

## Mejoramiento de tiempos de servicio a usuarios de laboratorios de una institución de educación superior

Mario Alberto Polendo Doménico<sup>1</sup>, Patricia Cristina Parroquín Amaya<sup>1</sup>,  
René Noriega Armendáriz<sup>1</sup>, Roberto Romero López<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

### Resumen

El contenido del presente trabajo, se centra en la problemática generada durante la atención a los usuarios de laboratorios de una institución de educación superior, específicamente en la caseta de atención donde se almacenan equipos, herramientas y materiales. Esta problemática involucra tiempos de servicio significativos que son en promedio dos minutos por alumno, y repercuten en la disminución del tiempo disponible para la realización de las prácticas de los alumnos. Existen diversas herramientas eficientes que son de gran utilidad para la resolución de todo tipo de problemáticas, una de ellas es la metodología DMAIC, ya que su efectividad ha sido demostrada en distintos rubros donde ha sido aplicada, pero si bien, la metodología DMAIC por si sola carece de ciertas herramientas, se vuelve más poderosa si es combinada con la simulación, ya que al fusionarse, se permite un mejoramiento en el desempeño de los sistemas, y se evita la realización de experimentos en los sistemas reales, los cuales se pueden generar mediante un modelo simulado. Es por ello que para la solución de la problemática descrita anteriormente, se hizo uso de la metodología DMAIC-SIM, en la que, siguiendo cada una de sus etapas y generando modelos simulados mediante el software de simulación Flexsim, fue posible el análisis del sistema de colas, así como el análisis de los escenarios actuales y propuestos dentro del almacén, con la finalidad de minimizar los recorridos desde la ventanilla de atención hasta los puntos de almacenamiento, este acortamiento en las distancias impactó en una reducción del 50% en los tiempos de servicio. Estos resultados son presentados en el presente trabajo.

**Palabras clave:** Seis Sigma, DMAIC, Simulación, Flexsim, Teoría de colas

### Introducción

A través del tiempo se han utilizado diversas técnicas y metodologías, en la búsqueda de soluciones a problemáticas identificadas dentro de los procesos tanto productivos como en los servicios. Una de estas herramientas se basa en el concepto de Seis Sigma introducido por la empresa global Motorola en la década de los 80's, la cual es una metodología enfocada a la mejora continua de cualquier proceso que las organizaciones lleven a cabo. Dicha

metodología se basa en una secuenciación de pasos o etapas conocido como DMAIC por sus siglas en inglés, que es un proceso que se encarga de Definir, Medir, Analizar, Mejorar (*Improve*) y Controlar (Arnheiter & Maleyeff, 2005); además de que hace uso intensivo de herramientas y métodos estadísticos avanzados, a través de los cuales es posible disminuir o eliminar los defectos en los productos o servicios, lo que conlleva a la obtención de

excelentes resultados en el desempeño organizacional (Mendoza & Mendoza, 2005). Debido a su facilidad de aplicación y a los beneficios que ofrece, a inicios de la década de los 90's, empresas como Allied Signal y General Electric, adoptaron esta metodología.

Por otra parte, la simulación ha tenido diversas aplicaciones en los diferentes campos, especialmente en aquellos casos en que sería demasiado costoso experimentar en la práctica (Ariza, 2010). Según (Eroles, 2013) el modelado mediante simulación es una técnica muy flexible y, en general, de fácil aplicación. Es potente, ya que sus modelos no requieren las simplificaciones asumidas al trabajar únicamente con técnicas analíticas. Obtener información de un modelo de simulación suele ser más fácil que hacerlo del sistema real.

