



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

MEJORA EN LA EFICIENCIA DE PROCESOS



AUTOR: RUBÉN VILLAR CASINO

GRAU: EMPRESA I TECNOLOGÍA

TUTOR: DANIEL BLABIA GIRAU

FECHA: 07/06/2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia, por apoyarme en la decisión de volver a Finlandia y ser el mayor soporte desde la distancia. Todo es más fácil cuando las personas más importantes de tu vida te apoyan en todo aquello que haces.

Agradecer, por supuesto, a mis amigos de Vaasa. Este trabajo también ha sido posible gracias a ellos, que han sido el mayor apoyo diario. Se han volcado con el trabajo como si fuera de todos; me han ayudado con programas, con propuestas de soluciones, y con largas charlas sobre el funcionamiento del restaurante, como si la mejora de éste fuera un objetivo común.

Por último, y no por ello menos importante, agradecer a mi tutor, Daniel Blabia Girau, por la guía y soporte en la conducción del trabajo, así como por contagiarme en su clase de dirección de operaciones la pasión por el análisis de procesos y la eficiencia.

RESUMEN

El objeto del presente proyecto es la mejora en la eficiencia de procesos mediante la observación, análisis y simulación con el software Simio.

Los procesos estudiados para la posterior recomendación de mejoras han sido los del restaurante-buffet Mathilda, de la empresa Juvenes OY, en la Universidad de Vaasa (Vaasan Yliopisto), en Vaasa, Finlandia, con el objetivo de mejorar específicamente la eficiencia en el autoservicio de los clientes.

El problema encontrado en el restaurante, mediante experiencia propia durante el primer semestre del curso académico 2018/2019, son las largas colas de espera para servirse en horas punta.

Al tratarse de un restaurante en una universidad pública, donde el número de clientes se puede considerar prácticamente fijo, la justificación del estudio busca mejorar principalmente la satisfacción del cliente. Para demostrar que esta satisfacción puede ser mayor que la actual, realicé una encuesta a usuarios habituales del restaurante, donde se ve reflejado que las largas colas impiden resultados mejores.

El primer paso realizado fue la observación en el restaurante. Observar qué funciona bien y qué no tan bien, fue la base del proyecto. A partir de ahí, realicé una toma de datos en el propio restaurante mediante un Excel con funcionalidad de cronómetro desarrollado por mí mismo para tomar los tiempos en el sistema de los clientes entre las 11h y las 13h.

En el software de simulación y modelación Simio, recreé el restaurante Mathilda para posteriormente, con los datos tomados, simular un día de actividad normal entre las 11h y 13h.

Tras analizar los resultados de dicho análisis, y con un mayor entendimiento de dónde y por qué se forman los cuellos de botella, simulé tres mejoras para reducir las colas de espera en el sistema, que van de menor a mayor complejidad y coste.

Después de recrear las mejoras en el software, presenté las soluciones a Hanna Lillthors, mánager de Mathilda, para estudiar la viabilidad de estas.

Una vez finalizado el estudio, se propone un cambio por completo de layout, pasando de un sistema de servicio lineal a un sistema de servicio en paralelo, donde se consigue reducir el tiempo medio de servicio de un cliente en un 35,6%.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Motivación	1
1.2	Objetivo	2
2.	MARCO TEÓRICO.....	3
2.1	Teoría de colas.....	3
2.1.1.	Definición de cola	3
2.1.2	Características de las colas.....	4
2.1.3	Notaciones	5
3.	CUADRO RESUMEN MARCO TEÓRICO APLICADO AL PROYECTO	7
4.	METODOLOGÍA	8
4.1	Toma de datos	8
4.2	Cronometro Excel	9
4.3	Encuesta.....	11
4.4	Eviews	13
4.5	Simio	13
4.5.6	Problemas encontrados	13
4.6	Reunión Manager	14
5.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	16
6.	MODELO ACTUAL	20
6.1	Descripción del sistema	20
6.2	Análisis estadístico	27
6.2.1	Medias	27
6.2.2	Gráficos	28
6.2.3	Estudio de regresión	30
6.3	Lógica SIMIO	33
6.4	Análisis de resultados	37
7.	SOLUCIONES.....	39
7.1	Solución 1: Eliminación de servidor <i>Street food</i>	39
7.1.1	Descripción del sistema	39
7.1.3	Lógica SIMIO.....	40
7.1.4	Análisis de resultados	40
7.1.5	Viabilidad	40
7.2	Solución 2: Aislamiento de los servidores de ensalada	41
7.2.1	Descripción del sistema	42
7.2.3	Lógica SIMIO.....	43

7.2.4	Análisis de resultados	44
7.2.5	Viabilidad	44
7.3	Solución 3: Cambio de layout con servicio en paralelo	45
7.3.1	Descripción del sistema	45
7.3.3	Lógica SIMIO.....	48
7.3.4	Análisis de resultados	49
7.3.5	Viabilidad	49
8.	CONCLUSIONES.....	50
9.	BIBLIOGRAFIA.....	52
1.	MUESTRAS	53
1.1	Tiempo total de servicio	53
1.2	Tiempos individuales de servidores	53
2.	ENCUESTA	54
3.	RESULTADOS SIMIO	55
3.1	Lógica actual:	55
3.2	Solución 1 (eliminación del servidor <i>Street food</i>):	55
3.3	Solución 2 (aislamiento de los servidores de ensalada):	56
3.4	Solución 3 (cambio de layout con servicio en paralelo):	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Las colas, las esperas, son situaciones cotidianas, las vivimos a diario, estamos acostumbrados a ellas, y aunque no nos gusten, poco hacemos para que esto cambie. Le podemos llamar conformismo, o falta de inversión de recursos en aquello que ya nos parece algo usual.

Hay muchos tipos de colas. Desde la que hacemos en el supermercado, la que realizamos en la autopista de camino al trabajo, e incluso aquella que no vemos, pero existe, como el tiempo de espera en una página web para comprar una entrada. Eso también es una cola.

Estos 4 años de carrera me han convertido en una persona más observadora, más atenta a lo que sucede a mi alrededor, y por qué no decirlo, un poco friki en lo que a procesos se refiere. No puedo parar de observar procesos. Cualquier situación cotidiana es un proceso que trato de analizar a fondo. Me gusta la eficiencia y todo lo que se aleje de ella me provoca inquietud.

A la hora de elegir TFG tenía claro que quería centrarme en la mejora de la eficiencia. Analizar un proceso, bajo el ámbito empresarial y tecnológico, y encontrar una solución mejor que la actual, consideraba era una buena opción para hacer algo que me apasiona y poner en práctica los conocimientos aprendidos en la carrera.

Con el enfoque del trabajo claro, el primer objetivo fue analizar todos aquellos procesos que me rodeaban o que había experimentado y que consideraba probablemente tuvieran procesos ineficientes.

Durante el primer semestre de mi último curso de carrera estuve realizando un Erasmus+ en Finlandia, concretamente en Vaasa, al oeste del país. En diciembre, al acabar mi estancia, recibí una llamada con una oferta laboral para quedarme a realizar unas prácticas en la ciudad. Fue entonces cuando el análisis de los procesos que me rodeaban se acotó a aquellos procesos que yo mismo experimentaba en Finlandia, puesto que quería hacer un trabajo de observación que requería personificación. Fue entonces, cuando valorando qué procesos hacía diariamente, me di cuenta de que en la Universidad (Vaasan Yliopisto) a la que fui el primer semestre, que tenía unas infraestructuras increíbles, realizaba colas bastante largas a la hora de comer en su restaurante.

La Universidad cuenta con un restaurante-buffet de amplia capacidad, el cual sirve a cientos de estudiantes a diario. El precio de la comida es tan económico para los alumnos que prácticamente todos los estudiantes comen cada día en el centro. Naturalmente, esto supone una entrada masiva de alumnos en las horas punta (las 11:30 exactamente en Finlandia, un país muy temprano a la hora de realizar las comidas).

Fueron muchos los días en que la cola empezaba en el buffet y salía hasta fuera de la puerta con tiempos de espera que se escapaban de lo normal. Este hecho me hizo plantearme qué estaba pasando para que esto fuera así.

¿Era realmente eficiente el restaurante? ¿El problema era que una parte del proceso actuaba como cuello de botella?

Analizando el restaurante me di cuenta de que el funcionamiento de éste seguramente podía ser mejor del que era, así que decidí dedicarme a averiguarlo en mi TFG.

1.2 Objetivo

El Objetivo perseguido con este proyecto es analizar, simular y proponer mejoras a procesos ineficientes, a través del software Simio, utilizando como caso de estudio el restaurante-buffet Mathilda. Se planteará, entonces, por qué funciona así y si realmente es posible realizar una mejora del sistema permitiendo reducir el tiempo medio de espera de los estudiantes en horas puntas.

Para lograr dicho objetivo será necesario un periodo de observación, con muestras de datos reales, que posteriormente se aplicarán a el software en el que se realizarán las pruebas necesarias sobre una recreación del restaurante para averiguar si el sistema actual es el más eficiente o hay manera de mejorar el servicio prestado para que los clientes (los estudiantes) realicen una espera menor a la hora de servirse la comida.

2. MARCO TEÓRICO

Antes de comenzar con la parte práctica del trabajo, realizaré una breve introducción sobre la teoría de colas, de manera que cualquier persona independientemente del ámbito profesional en el que esté especializado entienda el contexto y vocabulario del trabajo.

2.1 Teoría de colas

Entender qué es una cola, sus principales características, y su notación, serán los elementos clave para entender el proyecto.

2.1.1. Definición de cola

“Las colas son modelos de sistemas reales que pueden representar a clientes, maquinaria, sistemas logísticos, o flujos de trabajo donde se espera que estas reciban un servicio y cambien del mismo una vez se ha recibido.” (Vicent Ferrer, s.f.)

Un ejemplo de cola puede ir desde una persona esperando a servirse su comida en un buffet (como el caso estudiado), hasta una pieza de un coche esperando a ser procesada en su respectiva máquina, hasta la espera que se realiza en un servidor web para poder realizar una operación online.

La cola se encuentra dentro de lo llamado sistema de colas. Un sistema de colas incluye todos los procesos por los que pasa un cliente u objeto desde que entra a la cola hasta que sale después de ser atendido.

Gráfico I: Descripción gráfica sistema simple de cola



Fuente: Realización propia en Canva

- 1. Entrada de clientes
- 2. y 3. Servidores del sistema (procesamiento)
- 4. Salida de clientes

2.1.2 Características de las colas

Cada cola o sistema de cola puede ser diferente dependiendo de las características específicas de ella. A continuación, presento las principales características de un sistema de colas, según José Pedro García Sabater (Curso 2015/2016).

Patrón de llegada de los clientes

El patrón de llegada es la forma en la que llegan los clientes a la cola. Pueden venir de manera individual o grupal. Existen tres patrones de llegada:

- Estocástica: que depende de una variable probabilística
- Estacionaria: si los clientes llegan de forma constante independientemente de la hora.
- No-estacionaria: que varía con el tiempo.

Patrones de servicio de los servidores

El comportamiento de los servidores es similar al patrón de llegada de clientes. Un servidor puede atender individualmente o en lotes. Sus patrones pueden ser:

- Variable: depende de una variable probabilística
- Dependiente: la velocidad varía según la cantidad de clientes en cola
- No-estacionario: la velocidad varía según la hora del día.

Disciplina de cola

La disciplina de cola es la forma en que los clientes son atendidos por los servidores. Pueden existir muchos métodos de disciplina de cola dependiendo de la complejidad del sistema, pero los tres casos más comunes son:

- FIFO (First in first out): se atiende al primero que llega por orden de cola.
- LIFO (Last in first out): se atiende al último al llegar a la cola.
- RSS (Random selection of service): se elige al cliente de forma aleatoria.

Capacidad del Sistema

Dependiendo de cuántos clientes puedan esperar en la cola, se considera que hay dos tipos de capacidades:

- Finitas: Existe un número limitado de clientes que pueden esperar en la cola.
- Infinita: Pueden esperar tantos clientes como lleguen a la cola.

Número de canales del servicio

El número de canales del servicio es la cantidad de puestos en los que puede ser atendido un cliente. Además de los canales, dentro de cada uno pueden existir varios servidores. Por ejemplo: en una fábrica de automoción con un sólo canal, pueden trabajar varios operarios, realizando cada uno una tarea diferente. Los diferentes tipos de canales que existen son:

- Mono-canal: Sólo existe una estación. Por lo tanto, todos los clientes deben pasar por esa estación para finalizar el proceso.
- Sistemas de canal múltiple: Existen varios canales que dan el mismo servicio al cliente. Por ejemplo, las cajas registradoras de un supermercado.

Etapas de servicio

Un servicio puede tener dos tipos de etapa:

- Unietapa: El cliente sólo ha de realizar una etapa para salir del sistema.
- Multietapa: El cliente ha de realizar varias etapas para salir del sistema.

Siempre que hablemos de colas hay que expresar la distribución probabilística de los tiempos de servicio. Por esto existe una notación universal, llamada notación de Kendall.

2.1.3 Notaciones

La más reconocida y con la que voy a trabajar es la notación de Kendall.

- **Notación de Kendall:**

A / B / X / Y / Z

A: Distribución del tiempo entre llegadas

B: Distribución del tiempo de servicios

X: Número de servidores

Y: Capacidad del sistema

Z: Disciplina de cola

Los tipos de distribución más usados son:

- M: Distribución exponencial (Markoviana)
- D: Distribución degenerada (tiempos constantes)
- E k: Distribución Erlang
- G: Distribución general

En el proyecto los tiempos de servicio de cada servidor seguirán una distribución exponencial, la más usada en teoría de colas.

