelo" que pueda utilizarse para estudiar el sistema y hacer las preguntas pertinentes acerca de qué es lo que pasaría en el sistema si se hiciera una u otra cosa o si se diera una situación que estuviera más allá de su control.

Casos en los que es no posible experimentar con el sistema físico actual:

- No se puede experimentar con diseños alternativos de una fábrica si ésta aún no se construye.
- Es difícil atender al doble de clientes de un banco para ver el efecto que puede causar el cierre de una sucursal cercana.
- En un hospital no se perderá el tiempo con el personal de una sala de emergencias.
- En una fábrica existente puede ser muy costoso cambiar a un diseño experimental que quizá no funcione.

## SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE COLAS

Los sistemas de colas son modelos de sistemas que proporcionan un servicio. Como modelo, pueden representar sistema donde clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido.

Entre simuladores, QSIM y a QSS de WinQSB.



### SIMULADOR DE COLAS - QSS (Queuing System Simulation)

QSS es un simulador de WinQSB que permite imitar un sistema de colas con múltiples servidores, diversos tipos de clientes y varias colas. Cada tipo de clientes puede tener distintos tipos de llegadas y tiempos de servicio que habrá que especificar.

Cuando un cliente sale de un servidor, éste pasa a la siguiente cola o servidor o acaba el servicio. Si la cola está llena, el cliente se queda en el servidor que está hasta que haya espacio. Si el cliente se va a unir a otra cola, se le puede asignar un tiempo fijo de llegada a esa cola (tiempo de transferencia).

QSS siempre supone que la población es infinita, por tanto, no permite simular situaciones donde la población es finita.

Al ejecutar Qss.exe se accede al procedimiento de simulación de sistemas de colas. En la barra de menú aparece la opción File donde se puede abrir un problema nuevo o cargar los datos de uno que se tenga definido con anterioridad.

Al abrir un nuevo problema, aparece una pantalla donde hay que dar el número total de Componentes del sistema de colas ( $n^{\circ}$  de tipos de clientes +  $n^{\circ}$  de colas +  $n^{\circ}$  de servidores) y la unidad de tiempo en la que se va a trabajar.

Se introducen los datos en un formato de matriz (Spreadsheet).

- Tasa de llega de clientes (Customer Arriving Source).
- Colas (Queue). Líneas de espera.
- Servidores (Server): Se especifica la cantidad de servidores en el sistema.
- Colectores de Basura (Garbage Collector): Indica la posibilidad que el cliente abandone el proceso sin terminarlo. Puede ser considerado como un defecto en el sistema..

A continuación aparece una matriz donde hay que introducir los datos del sistema de colas, por columnas.

Conviene hacer un gráfico del funcionamiento del sistema antes de comenzar a introducir los datos.

Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by ':')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Servidor 1	S									
Servidor 2	S									
Cientes	C									
Cola	Q									

1ª columna: Tipo de componente, que ya se ha rellenado en la pantalla anterior.

2ª columna (Immediate follower), con formato completo Immediate follower/Prob/transfer time. Lo primero que hay que indicar para cada componente del sistema es el siguiente componente al que éste se encuentra conectado.

Prob se utiliza sólo cuando los componentes del sistema están conectados con cierta probabilidad. Si no es así, dejar en blanco (/). El tiempo de transferencia es el tiempo que se tarda en llegar de un componente al siguiente. Si éste se considera despreciable, no se indica nada.

3ª-4ª columnas (Input rule-Output rule): Solo hay que rellenarlas en caso de que se puede acceder a un servidor desde varios componentes (Input) o la salida de un servidor se puede dirigir a varios componentes (Output). Como reglas de selección para una situación dada, QSS utiliza las siguientes:

1. Random: Elección aleatoria (es la establecida por defecto)
2. Probability: Se elige basado en una regla de probabilidad
3. RoundRobin: Se elige en orden round robin
4. Assembly: el servidor elige un individuo de cada cola a la vez. Hay que esperar a que todas las colas tengan al menos un cliente.
5. DisAssembly: Cuando un servidor acaba el servicio, manda un cliente a cada una de las colas.
6. LongestQueue: Se elige la cola más larga
7. ShortestQueue: Se elige la cola más corta
8. MaxQueueCapacity: Se elige la cola con mayor capacidad
9. MinQueueCapacity: Se elige la cola con menor capacidad

Se pueden escribir solo las tres primeras letras.

