

---

# INFORME DEL PROYECTO – SIMULACIÓN BASADA EN EVENTOS DISCRETOS

---

## Generales del Estudiante

Estudiante: Gelin Eguinosa Rosique

Grupo: C-411

Correo: [eguinosa@gmail.com](mailto:eguinosa@gmail.com)

Móvil: +535-869-4330

## Orden del Problema Asignado

### La Cocina de Kojo (Kojo's Kitchen)

La cocina de Kojo es uno de los puestos de comida rápida en un centro comercial. El centro comercial está abierto entre las 10:00 am y las 9:00 pm cada día. En este lugar se sirven dos tipos de productos: sándwiches y sushi. Para los objetivos de este proyecto se asumirá que existen solo dos tipos de consumidores: unos consumen solo sándwiches y los otros consumen solo productos de la gama del sushi. En Kojo hay dos períodos de hora pico durante un día de trabajo; uno entre las 11:30 am y la 1:30 pm, y el otro entre las 5:00 pm y las 7:00 pm. El intervalo de tiempo entre el arribo de un consumidor y el de otro no es homogéneo pero, por conveniencia, se asumirá que es homogéneo. El intervalo de tiempo de los segmentos homogéneos, distribuye de forma exponencial.

Actualmente dos empleados trabajan todo el día preparando sándwiches y sushi para los consumidores. El tiempo de preparación depende del producto en cuestión. Estos distribuyen de forma uniforme, en un rango de 3 a 5 minutos para la preparación de sándwiches y entre 5 y 8 minutos para la preparación de sushi.

El administrador de Kojo está muy feliz con el negocio, pero ha estado recibiendo quejas de los consumidores por la demora de sus peticiones. Él está interesado en explorar algunas opciones de distribución del personal para reducir el número de quejas. Su interés está centrado en comparar la situación actual con una opción alternativa donde se emplea un tercer empleado durante los períodos más ocupados. La medida del desempeño de estas opciones estará dada por el porcentaje de consumidores que espera más de 5 minutos por un servicio durante el curso de un día de trabajo.

Se desea obtener el porcentaje de consumidores que esperan más de 5 minutos cuando solo dos empleados están trabajando y este mismo dato agregando un empleado en las horas pico.

## Principales Ideas Seguidas

Para ayudar al administrador de la Cocina de Kojo a determinar cual es la mejor distribución de personal para su establecimiento, el proyecto se divide en dos partes. Primero, utilizando algoritmos de generación de variables aleatorias, generamos los tiempos de arribo de los clientes que visitan la Cocina de Kojo en un día. Después de tener los tiempos de arribo, simulamos por cada cliente el tiempo que tarda en la cola y cuanto tiempo se tarda en cocinar su pedido utilizando los algoritmos de Simulación basada en Eventos Discretos, en este caso, un sistema de atención con dos servidores en paralelo cuando solo se tienen dos trabajadores, y un sistema de atención con tres servidores en paralelo cuando se tiene un tercer trabajador durante los horarios pico.

### Generación de Variables Aleatorias

Para generar la cantidad y los tiempos de llegada de los clientes que visitan la cocina durante una jornada, le pedimos al administrador la cantidad promedio de clientes que visita la Cocina de Kojo diariamente, junto con la cantidad promedio para cada uno de los horarios pico.

$c$  – cantidad de clientes diarios (10:00am – 9:00pm)

