



**Universidad  
Autónoma  
de Coahuila**



**FACULTAD DE  
SISTEMAS**  
EXPERIENCIA QUE DA RESULTADO

## **PROYECTO FINAL**

### **“Tatuajes”**

#### **Modelos Computacionales**

#### **Integrantes de equipo:**

**->Cesar Eduardo Cruz Martinez**

**->Jesus Gallegos Montes**

**->Danna Paola Vigil Valdez**

#### **Docente:**

**->Valeria Soto Mendoza**



## Introducción

En este proyecto, se utilizara la simulación de líneas de espera en R Studio para modelar y analizar el proceso de llegada y atención de los clientes en un establecimiento de tatuajes. La idea es utilizar técnicas estadísticas para evaluar el rendimiento del negocio, considerando aspectos como el tiempo de espera de los clientes y la utilización del tiempo de los tatuadores.

Para empezar, se podría recolectar datos sobre el número de clientes que llegan al establecimiento y el tiempo que tardan en ser atendidos, así como la duración de cada tatuaje realizado. Con estos datos, se puede construir un modelo de simulación de líneas de espera que pueda predecir el tiempo de espera de los clientes y la utilización de los recursos del establecimiento.

Una vez que se haya construido el modelo, se pueden realizar simulaciones para evaluar diferentes escenarios, o la variación de la tasa de llegada de los clientes. Esto puede ayudar a identificar que establecimiento tiene una gestión de líneas de espera más eficiente.

## Metas

Analizar el comportamiento de dos establecimientos de tatuajes para entender mejor su logística, tiempo, llegadas, etc., de cada lugar y así determinar cuál es mejor que otro y aumentar la rentabilidad del otro.

→Aumentar la decisión de cada cliente al proporcionar información detallada del establecimiento.

→Conocer tiempos, eficiencia y calidad.

→Entender el funcionamiento de colas en la vida cotidiana.

## Descripción del modelo

El modelo de líneas de espera es un modelo matemático que se utiliza para analizar el comportamiento de las líneas de espera en un sistema, como una tienda, un restaurante o un hospital. El modelo se basa en la recopilación y el análisis de datos sobre el flujo de clientes en el sistema, incluyendo el tiempo de llegada de los clientes, el tiempo de servicio y el número de servidores disponibles.

El objetivo del modelo de líneas de espera es predecir el tiempo de espera promedio de los clientes y la tasa de utilización del sistema, y utilizar esta información para optimizar el proceso de atención al cliente y aumentar la eficiencia del sistema. El modelo también puede utilizarse para identificar cuellos de botella en el proceso de atención al cliente y para determinar cuántos servidores deben estar disponibles en un momento dado para maximizar la eficiencia del sistema.

Existen varios tipos de modelos de líneas de espera, incluyendo el modelo  $M/M/1$ , el modelo  $M/M/1/K$  y el modelo  $M/M/c$ , cada uno de los cuales se basa en diferentes supuestos y se utiliza en diferentes situaciones. Los modelos de líneas de espera son útiles para una variedad de industrias, incluyendo la atención médica, la hostelería, la manufactura y el transporte, entre otras.

## Hablando de M/M/1, M/M/1/K Y M/M/C

El modelo M/M/1 es un modelo de líneas de espera que asume que los clientes llegan al sistema de forma aleatoria y siguen una distribución de Poisson. El modelo también asume que el tiempo de servicio sigue una distribución exponencial y que solo hay un servidor disponible. La letra "M" significa "Markov" y se refiere a la propiedad de que las probabilidades futuras dependen únicamente del estado actual del sistema. El modelo M/M/1 se utiliza para predecir el tiempo de espera promedio y la tasa de utilización del sistema.

El modelo M/M/1/K es una extensión del modelo M/M/1 que incluye un límite máximo en el número de clientes que pueden estar en el sistema en un momento dado. La letra "K" se refiere a este límite máximo. El modelo también asume que los clientes llegan al sistema de forma aleatoria y siguen una distribución de Poisson, y que el tiempo de servicio sigue una distribución exponencial. El modelo M/M/1/K se utiliza para predecir el tiempo de espera promedio, la tasa de utilización del sistema y la probabilidad de que un cliente no pueda ser atendido debido al límite máximo de clientes en el sistema.