Siempre se ha considerado que la simulación de eventos discretos es una de tantas otras herramientas usadas en un proyecto de mejoramiento, no obstante, la habilidad que la simulación posee de tomar en cuenta la

variabilidad y las interdependencias, de experimentar diversas soluciones alternativas de manera rápida y fácil, así como de ejecutar pruebas sin interrumpir los procesos, esto hace que la simulación sea una de las herramientas más significativas para el análisis y la mejora de sistemas y por consiguiente un aliado perfecto para DMAIC. Es por ello que, si el sistema a ser analizado resulta ser de gran complejidad y dinámico, es un candidato a usar una variante de DMAIC que utilice además un estudio de simulación. Además, si la mejora demanda de un sustento estadístico debido a tiempos largos y/o elevados costos de implementación, entonces es también candidata a usar una variación de DMAIC con simulación para realizar el análisis y la comprobación de la mejora (Ocampo & Pavón, 2012) La unión de estas potentes herramientas, hacen posible que se obtengan mejores resultados en la realización de proyectos de mejora, ya que lo que la metodología DMAIC pueda tener como deficiencia, con la simulación puede ser subsanada.

## Metodología

De acuerdo a (Ocampo, 2012), al realizar una comparación de las cinco fases que forman la metodología DMAIC y los siete pasos requeridos para efectuar un estudio de simulación, se equiparó la relación existente

entre ambas herramientas (Tabla 1), de ahí se desprende la metodología DMAIC-SIM, la cual puede ser utilizada en el estudio y diseño de sistemas, para evaluar alternativas de mejora y apoyo de los resultados de procesos mejorados.

DMAIC	SIMULACIÓN
1. Definición del problema.	1. Formulación del problema.
2. Medición del desempeño actual.	2. Recolección de información y definición de supuestos.
	3. Validación del modelo conceptual.
3. Análisis del sistema y determinación de causas.	4. Construcción (Programación) del modelo.
	5. Validación del modelo construido.
4. Mejoramiento del desempeño del sistema.	6. Diseño, conducción y análisis de experimentos.
5. Control y mantenimiento del desempeño.	7. Documentación y presentación de resultados.

Tabla 1. Fases DMAIC y su relación con un estudio de simulación.

Según este mismo autor (Ocampo, 2012), la metodología denominada DMAIC-SIM consta de los siguientes cinco pasos:

1. Identificación y definición del problema que debe resolverse.
- 2.- Construcción de un modelo del sistema para medir su desempeño.
3. Análisis del sistema mediante simulación para identificar causas que afectan su desempeño.
4. Exploración de escenarios para mejorar el desempeño del sistema.

5. Implementación del sistema para mantener y controlar la mejora.

De acuerdo a los pasos anteriores, los pasos 1 al 3 conforman la caracterización del sistema, esto es, identificar el problema a solucionar y definir el sistema a partir del cual se formularán las mejoras. Los pasos 4 y 5 se realiza la mejora y/u optimización del sistema, esto es la experimentación en el modelo tratando de descubrir la solución óptima al problema propuesto. Véase figura 1.

