



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Diseño técnico de una terminal polivalente en el Muelle  
Centro 2 del Puerto de Sagunto (València)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Dorado Ribelles, Alejandro

Tutor/a: Aguilar Herrando, José

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MASTER

---

Diseño técnico de una terminal polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto (València)

---

*Presentado por*

Dorado Ribelles, Alejandro

---

*Para la obtención del*

Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2022/2023*

*Fecha: 16/03/2023*

*Tutor: Aguilar Herrando, José*



## AGRADECIMIENTOS

Con este proyecto se cierra una etapa de mi vida llena de vivencias únicas las cuales repetiría sin pensarlo una y otra vez. Han sido variadas las sensaciones que he ido teniendo a lo largo de estos años, algunas muy positivas y otras un tanto negativas o eso siempre había pensado yo. Pero hoy escribiendo esto me doy cuenta de que la alegría nunca sería la misma si no hubiese detrás muchos días de trabajo fuera de la zona de confort de la cual es difícil salir en muchas ocasiones. Más que nunca entiendo que la presión es un privilegio para aquellos que quieren conseguir sus objetivos y que no importa lo poco que avances si siempre estás en constante movimiento con la dirección puesta en ellos.

Estos años han sido un aprendizaje continuo y no únicamente de aspectos técnicos si no sobre todo de aspectos humanos. Es ahí donde uno puede darse cuenta de lo gratificante que ha sido subir cada escalón para poder ver, una vez tocas la cima, todo lo que se ha conseguido como persona.

Pero aquí no acaba el viaje, se cierra una etapa para abrir otra con mayores retos que nunca. La etapa laboral que ya estoy viviendo es una nueva oportunidad de mejorar en el ámbito profesional y personal. Uno siempre va buscando el final de las cosas y ahora más que nunca puedo decir que no quiero que acaben, pues lo más gratificante siempre será el camino que uno va recorriendo.

Además, no puedo dejar la oportunidad de agradecer a todas aquellas personas que han estado conmigo en aquellos momentos en que las cosas no estaban saliendo como a uno le gustaría:

A mi familia, que me dieron la oportunidad de estudiar y me apoyaron en todas mis decisiones, aunque a veces no pareciesen las que mejores resultados iban a tener.

A mi pareja, que estos últimos años ha sido un pilar para mí, disfrutando mis victorias y alentándome en las derrotas.

A mis compañeros, con los que he podido compartir momentos inolvidables y grandes lecciones. Muchos de ellos ya son más que amigos hoy en día.

Y por último, a mi tutor Pepe, que me apoyo en todo momento con mi decisión de realizar este proyecto aun con todas sus dificultades, dándome consejo y animo en cada paso que daba.

Gracias a todos

## RESUMEN

A principios del siglo XX el tráfico de mercancías presentaba varias dificultades en cuanto a su manejabilidad, lo que se traducía en tiempos de transporte demasiado largos y una capacidad reducida dentro de la cadena logística. En 1956, la invención del contenedor fue una solución a esos problemas de transporte porque ofrecía una alta estandarización en un momento donde cada tipo de tráfico podía tener una forma y tonelaje distinto. Una vez se implementó su uso se empezaron a crear multitud de soluciones de transporte que ofreciesen mejores condiciones operativas. Se puede decir que hubo un cambio de paradigma que mejoró la cadena logística gracias a la implementación de soluciones estandarizadas junto al aumento del tamaño de los buques y de las infraestructuras especializadas, dotando de más capacidad y menores tiempos de transporte a la cadena logística.

En la actualidad, la logística y las infraestructuras que la respaldan de manera diaria demandan soluciones capaces de integrar la cadena logística de manera ya no sea solamente buscando un aumento de capacidad y la reducción de tiempos de transporte si no también con un alto grado de adaptación operativa. Las terminales especializadas como son las de contenedores o graneles se diseñan para poder tener la mayor capacidad posible presentando un diseño muy optimizado para un solo tipo de tráfico. En este caso, se premia el volumen a lo largo del año que la terminal es capaz de absorber gracias a sus infraestructuras altamente especializadas en ese único tráfico. Pero cuando se trata de absorber multitud de tráfico se buscan soluciones tipo terminal polivalente o multipropósito. Estas terminales no buscan altos rendimientos y una alta capacidad que las haga tener un volumen considerable a lo largo del año, se tratan de infraestructuras capaces de dar flexibilidad a la cadena logística mediante un diseño que premia la facilidad de adaptación ante los diferentes tráfico.

El objetivo del presente proyecto es realizar el diseño de la nueva terminal polivalente del Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto. Para ello, se tendrá en cuenta la situación actual de la nueva terminal, las infraestructuras disponibles, la intermodalidad, el uso de equipos de manipulación especializados, las condiciones operativas del puerto y la permeabilidad y compatibilidad con la nueva terminal ferropuertaria anexa. Todo ello para cada uno de los tráfico potenciales (carga general o fraccionada, rodada, grandes proyectos y contenedor). Planteando una solución que ofrezca flexibilidad operativa sin renunciar a la alta capacidad. Además, teniendo en cuenta la adopción de los estándares más avanzados en innovación, flexibilidad y sostenibilidad en el ámbito de las terminales marítimas.

