

Introducción

En los números anteriores de PORTUS se han analizado las infraestructuras u obras marítimas exteriores portuarias y las obras marítimas interiores, todo ello dentro del Capítulo 2: ¿Cómo es el Puerto?

En esta misma línea vamos a hablar ahora de las infraestructuras e instalaciones terrestres en un puerto u obras terrestres portuarias. La más característica de todas ellas es, sin duda, la terminal portuaria.

Como se ha visto en el Capítulo 1, la terminal portuaria constituye la instalación donde se realiza la transferencia de la mercancía entre el modo marítimo y terrestre y viceversa.

En aquel capítulo se habló de los diferentes tipos de terminales portuarias existentes. En el presente y en los próximos números de PORTUS nos centraremos en alguna de las más características de todas ellas: contenedores, mercancía general convencional, granel sólido, granel líquido, pasajeros de línea regular y cruceros.

El presente artículo se dedica a describir los aspectos más relevantes de una terminal marítima de contenedores.

En el desarrollo del mismo y antes de entrar propiamente a hablar de la terminal de contenedores hablaremos, a modo de introducción, de una serie de aspectos generales sobre el tráfico de contenedores.

Consideraciones generales sobre el tráfico de contenedores

El transporte marítimo

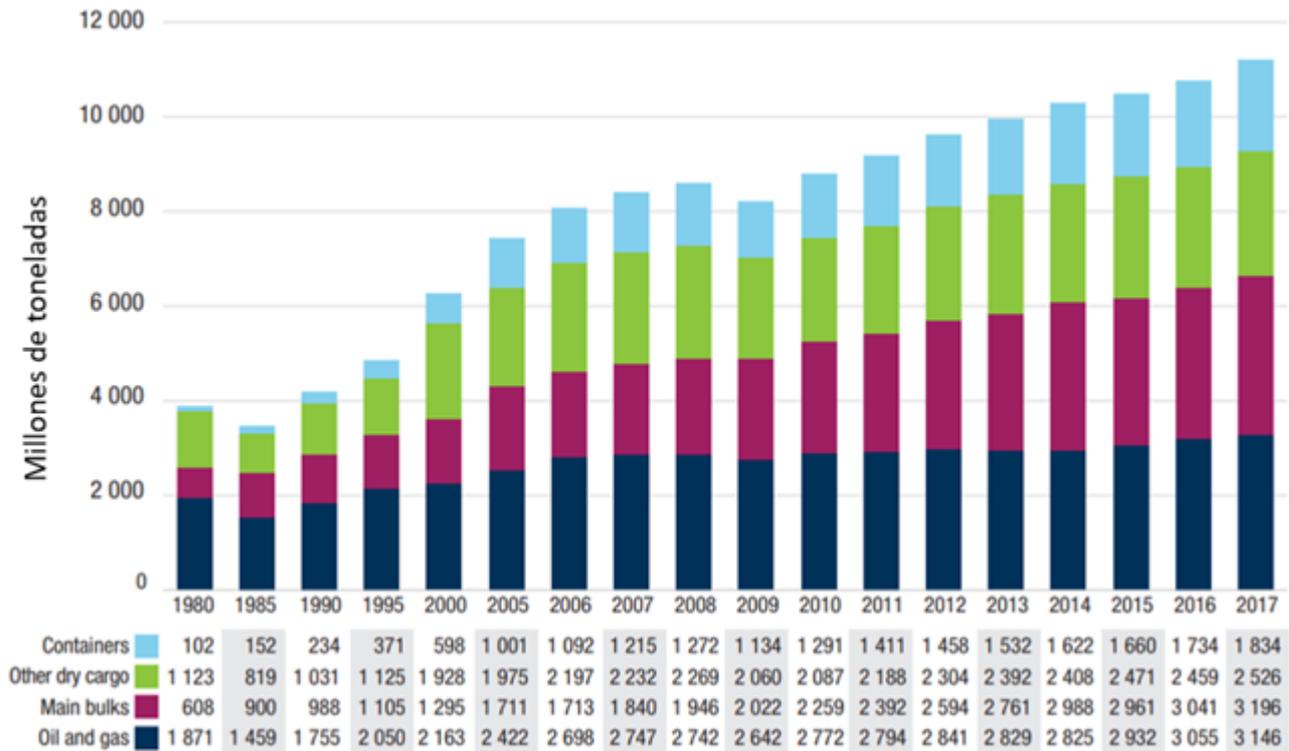
El transporte marítimo ha sido el elemento esencial del comercio internacional, desde que

hace 5.000 años pequeños buques de fondo plano comenzaron a navegar a lo largo de las costas del Mediterráneo oriental y el golfo Arábigo.

En la actualidad, el transporte marítimo supone el principal modo de transporte para los intercambios comerciales de mercancías.

De acuerdo con UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development), más del 80% de las mercancías, por volumen, y más del 70%, por su valor, son transportadas a bordo de buques y manipuladas por el conjunto de puertos mundiales. Estas cifras ayudan a hacerse una idea de la gran importancia del transporte marítimo de mercancías y, en consecuencia, su influencia sobre la evolución económica y el comercio mundial.

En la figura siguiente se muestra la evolución, desde 1980, del tráfico marítimo mundial de mercancías, que ha experimentado crecimientos en todos los años, a excepción del 2009, donde la recesión del PIB mundial, provocó un importante descenso del comercio mundial. En 2017 se alcanzan los 10.702 millones de toneladas, máximo del periodo considerado, lo que supone un CAGR del 2,09%.

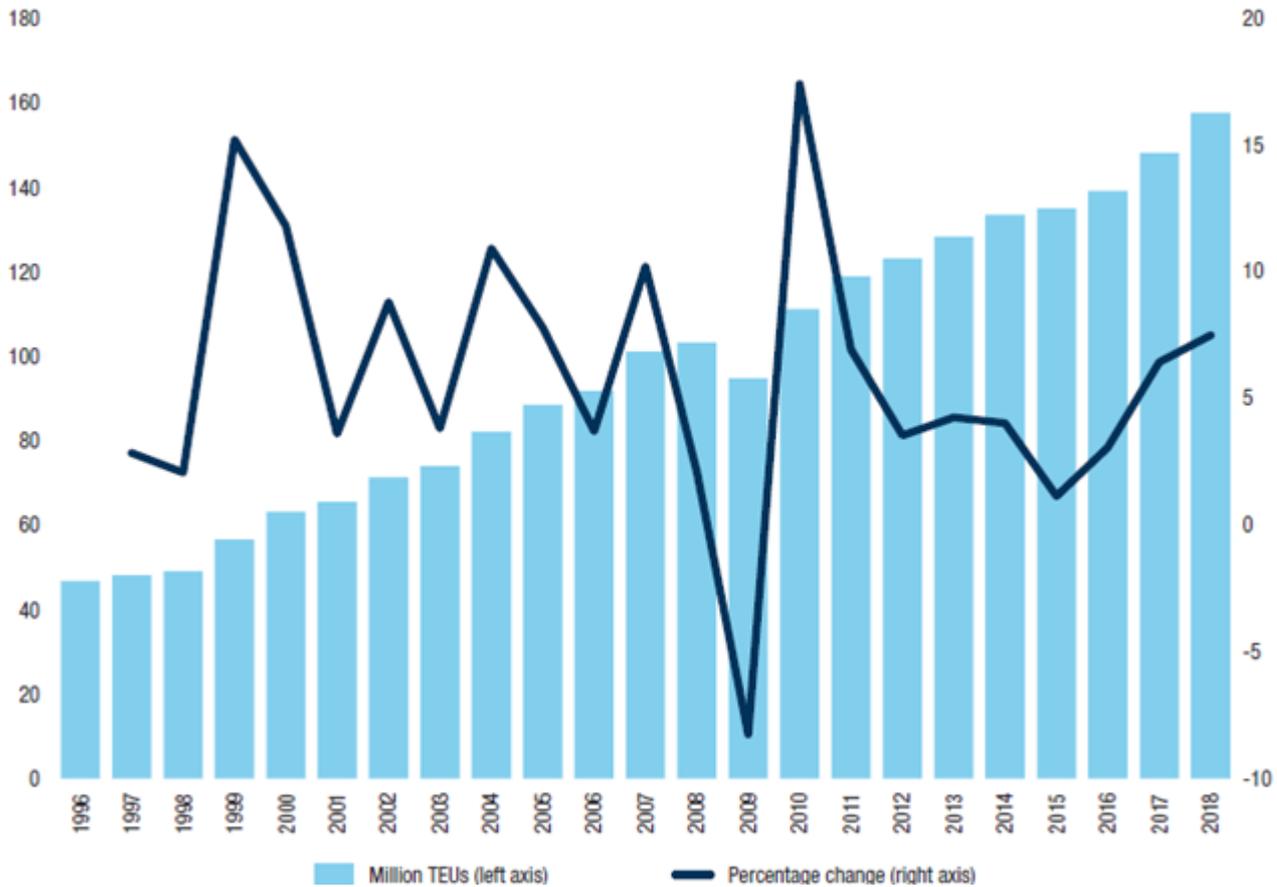


Transporte marítimo internacional, millones de toneladas. (Fuente: Review of maritime transport 2018, UNCTAD)

En el gráfico anterior se observa como el tráfico marítimo de contenedores a nivel mundial alcanzó en 1.834 millones de toneladas en el 2017, lo que representa un 17% del total de mercancías transportadas por vía marítima ese año. Ello da una idea de su enorme peso y mucho más si se considera el valor de las mercancías transportadas en contenedor.

