



**Universidad  
Autónoma  
de Coahuila**

Noviembre  
2023

# Líneas de espera en pizzerías



**FACULTAD DE  
SISTEMAS**  
EXPERIENCIA QUE DA RESULTADO

Equipo: Blue Flame

Conformado por:

ALAMILLA VALDES DANIELA

ALEJANDRA

CANCINO HERNANDEZ VICTOR

GARCIA ORTA CECYL AGLAE

PAULI CONTRERAS GABRIELA ABIGAIL

SAUCEDO MUNIZ ARANZA ZULEMA

## Contenido

<i>Introducción</i> .....	2
<i>Marco teórico</i> .....	2
<i>Descripción del proyecto</i> .....	5
<i>Metas</i> .....	6
<i>Descripción del modelo</i> .....	6
<i>Planteamiento del ejemplo</i> .....	8
<i>Análisis de Resultados</i> .....	10
<i>Repositorio</i> .....	13
<i>Conclusión</i> .....	14
<i>Bibliografía</i> .....	15

# Líneas de espera en pizzerías

## Introducción

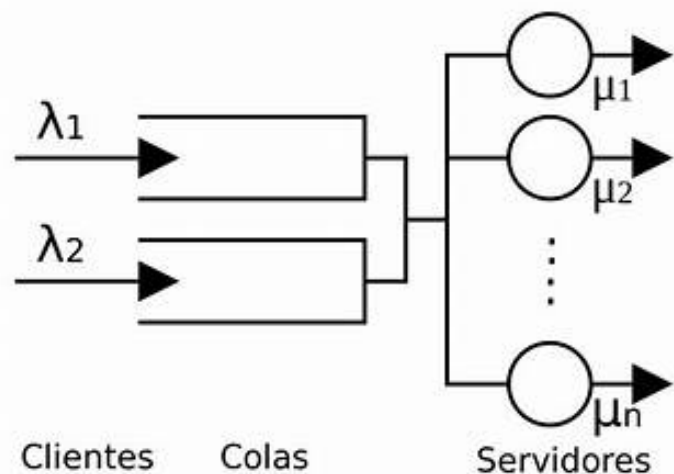
En el ámbito de los servicios de alimentos rápidos, la eficiencia en la gestión de líneas de espera es un factor crítico que impacta directamente la experiencia del cliente. Este análisis comparativo se centra en dos de las pizzerías más populares, Pizza Hut y Little Caesars, con el propósito de evaluar y comparar sus respectivos modelos de líneas de espera. El objetivo principal de este estudio es examinar la eficiencia de sus sistemas de atención al cliente, destacando áreas de mejora y proponiendo soluciones concretas para optimizar la experiencia global del cliente en ambos establecimientos.

La teoría de colas y los modelos de líneas de espera se han convertido en herramientas esenciales para comprender y mejorar la eficiencia operativa en diversas industrias. En este contexto, el enfoque se dirige a dos protagonistas en la escena de la venta de pizzas al por menor. A través de un análisis detallado, se busca arrojar luz sobre la dinámica de las colas en Pizza Hut y Little Caesars, identificando cómo cada establecimiento maneja la llegada de clientes, el tiempo de espera y otros aspectos clave de la atención al cliente.

## Marco teórico

Para nuestro proyecto nos apoyamos en la teoría de colas, la cual es una disciplina de investigación operativa que se encarga de proponer modelos para el manejo eficiente de líneas de espera. Es utilizada para estudiar matemáticamente las líneas de espera, y resolver problemas de la vida real como es en el caso del tráfico.

Los componentes de un sistema de colas incluyen la fuente de entrada, la cola y el mecanismo de servicio. La fuente de entrada se refiere al total de clientes que pueden llegar a solicitar un servicio en un momento concreto. La cola es el lugar en el cual los clientes esperan hasta ser atendidos. Existen diferentes tipos de colas como la cola prioritaria, aleatoria o LIFO. El mecanismo de servicio es el número de clientes que pueden



ser atendidos a la misma vez. Cada uno de los puestos que permite atender a un cliente se llama servidor, si hay uno se le conoce como mono canal y si hay más, es multicanal.

