

# **Automatización de terminales marítimas de contenedores**

**Trabajo Fin de Grado**  
Grado en Náutica y Transporte Marítimo  
Julio de 2023

Autor:  
**Daniel Cerpa Cazorla**  
42.231.894F

Tutor:  
Prof. Dr.  
Salomón Iván Ramón Concepción Cáceres

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
**Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval**  
Universidad de La Laguna

---

D/D<sup>a</sup>. **Salomón Iván Ramón Concepción Cáceres**, Profesor de la UD de Marina Civil, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Daniel Cerpa Cazorla** con **DNI42231894F**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Automatización de terminales marítimas de contenedores.**

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 17 de julio de 2023.

Fdo.: Salomón Iván Ramón Concepción Cáceres.

Director del trabajo.

Cerpa Cazorla Daniel. (2023). Automatización de terminales marítimas de contenedores. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado proporciona un estudio minucioso y exhaustivo de lo que es una terminal marítima de contenedores automatizada, así como los equipos automatizados utilizados en ellas para llevar a cabo las actividades comerciales que tienen lugar estas. Al tratarse de un proyecto de investigación se han consultado diferentes fuentes, como páginas de fabricantes de maquinaria portuaria, blogs, libros y manuales.

Como principal objetivo de este estudio está el dar a conocer que es una terminal automatizada, entendiendo los diferentes grados de automatización posibles, con esto nos referimos a que no todas las terminales están cien por cien automatizadas, sino que también existe una solución intermedia entre las terminales totalmente automatizadas y las operadas manualmente a las que llamamos terminales de automatización parcial o semi-automatizadas.

Así bien, otro de los fines principales del proyecto es percatarse de la tecnología de automatización implementada en todos y cada uno de los equipos o maquinaria de estas terminales para agilizar y mejorar las operaciones en el manejo de contenedores. Esta tecnología incluye sensores láser, cámaras de imagen avanzada, controladores de procesos y mucho más, diseñados para reducir la dependencia de la mano de obra humana y mejorar la eficiencia en las operaciones portuarias.

Para acabar, como objetivo final y habiendo recogido la información de todo el estudio, se han enumerado las principales ventajas y desventajas de la automatización de terminales portuarias, pudiendo así hacer una comparación de estas modernas terminales con las anteriores terminales no automatizadas y realizar un balance de la rentabilidad del proceso de automatización

Palabras claves: [terminales, carga, automatizada, maquinaria, contenedores].

Cerpa Cazorla Daniel. (2023). Automatización de terminales marítimas de contenedores. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## **ABSTRACT**

This Final Degree Project provides a thorough and exhaustive study of what an automated maritime container terminal is, as well as the automated equipment used in them to carry out the commercial activities that take place in them. As this is a research project, different sources have been consulted, such as port machinery manufacturers' websites, blogs, books and manuals.

The main objective of this study is to show what an automated terminal is, understanding the different degrees of possible automation, by this we mean that not all terminals are one hundred percent automated, but there is also an intermediate solution between fully automated terminals and manually operated terminals, which we call partially automated or semi-automated terminals.

Another main purpose of the project is to realise the automation technology implemented in each and every piece of equipment or machinery in these terminals to streamline and improve container handling operations. This technology includes laser sensors, advanced imaging cameras, process controllers and more, designed to reduce reliance on human labour and improve efficiency in port operations.

Finally, as a final objective and having gathered the information from the whole study, the main advantages and disadvantages of port terminal automation have been listed, allowing a comparison of these modern terminals with the previous non-automated terminals and a balance of the cost-effectiveness of the automation process.

Keywords: [terminal, cargo, automated, machinery, containers].

## AGRADECIMIENTOS

---

*Agradecer en primer lugar a mi familia el esfuerzo realizado y el apoyo que me han dado día a día para yo poder llegar hasta aquí.*

*En segundo lugar, a mi pareja, por su apoyo y amor incondicional y desinteresado.*

*Un agradecimiento especial a mi tío Joan y mi tía Nieves por el apoyo y la ayuda para completar los anexos de este trabajo.*

*Y, por último, pero no menos importante a mis compañeros por las risas y los buenos momentos tanto en la facultad como fuera de ella.*

---

---

## Índice del TFG

---

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETO.....</b>	<b>4</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>4</b>
<b>4. UN VIAJE EN EL TIEMPO.....</b>	<b>5</b>
4.1. EVOLUCIÓN DEL CONTENEDOR.....	5
4.1.1. TIPOS DE CONTENEDORES.....	7
4.2. EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE DE CONTENEDORES.....	11
4.3. EVOLUCION DE LOS PORTACONTENEDORES.....	14
<b>5. LA TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES.....</b>	<b>16</b>
5.1. EL CONCEPTO DE TERMINAL DE CONTENEDORES.....	16
5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL Y EQUIPOS DE LAS TERMINALES.....	16
5.2.1. INFRAESTRUCTURAS TERRESTRES.....	16
5.2.2. INFRAESTRUCTURAS MARÍTIMAS.....	17
5.2.3. EQUIPOS.....	17
5.2.4. LOS RECURSOS HUMANOS.....	17
5.3. DISEÑO OPERATIVO DE LAS TERMINALES.....	18
5.3.1. SUBSISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA DE BUQUES.....	18
5.3.2. SUBSISTEMAS DE INTERCONEXIÓN.....	18
5.3.3. SUBSISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES.....	18
5.3.4. SUBSISTEMAS DE RECEPCIÓN Y ENTREGA TERRESTRE.....	18

<b>6. AUTOMATIZACION DE LAS TERMINALES.....</b>	<b>20</b>
6.1. EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN.....	20
6.1.1. TERMINAL AUTOMATIZADA.....	20
6.1.2. TERMINAL SEMI-AUTOMATIZADA.....	21
6.2. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE CARGA Y DESCARGA DE BUQUES .....	22
6.2.1. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN.....	22
6.3. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES.....	26
6.3.1. LA GRUA RMG.....	27
6.3.2. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN ARMG.....	28
6.3.3. LA GRUA RTG.....	33
6.3.4. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN ARTG.....	34
6.3.5. OTROS EQUIPOS.....	36
6.4. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE INTERCONEXIÓN.....	37
6.4.1. AGVs.....	37
6.4.2. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN AGV.....	38
6.4.3. LIFT-AGV (L-AGV).....	39
6.4.4. CASSETTE-AGV.....	40
6.4.5. CARRETILLA PÓRTICO O STRADDLE CARRIER (ALV).....	42
6.4.6. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN ALV.....	43
6.5. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE RECEPCIÓN Y ENTREGA TERRESTRE.....	45
6.5.1. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN.....	45
<b>7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>8. INNOVACIONES Y ULTIMOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACION IMPLEMENTADOS. .....</b>	<b>50</b>
8.1. IA, IOT, BIG DATA Y BLOCKCHAIN.....	50
8.2. HIGH-BAY STORAGE SYSTEM.....	57

---

8.3. DRONES.....	58
<b>9. ANÁLISIS DE LAS TERMINALES AUTOMATIZADAS Y SEMIAUTOMATIZADAS EXISTENTES.....</b>	<b>59</b>
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>65</b>
<b>12. ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

*01.- Anexo I. Gruas STS y Shuttle Carriers en proceso de descarga de un buque portacontenedores (Hutchison Ports BEST, Barcelona)*

*02.- Anexo I. Shuttle Carriers transportando contenedores desde el patio de apilamiento hasta la grúa STS para cargar un buque portacontenedores (TCB terminal de carga, Barcelona).*

*03.- Anexo I. Buque portacontenedores en el proceso de carga (TCB terminal de carga, Barcelona).*

*04.- Anexo I. ARMG descargando un contenedor tanque en un camión para su traslado (Hutchison Ports BEST, Barcelona)*

*05.- Anexo I. Grúa STS realizando la carga de un buque portacontenedores (TCB terminal de carga, Barcelona).*

*06.- Anexo I. Manifestación de maquinistas con dos Shuttle Carriers de fondo (1986). Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*

*07.- Anexo I. Estiba de coto (bala americana) con una grúa a carro. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*

*08.- Anexo I. Maqueta de un antiguo vehículo elevador de carga “torito” utilizado en las terminales de contenedores. Foto tomada en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*

*09.- Anexo I. Texto en homenaje a Belén María. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*

*10.- Anexo I. Carta informativa para la asistencia al funeral en memoria de Belén María. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*



## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.**

<b>Ilustración 1.</b> Gráfica del crecimiento del tamaño de los buques portacontenedores representado en (TEUs) con el paso de los años. ....	1
<b>Ilustración 2.</b> Gráfica del crecimiento del comercio de contenedores representado en millones de (TEUs) desde 1996 hasta el 2018. ....	2
<b>Ilustración 3.</b> Índice del tráfico mundial de contenedores, enero de 2015-julio de 2022. ....	3
<b>Ilustración 4.</b> Carga del primer buque portacontenedores .....	5
<b>Ilustración 5.</b> Dry van o contenedor seco. ....	7
<b>Ilustración 6.</b> Contenedor refrigerado. ....	8
<b>Ilustración 7.</b> Contenedor flat rack. ....	8
<b>Ilustración 8.</b> Contenedor open top. ....	9
<b>Ilustración 9.</b> Contenedor open side. ....	9
<b>Ilustración 10.</b> Contenedor tanque. ....	9
<b>Ilustración 11.</b> Contenedor flexi-tank. ....	10
<b>Ilustración 12.</b> Contenedor plataforma. ....	10
<b>Ilustración 13.</b> Densidad de buques en las principales rutas comerciales. ....	12
<b>Ilustración 14.</b> Canales de navegación. ....	13
<b>Ilustración 15.</b> Evolución del buque portacontenedores. ....	15
<b>Ilustración 16.</b> Esquema del diseño operativo de las terminales de contenedores automatizadas. ....	19
<b>Ilustración 17.</b> Análisis de ruta. ACLAS, manual, novato. ....	25
<b>Ilustración 18.</b> Grúa convencional sobre raíles (RMG). ....	28
<b>Ilustración 19.</b> Grúa sobre raíles automatizada (ARMG) o grúa apiladora automatizada (ASC). ....	31
<b>Ilustración 20.</b> Comparación de la disposición de los contenedores y equipos entre una terminal convencional y una automatizada, .....	32
<b>Ilustración 21.</b> Esquema detallado de una terminal automatizada vertical. ....	32
<b>Ilustración 22.</b> Grúa convencional sobre ruedas (RTG). ....	33
<b>Ilustración 23.</b> Grúa sobre ruedas automatizada (ARTG). ....	35
<b>Ilustración 24.</b> Vehículo guiado automatizado .....	38
<b>Ilustración 25.</b> Lift-AGV .....	40
<b>Ilustración 26.</b> Cassette-AGV .....	41

**Ilustración 27.** Carretilla pórtico convencional ..... 42

**Ilustración 28.** Vehículo ALV automatizado (Autoshuttle) ..... 44

**Ilustración 29.** Pantalla del sistema OCR identificando un contenedor. .... 47

**Ilustración 30.** Estructura del High Bay Storage system. .... 57

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Terminales Automatizadas I.....	59
<b>Tabla 2.</b> Terminales Automatizadas II.....	60
<b>Tabla 3.</b> Terminales Automatizadas III.....	61
<b>Tabla 4.</b> Terminales Automatizadas IV .....	62
<b>Tabla 5.</b> Terminales Automatizadas V .....	63

---

## GLOSARIO

---

- **ISO:** Internacional Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
- **TEU:** Twenty-foot Equivalent Unit (Unidad Equivalente a Veinte Pies)
- **STS:** Ship-to-Shore (Barco a tierra)
- **RMG:** Rail Mounted Gantry Crane (Grúa Pórtico Montada Sobre Rieles)
- **ARMG:** Automated Rail Mounted Gantry Crane (Grúa Pórtico Montada Sobre Rieles Automatizada)
- **ASC:** Automated Stacking Crane (Grúa de apilamiento automatizada)
- **RTG:** Rubber-Tyred Gantry Crane (Grúa Pórtico con Neumáticos)
- **ARTG:** Automated Rubber-Tyred Gantry Crane (Grúa Pórtico con Neumáticos Automatizada)
- **AGV:** Automated Guided Vehicle (Vehículo Guiado Automatizado)
- **L- AGV:** Lift- Automated Guided Vehicle (Vehículo Guiado Automatizado Elevador)
- **ALV:** Automated Lifting Vehicle (Vehículos de Elevación Automatizados)
- **OHBC:** Overhead Bridge Crane (Grúa Puente Aérea)
- **C-ARMG:** Cantilever gantry crane (Grúa Pórtico con Voladizo)
- **CT:** Container Terminal (Terminal de Contenedores)
- **CTS:** Container Terminal System (Sistema de la Terminal de Contenedores)
- **TPCs:** Port Container Terminal (Terminal Portuaria de Contenedores)
- **ELC:** Electronic Load Control (Control Electrónico de Carga)
- **SPS:** Ship Profile System (Sistema de Perfiles de Barcos)
- **CAS:** Chassis Alignment System (Sistema de Alineación de Chasis)
- **ACLAS:** Automated Container Landing System (Sistema Automatizado de Aterrizaje de Contenedores)
- **TLC:** Terminal Logic Control Interface (Interfaz de Control de Lógica de Terminales)
- **CA:** Corriente Alterna
- **CC:** Corriente Continua
- **PLC:** Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)
- **APP:** Automated Pick and Place (Coger y Dejar Automatizado)
- **TLS:** Terminal Logistics System (Sistema Logístico de la Terminal)
- **MMS:** Magnetic Measurement System (Sistema de Medición Magnética)

- **RFID:** Radio Frequency Identification (Identificación por Radiofrecuencia)
- **OCR:** Optical Character Recognition (Reconocimiento óptico de caracteres)
- **TOS:** Terminal Operating System (Sistema Operativo Terminal)
- **IA:** Inteligencia Artificial
- **IoT:** Internet of Things (Internet de las Cosas)
- **UAV:** Unmanned Aerial Vehicles (Vehículos Aéreos no Tripulados)
- **VLCV:** Very Large Container Vessels (Buques Portacontenedores Muy Largos)
- **ULCV:** Ultra Large Container Vessels (Buques Portacontenedores Ultra Largos)

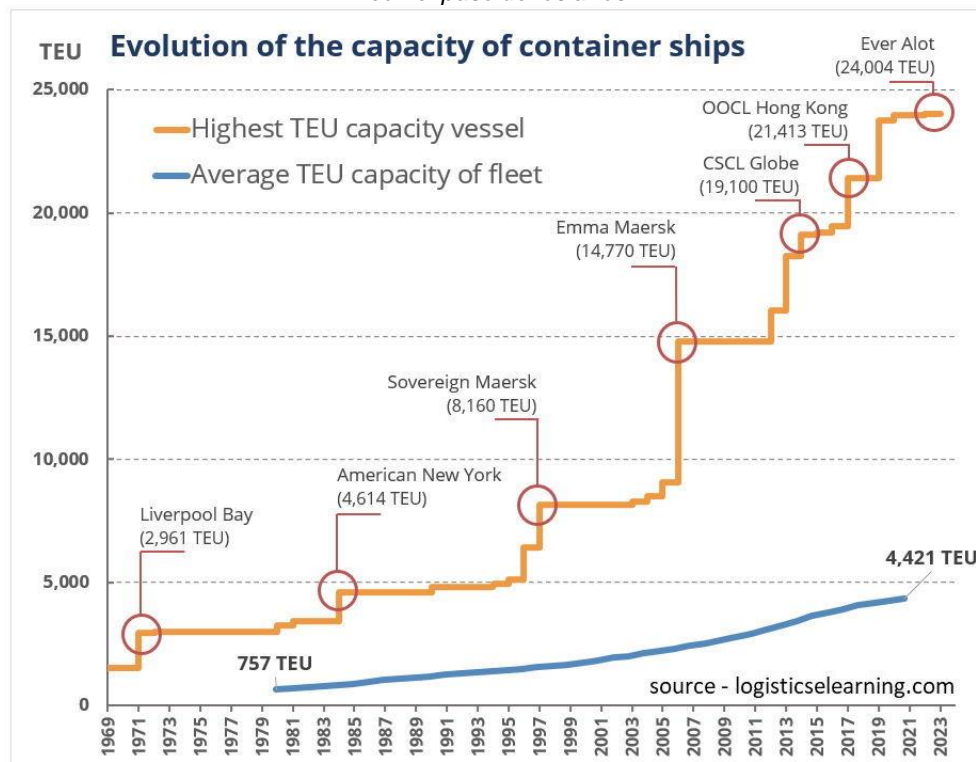
## 1. INTRODUCCIÓN

La industria del transporte marítimo fue transformada desde la década de 1960 por la expansión del comercio internacional y la aparición de la contenedorización. Desde ese entonces surgió un aumento significativo en la investigación sobre diferentes aspectos del envío de contenedores.

Dicha investigación dio como primer y más primordial resultado la estandarización que se produjo sobre el elemento a transportar, el contenedor, ayudando así a la estiba, la carga y el almacenamiento de estos.

Otro gran e importante factor como son los buques también sufrieron un proceso de investigación sobre ellos, abriendo camino a modificaciones y mejoras que dieron como resultado un gran aumento en el tamaño de estos.

**Ilustración 1.** Gráfica del crecimiento del tamaño de los buques portacontenedores representado en (TEUs) con el paso de los años.