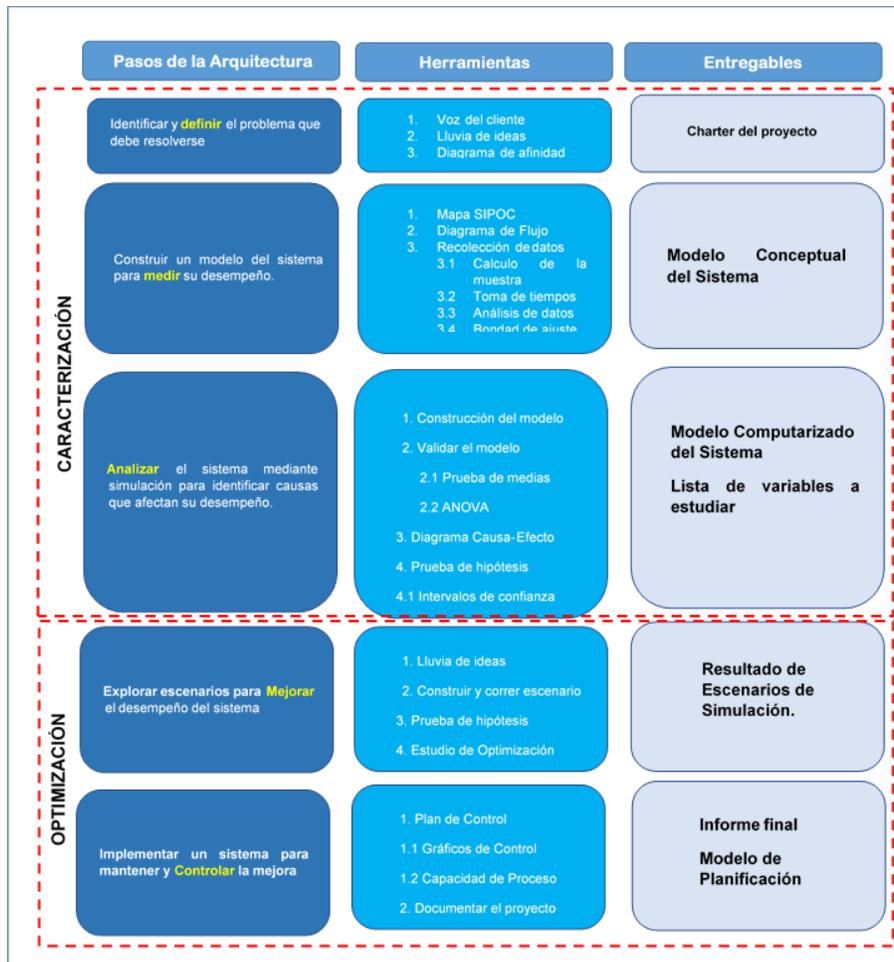


Figura 1. Arquitectura Integrada DMAIC-SIM

Para efectos del presente trabajo, lo que se realizó por cada etapa de la metodología fue lo siguiente:

### 2.1 Identificación y Definición del Problema.

En esta fase se realiza el carácter del proyecto, en el que se realiza la identificación y definición del problema a resolver, en este caso la problemática se centra en los tiempos de atención en el servicio, los cuales resultan prolongados para el cliente, lo que conlleva a

una insatisfacción. También en esta etapa se define el alcance del proyecto, para lo cual se realiza un Pareto de primer nivel y gráficos de barras, para determinar en qué turno y en que caseta enfocar el proyecto. Esta información es extraída de registros históricos de vales de préstamo y del control de horarios con el que se cuenta.

Posteriormente se identifican los clientes que hacen uso del servicio, para esto se realiza una tabla en la que se identifican los clientes y

cuáles son sus requerimientos. Por último se definen las características que son críticas tanto para el cliente interno como para el externo, estas características se conocen por sus siglas en inglés como CTQ'S (*Critical to Quality*). En esta parte se elabora una tabla en la que se definen las características críticas de calidad, la característica seleccionada a ser mejorada, y la manera en cómo será medida la característica de calidad.

## 2.2 Construcción del Modelo de Sistema y Medición del Desempeño.

Para poder realizar la construcción de un modelo de simulación, primeramente, es necesario efectuar un modelo conceptual, con la finalidad de visualizar la forma en cómo opera un determinado sistema. Aquí se elabora el diagrama SIPOC de nuestro proceso, una definición y un mapeo del mismo. Para posteriormente poder realizar un estudio de líneas de espera, se toman tiempos de servicio de dos servidores que se tienen para la atención, mediante experimentación, es decir, se toman los tiempos que se tomaría en atender lo solicitado en los vales previamente numerados de manera aleatoria, y determinados mediante un número de muestra de acuerdo a la ecuación 1, utilizando un 95% de confianza con un margen de error del 5%.

$$n = \frac{Z\alpha^2 * N * p * q}{e^2(N-1) + Z\alpha^2 * p * q} \quad (1)$$

Para los tiempos entre llegadas, estos se registran durante nueve días anotando la hora y la cantidad de clientes que arribaron al sistema. Para poder realizar la simulación del análisis de colas, es necesario determinar la distribución

que mejor ajusta tanto para los tiempos entre llegadas como para los tiempos de servicio, esto mediante Minitab® 17.

