

2. Conceptos básicos de las terminales de contenedores

El principal objetivo de las terminales de contenedores es servir como nodo para el intercambio modal en las redes de transporte, para lo cual es necesaria una infraestructura física e informática adecuada a los modos de transportes especializados en el manejo de contenedores. Autores como Camarero y Gonzales (2005), Sagarra y Larrucea (2007) y Moya y Gómez (2009) realizan trabajos enfocados al transporte en contenedor, las cadenas integradas de transporte y los diferentes actores de la intermodalidad.

En este capítulo se verán los conceptos generales referentes a las terminales marítimas de contenedores. Del mismo modo se muestra una clasificación y pequeña exposición sobre las diferentes tipos de terminales y maquinaria utilizada para la manipulación de la mercancía.

2.1. Principales tipos de terminales de contenedores

En la actualidad existen dos principales tipos de terminales de contenedores, las cuales tienen tanto similitudes como diferencias. Yap y Lam (2004) realizan un estudio microeconómico de las relaciones entre los puertos secos y los puertos marítimos de contenedores analizando aspectos como la competencia y complementariedad.

2.1.1. Terminal de contenedores portuaria

Un puerto polivalente atiende a buques que transportan tráfico heterogéneo pero presentan características genéricas idénticas. No obstante debido a la tendencia observada a nivel mundial de contenerización de la mercancía general, muchas terminales polivalentes terminarán convirtiéndose en terminales especializadas en contenedores.

Para que un puerto sea catalogado como terminal de contenedores portuaria (TCP) debe contar con instalaciones especializadas para el manejo de todos los diferentes tipos de contenedores sin importar que tipo de carga contengan. Además de permitir el interfaz entre los diferentes modos de transporte. En la figura 1 se puede ver el *layout* típico de una TCP.

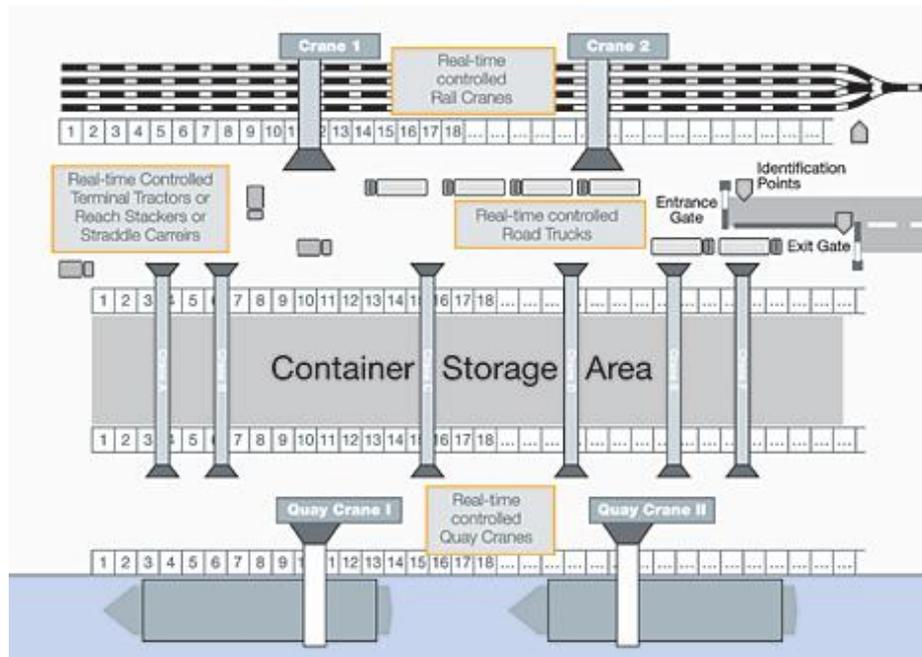


Figura 1. Layout de una terminal marítima de contenedores portuaria

Fuente: Ports o'call for O.R. problems. OR/MS Today (2007): 36-40

En la figura anterior se puede apreciar claramente las cuatro principales zonas de operación de las TCP, las cuales se definirán con más detalle a continuación:

- Zona de operación: llamada en inglés como *"Ship Operation"* que corresponde a la zona junto a los muelles donde se realizan las actividades de descarga y carga de contenedores a los buques.
- Zona de almacenamiento: conocida en inglés como *"Container Yard Operation"*. En la cual se almacenan los contenedores. Esta zona debe estar muy bien comunicada con todas las zonas de la terminal.
- Zona de cambio de modo de transporte: encontrada en la literatura inglesa como *"Receipt/Delivery Operation"* y es en esta zona donde se realizan las actividades de carga y descarga de contenedores a los medios de transporte terrestres (camiones y trenes).
- Zona de servicio: esta zona dependiendo del tipo de terminal puede tener algunos cambios pero en general es aquella en donde están las oficinas de control, talleres de reparación, aparcamientos, aduanas, entre otros y se encuentra en la literatura inglesa como *"CFS Operation"*.

2.1.2. Puerto seco

Encontrado en la literatura inglesa como “*Dry Port*” es aquella terminal que se encuentra dentro de los países y no sobre las costas, en la mayoría y mejor de los casos cerca a las grandes ciudades y zonas productivas, conectada directamente con los puertos origen-destino de sus cargas, a través de la red ferroviaria. En la figura 2 se puede ver el puerto seco de Madrid.



Figura 2. Puerto seco

Fuente: © Puerto de Madrid

Este tipo de puertos permite el cambio de transporte de tren a camión y viceversa. Tiene instalaciones y equipos de manipulación muy parecidos a los de un terminal ferroviario de mercancías. Las diferencias son de carácter administrativo ya que es posible posponer aspectos legales a los que se tienen que someter las mercancías en las TCP; como inspecciones aduaneras y otros tipos de peritaje lo que permite agilizar la salida de contenedores de los puertos y así descongestionarlos.

2.1.3. Principales servicios ofrecidos por una terminal de contenedores

Cuando una TCP cumple su objetivo de servir como nodo para el cambio del modo de transporte. En su operativa interna ha realizado diferentes procesos o servicios que en conjunto permiten lograr el objetivo general. Brevemente se nombran los tres principales servicios que son ofrecidos por las terminales portuarias.

2.1.3.1. Descarga o carga de buques

Este servicio es proporcionado a las líneas de transporte marítimo y comprende la descarga de los contenedores que llegan a la TCP con destino final o en tránsito y de manera contraria la carga de los contenedores que salen de la TCP. Es enfocado

a las líneas de transporte marítimo ya que son estas las que directamente están afectadas por el tiempo que demora la operación, el cual depende de la velocidad de carga y descarga medida en TEUs/hora. (Un TEU equivale a un contenedor de 20 pies).

Para minimizar el tiempo que permanece un buque en el puerto se debe tener en cuenta la disponibilidad de maquinaria que tenga la terminal para este en ese instante de tiempo además de la óptima programación de esta.

2.1.3.2. Almacenamiento temporal de mercancía

Este servicio es proporcionado a los dueños de la mercancía que está en el interior de los contenedores, la cual puede ser de importación o de exportación. Consiste en almacenar por poco tiempo los contenedores mientras llega el medio de transporte en que tiene que ser cargados. En general es un servicio igual para todos los contenedores ya que son apilados hasta la altura que la maquinaria del terminal permita en una zona que esta descubierta y por lo tanto sin ningún tipo de protección contra el clima.

Los contenedores frigoríficos tienen una zona de almacenaje especial debido a la necesidad de energía para mantener en funcionamiento el sistema de enfriado que poseen en donde se encuentra un conexión para cada uno de ellos, pero de igual forma que los otros no tienen ninguna protección contra el clima.

2.1.3.3. Cambio de modo de transporte

Este servicio es ofrecido tanto a las líneas navieras como a los dueños de la carga, se basa en el cambio del modo de transporte marítimo a terrestre, pero es complementado con aspectos como: conectividad con vías terrestres principales, posibilidad de trasbordo a barcazas que tengan como destino otros puertos más pequeños, trenes, etc.

2.2. El contenedor y sus principales tipos.

El contenedor es el actor principal en las terminales portuarias. Inició una revolución en el transporte que en poco más de 10 años ya mostraba la rápida aceptación de los comerciantes y los diferentes actores involucrados. Las navieras comenzaron a rediseñar sus buques de tal manera que pudiesen transportar estas nuevas unidades de carga, que proporcionaban, funcionalidad, rapidez y seguridad Bjorner (2007).