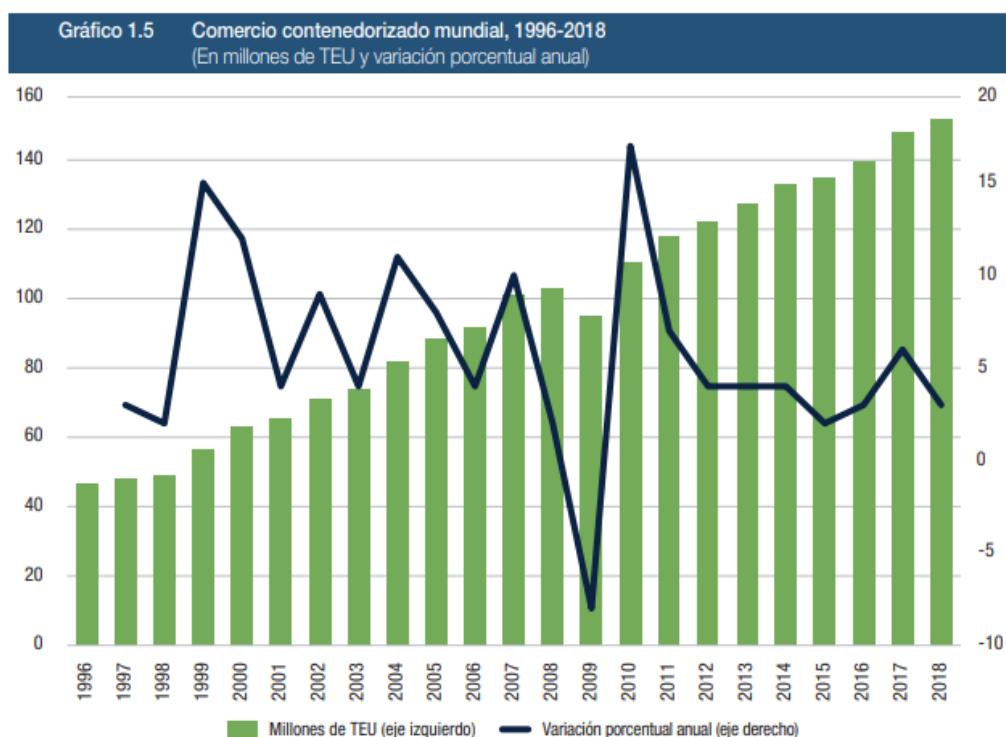
**Nota:** Allyn International. (2022, 6 diciembre). The evolution of container ships and their sizes - Largest container ships. Learn with Allyn International! <https://logisticselearning.com/largest-container-ships/>

Y por último la investigación sobre las terminales de contenedores. Las terminales han evolucionado muchísimo desde sus inicios buscando siempre que los buques pasen el mínimo tiempo en puerto y queriendo ofrecer la máxima eficiencia. Para obtener esta eficiencia en términos de tiempo y de capacidad de carga se ha recurrido cada vez más a la automatización desde 1993.

Si tomamos todos estos factores y los unimos podemos observar cómo gracias a ellos el comercio contenedorizado mundial ha crecido y sigue creciendo a lo largo de los años. Gracias a las nuevas terminales automatizadas, la carga y descarga de los contenedores estandarizados se realiza mucho más rápido en los gigantes buques portacontenedores, dando lugar a costes relativamente bajos para el transporte marítimo.

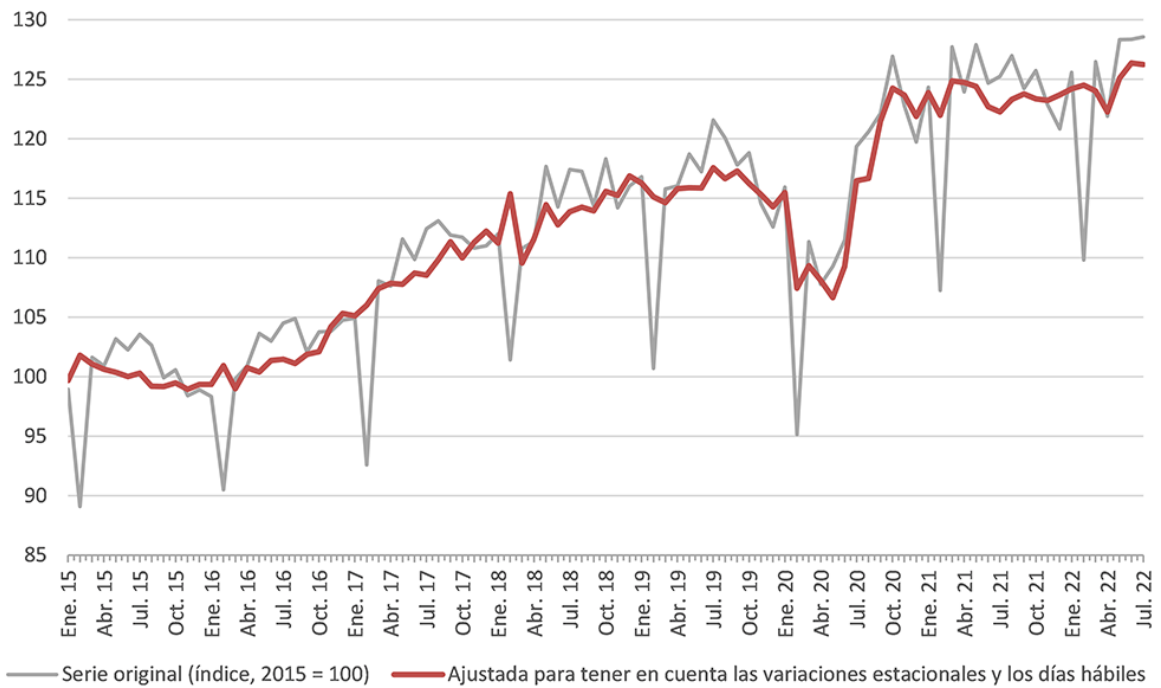
En las siguientes imágenes podemos observar como el comercio de contenedores aumentó gradualmente desde 1996 hasta 2022 y lo sigue haciendo a día de hoy.

**Ilustración 2.** Gráfica del crecimiento del comercio de contenedores representado en millones de (TEUs) desde 1996 hasta el 2018.



**Nota:** United Nations Publications. (2019). INFORME SOBRE EL TRANSPORTE MARÍTIMO 2019.  
[https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019_es.pdf)

**Ilustración 3.** Índice del tráfico mundial de contenedores, enero de 2015-julio de 2022.



**Nota:** El crecimiento del comercio sufrirá una brusca desaceleración en 2023 debido a la difícil coyuntura que atraviesa la economía mundial. (2022, 5 octubre). Organización Mundial del Comercio (OMC). [https://www.wto.org/spanish/news\\_s/pres22\\_s/pr909\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/news_s/pres22_s/pr909_s.htm)



## 2. OBJETO

El objeto de este estudio es entender lo que es una terminal automatizada, las partes y sistemas que la componen y las actividades que se llevan a cabo en el interior de estas, con el fin de poder comparar estas modernas terminales con las terminales de contenedores del pasado.

De esta misma manera podremos también llegar a comprender como ha conseguido el transporte de carga contenerizada evolucionar y crecer exponencialmente en las últimas décadas llegando a convertirse hoy en día en el proceso que mueve el mundo y lo interconecta moviendo alrededor del 90% del comercio mundial en volumen y que en lugares como Australia llega a representar hasta el 99%.

## 3. METODOLOGÍA

Como primer paso para afrontar y entender mejor este estudio, he realizado una pequeña introducción llamada “un viaje por el tiempo” donde se recoge muy resumidamente información general e información sobre la evolución de los principales factores ligados directamente a las terminales automatizadas de contenedores, que son, los contenedores, el transporte de estos y los buques portacontenedores.

En segundo lugar y ya entrando más en detalle se describe lo que es una terminal y como está compuesta estructural y operativamente. Dentro del diseño estructural encontramos las infraestructuras, los equipos y los recursos humanos presentes en las terminales y dentro del diseño operativo encontramos los subsistemas, que son los que dan lugar a los procesos operativos que tienen lugar en las terminales.

Seguidamente describimos las terminales automatizadas y sus diferentes tipos o grados, a la vez que explicamos como se aplica el proceso de automatización en cada uno de los subsistemas existentes.

Luego de esto hemos hecho un balance general de las ventajas y desventajas de la automatización de terminales.

Más adelante estudiamos las innovaciones y los últimos avances y sistemas en el campo de la automatización implementados en las terminales.

Y por último hemos realizado un breve estudio sobre las terminales automatizadas y semiautomatizadas a nivel global.

## 4. UN VIAJE EN EL TIEMPO

### 4.1. EVOLUCIÓN DEL CONTENEDOR

La invención del contenedor o también conocido por el anglicismo “container” data de la segunda mitad del siglo XX, pero el contenedor y el transporte de estos como lo conocemos hoy en día fue inventado por el estadounidense Malcolm McLean en 1955. En aquel momento los contenedores a transportar eran de 35 pies (10 metros) y eran personalizados por el mismo Malcolm.

Este invento implicó un gran avance y una revolución en el transporte intermodal, lo que a su vez produjo un crecimiento extraordinario en el comercio mundial y aceleró en gran medida la globalización.

El contenedor permitía transportar toda la carga junta en un solo viaje, trasladarla del camión al buque y viceversa en un solo movimiento y a su vez protegerla de las condiciones climatológicas, así como del salitre del mar, la intemperie y el posible oxidado de los buques. A su vez el uso de los contenedores lograba reducir el tiempo de carga de los buques en gran cantidad y dejar atrás tiempos en los que el barco podía permanecer en el puerto durante una semana o más para descargar y cargar nuevamente, todo el tiempo sin generar dinero para el propietario del barco.

*Ilustración 4. Carga del primer buque portacontenedores*



**Nota:** BBC News Mundo. (2021, 11 diciembre). Malcolm McLean, el visionario que inventó los contenedores para barcos (e hizo explotar el comercio y la globalización). BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59528534>

Este avance dejaba en el pasado a las mercancías de diferentes tamaños y pesos que llegaban al muelle como carga fraccionada en barriles, sacos, cestas, cajas y palés para ser cargados en eslingas y subidos a bordo por las cuadrillas del barco, cuyo trabajo era descargar y maniobrar cada artículo en espacios irregulares con carros de mano, ganchos y fuerza bruta.

Desde su aparición los contenedores han evolucionado considerablemente y hoy en día existen una amplia variedad de ellos.

Pero, antes que nada, ¿qué es un contenedor?

Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte marítimo, fluvial o terrestre, siendo así la herramienta perfecta para el transporte intermodal.

La función de los contenedores es clara y como bien se ha explicado en el punto anterior es facilitar la carga y el transporte, proteger la mercancía de golpes y condiciones climatológicas y preservar los productos o materiales hasta su destino.

Existe una gran variedad de contenedores dependiendo del producto a transportar y de las condiciones que necesite dicho producto para llegar a su destino en estado óptimo, en cambio, la diversidad en unidades de carga en la industria del transporte de contenedores es bajo debido a la necesidad de uniformidad al apilar contenedores debajo y en la cubierta de buques portacontenedores especializados.

Están fabricados principalmente de acero o aluminio y se rigen por la certificación ISO-668 de la normativa ISO. Lo que se logra con esta normativa es que los contenedores se fabriquen bajo unas normas específicas de proporciones y de esta manera que el transporte de estos sea mucho más sencillo.

#### 4.1.1. TIPOS DE CONTENEDORES

DRY VAN O CONTENEDOR SECO: son los más usados y comunes en el mundo. Son utilizados para el transporte de mercancía seca y podemos encontrarlos en varias dimensiones.

##### **CONTENEDOR 20'**

Largo: (6,10 m) Ancho: (2,44 m) Alto: (2,59 m)

##### **CONTENEDOR 40'**

Largo: (12,19 m) Ancho: (2,44 m) Alto: (2,59 m)

##### **CONTENEDOR 40' HC (HIGH CUBE)**

Largo: (12,19 m) Ancho: (2,44 m) Alto: (2,90 m)

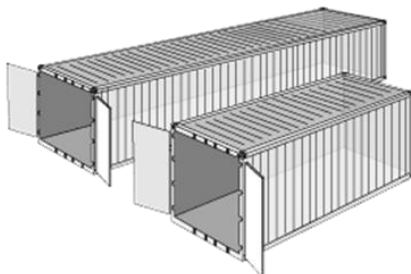
##### **CONTENEDOR 45'**

Largo: (13,71 m) Ancho: (2,44 m) Alto: (2,59 m)

##### **CONTENEDOR 45' HC (HIGH CUBE)**

Largo: (13,71 m) Ancho: (2,44 m) Alto: (2,90)

*Ilustración 5. Dry van o contenedor seco.*



**Nota:** Tipos de contenedores marítimos: ¿Cuáles son sus medidas? | DSV. (s. f.). <https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-maritimo/tipos-contenedor-maritimo>

REEFER O CONTENEDOR REFRIGERADO: son muy similares a los Dry van, pero estos disponen de un sistema de conservación de frío o calor en la franja de (-13º/30º) y se encuentran siempre conectados a la red eléctrica del buque, camión o muelle. Este tipo de contenedores se utiliza para el transporte de mercancías perecederas que necesitan una temperatura controlada.

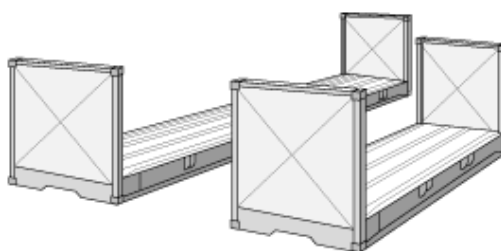
**Ilustración 6.** Contenedor refrigerado.



**Nota:** REEFER Containers. (s. f.). [https://www.vitransgroup.com/tools\\_rf\\_cont.php?lang=es](https://www.vitransgroup.com/tools_rf_cont.php?lang=es)

CONTENEDOR FLAT RACK: son unos contenedores muy especiales ya que no poseen paredes laterales. Se utilizan para aquellas cargas que requieren un espacio atípico o poco convencional.

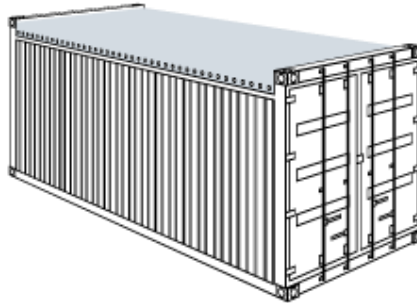
**Ilustración 7.** Contenedor flat rack.



**Nota:** Dimensiones y capacidad del contenedor flat rack | DSV. (s. f.). <https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-maritimo/tipos-contenedor-maritimo/contenedor-flat-rack>

**CONTENEDOR OPEN TOP:** iguales a los Dry van, pero con la diferencia de que la parte superior está conformada por una lona que se puede retirar para permitir la carga por la zona superior e, incluso, que la carga sobresalga del contenedor.

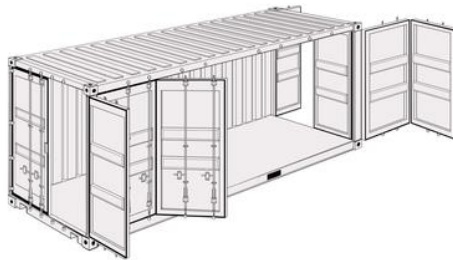
**Ilustración 8.** Contenedor open top.



**Nota:** OPEN TOP Containers. (s. f.). [https://vitransgroup.com/tools\\_ot\\_cont.php?lang=es](https://vitransgroup.com/tools_ot_cont.php?lang=es)

**CONTENEDOR OPEN SIDE:** iguales a los Dry van, pero con la excepción de que estos contenedores se abren por un lateral para poder introducir la carga que no puede entrar por la puerta del contenedor.

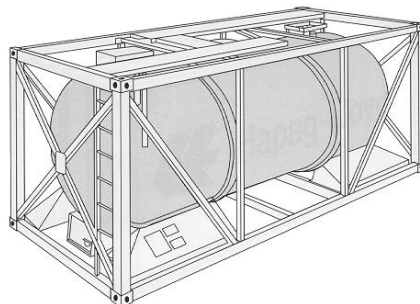
**Ilustración 9.** Contenedor open side.



**Nota:** GmbH, L. C. (s. f.). 20ft Side Door containers - Side Open Shipping Container. <https://www.lotus-containers.com/pt/a-nossa-oferta/frota/side-door/20-side-door/>

**CONTENEDOR TANQUE:** es un contenedor destinado al transporte de líquidos a granel. Se trata de una cisterna contenida dentro de la estructura base de los Dry van, lo que permite que la cisterna pueda apilarse como un contenedor.

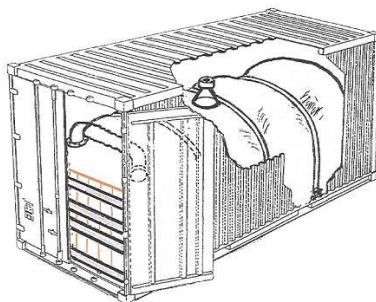
**Ilustración 10.** Contenedor tanque.



**Nota:** Tank Container: Flyjac Logistics. (s. f.). <http://flyjaclogistics.com/resources/container/tank/index.html>

**FLEXI-TANK:** este container también se utiliza para transportar líquidos a granel, pero con un sistema un poco diferente al del contenedor tanque. En este caso se utiliza un depósito flexible de polietileno (flexibag) y se introduce dentro de un contenedor que suele ser un estándar de 20'.

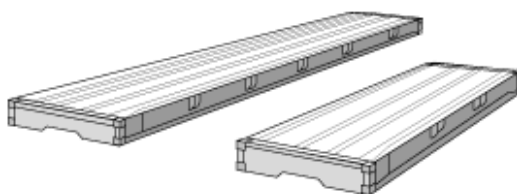
**Ilustración 11.** Contenedor flexi-tank.



**Nota:** ESTUDIO DEL CICLO DEL CONTENEDOR Y SU OPERATIVA EN DEPÓSITOS Y TERMINALES - PDF Free Download. (s. f.). <https://docplayer.es/49518422-Estudio-del-ciclo-del-contenedor-y-su-operativa-en-depositos-y-terminales.html>

**PLATAFORMA:** se trata solo de la parte inferior del contenedor y siempre es utilizado para carga que no cabe dentro de ningún tipo de contenedor, como puede ser maquinaria o piezas fijas muy grandes.

**Ilustración 12.** Contenedor plataforma.



**Nota:** Medidas del contenedor plataforma (flatbed) de 20' y 40' | DSV. (s. f.). <https://www.dsv.com/es-es/nuestras-soluciones/modos-de-transporte/transporte-maritimo/tipos-contenedor-maritimo/contenedor-plataforma>

## 4.2. EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE DE CONTENEDORES

El desarrollo de la contenedorización se creó en Europa y EE. UU. como una forma de revitalizar las empresas ferroviarias después del desplome de Wall Street de 1929, que provocó el colapso económico y la reducción del uso de todos los modos de transporte.