3. CUADRO RESUMEN MARCO TEÓRICO APLICADO AL PROYECTO

La siguiente tabla resume todo el contenido teórico explicado en el apartado anterior con los datos del sistema de estudio.

Tabla I: Descripción del sistema del proyecto mediante teoría

Patrón de llegada de los clientes	No-estacionario
Patrones de servicio de los servidores	Individual y no dependiente del tiempo (variable probabilística)
Disciplina de cola	FIFO
Capacidad del Sistema	∞
Número de canales del servicio	2 (Nos interesa 1)
Etapas de servicio	Multi-etapa (6)

Fuente: Elaboración propia.

4. METODOLOGÍA

La aparición del problema fue detectada por experiencia propia. Durante el primer semestre fueron muchísimos los días en que la cola del restaurante era larguísima en horas punta y esto me hizo plantearme el por qué de esa situación y si era evitable.

El primer paso para comenzar la investigación ha sido el estudio de tiempos de los clientes dentro del sistema. Desde que entran a la cola hasta que terminan de pagar y salen de la zona de buffet. Para realizar esta investigación he utilizado el método de observación, tomando datos a modo cronómetro, en una hoja Excel, contando el tiempo que los clientes pasan en el sistema y el tiempo entre llegadas.

Para justificar el estudio y mejora del servicio de restauración, así como conocer un poco más en detalle algunos aspectos relevantes a la hora de estudiar posibles soluciones, he realizado una encuesta en Google Docs orientada a los clientes del restaurante, es decir, estudiantes finlandeses y estudiantes Erasmus+, para saber cuál es su grado de satisfacción con el servicio.

De los datos tomados en Excel, he podido extraer análisis estadísticos con el software Eviews.

La simulación del restaurante en el estado actual, así como la serie de mejoras a estudiar, las he realizado con el software de simulación y modelización Simio.

Una vez realizadas las simulaciones de las mejoras y finalizado el estudio de satisfacción, solicité en el restaurante una reunión con la mánager, para poder explicarle con detalle el proyecto, así como mostrarle mis mejoras, solicitar algunos datos de valor que pudiera proporcionarme, y debatir sobre la viabilidad de la implementación de éstas.

4.1 Toma de datos

La toma de datos la realicé en el propio restaurante, durante los últimos 4 días de Enero. Como dentro del propio sistema han llegado a haber más de 25-30 personas en cola en algún determinado momento, la toma de datos mediante un cronómetro convencional era imposible, ya que necesitaba tomar los datos de todos los clientes a la vez. Realicé una búsqueda por internet acerca de algún software que me aportara exactamente lo que buscaba para tomar todos esos datos a la vez, pero ninguno se ajustaba a mis necesidades, por lo que decidí desarrollar yo mismo con VisualBasic en Excel dos botones

programados para poder introducir cada vez que entraba y salía del sistema un cliente y que automáticamente me generase los tiempos de servicio, entre llegadas, etc.

4.2 Cronometro Excel

Cada vez que un cliente entraba en cola, yo tenía que clicar en el siguiente botón de la izquierda, y cuando un cliente terminaba de pagar, clicaba en el de la derecha.

Gráfico II: Botones Excel



Fuente: Elaboración propia con desarrollador Excel

Explicación detallada del botón de llegada:

Gráfico III: Recorte de código del botón “Llegada” implementado en Visual Basic

```
Private Sub Llegada_Click()  
Cells(7 + Fila, 2).Value = 1 + Cliente  
Cells(7 + Fila, 4).Value = TimeValue(Now)  
If Cliente <> 0 Then  
Cells(7 + Fila, 3).Value = Cells(7 + Fila, 4).Value - Cells(6 + Fila, 4).Value  
End If  
Fila = Fila + 1  
Cliente = Cliente + 1  
End Sub
```

Fuente: Desarrollo propio en programador de Excel

El código anterior se activa cada vez que se realiza clic en el botón.

Fila 1: Siendo Cliente =0 inicialmente, cada vez que se clica el botón se escribe el número de cliente que llega al sistema. Es decir, el número de cliente anterior + 1.

Fila 2: Se escribe en la celda el tiempo exacto de llegada del cliente con la función TimeValue (Now) de Visual Basic.

Fila 3: Sólo entra en la condición si el cliente es diferente de 0. Es decir, el primer cliente no entra en esta condición ya que aún no he incrementado su número.

Fila 4: Todos los clientes a partir del 1 restan la hora en la que ha llegado el cliente menos la hora la que llegó el cliente anterior para calcular el tiempo entre llegadas.

Fila 5: Fin de la condición.

Fila 6: Se suma 1 fila para que el siguiente cliente se escriba en la fila de abajo.

Fila 7: Se suma 1 cliente.

Explicación detallada del botón de salida:

Gráfico IV: Recorte de código del botón “Salida” implementado en Visual Basic

```
Private Sub Salida_Click()  
Cells(7 + FilaSaliente, 5).Value = TimeValue(Now)  
Cells(7 + FilaSaliente, 6).Value = Cells(7 + FilaSaliente, 5).Value - Cells(7 + FilaSaliente, 4).Value  
FilaSaliente = FilaSaliente + 1  
End Sub
```

Fuente: Desarrollo propio en programador de Excel

El código anterior se activa cada vez que se realiza clic en el botón.

Fila 1: Se escribe el tiempo exacto del momento de salida del cliente.

Fila 2: Se resta al tiempo de salida el tiempo de entrada para calcular el tiempo total del servicio por cliente.

Fila 3: Se suma una fila para que el siguiente tiempo de salida se escriba en la fila de abajo.

De esta manera, cada vez que un cliente entra al sistema sólo tienes que preocuparte de darle al botón llegada y cuando uno termina de pagar de darle al botón salida, olvidándote de calcular cliente a cliente el tiempo que pasa en el sistema ya que es físicamente imposible que una persona tome tantos tiempos cronometrados simultáneamente.

Ejemplo de cómo queda la hoja de Excel con los botones, y los tiempos de algunos clientes:

Gráfico V: Recorte de los botones y primeros resultados del cronometro

Llegada		Salida		
Cliente #	Tiempo entre llegadas	Momento de llegada	Momento de salida	Tiempo de servicio
1		10:53:11	10:55:55	0:02:44
2	0:00:16	10:53:27	10:56:22	0:02:55
3	0:02:42	10:56:09	10:58:03	0:01:54
4	0:01:50	10:57:59	11:00:15	0:02:16
5	0:01:38	10:59:37	11:01:54	0:02:17
6	0:00:45	11:00:22	11:02:16	0:01:54
7	0:00:01	11:00:23	11:03:03	0:02:40
8	0:00:02	11:00:25	11:03:23	0:02:58
9	0:00:48	11:01:13	11:04:25	0:03:12
10	0:01:18	11:02:31	11:06:57	0:04:26
11	0:01:34	11:04:05	11:07:05	0:03:00
12	0:00:01	11:04:06	11:07:13	0:03:07
13	0:00:03	11:04:09	11:07:22	0:03:13
14	0:02:23	11:06:32	11:08:32	0:02:00
15	0:00:01	11:06:33	11:09:42	0:03:09
16	0:00:03	11:06:36	11:09:59	0:03:23
17	0:00:02	11:06:38	11:10:24	0:03:46
18	0:00:57	11:07:35	11:10:50	0:03:15
19	0:00:02	11:07:37	11:11:14	0:03:37
20	0:00:36	11:08:13	11:11:59	0:03:46
21	0:00:01	11:08:14	11:12:19	0:04:05
22	0:00:52	11:09:06	11:13:10	0:04:04
23	0:00:01	11:09:07	11:13:53	0:04:46

Fuente: Elaboración propia en Excel

4.3 Encuesta

La encuesta, de tan solo 3 preguntas para una rápida respuesta, consta básicamente:

- 1- Hora usual a la que el cliente come en el restaurante
- 2- Veces/semana se sirve ensalada (Para posterior estudio de soluciones)
- 3- Satisfacción con la cola

Acceder a los estudiantes Erasmus+ ha sido relativamente sencillo, compartiendo el link de la encuesta¹ a través de aplicaciones de mensajería móvil y explicando sobre el proyecto para obtener de su ayuda.

Acceder a los estudiantes finlandeses ha sido un poco más complicado. Primero contacté con la Universidad, explicando sobre mi proyecto y pidiendo ayuda a la hora de difundir la encuesta entre los estudiantes locales. El mensaje no recibió respuesta, ni sobre el proyecto ni sobre la encuesta, por lo que tuve que presentarme presencialmente en el restaurante y realizar la encuesta uno a uno en la cola de Mathilda. La manera de hacerlo fue, finalmente, más eficiente y cercana.

Una vez obtenidos los resultados, como Google sólo permite ver un análisis básico de la encuesta, he exportado el Excel y agrupado los datos por horas y respuestas, para poder analizarlas de una forma más clara.

Para agrupar los datos según la hora en que los clientes comen, y su grado de satisfacción, he decidido programar con Visual Basic un botón llamado “Calcular”, que calcula automáticamente cuantas respuestas he obtenido de cada grupo.

Gráfico VI: Recorte de código del botón “Calcular” implementado en Visual Basic

```
Sub Calcular()  
i = 0  
verybad = 0  
bad = 0  
normal = 0  
good = 0  
verygood = 0  
While Cells(2 + i, 2).Value = "11h-12h"  
    If Cells(2 + i, 4).Value = "Very bad" Then verybad = verybad + 1  
    If Cells(2 + i, 4).Value = "Bad" Then bad = bad + 1  
    If Cells(2 + i, 4).Value = "Normal" Then normal = normal + 1  
    If Cells(2 + i, 4).Value = "Good" Then good = good + 1  
    If Cells(2 + i, 4).Value = "Very good" Then verygood = verygood + 1  
    i = i + 1  
Wend  
Cells(7, 6).Value = verybad  
Cells(7, 7).Value = bad  
Cells(7, 8).Value = normal  
Cells(7, 9).Value = good  
Cells(7, 10).Value = verygood
```

Fuente: Desarrollo propio en programador de Excel

En la imagen podemos observar como creo una variable por cada posible respuesta de satisfacción, iniciándolas en 0, y genero un bucle *while*, que no termina hasta que Excel

¹ Link de la encuesta:

https://docs.google.com/forms/d/1O5O8qJd9ftcmgxsVzj15j4HouUDcf52bX8rTzS2zlkC/viewform?edit_requested=true

llega a una fila donde el valor es diferente a “11h-12h”. Cada vez que encuentra en una fila una de las palabras “verybad, bad, normal, good, o verygood”, la variable se aumenta en uno, y cuando sale del bucle *while*, escribe en una tabla que he creado la suma de cada variable.

La imagen muestra tan solo cómo captura los datos de “11h-12h” de los clientes, pero las horas restantes, funcionan exactamente igual, cambiando el valor de “11h-12h” a “12h-13h”, por ejemplo.

4.4 Eviews

Eviews es un programa estadístico para Windows, usado principalmente para análisis de econometría, con el que he realizado una serie de cálculos para entender el funcionamiento del sistema, así como las correlaciones entre algunas de sus variables.

4.5 Simio

Una vez recogidos las muestras (ver Anexo 1.1 y 1.2), se analizarán con el software Simio.

Simio es un software de simulación de procesos. Permite diseñar escenarios reales mediante animaciones 2D y 3D que puedes modelizar, indicando en todo momento diferentes variables que permiten crear una simulación realista de uno o varios procesos.

Una vez creada la simulación, te permite visualizarla en tiempo real y posteriormente genera una serie de análisis numéricos, que son los que utilizaremos para realizar los estudios necesarios del proyecto.

4.5.6 Problemas encontrados

Simio ha sido un software que, aunque nos han mencionado durante la carrera, no hemos trabajado en él. Por lo tanto, realizar este trabajo suponía un importante proceso de adaptación y aprendizaje al programa. No ha sido tarea fácil, puesto que en el camino se han cruzado muchos inconvenientes.

La licencia que he podido utilizar, al no estar en las aulas de informática de la facultad

por la distancia, ha sido la licencia gratuita. Esta tiene una serie de limitaciones, como el número de objetos a aplicar. En el momento de construir la lógica, en algunas soluciones el programa necesitaba más de 30 objetos, por lo que he tenido que guardar hasta 30 y cada vez que realizaba una simulación aplicar los restantes. Descubrí esta solución tras buscar en fóruns y videos de YouTube.

Otro problema encontrado ha sido a la hora de intentar mantener un orden FIFO en los servidores. Empecé construyendo un único servidor para la ensalada y el menú principal, con capacidad de 2 personas, y aunque yo indicaba al programa que tenían que seguir un orden FIFO, el primero en acabar salía antes del servidor, es decir, adelantando al usuario de delante (acción que no sucede en la realidad).

El problema principal y que más difícil ha hecho la simulación del proceso ha sido con los caminos entre servidores. Lo normal en Simio es conectar los servidores con unos caminos llamados "Path". Al realizarlo así, me encontré que las entidades (los usuarios) salían del servidor en el que acababan de procesar independientemente de si el de adelante estaba vacío, y en caso de no poder entrar en el siguiente, se quedaban esperando en el camino. Esto provocaba que la cola no se formara en el inicio del proceso, en el servidor de la bandeja, sino entre servidores. Fue un quebradero de cabeza, puesto que yo indiqué en el programa que la capacidad de entrada de cada servidor (a excepción de el de bandeja, dónde se ha de formar la cola) era de 0, ya que no se deben realizar colas entre servidores. Aun así, la cola se formaba, y no podía indicar una capacidad de 0 al camino porque de hacerlo así las entidades no progresarían.