## 2.3 Análisis del sistema mediante simulación para identificación de causas que afectan el desempeño.

Para la realización del modelo de simulación, se utilizó el software Flexsim® versión 7.5.4, esto a partir del modelo conceptual generado previamente. Primeramente, se hace una simulación del sistema de colas, esto se realiza de acuerdo a las distribuciones de llegadas y distribuciones de tiempos de servicio de cada servidor. Se generan modelos sencillos en los que se utiliza un *Source*, el cual es la fuente donde se generan las llegadas de las personas que acuden a solicitar el servicio de laboratorios de acuerdo a la distribución de probabilidad de llegadas, un *Queue* el cual simula la fila de clientes, un *Processor*, que representa el proceso del servicio, el cual está determinado por los tiempos del mismo, y de acuerdo a la distribución identificada previamente, ya por último un *Sink* el cual representa la salida del sistema. Para por último generar las estadísticas correspondientes.

También se realiza el modelo de simulación para la distribución actual de cómo está localizada la estantería donde se almacena lo requerido por los alumnos, en este modelo se simulan los recorridos que realiza el servidor a través del almacén, para esto se utilizan de la librería del software: *racks*, *combiners*, *operators*, *sources*, *queues*, *network nodes* y *sinks*. Después de ser conectados entre sí estos elementos por medio de sus puertos, se corre el modelo para determinar si el comportamiento de la simulación es similar al sistema real. Ya por

último se valida el modelo construido para lo que se llevan a cabo las siguientes acciones:

1.- Se revisan las configuraciones a cada uno de los elementos que fueron incluidos en el modelo de simulación, cerciorándose de que los datos cargados fueran los del sistema real.

2.- Se realizan diversas corridas al modelo observando el comportamiento de la animación, y verificar si este va de acuerdo al sistema real.

3.- Se verifica que la variable de desempeño, en este caso el tiempo de atención al cliente fuera razonable y se aproximara al tiempo de servicio que se proporciona en el sistema real.

#### **2.4 Exploración de escenarios para el mejoramiento del sistema.**

En si la simulación no otorga por sí misma una solución tal cual a los problemas planteados,

sino que sirven como herramienta para evaluar las soluciones que se propongan, y así visualizar su comportamiento mediante la simulación del sistema real. Posterior al modelo del sistema real validado, es necesario, generar las propuestas que lleven a la solución del problema más adecuada, bajo un análisis construido sobre el modelo que ha sido previamente validado. Además, también se requiere hacer un análisis de las causas que están generando el problema, esto mediante un diagrama causa efecto.

#### **2.5 Implementación de un sistema para mantener la mejora**

En esta última fase del proyecto es necesario asegurarse que las mejoras que se han propuesto se puedan mantener dentro de las especificaciones señaladas, manteniéndolas a través del tiempo, es por ello que se crea un plan de control que sirva para mantener la calidad.

### **Resultados**

A continuación, se muestran los resultados de los análisis realizados de manera general, entre los cuales se encuentra un análisis del sistema de colas y el análisis del sistema de acuerdo a la configuración real del sistema, tanto actual como el de propuesta de mejora.

#### **3.1 Análisis de simulación del sistema de colas**

La simulación, se realiza mediante el software Flexsim®, de acuerdo a la figura 2, en este caso se simula el sistema de colas de acuerdo a la información resultante de la toma de tiempos de servicio y los tiempos entre llegadas, se trata de un sistema de una sola fila, con una disciplina FIFO y con dos servidores atendiendo simultáneamente mediante una ventanilla de atención.