Justo después de esto, en 1931, se fabricó el primer buque portacontenedores del mundo, el "Autocarrier" que solo disponía de 21 ranuras para contenedores de ferrocarril.

Después de la Segunda Guerra Mundial (1945), los barcos portacontenedores comenzaron a realizar las primeras rutas que se llevaron a cabo entre Reino Unido, Países Bajos y Dinamarca. Más tarde en el año 1951 ocurría lo mismo en Estados Unidos, apareciendo rutas que unían Seattle, Washington y Alaska. Estos servicios no tuvieron gran éxito debido al pequeño volumen de los contenedores, que eran de aproximadamente tres metros cúbicos y también porque eran de madera y requerían un modo de carga especial.

En 1955, un empresario del campo de los camiones Malcom McLean, junto con un ingeniero trabajó para desarrollar el moderno contenedor intermodal. El resultado fue una caja de 8 pies de alto (2,44 m), por 8 pies de ancho (2,44 m) y 35 pies de largo (10 m). Fueron construidos de acero corrugado y contaban con un espesor de 2,5mm. Esto inició la estandarización internacional de los contenedores de envío.

En 1956 McLean compró dos Petroleros de la Segunda Guerra Mundial y los convirtió implementando sobre la cubierta un sistema de cunas para transportar sus nuevos contenedores personalizados de 35 pies (10 metros).

El 26 de abril de ese mismo año Malcolm McLean transportó 58 camionetas remolque, a las que luego se les comenzó a llamar contenedores en el petrolero "SS Ideal X" y los llevó desde Newark, Nueva Jersey a Houston, Texas y así fue como esta pasó a ser la primera empresa de transporte de contenedores verdaderamente exitosa.

Estas pequeñas rutas realizadas en los inicios del transporte de contenedores han crecido y se han ramificado muchísimo debido a los rápidos avances en ingeniería naval, informática, comunicaciones y sobre todo en ingeniería civil, esta última dando lugar a canales como el de Panamá y el de Suez que favorecen las conexiones y suponen un gran ahorro de tiempo y dinero para las navieras y también ayudando a la creación de grandes muelles que acogen a los grandes portacontenedores y favorecen el almacenaje de cientos de contenedores.



Hoy en día existen cientos de rutas para los buques portacontenedores, pero hay tres que destacan por ser las de mayor importancia, mayor tamaño y sobre todo afluencia, estas son:

### **La Ruta del Atlántico**

Europa del Este-Norte América

Europa del Este-Sudamérica

### **La Ruta del Pacífico**

Norte América-Asia

Norte América-Australia/Nueva Zelanda

### **La Ruta Europa-Asia**

*Ilustración 13. Densidad de buques en las principales rutas comerciales.*

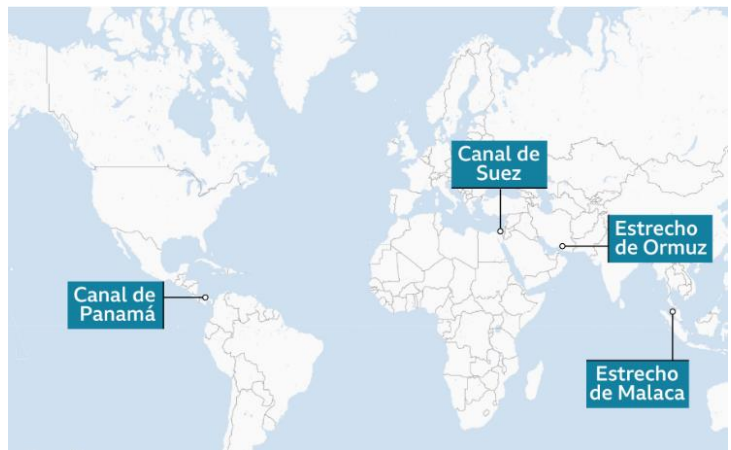


**Nota:** Infinita, G. (2021). Los puntos estratégicos de las rutas marítimas mundiales. Geografía Infinita. <https://www.geografiainfinita.com/2021/03/las-puntos-estrategicos-de-las-rutas-maritimas-mundiales/>

En todas estas rutas existen unos cuantos puntos estratégicos, algunos ya nombrados en el apartado anterior que juegan un papel muy importante en el comercio marítimo, que son, los canales de navegación ya sean los naturales o los artificiales:

Canal de La Mancha  
El estrecho de Malaca  
El estrecho de Gibraltar  
Estrecho de Ormuz  
El cabo de Buena Esperanza  
Estrecho del Bósforo  
El estrecho de Magallanes  
Canal de Kiel  
Estrecho de Torres  
El canal de Panamá  
El canal de Suez

**Ilustración 14.** Canales de navegación.



**Nota:** BBC News Mundo. (2021a, marzo 31). Cuáles son, además del canal de Suez, los otros 3 grandes pasos marítimos del comercio internacional (y qué tan vitales son para la economía). BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-56564954>

### 4.3. EVOLUCION DE LOS PORTACONTENEDORES

La evolución de los portacontenedores ha sido un proceso en constante desarrollo a lo largo de las últimas décadas. Este avance ha sido impulsado tanto por la creciente demanda de transporte marítimo de mercancías en contenedores como por los avances tecnológicos en la industria naval.

A continuación, se presenta un resumen de su evolución:

En sus inicios, en la década de 1950, como ya comentamos en el apartado anterior surgieron los primeros portacontenedores. Estos buques se basaban en el uso de contenedores estandarizados, lo cual facilitaba la carga y descarga de mercancías. Inicialmente, estos barcos eran de tamaño relativamente pequeño, con una capacidad de transporte de entre 500 y 1,000 TEU.

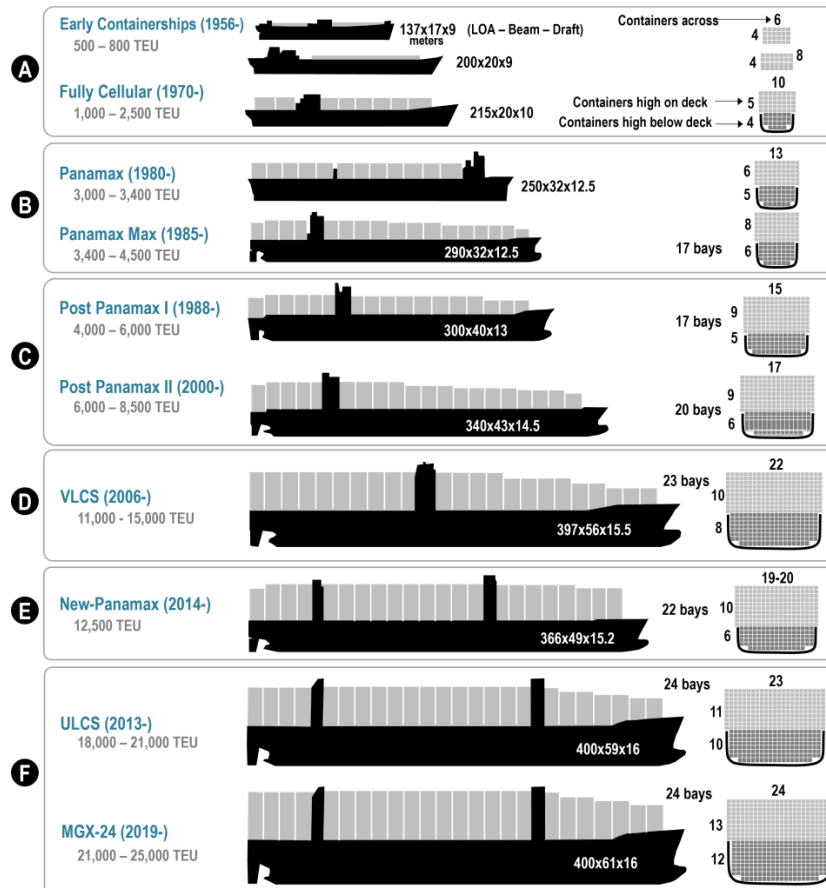
Conforme la demanda de transporte marítimo de contenedores fue en aumento, se construyeron portacontenedores de mayor tamaño para incrementar su capacidad de carga. Durante las décadas de 1970 y 1980, los portacontenedores de clase Panamax se convirtieron en los más comunes. Estos buques tenían la capacidad de pasar por las esclusas del Canal de Panamá y podían transportar hasta 5,000 TEU.

Posteriormente, a finales de la década de 1990, se desarrollaron los portacontenedores de clase Post-Panamax, diseñados específicamente para superar las restricciones de tamaño del Canal de Panamá. Estos buques tenían la capacidad de transportar más de 5,000 TEU y podían llegar a alcanzar capacidades de hasta 20,000 TEU. Se caracterizaban por ser más largos, anchos y tener un mayor calado.

En los últimos años, se ha observado un rápido avance en la construcción de portacontenedores de ultra gran capacidad. Estos buques, conocidos como Megamax, Ultra Large Container Vessels (ULCV) o Very Large Container Vessels (VLCV), tienen una capacidad superior a los 20,000 TEU e incluso pueden llegar a transportar más de 24,000 TEU. Estos gigantes del mar requieren puertos y terminales especialmente equipados para poder manejar su tamaño y capacidad.

En resumen, la evolución de los portacontenedores ha estado marcada por un constante aumento en tamaño y capacidad para satisfacer la creciente demanda de transporte marítimo de mercancías en contenedores. Los buques han pasado de transportar cientos de TEU a decenas de miles de TEU.

**Ilustración 15.** Evolución del buque portacontenedores.



**Nota:** Comunicaciones. (s. f.). Los buques portacontenedores de ayer y hoy.  
<https://www.maritimoportuario.cl/mp/los-buques-portacontenedores-de-ayer-y-hoy/>

## 5. LA TERMINAL PORTUARIA DE CONTENEDORES

### 5.1. EL CONCEPTO DE TERMINAL DE CONTENEDORES

Para explicar lo que es una terminal de contenedores primero hay que definir brevemente lo que es una terminal y los procesos que se dan lugar en ella:

Una terminal portuaria la podemos definir como, aquella instalación o conjunto de equipos portuarios y personal capacitado que constituyen la interfaz, que es el punto donde convergen aquellos procesos particulares entre el transporte marítimo y los demás modos de transporte.

Ahora bien, cuando nos referimos a una **terminal de contenedores** hablamos de un intercambiador de servicios intermodales que cuenta con variedad de infraestructuras como son entre muchos otros que explicaremos más adelante el área de almacenamiento en tierra, también llamados patios de almacenaje y las áreas donde convergen los diferentes ritmos de llegada de los medios de transportes terrestres y marítimos, comúnmente conocidas por puerta terrestre y puerta marítima o muelle.

Para que las terminales de contenedores funcionen de una forma eficaz desde el pasado se adoptaron características tales como la estandarización del elemento transportado, el contenedor, y la manipulación de este dentro de la terminal.

### 5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL Y EQUIPOS DE LAS TERMINALES

Para obtener un correcto funcionamiento de la terminal portuaria deberán existir los siguientes factores:

#### 5.2.1. INFRAESTRUCTURAS TERRESTRES

- Carreteras en la terminal.
- Puertas de camiones e inspección.
- Vallado y videovigilancia (seguridad portuaria).
- Edificios de oficinas
- Almacenes y edificios técnicos
- Patios de almacenamiento

## **5.2.2. INFRAESTRUCTURAS MARÍTIMAS**

- Muelle
- Equipo de amarre y defensas
- Remolcadores
- Pilotos de puerto
- Amarradores.

## **5.2.3. EQUIPOS**

- Grúas pórtico (STS)
- **(ARMG) (ASC)**
- **(ARTG)**
- Vehículos auto-guiados (AGV)
- **(L-AGV)**
- **Cassette-AGV**
- Carretilla pórtico o straddle Carrier (ALV)
- **OHBC**
- **C-ARMG**

## **5.2.4. LOS RECURSOS HUMANOS**

Necesarios para que todo funcione en conjunto con las tecnologías informáticas para gestionar de forma eficiente todas las actividades realizadas en la terminal.

### **5.3. DISEÑO OPERATIVO DE LAS TERMINALES**

Al construir un modelo operativo del sistema, se toma el conjunto de operaciones de los diversos subsistemas que existen dentro del dominio de la terminal.

Los cuatro subsistemas u operaciones principales en un CTS son; barco a tierra o carga y descarga, ciclo de transferencia o interconexión, almacenamiento y recepción y entrega.

#### **5.3.1. SUBSISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA DE BUQUES**

Aquí se lleva a cabo el movimiento de contenedores desde el barco hasta el muelle o viceversa. Las grúas de muelle o STS se asignan a un barco para la tarea de descargar y cargar contenedores.

#### **5.3.2. SUBSISTEMAS DE INTERCONEXIÓN**

Transferencia, movimiento bidireccional de contenedores de un atracadero a una pila (área de almacenamiento), de una pila a otra pila y de la puerta a una pila. Por lo general, en este subsistema se emplean camiones, Straddle Carriers o AGV.

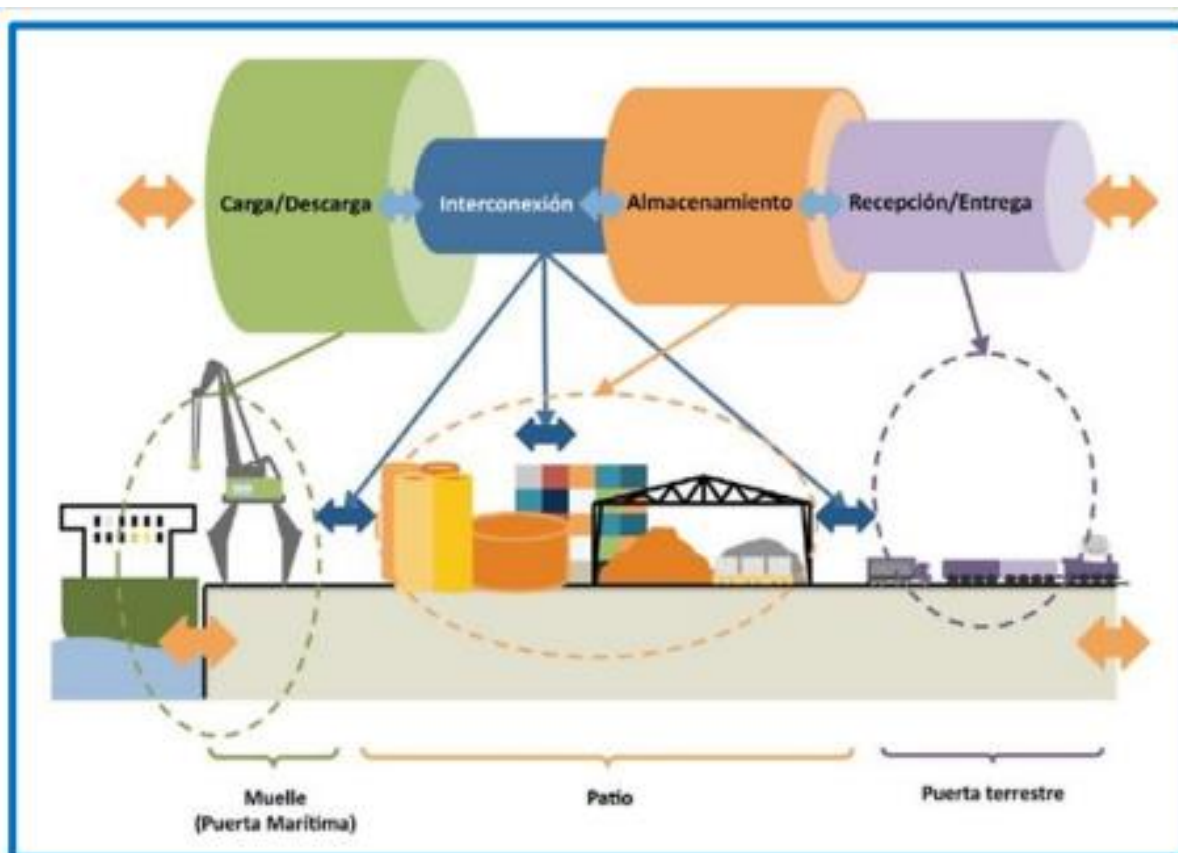
#### **5.3.3. SUBSISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES**

Almacenamiento, pila o área a donde se transportan los contenedores y luego se colocan. A menudo se utilizan grúas apiladoras o carretillas pórtico para levantar contenedores y apilarlos unos encima de otros.

#### **5.3.4. SUBSISTEMAS DE RECEPCIÓN Y ENTREGA TERRESTRE**

Movimiento de contenedores entre pila y la 'puerta' y viceversa dependiendo si el contenedor es de importación o de exportación. La puerta actúa como una interfaz para el CT con otros modos de transporte, como ferrocarriles y camiones.

**Ilustración 16.** Esquema del diseño operativo de las terminales de contenedores automatizadas.



**Nota:** Mulinas, A. M., & Herrando, J. A. (2016). Propuesta de caracterización del nivel de servicio por línea de atraque en contratos de concesión de terminales portuarias de contenedores. <https://doi.org/10.4995/cit2016.2016.3504>



## **6. AUTOMATIZACION DE LAS TERMINALES**

### **6.1. EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN**

La automatización tal y como la conocemos hoy en día consiste en la aplicación y uso de equipos automáticos como su propio nombre indica. Estos equipos pueden ser mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos e informáticos.

Lo que se desea obtener con la automatización son procesos sistemáticos que sigan unas reglas que se puedan identificar y programar al antojo, dependiendo del resultado que se quiera obtener.

Las terminales automatizadas de contenedores se implementan debido a la búsqueda de una disminución de los gastos de manipulación, así como a un mayor control y calidad en la manipulación de la carga. Para lograr estos objetivos, existen dos principios fundamentales para su implementación: alcanzar altos niveles de eficiencia utilizando maquinaria especializada y reducir al mínimo el número de trabajadores operativos.

Desde 1993, año del lanzamiento de la primera terminal automatizada, la Terminal ECT Delta en el Puerto de Rotterdam, la automatización ha experimentado una tendencia al alza y muchas TPCs han apostado por la automatización, consolidándose como una tendencia global y permanente en el sector.