Además, se observan unas tasas de crecimiento muy relevantes, en el mismo periodo considerado, pasando de los 102 millones de toneladas en 1980, a los 1.834 millones de toneladas en 2017, lo que supone un CAGR del 8,12% en el periodo.

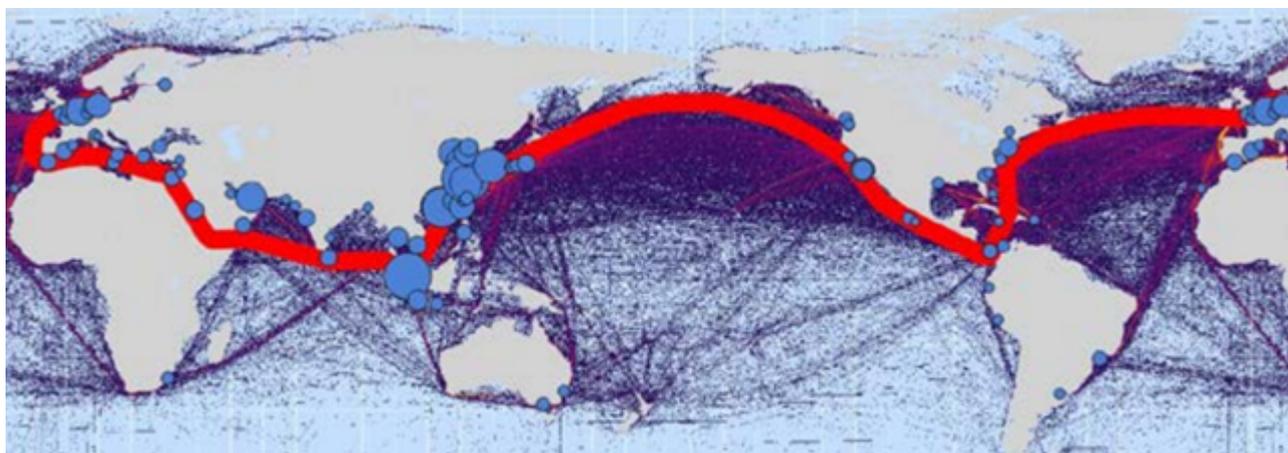
Este crecimiento no es homogéneo, por lo que el crecimiento puede variar según las regiones y rutas. Así, en ocasiones se producen grandes desequilibrios en un mismo itinerario en una determinada región, cuando predomina el tráfico de importación o el de exportación.



Evolución del tráfico mundial de contenedores (1996-2018), millones de TEUs y cambio porcentual. (Fuente: Review of maritime transport 2018, UNCTAD)

En el gráfico anterior, se observa la evolución del tráfico de contenedores medido en TEUs. Así, a semejanza del transporte marítimo mundial, el tráfico de contenedores ha registrado crecimientos ininterrumpidos, a excepción del año 2009, a lo largo del periodo 1996-2018, habiéndose alcanzado en 2018 la cifra de 148 millones de TEUs.

Después de crecimientos modestos en los años 2015 y 2016, con variaciones del 1,1% y 3,1%, este crecimiento se ha acelerado en los dos últimos años con tasas de crecimiento superiores al 5%, las mayores desde el año 2011.



Principal ruta marítima Este-Oeste del tráfico de contenedores y los principales puertos donde es atendido. (Fuente: Review of maritime transport 2014, UNCTAD)

El tráfico mundial de contenedores tiene su principal flujo en las rutas Este-Oeste, alrededor de todo el planeta, que puede desglosarse a su vez en tres flujos principales:

- Sudeste Asiático-Oriente Medio-Europa, a través del canal de Suez (Europa-Asia-Europa);
- Europa-Norteamérica, uniendo sus dos costas por el canal de Panamá (transatlántico);
- Norteamérica-Asia (transpacífico).

Cabe destacar como las rutas Europa-Asia-Europa, han pasado de ser del orden de la mitad, en el año 1995, de las rutas transpacíficas, a prácticamente igualarse a partir del 2007 (UNCTAD).

El contenedor

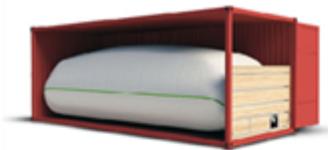
El contenedor, entendido como unidad de manipulación, tiene su origen en 1956, cuando Malcom McLean, un joven camionero de Nueva Jersey, decidió cargar la caja de un camión a bordo del buque SS Ideal-X, de origen militar construido durante la segunda guerra mundial, permitiendo con ello reducir ostensiblemente el tiempo de manipulación de la carga y la mano de obra empleada para ello. Este primer contenedor tenía unas medidas de

35 pies de longitud, 8 pies de anchura y 8 pies de altura.

El contenedor ha sido estandarizado con las normas ISO, tanto en su tamaño interior o exterior, como en su carga máxima. En esta norma se incluyen los contenedores de 5, 6,5, 10, 20, 30, 40 y 45 pies, si bien actualmente también se están empezando a utilizar de 48' y 53', buscando economía de escala.

Los contenedores más utilizados son:

Flexitank



Cisterna



Reefer



Jaula



Media altura



Open side



Open top



Flat rack



Plataforma



Bulk



Pallet wide



Contenedores ISO. (HC, contenedor high cube)

El contenedor ISO estándar de 20' es conocido como TEU (Twenty Equivalent Unit).

No obstante, actualmente existe una gran gama de contenedores que ofrecen una gran versatilidad, para el manejo de todo tipo de cargas, tal como se puede ver en la siguiente imagen:



Contenedores no ISO.

El buque portacontenedores

Inicialmente los contenedores se transportaban en la cubierta de los buques ordinarios de carga general. No obstante, para optimizar su capacidad de transporte los buques portacontenedores actuales se caracterizan por disponer de bodegas sin cubiertas, dotadas de guías celulares que facilitan la carga, descarga y estiba de los contenedores; son los llamados buques completamente celulares. Asimismo, cabe destacar como la mayoría de estos buques no están dotados de grúas, por lo que necesitan de instalaciones de tierra para la operativa portuaria.



Guías celulares del buque portacontenedores Marie Maersk. (Fuente: Maersk)

Se está produciendo un acusado crecimiento del buque portacontenedores, en todas las dimensiones y parámetros: eslora, manga, calado, capacidad... Actualmente los mayores buques portacontenedores alcanzan los 400 m de eslora y 59 m de manga (23 contenedores en cubierta), superan los 16 m de calado y los 21.000 TEUs de capacidad, lo que condiciona fuertemente las infraestructuras portuarias.



Esquema buque celular portacontenedores. (Fuente: International Transport Forum: The impact of Megaships, 2015)

Así, se ha pasado de los Early container ship en la década de 1950, con capacidad para unos 500-800 TEUs, al OOCL Hong Kong, botado en 2017, con capacidad para 21.413 TEUs, que lo convierte en el mayor barco de esta tipología en la actualidad.

