



# Informe de Simulación

OVERLOAD HARBOR



## Orden del problema

### 2. Puerto Sobrecargado (Overloaded Harbor)

En un puerto de supertanqueros que cuenta con 3 muelles y un remolcador para la descarga de estos barcos de manera simultánea se desea conocer el tiempo promedio de espera de los barcos para ser cargados en el puerto.

El puerto cuenta con un bote remolcador disponible para asistir a los tanqueros. Los tanqueros de cualquier tamaño necesitan de un remolcador para aproximarse al muelle desde el puerto y para dejar el muelle de vuelta al puerto. El tiempo de intervalo de arribo de cada barco distribuye mediante una función exponencial con  $\lambda = 8$  horas.

Existen tres tamaños distintos de tanqueros:

pequeño, mediano y grande, la probabilidad correspondiente al tamaño de cada tanquero se describe en la tabla siguiente. El tiempo de carga de cada tanquero depende de su tamaño y los parámetros de distribución normal que lo representa también se describen en la tabla siguiente.

Tamaño Probabilidad de Arribo Tiempo de Carga

Pequeño 0.25  $\mu = 9, \sigma^2 = 1$

Mediano 0.25  $\mu = 12, \sigma^2 = 2$

Grande 0.5  $\mu = 18, \sigma^2 = 3$

De manera general, cuando un tanquero llega al puerto, espera en una cola (virtual) hasta que exista un muelle vacío y que un remolcador esté disponible para atenderle. Cuando el remolcador está disponible lo asiste para que pueda comenzar su carga, este proceso demora un tiempo que distribuye exponencial con  $\lambda = 2$  horas. El proceso de carga comienza inmediatamente después de que el barco llega al muelle. Una vez terminado este proceso es necesaria la asistencia del remolcador (esperando hasta que esté disponible) para llevarlo de vuelta al puerto, el tiempo de esta operación distribuye de manera exponencial con  $\lambda = 1$  hora. El traslado entre el puerto y un muelle por el remolcador sin tanquero distribuye exponencial con  $\lambda = 15$  minutos.

Cuando el remolcador termina la operación de aproximar un tanquero al muelle, entonces lleva al puerto al primer barco que esperaba por salir, en caso de que no exista barco por salir y algún muelle esté vacío, entonces el remolcador se dirige hacia el puerto para llevar al primer

barco en espera hacia el muelle vacío; en caso de que no espere ningún barco, entonces el remolcador esperara por algún barco en un muelle para llevarlo al puerto. Cuando el remolcador termina la operación de llevar algún barco al puerto, este inmediatamente lleva al primer barco esperando hacia el muelle vacío. En caso de que no haya barcos en los muelles, ni barcos en espera para ir al muelle, entonces el remolcador se queda en el puerto esperando por algún barco para llevar a un muelle. Simule completamente el funcionamiento del puerto. Determine el tiempo promedio de espera en los muelles.

## Principales ideas y algunas observaciones

Se utilizo el lenguaje Python para darle solución al problema (simularlo). En esta solución se tomo la posibilidad de poner otros muelles para la carga de barcos, pero no se tomó la perspectiva de poner mas de un remolcador ya que cambiaría significativamente las muestras tomadas, la generación de variables con distribución uniforme (0,1) fue echa con la herramienta dada por Numpy, además se implementó la distribución Normal y la Exponencial.

Para la implementación de la distribución Exponencial se utilizo  $x = -\left(\frac{1}{\lambda}\right) \log(U)$  utilizando la transformada inversa

Y para la distribución Normal usando el método de Box Müller.

Se tuvo un problema a la hora de simular el problema usando los parámetros lambda dando muestras que no estaban relacionada con la realidad que se quería buscar por lo tanto se utilizo  $\frac{1}{\lambda}$  dándonos valores un poco más reales.

En todo caso, si fuera necesario volver a utilizar la formula inicial no tuviera ningún inconveniente ya que solamente seria cambiar la forma de tomar lambda en la solución.

## Modelo

### Eventos tomados en cuenta:

- ✓ El remolcador se dirige solo al puerto
- ✓ El remolcador lleva a un carguero al puerto (donde damos la salida del sistema)
- ✓ El remolcador lleva a un carguero al muelle
- ✓ El carguero comienza a cargar dependiendo de su tamaño

### Variables

1.  $t$ : tiempo de la simulación (Tiempo)
2.  $N_{in}$ : llegadas al sistema (Contadoras)
3.  $N_{out}$ : salidas del sistema (Contadoras)
4.  $T$ : tiempo total de la simulación (Entrada-Salida)
5.  $A(n)$ : tiempo de llegada de un carguero  $n$  (Entrada-Salida)
6.  $M(n)$ : tiempo de llegada de un carguero al muelle (Entrada-Salida)
7.  $L(n)$ : tiempo de carga del carguero (Entrada-Salida)
8.  $D(n)$ : tiempo de salida del carguero (Entrada-Salida)

### Variables de estado

$$SS = (n, m_1, m_2, m_3, r, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_p)$$