La automatización de terminales es una sustitución total o parcial de las operaciones de terminales por equipos y procesos automatizados, por eso podemos distinguir entre:

#### **6.1.1. TERMINAL AUTOMATIZADA**

Actualmente, el término “terminal automatizada” se emplea para denominar a las terminales portuarias de contenedores que, como ECT Delta Terminal, han automatizado los movimientos en patio y los de interconexión muelle-patio; aun cuando los de grúa-buque siguen siendo manuales y los de recepción y entrega terrestre (interacción entre la grúa de patio los medios de transporte terrestre) están asistidos por controladores remotos.

### **6.1.2. TERMINAL SEMI-AUTOMATIZADA**

Una alternativa intermedia entre las terminales completamente automatizadas y las operadas manualmente es la adopción de una automatización parcial o semi-automatización de los movimientos principales.

Se suele emplear el término de “terminal semi-automatizada” para aquellas en las que, mientras el movimiento en patio está automatizado, la interconexión muelle-patio se efectúa con equipos convencionales, o viceversa.

Las terminales automatizadas y semi-automatizadas emplean automatizaciones mayores o totales, que se materializan en equipos automatizados, como las ASCs y los AGVs que serán descritos más tarde, cada uno en el subsistema al que corresponden.

Sin embargo, el término semi-automatización también puede referirse al manejo de equipos por control asistido o la sistematización de algunas de las funciones de los equipos mediante automatizaciones menores o parciales. La automatización total de equipos se logra mediante la integración de un conjunto completo de tecnologías o sistemas que, por separado, podrían considerarse automatizaciones menores. En algunos casos, es posible automatizar por completo equipos convencionales mediante la implementación de pequeñas automatizaciones a través de un proceso de "retrofitting" o adaptación. Esta estrategia se presenta como una solución para terminales en funcionamiento que aún no han amortizado completamente su inversión inicial en equipamiento. Al combinar diferentes niveles de automatización, se pueden crear terminales portuarias de contenedores con diversos grados de automatización.

## **6.2. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE CARGA Y DESCARGA DE BUQUES**

Como ya se ha mencionado anteriormente en esta área es donde las grúas pórtico o STS se encargan del proceso de carga y descarga de los buques. El número de grúas utilizadas para realizar la operación varía según el tamaño del portacontenedores y el volumen de contenedores a manipular. Las grúas STS marcan el ritmo de toda la terminal y la productividad de las grúas STS es extremadamente importante para el éxito comercial ya que de ellas depende la cantidad de “movimientos/h o TEU/h”.

Las terminales que realmente usan la automatización STS indican que con la implementación de políticas operativas adecuadas y proporcionando los incentivos correctos para los operadores y el personal de mantenimiento, la automatización STS se puede implementar con éxito para aumentar el rendimiento operativo general de una terminal. La combinación de la automatización de grúas STS con la operación remota desde una sala de control centralizada permite que la capacidad de la grúa se utilice por completo en todo momento.

El rápido desarrollo en áreas como la tecnología de sensores promete que el futuro verá un desarrollo continuo en los sistemas de automatización de grúas.

Dar servicio a un número cada vez mayor de barcos más grandes requiere grúas más altas con un alcance más amplio. Con esto, la distancia de recorrido del carro aumenta y las grúas necesitan trabajar más rápido para mantener el nivel de productividad. La industria también se está moviendo hacia grúas que pueden manejar múltiples contenedores. La automatización de grúas STS hace que estas máquinas complejas sean manejables para los operadores y los sistemas logísticos de terminales, lo que garantiza una producción ininterrumpida y predecible.

La automatización también es "amigable con las máquinas". Ejecuta la operación de manera más fluida que un operador humano y reduce los daños al equipo y los bienes. Esto reduce los costes de mantenimiento de la maquinaria.

### **6.2.1. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN.**

Una grúa STS puede equiparse en mayor o menor grado con características automáticas para ayudar al operador de la grúa a lograr beneficios de productividad mientras mantiene el control y la responsabilidad sobre la grúa en cada situación. La automatización

de las grúas STS a veces se denomina semiautomática, ya que un operador de grúa siempre está presente para supervisar el movimiento automático y manejar las partes de la secuencia de trabajo que requieren operación manual, como, por ejemplo, recoger y depositar en el barco.

En todo el mundo, la automatización de grúas se ha aplicado a las grúas STS normales, así como a las grúas de carro doble y pronto estarán en producción las primeras grúas STS de polipasto doble automatizadas del mundo. La cartera de productos de automatización incluye una serie de productos opcionales que se pueden combinar libremente para crear una solución de automatización adecuada para cualquier necesidad:

➤ Control electrónico de carga (CEC)/(ELC)

El sistema ELC proporciona una operación manual libre de balanceo de la carga por medio del control de balanceo y ciclos de viaje automatizados entre cualquier posición seleccionada en el barco y el muelle siguiendo una ruta segura óptima y un posicionamiento preciso en el objetivo por medio del control de posición.

➤ Sistema de perfiles de barcos (SPB)/(SPS)

Un sistema de escaneo de barcos basado en láser que genera un perfil de altura de un barco para proporcionar el camino seguro óptimo para el ELC.

Al habilitar las desaceleraciones inteligentes del polipasto principal y la evitación de obstáculos del carro sobre el barco, el SPS garantiza un manejo rápido y seguro de contenedores sobre el barco.

➤ Control de sesgo

Minimizando el movimiento de sesgo de la carga y controlando el ángulo de sesgo a una referencia dada, el control de sesgo acelera la secuencia de aterrizaje tanto en el buque como en el muelle. El péndulo de sesgo generalmente se induce por una carga distribuida de manera desigual, el viento o por errores durante el aterrizaje.

➤ Sistema de alineación de chasis (SAC)/(CAS)

El sistema CAS guía el chasis de la terminal para que se detenga en una posición adecuada alineada con la grúa, lo que permite ciclos de carga y descarga más rápidos. El conductor del chasis es guiado por medio de semáforos montados en la grúa. La posición del chasis se mide con láser y CAS se puede usar con ELC y Control de sesgo para proporcionar una referencia de objetivo precisa para el posicionamiento automático para acelerar aún más los aterrizajes.

➤ Sistema Automatizado de Aterrizaje de Contenedores (SAAC)/(ACLAS)

ACLAS permite que la grúa realice ciclos completamente automáticos desde el barco hasta el muelle realizando aterrizajes automáticos rápidos y seguros, independientemente de la habilidad del operador de la grúa. ACLAS utiliza ELC, CAS y Control de sesgo.

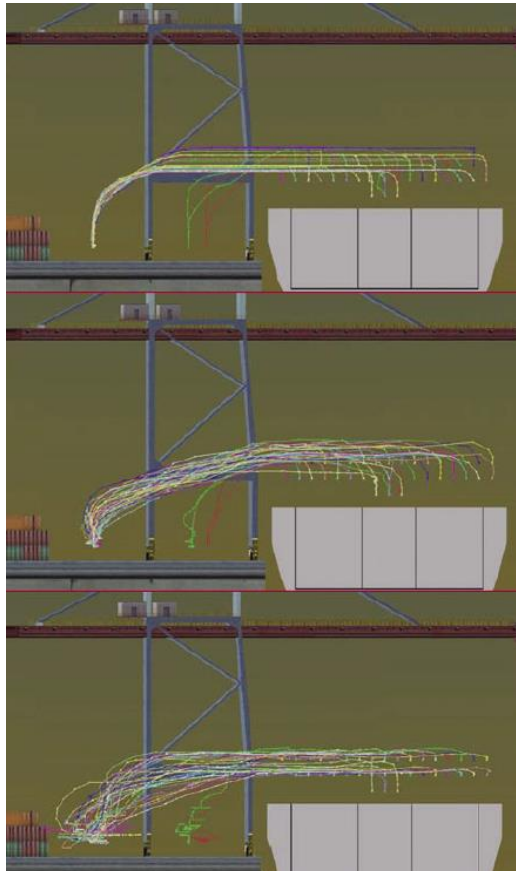
➤ Interfaz de control de lógica de terminales (ICLT)/(TLC)

Cuando se proporciona una interfaz TLC, la grúa se conecta al sistema de control logístico de la terminal y, por lo tanto, se integra aún más en la terminal. La programación del trabajo se puede enviar directamente a la grúa dando al sistema de control órdenes de trabajo directas para recoger o dejar un contenedor en una posición determinada. Estas órdenes de trabajo son luego ejecutadas por el operador de la grúa ya sea manualmente o iniciando y supervisando el ciclo de trabajo automático.

➤ Control de spreader

Si la grúa está conectada a un sistema de control de logística de la terminal y se le envían órdenes de trabajo ejecutadas por el operador de la grúa, la información de cada orden de trabajo se usa para operar automáticamente el telescopio del spreader, los flippers y los cierres giratorios.

**Ilustración 17.** Análisis de ruta. ACLAS, manual, novato.



**Nota:** Lindeberg, E. L. (s. f.). *Improving the operational performance of STS cranes.* PORT TECHNOLOGY INTERNATIONAL. <https://www.porttechnology.org/wp-content/uploads/2019/05/PT36-09.pdf>

### **6.3. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES**

En este subsistema se lleva a cabo como su propio nombre indica el proceso de almacenaje de los contenedores.

Existen tres tipos principales de sistemas de almacenamiento: a corto plazo, a largo plazo y especializados. El sistema de almacenamiento a corto plazo es para contenedores que pueden ser transbordados a otro portacontenedores. El almacenamiento a largo plazo es para contenedores en espera de liberación o inspección de aduanas. El almacenamiento especializado está reservado para los contenedores refrigerados, vacíos, graneles líquidos, materiales peligrosos o fuera de calibre.

En este subsistema se utiliza cantidad de maquinaria y equipos automatizados para realizar la actividad de los movimientos horizontales y verticales

Para la clasificación y gestión de contenedores en la terminal se emplean generalmente grúas pórtico montadas sobre rieles automatizada (ARMG), también conocidas como grúas de apilamiento automatizadas (ASCs) y, por otro lado, también contamos con grúas pórtico con neumáticos automatizada (ARTG).

Las grúas apiladoras equipadas con la automatización inteligente son capaces de responder a volúmenes variables en tierra y mar y garantizar la entrega oportuna de contenedores para los procesos de muelles, terminales ferroviarias y entrega a camiones. Con las grúas apiladoras automáticas, todo el ciclo, desde la recogida hasta la descarga de un contenedor, incluida la manipulación de camiones por carretera, es totalmente automático. Por lo tanto, cada operador remoto puede supervisar una gran cantidad de grúas. La alta densidad de apilamiento y la productividad son cruciales para las operaciones de patio.

Cuando la velocidad y los volúmenes aumentan en el muelle, los bloques de contenedores en el patio se vuelven más largos y anchos y necesitan acomodar más contenedores que antes. Solo para mantener la productividad de los bloques se requiere un equipo de jardín más rápido, más grande y avanzado. En estas circunstancias, una flota de grúas apiladoras automáticas coordinadas ofrece una flexibilidad y capacidad superiores para atender las operaciones en el muelle y en tierra.

El sistema de almacenamiento de contenedores utiliza algoritmos de apilamiento para asignar un espacio para el contenedor hasta que se carga o se envía.

Ahora vamos a describir estos equipos para entender mejor cómo funciona la automatización en este subsistema:

### 6.3.1. LA GRUA RMG

**La grúa RMG** es una grúa pórtico montada sobre rieles que viaja a lo largo de los rieles en el suelo, que se compone principalmente de una estructura de acero, un mecanismo de desplazamiento a lo largo, un mecanismo de desplazamiento transversal, una eslinga, un sistema anti-balanceo, **esparcidores** de contenedores y equipo eléctrico. El modo de control suele ser el control de cabina.

Las grúas pórtico para contenedores montadas sobre rieles (RMG) son máquinas especializadas en el manejo de contenedores que se aplican en patios de contenedores, terminales ferroviarias de contenedores, para manejar contenedores estándar internacionales.

El tamaño del bloque de apilamiento en el patio suele ser de 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.

Tienen un dispositivo de seguridad perfecto y un dispositivo de protección contra sobrecarga, es decir, anemógrafo, pararrayos, ancla, abrazadera de riel y cable de viento, máximo para garantizar la seguridad del operador y el equipo, el sistema eléctrico adopta PLC para controlar fácilmente todos los mecanismos.

El RMG tiene la ventaja de ser impulsado por energía eléctrica, limpio y sin contaminación, mayor capacidad de elevación, rendimiento estable, alta eficiencia y fácil mantenimiento.



**Ilustración 18.** Grúa convencional sobre raíles (RMG).



**Nota:** Pórtico en riel - RMG. (s. f.). [Vídeo]. Konecranes - para contenedores / de riel doble. <https://www.directindustry.es/prod/konecranes/product-16156-381071.html>

### 6.3.2. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN ARMG

**Las versiones automatizadas ARMG**, llamadas también grúas de apilamiento automático (ASC), suelen tener alrededor de 24 metros de alto y 33,5 metros de ancho y se han desarrollado para manejar hasta 10 filas de contenedores con 4 de altura y con una distancia entre los contenedores en el bloque oscila entre 350 y 500 mm. Los bloques de contenedores que se forman están colocados perpendiculares al muelle y al final de estos por cada extremo existen unas zonas de recogida y entrega. Dos ASC comparten un par de rieles, subiendo y bajando los rieles transportando contenedores, apilándolos y desapilándolos continuamente.

La innovadora ingeniería de grúas permite que las grúas realicen su trabajo sin ningún operador. Este importante avance se ha producido mediante sofisticados sistemas ópticos en las grúas que reconocen los contenedores y un nuevo software de programación en la computadora de supervisión de gestión portuaria. El sistema completo proporciona una gran mejora en la productividad de la terminal y también en la confiabilidad del manejo de contenedores.

Dado que los ASC no están equipados con cabina o conductor, se requiere una cantidad de sistemas para ejecutar las tareas que normalmente realiza el conductor. Éstas incluyen:

- Comenzar/terminar un trabajo
- Recogida/depósito del contenedor
- Control de ruta para moverse de A a B
- Controlar la posición del esparcidor y del contenedor con una precisión de cm.
- Evitar colisiones
- Compensar las condiciones cambiantes del ferrocarril
- Manejo de la dinámica y deflexión de la grúa

Para estos fines, los ASC están equipados con:

- Sensores basados en tecnología láser y/o infrarroja (IR).

Se montan sensores sofisticados en la grúa para detectar la posición de las partes móviles, la carga y el destino objetivo. Estos sistemas de detección incluyen codificadores y telémetros láser de exploración.

El sistema de indicación de posición automática realiza mediciones directas de la posición del pórtico, el carro y el polipasto a través de telémetros láser, sin verse afectado por factores como el estiramiento del cable y el deslizamiento de las ruedas.

El sistema de aterrizaje automático utiliza escáneres láser en el carro para medir la posición del esparcidor (el conjunto de recogida del contenedor) en relación con el contenedor que se encuentra debajo.

El sistema de posicionamiento óptico utiliza escáneres láser que miden la distancia y el ángulo de cualquier superficie, como el contenedor, el spreader de elevación y el contenedor de destino.

Los sistemas láser pueden ser diseños industriales "listos para usar" o hechos a medida para la aplicación.

- Tecnología de imagen de cámara avanzada.

Hay una sala de control remoto en el edificio de operaciones con estaciones de operador y pantallas de video para permitir que la grúa cambie a control manual si ocurren condiciones inesperadas. Actualmente, el control humano se utiliza cuando la grúa automatizada interactúa con un camión de carretera tripulado en la puerta de entrega. La seguridad es primordial para los ASC automatizados y, como tal, existe una amplia variedad de sistemas y controles para garantizar que los ASC automatizados y las personas nunca tengan un momento desafortunado.

- Potentes controladores de procesos.

Los variadores de frecuencia alimentan los motores que proporcionan las funciones de polipasto, trole y pórtico. Los variadores funcionan con energía de CC suministrada por un convertidor central regenerativo común, y los inversores independientes proporcionan energía de CA trifásica modulada por ancho de pulso a los motores. Un PLC controla la velocidad de los variadores a través de una red de área local. El PLC toma todos los datos de posición, los compara con la posición deseada suministrada por la computadora del patio y dirige los variadores de frecuencia. Las funciones principales del PLC son:

- Control de secuencia para manejo de contenedores no tripulados.
- Medición absoluta de la posición del pórtico, carro y polipasto.
- Control de balanceo del esparcidor en las direcciones del pórtico y del carro.
- Prevención de colisión con la otra grúa en el mismo bloque.
- Interfaz con el sistema operativo del terminal y la estación del operador remoto a través de Ethernet de fibra óptica.

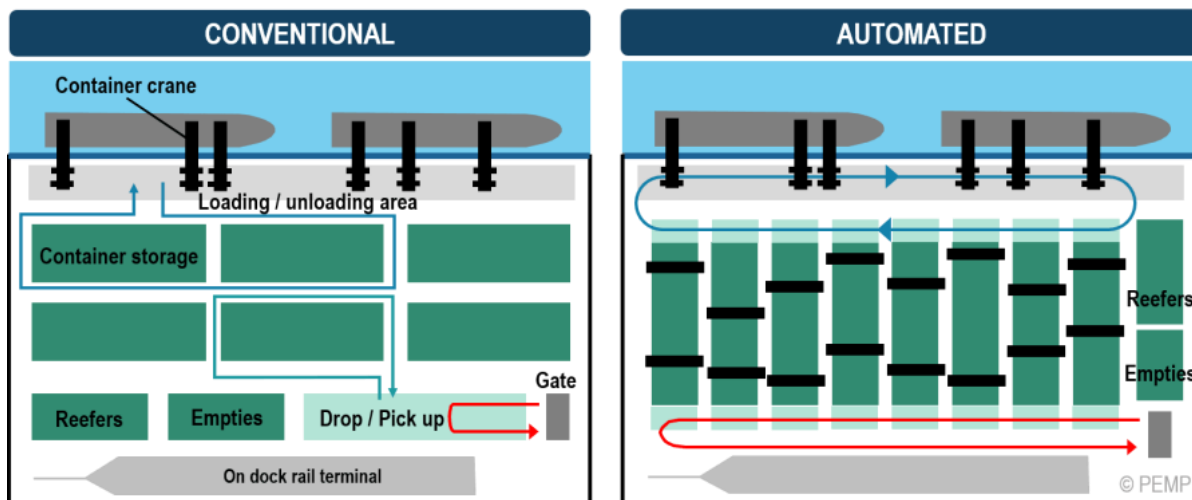
Además, se dedica un PLC a los escáneres láser y a las cámaras de video, que suministran video a las estaciones remotas del operador.