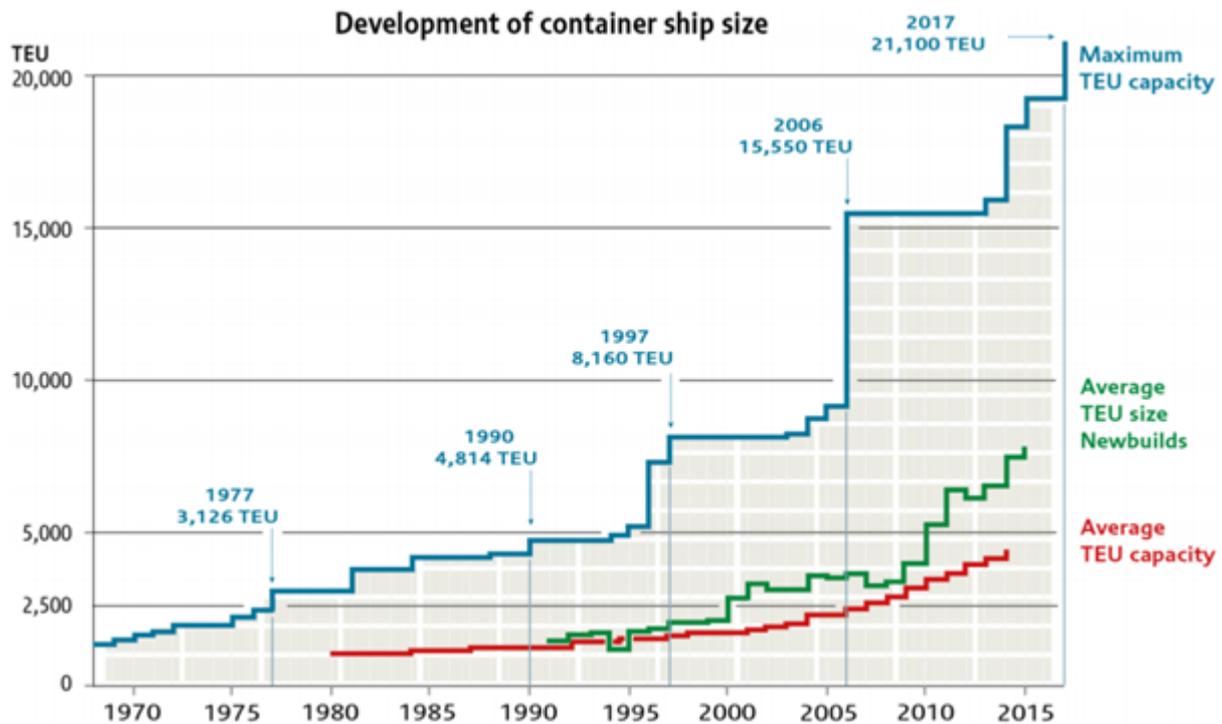


	Año	Nombre	Capacidad (TEUs)	Dimensiones (m)
	1956	Early Container	500-800	137x17x9
	1970	Fully Cellular	1.000-2.500	215x20x10
	1980	Panamax	3.000-3.400	250x32x12
	1985	Panamax Max	3.400-4.500	294x32x12,5
	1988	Post-Panamax	4.000-5.000	300x43x14,5
	2000	Post-Panamax Plus	6.000-8.000	300x43x14,5
	2014	New Panamax	12.600	366x49x15
	2013	Triple E	18.000	400x59x15
	2017	OOCL Hong Kong	21.413	400x59x15,5

Evolución de los buques portacontenedores. (Fuente: J. L. Estrada a partir de datos de The Geography of transport Systems. Jean-Paul Rodrigue)

Históricamente, las dimensiones del Canal de Panamá marcaron una tipología de buque, el Panamax, de 290 de eslora, de 32m de manga (13 filas de contenedores en cubierta) y de 12,5 m de calado.

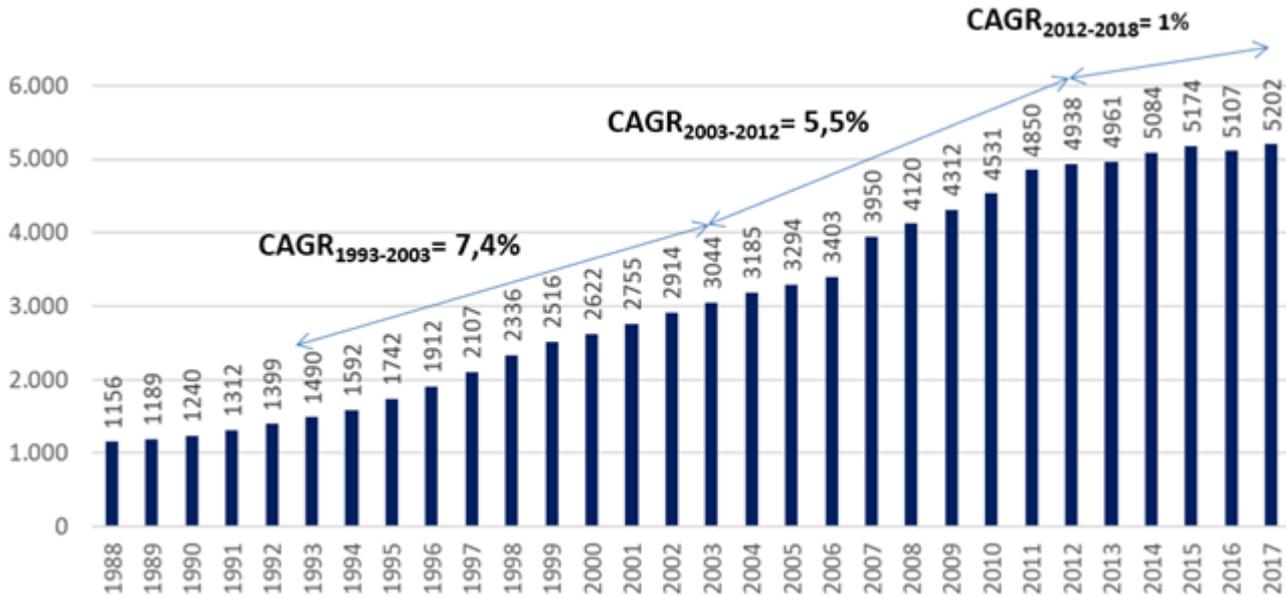
Las nuevas dimensiones de la 3ª esclusa del Canal de Panamá ha hecho aparecer una nueva tipología de buque, el New Panamax, de 366 m de eslora, 49 m de manga y 15 m de calado (19 filas de contenedores en cubierta) y 12.600 TEUs de capacidad.



Capacidad máxima, media y media de los nuevos buques portacontenedores. (Fuente: International Transport Forum, *The impact of Megaships*, 2015)

Esta evolución del tamaño de los buques portacontenedores ha comportado que la capacidad media de la flota mundial se haya ido incrementando, al sustituirse buques de menor porte por los nuevos barcos, más grandes, lo que ha llevado duplicar aproximadamente la capacidad media por buque en los últimos 30 años.

En lo que respecta a la flota mundial se observa como en 2017 se alcanzan las 5.202 unidades de buques portacontenedores, máximos históricos, siendo un hito que viene repitiéndose todos los años, a excepción de 2016, si bien, como se observa en la siguiente imagen, los incrementos anuales vienen disminuyendo en las últimas décadas.



Evolución de la flota de los buques portacontenedores. (Fuente: J. L. Estrada a partir de EMSA)

Los puertos de contenedores

En capítulos anteriores ya se han descrito las distintas tipologías de puerto existentes por su función, emplazamiento, condiciones naturales, nivel de presencia de iniciativa privada o su nivel de desarrollo.

Además de lo anterior, cabe establecer ahora la siguiente clasificación:

- Puertos Centro o Hub: atienden tráfico de transbordo, tanto de cruce de líneas (relay o interlining) o de concentración/distribución (hub and spoke), o del propio hinterland del puerto (import/export). Dos ejemplos de esta tipología de puertos podrían ser Algeciras o Tanger Med.
- Puertos Puerta (Gate): atienden preferentemente tráfico ligado a su hinterland (import/export), aunque pueden tener un importante tráfico de transbordo (hub and

spoke). Estos puertos gate pueden atender a los mayores buques del mercado, siempre que tengan carga suficiente. Algunos ejemplos de esta tipología de puertos pueden ser Barcelona, Valencia o Rotterdam.

- Puertos Alimentadores o de Enlace (Feeder): son puertos que atienden, prácticamente en exclusiva al propio hinterland. Los buques que se atienden son de pequeño porte (feeder) que se conectan en puertos hub (hub and spoke). Algunos ejemplos de estos puertos podrían ser Alicante o Vigo.



Terminal TTI Algeciras. (Fuente: TTI-A)

La terminal de contenedores

En el Capítulo 1 se decía que una terminal portuaria se compone de los siguientes elementos fundamentales:

- Infraestructura marítima y terrestre
- Superestructura terrestre e instalaciones
- Equipos
- Recursos humanos

En lo siguiente no vamos a seguir este esquema, ya que de la infraestructura marítima se ha hablado al tratar de obras marítimas interiores y tampoco hablaremos de los recursos humanos ni de los rellenos, pavimentos y otras instalaciones. Nos centraremos en los aspectos de la planta de la terminal y en el funcionamiento de la misma junto con el comportamiento de los equipos, por entender que es lo que mejor responde a la pregunta: ¿Cómo es el puerto?, que es el objeto de este capítulo.