Finalmente, tanto el problema de FIFO como el de los caminos, logré resolverlo junto a un ingeniero senior de Simio (casi mes y medio después de la aparición del problema), al que contacté por el fórum del programa, y que posteriormente me ayudó por correo electrónico.

4.6 Reunión Manager

La entrevista fue realizada a Hanna Lillthors, mánager de Mathilda durante los últimos casi 2 años.

Después de explicar cada solución en el apartado 10, justificaré en cada solución la viabilidad de ésta acorde a la reunión con Hanna.

Durante la entrevista me explicó que el restaurante tiene previsto reformarse durante el verano de 2020. Actualmente cuenta con una capacidad de 300 alumnos y se ampliará hasta un total de 500. Una de las soluciones presentadas le gustó hasta tal punto que mi propuesta ha sido enviada a Hanna para que ella proceda a presentarla a los encargados de la remodelación para su posible implementación en el nuevo restaurante.

5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Cualquier trabajo de reingeniería de procesos debe constar de una justificación detrás que demuestre que realmente hace falta un cambio en dicho proceso.

Las situaciones más usuales, son aquellas donde los procesos tienen un coste, y su reingeniería supondrá un cambio sobre estos. Nuestro trabajo, al tratarse de un restaurante universitario, de precios muy bajos, donde no hay pérdidas de alumnos por colas, o la pérdida es mínima, nos interesa saber si el grado de satisfacción de los clientes es óptimo o no.

Además del grado de satisfacción, que es una variable cualitativa, el estudio se justifica también con una variable cuantitativa muy importante, que es el tiempo medio en el sistema por cliente. Como veremos en el punto 7, el tiempo medio en el sistema por cliente es relativamente alto en comparación con el tiempo que tarda un usuario sin cola en servirse. Por lo tanto, una reducción de esta variable cuantitativa supondrá nuestra primera justificación de mejora.

Económicamente, la inversión en cualquier posible cambio verá sus frutos a largo plazo, puesto que la demanda se considera bastante constante en la actualidad. Hay que pensar en los beneficios futuros que puede aportar la mejora de la satisfacción del cliente para obtener un mayor número de clientes y recuperar la inversión gradualmente.

Desde el punto de vista cualitativo, he realizado una encuesta (ver anexo 2) a través de Google docs, para conocer, entre otras cosas, a qué hora visitan los encuestados normalmente el restaurante y cuál es su grado de satisfacción con la cola.

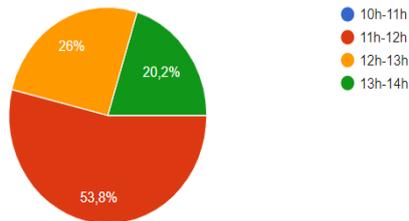
La encuesta consta de 3 preguntas, haciéndola así rápida y poco pesada para el cliente que la responde. De las 3 preguntas, una se centra en analizar el comportamiento a la hora de servirse del cliente para el posterior estudio de soluciones, por lo que no influye en la justificación de estudio y no se verá reflejada en el apartado actual.

Los resultados han sido los siguientes:

Gráfico VII: Resultados de la primera pregunta realizada en la encuesta

What time do you usually have lunch in Mathilda?

104 respuestas



El resultado final fue de más de 100 respuestas, siendo casi el 80% de ellas de clientes que consumen normalmente en el restaurante entre las 11 y las 13h, que son las horas de estudio para el trabajo.

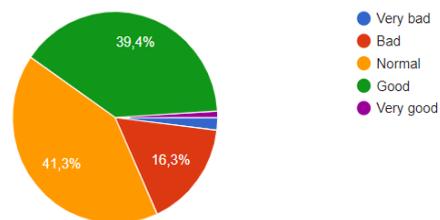
Fuente: Resumen de la primera pregunta extraído de <https://docs.google.com/forms/>

Gráfico VIII: Resultados de la tercera pregunta realizada en la encuesta

La pregunta que más nos interesaba para la justificación era la tercera, donde el cliente respondía entre 5 opciones cual era su grado de satisfacción con la cola del restaurante.

Which is your grade of satisfaction with Mathilda's queue?

104 respuestas



Fuente: Resumen de la primera pregunta extraído de <https://docs.google.com/forms/>

Como podemos observar, menos de un 40% de la gente considera buena o muy buena la satisfacción con la cola, y más del 56% de los clientes tienen una satisfacción normal o mala con la cola.

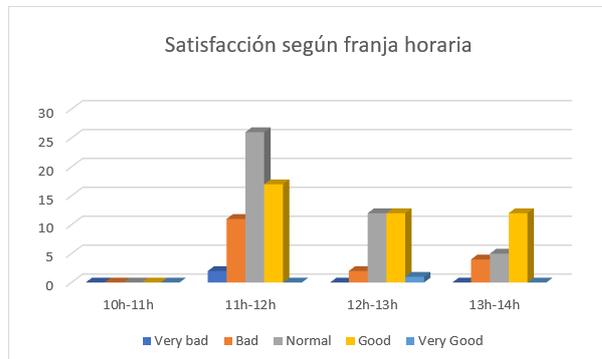
Para realizar un análisis un poco más exhaustivo he decidido exportar el Excel de los resultados y ordenar los datos de manera lógica para sacar analíticas que permitan realizar conclusiones acerca de la satisfacción que buscamos.

Gráfico IX: Desglose de resultados obtenidos en la tercera pregunta realizada en la encuesta

	Very bad	Bad	Normal	Good	Very Good	TOTAL
10h-11h	0	0	0	0	0	0
11h-12h	2	11	26	17	0	56
12h-13h	0	2	12	12	1	27
13h-14h	0	4	5	12	0	21

Fuente: Elaboración propia en Excel

Gráfico X: Gráfico de los resultados obtenidos en la pregunta tres de la encuesta



Fuente: Elaboración propia con los gráficos proporcionados por Excel

En el anterior gráfico podemos observar como hay un mayor grado de insatisfacción o satisfacción normal en los clientes que realizan su visita normalmente entre las 11h y las 12h. Como la muestra no es exactamente igual por cada franja, y precisamente la hora con mayor insatisfacción es la que tiene con diferencia un total de muestras superior, he realizado el mismo gráfico porcentualmente, para poder realizar la comparación.

Gráfico XI: Desglose porcentual de resultados obtenidos en la tercera pregunta realizada en la encuesta

	Very bad	Bad	Normal	Good	Very Good
10h-11h	0	0	0	0	0
11h-12h	4%	20%	46%	30%	0%
12h-13h	0%	7%	44%	44%	4%
13h-14h	0%	19%	24%	57%	0%

Fuente: Elaboración propia en Excel

Porcentualmente, podemos observar como los usuarios que tienen una mayor satisfacción (57%) con la cola son aquellos clientes que visitan el restaurante de 13h a 14h, dato que refuerza que el estudio se haya centrado en las dos franjas horarias centrales. Aun así, un 19% considera mala su satisfacción con la cola, por lo que también hay signos de colas en dicha franja.

La franja de 11h a 12h es la que muestra una mayor insatisfacción con la cola, siendo los únicos que han considerado su satisfacción con la cola como muy mala (4%), y siendo mala en un 20%. Además, también es la franja horaria que muestra más “indiferencia”

considerando su satisfacción normal, con un 46%, y la que menos muestra resultados positivos (30% good y 0% very good).

Del estudio porcentual se puede extraer un análisis cultural también. Teniendo en cuenta que, a mayor cola, mayor insatisfacción muestran los clientes, podemos ver como la franja de 12h a 13h considera su satisfacción en un 93% entre normal y muy buena. Esto se debe a las diferencias culturales que existe en el restaurante. Como he mencionado previamente en el trabajo, los consumidores habituales son fineses y Erasmus+. Los estudiantes fineses suelen asistir entre 11h – 12h, mientras que la mayoría de Erasmus+ suelen asistir de 13h a 14h (siempre hay excepciones como nacionalidades Alemanas, por ejemplo), por lo que la franja de 12h a 13h suele obtener visitas de aquellos fineses que comen a una hora tardía en su cultura, y algunos Erasmus+ a una hora temprana, siendo esta franja la que menos visitantes recibe, y por lo tanto, la que obtiene una mayor satisfacción, justificando que a menor cola, mayor satisfacción de los clientes, y fortaleciendo entonces la mejora de este proceso.

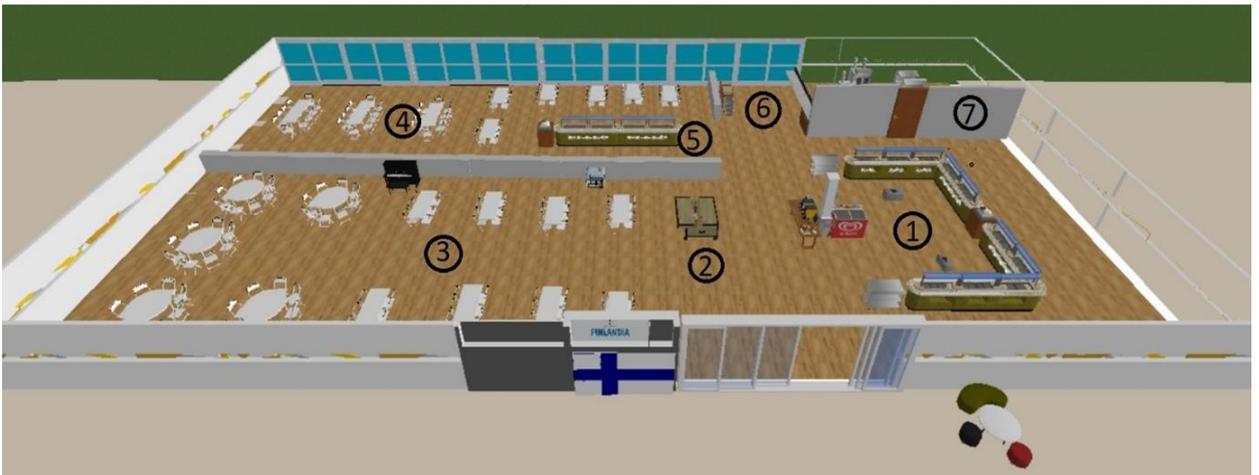
6. MODELO ACTUAL

A continuación, haré un análisis completo de la distribución actual del sistema de Mathilda, para su correcto análisis previo a la propuesta de mejoras.

6.1 Descripción del sistema

Las siguientes imágenes muestran la recreación del restaurante.

Gráfico XII: Vista aérea general de la simulación de Mathilda



Fuente: Modelización propia en software Simio

El restaurante cuenta con una única puerta de entrada y salida, y con las siguientes zonas:

1: Zona de buffet principal.

2: Zona del pan

3: Zona de mesas

4: Zona de mesas

5: Buffet secundario

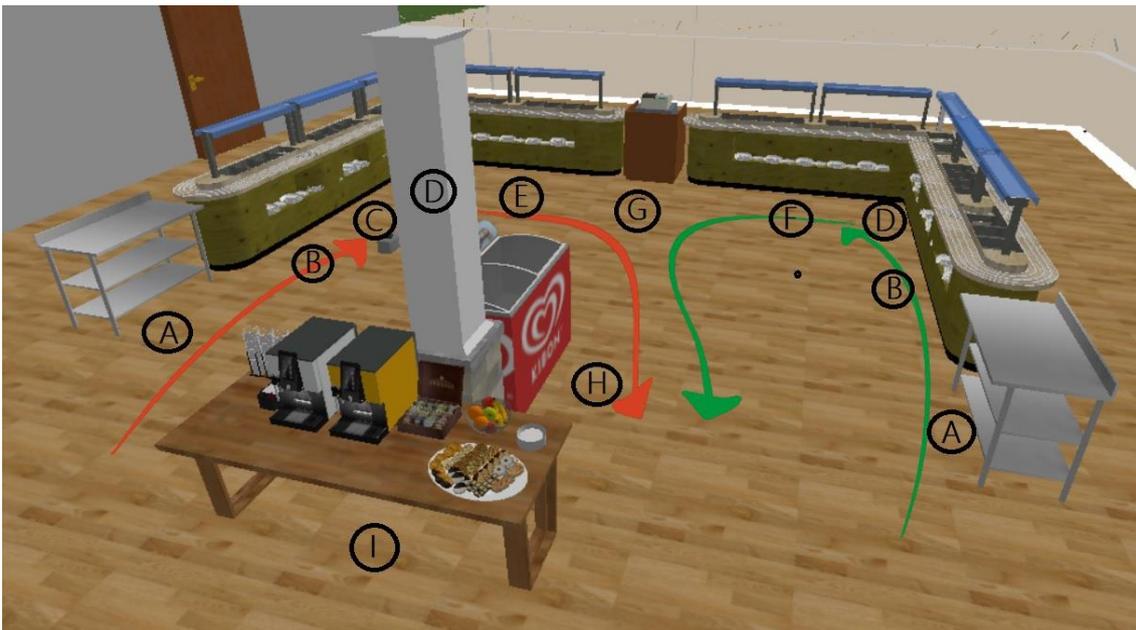
6: Zona de basura

7: Cocina

Para entender correctamente el funcionamiento del restaurante, haré una explicación de cada una de las zonas.

1. Vista general de la zona del buffet:

Gráfico XIII: Simulación de la zona buffet



Fuente: Modelización propia en software Simio

Como se puede apreciar en la imagen, la zona se divide en dos zonas de circulación del cliente. La zona izquierda, marcada por las líneas rojas, es la zona donde se producen las colas durante las horas punta. La zona derecha, marcada con líneas verdes, no suele ofrecer problemas.