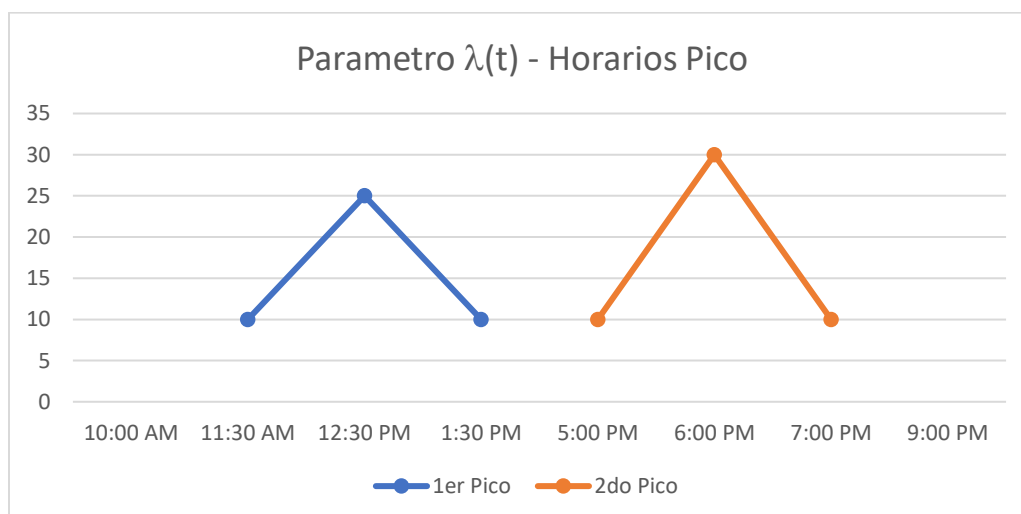
$a$  – cantidad de clientes primer horario pico (11:30am – 1:30pm)

$a$  – cantidad de clientes segundo horario pico (5:00pm – 7:00pm)

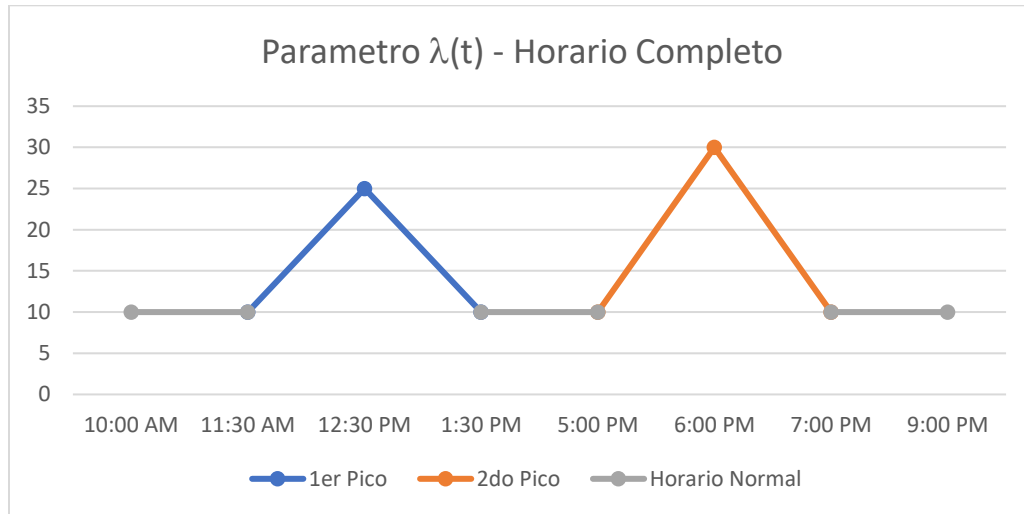
Fuera de los horarios pico, el tiempo entre el arribo de un consumidor y otro se asume que se comporta de una forma homogénea, siendo  $d$  ( $d = c - a - b$ ) la cantidad de clientes que visitan la tienda fuera de horarios pico, por lo que el valor del parámetro  $\lambda$  durante este horario seria:

$$\lambda = d / \text{duracion del horario no pico}$$

Durante los horarios picos se asume que el arribo se comporta de una forma no homogénea, donde mientras mas cerca se este de la hora media del horario pico, mayor será la probabilidad de que llegue un cliente.



Para solucionar el problema, se crea la función  $\lambda(t)$ , uniendo los comportamientos del parámetro  $\lambda$  durante el día.



Dado que esta función puede ser dividida en segmentos lineales, puede ser representada computacionalmente como segmentos de funciones  $f(x) = mx + n$ . Una vez que tenemos la función  $\lambda(t)$ , podemos generar los tiempos de arribo de los clientes, utilizando el algoritmo de generación de un proceso Poisson no Homogéneo.

