

INFLUENCIA DE LAS VARIABILIDADES DE LA DEMANDA DE ATRAQUE EN EL ALMACENAMIENTO DE TERMINALES DE CONTENEDORES

José Aguilar¹, Roser Obrer-Marco²

1. Dpto. de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia. Edificio 4A. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, jaguilar@upv.es

2. Dpto. de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia. Edificio 4A. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, roobmar@upv.es

RESUMEN

En diversas fuentes y aunque con diferencias, siempre conceptualmente menores, podemos encontrarnos expresiones sencillas que permiten dimensionar el almacenamiento de terminales portuarias, como puede ser la siguiente:

$$C = V_a \cdot \frac{365}{T_E} \cdot K_p$$

Donde V_a es el volumen de almacenamiento aprovechable; $\frac{365}{T_E}$ es el número de rotaciones al año del almacenamiento (donde T_E sería tiempo medio de estancia del contenedor en el almacenamiento); y K_p es un coeficiente que mediría las irregularidades de las entradas y salidas de los contenedores en dicho almacenamiento.

Diferentes autores proponen diversas formas (uno o dos coeficientes) y valores para este último coeficiente, pero en todo caso se echa en falta un cierto rigor a la hora de justificar los valores para el mismo.

El propio valor de T_E engloba un conjunto de situaciones que también conviene tener en cuenta. En primer lugar hay que mencionar las importantes diferencias de comportamiento entre los contenedores *import*, los *export*, los trasbordos y los vacíos.

Ligteringen (2012) expone que las llegadas o salidas de contenedores siguen una ley, creciente en el embarque, y decreciente en el desembarque, que para este último caso (en el otro sería la simétrica) se puede expresar así:

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{T_{Max} - t}{T_{Max} - 1} && \text{para } 1 < t < T_{Max} \\ f(t) &= 1 && \text{para } 0 < t < 1 \\ f(t) &= 0 && \text{resto} \end{aligned}$$

... donde T_{Max} es la duración máxima de estancia del contenedor en el patio (o mejor y como Ligteringen indica, del 98% de ellos, por ejemplo), resultando $T_E = (T_{Max} + 2)/3$.

La ROM 2.0-2011 propone una forma diferente al expresar la función de densidad de la variable "tiempo de estancia del contenedor *import* en el almacenamiento t ":

$$f(t) = \frac{e^{-t}}{T_E}$$

En el caso de contenedores *export*, se emplearía una expresión simétrica. Dicha ROM propone una simplificación drástica, sustituyéndola por la distribución uniforme siguiente

$$f(t) = \frac{1}{2 \cdot T_E} \text{ para } 0 < t < T_E$$

$$f(t) = 0 \quad \text{resto}$$

Para el caso de contenedores de trasbordo, a esta ROM indica que resulta mucho más difícil formular algo, pues como bien indica Martín (2014), estas partidas se mueven concentradas en el tiempo, tanto en el desembarque como en el embarque. Esta ROM propone que las estancias medias en el almacenamiento tienen un valor medio igual al de las llegadas medias de buques a la terminal, 1. Dicho esto, la ROM sugiere emplear técnicas de simulación. Pero no propone ningún criterio de cómo abordarlo. Y a continuación formula los valores medios de la capacidad del almacenamiento, con base en los diferenciados valores medios de los tiempos de estancia de los tráficos *import-export* o trasbordo.

Además de estas consideraciones acerca de la estancia de los contenedores en el patio, hay que tener presente que existen otras dos causas de irregularidad en el flujo de contenedores:

- Una de estas causas, la variabilidad estacional del tráfico, inherente a las necesidades que impone el comercio. Esto se traduce acusadamente para el tráfico *import* en un flujo de tráfico no estacionario, sensiblemente mayor en los periodos de alto consumo. El tratamiento de este comportamiento puede no requerir emplear coeficiente alguno, sino simplemente dimensionar el parque para el tráfico estacional del que se trate, y no para el valor medio anual.
- La variabilidad del tiempo de servicio (carga y descarga) no es significativa porque el valor en las operaciones habituales puede oscilar entre 15 a 30h, siempre pues medidas en horas, mientras que las variabilidades de la demandad del almacenamiento se medirían en términos de días. Sin embargo, las llegadas de los buques, cuyo intervalo entre llegadas también se mide en horas, se caracterizan por producir fenómenos de concentración en un conjunto de días consecutivos, lo que sí que resulta significativo que produzca efectos en el almacenamiento. Es para este fin que Rodríguez (1985) había propuesto lo que denominaba 'coeficiente de margen' proponiendo valores para él (a falta de mejores datos, expresaba) entre 1,25 y 1,50.

En resumen, la ponencia propone dar valores al coeficiente K_p , que estén soportados por criterios objetivos, obtenidos a partir de la simulación numérica de un modelo que represente las llegadas de los buques, con la irregularidad debida a la distribución que las caracterice (bien sean sucesos Poisson, o bien distribuidos por una función Erlang de orden K bajo); y las entradas y salidas de los contenedores expresadas por alguna de las funciones anteriores.

Para cada caso se obtiene una curva de demanda de almacenamiento, como muy apropiadamente propone Martín (2014), que en nuestro caso conviene representar por un valor centrado y otro sesgado (percentil) por cuya comparación podemos obtener la influencia de la demanda de atraque en la citada demanda del almacenamiento.

REFERENCIAS

- Ligteringen H. y Velsink H. (2012) *Ports and terminals*.
- Martín, E. *Strategies for Improving Import Yard Performance at Container Marine Terminals*. PhD Tesis. Universitat Politècnica de Catalunya. Julio 2014.
- Monfort, A. et al., (2011) *Manual de capacidad portuaria: aplicación a terminales de contenedores*. Valencia, Fundación Valenciaport.
- Rodríguez, F., (1977) *Capacidad de los Muelles*. Madrid, MOPU.
- Rodríguez, F., (1985) *Dirección y explotación de puertos*. Madrid, Puerto Autónomo de Bilbao.
- ROM 2.0-11, (2011) *Recomendaciones para el proyecto y ejecución en obras de atraque y amarre*. Madrid, Ministerio de Fomento.