Esta diferencia entre la zona izquierda y la zona derecha se debe al tipo de comida servido en ambas áreas. El área izquierda ofrece dos tipos de comida diferentes, de 3,75€ y 2,6€, donde se encuentra la comida de mayor calidad. Por contra, en el área derecha, se encuentra un único tipo de comida a 0,80€, con una comida de menor calidad.

A excepción del cobro, que lo realiza un/a único cajero o cajera, todo el proceso es autoservicio por parte del cliente.

A: Recogida de bandeja, vasos (hasta 2), cubiertos, y platos (hasta 2. Uno grande para el plato principal y otro pequeño para la ensalada y/o fruta).

B: Zona de la ensalada. Suele contener ensalada y algún trozo de fruta, así como aceite, sal, y salsas para servirse. Acostumbra a ser el mismo contenido en ambas zonas del buffet.

C: Menú “Rohee”. Es el menú de 2,60€.

D: Agua. En la esquina se encuentra el grifo de agua.

E: Menú “*Street food*”. Cuesta 3,70€ y acostumbra a ser comida “basura”.

F: Menú “*Halpa*”. Es el menú de 0,80€, de menor calidad.

G: Zona de cobro. Un único cajero/a, pero con dos datáfonos. Por norma general utilizan solo uno, pero en determinados momentos deciden utilizar ambos. El/la cajero/a observa el plato y en función de la comida elegida cobra un menú u otro. En el caso de *Rohee* y *Street food*, hay un número limitado de alimentos a coger (por ejemplo, trozos de pollo), y en caso de coger un número superior, el trabajador/a cobra un suplemento, que suele ser de 0,50€ o 1€ dependiendo del alimento.

H: Zona de leche. Al poder coger dos vasos, uno de los dos puedes llenarlo de leche (después de pagar).

I: Zona del café. Puedes servirte una vez has pagado un vaso que pides a la cajera.

Por lo tanto, el cliente al entrar se dirige hacia la zona A (tanto izquierda como derecha), siendo las zonas A-F las que el cliente se auto sirve hasta ser cobrado. Posteriormente se puede hacer uso de la zona H e I.

La zona 1 (lado izquierdo) será nuestra zona principal de estudio, ya que es donde se forman las colas, excluyendo la siguiente zona 2 (lado derecho), ya que nunca hay cola, y la zona de pan.

En SIMIO, dividiremos esta zona en lo siguiente:

- Source: Será el servidor que nos generará los clientes.
- Connector: Camino de llegada a 1ª etapa.
- 1a etapa (Server): Servirse la bandeja, platos, cubiertos, vaso de agua, etc.
- 2a etapa (2 Servers): Servirse el plato de ensalada.
- 3a etapa (2 Servers): Servirse plato de comida principal *Rohee*
- 4a etapa (Server): Servirse el plato de comida principal *Street Food*
- 5a etapa (Server): Servirse agua

- 6a etapa (Server): Realizar el pago en la caja.
- Connector: Camino de salida
- Sink: Es el objeto que se encarga de finalizar la simulación del cliente.

Las 5 etapas se tratan de tareas diferenciadas actualmente de manera lineal. Todos los clientes realizan las dos primeras etapas y la quinta y sexta de la misma forma, y deben elegir entre la etapa 3 o 4. Independientemente de la elección, la cola es lineal, por lo que, si eligen la etapa 5, deben esperar a que el cliente que tienen delante termine la etapa 4 y se salte la 5 para poder servirse.

Esto quiere decir que deberemos crear una variable en SIMIO que se asigne a cada cliente, de manera que esta variable indique si se sirve en la etapa 3 o 4, es decir, si elige un menú u otro, y que, por lo tanto, si lo hace en una no lo haga en la otra.

2. Zona del pan:

Gráfico XIV: Simulación de la zona del pan



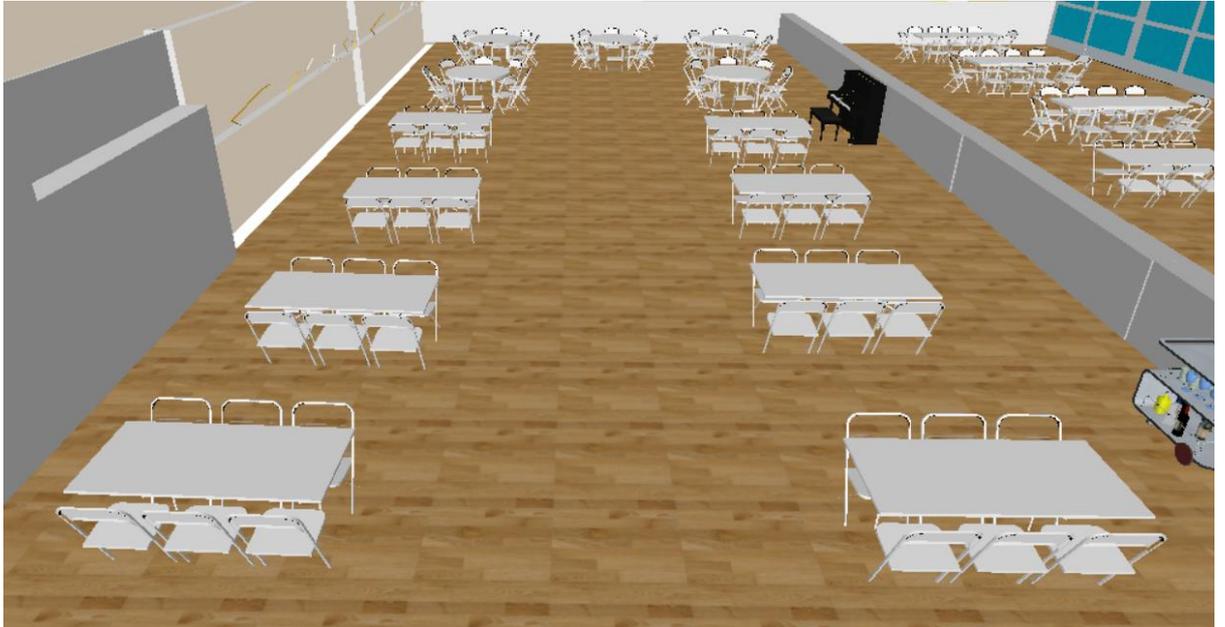
Fuente: Modelización propia en software Simio

La mesa que se puede apreciar en la fotografía contiene diferentes tipos de panes, aceite y mantequilla. Todo aquel que haya pagado previamente un plato, indistintamente del tipo de menú, puede servirse. Se encuentra un poco retirado de la zona de cobro y con

difícil control. En países nórdicos como Finlandia esto no supone un problema debido a la cultura existente, que difícilmente contempla coger comida sin su previo pago.

3. Zona de mesas

Gráfico XV: Simulación de la primera zona de mesas



Fuente: Modelización propia en software Simio

Se trata de la primera zona rectangular con mesas. Son mesas de entre 6-8 personas cada una.

4. Segunda zona de mesas:

Gráfico XVI: Simulación de la segunda zona de mesas

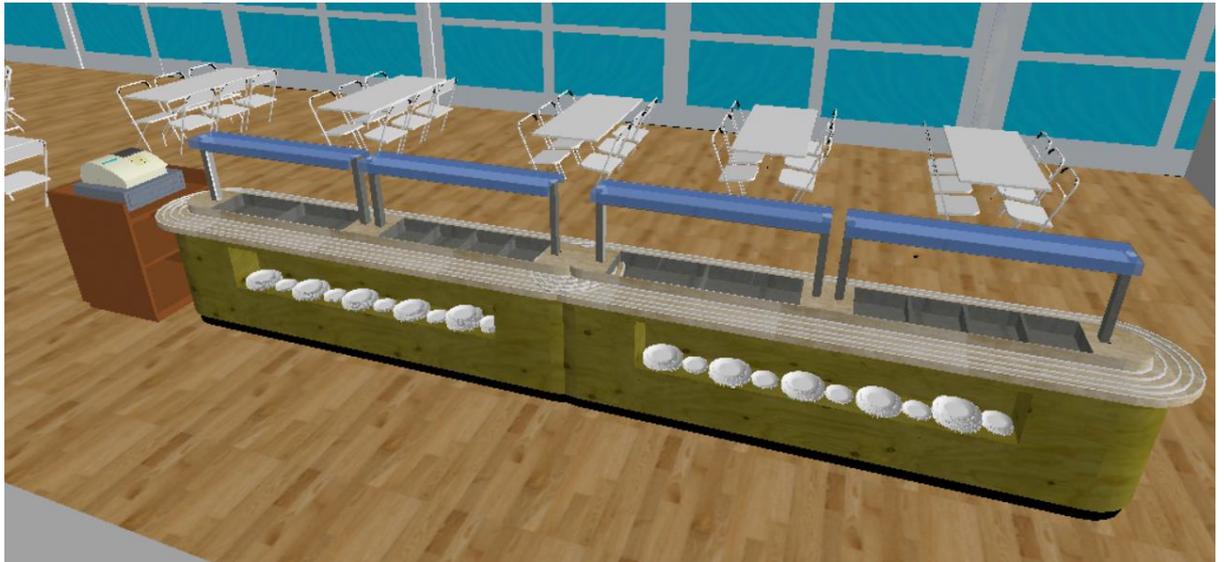


Fuente: Modelización propia en software Simio

La segunda zona rectangular de mesas contiene mesas de 6-8 personas igual que la primera y mesas de más de 18 personas al fondo.

5. Buffet secundario:

Gráfico XVII: Simulación del buffet secundario



Fuente: Modelización propia en software Simio

El buffet secundario suele estar vacío y sin cajero el 100% del tiempo. Sólo se hace uso de él en momentos determinados (hora punta 11:10-11:50) y no todos los días. Este buffet permite servirse por ambos lados, hasta llegar a el/la cajero/a, que igual que en el otro buffet, observa la comida elegida y en función del plato te cobra un menú u otro. El menú que suele habilitarse aquí es *Rohee*, que es el más consumido y el que suele producir la cola.

6. Zona de basura:

Gráfico XVIII: Simulación de la zona de basuras

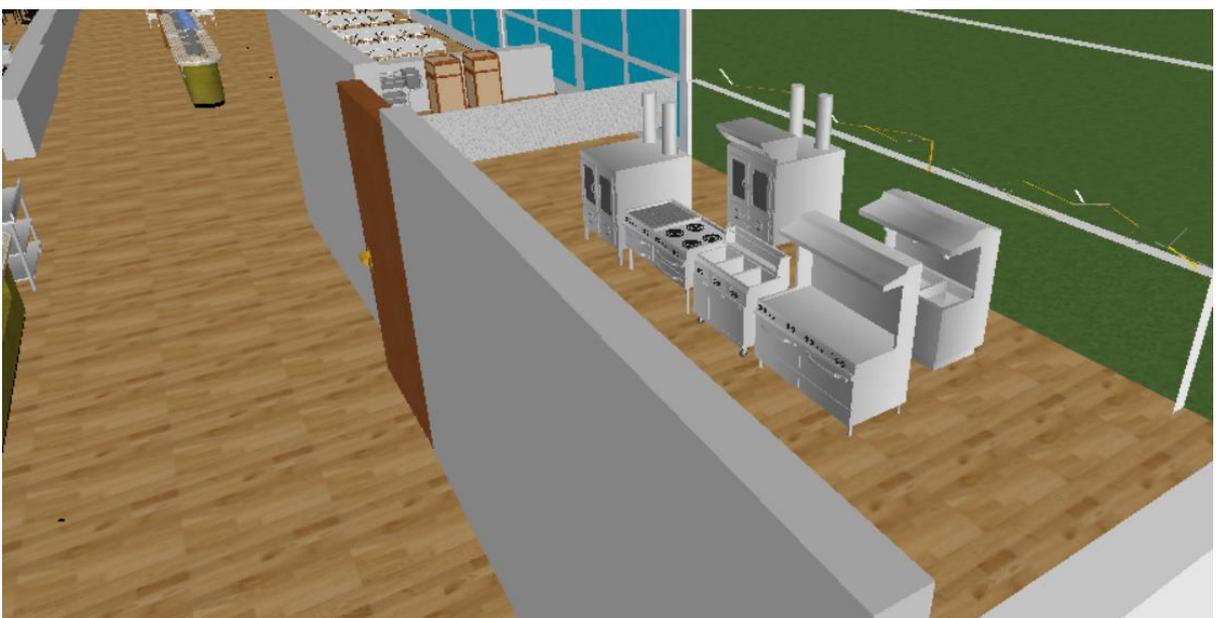


Fuente: Modelización propia en software Simio

La barra de la derecha, que da directamente a la cocina, se utiliza para dejar los restos de comida en el espacio inferior que se aprecia en color marrón, y encima de la barra los cubiertos, vasos, platos y bandeja. A partir de las 14h, que es cuando la cocina cierra, los usuarios pueden seguir comiendo en el restaurante si ya han pedido antes, pero deberán vaciar todos los elementos comentados posteriormente en las bandejas y papeleras que se observan al lado izquierdo de la imagen.

7. Cocina

Gráfico IXX: Simulación de la cocina



Fuente: Modelización propia en software Simio

La cocina se encuentra en la esquina del restaurante, situada justo detrás de la zona del buffet.

6.2 Análisis estadístico

Antes de realizar la simulación, es necesario un estudio estadístico de los datos recogidos para entender mejor el funcionamiento del sistema y sus patrones.

Se han tomado datos 4 días diferentes, de lunes a jueves, con más de 140 datos recogidos cada día, y un total de 663 muestras.