Este diseño de terminal estará planteado por el Puerto de Sagunto que es uno de los tres puertos gestionados por la APV. Este puerto destaca por su carácter industrial frente al resto, siendo una ubicación idónea para ofrecer servicios de corta distancia e *import/export* de productos siderúrgicos, automóviles, mercancía general, graneles líquidos, grandes proyectos y contenedor.

## RESUM

A principis del segle XX el trànsit de mercaderies presentava viàries dificultats quant a la seua manejabilitat, la qual cosa es traduïa en temps de transport massa llargs i una capacitat reduïda dins de la cadena logística. En 1956, la invenció del contenedor va ser una solució a aqueixos problemes de transport perquè ofería una alta estandardització en un moment on cada tipus de trànsit podia tindre una forma i tonatge diferent. Una vegada es va implementar el seu ús es van començar a crear multitud de solucions de transport que oferiren millors condicions operatives. Es pot dir que va haver-hi un canvi de paradigma que milloré la cadena logística gràcies a la implementació de solucions estandarditzades al costat de l'augment de la grandària dels vaixells i de les infraestructures especialitzades, dotant de més capacitat i menors temps de transport a la cadena logística.

En l'actualitat, la logística i les infraestructures que la recolzen de manera diària demanden solucions capaces d'integrar la cadena logística de manera ja no siga solament buscant un augment de capacitat i la reducció de temps de transport si no també amb un alt grau d'adaptació operativa. Les terminals especialitzades com són les de contenedors o granel es dissenyen per a poder tindre la major capacitat possible presentant un disseny molt optimitzat per a un sol tipus de trànsit. En aquest cas, es premia el volum al llarg de l'any que la terminal és capaç d'absorbir gràcies a les seues infraestructures altament especialitzades en aqueix únic trànsit. Però quan es tracta d'absorbir multitud de trànsits es busquen solucions tipus terminal polivalent o multipropòsit. Aquestes terminals no busquen alts rendiments i una alta capacitat que les faça tindre un volum considerable al llarg de l'any, es tracten d'infraestructures capaces de donar flexibilitat a la cadena logística mitjançant un disseny que premia la facilitat d'adaptació davant els diferents trànsits.

L'objectiu del present projecte és realitzar el disseny de la nova terminal polivalent del Moll Centre 2 del Port de Sagunt. Per a això, es tindrà en compte la situació actual de la nova terminal, les infraestructures disponibles, la intermodalitat, l'ús d'equips de manipulació especialitzats, les condicions operatives del port i la permeabilitat i compatibilitat amb la nova terminal ferropuertaria annexa. Tot això per a cadascun dels trànsits potencials (càrrega general o fraccionada, rodada, grans projectes i contenedor). Plantejant una solució que oferisca flexibilitat operativa sense renunciar a l'alta capacitat. A més, tenint en compte l'adopció dels estàndards més avançats en innovació, flexibilitat i sostenibilitat en l'àmbit de les terminals marítimes.

Aquest disseny de terminal estarà plantejat parell el Port de Sagunt que és un dels tres ports gestionats per la APV. Aquest port destaca pel seu caràcter industrial enfront de la resta, sent una ubicació idònia per a oferir serveis de curta distància i *import/export* de productes siderúrgics, automòbils, mercaderia general, granel líquids, grans projectes i contenedor.



## ABSTRACT

At the beginning of the 20th century, road freight traffic presented several difficulties in terms of handling, which resulted in long transport times and reduced capacity in the logistics chain. In 1956, the invention of the container was a solution to these transport problems because it offered a high degree of standardisation at a time when each type of traffic could have a different shape and tonnage. Once its use was implemented, a multitude of transport solutions began to be created that offered better operating conditions. It can be said that there was a paradigm shift that improved the logistics chain thanks to the implementation of standardised solutions together with the increase in the size of vessels and specialised infrastructures, providing the logistics chain with more capacity and shorter transport times.

Nowadays, logistics and the infrastructures that support it on a daily basis demand solutions capable of integrating the logistics chain in a way that is not only aimed at increasing capacity and reducing transport times, but also with a high degree of operational adaptability. Specialised terminals such as container or bulk terminals are designed to have the highest possible capacity by presenting a highly optimised design for a single type of traffic. In this case, the volume throughout the year that the terminal is able to absorb thanks to its highly specialised infrastructure for that single traffic is rewarded. But when it comes to absorbing a multitude of traffic, multi-purpose or multi-purpose terminal solutions are sought. These terminals do not seek high performance and a high capacity that makes them have a considerable volume throughout the year; they are infrastructures capable of providing flexibility to the logistics chain through a design that rewards ease of adaptation to different traffic.

