

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

EXAMEN COMPLEXIVO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
“MAGISTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN
LOGÍSTICA”**

**TEMA
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SIMULACIÓN DE
INVENTARIOS**

**AUTOR
OSWALDO NORMAN MASSUH ARREAGA**

Guayaquil – Ecuador

AÑO 2015

DEDICATORIA

A mis padres, Joaquín y Norma; a mis hermanos, Michel y Wendy; a mis sobrinos Dominique, Carlos, Ricardo y Mía y a mi hija Joaquina.

Oswaldo Norman Massuh Arreaga

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis padres por su incansable e incondicional apoyo; sin ellos, ciertamente este logro no habría sido posible: gracias Joaquín Oswaldo por tu ejemplo y amor infinito, gracias Norma Cecilia por enseñarme el camino correcto.

Agradezco también a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, de manera especial a Ingrid Núñez Alcívar y a Carlos Martín Barreiro, por su invaluable ayuda para la culminación de esta etapa de mi vida académica.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

OSWALDO NORMAN MASSUH ARREAGA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

M.Sc. Erwin Delgado Bravo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M.Sc. Carlos Martin Barreiro
DIRECTOR DEL EXAMEN COMPLEXIVO

AUTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

OSWALDO NORMAN MASSUH ARREAGA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
OBJETIVO GENERAL	IX
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I.....	1
1. REVISIÓN DE LA LITERATURA	1
1.1 LA SIMULACIÓN	1
1.2 EL PROCESO DE SIMULACIÓN	2
1.3 APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN	3
CAPÍTULO II.....	6
2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	6
2.1 DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	6
2.2 DATOS QUE ALIMENTAN AL MODELO DE SIMULACIÓN	7
2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	7
2.4 EXCEL COMO HERRAMIENTA PARA LA SIMULACIÓN	11
2.5 PRINCIPALES RESULTADOS	13
CAPÍTULO III.....	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
3.1 CONCLUSIONES	15
3.2 RECOMENDACIONES	15
BIBLIOGRAFÍA.....	16
ANEXOS.....	17

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resultados de cinco ensayos de simulación de inventario.....	10
TABLA 2. Resultados de la simulación con la primera serie	14
TABLA 3. Resultados de la simulación con la segunda serie	14

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Diagrama de un modelo de simulación	1
FIGURA 2. Proceso de simulación.....	2
FIGURA 3. Modelo de simulación del inventario de la empresa.....	6
FIGURA 4. Diagrama de flujo de simulación del inventario	8
FIGURA 5. Hoja de Excel para el problema de inventario.....	11
FIGURA 6. Serie de números aleatorios generados	13

OBJETIVO GENERAL

Establecer, mediante un modelo de simulación, una política de inventario para un producto con demanda desconocida en una empresa que distribuye electrodomésticos basado en el nivel de reposición.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Diseñar un modelo de simulación para determinar la utilidad neta mensual promedio como resultado de utilizar un nivel de reposición específico, así como también el porcentaje de la demanda total que será satisfecha o nivel de servicio.

INTRODUCCIÓN

La simulación es una de las herramientas de análisis cuantitativo que más se utiliza en planeación. Actualmente, se trata mucho sobre la importancia de los modelos de simulación. Grandes compañías, construyen modelos de simulación de sus potenciales proyectos para probar sus propiedades mucho antes de la puesta en marcha de los mismos. En muchos países la defensa civil, departamentos de gestión de riesgos, cruz roja y bomberos, por citar ejemplos, realizan prácticas de rescate y evacuación, simulando las condiciones de desastre natural que dejan huracanes, erupciones, inundaciones o tornados.

En universidades de prestigio y en programas avanzados de administración los estudiantes utilizan juegos administrativos para simular situaciones de negocios reales.

Por considerar la simulación como una herramienta administrativa muy flexible es que la mayoría de las organizaciones sean de tipo gubernamental o privado han decidido desarrollar modelos de simulación para tratar específicamente temas relacionados a inventarios, líneas de espera, programas de mantenimiento, distribución de planta, inversiones y pronósticos de ventas

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 LA SIMULACIÓN

Simular es tratar de duplicar las funciones, apariencia y características de un sistema real [1].

La simulación es uno de los métodos cuantitativos más ampliamente utilizados para tomar decisiones. Es un método de aprender acerca de un método real experimentando con un modelo que representa el sistema. El modelo de simulación contiene las expresiones matemáticas y relaciones lógicas que describen cómo calcular el valor de los datos de salida dados los valores de los datos de entrada. Cualquier modelo de simulación tiene dos datos de entrada: controlables y probabilísticos. La figura 1 muestra un diagrama conceptual de un modelo de simulación [2].