Los datos han empezado a ser tomados todos los días 2 minutos antes de las 11 del mediodía, hasta un momento de salida entre las 12:45 y 13h para que todas las muestras sean tomadas en misma franja horaria y así poder sacar conclusiones con certeza.

6.2.1 Medias

Como la cantidad de muestras recogidas es tan amplia, todos los resultados se encuentran en anexos. Así que empezaremos realizando las medias de todos los datos para entender cuáles han sido los resultados, seguidos por gráficos, y posteriormente análisis estadísticos más específicos.

- Número medio de clientes en los días tomados:

$$\frac{150 + 187 + 183 + 143 \text{ clientes}}{4 \text{ días}} = 165 \text{ personas/día}$$

Por lo tanto, pasaron por el servicio buffet *Rohee* y *Street Food* una media de 165 personas durante las dos horas de muestras tomadas.

- Media de tiempo entre llegadas:

$$\frac{7429 + 6865 + 6883 + 6578 \text{ segundos}}{663 - 4 \text{ clientes}} = 42,11 \text{ segundos/cliente}$$

Siendo 27220 la suma de segundos que transcurren entre todas las llegadas de los 4 días, y 663 el total de clientes, menos 4, los primeros de cada día, de los que no tenemos datos de cuanto tardan en llegar respecto el cliente anterior. Por lo tanto, aunque hay momentos donde llegan clientes seguidos y momentos donde llegan clientes con diferencias de minutos, la media es que llega un cliente al sistema cada 42 segundos.

- Tiempo medio en el sistema:

$$\frac{843,5 + 1433 + 1478,5 + 1056 \text{ minutos}}{663 \text{ clientes}} = 7,26 \text{ minutos/cliente}$$

Siendo 4811 la suma total de minutos en el sistema de todos los clientes, dividido entre 663, que es el total de personas que han pasado por el sistema, tenemos que la media de tiempo que espera un cliente a servirse entre las 11am y la 1pm es de 7,26 minutos.

6.2.2 Gráficos

Para observar de una manera visual los picos que se producen en las horas puntas, y averiguar a qué hora son y si siguen el mismo patrón, realizaré un gráfico diario:

El eje vertical será el tiempo total de servicio que realiza un cliente y el eje horizontal la hora de entrada en el sistema.

La línea horizontal nos señala el tiempo medio que está un cliente en el servicio.

- 28/01/2019:

Gráfico XX: Gráfico del tiempo de servicio según hora de llegada del 28/01/2019



Fuente: Elaboración propia con los gráficos proporcionados por Excel

- 29/01/2019:

Gráfico XXI: Gráfico del tiempo de servicio según hora de llegada del 29/01/2019



Fuente: Elaboración propia con los gráficos proporcionados por Excel

- 30/01/2019:

Gráfico XXII: Gráfico del tiempo de servicio según hora de llegada del 30/01/2019



Fuente: Elaboración propia con los gráficos proporcionados por Excel

- 31/01/2019:

Gráfico XXIII: Gráfico del tiempo de servicio según hora de llegada del 31/01/2019



Fuente: Elaboración propia con los gráficos proporcionados por Excel

Por lo tanto, podemos observar como claramente se forma una cola mayor entre el periodo de tiempo de entrada de las 11:15-25am que dura hasta el momento de entrada de las 11:50-12pm.

Esta hora punta suele durar unos 30 minutos, donde se alcanzan picos de tiempo en el sistema de entre 11-14 minutos, llegando esta espera hasta los 17-18 minutos el día 31 a la hora de entrada de las 11:38.

También podemos percatar que el tiempo medio de servicio antes y después de la hora punta suele estar entre los 2 y los 3 minutos. Esto significa que las horas puntas llegan a ser un 200-300% más lentas, provocando así que el tiempo medio en el sistema sea más de un 100% más lento, ya que hemos obtenido un tiempo medio de 7,3 minutos.

6.2.3 Estudio de regresión

Como hemos visto, durante 30-40 minutos el tiempo de servicio aumenta significativamente. Esto, sospechamos, es por la llegada de más gente en esas horas, y, por lo tanto, una reducción del tiempo entre llegadas. Para demostrarlo, estudiaremos la correlación entre la variable tiempo de servicio y tiempo entre llegadas.

Dicho análisis recibe el nombre de estudio de regresión, siendo X la variable dependiente, tiempo de servicio, y siendo Y la variable independiente, tiempo entre llegadas.

Ecuación de regresión:

$$y = \alpha + \beta x$$

y = tiempo entre llegadas

x = tiempo de servicio

β = será el coeficiente que nos indique la relación de las variables

α = es el valor de la ordenada que intercepta con el eje Y.

Por lo tanto, de la ecuación nos interesa averiguar β , que no indicará la relación entre las dos variables.

- Análisis de regresión día 28/01/2019

Gráfico XXIV: Resultados del análisis de regresión del día 28/01/2019

Dependent Variable: TIEMPO_DE_SERVICIO
 Method: Least Squares
 Date: 04/07/19 Time: 13:28
 Sample: 1 144
 Included observations: 144

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TIEMPO_ENTRE_LLEGADAS	-0.545951	0.190405	-2.867305	0.0048
C	0.004285	0.000201	21.28248	0.0000
R-squared	0.054729	Mean dependent var		0.003977
Adjusted R-squared	0.048072	S.D. dependent var		0.002095
S.E. of regression	0.002044	Akaike info criterion		-9.533779
Sum squared resid	0.000593	Schwarz criterion		-9.492531
Log likelihood	688.4321	Hannan-Quinn criter.		-9.517018
F-statistic	8.221440	Durbin-Watson stat		0.081154
Prob(F-statistic)	0.004771			

Fuente: Resultados extraídos de Eviews

Donde β es el coeficiente de la variable tiempo entre llegadas (-0.55). El nivel de significación es de 0.0048, es decir $p \leq 0.05$, que nos está indicando que el resultado es fiable.

- Análisis de regresión día 29/01/2019

Gráfico XXV: Resultados del análisis de regresión del día 29/01/2019

Dependent Variable: TIEMPO_DE_SERVICIO
 Method: Least Squares
 Date: 04/07/19 Time: 18:20
 Sample: 1 187
 Included observations: 187

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TIEMPO_ENTRE_LLEGADAS	-0.571373	0.212229	-2.692255	0.0077
C	0.005565	0.000156	35.66100	0.0000
R-squared	0.037702	Mean dependent var		0.005322
Adjusted R-squared	0.032501	S.D. dependent var		0.001771
S.E. of regression	0.001742	Akaike info criterion		-9.857416
Sum squared resid	0.000561	Schwarz criterion		-9.822859
Log likelihood	923.6684	Hannan-Quinn criter.		-9.843414
F-statistic	7.248237	Durbin-Watson stat		0.081011
Prob(F-statistic)	0.007748			

Fuente: Resultados extraídos de Eviews

Donde β es el coeficiente de la variable tiempo entre llegadas (-0.57). El nivel de significación es de 0.0077, es decir $p \leq 0.05$, que nos está indicando que el resultado es fiable.

- Análisis de regresión día 30/01/2019

Gráfico XXVI: Resultados del análisis de regresión del día 30/01/2019

Dependent Variable: TIEMPO_DE_SERVICIO
 Method: Least Squares
 Date: 04/07/19 Time: 18:24
 Sample: 1 180
 Included observations: 180

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TIEMPO_ENTRE_LLEGADAS	-1.391598	0.325295	-4.277955	0.0000
C	0.006276	0.000246	25.56133	0.0000
R-squared	0.093229	Mean dependent var		0.005686
Adjusted R-squared	0.088135	S.D. dependent var		0.002854
S.E. of regression	0.002725	Akaike info criterion		-8.961611
Sum squared resid	0.001322	Schwarz criterion		-8.926133
Log likelihood	808.5449	Hannan-Quinn criter.		-8.947226
F-statistic	18.30090	Durbin-Watson stat		0.128519
Prob(F-statistic)	0.000031			

Fuente: Resultados extraídos de Eviews

Donde β es el coeficiente de la variable tiempo entre llegadas (-1,39). El nivel de significación es de 0.0000, es decir $p \leq 0.05$, que nos está indicando que el resultado es fiable.

- Análisis de regresión día 31/01/2019

Gráfico XXVII: Resultados del análisis de regresión del día 31/01/2019

Dependent Variable: TIEMPO_DE_SERVICIO
 Method: Least Squares
 Date: 04/07/19 Time: 18:29
 Sample (adjusted): 2 144
 Included observations: 143 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TIEMPO_ENTRE_LLEGADAS	-1.085015	0.318469	-3.406974	0.0009
C	0.005722	0.000275	20.81619	0.0000
R-squared	0.076061	Mean dependent var		0.005129
Adjusted R-squared	0.069508	S.D. dependent var		0.002638
S.E. of regression	0.002545	Akaike info criterion		-9.095639
Sum squared resid	0.000913	Schwarz criterion		-9.054201
Log likelihood	652.3382	Hannan-Quinn criter.		-9.078801
F-statistic	11.60748	Durbin-Watson stat		0.130581
Prob(F-statistic)	0.000856			

Fuente: Resultados extraídos de Eviews

Donde β es el coeficiente de la variable tiempo entre llegadas (-1,09). El nivel de significación es de 0.0009, es decir $p \leq 0.05$, que nos está indicando que el resultado es fiable.

Tras el análisis proporcionado por Eviews de los cuatro días, podemos observar como bajo un resultado fiable, el coeficiente es negativo, de entre -0,55 y -1,4, lo que nos indica que hay una dependencia negativa, es decir, a menor tiempo entre llegadas, mayor será el tiempo de servicio.

6.3 Lógica SIMIO

A continuación, haré una explicación de la lógica diseñada en el programa SIMIO con el objetivo de ofrecer una simulación lo más realista posible a los datos tomados.

Los clientes llegan de forma aleatoria durante las dos horas de servicio tomadas, pero con mayor frecuencia en determinados momentos que en otros. Son esos momentos donde los clientes llegan con una mayor frecuencia donde las colas aumentan. La mayoría de las opciones de SIMIO en cuanto a llegada de clientes ofrecen distribuciones con un intervalo aleatorio que no tienen en cuenta momentos del día, sino que los clientes se mueven entre esa distribución independientemente del momento en el que se encuentre el sistema. Para evitar esto, y ofrecer una simulación más ajustada a la realidad, donde hay picos de llegadas, crearemos una tabla en SIMIO con unos intervalos de 15 minutos, donde

indicaremos la media de cuantos clientes llegan al sistema en ese momento concreto.

La media de clientes que llegan cada 15 minutos la hemos extraído contando el número que llegan de clientes cada día en esa franja y realizando una media, como se aprecia en la siguiente imagen:

Gráfico XXVIII: Cantidad de clientes/día que entran en el sistema según intervalos de tiempo

*	28/01/2019	29/01/2019	30/01/2019	31/01/2019	Media
11:00-11:15	20	36	31	24	28
11:15-11:30	32	19	32	30	28
11:30-11:45	30	26	47	31	34
11:45-12:00	13	26	18	17	19
12:00-12:15	14	18	15	16	16
12:15-12:30	18	24	24	12	20
12:30-12:45	15	26	11	10	16
12:45-13:00	2	12	2	4	5
Total	144	187	180	144	164

*Resultados sin decimales

Fuente: Elaboración propia en Excel

Por lo tanto, la tabla que seguirá el software para lanzar entidades (clientes), será la siguiente:

Gráfico XXIX: Tabla de clientes que entran al sistema cada 15 minutos

Starting Offset	Ending Offset	Rate (events per hour)
Day 1, 00:00:00	Day 1, 00:15:00	112
Day 1, 00:15:00	Day 1, 00:30:00	112
Day 1, 00:30:00	Day 1, 00:45:00	136
Day 1, 00:45:00	Day 1, 01:00:00	76
Day 1, 01:00:00	Day 1, 01:15:00	64
Day 1, 01:15:00	Day 1, 01:30:00	80
Day 1, 01:30:00	Day 1, 01:45:00	64
Day 1, 01:45:00	Day 1, 02:00:00	20

Fuente: Software Simio

Como la medida predeterminada del programa son eventos por hora, y nuestros datos son cada 15 minutos, multiplico cada franja de 15 minutos por 4 para que la conversión sea clientes/hora.

La tabla anterior será utilizada en todas las simulaciones, ya que cambiará el layout² pero el número de asistentes será el mismo para poder realizar la comparación adecuadamente.

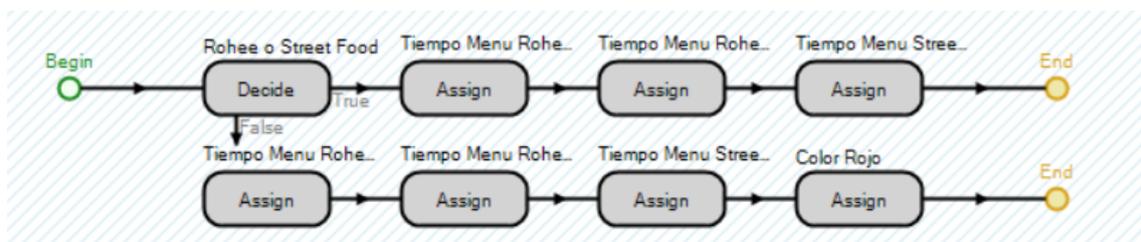
La lógica la explicaré de manera visual y esquemática, para un mayor entendimiento del proceso, en vez de mostrarla encima del modelo. Por lo tanto, se verá por un lado la distribución del restaurante y el proceso en una imagen (Gráfico XIII), y por otro, la lógica que hay detrás (Gráfico XXX y XXXI).

