

“MODELOS INNOVADORES DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA LA MEJORA DE PROCESOS”

Berardo Narella

Facultad de Ingeniería Química (FIQ)- UNL

Área: Ingeniería
Sub-Área: Industrial
Grupo: X

Palabras clave: Simulación, SIMIO, Optimización

INTRODUCCIÓN

La constante dinámica y la creciente competitividad que caracterizan a los ambientes industriales modernos ponen de manifiesto la necesidad de contar con mejores herramientas de soporte al proceso de toma de decisión en el nivel estratégico, táctico y operativo. Con este fin, en los últimos años ha surgido un creciente interés, tanto en la industria como en la academia, para el desarrollo de modelos avanzados de simulación de eventos discretos.

Las técnicas de simulación abarcan una amplia colección de métodos y aplicaciones que permiten imitar, evaluar y proyectar el comportamiento de sistemas complejos del mundo real. En particular, el área de simulación ha incrementado notablemente su popularidad y aplicación en los últimos años debido a los avances significativos logrados tanto en el área de computación como en el software de simulación. La disponibilidad de lenguajes de simulación de alto nivel orientados a problemas específicos, el uso de herramientas automáticas de análisis estadístico de datos y resultados y la posibilidad de recurrir a modos de visualización en dos y tres dimensiones han convertido a la simulación en una de las herramientas más populares para el análisis, diseño y evaluación de sistemas.

Con el objeto de llevar a cabo el desarrollo de herramientas basadas en modelos de simulación avanzados, se utilizará como caso de estudio un problema de dimensionamiento de un centro de urgencias.

El centro de urgencias brinda atención a pacientes con necesidades primarias sin turnos previamente solicitados. Los pacientes que ingresan a este centro son aquellos que no pueden esperar días por un turno y que a su vez no requieren tratamientos de emergencia.

En este problema, el centro de urgencias va a estar compuesto por un área de registro (tanto para el check in como para el check out), una sala de espera, una sala de evaluación donde se define la gravedad del paciente, y salas de exámenes o de procedimientos en donde los pacientes son atendidos. Por otro lado, el centro contará con enfermeras, recepcionistas, médicos clínicos, técnicos en diagnóstico por imagen, médicos traumatólogos, técnicos traumatólogos y asistentes médicos. Se atenderán 9 tipos de pacientes, los cuales irán a distintas salas, necesitarán de distintos recursos y se les darán distintos tratamientos. Además, cada tipo de paciente esperará a ser atendido un tiempo máximo (LWBS).

En este problema se busca determinar la cantidad de recursos médicos y la cantidad de salas necesarias para atender la demanda establecida.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es, por un lado, seleccionar el software de simulación que mejor se adecue a la complejidad del sistema a simular y estudiarlo para un buen manejo del mismo.

Por otro lado, el objetivo principal es simular el problema abordado y establecer en base a la simulación del mismo la cantidad de salas y de recursos médicos necesarios para operar un centro de emergencias, con el menor costo y un porcentaje de personas que se retiran antes de ser atendidos (%LWBS) menor al 10%.

METODOLOGÍA

En primera instancia se realizó la capacitación en metodologías y herramientas avanzadas de simulación discreta y continua, utilizando el software de simulación de eventos discretos Arena.

Con él se prosiguió a simular distintos sistemas para poder conocer su funcionamiento, como así también las herramientas que ofrece. Sin embargo, se presentaron diversas dificultades al trabajar con el mismo, por lo que se decidió investigar otros recursos.

Se llegó a la conclusión que el software que mejor se adapta a las especificaciones del sistema que se pretende simular es SIMIO.

SIMIO es un software de simulación de flujo de procesos por eventos discretos, basado en objetos y procedimientos, que permite representar todo tipo de situaciones de la vida real o del futuro. Dado que el mismo está totalmente orientado a objetos, ofrece una interfaz gráfica sencilla que hace que el aprendizaje de construcción de sistemas sea fácil y que cualquier persona sea capaz de entenderlo y de controlarlo.