5ª columna (Queue discipline): Solo se rellena para las componentes tipo cola indicando con qué regla los clientes de una cola van a pasar al servidor. Las reglas que están implementadas en QSS son:

1. FIFO: Se sirve primero al que llegó primero a la cola
2. LIFO: Se sirve primero al último que llegó a la cola
3. Random: Se sirve de manera aleatoria
4. PriorityIndex: Se sirve primero a los clientes en cola que tengan un índice de prioridad mayor.
5. SPT: Se sirve primero a los clientes que necesiten menor tiempo de procesamiento.
6. LPT: Se sirve primero a los clientes que necesiten un mayor tiempo de procesamiento.
7. MaxWorkDone: Se sirve primero al que mayor tiempo de procesamiento total lleva.
8. MinWorkDone: Se sirve primero al que menor tiempo de procesamiento total lleva.

Se pueden escribir solo las tres primeras letras. La opción por defecto es FIFO, en cuyo caso no hace falta rellenarlo.

6ª columna (Queue capacity): QSS reserva, por defecto, un espacio de 50 clientes para el tamaño de las colas, pero es imprescindible introducir un número en la capacidad de cualquier cola.

7ª columna (Attribute value): Solamente se rellena en las colas cuya disciplina sea Priority Index: se sirve primero al que mayor índice de prioridad tenga.

8ª columna (Interarrival Time distribution): Distribución del tiempo entre llegadas consecutivas de los clientes al sistema. Habitualmente son:

Exp/a/b: Exponencial de media b, tomando valores para  $x > a$ . Normalmente,  $a = 0$

Erlang/a/b/k: Erlang con k entero,  $kb = \text{media}$ , tomando valores para  $x > a$ . Normalmente,  $a = 0$

Normal/ $\mu$ / $\sigma$ : Normal con  $\mu = \text{media}$  y  $\sigma = \text{desviación típica}$ .

Constante: No hace falta poner Constante, solo el valor de la constante.

Información sobre posibles distribuciones en QSS: [Help/About QSS/Probability distributions](#)



9ª columna (Batch size distribution): Los clientes llegan al sistema solos o en grupo. Si la llegada es en grupo, el tamaño del grupo se considera una variable aleatoria discreta y hay que dar la distribución. Consultar la ayuda para ver que distribuciones discretas admite QSS y cómo se introducen.

10ª columna (Service time distribution): Para cada servidor hay que dar la distribución del tiempo de servicio. Puede ocurrir que un servidor tenga tiempos de servicio diferentes para clientes de distinto tipo. Entonces, se indicará la distribución del tiempo de servicio para cada cliente, separada por comas: Cliente A/exp/0/0.3, Cliente B/normal/1/5

**SIMULACIÓN EN UN BANCO:** Un banco posee dos cajeros (1 y 2) que atienden a un cliente en un promedio de 15 minutos con una desviación de 0,01. La tasa de llegada de clientes es de 1 cada 10 minutos, y hacen una sola cola cuya capacidad es de máximo 15 clientes. Se considera que la llegada de los clientes se comporta de forma similar a una distribución Poisson y los cajeros con una distribución normal.

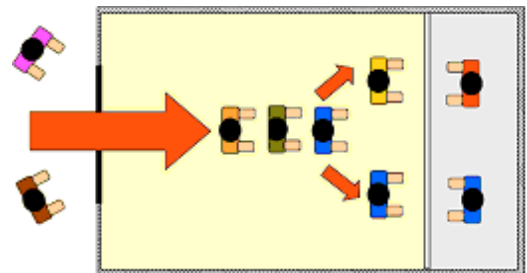
Simular del modelo descrito en 60 minutos.

Tasa de llegada:  $\lambda = 0,1$  cliente/minuto en cada cajero

Tasa de servicio:  $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{15} = 0,06667$  cliente/minuto cajero

$\sigma = 0,01$

Capacidad = 15 personas/fila



Se observan tres actores principales:

- Dos cajeros, los cuales serán considerados como servidores.
- Los clientes, representados por una tasa de llegada.
- La cola o línea de espera, a donde los clientes llegan para ser atendidos.