Cada zona del modelo (por ejemplo: bandeja, ensalada, etc...) las llamaré servidores, puesto que es el nombre que reciben en Simio.

El sistema cuenta con servidores lineales, y un orden FIFO, por lo tanto, independientemente de si un cliente quiere servirse el menú *Rohee* o *Street food* y quiere o no ensalada, tendrá que pasar por todos los servidores y esperar a que los clientes que haya delante finalicen su servicio en sus respectivos servidores para poder servirse.

Esto implica que cada cliente (entidad en Simio), tiene que pasar si o sí por todos los servidores, pero no en todos debe servirse. Para realizar esto, he creado el siguiente proceso en Simio:

Gráfico XXX: Proceso de asignación de tiempos



Fuente: Software Simio

Antes de realizar el proceso, he creado 3 variables a cada entidad. Dos variables para los tiempos de procesamiento de la primera y segunda bandeja del menú *Rohee* respectivamente, y una variable para el tiempo de procesamiento de la bandeja de *Street food*.

² Layout: "El término layout proviene del inglés, que en nuestro idioma quiere decir diseño, plan, disposición.". Este anglicismo será utilizado durante todo el trabajo.

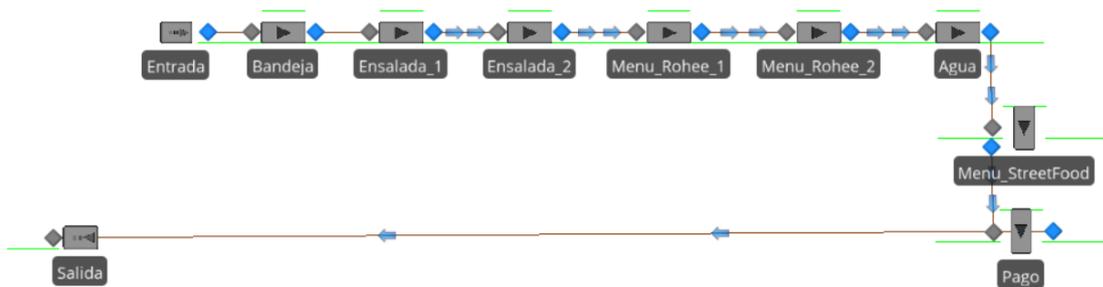
Por lo tanto, y siguiendo el proceso que he creado, cada vez que una entidad entra al sistema, con una probabilidad del 81% (según los datos tomados en el anexo 1.2) se le asignará el menú *Rohee*, y de lo contrario *Street food*. Todas aquellas entidades que se les asigne el menú *Rohee*, recorrerán la parte superior del proceso, asignándoles unos tiempos de 20,7 y 20,7 segundos en los servidores del menú *Rohee*, y un tiempo de 1 segundo en el servidor de *Street food*, ya que sólo deberá saltárselo cuando tenga espacio delante. Exactamente el mismo proceso siguen las entidades que se les asigna menú *Street food*, que recorrerán la parte inferior del proceso, asignándoles un tiempo de 36,17 segundos en el servidor de *Street food*, y 1 segundo en el servidor de *Rohee*.

En el gráfico XXX también se puede apreciar como a la línea inferior del proceso (*Street food*) asigna al final un color rojo a las entidades. Esto lo hago para diferenciar de manera visual las entidades (que de manera predeterminada vienen en forma de triángulos en Simio) que eligen *Rohee* (serán entidades verdes) y las que eligen *Street food* (serán rojas), para poder observar que cada una está detenida el tiempo adecuado en cada servidor. Esto sólo se realiza en la simulación esquemática y sin el modelo del restaurante implantado. Con el restaurante implantado se utilizan personas en vez de entidades en forma de triángulo.

Tanto los servidores de bandeja, agua, *Street food*, como pago, tienen una capacidad de una persona. Sin embargo, los servidores de ensalada y *Rohee*, tienen capacidad de dos personas, ya que tienen varias bandejas dónde caben dos personas sirviéndose simultáneamente. En Simio, si creamos una entidad con capacidad 2, aunque asignemos un orden FIFO, la primera entidad que finaliza su proceso sale la primera, por lo tanto, no era posible crear un sólo servidor con capacidad para 2. Además, haciéndolo de esta manera, estaría obviando que, si llegan dos clientes simultáneamente al servidor, el segundo deberá esperar a que el primero termine de servirse en la primera bandeja para poder empezar a servirse él. Por lo tanto, los servidores de ensalada y *Rohee*, los he dividido en dos servidores cada uno, de capacidad uno, haciéndolo así más real, siguiendo el orden FIFO y provocando los cuellos de botella correspondientes cuando una entidad debe esperar a que la anterior termine su procesamiento.

Así quedan distribuidos los servidores de la distribución actual de Mathilda:

Gráfico XXXI: Proceso del servicio de restauración



Fuente: Software Simio

Estos servidores están conectados con un camino llamado “connector”, y con una propiedad determinada llamada “Network if possible” hacia un servidor en específico (el que cada servidor tiene posteriormente). Además, cada servidor tiene asignado una capacidad de espera de 0, tanto de entrada como de salida. Con esto logro que una entidad no pueda avanzar a la siguiente hasta que no esta no esté libre, retrasando su tiempo en el servidor que se encuentre, y provocando un cuello de botella. El único servidor con capacidad de entrada infinita es el de bandeja. Por lo tanto, simulando la situación real, cada vez que se forme un cuello de botella y la cola se alargue, las entidades comenzarán a amontonarse en la cola de la bandeja.

Tiempos utilizados en cada servidor³:

Tabla II: Tiempos individuales por servidor (siguiendo distribución exponencial)

Bandeja	Ensalada 1	Ensalada 2	Rohee 1	Rohee 2	Agua	Street Food	Pago
13,32s	22,25s	22,25s	20,7s	20,7s	11,56s	36,17s	16,5s

Fuente: Elaboración propia

Estos tiempos son la media de cada servidor extraída de las muestras (Anexo 1.2).

6.4 Análisis de resultados

Aunque ya tenemos los datos tomados de la distribución actual, necesitamos realizar la

³ Los tiempos individuales de cada servidor serán los mismos independientemente del layout de cada solución, por lo que los datos que se muestran en la página presente se utilizarán en las soluciones posteriores.

simulación y el análisis de ésta porque dentro del proceso existen variables externas que pueden variar cada día y que no formarán parte del estudio, como pueden ser ausencias puntuales de la cajera que pueden provocar más cola, o retraso a la hora de cambiar una bandeja por falta de comida.

De este modo, el presente análisis estadístico y los próximos a realizar de las soluciones propuestas, supondrán un escenario de eficiencia 100% en términos de variables externas. Así lograremos comparar en la misma situación todos los escenarios para entender cuál funciona mejor realmente.

El tiempo medio de un usuario en el sistema tras la simulación es de 5,2 minutos. Este será el tiempo referencia con el que compararemos las soluciones, y no los 7,2 minutos de los datos tomados en el restaurante, puesto que estos 7,2 minutos son debidos en buena parte a factores externos como el tiempo entre cambios de bandeja, ausencias de la cajera, o pequeñas interrupciones por factores de los propios clientes, que pueden cambiar cada día, y que se escapan del control estadístico para el software. Por lo tanto, los 5,2 minutos de media que un cliente pasa en el sistema con la distribución actual, suponen una situación de rendimiento 100%, sin factores externos que afecten al tiempo del usuario en servirse. El resto de las soluciones, de la misma manera, se analizarán bajo una situación de rendimiento a 100%, para poder comprar tiempos en igualdad de condiciones.

Un dato relevante por extraer del análisis de la simulación es el tiempo porcentual que el servidor de pago está ocupado, es decir, el tiempo que la/el cajero/a está cobrando. Su rendimiento es del 30%. Teniendo en cuenta que obviamos la línea de cobro de la derecha del sistema, que es considerablemente menor que la de la izquierda, sabemos que este servidor trabaja a menos de un 50% de su capacidad de rendimiento, por lo que en las soluciones, podré proponer cambios de layout donde se sacrifique más al servidor de pago (cajero/a) para reducir la cola.

Resultados del sistema en Anexo 3.1.

7. SOLUCIONES

Para mejorar la eficiencia del restaurante he planteado tres soluciones diferentes, de más simple a más compleja. Con diferentes niveles de cambios en el layout, de manera que las soluciones van de básica y financieramente más económica, a más compleja y costosa.

7.1 Solución 1: Eliminación de servidor *Street food*

La primera solución es la más básica y asequible económicamente, ya que consiste en mover el menú *Street Food* a la cola derecha, donde se encuentra el menú *Halpa*. El motivo es simple. La cola izquierda es la que genera una mayor cola, y el menú *Rohee* es el principal. Aquella gente que se quiere servir *Street Food* debe hacer toda la cola de *Rohee*, y la gente que quiere servirse *Rohee*, tienen que esperar también a que los clientes que deciden servirse *Street food* terminen de servirse. Por lo tanto, una solución lógica, es mover el menú *Street Food*, que tiene una menor afluencia de clientes, a la cola derecha, reduciendo así la cola en la zona izquierda, ya que reduces clientes en cola, y compensando la cola en comparación con el lado derecho.

7.1.1 Descripción del sistema

Como he mencionado previamente, el layout de las zonas de servicio sería el mismo:

Gráfico XXXII: Zona del buffet solución 1



Fuente: Modelización propia en software Simio

El cambio estaría en la redistribución de los menús. El menú *Street Food*, que se encuentra

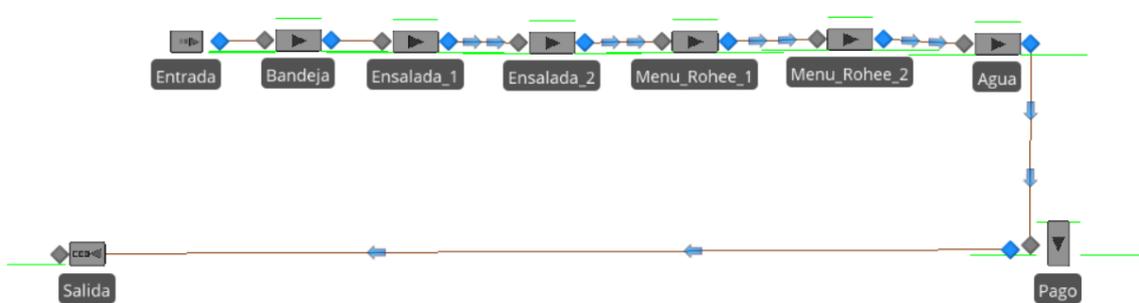
en la zona 1, se movería a la zona 2, junto al menú *Halpa*.

No existiría problema de capacidad de bandejas puesto que en la zona del menú *Halpa* no se utilizan el 100% de los espacios destinados a comida, ya que es la misma capacidad que en la zona izquierda, y sólo contiene un menú en vez de dos.

7.1.3 Lógica SIMIO

El proceso de la primera solución esquemáticamente es prácticamente igual al layout actual, pero como se puede observar, sin el servidor del menú *Street Food*.

Gráfico XXXIII: Proceso de la primera solución



Fuente: Software Simio

Esto implica que todos los usuarios pasarán por todos los servidores sin saltarse ningún menú, por lo que el proceso desarrollado en el gráfico XXX desaparece en esta solución, y se adjudican los tiempos de la tabla II a excepción de *Street food*, que desaparece.

7.1.4 Análisis de resultados

Los resultados en Simio eliminando el menú *Street Food* de la zona izquierda muestran que el tiempo medio de servicio se vería reducido a 5,07 minutos, por lo tanto, un 2,5% más eficiente.

Resultados del sistema en Anexo 3.2.

7.1.5 Viabilidad

Tras presentar esta solución a Hanna, la viabilidad de dicha restructuración es posible, pero no conveniente para la empresa. La mánager me ha confirmado que esta distribución

había estado presente en años anteriores, pero se cambió a la distribución actual porque el menú *Street Food* en la fila izquierda, juntamente al menú *Rohee*, genera mayores beneficios económicos para Juvenes OY que si se coloca en la fila derecha con el menú *Halpa*, que recibe un número menor de clientes.

Podemos afirmar entonces, que la solución presentada es más eficiente, pero no rentable económicamente para la empresa, puesto que reducen beneficios. Además, el tiempo medio de servicio por cliente se vería reducido tan solo en 2,5%, por lo que no compensa a la empresa aplicar la solución presentada.

7.2 Solución 2: Aislamiento de los servidores de ensalada

La segunda solución consiste en cambiar de sitio la zona de servicio de las ensaladas. Tanto del lado izquierdo como el lado derecho.

Este cambio lo sustento en dos motivos. El precio del menú se basa únicamente en el plato principal, independientemente de cuánta ensalada coges, si es que coges. Por lo tanto, la zona de servicio que aporta valor al restaurante es la que contiene los menús. Además, no hay diferencia entre la ensalada del lado izquierdo y la del derecho, por lo que todo el mundo puede servirse la misma salada independientemente del menú que elija.

Extrayendo la zona de servicio de las ensaladas fuera, y colocándolas en el medio de cada zona de mesas, obtenemos dos ventajas:

- 1- Mayor velocidad de servicio. Ya que los usuarios se pueden servir en ambos lados, por lo que la capacidad del servidor se multiplica por dos. Manteniendo dos zonas de servicio, esto implica que, en vez de poder servirse 4 personas a la vez en todo el sistema, lo pueden hacer 8.
- 2- Además, reducimos la cantidad de gente que pasa por el servidor, ya que no todo el mundo quiere servirse ensalada todos los días, por lo que, aunque sea una pequeña reducción, ya estamos evitando gente que tenga que pasar por dicho servidor si no quiere servirse, asistiendo únicamente la gente que quiera servirse la ensalada.