Algunos criterios relevantes que debe cumplir una terminal de contenedores son:

- La forma ideal es una planta rectangular. No son, en general, recomendables las terminales construidas en muelles espigones, en fajas de terreno estrechas o de formas irregulares.
- La anchura superficie es un parámetro fundamental (idealmente no menos de 400/500 m, pudiendo llegar a 800m).
- Lo mínimo razonable es disponer de dos puestos de atraque.
- El crecimiento (racional) lo es en sentido longitudinal, aumentando el número de atraques. Así, es importante disponer de capacidad para poder ampliar en este sentido la terminal de contenedores.
- El calado es decisivo (condiciona el tipo de buque), pero la superficie es determinante

desde el punto de vista operativo.

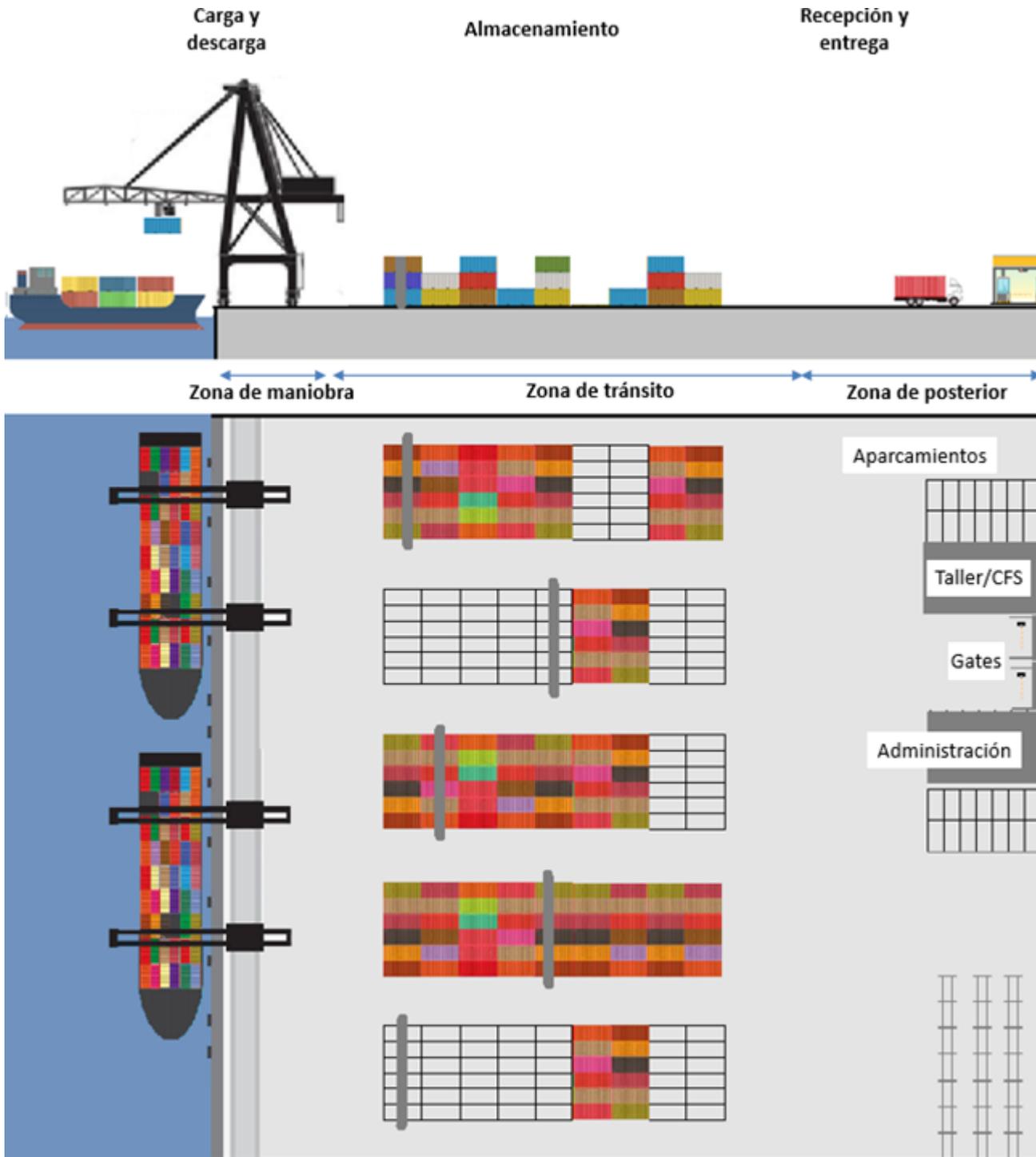
- La longitud de un atraque depende del buque de diseño. Para grandes terminales la unidad de atraque no será inferior a 300 m, pero los mayores buques requieren atraques de más de 450 m.
- Importancia de disponer de buenos accesos terrestres (carretera, ferrocarril).

La terminal, vista en planta, se estructura principalmente en tres zonas: la zona de maniobra, la zona de tránsito y la zona posterior.

La **zona de maniobra**, junto a la línea de atraque, requiere como mínimo del espacio para la operación de las grúas de muelle y el necesario para el depósito de escotillas.

La **zona de tránsito**, la zona más extensa de la terminal, está dedicada principalmente al depósito temporal de los contenedores. Es lo que se suele denominar como el patio de la terminal.

Finalmente, la **zona de posterior**, la más lejana al muelle, es donde se realizan las operaciones de recepción y entrega de las mercancías. En ella se ubican las puertas de acceso a la terminal, las playas de vías, espacios para camiones y otras actividades complementarias como podrían ser edificios administrativos, talleres, almacenes de consolidación/desconsolidación, aparcamientos **parkings**, puestos de inspección fronteriza, etc.



Esquema de una terminal de contenedores. (Fuente: J. L. Estrada)

En el funcionamiento de la terminal se suelen distinguir cuatros subsistemas que agrupan todos los movimientos de un contenedor en su paso por la terminal. Estos subsistemas deben estar perfectamente integrados y equilibrados entre si:

- Subsistema de carga y descarga
- Subsistema de almacenamiento
- Subsistema de recepción y entrega
- Subsistema de interconexión interna

El subsistema de carga y descarga resuelve la interfaz tierra-buque. El subsistema de almacenamiento, tal como su nombre indica, está dedicado al depósito temporal de los contenedores. El tercer subsistema corresponde a la recepción y entrega donde se produce la entrada o salida de la terminal del contenedor por vía terrestre, bien por ferrocarril bien por carretera y las puertas. Finalmente, el subsistema de interconexión interna resuelve los movimientos horizontales necesarios para conectar los tres anteriores subsistemas.

Se procede, a continuación, a una descripción más detallada de los cuatro subsistemas que pueden apreciarse en la imagen, así como los principales equipos que intervienen en la operativa de cada subsistema.

En primer lugar, el **subsistema de carga y descarga de buques**, tiene lugar en el muelle. En este subsistema pueden distinguirse dos tipos de operaciones principales. La primera está asociada al buque (atraque y desatraque) y la segunda a la carga y descarga de contenedores, que es en la que nos centraremos a continuación.

Tal como ha sido apuntado anteriormente, la especialización y la estandarización del tráfico de contenedores ha sido una constante desde su aparición, por lo que los equipos que se emplean en las terminales han seguido esta línea. En este sentido, las grúas de las terminales han ido adaptándose al contenedor, tanto para atender a mayores buques (especialmente la manga) como para alcanzar mayores productividades, aspecto éste crucial en una terminal de contenedores.

Las grúas constituyen así el equipamiento principal del subsistema de carga y descarga de

una terminal de contenedores. Su misión es la transferencia entre el patio y el buque de los contenedores, de una forma fluida, de tal forma que no se produzcan cuellos de botella, para lo que deberán disponerse del número de equipos adecuados, tanto en la operativa de carga y descarga, como en los traslados horizontales en la terminal (transferencia).

En la actualidad existen tres tipologías de grúas para la carga y descarga de contenedores: grúas pórtico, grúas móviles y grúas sobre buque.



Grúas pórtico (izquierda), grúas móviles (centro) y grúas sobre buque (derecha). (Fuente: J. L. Estrada a partir de diversas fuentes)

Las grúas portacontenedores o STS (Ship To Shore), son grúas sobre raíles paralelos a la línea de muelle, a través de los cuales pueden desplazarse para realizar operaciones en distintas bodegas del buque, pudiéndose maximizar el número de equipos para un mismo buque.