Se considera que el Banco utiliza un sistema de espera tipo PEPS (FIFO – First In First Out), es decir, los primeros clientes que entran serán los primeros en ser atendidos.

### WinQSB/ Queuing System Simulación

Problem Specification

To define a queuing system, four system components are considered: customer arriving populations such as different type of materials or different age groups, servers such as machines or clerks, queues for buffer storages or waiting lines, or garbage collectors for defectives.

Problem Title: BANCO

Number of System Components: 4

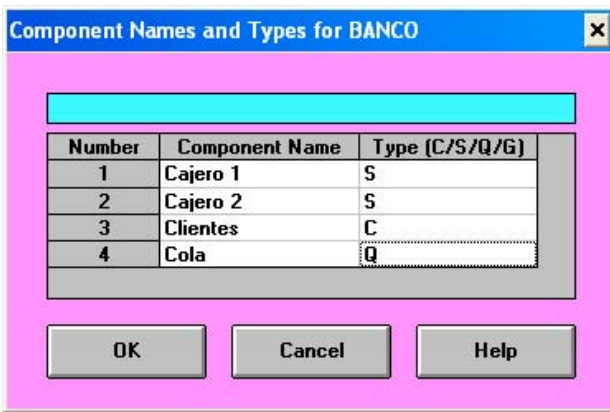
Time Unit: minuto

Data Entry Format

Spreadsheet

Graphic Model

OK Cancel Help



Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by '.')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1	S									
Cajero 2	S									
Clientes	C									
Cola	Q									

Se comienza introduciendo los datos para los Cajeros, denotando que los Cajeros dependen de los Clientes.

En la columna Distribución de tiempos de servicio (Service Time Distribution) se introduce Clientes/Normal/0.06667/0.01

La notación completa es: **Nombre predecesor/Distribución/Parámetro 1/Parámetro 2/Parámetro 3**

La primera corresponde a la conexión con los clientes, la segunda a la distribución de probabilidad de los servidores y los siguientes datos (parámetros) son utilizados de acuerdo a la información requerida por la distribución (por ejemplo, la distribución Normal requiere de dos parámetros: media y desviación típica).

#### DISTRIBUCIONES DISPONIBLES:

- Beta (Beta)
- Binomial (Binomial)
- Constante (Constant)
- Discreta (Discrete)
- Erlang (Erlang)
- Exponencial (Exponential)
- Gamma (Gamma)
- Hypergeométrica (Hypergeometric)
- Laplace (Laplace)
- Normal (Normal)
- Pareto (Pareto)
- Poisson (Poisson)
- Función de poder (Power Function)
- Triangular (Triangular)
- Uniforme (Uniform)
- Weibull (Weibull)

#### LIMITACIONES

En el modulo del programa se especifica que se pueden manejar las distribuciones de probabilidad que se detallan a la izquierda.

En realidad, las únicas distribuciones con las que corre el programa son:

- Constante (Constant)
- Exponencial (Exponential)
- Laplace (Laplace)
- Normal (Normal)
- Pareto (Pareto)
- Poisson (Poisson)
- Función de poder (Power Function)
- Uniforme (Uniform)

En otros casos, se puede utilizar el programa de simulación ARENA.



De igual forma análoga, se completa los parámetros para los clientes. Primero se indica la dependencia de una de las colas en la columna Sucesor inmediato (Immediate Follower).

Posteriormente, en la columna Distribución del tiempo entre llegada (Interarrival Time Distribution) con el siguiente formato: **Distribución/Parámetro 1/Parámetro 2/Parámetro 3**

En este caso, la distribución quedaría: Poisson/0.1

Los parámetros 2 y 3 no son requeridos para esta distribución.

Queuing System Simulation											
BANCO											
Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob)	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution	
Cajero 1	S									Clientes/Normal/0.06667/0.01	
Cajero 2	S									Clientes/Normal/0.06667/0.01	
Cientes	C	Cola						Poisson/0.1			
Cola	Q										

La columna Distribución de los tamaños de los lotes (Batch Size Distribution), indica si los clientes llegan de forma agrupada o individual.

En este caso, la columna se rellena con **Constant/1**, indicando que los Clientes llegan al Banco de uno en uno.