Una vez definido el software a utilizar para la simulación, se prosiguió a estudiarlo y a utilizarlo para comprender su funcionamiento y sus tan detalladas funciones.

En una segunda instancia, se prosiguió a realizar el modelado del caso de estudio teniendo como base el software SIMIO y las herramientas que el mismo dispone. Gracias a la librería estándar que SIMIO ofrece, como así también a la posibilidad de crear procesos de lógica interna que representen procedimientos del sistema real, se pudo generar un modelo totalmente personalizado que refleja de forma precisa el funcionamiento del Centro de emergencias.

Una vez generado el modelo, se realizaron distintos escenarios variando la cantidad de recursos de cada tipo. Para cada escenario se establecieron, mediante un experimento, distintos sub-escenarios en donde se variaron las cantidades de salas de cada tipo.

Mediante el software SIMIO se realizaron 100 réplicas de cada sub-escenario para cada escenario. Así se obtuvieron los valores promedios, máximos, mínimos, intervalos de confianza (95%), etc., de los parámetros del sistema que sirvieron para el análisis y búsqueda de la mejor solución.

Una vez obtenidos los escenarios, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad de aquellos que se consideran factibles a través de diferentes parámetros de performance predefinidos (costos totales, %LWBS, % de utilización de los recursos, hora de salida de la última entidad, etc.). De este modo, se determinó la aptitud de la solución hallada y se seleccionó la alternativa de mayor viabilidad, que cumple con los objetivos propuestos y permite optimizar el funcionamiento general del centro de emergencia al mínimo costo.

RESULTADOS

Se logró seleccionar un software que se adapte a las especificaciones del sistema que se desea modelar. Se logró comprender el funcionamiento de SIMIO y establecer una gran performance para la realización de modelos altamente personalizados. Posteriormente, se generó el modelo de simulación que se aprecia en la *figura 1*, el cual describe el sistema del problema a resolver.

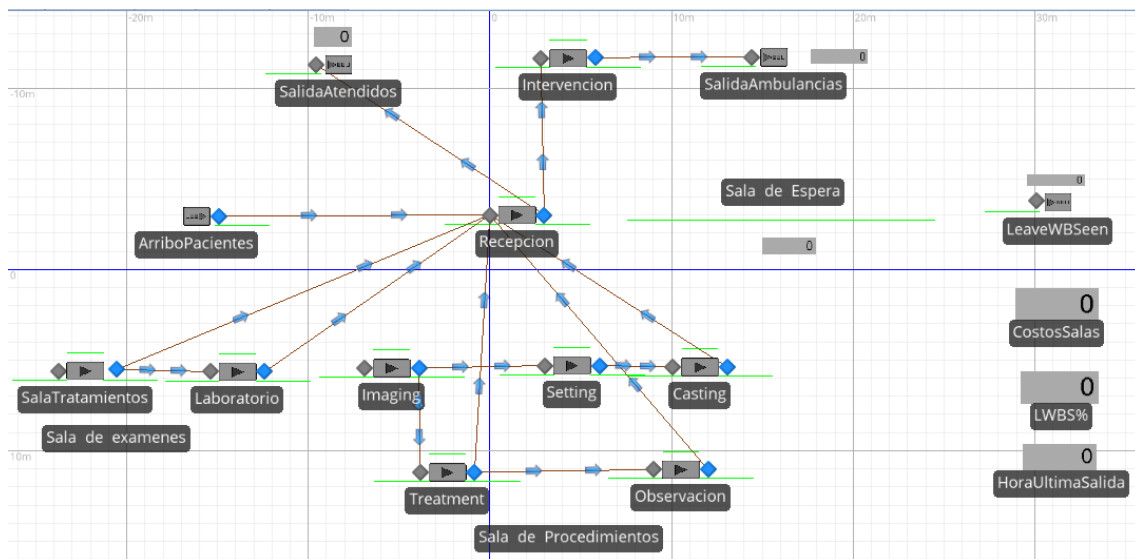


Figura 1: Modelo de simulación en SIMIO del centro de urgencias

Durante el modelado se plantearon algunas hipótesis que ayudaron en la resolución del problema; ellas son:

- Como mínimo debe haber 1 recurso de cada tipo en cada turno.
- Como mínimo debe existir 1 sala de cada tipo.
- El centro de emergencias cerrará como máximo a las 00 horas.
- No se tendrán en cuenta las horas extras ya que en las simulaciones la hora de cierre promedio nunca excede las 22hs.
- El periodo de simulación será de 1 día ya que no hay variación por día de la cantidad de pacientes que arriban al sistema.
- La sala de observación no se encuentra dentro de las otras salas, es una sala aparte con capacidad infinita.
- No se tiene en cuenta el acompañamiento de los pacientes por las enfermeras a las distintas salas ya que no existen datos de tiempos de traslados.

Finalmente, a partir del modelo realizado, se plantean las siguientes conclusiones acerca del centro de emergencias:

- Los recursos claves son "repcionista" y "Medico clínico".
- El %LWBS es función de la cantidad de recursos y de la cantidad de salas.

Para optimizar el sistema ($\%LWBS < 10\%$) y a su vez minimizar costos se necesitan:

- 5 salas de exámenes
- 3 salas de procedimientos
- 2 recepcionistas y 2 médicos clínicos en cada turno

1 enfermera, 1 técnico traumatólogo, 1 medico traumatólogo, 1 asistente médico y 1 técnico en diagnóstico por imagen en cada turno
 Con este escenario, los costos promedio son de 10.614 \$/día y el %LWBS es 9,26 %.

A continuación se encuentra la *Tabla 1* que resume los distintos escenarios planteados y sus resultados.

Tabla 1: Resumen de resultados

recursos	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7
repcionista	1A-1B	2A-2B	3A-3B	2A-2B	2A-2B	2A-2B	2A-2B
medico	1A-1B	2A-2B	3A-3B	2A-2B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
enfermera	1A-1B	2A-2B	3A-3B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
tecnico traumatologo	1A-1B	2A-2B	3A-3B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
tecnico diag por imagen	1A-1B	2A-2B	3A-3B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
medico traumatologo	1A-1B	2A-2B	3A-3B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
asistente medico	1A-1B	2A-2B	3A-3B	2A-2B	1A-1B	A-AA-B	2A-2B

tiene %LWBS < 10% ?	no	si	si	si	no	no	no
%LWBS < 10%		8,7	8,88	8,39			
minimo costo		14356,8	20412,6	11140,2			
cant salas examenes		4	3	3			
cant salas procedimientos		2	2	3			

recursos	Escenario 8	Escenario 9	Escenario 10	Escenario 11	Escenario 12	Escenario 13	Escenario 14
repcionista	2A-2B	2A-2B	2A-2B	2A-2B	2A-2B	2A-1B	2A-1B
medico	2A-1B	2A-2B	2A-2B	2A-1B	2A-1B	2A-2B	2A-2B
enfermera	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
tecnico traumatologo	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
tecnico diag por imagen	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
medico traumatologo	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B	1A-1B
asistente medico	2A-1B	2A-1B	1A-1B	2A-2B	1A-1B	1A-1B	2A-2B

tiene %LWBS < 10% ?	no	si	si	si	no	no	no
%LWBS < 10%		9,88	9,26	9,99			
minimo costo		10656	10614,3	11688,75			
cant salas examenes		3	5	5			
cant salas procedimientos		3	3	5			

Nota:

1 A = 1 recurso en el turno A 2 A = 2 recursos en el turno A
 1 B = 1 recurso en el turno B 2 B = 2 recursos en el turno B

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Andradóttir, S. A.**, 1998. Review of simulation optimization techniques. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- April J, Kelly J, Glover F, Laguna M.**, 2003. Practical introduction to simulation optimization. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.
- Musselman K.**, 1998. "Guidelines for Success" en "Handbook of Simulation. Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice". Banks J. Editor. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Naylor Thomas, Balintfy Joseph, Burdick Donald, Chu Kong.**, 1991. "Técnicas de simulación en computadoras"; Editorial Limusa. México.