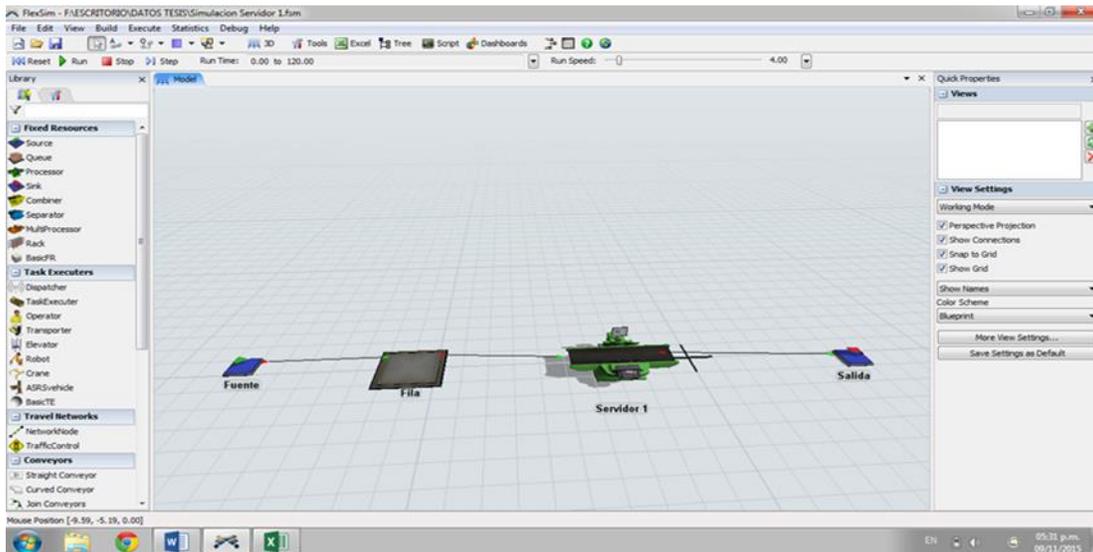


Figura 2. Modelo de simulación de sistema de colas para servidores 1 y 2

Se realiza una simulación y se corre el modelo a 120 minutos, que es el bloque de horas que se requieren para realizar una práctica, esto se realiza por cada uno de los servidores existentes para verificar su comportamiento de acuerdo a

la distribución de los tiempos de servicio previamente cargada en el software de simulación. Estos resultados son generados por el mismo software de acuerdo a las tablas 2 y 3.

Flexsim Summary Report											
Time: 120											
Object	Class	stats_input	stats_output	stats_staytimemin	stats_staytimemax	idle	empty	stats_staytimeavg	processing	stats_contentmin	stats_contentmax
Fuente	Source	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Fila	Queue	8	8	0	0	0	106.215179	0	0	0	1
Servidor 1	Processor	8	8	0.78293	6.117128	91.521063	0	2.116755	16.93404	0	1
Salida	Sink	8	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Tabla 2. Resultados de Flexsim servidor 1

Se puede observar de acuerdo a los resultados generados por el software de simulación, que el tiempo mínimo que un alumno espera para terminar de ser atendido por el servidor 1 es de 0.78293, el máximo tiempo es de 6.117128 minutos, mientras que el tiempo promedio en

que el servidor 1 atiende un alumno es de 2.116755 minutos. De acuerdo a la distribución de llegadas resultantes existe una llegada de 8 personas en el lapso de 2 horas que se corrió el modelo, y de acuerdo al tiempo promedio de atención se determina el tiempo total del

servicio, es decir, atender a las 8 personas consume un tiempo total de 16.93404, tiempo que representa el 14% del tiempo total, lo que se traduce a que el último alumno en ser atendido empieza su práctica después de los 16 minutos que conlleva a un acortamiento del tiempo que tiene disponible. También de los resultados generados se observa el tiempo en el que el servidor 1 se mantiene desocupado esto es

91.521063 minutos que representa el 76.26% del tiempo en que se corrió el modelo, en el cual no está proporcionando más servicios. De la misma manera que se realizó para el servidor 1, se hace el mismo procedimiento para el servidor 2, proporcionándole en esta ocasión al software la distribución de los tiempos de servicio del segundo servidor, generándose la siguiente información contenida en la tabla 3.

