



SIMULACIÓN

Departamento de Cs. e Ingeniería de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Segundo Cuatrimestre de 2019



TRABAJO PRÁCTICO N° 4

SIMULACION DE MONTE CARLO

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA.

- Introduction to Simulation and Risk Analysis, J. R. Evans y D. L. Olson. *Capítulos 4 y 5.*

EJERCICIO. I. El proyecto de construcción de una planta consiste de 10 actividades cuyos parámetros de tiempo estimado de duración (en meses) y relaciones de precedencia se establecen en la siguiente tabla:

	Actividades	Mínimo	Más prob.	Máximo	Predecesoras
A	Diseño de la planta	9	12	18	Ninguna
B	Selección de la ubicación para la planta	2	8	12	A
C	Selección del vendedor	3	4	6	A
D	Selección del personal	1	3	5	A
E	Preparar el lugar de emplazamiento	9	12	16	B
F	Construir el generador de energía	12	18	21	C
G	Preparar los procedimientos operativos	3	5	8	C
H	Instalar el generador	4	4	5	E, F
I	Entrenar a los operadores	9	9	9	D, G
J	Obtener la licencia para operar	6	6	36	H, I

- Determine la media y varianza para cada actividad.
- Calcule el camino crítico sobre la base de los tiempos medios de duración de cada actividad. ¿Cuál es el tiempo estimado para la finalización del proyecto y su varianza?
- Calcule la probabilidad de que el proyecto sea finalizado en 44 meses.
- Desarrolle un modelo de simulación para este problema utilizando los tiempos dados en la tabla. Simule 500 réplicas utilizando Crystal Ball. Compare sus resultados con los obtenidos por el método analítico. Analice la sensibilidad de la variable de salida respecto de la duración de las distintas actividades. ¿Cuáles son sus conclusiones?
- Repita la simulación utilizando Crystal Ball asumiendo las siguientes distribuciones de tiempos de duración para cada actividad:

Actividad	Duración
A	Normal(12,2)
B	Normal(8,2)
C	Normal(4,1)
D	Normal(3,1)
E	Normal(12,1)
F	21 - Normal(3,1)
G	Normal(5,1)
H	Normal(4,5)
I	9
J	6 + exponencial(5)

Compare los resultados con los obtenidos en el inciso d).

EJERCICIO. II. Una planta industrial posee un equipo que genera en forma automatizada un producto que arroja una utilidad de \$6 por hora. La planta produce en forma continua todo el día durante 300 días por año. A lo largo de este período, la máquina sufre de fallas, ocasionando que deje de funcionar durante algunas horas mientras es reparada.

Las fallas pueden deberse a problemas mecánicos o eléctricos. En el caso de fallas mecánicas, una vez reparada la máquina, esta es puesta primero en funcionamiento en forma parcial, sin producir, a fin de lubricar las piezas y ajustar la nueva pieza. En cambio, cuando la falla es eléctrica, la máquina comienza a producir apenas termina de ser reparada. Se sabe que estadísticamente un 50 % de las fallas son mecánicas y 50 % de las fallas son eléctricas.

Asumiendo las siguientes distribuciones de probabilidad:

TIEMPO ENTRE FALLAS		TIEMPO DE REPARACIÓN		TIEMPO DE LUBR. Y AJUSTE	
0.20	200	0.10	10	0.20	5
0.20	250	0.25	30	0.20	10
0.20	300	0.25	60	0.30	15
0.20	350	0.30	90	0.20	20
0.20	400	0.10	120	0.10	30

Se desea efectuar una estimación de:

- la cantidad promedio de fallas por año
 - las pérdidas anuales ocasionadas por el tiempo que está ocioso la máquina
- (1) Construya un modelo conceptual de simulación de Monte Carlo para estudiar el funcionamiento de esta fábrica.
 - (2) Implemente el modelo computacional usando Crystal Ball.
 - (3) Diseñe y ejecute experimentos de simulación a fin de estimar la cantidad promedio de fallas por año y las pérdidas anuales ocasionadas por el tiempo que está ociosa la máquina. Analice la sensibilidad de las variables de salida respecto de las variables aleatorias.

