

# Primer Proyecto de Simulación

Canal Marítimo

27 de marzo de 2020



Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de la Habana

**Autor:** Daniel Alberto García Pérez **C412**

# 1. El Problema

Un canal marítimo consiste en una o más esclusas colocadas en diques consecutivos de manera que la combinación de estas permite el ascenso o descenso de los barcos, permitiendo el acceso del barco al dique siguiente. Estos canales son usados para la navegación a través de aguas turbulentas o para atravesar terrenos terrestres. Se desea conocer el tiempo de espera de los barcos para el uso de un canal con 5 diques para su funcionamiento.

La operación de un canal puede ser dividido en dos ciclos muy similares que llamaremos ciclo de subida y ciclo de bajada. El ciclo de subida comienza con la compuerta del nivel superior cerrada y la compuerta del nivel inferior abierta. Los barcos esperando en el nivel inferior entran en el dique. Cuando los barcos se acomodan dentro del dique las puertas del nivel inferior se cierran y las puertas del nivel superior se abren y el agua del nivel superior inunda el dique, haciendo la función de un elevador marítimo. Luego los barcos pasan al nivel superior, dejando el dique vacío. El ciclo de bajada consiste en el funcionamiento opuesto del ciclo descrito.

Ambos ciclos tienen las mismas 3 fases para su cumplimiento, que se pueden llamar como fase de entrada, fase de transporte y fase de salida respectivamente. La fase de entrada consiste en abrir las puertas del nivel inferior y dejar entrar a los barcos esperando hasta que estos se acomodan dentro del dique, la duración de este proceso depende del tiempo de apertura de las compuertas que distribuye de manera exponencial con  $\lambda = 4$  minutos y el tiempo que se demora cada barco en entrar al dique, que distribuye de manera exponencial con  $\lambda = 2$  minutos independientemente del tamaño de cada barco. Los barcos a entrar en el dique son tomados de manera secuencial de la cola de arribo de los barcos y en caso de que algún barco no quepa en el dique, el siguiente en la cola toma su lugar, en caso de que ningún barco quepa en el dique, la fase comienza sin llenar la capacidad del dique. La fase de transporte incluye cerrar la compuerta del nivel inferior, la apertura del nivel superior y el llenado del dique, esta fase tiene un tiempo de duración que distribuye de manera exponencial con  $\lambda = 7$  minutos. La fase de salida se compone por la salida de los barcos del dique así como el cerrar la puerta del nivel superior, esta fase tarda un tiempo que distribuye de manera exponencial con  $\lambda = 1,5$  minutos por cada barco en el dique.

El número total de barcos que pueden ser acomodados en un dique depende del tamaño físico de los barcos. Estos tienen 3 tamaños distintos: pequeño, mediano y grande y el tamaño de cada uno de estos corresponde a la mitad del anterior. Cada dique puede albergar 2 filas con espacio para el equivalente a 3 barcos medianos (1 grande y dos pequeños). El tiempo de arribo de los barcos distribuye de acuerdo con la función Normal y dependen del tamaño del barco así como de la hora del día (el canal funciona de 8 am a 8 pm), los parámetros de la función se resumen en la tabla siguiente.

|         |                          |                          |                          |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Tamaño  | 8:00 am - 11: am         | 11:00 am - 5:00 pm       | 5:00 pm - 8 pm           |
| Pequeño | $\mu = 5, \sigma^2 = 2$  | $\mu = 3, \sigma^2 = 1$  | $\mu = 10, \sigma^2 = 2$ |
| Mediano | $\mu = 15, \sigma^2 = 3$ | $\mu = 10, \sigma^2 = 5$ | $\mu = 20, \sigma^2 = 5$ |
| Grande  | $\mu = 45, \sigma^2 = 3$ | $\mu = 35, \sigma^2 = 7$ | $\mu = 60, \sigma^2 = 9$ |

Simule el funcionamiento del canal. Estime la suma de los tiempos de espera de todos los barcos.

## 2. Principales Ideas seguidas para la solución del problema

El primer punto a tratar será la llegada de los barcos al canal. En la orientación se habla de que ello seguía una distribución normal que dependía del tipo de barco y del horario, lo anterior fue interpretado de la siguiente forma, dichas llegadas fueron simuladas con lo que vendría siendo un proceso de **Poisson**, pero en cambio de exponenciales, normales, cuyos parámetros se escogían dependiendo del tiempo en que se invocaban. Para el tipo de barco se tienen dos soluciones, decidir el tipo con una *Bernoulli*(1/3), o realizar 3 procesos uno para cada tipo y mezclar los eventos cronológicamente. Se analizarán ambas consideraciones en los resultados.