Flexsim Summary Report  
Time: 120

Object	Class	stats_input	stats_output	stats_staytimemin	stats_staytimemax	idle	empty	stats_staytimeavg	processing
Source2	Source	0	8	0	0	0	0	0	0
Queue3	Queue	8	8	0	0	0	106.215179	0	0
Processor4	Processor	8	8	0.867857	6.003135	91.270159	0	2.151942	17.215539
Sink5	Sink	8	0	0	0	0	0	0	0

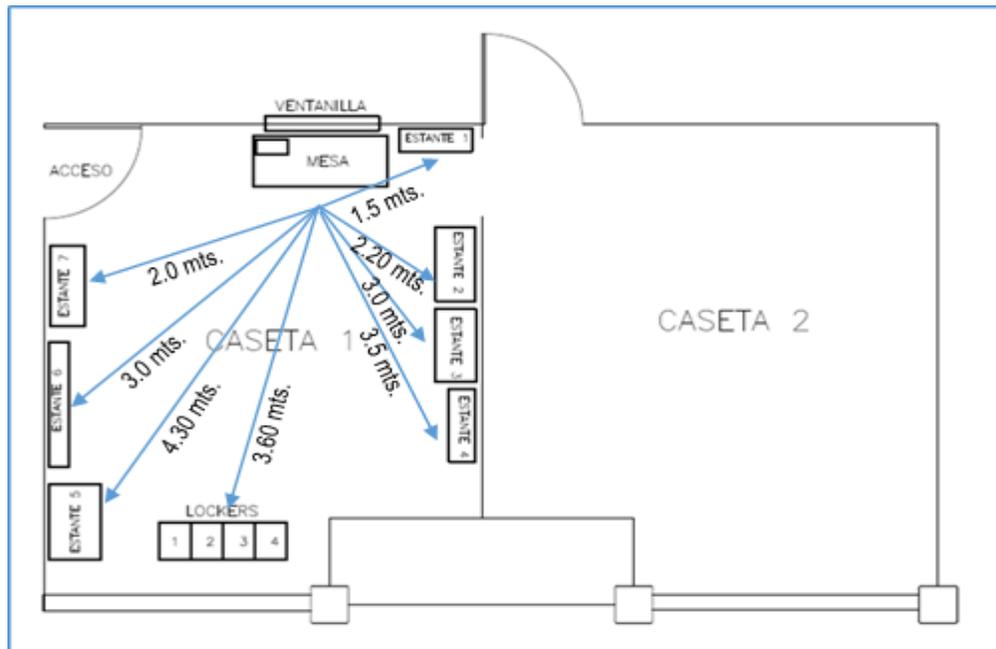
Tabla 3. Resultados de Flexsim servidor 2

De acuerdo a estos resultados se observa que el tiempo mínimo en que el servidor 2 atiende a un alumno es de 0.867857 minutos, el máximo tiempo es de 6.003135 minutos, mientras que el tiempo promedio es de 2.151942 minutos, que para atender a los 8 alumnos se consume un tiempo total de 17.215539 minutos, que representa el mismo tiempo de 14% con respecto al tiempo total en que se corrió el modelo de la misma manera que el servidor 1. También se observa el tiempo en el que el servidor ya no proporciona más servicios (desocupado) es de 91.270159 minutos, esto es el 76.06% del tiempo en el que se corrió el modelo. En cuanto al *queue* (fila) se observa que se tiene un tiempo de 106.215179 minutos desocupada, esto es el 88.51%. En este caso como se trata de un periodo de menor demanda, con un solo servidor es suficiente, y en los

periodos de mayor demanda se encontraran brindando servicio ambos servidores.