Las grúas móviles, concebidas para la manipulación de todo tipo de mercancías, tienen en este concepto su principal ventaja, dada su movilidad y versatilidad. No obstante, alcanzan productividades mucho menores que las grúas porta contenedores, por lo que su uso está restringido a terminales medianas o pequeñas de contenedores, o polivalentes donde se manipulan todo tipo de mercancías.

Finalmente, las grúas sobre buque, que no forman parte del equipamiento de las terminales, están dedicadas principalmente al transbordo de contenedores, puertos que no posean

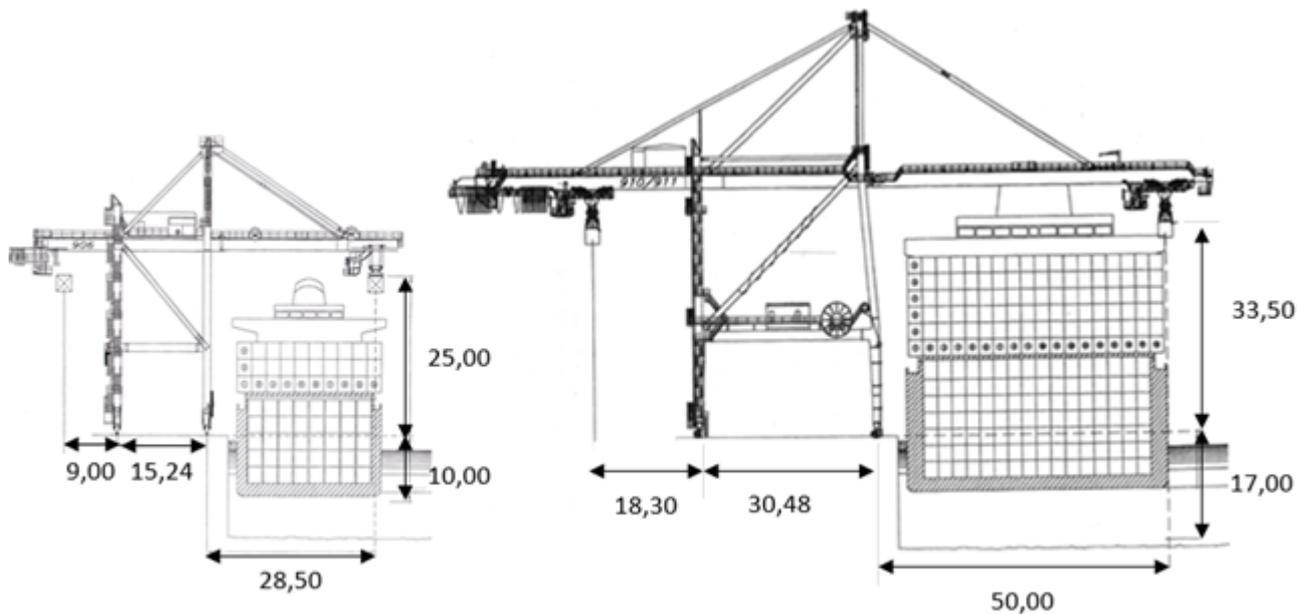
grúas de muelle u operaciones de apoyo, como la apertura de bodegas o el trincaje de los contenedores.



Partes de una grúa pórtico (Ship to Shore). (Fuente: J. L. Estrada)

La grúa pórtico, tal como se observa en la imagen anterior, permite al operador tener un plano cenital al operador, permitiendo así una mejora en la operativa.

Desde la aparición de la primera grúa de esta tipología han experimentado una notable evolución, tanto en productividad como en sus dimensiones, en consonancia de los nuevos requerimientos para operar los buques cada vez mayores.



Comparativa entre grúa feeder (izquierda) y grúa Super Post Panamax. (Fuente: Paceco)

El crecimiento de las grúas comporta mayores dimensiones de las mismas, así como mayores pesos de los equipos lo que condiciona el dimensionamiento de las infraestructuras, afectando a la zona de maniobra y los requerimientos estructurales de los muelles.

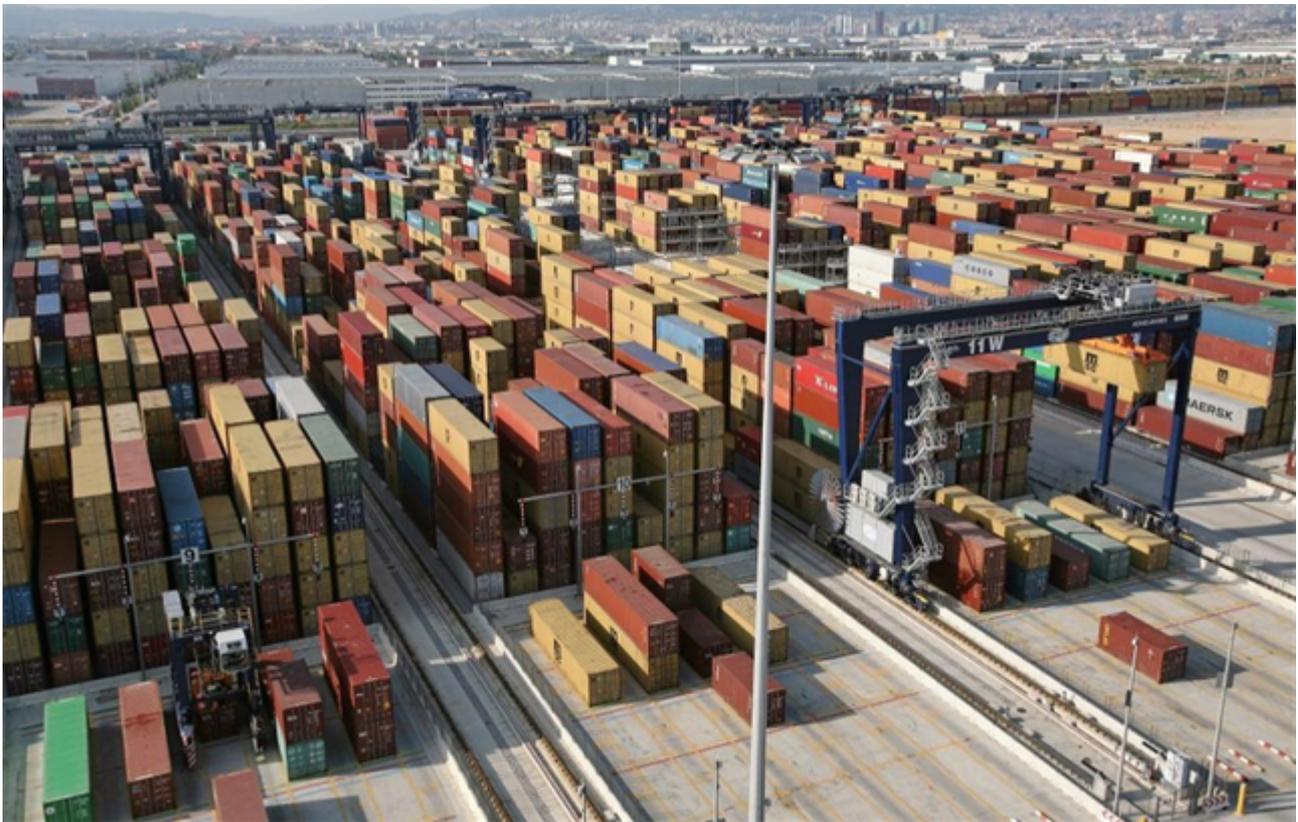
El **subsistema de almacenamiento**, como su nombre indica, está dedicado al depósito temporal de los contenedores.

Este subsistema es el que más demanda de espacio presenta, dadas las diferencias entre la capacidad y los ritmos de operación de los modos de transporte (marítimo y terrestre), que operan en la terminal y las necesidades de los diferentes cargadores, entre otras razones, los que crean diferencias entre los ritmos de entrada y salida de los contenedores de la terminal.

Esta necesidad de espacio, es uno de los motivos por lo que generalmente no son recomendables las terminales construidas en muelles espigones, en fajas de terreno

estrechas.

Además, para maximizar la productividad de la terminal no es recomendable que adopten formas irregulares, siendo su forma ideal una terminal rectangular, tal como ya ha sido apuntado.



