

# RESUMEN

---

En el ejercicio de la planificación de puertos es fundamental buscar el equilibrio entre los tráficos esperados en un determinado horizonte de tiempo y la capacidad de las infraestructuras. Dada la especialización que han sufrido los puertos, resulta lógico analizar dichos equilibrios para cada tipo de mercancía. Esta tesis se centra en el estudio de la capacidad de las terminales de contenedores y en concreto de sus muelles, la cual es cambiante en el tiempo, quedando supeditada a unas condiciones concretas de explotación y de aceptación de la calidad del servicio ofrecido a los clientes.

Las formulaciones que se han empleado hasta el momento en el cálculo de la capacidad de los muelles se desarrollaron en los años 70, cuando la situación de los puertos, las cargas e incluso los buques era totalmente diferente a la realidad de las terminales actuales. Estas formulaciones llevaban implícita la concepción del muelle como un sistema de esperas, caracterizado por la distribución de las llegadas de los buques a la terminal, la distribución de los servicios en el muelle, y un número de atraques. La resolución del sistema se llevaba a cabo mediante teoría de colas, la cual solamente es aplicable en limitados casos.

En esta tesis se ha llevado a cabo un estudio de las terminales de contenedores españolas con el fin de determinar si la teoría de colas podría resolver el sistema de esperas, y analizar si resulta aceptable aplicar una formulación que asume un muelle explotado de manera discreta (compuesto por un número de atraques constante y determinado), en unos muelles cuya realidad es bien distinta: los muelles están formados por una línea continua, siendo el número de buques atracados función de las esloras de aquellos que en cada momento están atracados en la terminal.

Este estudio ha sido revelador, las llegadas de los buques a las terminales se distribuyen de manera aleatoria, mientras que las duraciones de los servicios se distribuyen según funciones Erlang K, donde K varía entre 3 y 6 según la terminal. En base a estos datos, la teoría de colas no es aplicable, de manera que para poder estimar la capacidad ha sido necesario recurrir a herramientas de simulación. Para ello, se han analizado diversas herramientas existentes en el mercado, las cuales están preparadas para simular sistemas discretos. Sin embargo, dada la necesidad de simular también sistemas continuos se han tenido que descartar las herramientas comerciales y en esta tesis se ha desarrollado una herramienta capaz de simular muelles tanto discretos como continuos. En este último caso el muelle ya no sólo es caracterizado por tres variables, sino por una gran cantidad de ellas, por lo que para analizar la afección de cada una se han llevado a cabo análisis de sensibilidad.

Los resultados han sido claros: se pueden estar cometiendo graves errores aplicando formulaciones discretas sobre muelles explotados de manera continua, incluso haciendo traslaciones entre muelles continuos y discretos.

Con el programa de simulación desarrollado se ha analizado la afección que tienen ciertas variables sobre la tasa de ocupación de los muelles. Una de estas ha sido la distribución de esloras, para lo cual se han analizado esloras de distribuciones constantes, uniformes y

Nueva determinación de la capacidad de muelles en terminales de contenedores mediante técnicas de simulación.

triangulares de diferentes medias y desviaciones típicas. Otra variable estudiada ha sido el criterio de asignación de atraque, diferenciando el caso de realizarse enmendadas del caso en el que los buques se posicionan en unos huecos determinados, al igual que el posicionamiento del buque dentro del hueco. El objetivo con todo ello era establecer una regla práctica de manera que los planificadores pudieran aplicarla sin necesidad de recurrir en cada caso a herramientas de simulación.

A la vista de los resultados se ha podido concluir que no es posible establecer una regla práctica para hacer la traslación entre un muelle explotado de manera continua y un muelle conceptualizado de manera discreta. Por tanto, se aconseja en todo momento acudir a herramientas de simulación que permitan aproximarse a la realidad de la explotación de cada muelle, simulando diversos escenarios con el fin de que los expertos puedan tomar una determinación.