EJERCICIO. III. Julieta y Carlos desean casarse en diciembre de este año y están decidiendo la cantidad de invitados. Consultando estudios estadísticos con su amiga Jimena, estadística reconocida, han llegado a la conclusión que el porcentaje de no-show (invitados que confirman asistencia pero que finalmente no pueden asistir) a una boda es de aproximadamente 10 % y sigue la siguiente distribución.

PROBABILIDAD	30 %	40 %	30 %
% NO-SHOW	0 %	10 %	15 %

La pareja posee un presupuesto para 100 invitados en total. Y en promedio se sabe que los invitados que pueden confirmar asistencia positiva siguen la siguiente distribución:

PROBABILIDAD	30 %	50 %	20 %
CONFIRMADOS	90 %	110 %	130 %

La razón por la cual el porcentaje de confirmados puede superar el 100 % es que es posible que algunos invitados confirmen asistencia sumando a su vez invitados extras (por ejemplo una nueva pareja o familiar). La cuestión que Julieta y Carlos quieren resolver es la cantidad de invitaciones a mandar de tal manera de poder aprovechar lo mejor posible su presupuesto disponible. La tarifa por tarjeta es de \$730, si se paga con anterioridad al evento. Si la pareja envía 100 invitaciones y recibe confirmaciones de asistencia por el mismo número, no tendría problemas con el presupuesto (dejaría anticipadamente dichos lugares pagos al mejor precio), esto es si todos los invitados que confirman asisten al evento.

El inconveniente reside en el posible porcentaje de no-show que se va a producir, a causa del cual la pareja estaría malgastando su presupuesto (esto sucede cuando se presentan finalmente menos

invitados que los lugares que la pareja pagó). Recordar aquí, que la pareja no puede pagar más de 100 lugares. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que si envían más invitaciones de las permitidas por el presupuesto, es probable que muchos invitados no tengan su tarjeta paga (si confirman más de 100). En estos casos la política que la pareja decidió tomar es utilizar la plata de su regalo de bodas para pagar las tarjetas excedentes el mismo día de la boda a un excesivo precio de \$1080 propuesto por el salón de eventos. Esto claramente se desea evitar en lo posible ya que posee trastornos tanto para el invitado, el salón y sobre todo la pareja próxima a casarse.

- (1) Construya un **modelo conceptual** para resolver este problema:
 - (a) Identifique las **variables** y **parámetros** del problema. ¿Cuál es la variable de decisión del modelo?
 - (b) Efectúe un **diagrama de ciclo causal** a partir de las variables y parámetros definidos en el inciso anterior.
 - (c) Especifique las **ecuaciones** correspondientes.
 - (d) Proponga al menos **tres experimentos** a fin de determinar la cantidad de invitaciones a enviar que más convenga a la pareja, teniendo en cuenta que la pareja desea minimizar la cantidad de lugares no ocupados.
- (2) Vuelque el modelo conceptual diseñado al modelo computacional utilizando Crystal Ball. Realice los experimentos y determine el valor más apropiado que aconsejaría tomar para la variable de decisión bajo estudio.

EJERCICIO. IV. Una importante cadena Hotelera mexicana llamada “*El Caribe*” esta ofreciendo importantes descuentos en sus hoteles. Por ello Karina y Juan, quienes acaban de heredar de su padre una Agencia turística, decidieron ponerse en contacto con ellos. “*El Caribe*” les informo que:

- El precio regular por noche por persona de la habitación con régimen de **media pensión (MP)**, en cualquiera de sus hoteles es de **\$800**, en tanto que con régimen de **pensión completa (PC)** es de **\$1000**.
- El descuento consiste en que si se compran 100 noches de MP, al total se le aplica un 30 % de descuento, y si se compran 50 noches de PC, al total se le aplica un 25 %.