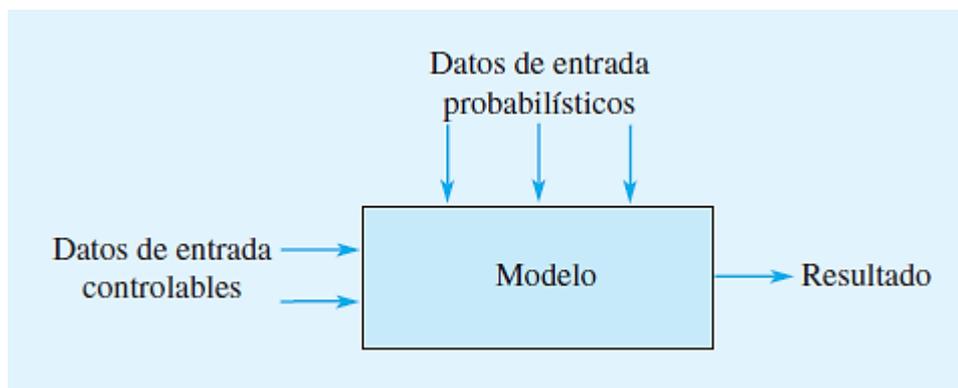


Figura 1. Diagrama de un modelo de simulación

(Anderson, Camm, Martin, Sweeney, & Williams, 2011, p. 696)

Cuando realiza un experimento de simulación, se selecciona el valor, o valores, de los datos de entrada controlables. Luego los valores de los datos de entrada probabilísticos se generan al azar. El modelo de simulación utiliza los valores de datos de entrada controlables y los valores de los datos probabilísticos para calcular el valor, o valores de los datos de salida. Realizando una serie de

experimentos con varios valores de los datos de entrada controlables, se aprende cómo los valores de los datos controlables afectan o cambian el resultado del modelo de simulación [2]. Después de revisar los resultados de simulación, se es capaz de recomendar datos de entrada controlables que darán el resultado deseado del sistema real [2].

1.2 EL PROCESO DE SIMULACIÓN

La idea detrás de la simulación es imitar matemáticamente una situación del mundo real y, luego, estudiar sus propiedades y características operativas, para, por último, obtener conclusiones y tomar decisiones de acción con base en los resultados de la simulación. De esta manera, el sistema real no se toca sino hasta que se miden en el modelo del sistema las ventajas y desventajas de lo que puede ser una decisión de política importante.

Los pasos en el proceso de simulación se ilustran en la figura 2.

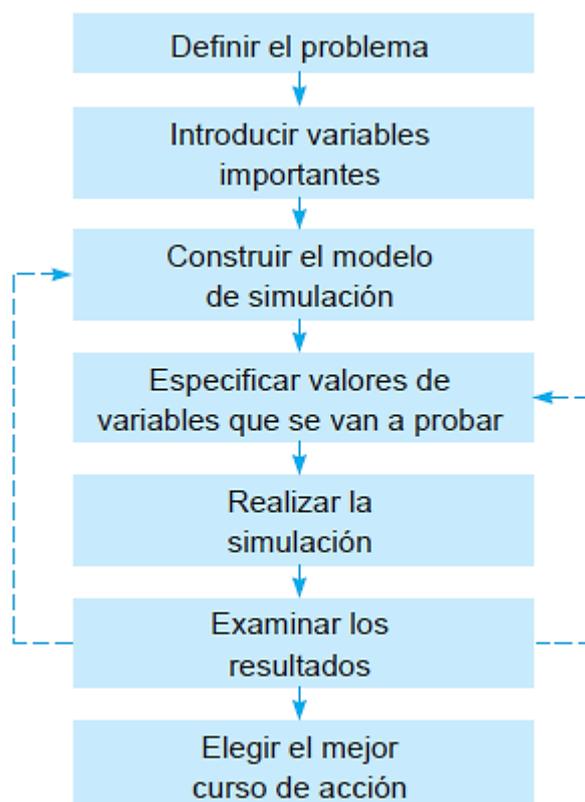


Figura 2. Proceso de simulación

(Barry, Hanna & Stair, 2012, p.534)

1.3 APLICACIONES DE LA SIMULACIÓN

Los problemas trabajados mediante simulación son desde muy sencillos hasta extremadamente complejos, van de la fila de espera en una ventanilla de banco a un análisis de la economía de un país. Aunque las simulaciones muy pequeñas se pueden realizar a mano, el uso efectivo de esta técnica requiere algún medio automático de cálculo, como una computadora. Incluso en los modelos de gran escala, la simulación de quizá años de decisiones de negocios se suele manejar en un tiempo razonable en una computadora. Aunque la simulación es una de las herramientas de análisis cuantitativo más antiguas, no fue sino hasta la introducción de las computadoras (a mediados de la década de 1940 y finales de la de 1950) que se convirtió en un medio práctico para resolver problemas militares y de administración [1].

