

# Proyecto Integrador

## Simulación de Casos de eventos discretos.

Universidad Politécnica Salesiana  
[emorocho@est.ups.edu.ec](mailto:emorocho@est.ups.edu.ec)  
[candradev3@est.ups.edu.ec](mailto:candradev3@est.ups.edu.ec)

**Resumen—** El objetivo de este proyecto es apreciar de manera mas visual una simulación de eventos discretos haciendo uso de un software de simulación generando un modelo en el cual se observe cual es proceso que manejan las casas de salud para el tratamiento de los pacientes y su recuperación generando así tablas estadísticas que nos ayuden a tomar decisiones para mejorar dichos procesos.

### Introducción

Con el uso de software se puede llegar a modelar en los mismos una cantidad muy grande de eventos de la vida real, que nos ayuda a comprender de mejor manera cuales son las causas y sus posibles consecuencias. Podemos hacer muchos cambios en los mismo y así ver que el pasará sí al cambiar las variables o los actores en el proceso. Usaremos un modelo que nos permitirá ver el proceso de atención a los pacientes diagnosticados con Covid aplicándolo en Ecuador.

### I. CONCEPTOS BÁSICOS

1) Simulación: La simulación es el proceso de crear un modelo de un sistema existente o propuesto para identificar y comprender los factores que controlan el sistema o para predecir el comportamiento futuro del sistema.

2) Simulación de eventos discretos: La simulación de eventos discretos (DES) es un método para simular el comportamiento y el rendimiento de un proceso, instalación o sistema de la vida real.

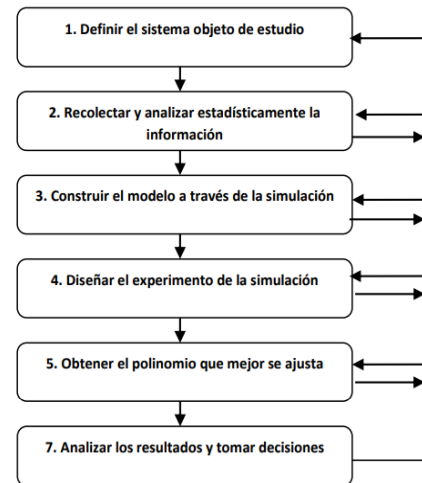
3) ProModel: es un simulador con animación y optimización para hacer modelos de simulación y optimizarlos. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, servicios, call centers, manejo de materiales, etc. Puede simular call centers, servicio al cliente, bandas de transporte, ensamble, corte, fundición etc. ProModel es un paquete de simulación que no requiere programación, aunque si lo permite. Corre en Windows y no requiere hardware especializado. Es la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para modelos complejos.

Puedes simular justo a tiempo, teoría de restricciones sistemas de empujar, jalar, logística, sistemas de servicio, atención a clientes, etc.

Metodología usada:

- Modelo Secuencial: Llamado algunas veces "ciclo de vida básico" o "modelo en cascada", el modelo lineal secuencial sugiere un enfoque sistemático, secuencial, para el desarrollo del modelo que comienza en un nivel de sistemas y progresa con el análisis, diseño, codificación, pruebas y mantenimiento.

Después de una breve introducción a ciertos conceptos que debemos tener en cuenta, se procederá a desarrollar la aplicación.



### II. DESARROLLO

#### 1. Procedimiento de trabajo

Para llevar a cabo un experimento de simulación - optimización se han desarrollado diferentes procedimientos, incluso algunos de ellos incluyen la fase de optimización. Todos estos procedimientos presentan un conjunto de pasos para realizar experimento de simulación, no existiendo contradicción entre ellos. Sin embargo, aunque en algunos se propone la inclusión de más de una medida de efectividad no

se hace uso de un método con enfoque multiobjetivo para resolver dicha situación.

## 2. Descripción detallada del problema

A medida que la pandemia avanza podemos observar que en algunas partes del mundo ha comenzado un rebrote el cual presenta una nueva amenaza para las instituciones de salud dentro de este proyecto analizaremos el proceso de recuperación por el cual pasan los pacientes al momento de haber contraído el virus observando el consumo de los recursos (humanos, camas, hospitales, ambulancias, respiradores, enfermeras y costo monetario).

- Se planea simular ante una llegada de varios pacientes con diferentes estados de salud y el sistema implementará una función de prioridad a los que presenten un estado grave de salud.

- Prueba rápida covid.
- Traslado al hospital más cercano.
- Evaluación del paciente
- Uso de reparadores
- Controles a los pacientes
- Aplicar medicamento

## 3. Recolectar y analizar estadísticamente la información (Paso 2)

- llegado de los pacientes (ambulancia)
- tiempo de atención primeros auxilios y valoración.
- Diagnostico.
- Planificación.
- Tiempo de asignación de los recursos necesario (cama y/o respirador).
- Evaluación posterior y controles rutinarios.

