

# Proyecto de Simulación

## Amanda Marrero Santos – C411

### 1. Problema

Happy Computing es un taller de reparaciones electrónicas se realizan las siguientes actividades (el precio de cada servicio se muestra entre paréntesis):

1. Reparación por garantía (Gratis)
2. Reparación fuera de garantía (\$350)
3. Cambio de equipo (\$500)
4. Venta de equipos reparados (\$750)

Se conoce además que el taller cuenta con 3 tipos de empleados: Vendedor, Técnico y Técnico Especializado. Para su funcionamiento, cuando un cliente llega al taller, es atendido por un vendedor y en caso de que el servicio que requiera sea una Reparación (sea de tipo 1 o 2) el cliente debe ser atendido por un técnico (especializado o no). Además, en caso de que el cliente quiera un cambio de equipo este debe ser atendido por un técnico especializado. Si todos los empleados que pueden atender al cliente están ocupados, entonces se establece una cola para sus servicios. Un técnico especializado sólo realizara Reparaciones si no hay ningún cliente que desee un cambio de equipo en la cola. Se conoce que los clientes arriban al local con un intervalo de tiempo que distribuye poisson con  $\lambda = 20$  minutos y que el tipo de servicios que requieren pueden ser descrito mediante la tabla de probabilidades:

Tipo de Servicio	Probabilidad
1	0.45
2	0.25
3	0.1
4	0.2

Además, se conoce que un técnico tarda un tiempo que distribuye exponencial con  $\lambda = 20$  minutos, en realizar una Reparación Cualquiera. Un técnico especializado tarda un tiempo que distribuye exponencial con  $\lambda = 15$  minutos para realizar un cambio de equipos y la vendedora puede atender cualquier servicio en un tiempo que distribuye normal ( $N(5 \text{ min}, 2 \text{ mins})$ ). El dueño del lugar desea realizar una simulación de la ganancia que tendría en una jornada laboral si tuviera 2 vendedores, 3 técnicos y 1 técnico especializado.

### 2. Ideas fundamentales

Para la solución del problema se definieron los siguientes eventos:

- Arribo del próximo cliente
- Tiempo en que se produciría la próxima venta

- Tiempo en que se produciría la próxima reparación
- Tiempo en que se produciría el próximo cambio

En todo momento se determina el próximo evento en la línea temporal, que no es más que, de los cuatro eventos mencionados con anterioridad, el que esté más próximo al tiempo actual de la simulación.

Para la simulación definimos 3 colas con prioridad, organizando a los clientes de manera virtual: una para la entrada a la tienda, otra para los servicios de reparación y la última para los clientes que desean cambiar.

Observación: Un cliente que desee una reparación solo será atendido por un técnico especializado, en caso de que no haya ningún cliente a la espera de ser atendido para realizar un cambio de equipo.

### 3. Modelo de Simulación de Eventos Discretos desarrollado para resolver el problema

Para la solución del problema se utilizaron dos grupos de servidores en paralelos conectados en serie. El primer grupo de servidores es el conjunto de vendedores de la tienda, estos brindan el primer servicio. Si un determinado cliente llega a la tienda y no desea comprar algún artículo, es remitido por los vendedores al segundo grupo de servidores. Este segundo grupo lo conforman dos subgrupos de servidores en paralelo que funcionan por separado: los técnicos y los técnicos especializados.

Variables utilizadas en el modelo:

- Tiempo actual de la simulación -  $tA$
- Tiempo total de la simulación -  $tT$
- Cantidad de clientes -  $cCA$
- Ganancia -  $g$
- Próximo arribo -  $pA$ , próxima Venta -  $pV$ , próximo cambio -  $pC$ , próxima reparación -  $pR$
- Cola para vendedores -  $cV$ , cola para reparaciones -  $cR$ , cola para cambios -  $cC$

Modelo:

- $pV = pC = pR = \text{infinito}$
- $pA = \text{Generar arribo de un nuevo cliente}$
- While  $tA < tT$ 
  - Seleccionar próximo evento ( $\min(pA, pV, pR, pC)$ )
  - Si es un arribo de un cliente
    - $cCA += 1, tA += pA$
    - Si existe vendedor disponible
      - Generar Servicio del cliente