La simulación se ha utilizado con éxito en una amplia variedad de aplicaciones. Los siguientes ejemplos son típicos:

1. **Desarrollo de un nuevo producto.** El objetivo de esta simulación es determinar la probabilidad de que un producto nuevo sea redituable. Se desarrolla un modelo que relaciona el beneficio o utilidad (la medida del resultado) con varios datos de entrada probabilísticos como demanda, costo de piezas y costo de mano de obra. El único dato de entrada controlable es si se introduce el producto en el mercado. Se generarán varios valores posibles para los datos de entrada probabilísticos y se calculará la utilidad resultante.
2. **Sobreventa de boletos en una aerolínea.** El objetivo de esta simulación es determinar el número de reservaciones que una aerolínea debe aceptar para un vuelo particular. Se desarrolla un modelo de simulación que relaciona la utilidad del vuelo con un dato de entrada probabilístico, el número de pasajeros con reservación que aparecen y utilizan su reservación; un dato de entrada controlable, el número de reservaciones aceptadas para el vuelo. Por cada valor seleccionado del

dato de entrada controlable se generarán varios valores posibles para el número de pasajeros que aparecen, y se puede calcular la utilidad resultante. Modelos de simulación similares son apropiados para sistemas de reservación de hoteles y renta de automóviles.

3. **Política de inventario.** El objetivo de esta simulación es seleccionar una política de inventario que genere un buen servicio al cliente a un costo razonable. Se desarrolla un modelo que relaciona dos medidas de los resultados, costo total del inventario y el nivel de servicio, con datos de entrada probabilísticos, como demanda del producto y tiempo de espera de entregas de los vendedores, y datos de entrada controlables, como cantidad de pedido y el punto de reorden. Por cada serie de datos de entrada controlables se generarán varios valores posibles para los datos de entrada probabilísticos, y se calcularán los niveles de costo y servicio resultantes.

4. **Flujo de tráfico.** El objetivo de esta simulación es determinar el efecto de instalar una señal que de vuelta a la izquierda en el sentido del flujo del tránsito en una intersección congestionada. Se desarrolla un modelo que relaciona el tiempo de espera de los vehículos para cruzar la intersección con datos de entrada probabilísticos como el número de vehículos que llegan y la fracción que desea dar vuelta a la izquierda, y datos de entrada controlables como el tiempo que la señal de vuelta a la izquierda está activa. Por cada serie de datos de entrada controlables, se generarán valores para los datos de entrada probabilísticos y se calcularán los tiempos de espera resultantes de los vehículos.

5. **Líneas de espera.** El objetivo de esta simulación es determinar los tiempos de espera de clientes en el cajero automático de un banco (ATM). Se desarrolla un modelo que relaciona los tiempos de espera de los clientes con datos de entrada probabilísticos, como llegadas de clientes y tiempo de servicio, y un dato de entrada controlable el número de cajeros automáticos instalados. Por cada valor del dato de entrada

controlable (el número de cajeros automáticos), se generarán varios valores para los datos de entrada probabilísticos y se calcularán los tiempos de espera de los clientes.

La simulación no es una técnica de optimización. Es un método que puede usarse para describir o predecir cómo operará un sistema con ciertas opciones dadas de los datos de entrada controlables y valores generados al azar de los valores de entrada controlables, que quizás conduzcan a sistemas deseables. En este sentido, la simulación puede ser una herramienta efectiva para diseñar un sistema que funcione bien [2].

CAPÍTULO II

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

2.1 DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Se desea diseñar un modelo de simulación para determinar la utilidad neta mensual promedio como resultado de usar un nivel de reposición específico, también determinar el porcentaje de la demanda total (nivel de servicio) que será satisfecho. El dato de entrada controlable al modelo de simulación de la empresa es el nivel de reposición, Q . El dato de entrada probabilístico es la demanda mensual, D . Las dos medidas de salida son la utilidad neta mensual promedio y el nivel de servicio. El cálculo del nivel de servicio requiere que no perdamos de vista el número de productos vendidos cada mes y la demanda total de productos en ese mes. El nivel de servicio se calculará al final de la simulación como la relación de las unidades totales a la demanda total. En la figura 3 se muestra el modelo de simulación donde se relacionan los datos de entrada controlables y probabilísticos con los datos de salida.