De esta forma, el tiempo de servicio antes de pagar se reduce considerablemente, la eficiencia sirviéndose ensalada también mejora, y el restaurante obtiene exactamente el

mismo valor.

7.2.1 Descripción del sistema

Como se puede ver en el gráfico XXXIV, una de las zonas de ensalada se colocaría en la zona central de la primera zona de mesas, mientras que la segunda se colocaría previamente a la zona de buffet secundaria, con un determinado espacio delante, de manera que si ese servidor se pone en funcionamiento, haya gente que pueda servirse la ensalada sin pasar por éste, y pueda ir directamente a la mesa.

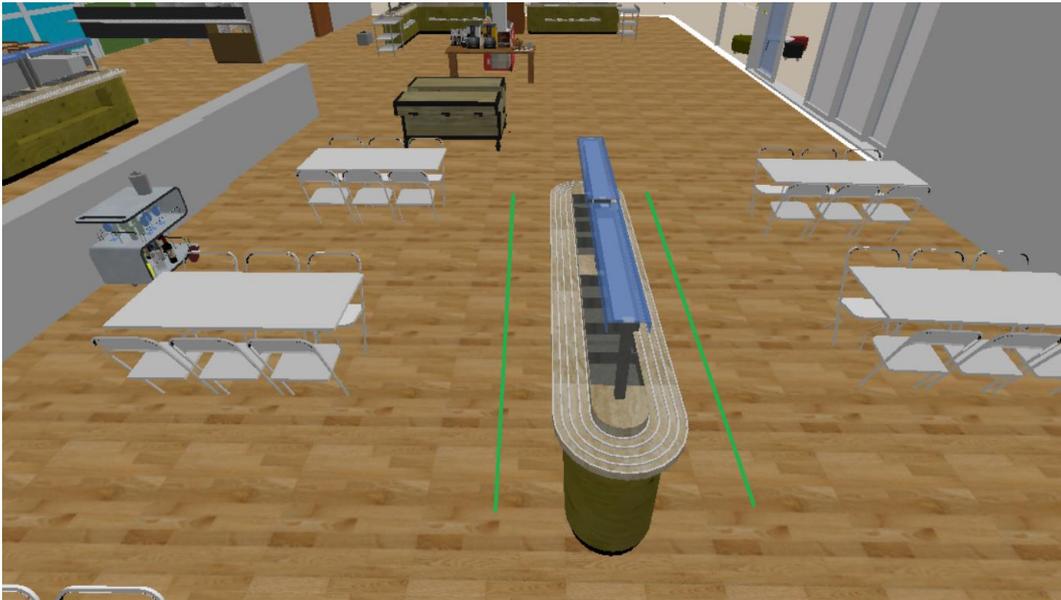
Gráfico XXXIV: Zona del buffet solución 2



Fuente: Modelización propia en software Simio

Como se puede apreciar en el gráfico XXXV, los usuarios pueden servirse sobre las líneas verdes, mientras que con el layout actual uno de los lados está totalmente inutilizado, por lo que mejoraríamos la eficiencia.

Gráfico XXXV: Zona de ensalada solución 2



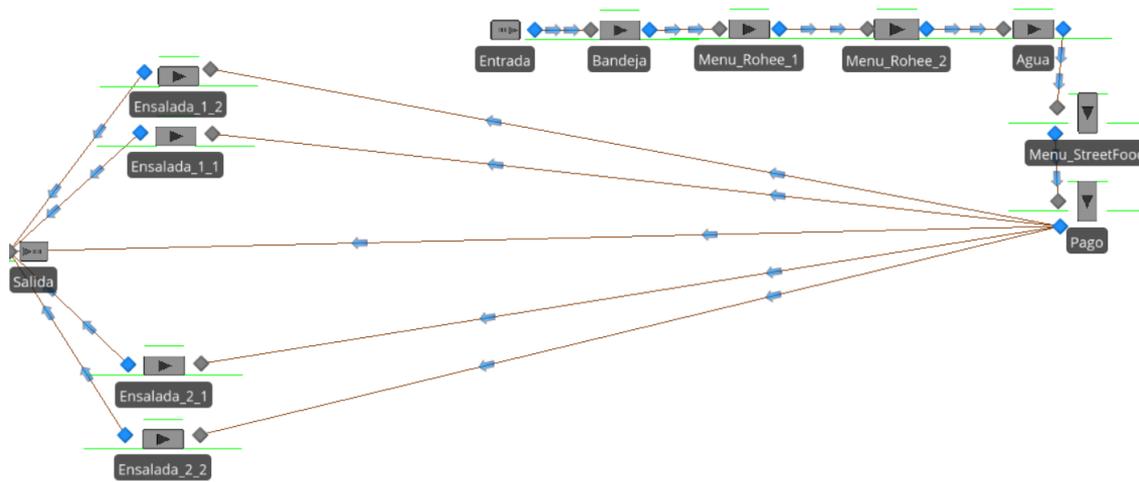
Fuente: Modelización propia en software Simio

7.2.3 Lógica SIMIO

Como podemos ver en el gráfico XXXVI, el layout ha cambiado considerablemente. Se ha extraído la zona de ensalada, y se han habilitado dos zonas de ensalada con servicio paralelo en cada zona de mesas. De esta forma, la cola principal se hace tan solo para coger la bandeja, servirse el menú, el agua, y pagar. Una vez pagado, aquellos clientes que quieren servirse ensalada se dirigen hacia una de las zonas habilitadas para ello.

Según la encuesta realizada (ver anexos 2), el 90% de los clientes se sirven ensalada entre 3-5 días, mientras que sólo un 10% se sirve 2 o menos, por lo que, en la lógica de la actual simulación, un 10% de los clientes abandonarían el sistema al pagar, sin pasar por la zona de ensaladas. El 90% restantes, están conectados entre el servidor de pago y el de ensalada por un “path” en vez de “connector” como todos los otros servidores. Este cambio lo ha realizado ya que asigno a cada camino la misma probabilidad (22,5%) de que un servidor acabe en él, en vez de forzar que una entidad vaya directamente al siguiente servidor como pasa en la zona de menús.

Gráfico XXXVI: Proceso de la segunda solución



Fuente: Software Simio

A la hora de decidir entre el menú *Rohee* o *Halpa*, he mantenido el mismo proceso que con el layout actual (gráfico XXX), ya que los dos menús se conservan en la misma línea y el número de personas que servirán cada uno será el mismo.

La distribución de tiempos es exactamente la misma que la primera solución por cada servidor.

7.2.4 Análisis de resultados

Los resultados en Simio con el cambio de layout previamente explicado muestran que el tiempo medio de servicio se vería reducido a 3,86 minutos, por lo tanto, un 25,77% más eficiente.

Resultados del sistema en Anexo 3.3.

7.2.5 Viabilidad

Acorde con Hanna, esta solución es viable en lo que respecta a distribución y económicamente para la empresa, ya que no supondría ninguna reducción de ingresos, y seguramente el aumento de la satisfacción del cliente incrementaría ventas a largo plazo, pero no se puede realizar por obligaciones del restaurante con el estado finlandés. ¿En qué consisten estas obligaciones? Según la mánager, cada pocas semanas, asisten al

restaurante de la universidad un grupo de alumnos en edad de educación primaria, a los que obligan a comer saludable y servirse ensalada. Por este motivo, el estado les obliga a tener la zona de ensalada en la misma zona de cobro que las/los cajeros, que deberán encargarse de controlar que cada niño se sirva ensalada.

7.3 Solución 3: Cambio de layout con servicio en paralelo

La tercera solución es la que supone un cambio más radical. Un cambio total de layout, en una zona diferente del restaurante, y la que supone, por lo tanto, una mayor inversión económica debido a la necesaria instalación de cables para el funcionamiento de los servidores, así como mover la fuente de agua.

7.3.1 Descripción del sistema

Esta solución busca mejorar la eficiencia del sistema aprovechando ambos lados de los servidores tanto en la zona de ensaladas como en la de menús. De esta forma, de forma paralela, la capacidad de los servidores se multiplica por dos, reduciendo los cuellos de botella.

Esta solución aumentará el tiempo de procesamiento del servidor pago (la o el cajero/a), ya que le podrán llegar incluso 4 clientes al mismo tiempo. Esto es posible hacerlo ya que actualmente el % de tiempo que invierte el cajero en cobrar es tan solo un 30% + el porcentaje del lado derecho de la cola (fuera de estudio), por lo que dispone de una notoria cantidad de tiempo para cobrar a más clientes. Además, al tener dos cajas, los menús de *Rohee* y *Street food*, y otro para *Halpa*, puede incluso cobrar a dos clientes a la vez, provocando la espera de sólo dos en un supuesto caso de llegada de 4 a la vez. Raramente pasará alguna vez esto, ya que los clientes tardan más en servirse en un servidor de lo que tardan en pagar, de ahí que el cuello de botella lo provoquen ellos mismo con su autoservicio en los servidores en vez de pagando en la caja, y se pueda aprovechar esta “ineficiencia” de la cajera para aumentar su cantidad de trabajo.

Gráfico XXXVII: Nueva distribución solución 3



Fuente: Modelización propia en software Simio

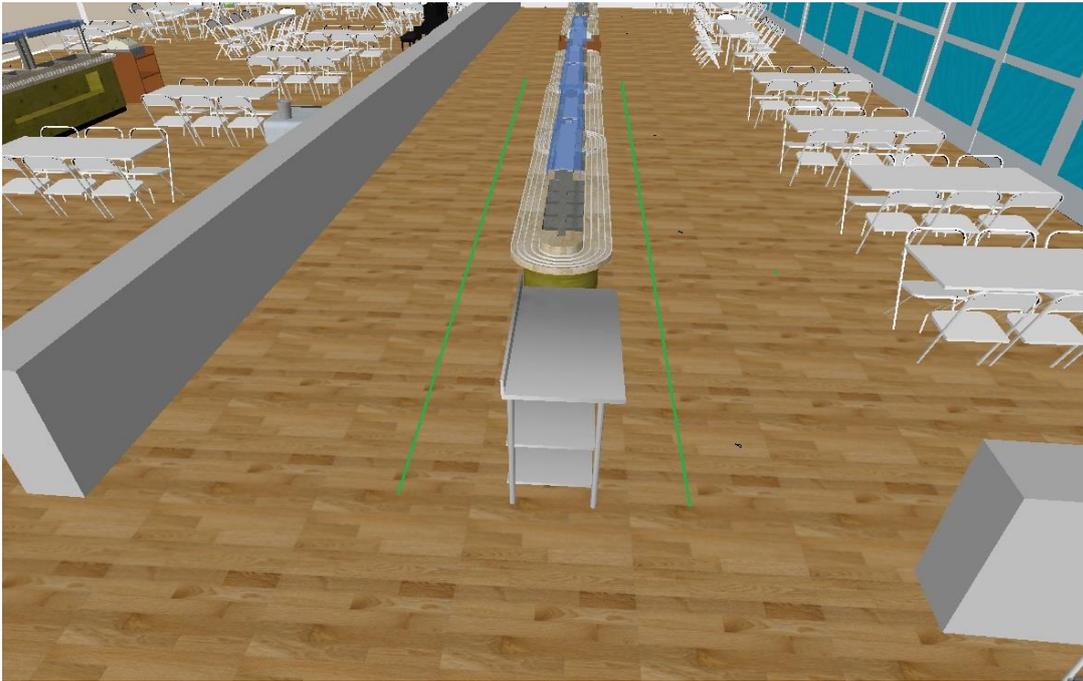
La distribución que se puede apreciar en el gráfico XXXVII muestra como he colocado la zona principal de buffet en la segunda zona de mesas, y el secundario en la primera. Dentro de la zona principal, donde se encuentra la cajera o cajero en la zona central, la distribución consiste en:

- Lado izquierdo de la imagen y cajera/o: menú *Halpa*
- Lado derecho de la imagen y cajera/o: menú *Rohee* y *Street food*

El buffet principal se ha colocado en la zona de mesas del fondo para tener la cola principal lo más alejada posible de la zona de puertas, puesto que puede provocar atascos en la puerta, impidiendo la entrada y salida de clientes. Por lo tanto, la cola empezaría en la línea roja y saldría por la puerta, como sucede en la actualidad, sólo si se llega al extremo de tanta aglomeración de colas. En caso de cola también en el buffet secundario, el restaurante cuenta con 4 puertas, como se puede apreciar en la imagen, por lo que se podrían habilitar más para la facilitación de la fluidez de gente.

La distribución actual, como he comentado y se puede ver en la siguiente imagen, permite el servicio en paralelo de los clientes.