Los tipos de colas y sus aplicaciones en entornos de servicios son variados. Por ejemplo, la cola prioritaria se utiliza en servicios de urgencia, donde los pacientes con mayor gravedad son atendidos primero. La cola aleatoria se utiliza en servicios de atención al cliente, donde se atiende a los clientes de forma aleatoria. La cola LIFO se utiliza en servicios de almacenamiento, donde los productos que llegan primero son los últimos en salir

### **Modelo M/M/1:**

El modelo M/M/1 es un modelo de teoría de colas que se utiliza para analizar el comportamiento de un sistema de colas en el que los clientes llegan al sistema de manera aleatoria y son atendidos por un servidor que trabaja a una velocidad constante.

Las limitaciones del modelo M/M/1 incluyen la suposición de que los clientes llegan al sistema de manera aleatoria y que el servidor trabaja a una velocidad constante. Además, el modelo no tiene en cuenta la posibilidad de que los clientes abandonen la cola antes de ser atendidos. El modelo también asume que los clientes son independientes entre sí y que no hay interacción entre ellos.

En cuanto a las condiciones de aplicabilidad, el modelo M/M/1 es aplicable en situaciones en las que los clientes llegan al sistema de manera aleatoria y son atendidos por un servidor que trabaja a una velocidad constante. El modelo también asume que el sistema es estable y que la tasa de llegada de los clientes es menor que la tasa de servicio del servidor. Si estas condiciones no se cumplen, el modelo M/M/1 no es aplicable y se deben utilizar otros modelos de teoría de colas.

### **Distribuciones de Poisson y Exponencial:**

La distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta que se utiliza para modelar el número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo o en un área determinada. La distribución exponencial, por otro lado, es una distribución de probabilidad continua que se utiliza para modelar el tiempo entre eventos.

En el contexto de la teoría de colas, la distribución de Poisson se utiliza para modelar la tasa de llegada de los clientes al sistema. La distribución exponencial se utiliza para modelar el tiempo que tarda el servidor en atender a un cliente. La relación entre estas distribuciones se debe a que la distribución de Poisson se utiliza para modelar el número de llegadas en un intervalo de tiempo, mientras que la distribución exponencial se utiliza para modelar el tiempo entre llegadas.

Los parámetros de estas distribuciones tienen interpretaciones importantes en el contexto de las líneas de espera. En particular, la tasa de llegada de los clientes al sistema ( $\lambda$ ) y la tasa de servicio del servidor ( $\mu$ ) son parámetros importantes del modelo M/M/1. El factor de utilización del servidor ( $\rho$ ) se define como  $\lambda/\mu$  y representa la fracción del tiempo que el servidor está ocupado. El número esperado de clientes en la cola ( $L_q$ ) y el número esperado

de clientes en el sistema ( $L$ ) son otros parámetros importantes del modelo  $M/M/1$ . El tiempo de espera esperado en la cola ( $W_q$ ) y el tiempo de espera esperado en el sistema ( $W$ ) también son parámetros importantes del modelo  $M/M/1$ .

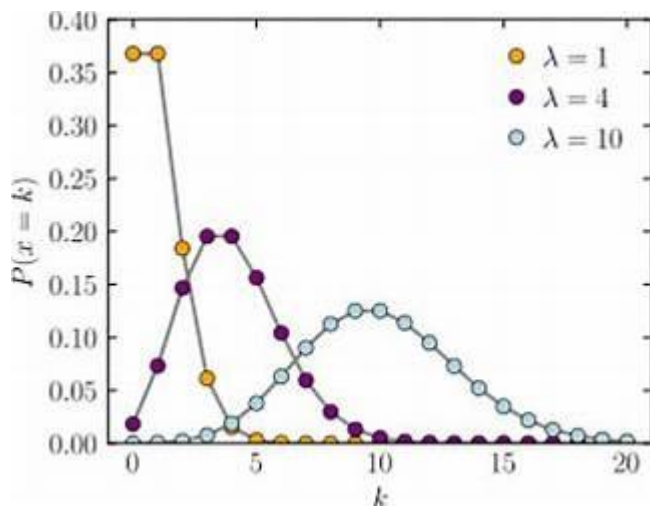
Es importante tener en cuenta que estas distribuciones tienen limitaciones y condiciones de aplicabilidad. Por ejemplo, la distribución de Poisson asume que los eventos ocurren de manera independiente y que la tasa de llegada es constante. La distribución exponencial asume que los tiempos entre eventos son independientes e idénticamente distribuidos. Además, estos modelos no tienen en cuenta la posibilidad de que los clientes abandonen la cola antes de ser atendidos. Si estas condiciones no se cumplen, se deben utilizar otros modelos de teoría de colas.