Para programar la Cola, hay que indicar que los dos Cajeros se alimentarán de ella colocando los nombres en las casillas correspondientes a la columna Sucesor inmediato (Immediate Follower).

En Disciplina de la cola (Queue Discipline) se marca FIFO y en Capacidad de la Cola (Queue Capacity) su capacidad (máximo 15 personas en espera).

Queuing System Simulation											
BANCO											
Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob)	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution	
Cajero 1	S									Clientes/Normal/0.06667/0.01	
Cajero 2	S									Clientes/Normal/0.06667/0.01	
Cientes	C	Cola						Poisson/0.1	Constant/1		
Cola	Q	Cajero 1, Cajero 2			FIFO	15					

Para resolver el problema: **Solve and Analyze / Perform Simulation**

Based on the specified random seed, simulation time, and/or maximum number of observations, the program simulates the queuing system according to the data entry specification. Press "Simulate" to start the simulation, and press "Cancel" to quit the simulation. Press "Show Analysis" for the result.

**Random Seed**

Use default random seed  
 Enter a seed number  
 Use system clock

Random number seed: 27437

Simulation time in minuto: 60

Data collection start time at minuto:

Maximum number of data collections (observations): M

% of simulation done:

Current time: 61 minutos

Number of observations collected: 461

Simulate Show Analysis Cancel Help

Pulsando **Simulate** el programa tome el tiempo de 60 minutos y muestra las observaciones recolectadas durante ese tiempo

Pulsando **Show Analysis** se observan los resultados de la simulación.

Queuing System Simulation		
File Format Results Utilities Window Help		
0.00 A [Icons]		
Customer Analysis for BANCO		
	Result	Cientes
1	Total Number of Arrival	599
2	Total Number of Balking	141
3	Average Number in the System (L)	1,9775
4	Maximum Number in the System	17
5	Current Number in the System	1
6	Number Finished	461
7	Average Process Time	0,0718
8	Std. Dev. of Process Time	0,0114
9	Average Waiting Time (Wq)	0,1856
10	Std. Dev. of Waiting Time	0,1619
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	0,2574
14	Std. Dev. of Flow Time	0,1628
15	Maximum Flow Time	0,6669
Data Collection: 0 to		60 minutos
CPU Seconds =		1,4140

En los 60 minutos llegaron 599 clientes (Total Number of Arrival).

Número promedio de clientes en el sistema (Average Number in the System) es de 1,9775

Número máximo de clientes en el sistema (Maximum Number in the System) es de 17 (15 es espera y 2 siendo atendidos).

El tiempo de espera promedio (Average Waiting Time) es de 0,1856

La opción **Results/Show Server Analysis** facilita información de los Cajeros.

Queuing System Simulation							
File Format Results Utilities Window Help							
0.00 A [Icons]							
Server Analysis for BANCO							
	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	Cajero 1	27,27%	0,0671	0,0105	0,0914	0,00%	244
2	Cajero 2	27,86%	0,0770	0,0100	0,1234	0,00%	217
	Overall	27,57%	0,0718	0,0114	0,1234	0,00%	461
Data	Collection:	0 to	60	minutos	CPU	Seconds =	1,4140

Los cajeros tuvieron un promedio de utilización (Server Utilization) del 27,57%.

El Cajero 1 atendió 244 Clientes y el Cajero 2 a 217 Clientes, siendo un total (Customer Processed) de 461 Clientes atendidos.

La opción **Results/Show Queue Analysis** facilita información sobre la Cola.

Queuing System Simulation							
File Format Results Utilities Window Help							
0.00 A [Icons]							
Queue Analysis for BANCO							
	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	Cola	1,4261	0	15	0,1860	0,1618	0,5770
Data	Collection:	0 to	60	minutos	CPU	Seconds =	1,4140

El promedio de Clientes en la Cola (Average Q. Length) es de 1,4261

El máximo de Clientes en la Cola (Maximum Q. Length) es de 15

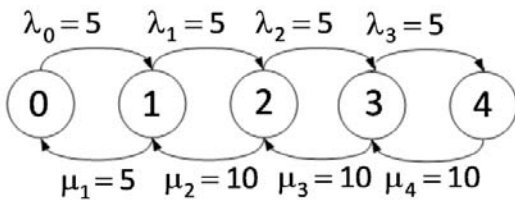
**SIMULACIÓN ESTACIÓN SERVICIO:** Un lavado de coches dispone de dos estaciones de lavado y espacio para dos vehículos que esperan para ser lavados.