Patio de Best Terminal en el Port de Barcelona. (Fuente: Best)

La disposición en planta de los contenedores en el patio, puede estar orientada en paralelo o perpendicular al cantil del muelle. Su organización en un sentido u otro trata de aprovechar al máximo la superficie, en aras de optimizar así la capacidad de la terminal, así como la eficiencia y las condiciones de seguridad.

Los contenedores generalmente se disponen en zonas, en función de distintos criterios: exportación, importación, tránsito, vacíos, reefer, carga y descarga de ferrocarril, especiales, etc.

El objetivo de esta organización en diferentes zonas es minimizar, en la medida de lo posible, las remociones, que disminuyen la productividad de la terminal.

Además, deben tenerse en cuenta los criterios de seguridad en lo referente a las mercancías peligrosas, que pueden estar repartidas por la terminal o bien en una zona especial dedicadas a ellas.

El tamaño de los bloques, tanto en altura como en anchura, y por tanto la capacidad del patio o explanada, está estrechamente relacionado con los equipos empleados en este subsistema. En las terminales clásicas (no automatizadas) suele distinguirse entre los sistemas de:

- Chasis o plataformas
- Carretillas pórtico (Straddle Carrier)
- Grúas de patio sobre ruedas (RTG (Rubber Tyred Gantry Cranes)) y chasis
- Grúas de patio sobre carriles (RMG (Rail Mounted Gantry Cranes)) y chasis

A los anteriores, habría que añadir los sistemas compuestos de carretillas frontales (reachstackers), que se utilizan en el caso de terminales muy pequeñas o también como complemento de los sistemas normales.

En las terminales donde se emplea el sistema de **chasis o plataformas**, los contenedores se almacenan como si se tratara de un aparcamiento de vehículos. Cuando es necesario realizar algún movimiento se requiere la presencia de cabezas tractoras.

Este sistema está ligado al nacimiento del contenedor donde la caja del camión se cargaba directamente al buque. Así, el uso de plataformas simplificaba la intermodalidad, facilitando el intercambio entre el modo terrestre y el modo marítimo.

No obstante, este sistema requiere de mucho espacio, debido a que no se puede apilar en altura y se requieren amplios viales para poder maniobrar, así como una zona dedicada al almacenamiento de plataformas vacías.

Finalmente, dado que las plataformas no pueden circular normalmente en carretera y que además suelen ser propiedad de la terminal, es necesario un trasvase del contenedor, entre las plataformas y el camión, mediante carretillas frontales o reachstackers.



Reach stacker (izquierda) y carretillas frontales (derecha). (Fuente: Konecranes)

En las terminales donde se emplean **carretillas pórtico** para el depósito temporal de contenedores, el almacenamiento se realiza en pilas, de diferentes alturas, normalmente entre 3 y 4 (3+1 y 4+1).

Entre pilas debe dejarse un espacio de aproximadamente 1,5 m que permita el paso de las patas de este tipo de equipo. Las pilas suelen disponerse perpendicularmente al muelle, lo que permite mayores rendimientos, al disminuir los recorridos del equipo hasta la zona de maniobra o zona posterior. No obstante, al no tratarse de un recorrido de tipo circular puede aumentar el riesgo de colisiones.



Sistema de almacenamiento mediante carretillas pórtico. (Fuente: Liebherr)

Las carretillas pórtico permiten un mejor aprovechamiento del espacio que las plataformas, estando especialmente indicado este sistema en terminales medias, con un movimiento de entre 100.000 y 500.000 TEUs.

La principal ventaja del uso de estos equipos es su versatilidad, ya que pueden realizar todos los movimientos en la terminal, desde la carga o descarga hasta la entrega o recepción del contenedor. En el lado opuesto, los principales inconvenientes son la altura de apilado o el mantenimiento, dado el alto número de equipos necesario para alcanzar un nivel de servicio óptimo.



Diferentes usos de la carretilla pórtico en la operativa portuaria. (Fuente: J. L. Estrada a partir de diversas fuentes)

El sistema de almacenamiento mediante **grúas pórtico y chasis** (RTG o RMG) permite un depósito en filas o bloques, con un mayor aprovechamiento de la superficie, lo que hace este sistema especialmente indicado para aquellas terminales donde la superficie es escasa o el coste de los terrenos sea elevado.

Las grúas pórtico **RTG**, sobre neumáticos, también conocidos como **trastainers**, se desplazan sobre una trayectoria rectilínea, si bien son capaces de desplazarse a otros bloques de forma perpendicular debido a que los neumáticos están equipados con sistemas de giro.

A diferencia de lo expuesto en las carretillas pórtico, las pilas de contenedores suelen disponerse de forma paralela al cantil del muelle, con viales perpendiculares que interrumpen los bloques de contenedores para permitir el tráfico de los chasis.

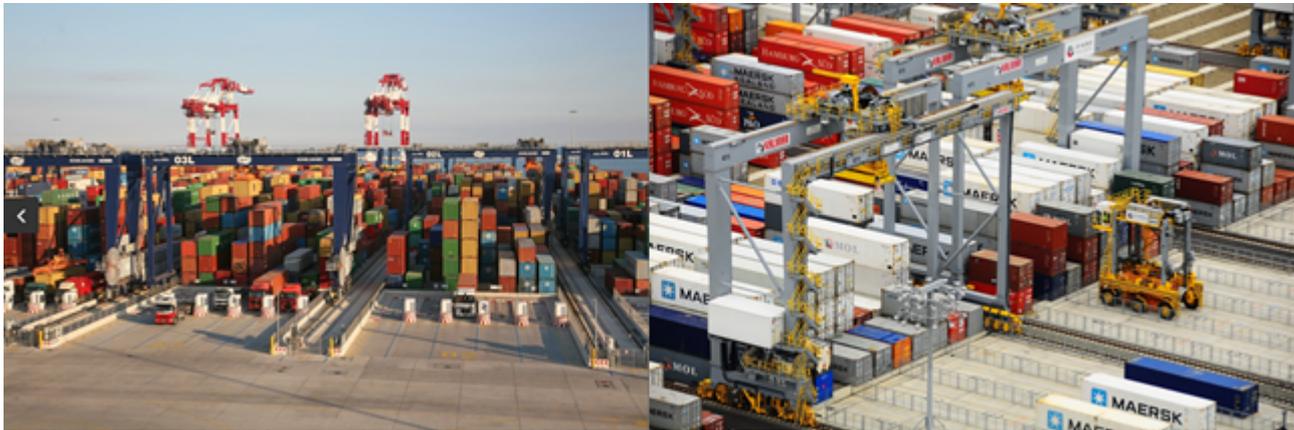
Las dimensiones de los bloques suelen ser de 4+1 altura, y 6+1 de anchura (a veces se superan estos valores, reservando uno para la carga y descarga de los medios de transporte anteriormente citados).



Sistema de almacenamiento mediante RTG. (Fuente: Liebherr)

Finalmente, el RMG, es semejante al RTG, pero se desplaza sobre raíles y es generalmente de mayores dimensiones. Las dimensiones de los bloques pueden ser considerablemente superiores a los de RMG, pudiendo alcanzar una altura de 8+1 contenedores por una anchura de 20+1 contenedores, si bien lo normal es que sean de 6+1 u 8+1.

Como en el caso del RMG, es necesario medios de transporte desde el muelle que mueva el contenedor hasta el patio. No obstante, en el caso del RMG, una disposición perpendicular al muelle permite no se crucen los medios de transporte entre la carga/descarga y la recepción/entrega del contenedor, pudiéndose realizar cada una de estas operaciones en un extremo de la pila.



Movimientos horizontales mediante sistema RMG a cada extremo de la pila de contenedores. (Fuente: Kalmar)

Entre las ventajas de este sistema destaca el aprovechamiento de la superficie, dadas las dimensiones de los bloques, así como la facilidad en su automatización, al estar montada sobre raíles. En el lado contrario, está los mayores pesos a soportar por la infraestructura, su rigidez una vez puesto en servicio o los problemas de operativa ante averías de los equipos. Además, debido a las mayores alturas de las pilas puede haber un número significativamente mayor de remociones de contenedores.

El tercer subsistema del que vamos a hablar es el **subsistema de recepción y entrega**, que permite la entrada o salida de los contenedores en los flujos de exportación o importación, respectivamente. Este subsistema, que resuelve la interfaz terrestre, a través del camión o el ferrocarril, está compuesto por dos tipos de operaciones. Por un lado, las de acceso o salida de la terminal, a través de la puerta terrestre, y las de recepción y entrega de los contenedores, donde este es cargado o descargado del transporte externo de la terminal.

Las operaciones de acceso o salida de la terminal están también asociadas a la identificación de vehículos y contenedores, así como el proceso documental a seguir para poder acceder o salir de las instalaciones.