En sus inicios los diferentes actores como las líneas navieras o los empresarios dueños de las cargas quisieron diseñarlos de acuerdo a sus necesidades. Por lo tanto en 1965, la ISO (*International Standard Organization*) creó las normas para la estandarización de los contenedores, normalizando internacionalmente el contenedor en diseño, dimensiones, capacidad de carga, cubillaje, etc. Y lo definió así; “Se entiende por contenedor un instrumento de transporte que reúne las siguientes características:

- Carácter permanente o suficientemente resistente para permitir su uso repetido
- Especialmente concebido para facilitar el transporte de mercancías sin rotura de carga, por uno o varios modos de transporte
- Provisto de dispositivos que permitan su manipulación, principalmente al tiempo de su transbordo de un medio de transporte a otro
- Ideado de manera que resulte fácil su carga y descarga
- Su volumen interior es de un metro cúbico como mínimo”

Esta definición está registrada en la norma UNE 49-751 h1, junto con esta definición se establecieron los diferentes tipos de contenedores manejados y aceptados a nivel mundial de acuerdo a los propósitos o funcionalidades que tengan, entre los cuales tenemos:

- Contenedor corriente
- Contenedor para líquidos o gases
- Contenedor refrigerado
- Contenedor ventilado

Para este trabajo se tendrán en cuenta solo dos tipos de contenedores; los corrientes ya que las metodologías de manipulación y almacenaje son iguales para la mayoría de los contenedores; y los contenedores frigorífico que aunque pueden

ser manipulados con las mismas metodologías y maquinaria que el resto de contenedores, necesitan para su almacenamiento instalaciones especializadas que proporcionen energía a sus unidades de frío para que así puedan conservar en buen estado la mercancía que contienen. En la figura 3 se muestran los principales tipos de contenedores



Figura 3 Principales tipos de contenedores

Con respecto a las dimensiones de los contenedores en la tabla 1 se muestran de forma esquemática las medidas básicas de los más utilizados para el transporte de mercancía en el comercio mundial. Para este trabajo solo se tendrán en cuenta los contenedores de 20 y 40 pies.

Tabla 1 Tamaño de los contenedores

Nombre	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)
Contenedor de 20'	6.058	2.438	2.438
Contenedor de 40'	12.192	2.438	2.438
Contenedor High Cube	12.192	2.438	2.591

Esta información ha sido tomada de la norma UNE 49750

Tamaño de contenedores: En un intento por homogenizar los indicadores de eficiencia de las terminales portuarias, así como de establecer una unidad de medida reconocida y aceptada por todos los actores involucrados en el transporte marítimo de contenedores, el tamaño de un contenedor es expresado en términos de TEUs procede del acrónimo de lengua inglesa Twenty Feet-Equivalen Unit, en donde se toma como base la capacidad y tamaño del contenedor de 20' por lo cual un TEU es un contenedor de 8' pies de ancho, 8' de alto y 20' de largo (1 TEU = 1 contenedor de 20'), por ende un contenedor de 40' es equivalente a dos TEUs.

2.3. Buques portacontenedores

Los buques son otro de los principales protagonistas en la evolución de los puertos. Notteboom (2007), ya que como se comentó anteriormente se adaptaron a la aparición del contenedor para aprovechar sus beneficios y complementaron así la revolución del transporte marítimo al convertirse en el mejor medio de transporte para esta carga.

Los primeros buques que transportaron contenedores eran conocidos como *feeder* o barcazas, los cuales tenían una capacidad de 250 TEUs y fueron remplazados por la primera generación de portacontenedores que podían transportar más del triple de contenedores con capacidades alrededor de los 800 TEUs. Un gran salto en los avances del transporte marítimo pero que en la actualidad ha pasado al olvido por las capacidades de los nuevos buques que arriban a los puertos.

En la actualidad el mayor buque portacontenedores del mundo perteneciente a la naviera Maersk tiene capacidad para transportar 15.000 TEUs. Sus dimensiones son; 396.84 metros de eslora, 63.1 m de manga y 31 nudos de velocidad (aproximadamente 57 km/hora) lo que le permite lograr un tiempo de viaje de 4 días entre china y la costa oeste de EE.UU. En Polo y Díaz (2006) los autores concluyen que en la actualidad se está viviendo un nuevo fenómeno que lo han llamado gigantismo y que pone en grandes dificultades a los puertos.