La llegada de automóviles sigue una distribución de Poisson con tasa de 5 autos/hora, mientras que la duración del lavado sigue una distribución de Poisson con tasa 5 autos/hora.

Simular el modelo descrito en 120 horas.

### WinQSB/ Queuing System Simulación

Diagrama de densidades de transición:



**Queuing System Simulation**

Problem Specification

To define a queuing system, four system components are considered: customer arriving populations such as different type of materials or different age groups, servers such as machines or clerks, queues for buffer storages or waiting lines, or garbage collectors for defectives.

Problem Title: LAVADO

Number of System Components: 4

Time Unit: hora

Data Entry Format

Spreadsheet  
 Graphic Model

OK Cancel Help

**Queuing System Simulation**

File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help

LAVADO

Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob)	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Estación 1	S									Poisson/5
Estación 2	S									Poisson/5
Cientes	C	Cola						Poisson/5		
Cola	Q	Estación 1, Estación 2			FIFO	4				

**Queuing System Simulation**

Based on the specified random seed, simulation time, and/or maximum number of observations, the program simulates the queuing system according to the data entry specification. Press "Simulate" to start the simulation, and press "Cancel" to quit the simulation. Press "Show Analysis" for the result.

Random Seed

Use default random seed  
 Enter a seed number  
 Use system clock

Random number seed: 27437

Simulation time in minuto: 120

Data collection start time at minuto:

Maximum number of data collections (observations): M

% of simulation done:

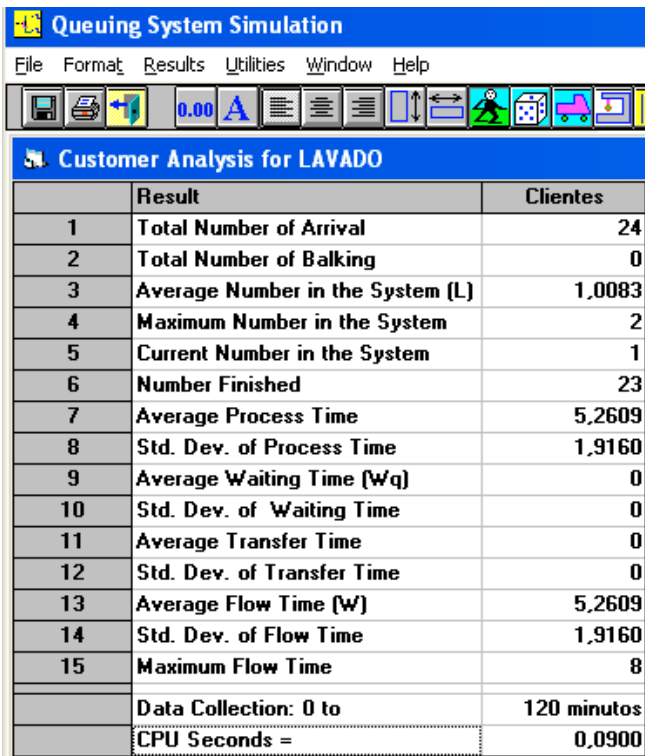
Current time: 101 minutos

Number of observations collected: 17

Simulate Show Analysis Cancel Help

Pulsando **Simulate** el programa toma el tiempo de 120 horas y muestra las observaciones recolectadas durante ese tiempo

Pulsando **Show Analysis** se observan los resultados de la simulación.