**Ilustración 19.** Grúa sobre raíles automatizada (ARMG) o grúa apiladora automatizada (ASC).



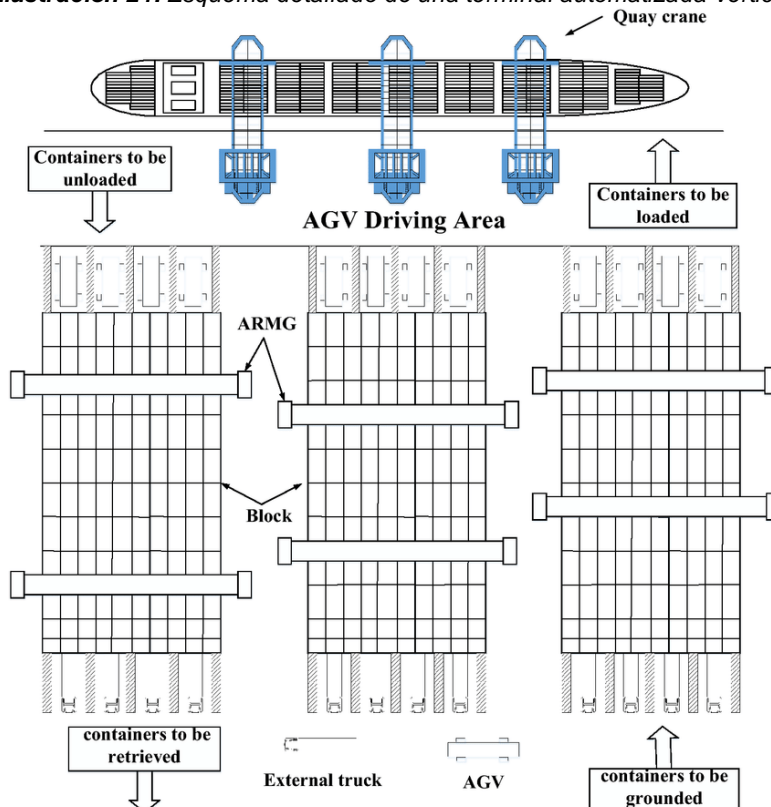
**Nota:** Sistema RMG automatizado (ARMG). (s. f.-b). Konecranes España. <https://www.konecranes.com/es-es/equipo-y-servicio-portuario/equipo-de-manipulacion-de-contenedores/sistema-rmg-automatizado-armg>

**Ilustración 20.** Comparación de la disposición de los contenedores y equipos entre una terminal convencional y una automatizada,



**Nota:** The Charthouse Group. (2021b, enero 8). Conventional and Automated Container Terminal Configurations | Port Economics, Management and Policy. Port Economics, Management and Policy | A comprehensive analysis of the port industry. <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/container-terminal-design-equipment/conventional-automated-container-terminal-configurations/>

**Ilustración 21.** Esquema detallado de una terminal automatizada vertical.



**Nota:** The layout of vertical automated container terminal. (s. f.-b). ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/The-layout-of-vertical-automated-container-terminal\\_fig1\\_358212596](https://www.researchgate.net/figure/The-layout-of-vertical-automated-container-terminal_fig1_358212596)

*Las terminales que adoptan grúas pórtico montadas en rieles automatizadas como su elección para el manejo de contenedores en el patio son testigos de las ganancias comprobadas de productividad a gran escala debido a la automatización. La visión general está cambiando y la confianza en la automatización de grúas está creciendo a medida que el concepto gana una mayor comprensión y aceptación.*

### 6.3.3. LA GRUA RTG

**La grúa RTG** o grúa apiladora de contenedores sobre neumáticos puede contar con envergaduras de entre cinco y ocho contenedores y alturas de elevación desde «1 sobre 3» hasta «1 sobre 6».

La grúa RTG cuenta con una estructura de acero de gran rigidez y estabilidad que permite manipular los contenedores de manera muy precisa y sin sacudidas en su movimiento, incluso a elevadas velocidades de manipulación.

Las grúas apiladoras de contenedores sobre neumáticos demuestran su enorme ventaja tecnológica a través de una elevada productividad y de los bajos costes que generan por cada movimiento de contenedor.

Se puede suministrar en configuración de 8 o de 16 ruedas con numerosas opciones para aumentar la productividad, desde el DGPS y la dirección automática hasta el perfilado de pilas y la automatización.

**Ilustración 22.** Grúa convencional sobre ruedas (RTG).



**Nota:** Grúas Pórtico sobre Neumáticos. (s. f.). KONECRANES. <https://www.konecranes.lt/es-mx/equipo/equipos-manejo-de-contenedores/gruas-portico-sobre-neumaticos>

#### **6.3.4. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN ARTG**

Las principales razones para elegir una configuración RTG en comparación con otros conceptos de terminal incluyen la simplicidad, así como los gastos de capital y los costos de infraestructura relativamente bajos para la implementación.

Los RTG también son muy flexibles; a diferencia de las grúas de apilamiento automático (ASC) montadas sobre rieles, las grúas sobre neumáticos se pueden mover a un área diferente de la terminal si, por ejemplo, se necesita capacidad de manejo adicional en otra pila.

En una configuración RTG totalmente automatizada (ARTG), todas las funciones de la grúa, incluida la operación de elevación, la selección y colocación de contenedores y los movimientos del pórtico, están automatizadas. Solo el manejo de camiones se realiza bajo control remoto. Si es necesario, un operador aún puede intervenir para administrar las excepciones de forma remota. Con un sistema RTG automatizado, se minimiza el tiempo del operador por movimiento de grúa y el mantenimiento de la pila puede ser completamente automático.

Por otra parte, los RTG ofrecen una ruta de actualización de automatización fácil que es compatible con equipos más antiguos.

La automatización real de la mayoría de los RTG de modelos recientes es relativamente sencilla. La dirección y la conducción se controlan mediante sistemas de automatización a bordo en lugar de desde la cabina, mientras que se agregan sensores y enlaces de datos para control, monitoreo y diagnóstico del sistema.

Los ARTG al igual que los ARMG están equipados con:

- Sensores basados en tecnología láser y/o infrarroja (IR).
- Tecnología de imagen de cámara avanzada.
- Controladores de procesos.
- Sistemas de información de gestión de grúas que informan continuamente del estado de la grúa.

**Ilustración 23.** Grúa sobre ruedas automatizada (ARTG).



**Nota:** Automated RTG (ARTG) System Version 2.0. (s. f.). Konecranes. <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container-handling-equipment/automated-rtg-artg-system-version-20>



### 6.3.5. OTROS EQUIPOS

**La grúa C-ARMG** o Cantilever gantry crane es una extensión de la grúa ARMG, y es una grúa pórtico en la que las vigas del puente o las armaduras se extienden transversalmente más allá de la pista de la grúa en uno o ambos lados.

La única diferencia con una grúa ARGM es que dispone de un voladizo, que es la parte que sobresale más allá del tramo de la viga principal. La ventaja que produce este sistema es que los productos o materiales terminados pueden ser transportados, cargados, transferidos o descargados fuera del vano a través del voladizo de la grúa pórtico, sin afectar las operaciones normales de producción dentro del vano.

**La grúa OHBC u** Overhead Bridge Crane es un equipo de almacenamiento algo diferente a los demás vistos anteriormente. En este caso se trata de una grúa sustentada en una serie de pórticos de hormigón lo que le confieren una mayor altura y a su vez una mayor capacidad de apilado. Esta grúa se opera remotamente y cada operador puede controlar hasta seis grúas. Esto es posible gracias al gran sistema automatizado que controla estas grúas.

Su implantación solo se llevó a cabo en la terminal 1 de Pasir Panjang (Singapur) y fue la primera grúa a ser controlada por remoto en el entorno portuario.

## 6.4. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE INTERCONEXIÓN

Este subsistema se encarga del movimiento de los contenedores que van desde el atracadero al área de almacenamiento para apilarlos (**muelle → patio de almacenamiento**) o colocarlos en un área para su envío (**muelle → área de recepción y entrega**), o bien, los contenedores de la pila se entregan a la grúa pórtico en el atracadero para cargarlos en un buque (**patio de almacenamiento → muelle**).

En las terminales automatizadas para realizar estos movimientos de interconexión existe una amplia variedad de maquinaria como son los vehículos automatizados AGVs, y sus variantes los Lift-AGV (L-AGV) y los Cassette-AGV.

A parte de estos, existe otro equipo llamado Automated Lifting Vehicle (ALV) o Automated Staddle Carrier, que a pesar de realizar trabajos de almacenamiento en el patio también llevan a cabo labores de interconexión.

### 6.4.1. AGVs

Los vehículos guiados automatizados (AGV) son máquinas totalmente automatizadas, precisas y rápidas con forma de plataforma. Mueven los contenedores hacia delante, hacia atrás y hacia los lados sin problemas entre el muelle y la pila mediante un software de gestión y navegación y transpondedores en la calzada de la terminal con una precisión de posicionamiento de +/- 25 mm.

Pueden transportar contenedores de 20, 40 y 45 pies.

La propulsión de los AGVs, pueden ser diésel, como fueron los primeros modelos, diésel-eléctricos o eléctricos. Hoy en día son casi exclusivamente eléctricos con una carga de unas 6 a 8 horas y un modo de apagado cuando no están en uso. La carga generalmente se logra intercambiando sus baterías con un paquete cargado, mientras que el paquete descargado se recarga. Algunos modelos más modernos de los fabricantes “Kalmar” y

“Konecranes” cuentan con un sistema de energía eléctrica altamente ecoeficiente y pueden cargarse rápidamente mientras están en funcionamiento, eliminando la necesidad de cambiar la batería. Cuentan con baterías de plomo ácido o de iones de litio.

Con los avances en el campo de la propulsión eléctrica con estos equipos se ha llegado a conseguir una muy baja emisión de ruido y la eliminación de emisiones contaminantes en la terminal y por ello, en consecuencia, un aumento de la ecoeficiencia.

Se están convirtiendo cada vez más en el modo popular de transporte de contenedores en las terminales portuarias.

**Ilustración 24.** Vehículo guiado automatizado



**Nota:** Konecranes receives 6th order in 5 years for additional AGVs to CTA in Hamburg. (s. f).  
<http://www.ship.gr/news6/konecranes5y.htm>

#### 6.4.2. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN AGV

El sistema AGV consta de diferentes componentes:

➤ Controlador a bordo:

Esta es la unidad de control de AGV y es responsable del arranque y apagado de los vehículos. También gestiona la propulsión, dirección, frenado y otras funciones de los vehículos como seguimiento y detección de cualquier error

➤ Sistema de gestión:

Esta unidad está controlando aspectos de gestión relacionados con los AGV como planificación, programación y control de tráfico. También es responsable de optimizar la utilización del vehículo, órdenes de transporte como información de envío y enrutamiento y mantener el seguimiento de los materiales en el entorno de fabricación.

➤ Sistema de comunicación:

Esta unidad funcional es la encargada de transmitir los datos a la central de control y viceversa. La información para transmitir puede ser la posición y el estado del vehículo, los trabajos actualmente asignados y la posición del próximo trabajo programado.

➤ Sistema de navegación:

El sistema de navegación es el encargado de guiar a los AGV para que se desplacen de una posición a otra del entorno operativo. La navegación puede ser de ruta fija o libre. En el sistema de navegación de ruta fija, los AGV están restringidos a seguir líneas fijas (raíles). Los vehículos no pueden cambiar de ruta en este tipo de navegación. Pero en el caso del sistema de navegación de ruta libre, los vehículos pueden moverse libremente y pueden cambiar de ruta dinámicamente. Los vehículos son capaces de detectar caminos, obstáculos utilizando información en línea. El procedimiento para evitar colisiones también utiliza información en línea.

### **6.4.3. LIFT-AGV (L-AGV)**

Los Lift-AGV son un desarrollo adicional de la tecnología comprobada de los AGV. A diferencia de los AGV convencionales, el Lift-AGV tiene dos plataformas elevadoras activas. Estos permiten que el vehículo levante y coloque contenedores de forma independiente en los estantes de transferencia en la zona de intercambio frente a las grúas apiladoras. Se pueden manejar dos contenedores de 20' independientemente uno del otro o un contenedor de cualquier tamaño.

Los Lift-AGV como los AGVs están en constante movimiento como máquinas de manipulación activas e independientes, y de esta manera logran un aumento adicional en el rendimiento del trabajo por vehículo.

**Ilustración 25.** Lift-AGV



**Nota:** Vehículo de guiado automático con guiado automático - LIFT. (s. f.). [Vídeo]. Konecranes - para contenedores. <https://www.nauticexpo.es/prod/konecranes/product-30447-521552.html>

#### 6.4.4. CASSETTE-AGV

El Cassette-AGV es una plataforma de acero con unas guías para colocar contenedores sobre ellas. Los cassettes son desmontables del AGV. Se pueden transportar cassettes con contenedores de 40 pies apilados dos veces o dos contenedores de 20 pies en un solo nivel debido a su capacidad de carga de hasta 80 toneladas. La principal ventaja de los casetes es que se utilizan como almacenamiento provisional, ya que se pueden colocar contenedores sin acoplar C-AGV.

En este tipo de AGV se han realizado importantes mejoras en la maniobrabilidad mediante la incorporación de ejes de bogie dirigidos y accionados eléctricamente que permiten que los C-AGV se muevan en cualquier dirección y giren 360 grados. Esto aumenta la versatilidad y flexibilidad del AGV al tiempo que minimiza la congestión en el muelle

El C-AGV se puede dirigir de forma convencional, en forma de "cangrejo" en diagonal o se puede mover completamente transversalmente. Los nuevos diseños de cassette permiten que el C-AGV entre y salga tanto transversal como longitudinalmente, lo que permite el desacoplamiento en el muelle, que es la clave para la eficiencia del manejo de carga del sistema.

El C-AGV ofrece varias ventajas clave sobre sus antecesores:

- Es más fácil desacoplar debajo de la grúa de muelle, una función que se considera un requisito principal en la industria de operación de terminales.
- Puede atender a un número mucho mayor de grúas de muelle más fácilmente en comparación con otras soluciones, sin perder capacidad debido a la congestión en el muelle.
- Ayuda a mejorar la productividad de las grúas apiladoras, tanto para pilas orientadas perpendiculares como paralelas al muelle.

**Ilustración 26.** Cassette-AGV



**Nota:** Jacob, A. J. (2017). *The use of Simulation & Emulation in Container Terminal Development and Operation*. moffatnichol.com. <https://marlog.aast.edu/archive/2017/pdf/papers/p32003201709200940.pdf>

#### 6.4.5. CARRETILLA PÓRTICO O STRADDLE CARRIER (ALV)

Una carretilla pórtico o straddle carrier es un equipo móvil especial para el transporte de contenedores ISO. Se utiliza para manipular los contenedores dentro de las terminales de contenedores de puertos, cargando, descargando y apilando los contenedores.

En una terminal de contenedores automatizada, los vehículos guiados automatizados (AGV) y los vehículos de elevación automatizados (ALV) son los candidatos más populares para el transporte de contenedores entre el muelle y el patio de almacenamiento. En una terminal de vehículos de elevación automatizados (ALV), una sola máquina maneja tanto el apilamiento como el transporte horizontal.

Los experimentos muestran que los ALV alcanzan el mismo nivel de productividad que los AGV utilizando una cantidad mucho menor de vehículos debido a su capacidad de autoelevación.

Otros conceptos de transporte horizontal, como los construidos alrededor de vehículos guiados automatizados (AGV), siempre necesitarán otra máquina para apilar los contenedores y cargar los vehículos de transporte terrestre.

*Ilustración 27. Carretilla pórtico convencional*



**Nota:** Hill, D. (2021). Kalmar Shuttle Carriers Selected Again by TTI Algeciras. Heavy Lift News. <https://www.heavyliftnews.com/kalmar-shuttle-carriers-selected-again-by-tti-algeciras/>

#### **6.4.6. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN ALV**

La automatización real de la mayoría de las carretillas pórtico de modelos recientes es relativamente sencilla. La dirección eléctrica o hidráulica se controla mediante sistemas de automatización a bordo en lugar de desde la cabina, mientras que se agregan sensores y enlaces de datos para control, monitoreo y diagnóstico del sistema.

Los ALV están equipados con diferentes sistemas para realizar las siguientes tareas:

##### ➤ COGER Y DEJAR

Pick and Place automático (APP) utiliza sensores ubicados a bordo para detectar la ubicación precisa del contenedor en la tierra y controla el procedimiento de recogida de tal manera que los contenedores se pueden recoger y colocar con gran fiabilidad y precisión. Para esta tarea también poseen cámaras 3D de posicionamiento y escáneres de detección.

##### ➤ CONTROL DE MAQUINA

Machine Control utiliza sensores a bordo del para guiar la ejecución de los comandos que ha recibido del Terminal Logistics System (TLS) con el más alto rendimiento. El sistema también proporciona funciones de diagnóstico avanzadas para detectar excepciones en la operación.

##### ➤ NAVEGACIÓN MMS

El sistema de medición magnética (MMS) se basa en una rejilla de imanes permanentes que proporciona una medición precisa y fiable de las posiciones de los equipos. El sistema permite la navegación libre, lo que significa que las rutas no son fijas.

La navegación magnética para camiones pórtico automáticos funciona al incrustar un patrón de imanes pasivos en el pavimento del patio de contenedores.

Los sensores en el bastidor inferior de la carretilla pórtico detectan estos imanes y el software de control determina la ubicación y orientación de la máquina.

Los imanes son duraderos y prácticamente indestructible, siempre que el pavimento se mantenga en buenas condiciones.



Los equipos ALV pueden poseer otros sistemas de navegación a parte de la navegación magnética que es la más usada.

Los demás sistemas de navegación son:

➤ Navegación por radar:

La navegación por radar se basa en una red de balizas de radar pasivas instaladas alrededor del patio de la terminal. Para una terminal de contenedores típica, se instalarán de 100 a 200 balizas en el sitio. Una unidad de radar en la parte superior de la carretilla pórtico rastrea la posición de estas balizas. La navegación requiere una línea de visión de al menos tres balizas en un momento dado, lo que normalmente se logra fácilmente.