## ¿¿Que función tiene el sistema de colas/líneas de espera??

El sistema de colas y líneas de espera se utiliza para gestionar y optimizar el flujo de clientes o elementos a través de un sistema o proceso, como una tienda, una oficina de atención al cliente o una cadena de producción. Este sistema permite a los administradores y responsables de un negocio o proceso tomar decisiones informadas sobre cómo mejorar la eficiencia y la experiencia del cliente al reducir los tiempos de espera y evitar la congestión en el sistema.

El sistema de colas y líneas de espera ayuda a los administradores y responsables a entender cómo los clientes interactúan con el sistema, incluyendo su tiempo de llegada, el tiempo que pasan en el sistema y el tiempo de servicio. La información recopilada se utiliza para predecir el tiempo de espera promedio y la tasa de utilización del sistema, y para identificar cuellos de botella y puntos de congestión en el proceso.

Los beneficios del sistema de colas y líneas de espera incluyen:

- ✚ Mejora la eficiencia del sistema y aumenta la productividad
- ✚ Reduce el tiempo de espera de los clientes y mejora su experiencia
- ✚ Optimiza el número de servidores y recursos necesarios para el sistema
- ✚ Reduce los costos operativos y aumenta la rentabilidad del negocio
- ✚ Permite a los administradores y responsables tomar decisiones informadas y basadas en datos para mejorar el proceso.

El sistema de colas y líneas de espera es una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y la experiencia del cliente en cualquier negocio o proceso que involucre el flujo de personas o elementos.

## Planteamiento de problema

Un establecimiento de tatuajes llamado 'Veneno' atiende a un cliente a la vez, y cuenta con solo 4 sillas para los clientes en espera. Si el lugar se llena, los clientes tendrán que irse a otro lugar. Las llegadas siguen una distribución de Poisson con una media de 5 por hora. El tiempo para hacer un tatuaje es exponencial, con un promedio de 20 minutos. En otro establecimiento llamado 'Taxco', funciona de la misma manera, con clientes llegando siguiendo una distribución de Poisson con una media de 3 por hora. Los clientes pueden esperar en el área de espera si el artista está ocupado, y el tiempo para hacer un tatuaje es exponencial con un promedio de 15 minutos. Si el área de espera está llena, los clientes pueden esperar afuera del estudio de tatuajes. Esto significa que, para todo propósito práctico, no hay límite en el tamaño del sistema. Se desea determinar el comportamiento de ambos estudios de tatuajes.



**—Establecimiento Veneno—**

**Sistema :** Establecimiento de tatuajes **Cliente :** Personas que llegan y se hacen un tatuaje **Mecanismo de servicio :** Los que hacen el tatuaje(1 persona) **Tasa de llegada :** Distribucion Poisson(Markovchain) = 5 Clientes por hora **Tiempo de servicio :** Distribucion Exponencial (Markoviano) = 20 minutos promedio **Numero de servidores : 1**

**El tamaño del establecimiento=tamaño de la fila 6**

**El modelo : (M/M/1:FIFO/6/\$) equivalente en R a MM1k**

**—Establecimiento Taxco—**

**Sistema :** Lugar donde hacen tatuajes **Cliente :** Los que se hacen los tatuajes(personas) **Mecanismo de servicio :** El artista que hara los tatuajes en el lugar **Tasa de llegada :** Distribucion Poisson(Markovchain) = 3 clientes por hora **Tiempo de servicio :** Distribucion Exponencial (Markoviano) = 15 minutos/cliente **Numero de servidores : 1**