En lo referente a los equipos de recepción y entrega ya han sido descritos anteriormente,

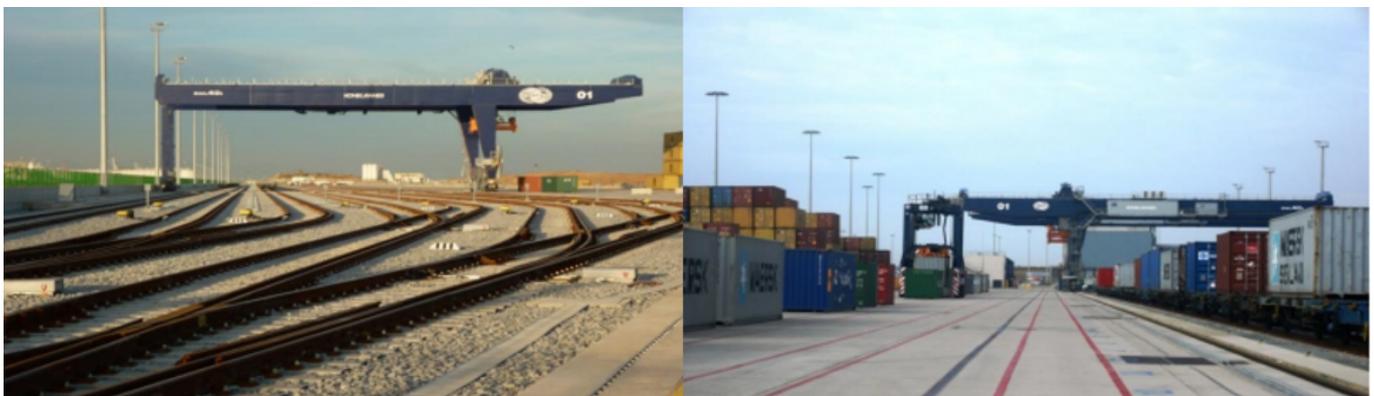
pues los equipos que suelen emplearse son principalmente los empleados bien para el depósito temporal bien para realizar los movimientos horizontales entre las grúas de muelle y la zona de almacenamiento, si bien la tipología de terminal hace que se usen unos u otros.

En las terminales de carretillas frontales o reachstackers son estos equipos los que trasladan los contenedores entre el patio de la terminal y el medio externo, ya sea camión o ferrocarril.

Si en la terminal se emplean las carretillas pórtico son estos los que trasladan el contenedor entre el patio de la terminal y una zona destinada a la recepción y entrega, cargando directamente los contenedores sobre camión.

A diferencia de las carretillas frontales o reachstackers este tipo de equipos no son especialmente adecuados para la carga sobre ferrocarril, dado que deben recorrer toda la distancia entre el extremo del tren y el vagón y después volver a salir deshaciendo el recorrido. Ante esta situación, además, solo es posible el trabajo de un equipo por cada tren, lo que resta productividad a la operación.

Las terminales donde se emplean los sistemas de grúas pórtico permiten la recepción y entrega sobre camión tanto en viales dentro de las patas del pórtico como exteriores a ella.



Playa de vías para entrega por ferrocarril mediante RMG. (Fuente: Best Terminal Barcelona)

Finalmente, el **subsistema de interconexión**, tal como se ha visto, se encarga del traslado de contenedores entre los tres subsistemas descritos anteriormente. La tipología de equipos del patio determina los equipos que deben emplearse para realizar los diferentes transportes horizontales, citados a continuación:

- Traslados horizontales entre el muelle y el patio;
- Traslados horizontales entre el patio y la zona de entrega y recepción;
- Traslados horizontales para otras actividades, como posicionamiento para inspección.

Por lo general, los traslados entre el muelle y el patio se realizan por los equipos de patio para el caso de carretillas (reachstackers o Straddle Carrier) o por plataformas con cabezas tractoras para el caso de grúas pórtico (RTG y RMG). Si la distancia entre la zona de almacenamiento y el muelle es muy elevada las terminales equipadas con carretillas también suelen usar las plataformas para estos traslados.

Tal como se ha comentado, la entrega o recepción sobre camión suelen realizarse por los equipos de patio, si bien pueden utilizarse equipos auxiliares en estas tareas.

En cambio, para la entrega y recepción sobre ferrocarril suelen emplearse carretillas, o bien cuando el tráfico ferroviario es importante, se suele disponer de uno o dos RMG. El traslado desde el patio de contenedores hasta la playa de vías, suele realizarse, en general, con carretillas.

Terminales automatizadas de contenedores

El concepto de terminal automatizada nació tras la puesta en servicio de ECT Delta Terminal en 1993, la cual estaba equipada con equipos ASC y AGV (Automatic Guided Vehicles). Con estos equipos era posible prescindir por primera vez de operadores en las operaciones de almacenamiento e interconexión.

Desde la década de los años 90 muchas son las terminales que se han sumado a este

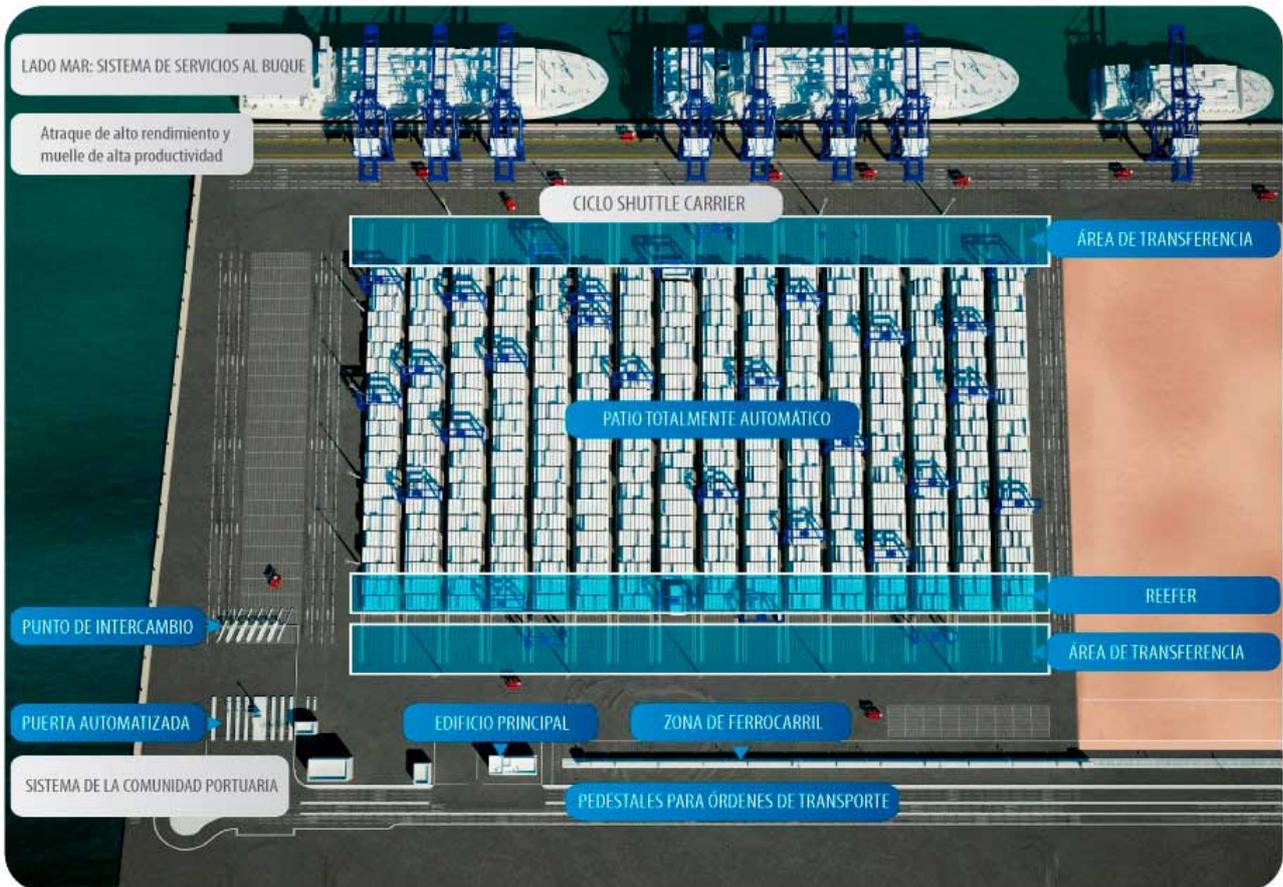
proceso de automatización, alcanzándose distintos grados en función de las diversas soluciones implementadas. En cualquier caso, la automatización se está convirtiendo en una tendencia mundial de las terminales, pero repetimos, con grados y velocidad de implantación distintos.