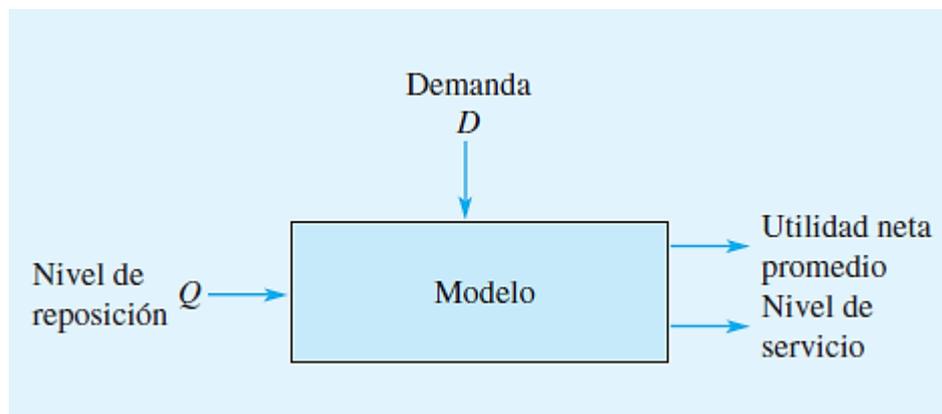


Figura 3. Modelo de simulación del inventario de la empresa
(Anderson, Camm, Martin, Sweeney, & Williams, 2011, p. 712)

2.2 DATOS QUE ALIMENTAN AL MODELO DE SIMULACIÓN

El producto es un aparato eléctrico distribuido por una empresa de electrodomésticos. Cada producto cuesta \$75 y se vende en \$125. Por lo tanto, la empresa obtiene una utilidad de $\$125 - \$75 = \$50$ por cada producto vendido. La demanda mensual del ventilador está descrita por una distribución de probabilidad normal con una media de 100 unidades y una desviación estándar de 20 unidades.

La empresa recibe entregas mensuales de su proveedor y repone el inventario a un nivel de Q al principio de cada mes. Este nivel de inventario inicial se conoce como de reposición. Si la demanda mensual es menor que el nivel de reposición, se carga un costo de retención en el inventario de \$15 a cada unidad que no se vende. Sin embargo, si la demanda mensual es mayor que el nivel de reposición, las existencias se agotan y se incurre en un costo de incumplimiento. Como la empresa asigna un costo de plusvalía de \$30 a cada cliente que se va, se carga un costo de incumplimiento de \$30 por cada unidad demandada que no puede ser satisfecha.

2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Cuando la demanda es menor que o igual al nivel de reposición ($D \leq Q$), D unidades vendidas, y por cada una de las $Q - D$ unidades que permanecen en el inventario se incurre en un costo de retención de \$15. La utilidad neta en este caso se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Utilidad neta} = \text{Utilidad bruta} - \text{Costo de retención} = \$50D - \$15(Q - D)$$

Cuando la demanda es mayor que el nivel de reposición ($D > Q$), Q productos vendidos, por cada una de las $D - Q$ unidades no satisfecha se incurre en un costo de incumplimiento de \$30. La utilidad neta en este caso se calcula así:

$$\text{Utilidad neta} = \text{Utilidad bruta} - \text{Costo de retención} = \$50Q - \$30(D - Q)$$

La figura 4 muestra un diagrama que define la secuencia de operaciones requeridas para simular el sistema de inventario de la empresa. Cada ensayo representa un mes de operación. La simulación se ejecuta para 300 meses, utilizando un nivel de reposición determinado. También se calculan la utilidad promedio y el nivel de servicio resultantes.