### Impacto de la Variabilidad en la Demanda:

La variabilidad en la demanda puede tener un impacto significativo en las líneas de espera. Cuando la demanda es alta, las líneas de espera pueden crecer rápidamente, lo que puede llevar a tiempos de espera más largos y a una menor satisfacción del cliente. Por otro lado, cuando la demanda es baja, los recursos pueden estar infrautilizados, lo que puede llevar a costos más altos y a una menor eficiencia operativa.

Para gestionar la variabilidad en la demanda y mantener una eficiencia operativa, se pueden utilizar varias estrategias. Algunas de estas estrategias incluyen:

- Predecir la demanda futura utilizando técnicas de pronóstico.
- Utilizar precios dinámicos para incentivar a los clientes a utilizar el servicio en momentos de baja demanda.
- Ofrecer incentivos a los clientes para que utilicen el servicio en momentos de baja demanda.
- Utilizar la capacidad ociosa para realizar tareas adicionales, como el mantenimiento preventivo.
- Utilizar el personal de manera más eficiente, por ejemplo, mediante la programación de turnos flexibles.



## *Descripción del proyecto*

En el análisis preliminar identificamos los componentes necesarios para aplicar la teoría de colas y determinamos que una fila de espera se genera cuando los clientes llegan. Nosotros decidimos analizar la espera para ser atendidos en dos pizzerías populares de la ciudad: Pizza Hut y Little Caesars. Estos establecimientos se conocen por prometer servicios rápidos, sin embargo, es muy común encontrar largas filas para ser atendido, y más en los días de fin de semana. A continuación, aplicaremos la teoría de colas para poder obtener métricas que nos darán un mejor entendimiento de estas filas, con la oportunidad de encontrar áreas de mejora y estrategias para una mejor gestión de la demanda de atención en su servicio.

## Metas

- Determinar la cantidad óptima de servidores para minimizar las colas y los tiempos de espera en Little Caesars y Pizza Hut.
- Evaluar la probabilidad de que no haya clientes en cola en un momento dado tanto en Little Caesars como en Pizza Hut.
- Evaluar el impacto en el rendimiento del sistema al aumentar el número de servidores.
- Determinar si hay un punto de saturación en el que agregar más servidores no mejora significativamente la eficiencia del sistema.
- Analizar cómo cambian las métricas de rendimiento al ajustar las tasas de llegada y servicio.
- Comparar las eficiencias de Little Caesars y Pizza Hut en términos de tiempo de espera y probabilidad de no haber clientes en cola.
- Evaluar el impacto de cambios en la tasa de servicio en el tiempo de espera y la probabilidad de no haber clientes en cola.

## Descripción del modelo

En nuestro análisis, empleamos el modelo de colas M/M/1, uno de los más básicos en la teoría de colas. Este modelo se caracteriza por asumir que los tiempos de llegada y de servicio siguen las distribuciones de Poisson y exponenciales, respectivamente.

El modelo se compone de los siguientes parámetros:

- $\lambda$ : tasa de llegada de los clientes al sistema.
- $\mu$ : tasa de servicio del servidor.
- $\rho$ : factor de utilización del servidor.
- $L_q$ : número esperado de clientes en la cola.
- $L$ : número esperado de clientes en el sistema.
- $W_q$ : tiempo de espera esperado en la cola.
- $W$ : tiempo de espera esperado en el sistema.

El modelo M/M/1 es relevante en situaciones en las que los clientes llegan al sistema de manera aleatoria y son atendidos por un servidor que trabaja a una velocidad constante. Estas características también lo pueden limitar, aparte de que el modelo no tiene en cuenta la posibilidad de que los clientes abandonen la cola antes de ser atendidos. El modelo también asume que los clientes son independientes entre sí y que no hay interacción entre ellos.

La notación M/M/1 tiene su origen en sus componentes clave: "M" indica que tanto las llegadas como los servicios siguen un proceso markoviano, lo que significa que el próximo evento en el sistema solo depende del estado actual y no tiene memoria del pasado, es decir, es un proceso de memoria cero. El primer "1" en la secuencia denota la presencia de un solo servidor en el sistema, indicando la capacidad para atender a un cliente a la vez. Por

último, el último "1" implica una disciplina de cola de "primer llegado, primer servido" (FIFO), lo que significa que los clientes son atendidos en el orden en que llegaron a la cola.