Detección de problemas de cuidados		Tratamiento de los problemas de cuidados		Evaluación de cuidados
Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Valoración	Diagnóstico	Planificación	Ejecución	Evaluación
Variables del cuidado	Diagnósticos de Enfermería	Resultados de Enfermería	Intervenciones de Enfermería	Variables. Indicadores

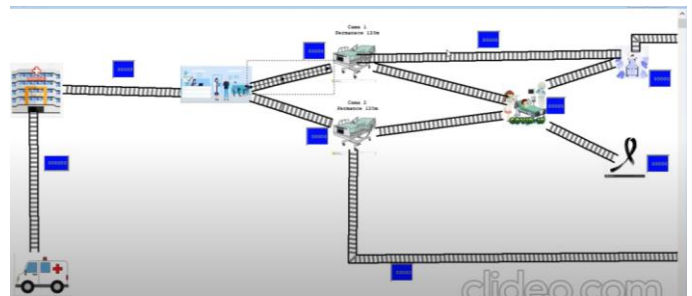
Fuente: e-Cuidados.com [software]. Madrid. Consejo General de Enfermería de España. [Citado mayo 2020]. Disponible en: <http://www.ecuidados.com> (9)

Variables	Distribución y tiempo(minutos)	Recurso
Llegada	Exponencial con $\mu = 2$	ambulancia
Tiempo de atención primeros auxilios y valoración.	Uniforme con A= 9 y B=11	enfermera
Diagnostico.	Uniforme con A= 3 y B=5	enfermera
Planificación.	Uniforme con A= 4 y B=5	Doctor
Asignación de recursos	Uniforme con A= 3 y B=5	enfermera

Evaluación posterior y controles rutinarios.	Uniforme con A= 15 y B=20	Enfermera, doctor
--	---------------------------	-------------------

## 4. Construir el modelo de simulación (Paso 3)

En el diseño del modelo de simulación es necesario definir los factores controlables que influyen sobre las variables respuestas determinadas, considerando el criterio de la directiva de la organización que se estudia y teniendo en cuenta las variables aleatorias, definidas anteriormente, quedando los factores y variables que siguen:  
Factores controlables



## 5. Diseño de experimento de la simulación (Paso 4)

A través de este paso se conoce la cantidad de corridas de simulación a realizar.

Para ello es necesario:

Seleccionar la longitud de la corrida: Atendiendo al régimen de trabajo se debe identificar si el sistema es con término o no. En este caso el sistema es con término considerando las 24 horas de trabajo.

Determinar la cantidad de corridas (réplicas) a efectuar. Para ello se propone utilizar la siguiente Ecuación.

$$n = n_0 \left( \frac{H_r}{H_d} \right)^2$$

donde:

$n_0$ : número de réplicas.

$H_r$ : es la semiamplitud del intervalo en la salida de la muestra.

$H_d$ : es la semiamplitud deseada del intervalo.

La variable independiente utilizada es la media del tiempo en el sistema por tipo de pacientes que es 5

Variable	media	N*
Pacientes graves	54.481	34.335

Pacientes estables	102.02	78
--------------------	--------	----

### 6. Obtener el polinomio que mejor se ajusta (Paso 5)

El objetivo de este paso es obtener las expresiones matemáticas, modelos lineales de mejor ajuste para la estimación de las variables respuestas a partir de la combinación de las variables predictoras significativas.

El estudio de variables del sistema para la obtención de los polinomios comienza con el análisis de correlación, utilizando como herramienta el coeficiente de relación lineal estimado de Pearson (rxy). En este caso se realiza el análisis de correlación para la cantidad total de clientes, el tiempo en el sistema para pacientes de la población y para los médicos y enfermeras, con todas las variables predictoras definidas. En la tabla 4 se muestran los resultados de la asociación lineal de estas, con la cantidad total de pacientes.

De manera general, el estudio de regresión lineal múltiple permitió definir las variables que tienen mayor aporte significativo sobre las variables respuestas, las cuales son para los tres modelos;

Operación...	
WAIT 10 minContadorAmbu = Entries(Loc2)	
WAIT 10 min	
WAIT 10 minContadorSEsp = Entries(Caminol)	
WAIT 20 min	
WAIT 10 min	
WAIT 10 min	
WAIT 120 minContadorCamal = Entries(Camal)	
Wait 120 minContadorCama2 = Entries(Cama2)	

### III. RESULTADOS DE ANÁLISIS OBTENIDOS.

Podemos observar que el simulado a determinado que un total de 1295 pacientes a sido atendido y han sido dados de alta luego de realizar el tratamiento de manera exitosa

Cuadro de indicadores			
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Op
Paciente	184,00	1.295,55	

También podemos apreciar que no se encuentra optimizado la atención y es algo que se refleja de manera real ya que la atención en los hospitales siempre es lenta además de que no existen los recursos suficientes para atender a todos los pacientes el uso de los recursos no es la óptima manera adecuada ya que para poder hacer un uso optimo de los mismos seria necesario



Al sistema estar completamente saturado incrementa la probabilidad de muerte en los pacientes dado que los mismos no son atendidos de manera oportuna.

### IV. OPINIÓN Y RECOMENDACIONES.

Me parece que el software es muy útil al momento de realizar la simulación de eventos discretos y aplicando valores probabilísticos para la toma de decisiones (camino) por otro lado nos vemos limitados por la cantidad de localizaciones que permite el programa usar en su versión para estudiantes o gratuita.

Se recomienda seguir el libro de simulaciones con ProModel para poder hacer un mejor uso de la herramienta guiarse de la documentación disponible para el mismo y hacer uso de la versión completa para tener más localidades.

### REFERENCIAS

- [1] BANKS, J., CARSON, J., NELSON, B., AND NICOL, D., (2000): Discrete – Event System Simulation. Editorial Prentice Hall, México
- [2] HARRELL, C., GHOSH, B., BOWDEN, R. (2010): Simulation using Promodel. Editorial McGraw Hill, México.
- [3] LAW, A. M., KELTON W. D. (2000): Simulation Modeling and Analysis. Editorial McGraw-Hill, México.
- [4] LIEBERMAN, G., HILLIER, F. (2006): Introducción a la Investigación de Operaciones, Editorial Prentice Hall, México