Un factor detonante del gigantismo es la globalización, ya que las grandes industrias tienen proveedores en todas partes del mundo y distribuyen sus productos a la mayoría de las regiones. Según Martin y Gutiérrez (2008) “las empresas navieras que apuestan por dar un servicio global, cuentan con una flota a la medida y asuman el riesgo inversor que se les supone. En consecuencia, los puertos que quieran asumir el reto de estar entre los elegidos para esas navieras deberán contar con las capacidad suficiente para acogerlos”. En la figura 4 podemos ver la evolución de la flota marítima en los últimos 50 años.

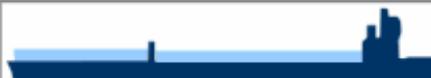
		Length	Draft	TEU
First (1956-1970)	 Converted Cargo Vessel	135 m	< 9 m	500
	 Converted Tanker	200 m	< 30 ft	800
Second (1970-1980)	 Cellular Containership	215 m	10 m 33 ft	1,000 – 2,500
Third (1980-1988)	 Panamax Class	250 m	11-12 m 36-40 ft	3,000
	 Post Panamax	290 m		4,000
Fourth (1988-2000)	 Post Panamax	275 – 305 m	11-13 m 36-43 ft	4,000 – 5,000
Fifth (2000-2005)	 Post Panamax Plus	335 m	13-14 m 43-46 ft	5,000 – 8,000
Sixth (2006-)	 New Panamax	397 m	15.5 m 50 ft	11,000 – 14,500

Figura 4. Evolución en la capacidad de los portacontenedores

Fuente: © Wikipedia

2.4. Infraestructura y equipos de manipulación de una terminal portuaria de contenedores

Las terminales portuarias tienen una infraestructura básica que les permite realizar el cambio de modo de transporte, pero debido a las exigencias del mercado, adquieren maquinaria especializada que les permita mejorar su rendimiento. La nueva tendencia que toma lugar en las TCP permite realizar operaciones de forma automatizada lo que ha dado lugar a nuevas propuestas en maquinaria y modelos de gestión tales como los desarrollados por Chu y Huang (2005), Chen et al (2003), Vidivic y Kim (2006) y Roop (2006). Estos autores realizan propuestas de automatización de las terminales para mejorar su rendimiento. De igual forma autores como Kim et al (2004a) y Ngai et al (2007) basados en herramientas tecnológicas proponen software para la gestión de las TCP y los contenedores. Se mostrará brevemente los tipos de maquinaria más usados en las terminales de contenedores portuarias.

2.4.1. Grúa pórtico

Las grúas pórtico son el principal equipo de manipulación para realizar la carga y descarga de contenedores en las terminales portuarias. Son de gran importancia ya que son el único equipo de manipulación en las TCP que puede realizar las operaciones para servir a los buques. En la figura 5 podemos ver las grúas pórtico en funcionamiento.

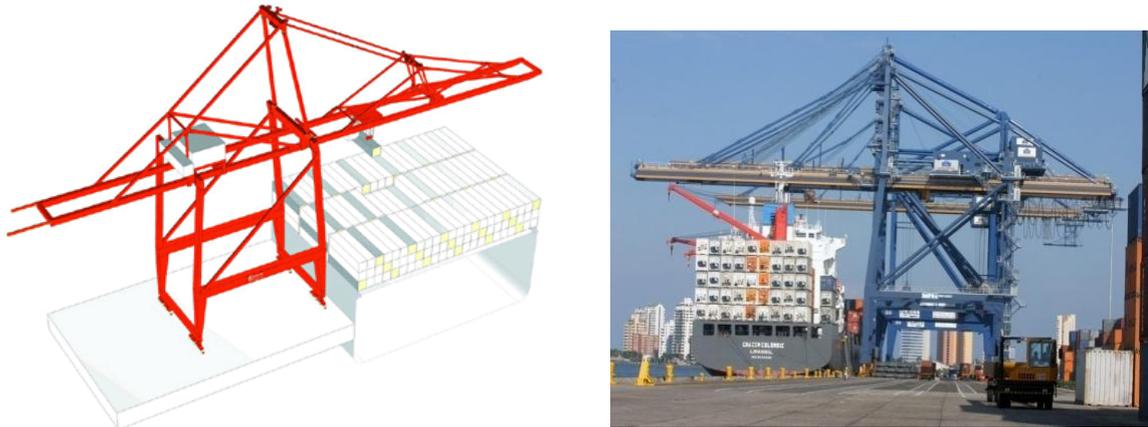


Figura 5. Grúa Pórtico de Muelle

Fuente: © Kalmar Industries

Las grúas pórtico han tenido que evolucionar de forma similar a los buques portacontenedores para poder adaptarse a la tendencia de gigantismo que se está presentando en los buques. Las principales características de las diferentes grúas pórtico son resumidas en la tabla 2.