## Modelo de Simulación de Eventos Discretos

Se utilizan los métodos de simulación de evento discretos para generar los tiempos de llegada a la cola y cuando salen de la cola.

$$A(n) \text{ tiempo de arribo del cliente } n.$$

$$B(n) \text{ tiempo de atención del cliente } n.$$

Una vez que se tengan los valores para cada uno de los clientes que visitó la Cocina de Kojo en una jornada, se puede calcular el tiempo que estuvo en la cola esperando.

$$B(n) - A(n): \text{ tiempo de espera en la cola.}$$

Los modelos utilizados para generar el sistema de atención con 2 (o 3) trabajadores en paralelo son los siguientes:

### Cocina de Kojo con 2 trabajadores:

Sistema de Atención con dos servidores en paralelo:

➤ **Variables:**  
t – tiempo

➤ **Variables Contadoras:**  
 $N_A$  – cantidad de arribos

➤ **Variables de Estado del Sistema:**

$SS = (n, i_1, i_2, \dots, i_n)$  si hay  $n$  clientes en el sistema  $i_1$  está con el trabajador 1,  $i_2$  esta con el trabajador 2,  $i_3$  es el primero de la cola,  $i_4$  el próximo y así sucesivamente.

➤ **Variables de Salida:**

$A(n)$  tiempo de arribo del cliente  $n$ .

$B(n)$  tiempo de atención del cliente  $n$ .

➤ **Lista de Eventos:**

$t_a$  – tiempo del próximo arribo.

$t_1$  – tiempo de partida del cliente que está siendo atendido por el trabajador 1.

$t_2$  – tiempo de partida del cliente que está siendo atendido por el trabajador 2.

➤ **Generación de Variables:**

$T_t$  – genera el tiempo de llegada del próximo cliente, en este caso ya este valor estaría calculado desde la primera parte del proyecto.

$Y$  - distribuyen de forma uniforme, dependiendo del tipo de producto que pida el cliente, en un rango de 3 a 5 minutos para la preparación de sándwiches y entre 5 y 8 minutos para la preparación de sushi.

➤ **Inicialización:**

$t = N_a = 0$

$SS = (0)$

Generar  $T_0$ :  $t_A = T_0$

$t_1 = t_2 = \infty$

➤ **Caso 1:**  $SS = (n, i_1, i_2, \dots, i_n)$  &  $t_A \leq \min(t_1, t_2)$

$t = t_A$

$t_A = T_t$  – el próximo arribo de un cliente

$N_A = N_A + 1$

$A(N_A) = t_A$

**Si  $SS = (0)$  entonces:**  $B(N_A) = t$ ,  $SS = (1, N_A, 0)$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

**Si  $SS = (1, j, 0)$  entonces:**  $B(N_A) = t$ ,  $SS = (2, j, N_A)$ , genera  $Y$  y  $t_2 = t + Y$

**Si  $SS = (1, 0, j)$  entonces:**  $B(N_A) = t$ ,  $SS = (2, N_A, j)$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

**Si  $n > 1$  entonces:**  $SS = (n + 1, i_1, i_2, \dots, i_n, N_A)$

➤ **Caso 2:**  $SS = (n, i_1, i_2, \dots, i_n)$  &  $t_1 < t_A$ , &  $t_1 \leq t_2$

$t = t_1$

**Si  $n = 1$  entonces:**  $SS = (0)$  &  $t_1 = \infty$

**Si  $n = 2$  entonces:**  $SS = (1, 0, i_2)$  &  $t_1 = \infty$

**Si  $n > 2$  entonces:**  $B(i_3) = t$ ,  $SS = (n - 1, i_3, i_2, \dots, i_{n-1})$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

➤ **Caso 3:**  $SS = (n, i_1, i_2, \dots, i_n)$  &  $t_2 < t_A$ , &  $t_2 < t_1$

$t = t_2$

**Si  $n = 1$  entonces:**  $SS = (0)$  &  $t_2 = \infty$

**Si  $n = 2$  entonces:**  $SS = (1, i_1, 0)$  &  $t_2 = \infty$

**Si  $n > 2$  entonces:**  $B(i_3) = t$ ,  $SS = (n - 1, i_1, i_3, \dots, i_{n-1})$ , genera  $Y$  y  $t_2 = t + Y$

## Cocina de Kojo con 3 trabajador durante los Horarios Picos:

Sistema de atención con 3 servidores en paralelo.