En comparación con la navegación por imanes, un sistema basado en radar requiere una menor inversión en infraestructura.

Un beneficio adicional del radar es que el equipo está ubicado en lo alto del bastidor de la carretilla pórtico donde está más protegido contra el desgaste.

Navegación por radiofrecuencia:

En comparación con la navegación por imán y radar, RFID no ofrece beneficios significativos y tiene varias limitaciones. Las soluciones RFID requieren una gran inversión tanto en la infraestructura del patio como en el equipo de navegación a bordo.

**Ilustración 28.** Vehículo ALV automatizado (*Autoshuttle*)



**Nota:** Kalmar. (s. f.). <https://www.kalmarglobal.com/showrooms/eco-range/>

## **6.5. AUTOMATIZACIÓN DEL SUBSISTEMA DE RECEPCIÓN Y ENTREGA TERRESTRE**

Como ya sabemos y hemos explicado anteriormente el subsistema de recepción y entrega (*R/D*) sirve como interfaz terrestre para otros modos de transporte, ya sea por ferrocarril o camiones.

Las operaciones de puerta de un CT constan principalmente de dos procesos que la vinculan con las operaciones del patio. El primer proceso es cuando se revisan e inspeccionan los contenedores que llegan. Cada contenedor tiene su información, que identifica su contenido, propietario y dirige sus movimientos, conocido como conocimiento de embarque. Una vez despachado, el contenedor de importación se asigna al área de estacionamiento donde un vehículo de transporte puede levantar el contenedor y colocarlo en una pila. El segundo proceso es cuando un contenedor está saliendo del CT. El transportista por carretera o ferrocarril que está sacando el contenedor del CT debe presentar la documentación y los procedimientos de seguridad. A continuación, se retira un contenedor de exportación de una pila y un vehículo de transporte lo transporta al área de estacionamiento para camiones o a la interfaz ferroviaria para ser colocado en un vagón de ferrocarril.

El control de acceso a la terminal es importante porque afecta directamente a las otras partes del sistema de la terminal de contenedores.

La automatización del subsistema de Recepción y Entrega se utiliza para resolver los problemas de congestión que afectan a gran parte de las terminales portuarias a nivel mundial.

### **6.5.1. TECNOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN**

La Iniciativa de Seguridad de Contenedores ha llevado a muchas terminales a desarrollar sistemas de seguridad automatizados.

Este sistema es el OCR (Optical Character Recognition).

El sistema de automatización de puertas OCR captura información sobre contenedores, remolques y chasis que entran y salen de la puerta, lo que aumenta significativamente el rendimiento de la puerta sin expansión ni más personal.

La eficiencia operativa en la industria de terminales de contenedores está impulsada por los datos. Las cámaras inteligentes que capturan la información del contenedor a lo largo de los procesos de entrega del contenedor proporcionan datos que alimentan los TOS.

El sistema OCR está equipado con:

➤ Cámaras.

Son los principales equipos ubicados en la puerta, proporcionan la información con la que va a trabajar el sistema. Deben proporcionar imágenes de contenedores y vagones de calidad suficiente para poder identificarlos, lo que significa que las cámaras deben poder tomar imágenes en las que se puedan leer los códigos y signos de identificación de una imagen que se haya tomado mientras los vagones y contenedores estaban en movimiento. Por lo general, se instalan algunas cámaras capaces de tomar fotografías de objetos en movimiento que pueden generar una imagen fija de objetos.

➤ Iluminadores.

Para obtener imágenes de buena calidad, se necesita una buena iluminación ya que la luz natural cambia constantemente y las operaciones de la terminal también se realizan de noche.

➤ Antenas y etiquetas RFID.

Se pueden usar antenas y etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) para identificar contenedores y vagones. Este componente funciona cuando se coloca una etiqueta en los vagones o en el contenedor y luego, cuando pasan por el lector, este es capaz de enviar la información correspondiente de la etiqueta al sistema para operar con ella.

➤ Escáneres láser.

Se utilizan para obtener información sobre la aceleración del tren, la velocidad del transporte y algunas características de antemano que ayudan al software de la cámara a adaptar sus sensores a las condiciones en las que se van a tomar las fotografías y, como resultado, la cámara podrá tomar imágenes correctas.

➤ Detector de ruedas.

Este componente permite detectar cuando un transporte se acerca a la puerta para encender los otros componentes de modo que no está ubicado en el mismo lugar que los otros componentes. Al mismo tiempo, podría proporcionar más información sobre las características del transporte, como la distancia entre ejes, la velocidad y el peso.

El sistema OCR permite:

- Identificar contenedores de carga.
- Señalización de mercancías peligrosas y su clasificación.
- Identificar vehículos (camiones, automóviles, remolques, etc.) con matrícula internacional.
- Identificación de vagones de ferrocarril.
- Identificación de precintos de seguridad

La aplicación de este sistema genera numerosos beneficios como:

- Mayor rendimiento/productividad de la terminal.
- Calidad de datos mejorada.
- Mejora de la seguridad al alejar al personal de los carriles.
- Costo operativo reducido.

**Ilustración 29.** Pantalla del sistema OCR identificando un contenedor.



**Nota:** Admin. (2023, 19 abril). The Relevance of OCR in Port Logistics | AllRead. AllRead.  
<https://www.allread.ai/en/relevance-ocr-port-logistics/>

## 7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN

La reducción significativa de errores potenciales y la oportunidad de introducir más servicios son solo algunas de las razones por las que la automatización portuaria será una oportunidad imperdible para muchos operadores portuarios. Como muchas industrias ya han descubierto, las ventajas superan a las desventajas cuando se trata de automatización.

✓ Mayor predictibilidad y consistencia de operaciones.

✓ Sustitución de (generalmente salario alto) costes laborales con costes de capital. El objetivo es lograr un funcionamiento general más bajo costos y también evitar la incertidumbre que el trabajo manual puede traer (por ejemplo, el potencial de salarios por encima de la inflación aumenta, los caprichos de las negociaciones sobre los niveles y condiciones de la dotación y la posibilidad de disputas/paralización/ huelgas).

✓ Mayor seguridad (menos o ningún ser humano presentes en los equipos en funcionamiento áreas).

✓ Menos tiempo de inactividad debido a factores externos (por ejemplo, en períodos de fuertes vientos, manualmente los astilleros operados pueden tener que cesar operaciones por razones de seguridad).

✓ Horas de trabajo más largas (las máquinas pueden operar 24/7 sin necesidad de refrigerios y pausas reconfortantes, y no tienen aversión a las horas insociables).

✓ Apilamiento más denso en el patio, ya que se pueden llevar a cabo más movimientos porque es menos costoso/inconveniente que el movimiento manual.

✓ Mayor precisión y evitación de error humano.

✓ Potencialmente más verde y respetuoso con el medio ambiente (los equipos automatizados suelen ser eléctrico en lugar de diésel).

✓ Reducción de equipos y daño a carga.

✓ Las terminales no necesariamente tienen que buscar la automatización completa. Existen soluciones semiautomáticas.

✓ Predicción y pronosticación de la demanda al monitorear los patrones de llegada y salida de los buques portacontenedores.

✓ Aumento de la productividad entre un 10 y un 35 por ciento.

✓ Caída de los gastos operativos a largo plazo entre un 25 y un 55 por ciento.

Al mismo tiempo, la automatización de terminales no está exenta de inconvenientes o desafíos a superar.

X La automatización requiere un alto nivel de desembolso de capital, significativamente más alto que para una terminal manual.

X El equipo de patio automatizado debe agregarse en "grupos" de gran capacidad en lugar de gradualmente en pequeños incrementos.

X Las terminales automatizadas carecen de flexibilidad. Su diseño físico es difícil de cambiar una vez fijado y está fijado a largo plazo. Las decisiones deben tomarse en la etapa de diseño, lo que requiere juzgar las necesidades de la terminal durante las próximas décadas. Sin embargo, las actividades de la terminal y las necesidades de sus clientes pueden cambiar notablemente con el tiempo.

X Si los niveles de actividad caen temporalmente, una terminal manual es más capaz de reducir costos (los trabajadores portuarios pueden ser despedidos, por ejemplo)

X Los procesos realizados por una terminal no son necesariamente estables y homogéneos. Pueden ser volátiles y cambiar con el tiempo (de minuto a minuto, día a día y año a año). La automatización prefiere un alto grado de repetición y previsibilidad.

X En algunos lugares, la resistencia de los sindicatos puede dificultar el logro de la reducción total de personal que ofrece la automatización en teoría.

X La automatización es una tarea altamente personalizada que varía de una terminal a otra, y la calidad de la gestión de la terminal y el software detrás del equipo automatizado es clave, al igual que la forma en que se integra con todos los demás sistemas de la terminal.

X La automatización no necesariamente (automáticamente) dan como resultado un manejo más rápido y mayores niveles de servicio.

X Los proyectos de automatización conllevan un mayor riesgo y son más difíciles de implementar mientras que los terminales manuales son probados y probados.

X Necesidad de técnicos especializados y costosos para los puertos.

## **8. INNOVACIONES Y ULTIMOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACION IMPLEMENTADOS.**

### **8.1. IA, IOT, BIG DATA Y BLOCKCHAIN**

Los puertos inteligentes son puertos automatizados que utilizan tecnologías inteligentes de alta gama, incluyendo IA, IoT, Big Data y blockchain con el objetivo de mejorar el rendimiento y la eficiencia de la industria del transporte marítimo. Estos puertos registran y monitorizan datos y los utilizan para ejecutar mejores decisiones. Debido al aumento del tamaño de los buques de carga, los puertos deben adaptar su planificación en función de las necesidades, lo que resulta más fácil si se implementa la digitalización.

#### **IA:**

Inteligencia Artificial en Puertos y Terminales.

Los puertos son verdaderos ecosistemas llenos de actividad y movimiento de mercancías. Son puntos de entrada y salida, zonas de abastecimiento y grandes centros logísticos. Y para garantizar su buen funcionamiento, los puertos de todo el mundo buscan mejorar su organización y optimizar sus operaciones. Una de las soluciones tecnológicas que más probablemente afectará la operación de los puertos en el futuro es la inteligencia artificial, una tecnología con la capacidad de las máquinas de pensar como humanos y apoyarlas en tareas arduas y repetitivas.

En los puertos, la IA se convierte en un aliado para:

- Impulsar la digitalización.
- Mejorar la eficiencia de las operaciones.
- Operar de una manera más segura, eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

## Aplicaciones de Inteligencia Artificial en puertos:

### ➤ Vigilancia de mercancías y vehículos

Gracias a la tecnología de inteligencia artificial y Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), es posible monitorear la llegada, registro, tipo y tratamiento adecuado de las mercancías, haciendo más transparente, eficiente y segura su trazabilidad y almacenamiento o manipulación.

### ➤ Automatización de transferencia de contenedores

El uso de la inteligencia artificial en los puertos, sumado a la robótica, facilita la gestión inteligente y automatizada de los almacenes. Permite clasificar, organizar y mover grandes cantidades de contenedores y otros bienes de la manera más eficiente posible. También ayuda a reducir las tareas manuales repetitivas, como contar activos o registrar contenedores.

### ➤ Planificación y organización de ritmos de trabajo.

Gracias al procesamiento de datos y el aprendizaje automático, la inteligencia artificial puede detectar patrones en la cadena logística y crear planes de organización de tareas optimizados.

Esto permite reducir al mínimo los tiempos de entrega de mercancías y, a su vez, optimizar la organización del trabajo en el puerto. Así, los sistemas de inteligencia artificial se presentan como tecnologías clave para coordinar la actuación de los trabajadores con los ritmos de entrada y salida de los buques, y para adecuar la disponibilidad de recursos a las necesidades

### ➤ Gestión y selección de las rutas más eficientes

El modelado de transporte predictivo permite el análisis inteligente de las rutas de entrega, tanto marítimas como terrestres. Esto es fundamental para optimizar rutas y horarios, eliminar posibles ineficiencias y mejorar la actividad portuaria en general.



➤ Prevención de accidentes

La inteligencia artificial también es fundamental para poder establecer alertas y detectar actividades peligrosas o inusuales. También sirve para mejorar la seguridad y la ciberseguridad, cada vez más importante en los puertos.

➤ Identificación automática de mercancías en tiempo real (OCR basado en IA)

La tecnología OCR como ya vimos en el apartado anterior referente a la automatización del subsistema de recepción y entrega terrestre es fundamental en el entorno portuario. Es capaz de detectar y reconocer caracteres alfanuméricos o basados en símbolos y vincularlos a la información digital: códigos de contenedores, códigos de vagones, códigos de barras, matrículas de vehículos, números de serie y, en general, cualquier código con una estructura estandarizada en el sector logístico y portuario.

Las soluciones innovadoras de inteligencia artificial, utilizando Deep Learning y Computer Vision, a través del aprendizaje automático, llevan la tecnología OCR tradicional a un nivel superior para identificar y leer todo tipo de códigos, incluso en las situaciones más desafiantes, en condiciones de visibilidad difíciles incluso para el ojo humano, necesitando solo una cámara para operar. En los puertos, esta tecnología permite la identificación en tiempo real de cualquier activo que ingresa o sale del sitio, facilitando el control de accesos y procesos, reduciendo el tiempo de inventario y agilizando el flujo de vehículos.

Todo ello se puede realizar con sistemas basados en software, sin necesidad de instalar grandes infraestructuras ni hardware adicional, lo que supone un ahorro considerable.

### **IOT EN PUERTOS INTELIGENTES:**

El Internet de las cosas (IoT) se refiere a la tecnología de máquina a máquina habilitada por la conectividad de red segura y la infraestructura en la nube, para transformar de manera confiable los datos en información útil para las personas, las empresas y las instituciones.

(IoT) es una red de elementos que incluye sensores y sistemas integrados que están conectados a Internet y permiten que los objetos físicos recopilen e intercambien datos. A medida que IoT gana terreno, los sensores juegan un papel fundamental en la medición de las características físicas de los objetos y su conversión en valores numéricos, que pueden ser leídos por otro dispositivo o por el usuario.

Una red de sensores y actuadores inteligentes, dispositivos inalámbricos y centros de datos conforman la infraestructura clave del puerto inteligente, lo que permite a las

autoridades portuarias brindar servicios esenciales de una manera más rápida y eficiente. Se utilizan varios sensores, como sensores de inercia, sensores ultrasónicos, radares, sensores de imágenes y lectores y etiquetas RFID, para recopilar los datos necesarios a fin de transformar el "puerto" en un "puerto inteligente".

Un puerto inteligente puede definirse como un puerto totalmente automatizado en el que todos los dispositivos se conectan a través del llamado puerto inteligente IoT.

Los puertos y las terminales de contenedores han comenzado a implementar sensores en grúas, equipos de manejo de contenedores, contenedores, camiones y en las puertas para permitir:

- Mejor gestión de la infraestructura existente.

Reducir las emisiones relacionadas con el tráfico: sincronizar la llegada de barcos y carga en las terminales, programar y acreditar vehículos y, en consecuencia, utilizar la capacidad total de acceso al puerto.

- Operaciones multimodales optimizadas.

Establecer una infraestructura inteligente para optimizar el flujo de información para gestionar los flujos comerciales de manera eficiente.

## **BIG DATA:**

Big Data se puede definir como el uso de nuevas tecnologías para leer y manejar cantidades ingentes de datos de diferente tipo que nos permiten actuar para conseguir determinados objetivos. El Big Data puede aportar conceptos en el ámbito del transporte portuario, como retrasos, huelgas en los puertos o la meteorología, además de multitud de datos de sensores, GPS y otros sistemas de gestión del tráfico.

Big Data, a su vez, es el combustible en forma de datos que requieren los sistemas de Inteligencia Artificial.

Las fuentes del BIG DATA.

Big Data de los puertos proviene de dos fuentes principales:

- El sistema operativo terminal (TOS):

El centro neurálgico de cualquier operación portuaria moderna. El TOS gestiona todos los procesos, desde la documentación hasta la planificación y desde la ejecución de las

operaciones del buque hasta la facturación. Es un tesoro de datos enriquecidos, especialmente sobre cambios de inventario, planes de trabajo y secuencias para despachar trabajos.

➤ Los datos del campo:

Los datos del campo de sensores y controladores lógicos programables que se han integrado en el equipo de manejo de carga.

Por lo general, dichos datos en su mayoría permanecen subprocesados o subanalizados. La aplicación de análisis de BIG DATA desbloquea grandes conocimientos que pueden tener muchos usos.

Usos de BIG DATA:

El uso de análisis de BIG DATA en puertos y terminales va más allá de analizar operaciones pasadas para pronosticar actividades futuras. También ofrece las siguientes posibilidades.

➤ Optimización del uso:

El desbloqueo de BIG DATA de las operaciones portuarias facilita la optimización del uso de los recursos y la infraestructura. Por ejemplo, un operador de grúa típico trabaja solo una cuarta parte del tiempo, permaneciendo inactivo durante las tres cuartas partes del tiempo, esperando que un contenedor esté listo para cargar o que un camión vacío descargue un contenedor. Aumentar el número de camiones puede no ser una solución viable debido a la congestión que causaría. Más bien, el análisis de BIG DATA podría sincronizar los movimientos, de modo que el operador de la grúa trabaje más tiempo. Por ejemplo, las señales relacionadas con la posición de la grúa, el estado y las señales de posición del GPS podrían sincronizar el movimiento de camiones y contenedores para reducir el tiempo de inactividad.

Además, las grúas muestran diferentes niveles de rendimiento según varios factores, como la habilidad del conductor, la carga de trabajo, el clima, el tipo de contenedor y la densidad del patio. Comprender tales patrones hace posible encontrar soluciones para superar los obstáculos o sincronizar operaciones para tener en cuenta dichas limitaciones, lo que en última instancia mejora la productividad.

➤ Mantenimiento preventivo de grúas, y otra maquinaria:

La recopilación de datos operativos de los sensores colocados dentro de las máquinas permite predecir cuándo podría fallar una pieza, allanando el camino para un programa de mantenimiento más efectivo en lugar de seguir el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante. Tal enfoque permite reemplazos oportunos, anticipándose a los efectos catastróficos, incluidos los efectos de deterioro de la interrupción de las operaciones causadas por averías en la maquinaria o fallas en las piezas, y da como resultado ahorros directos e indirectos significativos.