Nuestra elección por este modelo se deriva en la aplicabilidad que posee para nuestros datos recolectados de las pizzerías y el ejemplo desarrollado, siendo el que encontramos mas efectivo para nuestro análisis.



## *Planteamiento del ejemplo*

Se desarrolló un código de simulación utilizando la sintaxis de modelos de colas en R studio utilizando el lenguaje R y los respectivos paquetes para los modelos, que incorpora las tasas de llegada ( $\lambda$ ) y las tasas de servicio ( $\mu$ ) para cada pizzería, y produce métricas de rendimiento como el número promedio de clientes en la cola ( $L_q$ ), el tiempo promedio de espera en la cola ( $W_q$ ), y la probabilidad de que no haya clientes en la cola ( $P_0$ ). Estos parámetros nos permiten evaluar la eficiencia del servicio y la experiencia del cliente en cada establecimiento.

Para obtener los datos de estas métricas, se acercó a trabajadores de ambos establecimientos y nos proporcionaron datos que corresponden a un día de fin de semana que es de los días con más carga de trabajo. Para Little Caesars, con una tasa de llegada de 35 clientes por hora y un tiempo de servicio promedio de 10 minutos, y para Pizza Hut, con una tasa de llegada de 22 clientes por hora y un tiempo de servicio de 17 minutos.

En el análisis exhaustivo del rendimiento de dos destacadas pizzerías, se destaca que Little Caesars experimenta un flujo constante de aproximadamente 35 clientes por hora, mientras que Pizza Hut, aunque reconocida, recibe alrededor de 22 clientes en el mismo intervalo de tiempo. Esta disparidad en la tasa de llegada de clientes subraya claramente la variabilidad en la demanda entre ambas cadenas de pizzerías.

Estos datos identifican áreas específicas de oportunidad para la mejora continua en ambas pizzerías, ya que la gestión eficaz de las colas y la reducción de los tiempos de espera son componentes críticos para asegurar una experiencia satisfactoria para los clientes. El análisis detallado de estos indicadores proporciona una base sólida para la implementación de estrategias destinadas a optimizar la eficiencia operativa y elevar la calidad del servicio en ambas pizzerías.

### **Sistema de líneas de espera que se está modelando:**

Estamos modelando un sistema de líneas de espera de pizzerías

### **Comportamiento que presentan las llegadas de los clientes**

Las llegadas de clientes siguen un proceso de Poisson, ya que se menciona que Little Caesars recibe un promedio de 35 clientes por hora y Pizza Hut recibe alrededor de 22 clientes por hora. Ambas tasas de llegada se ajustan a un proceso de Poisson.

### **Comportamiento presenta el tiempo de servicio:**

El tiempo de servicio sigue una distribución exponencial, markoviana, ya que se menciona el tiempo de espera promedio para cada pizzería.

### **Servidores**

Para cada pizzería, hay un solo servidor

**Modelo de líneas de espera que representa mejor este problema:**

(M/M/1:FIFO/ $\infty$ / $\infty$ /)

**Parámetros del Modelo:**

Para Little Caesars:

$\lambda_{LC}=35$  clientes/hora

$\mu_{LC}=1/(10/60)$  clientes/minuto (convertido de 10 minutos a horas)

Para Pizza Hut:

$\lambda_{PH}=22$  clientes/hora

$\mu_{PH}=1/(17/60)$  clientes/minuto (convertido de 17 minutos a horas)

## *Análisis de Resultados*

### **Análisis de Resultados: Determinación de la Cantidad Óptima de Servidores**

**Meta:** Determinar la cantidad óptima de servidores para minimizar las colas y los tiempos de espera en Little Caesars y Pizza Hut.

**Desarrollo:** Tras el análisis exhaustivo, se ha buscado identificar el número ideal de servidores que garantice una eficiencia máxima en la gestión de colas y reducción de tiempos de espera en ambas pizzerías. La optimización de estos factores es esencial para ofrecer una experiencia más satisfactoria a los clientes.