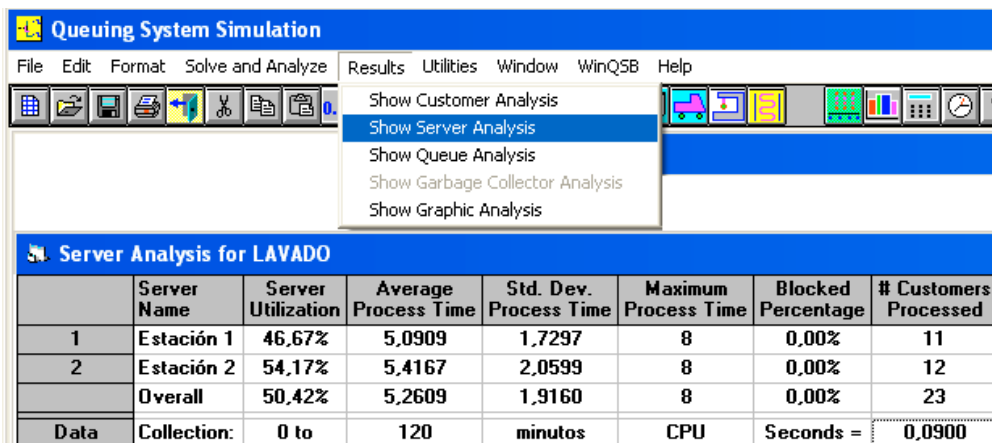
	Result	Cientes
1	Total Number of Arrival	24
2	Total Number of Balking	0
3	Average Number in the System (L)	1,0083
4	Maximum Number in the System	2
5	Current Number in the System	1
6	Number Finished	23
7	Average Process Time	5,2609
8	Std. Dev. of Process Time	1,9160
9	Average Waiting Time (Wq)	0
10	Std. Dev. of Waiting Time	0
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	5,2609
14	Std. Dev. of Flow Time	1,9160
15	Maximum Flow Time	8
Data Collection: 0 to		120 minutos
CPU Seconds =		0,0900

En 120 minutos llegaron 24 clientes (Total Number of Arrival), con un tiempo promedio de espera de 0 minutos (Average Waiting Time).

El número máximo de automóviles en el sistema es de 2 (Maximum Number in the System).

En promedio permanecen 1,0083 automóviles en el sistema (Average Number in the System).

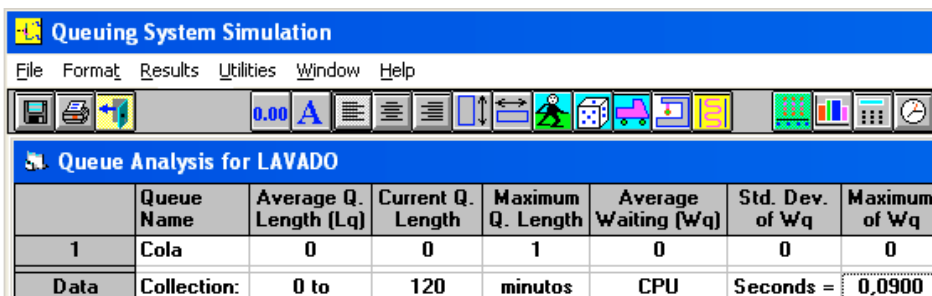
La simulación muestra un análisis de la estaciones de lavado: [Results/ Show Server Analysis](#)



	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	Estación 1	46,67%	5,0909	1,7297	8	0,00%	11
2	Estación 2	54,17%	5,4167	2,0599	8	0,00%	12
	Overall	50,42%	5,2609	1,9160	8	0,00%	23
Data	Collection:	0 to	120	minutos	CPU	Seconds =	0,0900

Las estaciones de lavado tuvieron un promedio de utilización (Server Utilization), respectivamente, del 46,67% y 54,17%

La opción [Results/Show Queue Analysis](#) facilita información sobre la Cola



	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	Cola	0	0	1	0	0	0
Data	Collection:	0 to	120	minutos	CPU	Seconds =	0,0900

El promedio de automóviles en la cola (Average Q. Length) fue de 0.

El número máximo de automóviles en la cola es de 1 (Maximum Q. Length)

Asignatura ..... Grupo.....  
Apellidos ..... Nombre .....

Ejercicio del día .....

Asignatura ..... Grupo.....  
Apellidos ..... Nombre.....  
Ejercicio del día .....

### SIMULACIÓN SISTEMAS DE COLAS

<https://www.estadistica.net/SIMULACION/Simulacion-Sistemas.pdf>



Instrumentos Estadísticos Avanzados  
Facultad Ciencias Económicas y Empresariales  
Departamento de Economía Aplicada  
Profesor: Santiago de la Fuente Fernández