Para aprovechar la promo, decidieron comprar todas las noches juntas e ir vendiéndolas a medida que se las solicitan. El padre les comento que en el último verano la **demanda de hoteles** en México, para **MP** y para **PC** fue la siguiente:

PROBABILIDAD	30 %	25 %	25 %	20 %
NOCHES MP	105	110	130	150

PROBABILIDAD	20 %	25 %	40 %	15 %
NOCHES PC	60	70	80	90

Con lo cual están decididos a comprar como mínimo **100** noches de **MP** y **50** de **PC**, pero a su vez deben **decidir cuántas noches extra de MP y PC** deberían comprar para obtener la mayor ganancia, ya que “*El Caribe*” les ofreció aplicarles un descuento del 10 % sobre las noches de mas (tanto MP como PC) por comprar en conjunto.

Por ejemplo si ellos compran 120 noches de MP y 72 noches de PC deberían pagar:

$$(100 * \$800) * 0,7 + (20 * \$800) * 0,9 + (50 * \$1000) * 0,75 + (22 * \$1000) * 0,9 = \$127700$$

El precio con que la agencia esta ofreciendo las noches en México es de:

- Noche por persona con MP es \$1100
- Noche por persona con PC es \$1400

Diseñe un **modelo conceptual** de Monte Carlo para este problema a través de los siguientes pasos:

- a) Identifique las **variables** y **parámetros** del problema.

- b) Efectúe un **diagrama de ciclo causal** a partir de las variables y parámetros definidos en el inciso anterior.
- c) Especifique las **ecuaciones** correspondientes.
- d) Proponga al menos **tres experimentos** a fin de determinar la cantidad días extras a pedir tanto de MP y PC, que más convenga.
- e) Construya un **modelo de simulación** en base al modelo conceptual previo, realice experimentos y saque conclusiones.

EJERCICIO. V. Una pequeña fábrica alimenticia se dedica a la producción de caramelos y huevos de Pascua. Todos los años, durante la primera semana de diciembre, la empresa recibe pedidos de huevos de Pascua de distintas confiterías. La demanda total de huevos varía año tras año, pero en líneas generales sigue una distribución triangular con valor más probable = 2600 unidades, menor = 2000 unidades y mayor = 3000 unidades.

Debido a razones estacionarias, resulta más barato comprar el chocolate necesario para la producción de los huevos durante el mes agosto. Por este motivo, la política de la empresa consiste en adquirir una gran cantidad de chocolate en agosto, y luego, si después de recibir los pedidos de diciembre resulta necesario comprar más chocolate, se ordena una cantidad adicional que le permita satisfacer en forma exacta toda la demanda. Por otra parte, si el chocolate comprado en agosto supera las necesidades de producción, la cantidad sobrante es donada a comedores de escuelas. Se sabe además que:

- Cada huevo de pascua insume 250 gramos de chocolate.
- El precio del chocolate en agosto es de \$0.50 por kilo.
- El precio del chocolate en diciembre es de \$0.75 por kilo.
- El precio de venta de los huevos de pascua es de \$ 0.30 la unidad.

La empresa desea efectuar una simulación para determinar cuánto chocolate debe comprar en agosto para mejorar su nivel de ganancias.

- (1) Diseñe un **modelo conceptual** de Monte Carlo para este problema, indicando claramente sus parámetros, variables, diagrama de ciclo causal y ecuaciones.
- (2) Construya un **modelo de simulación** acorde con el modelo conceptual propuesto y defina experimentos adecuados según los datos disponibles.
- (3) Experimente asumiendo que:
 - (a) se compran 600 kilos de chocolate en agosto.
 - (b) se compran 700 kilos de chocolate en agosto.
 Para cada experimento, ejecute 1000 réplicas.
- (4) ¿Cuántos kilos de chocolate Ud. recomendaría comprar en el mes de agosto?