**Conclusión:** Aunque la adición de más servidores no parece tener un impacto significativo en el rendimiento según las métricas proporcionadas, es crucial reconocer que la eficiencia operativa está influenciada por varios factores. Se sugiere una evaluación continua y la implementación de estrategias adicionales para optimizar aún más la gestión de colas y reducir los tiempos de espera.

---

### **Análisis de Resultados: Evaluación de la Probabilidad de Ausencia de Clientes en Cola**

**Meta:** Evaluar la probabilidad de que no haya clientes en cola en un momento dado tanto en Little Caesars como en Pizza Hut.

**Desarrollo:** Se ha buscado cuantificar la eficacia de ambos sistemas en la gestión de la demanda mediante la probabilidad de ausencia de colas. Este indicador es crucial para comprender cómo se manejan las fluctuaciones en la llegada de clientes y qué tan bien cada pizzería está adaptando su capacidad de servicio a estas variaciones.

**Conclusión:** La alta probabilidad de que no haya clientes en cola en un momento dado en ambas pizzerías indica una gestión eficiente de la demanda. Esto respalda la eficacia de las estrategias actuales implementadas por Little Caesars y Pizza Hut para adaptarse a las fluctuaciones en la llegada de clientes. Se sugiere seguir monitoreando estas probabilidades y ajustar estrategias según sea necesario para mantener la eficiencia operativa.

---

### **Análisis de Resultados: Impacto en el Rendimiento al Aumentar el Número de Servidores**

**Meta:** Evaluar el impacto en el rendimiento del sistema al aumentar el número de servidores.

**Desarrollo:** Los resultados reflejan consistencia con configuraciones anteriores, indicando que la adición de un cuarto servidor no tiene un impacto significativo en las métricas de rendimiento. Se busca comprender la relación entre el número de servidores y la eficiencia del sistema.

**Conclusión:** Los hallazgos sugieren que, en el contexto de este sistema, la eficiencia podría haber alcanzado un punto de saturación, y agregar más servidores no conlleva mejoras sustanciales. Se recomienda una evaluación continua para determinar si otros factores podrían influir en la eficiencia operativa.

---

#### **Análisis de Resultados: Identificación de un Punto de Saturación en el Aumento de Servidores**

**Meta:** Determinar si hay un punto de saturación en el que agregar más servidores no mejora significativamente la eficiencia del sistema.

**Desarrollo:** Se concluye que el rendimiento del sistema no mejora sustancialmente al aumentar el número de servidores. La eficiencia y el tiempo de espera se mantienen constantes, sugiriendo que dos servidores son suficientes para manejar la carga de trabajo y agregar más no proporciona beneficios significativos.

**Conclusión:** Ajustar las tasas de llegada y servicio afecta significativamente la utilización del servidor, la probabilidad de no haber clientes en cola y las métricas de tiempo de espera en cola y clientes en cola. Estos resultados subrayan la importancia de gestionar de manera dinámica las tasas para adaptarse eficientemente a las variaciones en la demanda.

---

#### **Análisis de Resultados: Impacto de la Manipulación de Tasas en el Rendimiento del Sistema**

**Meta:** Analizar cómo cambian las métricas de rendimiento al ajustar las tasas de llegada y servicio.

**Desarrollo:** Se busca comprender cómo la manipulación de las tasas de llegada y servicio afecta la utilización del servidor, la probabilidad de no haber clientes en cola, el tiempo de espera en cola y los clientes en cola. Este análisis proporciona información valiosa sobre la sensibilidad del sistema a cambios en estas tasas.

**Conclusión:** Ajustar las tasas de llegada y servicio afecta significativamente la utilización del servidor, la probabilidad de no haber clientes en cola y las métricas de tiempo de

espera en cola y clientes en cola. Estos resultados subrayan la importancia de gestionar de manera dinámica las tasas para adaptarse eficientemente a las variaciones en la demanda.

---

### **Análisis Comparativo: Eficiencias entre Little Caesars y Pizza Hut**

**Meta:** Comparar las eficiencias de Little Caesars y Pizza Hut en términos de tiempo de espera y probabilidad de no haber clientes en cola.

**Desarrollo:** Se busca entender las diferencias en las eficiencias de tiempo de espera y probabilidad de no haber clientes en cola entre Little Caesars y Pizza Hut. Estos resultados proporcionan una comparación detallada de la eficiencia operativa entre ambas pizzerías.