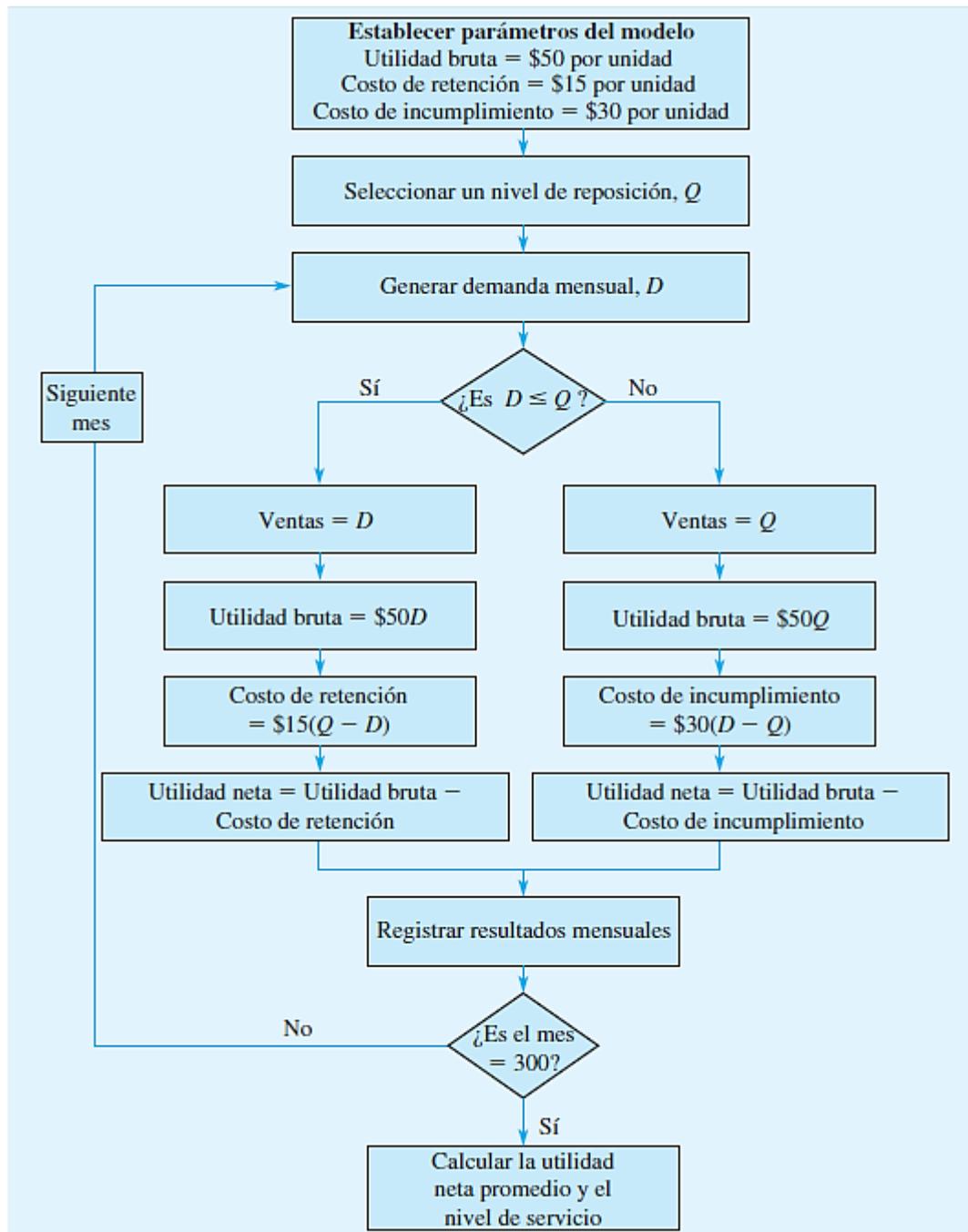


Figura 4. Diagrama de flujo de simulación del inventario (Anderson, Camm, Martin, Sweeney, & Williams, 2011, p. 712)

Ahora se va a detallar los pasos implicados en la simulación ilustrando los resultados de los dos primeros meses de una simulación con un nivel de reposición de 100. El primer cuadro del diagrama de flujo en la figura 4 establece los valores de los parámetros del modelo: utilidad bruta, costo de retención y costo por escasez. El segundo cuadro muestra la selección de un nivel de reposición Q . Luego, se genera un valor de la demanda mensual. La demanda mensual se estableció que obedece a una distribución normal con media de 100 unidades y desviación estándar de 20 unidades, se utiliza la función de Excel $=\text{NORMINV}(\text{RAND}(),100,20)$, para generar un valor de la demanda mensual. Suponga que se genera un valor de $D = 88$ en el primer mes. Este valor de la demanda se compara entonces con el nivel de reposición Q . Con el nivel de reposición de $Q = 100$, la demanda es menor que el nivel de reposición y se sigue la rama izquierda del diagrama de flujo. Las ventas se igualan a la demanda (88) y la utilidad bruta, el costo de retención y la utilidad neta se calculan como sigue:

$$\text{Utilidad bruta} = 50D = 50(88) = 4.400$$

$$\text{Costo de retención} = 15(Q - D) = 15(100 - 88) = 180$$

$$\text{Utilidad neta} = \text{Utilidad bruta} - \text{Costo de retención} = 4.400 - 180 = 4.220$$

Se registran los valores de la demanda, las ventas, la utilidad bruta, el costo de retención y la utilidad neta del primer mes. La primera fila de la tabla 1 resume la información de este primer ensayo.