- Si el servicio es de compra
  - Generar tiempo de venta
  - Añadir un nuevo evento de compra y actualizar pV (Quedarse con el menor tiempo de finalización de todos los vendedores)
- Si el servicio es de reparación
  - Si existe técnico o especialista disponible
    - Generar tiempo de reparación
    - Añadir nuevo evento de reparación y actualizar pR (Quedarse con el menor tiempo de finalización de todos los técnicos y todos aquellos especialistas que en ese momento estén cumpliendo esa función)
  - Sino añadir al cliente a cR
- Si el servicio es de cambio
  - Si existe especialista disponible
    - Generar tiempo de cambio
    - Añadir nuevo evento de cambio y actualizar pC (Quedarse con el menor tiempo de finalización de todos aquellos especialistas que en ese momento estén cumpliendo esa función)
  - Sino añadir al cliente a cC
- Sino añadir al cliente a cV
- pA = generar próximo arribo
- Si es una venta
  - tA = pV, cCA -= 1, g += precio de venta
  - Si existe alguien en cV
    - Generar Servicio del cliente y se hace lo mismo que si hubiese sido un arribo (a partir de la generación del servicio)
  - Actualizar pV
- Si es una reparación
  - tA = pR, cCA -= 1, g += precio de reparación
  - Si el trabajador es un especialista
    - Si existe alguien en cC
      - Generar tiempo de cambio
      - Añadir nuevo evento de cambio y actualizar pC
    - Si existe alguien en cR
      - Generar tiempo de reparación
      - Añadir nuevo evento de reparación y actualizar pR
  - Si el trabajador es un técnico
    - Si existe alguien en cR
      - Generar tiempo de reparación

- Añadir nuevo evento de reparación y actualizar pR
- Si es un cambio
  - $tA = pC$ ,  $cCA -= 1$ ,  $g +=$  precio de cambio
  - Si existe alguien en cC
    - Generar tiempo de cambio
    - Añadir nuevo evento de cambio
  - Actualizar pC
- Retornar ganancia

#### 4. Variables aleatorias presentes en la simulación

- Tiempo de arribo de los clientes:  $T \sim \text{poisson}(\lambda)$ , ( $\lambda = 20$ )
- Tiempo de atención de un vendedor:  $T \sim \text{normal}(\mu, \sigma)$ , ( $\mu = 5$ ,  $\sigma = 2$ )
- Tiempo de atención de un técnico en una reparación:  $T \sim \text{exponencial}(\lambda)$ , ( $\lambda = 20$ )
- Tiempo de atención de un técnico especializado:  $T \sim \text{exponencial}(\lambda)$ , ( $\lambda = 15$ )
- Tipo de servicio solicitado por un cliente:  $T \sim \text{uniforme}(a, b)$ , ( $a = 0$ ,  $b = 1$ )

#### 5. Consideraciones obtenidas a partir de la ejecución de las simulaciones del problema

Variables a tener en cuenta en la simulación:

- Ganancia (mínima, media, máxima)
- Tiempo de Trabajo dado en horas
- Cantidad de Trabajadores (vendedores, técnicos, técnicos especializados)

Tiempo de Trabajo	Ganancia			Cantidad de Trabajadores		
	Minima	Media	Maxima	Vendedores	Tecnicos	Especialistas
8	1450	5004	8950	2	3	1
8	1200	5038	9500	5	3	1
8	1200	5008	9050	2	5	1
8	1350	5046	10200	2	3	3
12	2150	7618	13000	2	3	1
12	3500	7643	13400	5	3	1
12	2850	7644	12050	2	5	1
12	3400	7638	12600	2	3	3
24	8700	15346	22100	2	3	1
24	6850	15208	22500	5	3	1
24	8150	15143	22700	2	5	1
24	9100	15170	22400	2	3	3

Después de múltiples simulaciones con los parámetros mencionados anteriormente se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- Con una Jornada Laboral de 8 horas se obtienen las siguientes ganancias: mínima = 1300, media = 5024, máxima = 9425
- Con una Jornada Laboral de 12 horas se obtienen las siguientes ganancias: mínima = 2975, media = 7636, máxima = 12763
- Con una Jornada Laboral de 24 horas se obtienen las siguientes ganancias: mínima = 8200, media = 15217, máxima = 22425

Se tomaron como tiempos totales de simulación 8,12 y 24 horas ya que son las jornadas laborales más comunes en la actualidad.

Al analizar la tabla anterior se concluye que la distribución de trabajadores escogida (2 vendedores, 3 técnicos y un especialista) es bastante efectiva para el dueño del local, pues se alcanza una ganancia media similar a la de otras simulaciones con igual cantidad de horas de trabajo, pero diferente distribución. Por lo tanto, no sería necesario contratar personal extra, ya que, en la vida real, tener una mayor cantidad de trabajadores implicaría pagarles más salario y la ganancia promedio disminuiría.