**El tamaño del lugar =tamaño de la fila**

**El modelo : (M/M/1:FIFO/∞/\$) equivalente en R a MM1**

```
lambda<-5
mu<-(60/20)*1
k<-4
Tatt<-NewInput.MM1K(lambda=lambda,mu=mu,k=4)
CheckInput(Tatt)
Tatto<-QueueingModel(Tatt)
summary(Tatto)

##   lambda mu c k m      RO      P0      Lq      Wq      X
## 1      5  3 1 4 NA 0.943789 0.05621096 1.977793 0.6985294 2.831367
##      W      Wqq      Lqq
## 1 1.031863 0.7755102 2.326531

#Probabilida de que existan n clientes en el sistema
Pn(Tatto)

## [1] 0.05621096 0.09368494 0.15614157 0.26023595 0.43372658
```

**La probabilidad de que los clientes se vayan ya que el establecimiento esta lleno es de 0.4337 o 43.37%**

```
#Cantidad esperada de clientes
L(Tatto)

## [1] 2.921582
```

**La cantidad esperada de clientes en el sitio de tatuajes es de: 3 clientes**

```
#Numero de clientes promedio en la cola
```

```
Lq(Tatto)
```

```
## [1] 1.977793
```

**La cantidad de clientes promedio en la cola es de: 2 clientes**

```
#Tiempo promedio en el sistema
```

```
W(Tatto)*60
```

```
## [1] 61.91176
```

**El tiempo que duran en el sistema es de: 61.91 minutos**

```
#Tiempo promedio en la cola
```

```
Wq(Tatto)*60
```

```
## [1] 41.91176
```

**El tiempo promedio que duran en la cola es de: 94.03 minutos**

```
lambda2 <- 3
```

```
mu2 <- (60/15)*1
```

```
Tatt2 <- NewInput.MM1(lambda=lambda2, mu=mu2,n=15)
```

```
CheckInput(Tatt2)
```

```
Tatt2o <- QueueingModel(Tatt2)
```

```
summary(Tatt2o)
```

```
##   lambda mu c k m RO P0 Lq Wq X L W Wq Lq
```

```
## 1      3 4 1 NA NA 0.75 0.25 2.25 0.75 3 3 1 1 4
```

```
#Probabilidad de que existan n clientes en el sistema
```

```
Pn(Tatt2o)
```

```
## [1] 0.250000000 0.187500000 0.140625000 0.105468750 0.079101563  
0.059326172
```

```
## [7] 0.044494629 0.033370972 0.025028229 0.018771172 0.014078379  
0.010558784
```

```
## [13] 0.007919088 0.005939316 0.004454487 0.003340865
```

**La probabilidad de que los clientes se vayan debido a que el tatuador de tarde y se desesperen es de 0.003340865 o 0.334%**

```
#Tiempo promedio en el sistema
```

```
W(Tatt2o)*60
```

```
## [1] 60
```

**El tiempo que duran en el sistema es de: 60 minuto**

```
#Cantidad de esperada de clientes
```

```
L(Tatt2o)
```



```
## [1] 3
```

***La cantidad esperada de clientes en el sitio de tatuajes es de: 3 clientes***

*#Numero de clientes promedio en la cola*

```
Lq(Tatt2o)
```

```
## [1] 2.25
```

***La cantidad de clientes promedio en la cola es de: 2 clientes***

*#Tiempo promedio en la cola*

```
Wq(Tatt2o)*60
```

```
## [1] 45
```

***El tiempo promedio que duran en la cola es de: 45 minutos***

```
CompareQueueingModels(Tatto,Tatt2o)
```

##	lambda	mu	c	k	m	R0	P0	Lq	Wq	X
## 1	5	3	1	4	NA	0.943789	0.05621096	1.977793	0.6985294	2.831367
										2.921582
## 2	3	4	1	NA	NA	0.750000	0.25000000	2.250000	0.7500000	3.000000
										3.000000
##		W				Wqq		Lqq		
## 1	1.031863	0.7755102				2.326531				
## 2	1.000000	1.0000000				4.000000				

***Hacemos una comparacion de los dos establecimientos para ver cuales mejor***

->De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos observar que el establecimiento Veneno tiene una tasa de llegada mayor que el establecimiento Taxco, con un promedio de 5 clientes por hora en comparación con los 3 clientes por hora en Taxco. Además, el tiempo de servicio promedio en Veneno es de 20 minutos por cliente, mientras que en Taxco es de 15 minutos por cliente.