Tabla 1. Resultados de cinco ensayos de simulación de inventario

Mes	Demanda	Ventas	Utilidad bruta	Costo de retención	Costo por escasez	Utilidad neta
1	88	88	\$4.407	\$178	\$0	\$4.229
2	103	100	\$5.000	\$0	\$95	\$4.905
3	77	77	\$3.840	\$348	\$0	\$3.492
4	115	100	\$5.000	\$0	\$436	\$4.564
5	114	100	\$5.000	\$0	\$413	\$4.587
TOTAL	496	465	23.247	526	944	21.778
PROMEDIO	99	93	\$4.649	\$105	\$189	\$4.356

Para el segundo mes, se genera un valor de 103 para la demanda mensual. Como la demanda es mayor que el nivel de reposición, se sigue la rama derecha del diagrama de flujo. Las ventas se igualan al nivel de reposición (100) y la utilidad bruta, el costo de incumplimiento y la utilidad neta se calculan como sigue:

$$\text{Utilidad bruta} = 50Q = 50(100) = 5.000$$

$$\text{Costo de incumplimiento} = 30(D - Q) = 30(103 - 100) = 90$$

$$\text{Utilidad neta} = \text{Utilidad bruta} - \text{Costo de incumplimiento} = 5000 - 90 = 4.910$$

Los resultados de los primeros cinco meses de la simulación se muestran en la tabla 1. Los totales indican una utilidad neta total acumulada de \$21.778, la cual es una utilidad neta mensual promedio de $\$21.778/5 = \4.356 . Las unidades vendidas totales son 465 y la demanda total es de 496. Por tanto, el nivel de servicio es $465/496 = 0.9375$, lo que indica que la empresa ha sido capaz de satisfacer 93.75% de la demanda durante un periodo de cinco meses.

2.4 EXCEL COMO HERRAMIENTA PARA LA SIMULACIÓN

Se utiliza Excel para simular la operación del inventario de la empresa durante 300 meses. La hoja de trabajo utilizada para realizar la simulación se muestra en la figura 5. Se han ocultado los resultados obtenidos desde la celda 19 hasta la 308 por razones de espacio.

N14		: X ✓ fx		=SI(K14<=\$C\$7;\$C\$4*(\$C\$7-K14);0)				
	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	SIMULACIÓN DE INVENTARIO							
2								
3	Utilidad bruta unitaria		\$50					
4	Costo unitario de retención		\$15					
5	Costo unitario por escasez		\$30					
6								
7	Nivel de reposición		100					
8								
9	Demanda (Distribución Normal)							
10	Media	100						
11	Desviación estándar	20						
12								
13	Mes	Demanda	Ventas	Utilidad bruta	Costo de retención	Costo por escasez	Utilidad neta	
14	1	88	88	\$4.407	\$178	\$0	\$4.229	
15	2	103	100	\$5.000	\$0	\$95	\$4.905	
16	3	77	77	\$3.840	\$348	\$0	\$3.492	
17	4	115	100	\$5.000	\$0	\$436	\$4.564	
18	5	114	100	\$5.000	\$0	\$413	\$4.587	
309	296	108	100	\$5.000	\$0	\$232	\$4.768	
310	297	107	100	\$5.000	\$0	\$220	\$4.780	
311	298	80	80	\$3.988	\$303	\$0	\$3.685	
312	299	94	94	\$4.690	\$93	\$0	\$4.597	
313	300	125	100	\$5.000	\$0	\$755	\$4.245	
314								
315	TOTAL	29.999	27.684					ESTADÍSTICAS
316					Utilidad media	\$4.267		
317					Desviación estándar	\$659		
318					Utilidad mínima	\$1.162		
319					Utilidad máxima	\$4.999		
320					Nivel de servicio	92,3%		

Figura 5. Hoja de Excel para el problema de inventario

Las estadísticas que aparecen en la figura 5 señalan lo que se puede esperar durante 300 meses (25 años) si la empresa opera su sistema de inventario con un nivel de reposición de 100. La utilidad neta promedio mensual es de \$4.267. Debido a que 27.684 unidades de la demanda total de 29.999 unidades se realizaron, el nivel de servicio es de $27.684/29.999 = 92,3\%$.

Ahora se detalla como se trabaja con Excel para obtener la hoja de trabajo que se muestra en la figura 5. Los datos iniciales como la utilidad neta unitaria, el costo unitario de retención y el costo unitario por escasez se ingresan directamente en las celdas L3, L4 y L5. El nivel de reposición se ingresa en la celda L7, y la media y desviación estándar de la distribución de probabilidad normal de la demanda se ingresan en las celdas K10 y K11.