La automatización puede ser completa o parcial. En la actualidad hay muy pocas terminales en el mundo completamente automatizadas. Son más frecuentes las terminales semiautomatizadas.

Así, las terminales semiautomatizadas, como pueden ser las terminales TTI Algeciras o BEST en el puerto de Barcelona, disponen de equipos denominados ASC (Automated Stacking Cranes). Estas grúas pórtico están totalmente automatizadas, y su operativa es similar al RMG. La automatización de este tipo de terminales se concentra en el sistema de almacenamiento.

La interconexión entre el subsistema de carga y descarga y el subsistema de almacenamiento se resuelve mediante carretillas pórtico, que depositan o recogen el contenedor en el extremo del bloque más próximo al cantil del muelle.

Mediante un sistema informático, denominado AGS/AGD, se envían todas las ordenes necesarias a las ASC, realizando estos equipos todas las operaciones de depósito o remoción de los contenedores en el bloque.



Esquema de la terminal semiautomatizada del Puerto de Algeciras. (Fuente: TTI Algeciras)

La entrega y recepción puede variar en función del sistema elegido por la terminal, pudiendo ser cargado y descargado directamente por el ASC en el extremo del bloque de contenedores en la zona posterior de la terminal, como la terminal de BEST en el puerto de Barcelona, o mediante una carretilla pórtico que traslada el contenedor a otra zona de la terminal, en las inmediaciones de la puerta, donde espera el camión, como la terminal TTI Algeciras.

EL siguiente grado de automatización de las terminales de contenedores es mediante la automatización de los sistemas de interconexión entre las grúas de muelle y los ASC.

Existen distintos tipos de equipos de transporte horizontal automatizados:

- AGV: que es una plataforma no articulada con capacidad de carga normalmente para 1×20', 2×20', 1×40' o 1×45'.

Las velocidades que alcanzan estas plataformas son reducidas, lo que unido a las limitaciones por las reglas de tráfico necesarias para la gestión de estas plataformas, provocan que los rendimientos de estos vehículos dependan de las grúas ASC y de las STS, dado que un retraso en alguna de estas operaciones provocará esperas de los AGVs, lo que afectará negativamente al conjunto de las operaciones.



Tráfico de AGV en el Puerto de Qingdao. (Fuente: Port of Qingdao)

- L-AGV: para desacoplar las operaciones del ASC de los del AGC, se ha desarrollado la tecnología, llamada L-AGV, que permite elevar el contenedor ligeramente, depositando temporalmente el contenedor en unas estructuras contiguas al bloque de contenedores, desde donde el ASC lo ha recogerá posteriormente.

No obstante, esta tecnología no permite desacoplar la operativa entre el AGV y la grúa STS, por lo que debe esperar igualmente a ser atendido por la grúa pórtico en las operaciones de carga.



ASCs del Puerto de Qingdao. (Fuente: Port of Qingdao)

- ALV: un tercer sistema que desacopla totalmente las tres actividades son los llamados ALV o Shuttle Carrier automatizados, que permiten desacoplar las tres operaciones, depositando el contenedor al costado del muelle, desde donde la grúa pórtico lo cargará al buque.



ALV o Automatic Shuttle Carrier (Fuente: Kalmar)

Finalmente, actualmente las terminales más automatizadas son aquellas donde además de las operaciones de almacenamiento e interconexión también está automatizadas las operaciones de carga/descarga, mediante grúas STS automatizadas, donde el operador maneja las grúas en control remoto desde un edificio de control en la terminal, como en el caso de la terminal de contenedores del puerto de Qingdao.

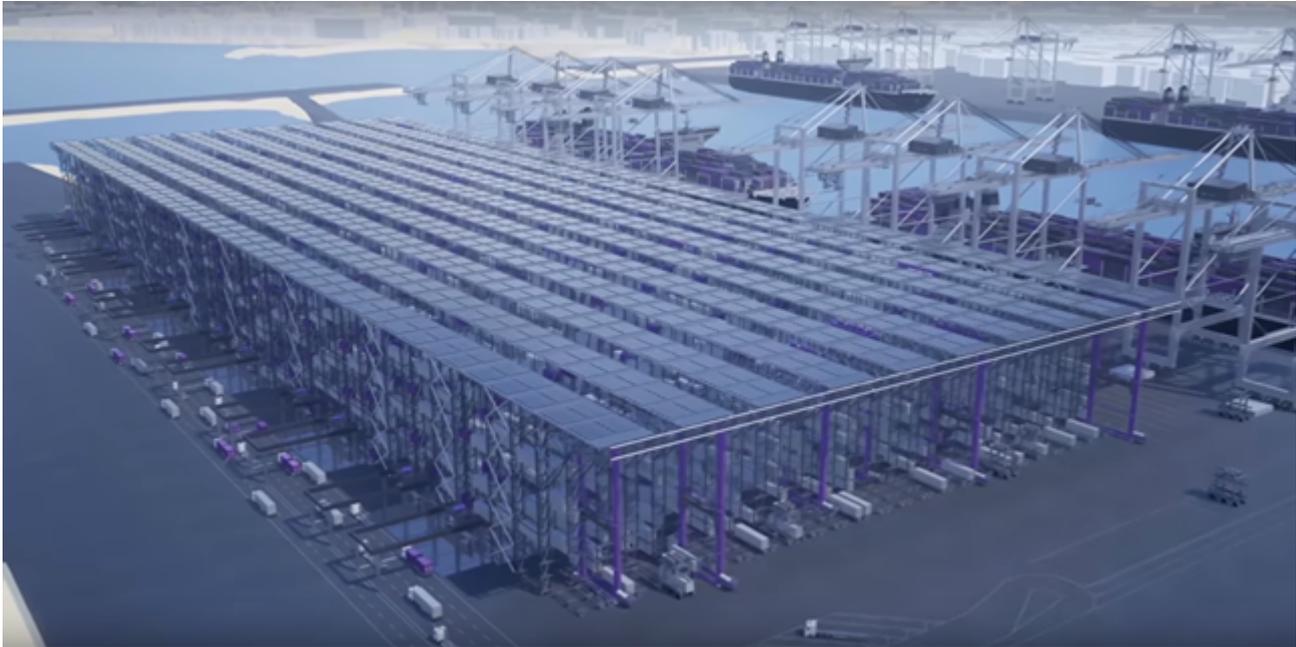
Así la operativa de descarga se realiza por grúas STS, que a diferencia de lo visto en esquemas anteriores no precisa de cabina para el operador al trabajar remotamente, tal como ha sido apuntado.



Grúas STS automáticas del Puerto de Qingdao. (Fuente: Port of Qingdao)

Dentro de los últimos avances en la automatización de las terminales, cabe citar el proyecto Boxbai, impulsado por una joint venture entre DP World, uno de los mayores estibadores de contenedores del mundo, y la empresa de ingeniería industrial alemana SMS Group.

Este proyecto consiste en el almacenamiento individualizado de los contenedores de forma automatizada en una estructura de racks o bastidores.



Proyecto Boxbai para el almacenamiento automático de contenedores. (Fuente: Boxbai)

Las principales ventajas de este sistema son:

- La mayor capacidad de almacenamiento por superficie, en una relación aproximada 3 a 1.
- La eliminación de remociones de contenedores al estar almacenados independientemente, tal como ha sido apuntado.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, cabe destacar:

- La mejora de la eficiencia energética de los contenedores reefer así como la incidencias meteorológicas sobre todos los contenedores, al disponer de techo el sistema de almacenamiento.
- La mejora de la seguridad, al poder instalarse sistemas contra incendio automáticos.
- La posibilidad de instalación de paneles fotovoltaicos en el techo del sistema de almacenamiento.

Finalmente, es de destacar la extrema importancia de los sistemas y la gestión de los equipos informáticos de las terminales de contenedores, tanto semiautomatizadas como automatizadas. Así, con los equipos automatizados realizando la operativa en los muelles, los recursos humanos han sido trasladados a las salas de control, desde donde monitorizan y supervisan las operaciones de la terminal.



*Sala de control de Abu Dhabi Ports Company en Port Khalifa, Emiratos Árabes Unidos.
(Fuente: Port Technology)*

*Head Image: La Terminal de contenedores BEST en el Port de Barcelona y la ciudad.
(Fuente: Best)*