Tabla 2 Evolución de las grúas pórtico

Tipo	Feeder	Panamax	Post-Panamax	Súper Post-Panamax
Alcance delantero en contenedores	10	13	16	22
Altura Spreader	25 m	30.50 m	33 m	40 m
Distancia entre carriles	15.24 m	15.24 m	30.48 m	30.48 m
Capacidad bajo Spreader	Hasta 40 t	Hasta 50 t	Hasta 65 t	Hasta 65 t
Translación de pórtico	30 m/min	45 m/min	45 m/min	45 m/min
Spreader telescópico	20'/40'/45'	20'/40'/45'	20'/40'/45'	20'/40'/45'

2.4.2. Grúas polivalentes

Las grúas polivalentes son aquellas que sirven para distintos propósitos y que en el contexto de la manipulación permiten manejar varios tipos de carga; entre los cuales están los contenedores. Aunque poco a poco dejan de estar en las grandes terminales de contenedores, su presencia continua en los puertos de los países en desarrollo ya que un cambio la maquinaria moderna representa inversiones muy altas. La figura 6 muestra una grúa polivalente.



Figura 6. Grúa pórtico de muelle polivalente

2.4.3. Grúas pórtico de almacenamiento

Este equipo de manipulación está presente en las terminales de contenedores de costas y de interiores ya que su función es tomar contenedores de los bloques de almacenamiento para posteriormente ponerlos en tierra o sobre otro medio de transporte (tren o camión) y viceversa. Estas pueden tener su sistema de desplazamiento con ruedas de neumático o ruedas para rieles de ahí que se encuentran en la literatura inglesa como “Rubber Tired Gantry – RTG” (Grúa pórtico sobre neumáticos) y “Rail Mounted Gantry – RMG” (Grúa pórtico sobre rieles). En la figura 6 se muestra una RTG.



Figura 7. Grúa pórtico de almacenamiento

2.4.4. Carretilla pórtico

Este equipo de manipulación es uno de los que más se desplaza por toda la terminal de contenedores, en la literatura se encuentra como “*straddle carriers*” y su principal función es tomar los contenedores que han colocado en tierra anteriormente otros equipos de mucho mayor tamaño para llevarlos a otro lugar. En la figura 8 se puede ver un *straddle carriers* movilizando un contenedor de 40’.



Figura 8. Carretilla pórtico

Sus ventajas son que no necesitan de otros equipos de manipulación para tomar, movilizar y descargar un contenedor. Todo esto depende de la distribución de los contenedores en la zona de almacenamiento y la capacidad en altura del *straddle carriers*. Son bastante versátiles, tiene capacidad para transportar máximo 2 contenedores de 20’ o uno de 40’ y pueden apilar hasta 4 contenedores de altura.

2.4.5. Equipos de manipulación frontal

Debido a las diferentes situaciones que se pueden presentar al momento de tomar un contenedor que está apilado, existen estos equipos de manipulación frontal entre los cuales están la grúa apiladora (Reach Stacker), el cargador frontal (Front lift Truck), entre otros, los cuales a diferencia de la carretilla pórtico no son tan versátiles pero si pueden soportar gran cantidad de peso. En la parte izquierda de la figura 9 se puede ver este equipo apilando un contenedor y en el lado derecho realizando un desplazamiento por la terminal.



Figura 9. Equipos de manipulación Frontal
Fuente: © Kalmar Industries

2.4.6. Camiones con plataformas

Los camiones son muy utilizados en los terminales de contenedores para el transporte horizontal de mercancías, esto es debido a que son más rápidos que los equipos de manipulación frontal, complementándolos de esta forma. Pueden llegar a transportar con varias plataformas más de un contenedor como es mostrado en la figura 10, además de ser muy versátiles.