La información del primer mes aparece en la fila 14 de la hoja de trabajo. Las fórmulas son las siguientes:

J14 Introducir 1 para el primer mes de simulación

K14 Simular la demanda (distribución normal) =NORMINV(RAND(),\$K\$10,\$K\$11)

Se calculan las ventas, las cuales son iguales a la demanda (celda K14) si la demanda es menor que o igual al nivel de reposición, o son iguales al nivel de reposición (celda L7) si la demanda es mayor que el nivel de reposición.

L14 =SI(K14<=\$L\$7,K14,\$L\$7)

Calcula las ventas

M14 =\$L\$3*L14

Calcula la utilidad bruta

N14 =SI(K14<=\$L\$7;\$L\$4*(L\$7-K14);0)

Calcula el costo de retención si la demanda es menor que o igual al nivel de reposición

O14 =SI(K14<=\$L\$7;0;\$L\$5*(K14-\$L\$7))

Calcula el costo por escasez si la demanda es mayor que el nivel de reposición

P14 =M14-N14-O14

Calcula la utilidad neta

Finalmente, con las funciones de Excel se calculan los totales y estadísticas para los 300 ensayos:

K315	=SUMA(K14:K313)	Demanda total
L315	=SUMA(L14:L313)	Venta total
P316	=PROMEDIO(P14:P313)	Utilidad media por mes
P317	=DESVEST(P14:P313)	Desviación estándar de la utilidad neta
P318	=MIN(P14:P313)	Utilidad neta mínima
P319	=MAX(P14:P313)	Utilidad neta máxima
P320	=L315/K315	Nivel de servicio

2.5 PRINCIPALES RESULTADOS

La generación de diez series de números aleatorios se observa en la figura 6, en cada serie se genera 300 números que obedecen a una distribución normal con media de 100 y desviación estándar de 20, las celdas 9 hasta la 298 permanecen ocultas por razones de espacio.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		NÚMEROS ALEATORIOS GENERADOS									
3	MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	1	88	109	85	114	125	97	86	108	102	100
5	2	103	122	76	85	93	123	82	116	86	100
6	3	77	91	106	102	97	95	80	114	94	115
7	4	115	87	98	75	94	74	115	90	89	103
8	5	114	96	97	125	82	98	65	102	97	109
299	296	108	91	81	86	102	80	78	75	117	99
300	297	107	121	70	64	135	61	120	123	96	110
301	298	80	76	111	117	83	144	118	117	134	103
302	299	94	80	61	136	74	104	72	98	100	117
303	300	125	86	118	70	82	98	104	81	79	131

Figura 6. Serie de números aleatorios generados

En las tablas 2 y 3 se observan los resultados de los experimentos de simulación del inventario de la empresa con diferentes niveles de reposición que van desde 100 unidades hasta 145 unidades con una variación de 5 unidades para cada nivel.

Tabla 2. Resultados de la simulación con la primera serie

1	NIVEL DE REPOSICIÓN	UTILIDAD NETA PROMEDIO	NIVEL DE SERVICIO
SIM 1	100	\$ 4.266,79	92,28%
SIM 2	105	\$ 4.404,80	94,53%
SIM 3	110	\$ 4.501,17	96,33%
SIM 4	115	\$ 4.557,46	97,71%
SIM 5	120	\$ 4.579,54	98,74%
SIM 6	125	\$ 4.563,16	99,35%
SIM 7	130	\$ 4.522,27	99,71%
SIM 8	135	\$ 4.462,81	99,87%
SIM 9	140	\$ 4.394,26	99,94%
SIM 10	145	\$ 4.322,05	99,97%

Se observa que con un nivel de reposición de 120 unidades se logra la mayor utilidad neta promedio.

Tabla 3. Resultados de la simulación con la segunda serie

2	NIVEL DE REPOSICIÓN	UTILIDAD NETA PROMEDIO	NIVEL DE SERVICIO
SIM 1	100	\$ 4.267,17	91,66%
SIM 2	105	\$ 4.422,83	94,06%
SIM 3	110	\$ 4.522,42	95,88%
SIM 4	115	\$ 4.585,93	97,32%
SIM 5	120	\$ 4.605,51	98,31%
SIM 6	125	\$ 4.591,42	98,94%
SIM 7	130	\$ 4.556,19	99,36%
SIM 8	135	\$ 4.510,54	99,66%
SIM 9	140	\$ 4.453,90	99,85%
SIM 10	145	\$ 4.387,58	99,94%

Con la segunda serie de números aleatorios generados se observa que con un nivel de reposición de 120 unidades se logra nuevamente la mayor utilidad neta promedio y un nivel de servicio de 98,31%. Esto se mantiene para las ocho series restantes de números aleatorios.