**Conclusión:** Little Caesars presenta un tiempo de espera en cola más bajo que Pizza Hut, indicando mayor eficiencia en este aspecto. La probabilidad de no haber clientes en cola es ligeramente mayor en Little Caesars, sugiriendo una eficiencia similar en la gestión de colas en comparación con Pizza Hut.

---

### **Análisis del Impacto de Cambios en la Tasa de Servicio**

**Meta:** Evaluar el impacto de cambios en la tasa de servicio en el tiempo de espera y la probabilidad de no haber clientes en cola.

**Desarrollo:** Se busca entender cómo un aumento o disminución en la tasa de servicio afectaría las métricas clave de rendimiento, proporcionando información sobre la sensibilidad del sistema a variaciones en la tasa de servicio.

**Conclusión:** Un aumento en la tasa de servicio mejora la eficiencia del sistema, mientras que una disminución tiene el efecto opuesto. Estos hallazgos resaltan la importancia de ajustar dinámicamente la tasa de servicio para mantener un rendimiento óptimo en términos de tiempo de espera y probabilidad de no haber clientes en cola.

## *Repositorio*

La liga para nuestro repositorio es la siguiente:

<https://github.com/GabrielaPPP13/Lineas-de-Espera-en-Pizzerias>

## Conclusión

Nuestro análisis revela que, aunque ambos establecimientos gestionan de manera competente sus colas de espera, existen oportunidades de mejora. Por ejemplo, aumentar el número de servidores podría no ser la solución más eficiente debido a la baja mejora en las métricas de rendimiento observadas. En cambio, estrategias como ajustar las tasas de llegada y servicio durante diferentes períodos del día podrían tener un impacto más significativo en la reducción de tiempos de espera y mejorar la probabilidad de no tener clientes en espera. Es crucial reconocer que la eficiencia operativa está influida por varios factores. Se sugiere una evaluación continua y la implementación de estrategias adicionales para optimizar aún más la gestión de colas y reducir los tiempos de espera.

La alta probabilidad de que no haya clientes en cola en un momento dado en ambas pizzerías indica una gestión eficiente de la demanda. Esto respalda la eficacia de las estrategias actuales implementadas por Little Caesars y Pizza Hut para adaptarse a las fluctuaciones en la llegada de clientes. Se sugiere seguir monitoreando estas probabilidades y ajustar estrategias según sea necesario para mantener la eficiencia operativa.

De igual manera, podemos decir que, basándonos en el flujo de su clientela, poseen tiempos similares en la atención, y en probabilidades de una cola vacía, sin embargo, Little Caesars presenta un tiempo de espera en cola más bajo que Pizza Hut, indicando mayor eficiencia en este aspecto siendo un punto clave por el cual la clientela se decide por Little Caesars por sobre Pizza Hut. Se necesita un análisis mas prolongado para determinar nuevas estrategias para Pizza Hut y marcar una diferencia notoria contra su competidor.

Como pasos futuros, recomendamos la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real para ajustar dinámicamente las tasas de servicio en función del flujo de clientes. Esto no solo reducirá la longitud de las colas y los tiempos de espera, sino que también mejorará la distribución del personal y los recursos, alineándose más estrechamente con las necesidades reales de cada establecimiento.

La teoría de colas y los modelos de simulación son herramientas poderosas que, si se utilizan correctamente, pueden traducirse en mejoras tangibles y una ventaja competitiva en el sector de servicios de alimentos rápidos. En definitiva, las simulaciones y modelos de colas utilizados en este proyecto ofrecen una perspectiva valiosa y práctica para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de servicios.

## *Bibliografía*

Carro Paz, R., Gonzales Gomez, D., & Universidad Nacional de Mar del Plata. (2020). MODELOS DE LÍNEAS DE ESPERA. Administración De Las Operaciones. Retrieved November 10, 2023, from [https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1622/1/17\\_modelos\\_lineas\\_espera.pdf](https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1622/1/17_modelos_lineas_espera.pdf)

Gus. (2023, October 3). Teoría de colas: ¿Cómo gestionar las esperas? Atlas Consultora. Retrieved November 10, 2023, from <https://www.atlasconsultora.com/filas-de-espera/>

Gross, D., Shortle, J., Thompson, J., & Harris, C. (2019). Fundamentals of queueing theory. John Wiley & Sons.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2013). Introduction to operations research. McGraw-Hill Education.