➤ Predicciones precisas:

El análisis de BIG DATA desbloquea datos que hasta ahora no eran visibles y consolida la información de varias fuentes, incluidas las embarcaciones, la maquinaria y el software operativo de la terminal. Esto conduce a ideas que de otro modo serían difíciles o imposibles de comprender. El desbloqueo de patrones operativos relevantes genera acciones, lo que permite a los tomadores de decisiones no solo optimizar las operaciones, sino también anticipar eventos.

Los datos de los sensores colocados en los equipos portuarios podrían ayudar a los operadores portuarios a diseñar un modelo predictivo para cada tipo de máquina, maximizar la eficiencia de los equipos portuarios y ahorrar costos.

Los sensores y las cámaras de monitoreo podrían identificar patrones de apilamiento de contenedores según los buques, y dicha información podría ser útil para simular futuras operaciones de terminales y predicciones de rendimiento, lo que permitiría optimizar los planes para el espacio y el equipo del patio, y permitiría predecir el número de grúas, camiones de patio y otros equipos de manejo de contenedores requeridos, con precisión.

El análisis de BIG DATA también tiene el poder de predecir la demanda y la oferta de infraestructura portuaria y, por lo tanto, sugerir nuevos modelos comerciales.

## **BLOCKCHAIN:**

Un blockchain es una base de datos para almacenar transacciones que se comparte entre todas las partes de una red. Sirve como un libro de contabilidad (encriptado) para la información adquirida por los sistemas citados anteriormente como son la IA, el IOT y el BIG DATA.

La información validada se registra en un bloque, bloque se puede comparar con un contenedor; todos pueden verlo desde el exterior, pero solo aquellos con permiso o una clave privada, pueden acceder al contenido. Cada bloque adicional se vincula cronológicamente con el anterior, lo que hace (casi) imposible alterar los datos que ya se han registrado. La cadena de bloques se puede diseñar para que sea pública o privada. Esto determina quién puede acceder a la red y realizar o recibir transacciones. En una red privada, hay una autoridad que establece las reglas y otorga permisos. Por el contrario, una red pública es abierta y las reglas se basan en el consenso. En un sistema de cadena de bloques, no existe un propietario único de los datos: todos los que tienen acceso a los datos son propietarios.

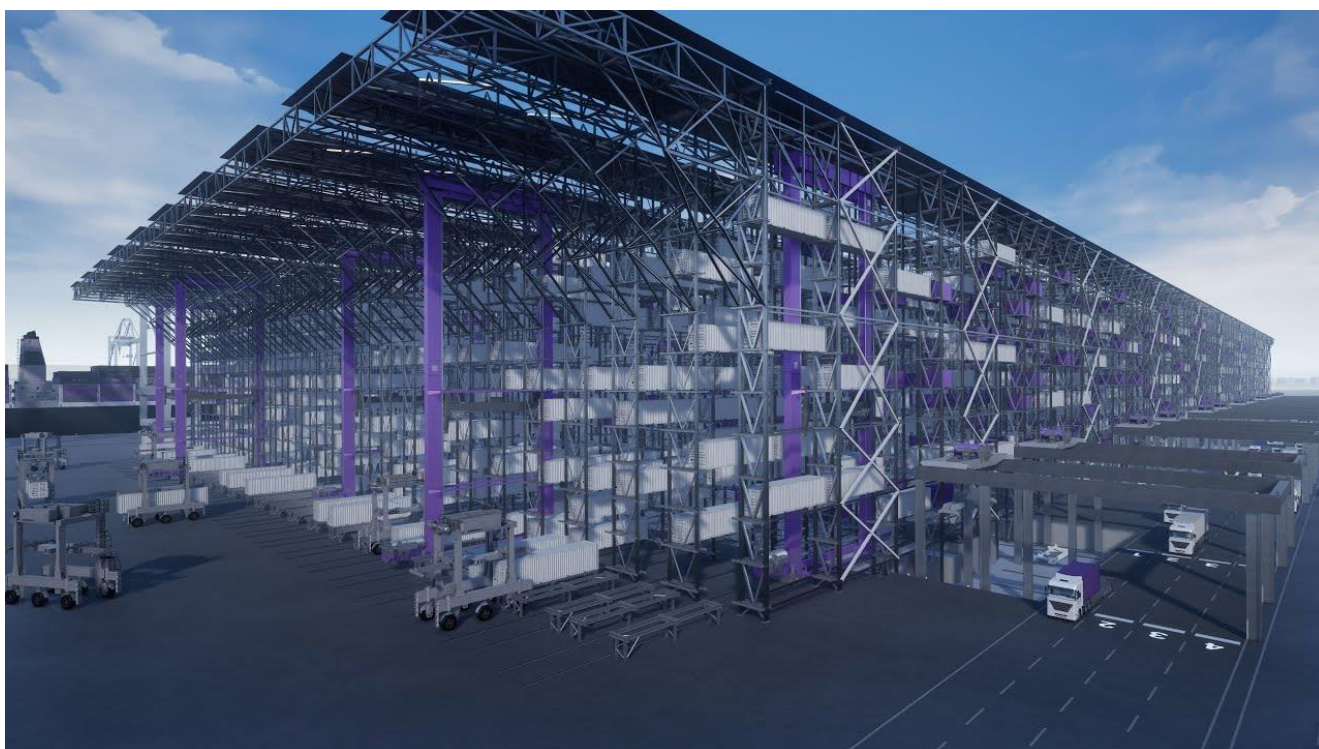
## 8.2. HIGH-BAY STORAGE SYSTEM

Un sistema High Bay Storage se basa en una estructura metálica en la que se puede colocar cada contenedor en un estante individual en lugar de apilar contenedores directamente uno sobre otros. De esta manera lo que se consigue es que cada unidad sea directamente accesible y no tener que realizar movimientos innecesarios.

Otra de las ventajas que posee este sistema es que puede tener alturas mayores con hasta 11 alturas de apilado y 50 metros de altura.

Este sistema da respuesta al creciente volumen de tráfico de mercancías en los puertos marítimos estableciendo nuevos estándares en capacidad de almacenamiento y ofrece una solución ecológica teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente sobre la capacidad de poder trasladar cada contenedor sin tener que mover los circundantes.

*Ilustración 30. Estructura del High Bay Storage system.*



**Nota:** Boxbay| Logistics & Supply Chain | DP World. (s. f.). <https://www.dpworld.com/smart-trade/boxbay>

### 8.3. DRONES

Otro de los últimos sistemas de automatización implementados en los puertos son los conocidos drones que están en auge desde hace un par de años atrás gracias a las mejoras en sus cámaras y sensores. Hoy en día, los drones son más comunes que nunca.

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV), comúnmente llamados drones, se han convertido en una parte cada vez más importante del sector marítimo. Por lo tanto, no sorprende que hayan realizado con éxito tareas cada vez más complejas con un grado creciente de autonomía.

Los drones ofrecen varias ventajas para las terminales de contenedores y se pueden utilizar de múltiples maneras.

Dentro de las tareas que pueden desempeñar podemos destacar:

- La gestión de inventario, donde los drones pueden realizar controles de rutina y facilitar una identificación más rápida de la ubicación, el contenido y el estado del contenedor.
- Los drones equipados con cámaras pueden permitir la vigilancia de la terminal, mejorando la seguridad al detectar peligros potenciales y actividades sospechosas.
- Los drones también pueden inspeccionar y mantener equipos en terminales de contenedores, por ejemplo, detectando fugas e identificando áreas que requieren mantenimiento utilizando cámaras térmicas.
- Algunos drones están equipados para entregar pequeños paquetes y documentos dentro de la terminal, lo que puede reducir el transporte manual y mejorar la eficiencia.
- Pueden ayudar a crear mapas 3D precisos de la terminal de contenedores, lo que permite a los operadores planificar y optimizar las operaciones.

En general, el uso de drones en terminales de contenedores puede aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la seguridad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen inconvenientes potenciales, como la necesidad de personal capacitado para operar los drones y la posibilidad de riesgos de seguridad si no se operan correctamente.

## 9. ANÁLISIS DE LAS TERMINALES AUTOMATIZADAS Y SEMIAUTOMATIZADAS EXISTENTES

*Tabla 1. Terminales Automatizadas I*

TERMINAL	TIPO DE AUTOMATIZACIÓN	EQUIPOS
<i>ECT Europa Container Terminal –Rotterdam. Delta Terminal (1993)</i>	A	137 ARMG (ASC) / 265 AGV
<i>PSA International—Singapur. Pasir Panjang Terminal (1997)</i>	S	15 OHBC, Manual tractor (M.T.) + chassis
<i>Hutchison Ports UK (HPUK)—London Thamesport (2000)</i>	S	18 ARMG M.T. + chassis
<i>HHLA—Hamburgo. CT Altenwerder (CTA) (2001)</i>	A	52 ARMG (ASC) / 91 AGV
<i>Patrick Stevedoring—Brisbane. Fishermans Island Terminal (2002)</i>	A	29 auto SC / Auto SC
<i>Wan Hai—Tokyo. Ohi Terminal (2003/06)</i>	S	8 CARMG / M.T. + chassis
<i>Evergreen Marine Corporation—Kaoshiung. Evergreen Marine Terminal (2005)</i>	S	6 CARMG / M.T. + chassis
<i>DP World—Amberes. Antwerp Gateway (2007)</i>	S	14 ARMG / ShC manual
<i>Virginia International Terminal (VIT)—Portsmouth. VA Virginia int. Gateway (2007)</i>	S	30 ARMG / Manual cassettes



**Tabla 2. Terminales Automatizadas II**

<b>TERMINAL</b>	<b>TIPO DE AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>EQUIPOS</b>
<i>ECT Europa Container Terminal—Rotterdam. Euromax terminal (2008)</i>	A	58 ARMG (ASC) / 68 AGV
<i>DP World—Dubai. Jebel Ali Container Terminal 3/4 (2014/18)</i>	S	60 + 35 ARMG
<i>APM Terminal—Rotterdam. APMT Maaskvlakte II (2015)</i>	A	54 ARGM (ASC) / 60 L-AGV
<i>DP/World—Rotterdam World Gateway (2015)</i>	A	50 ARMG (ASC) / 59 L-AGV
<i>Patrick Stevedoring—Sydney Autostrad (2015)</i>	A	40 AutoSC / AutoSC
<i>Port of Singapur Authority—PSA PPT 3-1a T%, 3-1b, 3-2b (2015/2016)</i>	S	22+34+72 CARMG M.T. + chassis
<i>Hanjin Newport—Hyundai Merchant Marine—Busan. Pusan Newport (2009/10)</i>	S	36 ARMG M.T. + chassis
<i>Pusan Newport Co (DP World)—Busan. Pusan Newport (2009/12)</i>	S	32 + 38 CARMG M.T. + chassis

**Tabla 3. Terminales Automatizadas III**

<b>TERMINAL</b>	<b>TIPO DE AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>EQUIPOS</b>
<i>TTI Hyundai—Algeciras. Isla Verde (2010)</i>	S	32 ARMG / ShC manual
<i>TPCT—Taipei Port Container Terminal (2010)</i>	S	40 CARMG M.T. + chassis
<i>Yang Ming+Evergreen—Kaoshiung. Kao Ming Container Terminal (2010/11)</i>	S	22+40 dual CARMG M.T. + chassis
<i>HHLA—Hamburgo. CR Burchardkai (CTB) (2010/17)</i>	S	15—12 ARMG SHC manual
<i>AD Terminals—Abu Dhabi. Khalifa Container Terminal (2012)</i>	S	42 ARMG / ShC
<i>Hutchinson Port Holdings—Barcelona. BEST (2012)</i>	S	48 ARMG / ShC
<i>DP World—London Gateway 1,2/3 (2013/2016)</i>	S	40 + 20 ARMG / ShC
<i>Global container Terminal—New York/New Jersey. Global Terminals (2014)</i>	S	20 ARMG ShC
<i>Trapac Inc Long Beach. Trapac (2014)</i>	A	36 ARMG (ASC) / 27 ShC (ALV)
<i>SSA—Colón Manzanillo Int. Terminal (2014)</i>	S	22 ARMG

*Tabla 4. Terminales Automatizadas IV*

<b>TERMINAL</b>	<b>TIPO DE AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>EQUIPOS</b>
<i>Xiamen International Port Corp—Xiamen. Halcang + Fujiang (2014)</i>	S	16 ARMG / 18 AGV
<i>DP WORld—Brisbane (2014)</i>	S	14 ARMG / ShC
<i>HPH—Brisbane Container Terminal (2014)</i>	S	12 ARMG / ShC
<i>SICT HPH—Sydney Inter. Container Terminal (2014)</i>	S	12 ARMG / ShC
<i>Lamong Bay Terminal/Petikemas Semarang—Surabaya. Pelindo III (2014/16)</i>	S	ARMG + 11 ARTG
<i>Long Beach CT Inc. - . CT Middle Harbor (2016)</i>	A	47 ARMG (ASC)
<i>SSA Mexico—Tuxpan Port Terminal (TPT) (2016)</i>	S	8 ASC / M.T. + chassis
<i>Hanjin Incheon Container Terminal— Incheon (2016)</i>	S	14 ARMG
<i>APM Terminals Veracruz Lázaro Cárdenas T2 (2016)</i>	S	22 ARMG
<i>Peel Ports—Liverpool2 (2016)</i>	S	22 CARMG
<i>VICTCL/ICTSI—Melbourne. Victoria Int. CT (2016/17)</i>	A	32 ARMG (ASC) / 11 AutoShC (ALV)

**Tabla 5. Terminales Automatizadas V**

<b>TERMINAL</b>	<b>TIPO DE AUTOMATIZACIÓN</b>	<b>EQUIPOS</b>
<i>Shangai International Port Group—Shangai. Yangshan (2017)</i>	A	84 ARMG (ASC) / 130 L-AGV
<i>QQCTN—Qingdao. Qianwan CT (2018)</i>	A	38 ARMG (ASC) / 33 L-AGV
<i>APM Terminals—VADO. Liguere (2019)</i>	S	21 ARMG M.T. + chassis
<i>APM Terminals—Tanger Med 2 (2019)</i>	S	32 ARMG / ShC

## 10. CONCLUSIONES

En conclusión, el objetivo principal de este trabajo ha sido explorar y examinar de manera exhaustiva el tema de la automatización de terminales de contenedores. A través de la investigación realizada, se ha demostrado que la automatización de estas instalaciones ofrece numerosos beneficios, como la mejora de la eficiencia operativa, la reducción de costos y la minimización de errores humanos.

El estudio ha profundizado en los diferentes componentes y tecnologías clave involucradas en la automatización de terminales de contenedores, como sistemas de manipulación de contenedores, tecnologías de identificación y seguimiento, y sistemas de control y gestión. Además, se han analizado casos de estudio de terminales automatizadas en diferentes partes del mundo.

A lo largo del desarrollo del proyecto, se ha podido constatar que la automatización de terminales de contenedores es un enfoque prometedor para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria logística. Sin embargo, también se ha identificado que existen desafíos significativos, como la inversión inicial requerida, la integración de sistemas existentes y la necesidad de capacitar al personal.

En última instancia, este trabajo ha proporcionado una visión general integral de la automatización de terminales de contenedores. Con el avance de la tecnología y la creciente demanda de eficiencia en la gestión de terminales, la automatización continuará desempeñando un papel crucial en la mejora de la eficiencia y la optimización de los procesos en el sector logístico de contenedores.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Martín Mallofré, J., De Souza, A. J., Marí Sagarra, R. (2009). El transporte de contenedores: terminales, operatividad y casuística. España: Edicions de la UPC, S.L. [https://www.google.es/books/edition/El\\_transporte\\_de\\_contenedores\\_terminales/W5vyn3b8lSoC?hl=es&gbpv=0](https://www.google.es/books/edition/El_transporte_de_contenedores_terminales/W5vyn3b8lSoC?hl=es&gbpv=0)
- United Nations Publications. (2019). INFORME SOBRE EL TRANSPORTE MARÍTIMO 2019. [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019_es.pdf)
- El crecimiento del comercio sufrirá una brusca desaceleración en 2023 debido a la difícil coyuntura que atraviesa la economía mundial. (2022, 5 octubre). Organización Mundial del Comercio (OMC). [https://www.wto.org/spanish/news\\_s/pres22\\_s/pr909\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/news_s/pres22_s/pr909_s.htm)
- Andrews, M., [Dr Mary-Elizabeth Andrews] & Australian National Maritime Museum. (2017, 1 noviembre). *CONTAINER: THE BOX THAT CHANGED THE WORLD*. <https://www.gtansw.org.au/wp-content/uploads/2021/09/Australian-Maritime-Museum.pdf>
- Grupo Cabeza. (s. f.). CONTENEDORES TIPOS Y CARACTERÍSTICAS. <https://www.cabeza.com/wp-content/uploads/2018/12/Tipos-de-Contenedores-Grupo-Cabeza.pdf>
- Contenedorización – AcademiaLab. (s. f.). <https://academia-lab.com/enciclopedia/contenedorizacion/>
- Levinson, M. (2016). *The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger*. Princeton: Princeton University
- Infinita, G. (2021b). Los puntos estratégicos de las rutas marítimas mundiales. *Geografía Infinita*. <https://www.geografiainfinita.com/2021/03/las-puntos-estrategicos-de-las-rutas-maritimas-mundiales/>
- *Principales rutas marítimas mundiales*. (s. f.-b). Scribd. <https://es.scribd.com/document/539043473/Principales-rutas-maritimas-mundiales>
- Berenice, B. (s. f.). *Terminales marítimas de contenedores*. [https://www.academia.edu/32868928/Terminales\\_mar%C3%ADtimas\\_de\\_contenedores](https://www.academia.edu/32868928/Terminales_mar%C3%ADtimas_de_contenedores)
- The Charthouse Group. (2023b, abril 1). Chapter 3.4 – Container Terminal Design and Equipment | Port Economics, Management and Policy. Port Economics, Management and Policy | A comprehensive analysis of the port industry. <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/container-terminal-design-equipment/>