### 3.2 Resultados de Simulación de proceso de préstamos situación actual.

Después de colocar todos los elementos en el simulador, que intervienen en el proceso de préstamos de materiales, equipos y herramientas, es necesario correr el modelo en este caso de la situación actual, previo a esto es necesario conocer ciertos parámetros como lo es la velocidad del operador a la que se desplaza, en este caso, se tomaron distancias hacia cada uno de los estantes (7 estantes y un conjunto de 4 lockers), las cuales se muestran en la figura 3, se toman tiempos al servidor y de acuerdo a las distancias antes mencionadas, se determina que el servidor se desplaza a una velocidad de 70 metros por minuto, es decir, a 1.16 metros por segundo.



Este modelo se construye en el simulador, de acuerdo a la configuración del sistema real actual, en el que se le configuran a las rutas que seguirá el servidor los porcentajes a los que se acude a cada uno de los estantes, esto en base a un análisis previamente realizado, también se le configuran las distancias actuales, desde la ventanilla de atención hasta cada uno de los estantes. Según los resultados, arroja que un alumno puede ser atendido por cualquiera de los

servidores, en un tiempo promedio de 2 minutos. Posteriormente este modelo se valida corriéndolo a 16 minutos que son los que se demora en atender a la totalidad de los alumnos que llegan de acuerdo a la tasa de llegadas resultante del análisis de colas, efectivamente y por lógica, 8 alumnos son atendidos en el tiempo antes mencionado. Esto se puede observar en la figura 4.

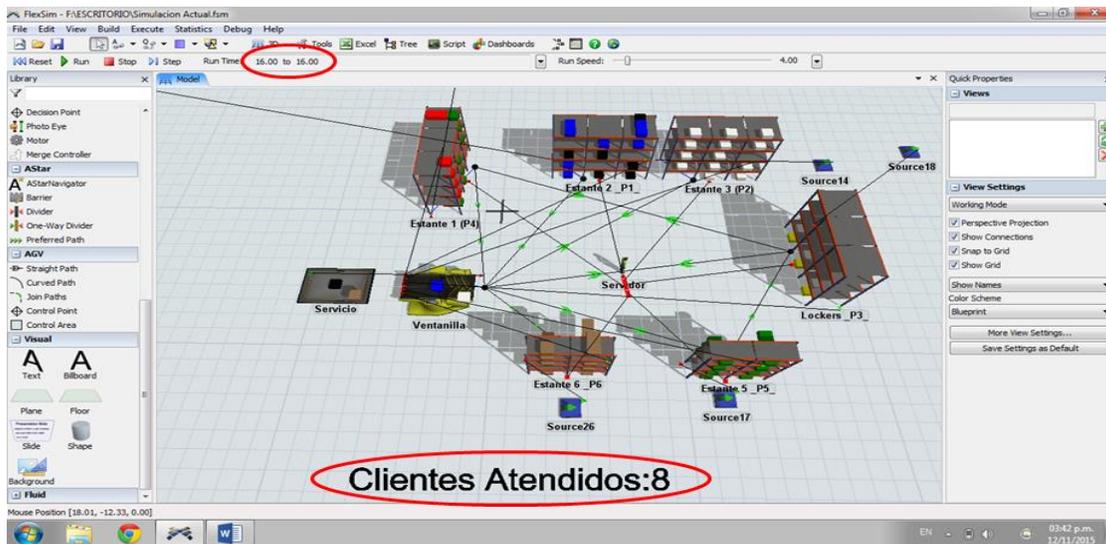


Figura 4. Corrida de modelo para validación y verificación

Ya en la fase de resultados de la exploración de escenarios para el mejoramiento del desempeño del sistema, se analizan las causas que están ocasionando tiempos de espera prolongados en ventanilla y se tienen los siguientes resultados:

En cuanto a la habilidad del servidor, se analizó en la etapa de medición, y se determinó que no hay diferencia significativa entre un servidor y el otro, ya que los tiempos de servicio de ambos no difieren significativamente y da lo mismo cual servidor proporcione el servicio. Para la cantidad de servidores de acuerdo al sistema de colas analizado, con un solo servidor es suficiente y solo en los periodos de mayor demanda proporcionarían el servicio ambos servidores. Para la cantidad de material solicitado depende de las prácticas que los docentes programen las cuales pueden variar en contenido, y para los grupos grandes que requieren servicio, esto depende del área

académica que conforma los grupos de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando. En cuanto a las distancias recorridas, se observa que los estantes donde se almacena el material, equipo y herramientas, se encuentran retirados de la zona de atención, lo que involucra que el servidor tenga que realizar diversos recorridos durante la atención del servicio, y por lo tanto repercute en los tiempos de atención al cliente.