1.  $n$  cargueros en el sistema
2.  $m(i)$  carguero cargando en el muelle  $i$
3.  $r$  representa al remolcador
4.  $b_1$  representa al carguero que está siendo remolcado
5.  $l(i)$  cargueros en la cola del puerto
6.  $c(i)$  los cargueros en la cola para entrar a un muelle

### Casos de los eventos

- ✓  $SS = (0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, \dots 0)$  caso inicial
- ✓  $SS = (n, 0, m_2, m_3, r, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_p)$ , representa que el muelle  $i$  esta vacío ( $i=1$ )

- ✓ Si el remolcador estuviera ocupado  $r$  tendría 0, tendría 1 y 2 si estuviera esperando en el puerto y muelle respectivamente

- ❖  $t_a$ : arribo de un carguero
- ❖  $t_p$ : tiempo del viaje del remolcador al puerto
- ❖  $t_m$ : tiempo del viaje del remolcador al muelle
- ❖  $t_i$ : tiempo de carga

### Caso Inicial

$$t = N_{in} = N_{out} = 0$$

$$t_p = t_m := t_i = \infty$$

$$SS = (0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$$

Generar  $T_0$  y hacer  $t_a = T_0$

### Caso de llegada de un carguero

(si el remolcador está esperando en el puerto)

- Hacer  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, Na, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots, c_k)$   
(enviar al carguero hacia un muelle)

Si  $SS = (n - 1, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots, c_{k-1})$ :

(si el remolcador está ocupado)

- Hacer  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots, c_{k-1}, c_k)$ :  
(poner el carguero en la cola)

Si  $SS = (n - 1, m_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots, c_{k-1})$ :

(el remolcador está en los muelles, todos los muelles llenos)

- Hacer  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots, c_{k-1}, c_k)$ :  
(ponerlo en la cola)

$A(Nin) = t$  (el tiempo de arribo del tanquero Nout es  $t$ )

Caso remolcador lleva tanquero al muelle:

Si  $SS = (n, o, m_2, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$ :

Si  $SS = (n, m_1, o, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$ :

Si  $SS = (n, m_1, m_2, o, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$ :

(Hay solo un muelle vacío)

- Si  $l_1 \neq o$ ,  $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 0, l_1, l_2, l_3, 0, c_1, c_2, \dots c_k)$   
(saco de la cola y regresa en el remolcador al puerto)
- Si  $l_1 = o$ ,  $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$   
(dejo el tanquero en el muelle y el remolcador espera en el muelle)

Si  $SS = (n, o, o, m_3, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$  :

Si  $SS = (n, m_1, o, o, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$  :

Si  $SS = (n, o, m_2, o, o, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$  :

(Hay al menos 2 muelles vacíos)

- Si  $l_1 \neq o$ ,  $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 0, l_1, l_2, l_3, 0, c_1, c_2, \dots c_k)$   
(el primero de los que está en cola después de ser cargado regresa en el remolcador al puerto)
- Si  $l_1 = o$ ,  $SS = (n, b_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$   
(dejo el tanquero en el muelle y regreso al puerto)

**Caso remolcador llega al puerto:**

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge c_1 \neq o$  :

(llega al puerto con un tanquero y hay otro en cola esperando)

- $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, c_1, l_1, l_2, l_3, c_2, \dots c_k)$

(llevo al muelle al primero que este en la cola esperando)

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$

(llega al puerto con un tanquero y no hay otro en cola)

- $D(b_1) = t$  (guardo el tiempo en que el tanquero salió del sistema)

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) \wedge c_1 \neq 0 :$

(llega al puerto solo y hay algún barco en cola esperando)

- $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, c_1, l_1, l_2, l_3, c_2, \dots c_k)$

(llevo al muelle al primero que este en la cola esperando)

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$

(si el remolcador llego vacío y no hay nadie esperando en la cola)

- $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 1, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$

(el remolcador se queda esperando a que llegue algún tanquero)

### **Caso carguero termina de cargar:**

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 0, b_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 1, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$

(el remolcador está moviendo un tanquero o está en el puerto)

(el remolcador que termino de cargar se pone en cola para volver al puerto)

Si  $SS = (n, m_1, m_2, m_3, 2, 0, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k) :$



(el remolcador está en el puerto esperando)

$$SS = (n, 0, m_2, m_3, 0, m_1, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$$

$$SS = (n, m_1, 0, m_3, 0, m_2, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$$

$$SS = (n, m_1, m_2, 0, 0, m_3, l_1, l_2, l_3, c_1, c_2, \dots c_k)$$

(si termino el remolcador en el muelle i, el remolcador comienza a llevarlo al puerto)

## Conclusiones

Estos son los datos simulados, tomando en cuenta que el tiempo de espera de un carguero es desde que el carguero termina de cargar hasta que el remolcador lo saca del muelle años

Tiempo	43800 horas	525600 horas	1314000 horas
Desde que llega al puerto hasta que el remolcador lo regresa al puerto	69.93701514697221	70.21183957513998	81.44698075127432
Desde que termina de cargar hasta que el remolcador lo saca del muelle	51.35390896541129	51.614703075225364	62.79157484435037