Figura 10 Camiones con plataformas

2.4.7. Vehículos Auto-guiados

En las principales TCP del mundo durante los últimos años se han incorporado a los equipos de manipulación los vehículos auto-guiados, encargados de la movilización de contenedores dentro de la terminal. Existen dos tipos de estos vehículos; los AGVs (Automated Guided Vehicles) y los ALVs (Automated Lift Vehicles). Ambos tienen como objetivo movilizar los contenedores dentro de la terminal de forma autónoma, pero los ALVs además pueden tomar y dejar contenedores en ciertos lugares sin la ayuda de ningún otro equipo de manipulación. En la figura 11 podemos ver un AGV transportando un contenedor de 40 pies.



Figura 11 Vehículo Auto-guido AGV

La utilización de vehículos auto guiados para la manipulación de contenedores en los puertos ha dado lugar a trabajos como los propuestos por Vis y Harika (2004) y Yang et al (2004) en los cuales utilizando modelos de simulación, se evalúa el rendimiento de dos tipos de vehículos auto guiados distintos AGV y ALV. Liu et al (2004) proponen un modelo de simulación para evaluar el rendimiento de vehículos auto guiados en dos terminales de contenedores con diferente estrategia de almacenamiento de contenedores en la explanada, los autores determinan el número óptimo de este tipo de vehículos que deben ser utilizados en cada caso.

En la figura 12 se realiza una comparación de algunos de los equipos de manipulación explicados anteriormente. Para medir el rendimiento de cada uno se tiene en cuenta la movilización de contenedores en TEUs por hectárea. Al analizar la figura se puede ver que las grúas de explanada RTG son más eficientes que las RMG de ahí que sean las más utilizadas en las TCP y el equipo de manipulación con menos capacidad de movilización son los camiones, esto es debido a que depende de otro equipo de manipulación para poder ser utilizados.

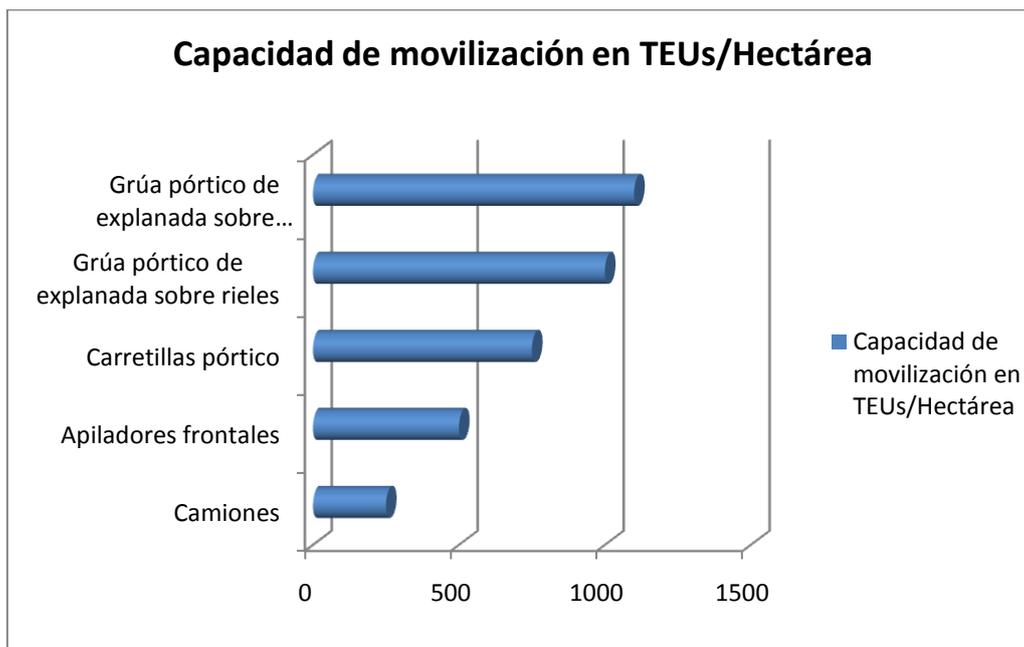


Figura 12. Capacidad de los equipos de manipulación utilizados en las TCP
Fuente: Elaboración propia basado en datos de Kalmar Co.