En base a los resultados, el estudio experimental sugiere a la empresa seleccionar para su política de inventario un nivel de reposición de 120 unidades.

CAPÍTULO III

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

- Se estableció, mediante un modelo de simulación, una política de inventario para un producto con demanda desconocida en una empresa que distribuye electrodomésticos, basado en un nivel de reposición determinado.
- Se diseñó un modelo de simulación mediante el cual se determinó la utilidad neta mensual promedio como resultado de utilizar un nivel de reposición específico, así como también el porcentaje de la demanda total a satisfacer.

3.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda experimentar con el modelo de simulación en cuanto se afectaría la decisión de seleccionar determinado nivel de reposición, si se varía algún parámetro del modelo. Por ejemplo, asignar costos por escasez menores al dispuesto por la empresa.
- Se debe tomar en cuenta que la simulación no es una técnica de optimización. Aun cuando se utiliza para seleccionar un nivel de reposición, no garantiza que este sea el óptimo. Sin embargo, con un gran número de ensayos, se seleccionaría una solución casi óptima.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BARRY, R., HANNA, M.E. & STAIR, M.R., Métodos cuantitativos para los negocios, Pearson, México 2012, 534-535.
- [2] ANDERSON, D.R., CAMM J.C., MARTIN K., SWEENEY, D.J. & WILLIAMS, T. A., Métodos cuantitativos para los negocios, Cengage Learning, México 2011, 696-715.

ANEXOS

PRIMERA SERIE DE 300 NÚMEROS ALEATORIOS GENERADOS

88	108	103	119	117	69	97	52	110	96
103	127	105	92	120	82	89	74	107	77
77	120	82	127	103	54	82	124	105	126
115	117	120	119	129	111	89	131	106	135
114	110	113	111	100	110	91	110	91	66
99	90	114	109	109	97	89	111	103	68
127	98	106	85	101	100	136	109	69	118
101	137	111	86	113	118	85	130	130	98
88	99	104	98	92	101	115	63	139	116
87	116	98	84	123	60	116	97	100	92
138	92	88	122	86	120	92	98	59	96
75	106	114	102	108	101	98	107	97	120
105	127	92	79	116	41	132	99	89	127
80	105	123	79	69	113	112	121	92	91
90	131	121	82	120	92	122	78	106	85
105	119	113	113	111	97	111	94	100	122
93	70	90	94	153	95	92	102	119	87
87	95	128	46	97	124	119	104	91	106
123	128	74	82	48	114	118	84	82	126
129	96	134	111	107	70	106	84	112	73
96	106	93	92	98	103	63	83	72	93
89	76	122	91	74	93	104	95	144	81
76	97	124	114	93	117	122	93	90	76
77	120	95	94	66	65	81	94	84	119
89	88	55	60	100	84	99	99	91	113
133	101	84	119	127	78	78	88	78	108
116	131	100	87	107	109	87	100	122	107
133	83	123	105	89	109	91	91	100	80
87	117	67	107	100	81	106	88	89	94
112	92	91	118	99	68	91	77	105	125

SEGUNDA SERIE DE 300 NÚMEROS ALEATORIOS GENERADOS

109	115	108	81	66	86	123	87	95	138
122	86	94	92	105	105	93	121	106	145
91	81	95	83	88	97	118	117	89	108
87	105	120	146	128	125	127	90	96	109
96	90	85	61	114	99	101	99	101	105
77	99	64	107	113	73	103	106	101	142
77	113	112	117	54	66	125	113	104	126
104	76	73	92	105	82	98	114	98	95
117	95	133	68	124	102	104	97	127	135
99	103	72	141	120	132	90	91	90	116
139	100	143	99	89	105	101	70	108	78
91	103	116	119	103	84	115	128	113	82
73	83	105	102	109	38	61	114	114	73
136	69	97	113	76	117	66	137	81	107
118	79	113	60	81	99	112	68	103	90
123	95	127	100	100	122	105	128	75	107
104	87	37	98	116	96	79	95	96	119
117	110	92	88	118	151	106	110	99	120
119	90	118	62	105	106	97	93	81	113
137	117	76	89	95	106	86	93	122	103
123	99	105	107	104	95	117	86	123	125
119	90	131	79	111	74	119	113	102	110
82	132	112	114	92	108	99	127	116	106
100	71	81	110	105	78	73	121	64	77
110	92	70	92	92	102	101	112	93	81
101	89	74	55	119	127	108	84	91	91
115	31	136	108	99	155	106	104	102	121
89	113	87	100	140	115	86	116	115	76
141	81	97	95	119	96	74	92	106	80
98	111	136	102	84	122	88	84	104	86