Derivado de esto, a partir del modelo de simulación validado, se procede a generar el modelo propuesto, ya con las mejoras formuladas y en el que se visualice un mejoramiento significativo para acortar los tiempos de servicio. Los estantes que se visualizan como 6 y 7, contienen elementos que no se usan de acuerdo a los registros que se tienen, por lo que se colocan en la parte de atrás en una especie de almacén temporal. Este modelo se muestra en la figura 5.



Figura 5. Modelo mejorado en Flexsim

De igual manera se corre el modelo a 16 minutos, teniéndose una salida de 15 clientes atendidos, esto es a razón de 1.066 minutos por servicio, por lo que con este modelo mejorado, se puede atender a casi el doble de clientes durante el mismo periodo de tiempo, es decir, el tiempo de servicio se reduce a la mitad, de acuerdo a la configuración del lay out que se propuso.

Para fines de control y aseguramiento de que las mejoras planteadas se puedan mantener en el tiempo, se sugiere implementar las siguientes acciones:

- Identificar con etiquetas de colores los estantes de acuerdo al nuevo acomodo, para una fácil localización.

- Si bien un solo servidor es suficiente para proporcionar un servicio menor a los dos minutos, es necesario asegurarse de contar con los dos servidores en los periodos de mayor demanda sobre todo a finales de semestre, para generar un servicio más fluido.

- Implementar mediante un formato en el que los docentes previamente realicen las solicitud de los kits de material a solicitar, para al momento de ser solicitados ya se encuentren preparados y así acortar aún más el tiempo de preparación.

- Mantener los estantes con los materiales, equipos y herramientas con mayor demanda a distancias cortas, que eviten los recorridos largos.

## Conclusiones y Recomendaciones

De los análisis previamente realizados se generar las siguientes conclusiones:

1.- Como se ha mencionado, un solo servidor es suficiente para brindar la atención, si se requiere reforzar esta atención, es posible utilizar los dos servidores simultáneamente, esto es, en los periodos de mayor demanda.

2.- Una reconfiguración del lay out de acuerdo a los análisis realizados a los equipos de mayor demanda, permite disminuir los tiempos de atención prácticamente al 50%, de acuerdo al modelo simulado, esto debido a que las distancias de los recorridos se acortan, e impactan directamente en el tiempo de atención.

De acuerdo a los datos obtenidos de la simulación realizada como parte de la

metodología DMAIC-SIM se recomienda lo siguiente:

1.- Que la parte que administra y genera las cargas de materias a los docentes, evalúe el tamaño de los grupos y evite al máximo la creación de grupos numerosos.

2.- Establecer estrategias por parte de los docentes, como por ejemplo la formación de equipos de trabajo, que eviten tener que proporcionarle material a cada uno de los alumnos.

3.- Crear un sistema automatizado de solicitud de material, equipo y herramienta, para agilizar el proceso de préstamos.

## Referencias

Ariza, A. L. (2010). Manual práctico de investigación de operaciones. Barranquilla: Universidad del Norte.

Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). LEAN SIX SIGMA FOR THE TWENTY-FIRST CENTURY. Northeast Decision Sciences Institute Proceedings.

Eroles, M. A. (2013). Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Mendoza, J. M., & Mendoza, J. J. (Octubre de 2005). Seis sigmas: Hacia la cumbre de la calidad. *Pensamiento y Gestión* (19), 101-117.

Ocampo, J. R. (2012). SAN PEDRO SULA, 44–79.

Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. LACCEI: Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, 1–10. Retrieved from <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>