- Henesey, L., Wernstedt, F., & Davidsson, P. (2003b). Market-Driven Control in Container Terminal Management. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/2832158\\_Market-Driven\\_Control\\_in\\_Container\\_Terminal\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/2832158_Market-Driven_Control_in_Container_Terminal_Management)
- [PDF] AUTOMATIZACIÓN EN TERMINALES PORTUARIAS DE CONTENEDORES - Free Download PDF. (s. f.). <https://silo.tips/download/automatizacion-en-terminales-portuarias-de-contenedores>
- De Larrucea, J. & Universidad Politécnica de Cataluña. (s. f.). TERMINALES AUTOMATIZADAS Y SEMIAUTOMATIZADAS. OPERATIVA Y EQUIPAMIENTOS. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/118227/TERMINALES+AUTOMATIZADAS.pdf?sequence=6>
- Martín, A., Sapiña, R., Monfort, A., Monterde, N., & Calduch, D. (2014). Automation in port container terminals. ScienceDirect. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814062326?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=7d6c88b78eb62f87](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814062326?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=7d6c88b78eb62f87)
- Rfuentes. (2016, 4 enero). 01. Diseño preliminar para el establecimiento de una terminal de contenedores automatizada (TCA) en los puertos españoles. Revista Ingeniería Naval. [https://sectormaritimo.es/01-diseno-preliminar-para-el-establecimiento#\\_Toc352573295](https://sectormaritimo.es/01-diseno-preliminar-para-el-establecimiento#_Toc352573295)
- Rail Mounted Container Gantry Crane(RMG) - Henan Mine Crane Co., Ltd. (s. f.). <https://m.hnkscrane.com/products/product201.html>
- RTG/RMG Container Crane | United States of America. (s. f.). <https://www.conductix.us/en/applications/rtgrmg-container-crane>
- Lindeberg, E. L. (s. f.-b). Improving the operational performance of STS cranes. porttechnology. <https://www.porttechnology.org/wp-content/uploads/2019/05/PT36-09.pdf>
- Zrnic, N., Petković, Z., & Bošnjak, S. (2005, enero). Automation of ship-to-shore container cranes: A review of state-of-the-art. [https://www.researchgate.net/publication/228936324\\_Automation\\_of\\_ship-to-shore\\_container\\_cranes\\_A\\_review\\_of\\_state-of-the-art](https://www.researchgate.net/publication/228936324_Automation_of_ship-to-shore_container_cranes_A_review_of_state-of-the-art)
- Grúas apiladoras de contenedores sobre neumáticos. (s. f.). Liebherr. <https://www.liebherr.com/es/esp/productos/gruas-maritimas/equipamiento-de-puerto/gruas-apiladoras-de-contenedores-sobre-neumaticos/rubber-tyre-gantry-cranes.html>
- Grúa pórtico de doble haz para contenedores montada sobre rieles. (s. f.). <https://es.henanminecrane.com/rail-mounted-container-double-beam-gantry-crane/>

- Grúa RMG de buena calidad que conecta el esparcidor telescópico hidráulico eléctrico. (s. f.-b). Made-in-China.com. [https://es.made-in-china.com/co\\_gshijs/product\\_Good-Quality-Rmg-Crane-Connecting-The-Electric-Hydraulic-Telescopic-Spreader\\_roorgnoeg.html](https://es.made-in-china.com/co_gshijs/product_Good-Quality-Rmg-Crane-Connecting-The-Electric-Hydraulic-Telescopic-Spreader_roorgnoeg.html)
- Figure 4. Graphical Representation of an ASC Working in a Block. The. . . (s. f.). ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Graphical-Representation-of-an-ASC-Working-in-a-Block-The-bay-refers-to-the-number-of\\_fig4\\_264915041](https://www.researchgate.net/figure/Graphical-Representation-of-an-ASC-Working-in-a-Block-The-bay-refers-to-the-number-of_fig4_264915041)
- KALMAR. (s. f.). THE PATH TO AUTOMATION IN RTG TERMINALS. porttechnology.org. <https://wpassets.porttechnology.org/wp-content/uploads/2019/05/25184738/Kalmar-ONLINE-3.pdf>
- Baviera, M. (2019, septiembre). Estudio sobre el avance del conocimiento en la automatización de las terminales portuarias de contenedores. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/131784/01\\_Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/131784/01_Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cheng, Yong-Leong & Sen, Hock-Chan & Natarajan, Karthik & Teo, Chung & Tan, Kok Choon. (2006). Dispatching Automated Guided Vehicles in a Container Terminal. 10.1007/0-387-26281-4\_11. [https://www.researchgate.net/publication/226284266\\_Dispatching\\_Automated\\_Guided\\_Vehicles\\_in\\_a\\_Container\\_Terminal](https://www.researchgate.net/publication/226284266_Dispatching_Automated_Guided_Vehicles_in_a_Container_Terminal)
- Kalmar FastChargeTM AGV. (s. f.). [Vídeo]. Kalmarglobal. [https://www.kalmarusa.com/equipment-services/automated-guided-vehicles/#:~:text=Automated%20guided%20vehicles%20\(AGV\)%20are,the%20need%20for%20battery%20swapping](https://www.kalmarusa.com/equipment-services/automated-guided-vehicles/#:~:text=Automated%20guided%20vehicles%20(AGV)%20are,the%20need%20for%20battery%20swapping)
- Straddle carrier. (2017b, mayo 21). Logística Portuaria & Marítima. <https://portterms.wordpress.com/straddle-carrior/>
- The Charthouse Group. (2021a, enero 8). Automated Guided Vehicles and Automated Stacking Cranes | Port Economics, Management and Policy. Port Economics, Management and Policy | A comprehensive analysis of the port industry. <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/terminal-automation/automated-guided-vehicles-automated-stacking-cranes-long-beach-container-terminal/>
- Automated Guided Vehicles. (s. f.). Konecranes. <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container-handling-equipment/automated-guided-vehicles>
- Lift AGV. (s. f.). Konecranes. <https://www.konecranes.com/port-equipment-services/container-handling-equipment/automated-guided-vehicles/lift-agv>



- Rashid, R., & Kaleem, B. (2009, mayo). Evaluating Layouts for Automated Transport System using Simulation Approach. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:830700/FULLTEXT01.pdf>
- Skipsrevyen. (2018, 15 febrero). Revolutionizing Container terminal automation. *Skipsrevyen*. <https://www.skipsrevyen.no/artikkelarkiv/revolutionizing-container-terminal-automation/586809>
- Bae, H.Y., Choe, R., Park, T. et al. Comparison of operations of AGVs and ALVs in an automated container terminal. *J Intell Manuf* 22, 413–426 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0299-1>
- Straddle carrier. (2017, 21 mayo). *Logística Portuaria & Marítima*. <https://portterms.wordpress.com/straddle-carrior/>
- KALMAR. (s. f.-a). Conversion to automated straddle carrier terminal. [https://www.kalmar.fi/globalassets/equipment/pdfs/whitepaper\\_conversion-to-automated-straddle-carrier-terminal.pdf](https://www.kalmar.fi/globalassets/equipment/pdfs/whitepaper_conversion-to-automated-straddle-carrier-terminal.pdf)
- Martín, E. (s. f.). Optimization of the Receiving and Delivering subsystem operations in a seaport container terminal. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5906/01.pdf?sequence=2>
- Edward, L. (2006). MULTI-AGENT SYSTEMS FOR CONTAINER TERMINAL MANAGEMENT. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:837142/FULLTEXT01.pdf>
- Truck gate automation - Solutions for marine terminals | ABB. (s. f.). <https://new.abb.com/ports/solutions-for-marine-terminals/our-offerings/container-terminal-automation/truck-gate-automation>
- Port Technology International. (2022, 8 marzo). Terminal automation through OCR and OFR - Port Technology International. <https://www.porttechnology.org/technical-papers/terminal-automation-through-ocr-and-ofr/>
- Admin. (2023b, abril 19). The Relevance of OCR in Port Logistics | AllRead. AllRead. <https://www.allread.ai/en/relevance-ocr-port-logistics/>
- Ltd, H. S. I. C. (2020, 28 julio). What Is The Cantilever Use Of Rail Mounted Gantry Crane? - Knowledge - Henan Seven Industry Co., Ltd. Henan Seven Industry Co., Ltd. <https://www.sevenindustry.com/info/what-is-the-cantilever-use-of-rail-mounted-gan-47050073.html>
- Anderson, G. (2020, 13 julio). Ports Must Consider Pros and Cons Before Automation Implementation. *Global Trade Magazine*. <https://www.globaltrademag.com/ports-must-consider-pros-and-cons-before-implementation/>

- Davidson, N. (2016, 15 mayo). CONTAINER TERMINAL AUTOMATION: PROS, CONS AND MISCONCEPTIONS. porttechnology. <https://www.porttechnology.org/wp-content/uploads/2019/05/NEIL.pdf>
- Boschwood. (2020, 18 febrero). Mercado de los puertos inteligentes alcanzará los US\$2.000 millones para fines de 2025. <https://www.boschwood.com/mercado-de-los-puertos-inteligentes-alcanzara-los-us2-000-millones-para-fines-de-2025/>
- Admin. (2023a, abril 19). *How do Ports use Artificial Intelligence* | AllRead. AllRead. <https://www.allread.ai/en/how-ports-use-artificial-intelligence/>
- Admin. (2023d, abril 19). Usos de la Inteligencia Artificial en Puertos | AllRead. AllRead. <https://www.allread.ai/es/usos-inteligencia-artificial-puertos/>
- Aukera. (2021). The use of Big Data at ports. *Prosertek*. <https://prosertek.com/blog/the-use-of-big-data-at-ports/>
- Yang, Yongsheng & Zhong, Meisu & Yao, Haiqing & YU, Fang & Fu, Xiuwen & Postolache, Octavian. (2018). Internet of things for smart ports: Technologies and challenges. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*. 21. 34-43. 10.1109/MIM.2018.8278808. [https://www.researchgate.net/publication/323000998\\_Internet\\_of\\_things\\_for\\_smart\\_ports\\_Technologies\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/323000998_Internet_of_things_for_smart_ports_Technologies_and_challenges)
- *High bay storage systems for container terminals*. (s. f.). SMS group GmbH. <https://www.sms-group.com/innovation/port-logistics>
- *Using Drones in Port Operations* | ideaForge. (s. f.). <https://ideaforgetech.com/blogs/using-drones-in-port-operations-is-the-move-world-commerce-needs>
- Gustafsson, T., & Heidenback, C. (2002, septiembre). *Automatic control of unmanned cranes at the Pasir Panjang terminal*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1012032/FULLTEXT01.pdf>
- MAHAPATRA, N. (s. f.). *The Use of Big Data in Ports and Terminals*. [https://www.academia.edu/27232641/The\\_Use\\_of\\_Big\\_Data\\_in\\_Ports\\_and\\_Terminals](https://www.academia.edu/27232641/The_Use_of_Big_Data_in_Ports_and_Terminals)
- Oude, M., Francisconi, M., Engh, W., & Thorborg, F. (2017, season-01). *The Blockchain Potential for Port Logistics*. <https://smartport.nl/wp-content/uploads/2017/10/White-Paper-Blockchain.pdf>
- SMITH, G. (s. f.). *THE USE OF DRONES IN PORTS*. [https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/82359/1D\\_03.pdf?sequence=1](https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/82359/1D_03.pdf?sequence=1)

- Krystosik, A.-G. & Maritime University of Szczecin. (2021, 30 septiembre). *The use of drones in the maritime sector – areas and benefits*. <https://bibliotekanauki.pl/articles/2033624.pdf>

## 12. ANEXOS

01.- Anexo I. Gruas STS y Shuttle Carriers en proceso de descarga de un buque portacontenedores (Hutchison Ports BEST, Barcelona)

02.- Anexo I. Shuttle Carriers transportando contenedores desde el patio de apilamiento hasta la grúa STS para cargar un buque portacontenedores (TCB terminal de carga, Barcelona).

03.- Anexo I. Buque portacontenedores en el proceso de carga (TCB terminal de carga, Barcelona).

04.- Anexo I. ARMG descargando un contenedor tanque en un camión para su traslado (Hutchison Ports BEST, Barcelona).

05.- Anexo I. Grúa STS realizando la carga de un buque portacontenedores (TCB terminal de carga, Barcelona).

06.- Anexo I. Manifestación de maquinistas con dos Shuttle Carriers de fondo (1986). Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.

07.- Anexo I. Estiba de coto (bala americana) con una grúa a carro. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.

08.- Anexo I. Maqueta de un antiguo vehículo elevador de carga "torito" utilizado en las terminales de contenedores. Foto tomada en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.

09.- Anexo I. Texto en homenaje a Belén María. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.

10.- Anexo I. Carta informativa para la asistencia al funeral en memoria de Belén María. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.

**01.- Anexo I. Gruas STS y Shuttle Carriers en proceso de descarga de un buque portacontenedores (Hutchison Ports BEST, Barcelona)**



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

**02.- Anexo I.** Shuttle Carriers transportando contenedores desde el patio de apilamiento hasta la grúa STS para cargar un buque portacontenedores (TCB terminal de carga, Barcelona).



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---



**03.- Anexo I. Buque portacontenedores en el proceso de carga (TCB terminal de carga, Barcelona).**



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

**04.- Anexo I. ARMG descargando un contenedor tanque en un camión para su traslado  
(Hutchison Ports BEST, Barcelona)**



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---



**05.- Anexo I. Grúa STS realizando la carga de un buque portacontenedores (TCB terminal de carga, Barcelona).**



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

**06.- Anexo I. Manifestación de maquinistas con dos Shuttle Carriers de fondo (1986).**  
*Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

**07.- Anexo I.** Estiba de coto (bala americana) con una grúa a carro. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

**08.- Anexo I.** Maqueta de un antiguo vehículo elevador de carga “torito” utilizado en las terminales de contenedores. Foto tomada en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.

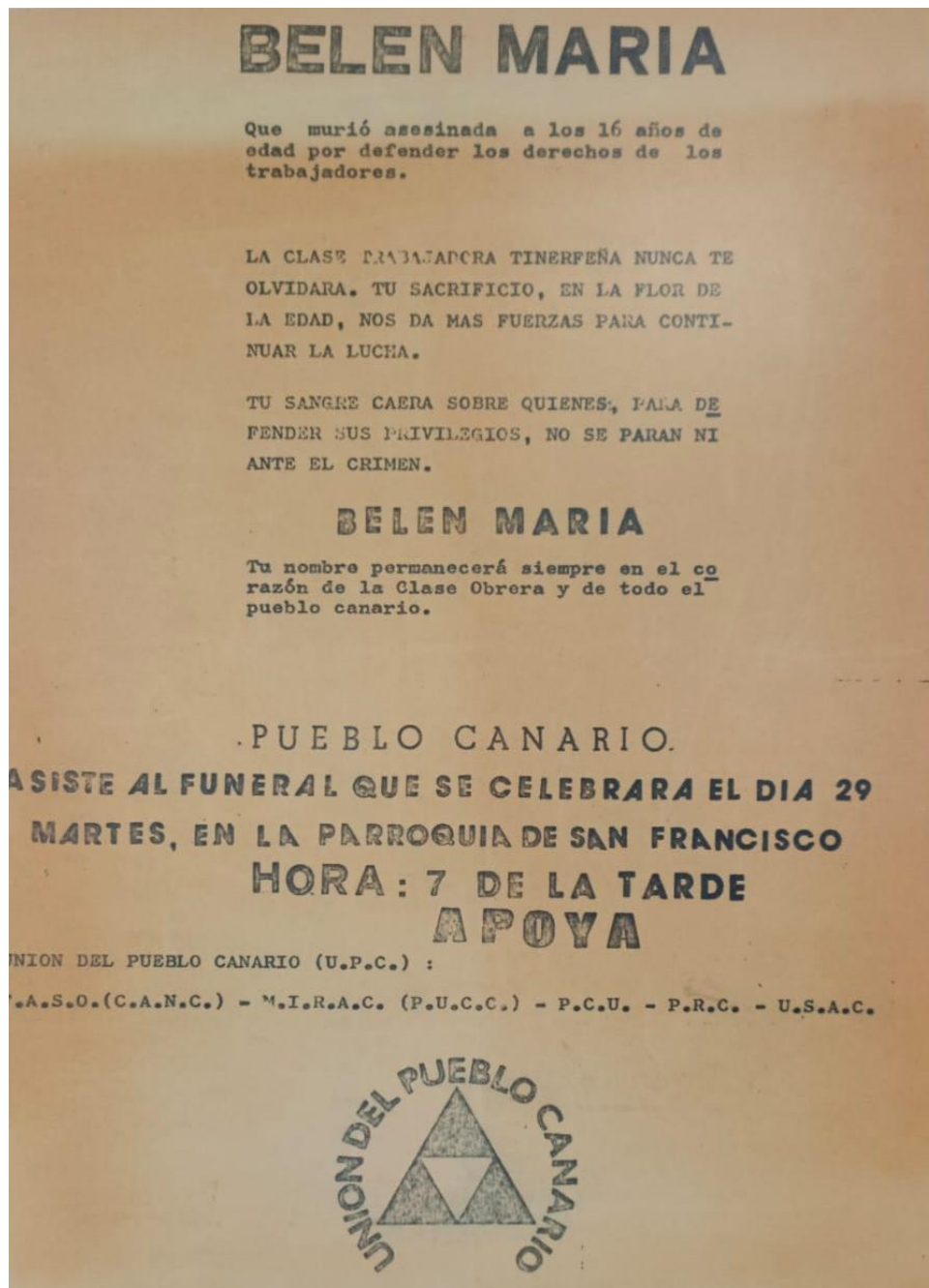


Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---



09.- Anexo I. Texto en homenaje a Belén María. Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

**10.- Anexo I. Carta informativa para la asistencia al funeral en memoria de Belén María.**  
*Foto Conmemorativa en las oficinas de la terminal Hutchison Ports BEST.*



Fuente: Joan Tineo Molina (2023)

---

## **Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado**

El alumno **Daniel Cerpa Cazorla**, autor del trabajo final de Grado titulado **“AUTOMATIZACIÓN DE TERMINALES MARÍTIMAS DE CONTENEDORES”**, y tutorizado por el/los profesor/es **Salomón Iván Ramón Concepción Cáceres**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.

Nota: Este documento será obligatorio presentarlo como última hoja del documento final del TFG.