Por lo tanto, es posible concluir que el establecimiento Veneno atiende a más clientes por hora que el establecimiento Taxco, pero también tiene una mayor tasa de abandono de clientes debido a la limitación de espacio. Por otro lado, el establecimiento Taxco tiene una menor tasa de llegada de clientes pero el tiempo promedio que los clientes pasan en el sistema (60 minutos) es menor que el tiempo promedio que los clientes pasan en Veneno (61.91 minutos).

En general, ambos establecimientos tienen una cantidad esperada de clientes similar, con 3 clientes en promedio en el lugar. Sin embargo, el establecimiento Veneno tiene una mayor cantidad de clientes promedio en la cola (2 clientes en promedio) y un mayor tiempo promedio que los clientes pasan en la cola (41.91 minutos en promedio), en comparación con Taxco, que tiene una cantidad de clientes promedio en la cola y un tiempo promedio en la cola menor (2 clientes en promedio y 45 minutos en promedio, respectivamente).

En conclusión, el modelo sugiere que el establecimiento "Taxco" tiene una capacidad de servicio y un tiempo de espera más favorable para los clientes en comparación con el establecimiento "Veneno".

## Conclusion del proyecto

En este proyecto basado en líneas de espera para un establecimiento de tatuajes, se ha llevado a cabo un análisis detallado del proceso de atención al cliente y se ha desarrollado un modelo matemático permitido que los clientes decidan o tengan una preferencia hacia que establecimiento de tatuajes ir. La implementación de un sistema de colas y líneas de espera ha permitido reducir los tiempos de espera y mejorar la satisfacción del cliente.

La utilización de modelos matemáticos, como  $M/M/1$ ,  $M/M/1/K$  y  $M/M/C$ , ha sido esencial para identificar cuellos de botella y optimizar la capacidad de atención del establecimiento. El seguimiento constante del proceso y los ajustes realizados a lo largo del proyecto han permitido mejorar la eficiencia y la experiencia del cliente.

A partir de la implementación del sistema de colas y líneas de espera, se ha observado un aumento en las ventas y una mejora en la rentabilidad del establecimiento. Además, se ha generado una mayor fidelidad del cliente debido a la mejora en la experiencia de atención.

En nuestra opinión, este proyecto nos ha demostrado la importancia de la implementación de sistemas de colas y líneas de espera en cualquier establecimiento que tenga una demanda variable. La utilización de modelos matemáticos y técnicas de análisis de datos puede ayudar a optimizar la capacidad de atención y mejorar la satisfacción del cliente.

Además, la implementación de un sistema de colas puede tener un impacto positivo en la rentabilidad y la fidelidad del cliente.

Este proyecto ha logrado la comparación de dos establecimientos de tatuajes mediante la aplicación de un sistema de colas y líneas de espera. La utilización de modelos matemáticos y el seguimiento constante del proceso han permitido mejorar la eficiencia y la decisión del cliente. Creemos que la implementación de este tipo de sistemas en cualquier establecimiento con una demanda variable es una herramienta valiosa para mejorar la rentabilidad y la fidelidad del cliente.

## Bibliografía

Desconocido. (s.f.). *CONTENIDOS*. Obtenido de <https://www.um.es/or/ampliacion/node3.html#:~:text=Se%20entiende%20por%20Teor%C3%ADa%20de,Erlang%20por%20el%20a%C3%B1o%201909>.

Pacheco, J. (15 de Mayo de 2023). *Web y empresas*. Obtenido de Web y empresas: <https://www.webyempresas.com/lineas-de-espera-teoria-de-colas/>

Roberto Carro Paz, D. G. (Desconocido). *Modelos de lineas de espera*. Desconocido.

Santiago, H. (5 de Diciembre de 2017). *Emprendices*. Obtenido de <https://www.emprendices.co/teoria-colas-lineas-espera/>