➤ **Variables:**

$t$  – tiempo

➤ **Variables Contadoras:**

$N_A$  – cantidad de arribos

➤ **Variables de Estado del Sistema:**

$SS = (n, i_1, i_2, i_3, \dots, i_n)$  si hay  $n$  clientes en el sistema  $i_1$  está con el trabajador 1,  $i_2$  esta con el trabajador 2,  $i_3$  esta con el trabajador 3,  $i_4$  es el primero en la cola y así sucesivamente.

➤ **Variables de Salida:**

$A(n)$  tiempo de arribo del cliente  $n$ .

$B(n)$  tiempo de atención del cliente  $n$ .

➤ **Lista de Eventos:**

$t_a$  – tiempo del próximo arribo.

$t_1$  – tiempo de partida del cliente que está siendo atendido por el trabajador 1.

$t_2$  – tiempo de partida del cliente que está siendo atendido por el trabajador 2.

$t_3$  – tiempo de partida del cliente que está siendo atendido por el trabajador 3.

➤ **Generación de Variables:**

$T_t$  – genera el tiempo de llegada del próximo cliente, en este caso ya este valor estaría calculado desde la primera parte del proyecto.

$Y$  - distribuyen de forma uniforme, dependiendo del tipo de producto que pida el cliente, en un rango de 3 a 5 minutos para la preparación de sándwiches y entre 5 y 8 minutos para la preparación de sushi.

➤ **Inicialización:**

$t = N_a = 0$

$SS = (0)$

Generar  $T_0: t_A = T_0$

$t_1 = t_2 = t_3 = \infty$

➤ **Caso 1:**  $SS = (n, i_1, i_2, i_3, \dots, i_n) \& t_A \leq \min(t_1, t_2, t_3)$

$t = t_A$

$t_A = T_t$  – el próximo arribo de un cliente

$N_A = N_A + 1$

$A(N_A) = t_A$

**Si  $SS = (0)$  entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (1, N_A, 0)$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

**Si  $SS = (1, j, 0, 0)$  entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (2, j, N_A, 0)$ , genera  $Y$  y  $t_2 = t + Y$

**Si  $SS = (1, 0, j, 0)$  entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (2, N_A, j, 0)$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

**Si  $SS = (1, 0, 0, j)$  entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (2, N_A, 0, j)$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

**Si  $SS = (2, 0, i, j)$  entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (2, N_A, i, j)$ , genera  $Y$  y  $t_1 = t + Y$

**Si  $SS = (2, i, 0, j)$  entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (2, i, N_A, j)$ , genera  $Y$  y  $t_2 = t + Y$

**Si  $SS = (2, i, j, 0) \& t$  horario pico entonces:**  $B(N_A) = t, SS = (2, i, j, N_A)$ , genera  $Y$  y  $t_3 = t + Y$

**Si  $n > 2$  entonces:**  $SS = (n + 1, i_1, i_2, i_3, \dots, i_n, N_A)$

- **Caso 2:** Similar al sistema con dos servidores
- **Caso 3:** Similar al sistema con dos servidores
- **Caso 3:**  $SS = (n, i_1, i_2, i_3, \dots, i_n) \& t_3 < t_A, \& t_3 < t_1 \& t_3 < t_2)$   
 $t = t_3$   
Si  $n = 1$  entonces:  $SS = (0) \& t_3 = \infty$   
Si  $n = 2$  entonces:  $SS = (1, i_1, 0, 0) \& t_3 = \infty$   
Si  $n = 3$  entonces:  $SS = (1, i_1, i_2, 0) \& t_3 = \infty$   
Si  $n > 3$  & horario pico entonces:  $B(i_3) = t, SS = (n - 1, i_1, i_2, i_3, \dots, i_{n-1})$ , genera  $Y$  y  $t_3 = t + Y$

## Consideraciones

Con un tercer trabajador durante los horarios picos, el porciento de consumidores que esperan mas de 5 minutos baja entre 10% y 20%, dependiendo del volumen de personas que visiten la Cocina de Kojo. A mayor el numero de personas visitando la cocina de Kojo, menos beneficios se ven en cuanto a las personas que esperan 5 minutos o más.

## Enlace al Repositorio

[https://github.com/eguinosa/eventos\\_discretos.git](https://github.com/eguinosa/eventos_discretos.git)