Se tenían 5 diques en forma consecutiva, se asumió que entre un dique y otro existía el espacio suficiente como para que se pudiese hacer cola delante de cualquier dique, en caso de estar ocupado por un grupo de barcos. Lo siguiente a lidiar fue la capacidad de los diques, con la cual se lograba el efecto de agrupar barcos dependiendo de su tamaño como se indicaba en la orientación; los mismos son agrupados una vez por el 1er dique y de ahí en adelante seguirán juntos por el resto del viaje, pues siempre cabrán perfectamente en los siguientes 4 diques, nadie se les podrá unir pues sino lo habrían hecho en el 1er dique.

Cada dique y cada una de sus tres fases fueron tomadas como un todo, o sea un dique no podía estar al mismo tiempo realizando dos fases a dos grupos de barcos diferentes. Para que un grupo de barcos entrase a un dique, el mismo no debe estar durante ninguna fase.

El resto de las simplificaciones tomadas es que se ignoran los tiempos que toma un barco llegar de la salida de un dique a la entrada del siguiente, y por supuesto estos se mueven a una velocidad igual, que no depende del tamaño lo que evita que algún barco adelante a otro en estos cambios de diques.

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

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado el Modelo utilizado fue el de múltiples servidores en serie, de la siguiente forma. Se generan la llegada de los barcos, y se forman grupos de forma tal que quepan en las dos filas, siguiendo las reglas de descartar y buscar el 1ro que quepa, luego de formados los grupos, estos se tomaran como un solo cliente, pero siempre conservaremos los tiempos de llegada de cada barco en la información del cliente(grupo de barcos), tomando a los diques como los servidores en serie tendríamos lo necesario para este modelo, la única diferencia del modelo clásico es que los tiempos de espera en cada servidor(dique) depende de la estructura del grupo de barcos, o sea de la cantidad de barcos que alberga, por lo que se le realizó una modificación al algoritmo y en este caso se tendrán en memoria toda la cola de espera de cada dique.

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

A continuación los resultados obtenidos, después de mil simulaciones realizadas:  
Haciendo los tres procesos de llegadas por tipos y mezclando:

- Cantidad de barcos promedio de cada tipo: [55.123, 82.85, 35.545]
- Cantidad de barcos promedio: 173.518
- Cantidad de tiempo promedio que tarda en cruzar un barco: 29.51881941461004
- Suma de tiempos de todas las esperas de los barcos promedio: 5121.787750448447

Decidiendo el tipo de barco con una **Bernoulli**:

- Cantidad de barcos promedio de cada tipo: [17.04, 17.129, 17.054]
- Cantidad de barcos promedio: 51.223
- Cantidad de tiempo promedio que tarda en cruzar un barco: 76.21193222246953
- Suma de tiempos de todas las esperas de los barcos promedio: 3880.6907522048255

Podemos notar en el 1er caso como los barcos medianos son la mayoría, pues tienen las normales que arrojan los menores valores, con lo cual llegan con mayor frecuencia. El tiempo de espera promedio es de una media hora.

En el segundo caso, la cantidad de barcos es mucho menor claro está, por lo que el tiempo de espera aumenta, pues en el 1er dique se perderá mucho tiempo a la espera del barco que llene la capacidad. La cantidad por tipos es muy semejante pues los estamos decidiendo con una **Bernoulli**, de todas formas los medianos vuelven a ser la mayoría pero por un margen muy pequeño.

## 5. El enlace al repositorio del proyecto en Github

<https://github.com/CONKER/Sea-Channel.git>

# Índice

|  |   |
|--|---|
| 1. El Problema   | 2 |
| 2. Principales Ideas seguidas para la solución del problema                            | 3 |
| 3. Modelo de Simulación de Eventos Discretos desarrollado para resolver el problema    | 4 |
| 4. Consideraciones obtenidas a partir de la ejecución de las simulaciones del problema | 4 |
| 5. El enlace al repositorio del proyecto en Github                                     | 5 |