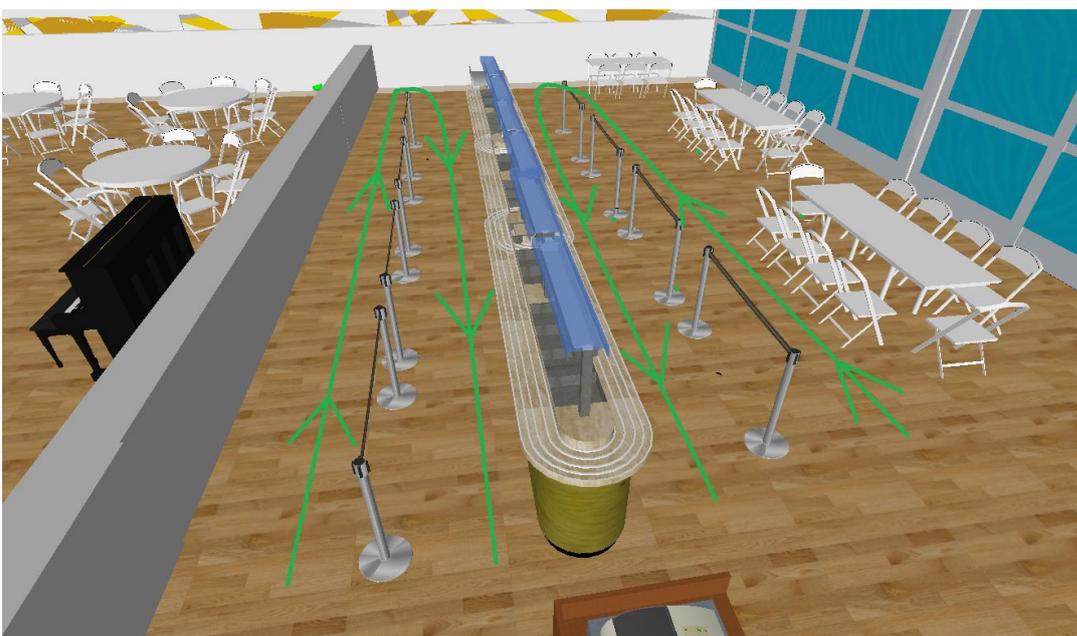
Gráfico XXXVIII: Zona de buffet paralela solución 3



Fuente: Modelización propia en software Simio

La zona de menú *Halpa* se encuentra en la zona posterior del restaurante, por lo que la cola podría suponer un problema. Aunque no se forma cola por norma general, y con un sistema de servicio paralelo menos debería suceder, una posible solución a este problema sería instalar separadores como estos:

Gráfico XXXIX: Separadores menú *Halpa* solución 3



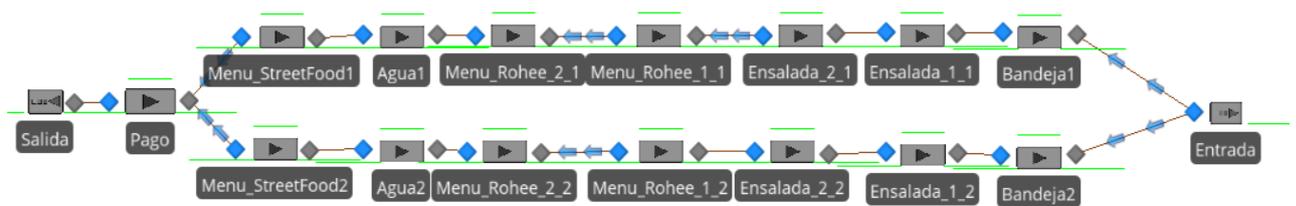
Fuente: Modelización propia en software Simio

Una vez los clientes terminan de servirse y llegan a la esquina del servicio justo al lado derecho u izquierdo de la cajera, deberán esperar a que esta le cobre. Se puede dar el caso de que le lleguen 4 clientes a la vez. Difícil, pero posible. De estos 4 puede cobrar a dos prácticamente de manera simultánea, ya que hay que recordar que dispone de dos cajas preparadas para cada lado del servicio, por lo que difícilmente provoque ningún cuello de botella, ya que los tiempos de servicio posteriores por cada cliente en los respectivos menús son superiores a los que puede tardar la cajera/o en cobrar.

7.3.3 Lógica SIMIO

A continuación, muestro la lógica de la tercera y última solución. Igual que en las otras, esta consiste únicamente en la zona de menús *Rohee* y *Street food*; los que producen las mayores colas. A la izquierda del gráfico XL habría otros servidores colocados de manera exactamente igual, pero con orden inverso, empezando por la zona izquierda la bandeja y terminando la derecha en el pago, que sería el mismo servidor que podemos apreciar en el gráfico (aumentando a capacidad 2).

Gráfico XL: Proceso de la tercera solución



Fuente: Software Simio

Los clientes de entrada se distribuyen de manera igual (50%) entre la bandeja 1 y la bandeja 2, que contiene respectivamente cada lado de los servidores, a través de un camino llamado path, que nos permite aplicar esta opción de distribución a 50% de probabilidades.

Cada bandeja (1 y 2) tiene un *input buffer*⁴ de capacidad infinita. Posteriormente, todos

⁴ Con input buffer nos referimos a la capacidad de cola de entrada al servidor.

los servidores están conectados igual que en las soluciones anteriores, mediante *connectors* y capacidades de cola de 0, de manera que el cliente sólo puede avanzar si el servidor de delante está vacío, y provocando así los cuellos de botellas correspondientes, que en este caso son menores debidos a la distribución de clientes en cada lado de los servidores para su servicio en paralelo.

El único servidor que tienen en común los clientes que van por un lado o por el otro del sistema es el de pago, donde el cajero cobra a todos los clientes, por lo que, si un cliente ha llegado antes que otro en un tiempo posterior a su servicio, el último deberá esperar.

Los tiempos de cada servidor se mantienen igual que en las soluciones anteriores.

7.3.4 Análisis de resultados

Los resultados en Simio con el cambio de layout previamente explicado muestran que el tiempo medio de servicio se vería reducido a 3,35 minutos, por lo tanto, un 35,6% más eficiente.

Resultados del sistema en Anexo 3.4.

7.3.5 Viabilidad

Esta solución es totalmente viable en todos los aspectos. Además, es con diferencia la que más reduce la cola, con una notoria mejora de la eficiencia.

El restaurante será reformado en verano de 2020, ampliando en un 40% su capacidad, y esta solución será presentada a la empresa Juvenes OY por Hanna para su consideración, tras considerarla muy válida para su implementación.

Con una mayor capacidad y una mejora en la eficiencia del sistema, el aumento de la satisfacción del cliente es un factor positivo que puede proporcionar resultados positivos a largo plazo que ayudarán a la recuperación de la inversión.

8. CONCLUSIONES

Tras finalizar este proyecto, creo más que nunca lo positivo que es observar lo que nos rodea, y plantearnos el por qué de las cosas. Estamos acostumbrados a vivir situaciones cotidianas que nos parecen normales, como las colas, sin pararnos a pensar si podrían evitarse o mejorarse.

He aprendido muchísimo de este trabajo en todos los ámbitos. Empezando por la metodología empleada, donde la capacidad analítica ha influido más que nunca. Siguiendo por el proceso de aprendizaje del software Simio, una herramienta que me parece muy potente y útil y que ahora mismo sabría aplicar a muchísimos procesos de diferentes sectores. Y terminando por la organización de los tiempos y resolución de problemas, una de las cosas más difíciles de gestionar a lo largo del proyecto.

La realización de este trabajo me ha hecho darme cuenta de la cantidad de conceptos aprendidos durante la carrera, y habilidades tanto empresariales como tecnológicas que me han convertido en una persona analítica.

Aunque el caso estudio ha sido aplicado al sector de la restauración, los conocimientos y metodología utilizados se podrían aplicar prácticamente a cualquier sector.

En lo que respecta al proyecto en sí, tras realizar el estudio, ha quedado demostrado mediante la encuesta, que la satisfacción de los usuarios aunque no es completamente negativa, tampoco muestra signos positivos, lo que sustenta la mejora de los procesos del restaurante para fomentar un cambio en esta satisfacción. La insatisfacción del cliente puede resultar un coste muy grande para la empresa en caso de ir a peor, por lo que conviene siempre ofrecer el mejor servicio posible al cliente.

Además, también ha quedado demostrado los importantes cuellos de botella que se forman en los servidores con la distribución actual, ya que el tiempo medio en servicio de un usuario se encuentra en 7,2 minutos mientras que el tiempo de servicio de un usuario sin cola se sitúa entre los 1,8 y 2,8 minutos.

Las tres soluciones presentadas suponen una mejora en la eficiencia del sistema. Ahora bien, tras el estudio de la viabilidad, se deben descartar las soluciones 1 y 2 por un impacto económico negativo en la empresa y por problemas con el gobierno finés respectivamente. Por contra, la solución 3 (cambio de layout a servicio en paralelo), no

sólo es viable, sino que óptima, ya que es la solución que reduce en un mayor porcentaje el tiempo medio en el sistema por usuario sin ningún impacto negativo en los resultados económicos de la empresa en lo que respecta a ventas, y cumple las obligaciones del restaurante en cuanto a distribución de servidores con el gobierno finés.

Por lo tanto, como conclusión final, puedo confirmar la ineficiencia actual del sistema de restauración de Mathilda, y propongo un cambio de layout (apartado 7.3), que supondría una mejora de un 35,6% en el tiempo medio en el sistema por usuario.

9. BIBLIOGRAFIA

Libros electrónicos:

García Sabater, J. (2015). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*.

[online] Personales.upv.es. Disponible en:

<http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/teoriadecolasdoc.pdf>

Artículos electrónicos:

Ferrer, V. (2019). ▷ Teoría de colas - Definición y ejemplos. [online] Vicent Ferrer.

Disponible en: <https://vicentferrer.com/teoria-de-colas/> [Accedido 5 Jun. 2019].

Diccionarios:

Anon, (2019). [online] Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/layout/> [Accedido 1 Jun. 2019].

ANEXOS

1. MUESTRAS

He realizado dos tomas de datos diferenciadas:

1.1 Tiempo total de servicio

Es la muestra principal y más importante, donde mido todos los clientes que pasan de 11h a 13h y sus tiempos totales de servicio. Las muestras tomadas en el restaurante superan los 650 datos, por lo que para su fácil observación y evitar una cantidad innecesaria de páginas extra de anexos, he compartido el archivo Excel en un drive, donde se podrán verificar los resultados:

https://drive.google.com/file/d/16SAQWYS9Iqur_TVdj4pAU6txgzDYzfk/view?usp=sharing

1.2 Tiempos individuales de servidores

Esta muestra, realizada con el trabajo muy avanzado, para introducir en Simio los tiempos por servidor, está realizada durante el mes de junio (03/06/2019 y 04/06/2019), cuando apenas quedan estudiantes, para así medir los tiempos que tardan en cada servidor del sistema sin más usuarios delante que formen cuellos de botella:

<https://drive.google.com/file/d/1bWzxUeS2xf4-uenVSsBu30IH7uAQDdG/view?usp=sharing>

2. ENCUESTA

La encuesta, realizada en inglés, ya que el target es estudiantes finlandeses y los estudiantes erasmus que comen en el restaurante, es la siguiente:

https://docs.google.com/forms/d/1O5O8qJd9ftcmgxsvZj15j4HouUDcf52bX8rTzS2zIkc/viewform?edit_requested=true

Gráfico XLI: Encuesta realizada a los usuarios de Mathilda

Mathilda's Service Survey

My name is Rubén Villar Casino, a Business and Information Technology student at the Autonomous University of Barcelona. I am developing my bachelor's degree final project about Mathilda's restaurant (Vaasan Yliopisto) process reengineering.

The purpose is the improvement of the queue's efficiency and customer satisfaction.

The survey takes less than half a minute and will be very helpful.

Thank you for your time!

What time do you usually have lunch in Mathilda?

- 10h-11h
- 11h-12h
- 12h-13h
- 13h-14h

How often do you take salad or fruit in a week?

- 0
- 1 day
- 2 days
- 3 days
- 4 days
- 5 days

Which is your grade of satisfaction with Mathilda's queue?

- Very bad
- Bad
- Normal
- Good
- Very good

SUBMIT

Fuente: Google Docs

3. RESULTADOS SIMIO

A continuación, muestro los resultados generales del sistema, que nos enseñan:

- Máximo y media de entidades en el sistema
- Tiempo mínimo, máximo, y medio de los usuarios en el sistema
- Cuántas entidades han recorrido la lógica en la simulación.

3.1 Lógica actual:

Gráfico XLII: Resultados del sistema con layout actual

Object Type ▲ ▾	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	ModelEntity1	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	6,4186
					Maximum	16,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Min...	5,1972
					Maximum (Mi...	10,5522
					Minimum (Min...	1,0246
Observations	148,0000					

Fuente: Software Simio

3.2 Solución 1 (eliminación del servidor *Street food*):

Gráfico XLIII: Resultados del sistema con layout solución 1

Object Type ▲ ▾	Object Name ▲	Data Source ▲ ▾	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	ModelEntity1	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	6,2589
					Maximum	16,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Min...	5,0677
					Maximum (Mi...	10,5355
					Minimum (Min...	0,9672
					Observations	148,0000
			Throughput	NumberCreated	Total	149,0000
					NumberDestroyed	148,0000

Fuente: Software Simio

3.3 Solución 2 (aislamiento de los servidores de ensalada):

Gráfico XLIV: Resultados del sistema con layout solución 2

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	ModelEntity1	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,8734
					Maximum	13,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Min...	3,8615
					Maximum (Mi...	8,3490
					Minimum (Min...	1,6232
			Throughput	NumberCreated	Total	151,0000
					NumberDestroyed	Total

Fuente: Software Simio

3.4 Solución 3 (cambio de layout con servicio en paralelo):

Gráfico XLV: Resultados del sistema con layout solución 3

Object Type ▲	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲	Statistic ▲ ▾	Average Total
ModelEntity	ModelEntity1	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	4,8642
					Maximum	18,0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Min...	3,3546
					Maximum (Mi...	7,8354
					Minimum (Min...	0,6356
			Throughput	NumberCreated	Total	174,0000
					NumberDestroyed	Total

Fuente: Software Simio