The aim of this project is to design the new multi-purpose terminal at Muelle Centro 2 in the Port of Sagunto. To this end, the current situation of the new terminal, the available infrastructures, intermodality, the use of specialised handling equipment, the operating conditions of the port and the permeability and compatibility with the new adjoining rail-port terminal will be taken into account. All this for each of the potential traffics (general or break bulk cargo, ro-ro, large projects and containers). A solution that offers operational flexibility without sacrificing high capacity is proposed. Furthermore, taking into account the adoption of the most advanced standards in innovation, flexibility and sustainability in the field of maritime terminals.

This terminal design will be proposed for the Port of Sagunto, which is one of the three ports managed by the APV. This port stands out for its industrial character compared to the rest, being an ideal location to offer short distance and import/export services for iron and steel products, automobiles, general merchandise, liquid bulk, large projects and containers.

## ÍNDICE

### DOCUMENTO I. MEMORIA DEL PROYECTO

1. Introducción .....	12
1.1. Comercio internacional: la importancia del transporte marítimo actual .....	12
1.2. Terminales marítimas: la resiliencia en el mercado actual .....	12
1.3. Sistema portuario <i>Valenciaport</i> : Valencia-Sagunto-Gandía.....	14
2. Terminales marítimas polivalentes .....	16
2.1. Caracterización .....	16
2.2. Diseño de terminales según la forma de la mercancía .....	17
3. Puerto de Sagunto. Situación actual .....	25
3.1. Introducción .....	25
3.2. Planificación .....	27
3.3. Aspectos socioeconómicos.....	29
3.4. Infraestructuras de transporte y logística .....	31
4. Aspectos de diseño técnico-operativo en terminales polivalentes .....	38
4.1. Condicionantes de diseño .....	38
4.2. Subsistemas de la terminal.....	38
4.3. Aspectos operativos dentro de los subsistemas de la terminal.....	39
4.4. Equipos de muelle y transporte vertical .....	40
4.5. Equipos de transporte horizontal y del subsistema de almacenamiento .....	43
4.6. Esquemas de diseño en terminales polivalentes .....	47
4.7. Innovación, flexibilidad y sostenibilidad .....	49
5. Análisis concesional de la nueva terminal polivalente del Puerto de Sagunto (Muelle 2 centro).....	59
5.1. Introducción .....	59
5.2. Aspectos técnicos.....	59
5.3. Planes para la concesión .....	61

5.4. Características obras a ejecutar .....	62
6. Diseño técnico de la terminal.....	66
6.1. Tráficos previstos.....	66
6.2. Equipos de manipulación de la terminal .....	66
6.3. Diseño de la terminal.....	73
6.4. Accesos terrestres .....	92
6.5. Instalaciones auxiliares.....	94
6.6. Redes y servicios.....	94
6.7. Adquisición de equipos de manipulación según situación operativa de la terminal .....	96
7. Bases de diseño para la implementación en TOS según subsistema de almacenamiento de la terminal (Modulo de reorganización de campa) .....	97
8. Suministro eléctrico a terminal y buque .....	98
9. Conclusiones.....	99
10. Referencias .....	100
Anexo 1. Cálculos de suministro fotovoltaico a terminal y buque.....	101

### DOCUMENTO II. PLANOS

PLANO 1. LOCALIZACIÓN

PLANO 2. SITUACIÓN ACTUAL

PLANO 3. DISTRIBUCIÓN SEGÚN USOS DE LA TERMINAL

PLANO 4. DISEÑO EN PLANTA DE LA TERMINAL

PLANO 5. SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

PLANO 6. DETALLE ÁREA DE OPERACIÓN

PLANO 7. ACCESO VIARIO

PLANO 8. TERMINAL FERROPORTUARIA

PLANO 9. NAVES

PLANO 10. EDIFICIOS



PLANO 11. RED DE POSCIONAMIENTO

PLANO 12. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

PLANO 13. RED DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

PLANO 14. RED DE SANEAMIENTO

PLANO 15. RED ELÉCTRICA

PLANO 16. PRIORIZACIÓN PARA RECONFIGURACIÓN DE SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO (TOS)



# DOCUMENTO I

## MEMORIA DEL PROYECTO

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción .....	12	4.2.2 Subsistema de almacenamiento .....	38
1.1. Comercio internacional: la importancia del transporte marítimo actual .....	12	4.2.3 Subsistema de recepción y entrega.....	39
1.2. Terminales marítimas: la resiliencia en el mercado actual .....	12	4.3. Aspectos operativos dentro de los subsistemas de la terminal .....	39
1.3. Sistema portuario <i>Valenciaport</i> : Valencia-Sagunto-Gandía.....	14	4.4. Equipos de muelle y transporte vertical.....	40
2. Terminales marítimas polivalentes .....	16	4.4.1 Grúas STS (Ship To Shore) .....	40
2.1. Caracterización .....	16	4.4.2. Grúas convencionales.....	41
2.2. Diseño de terminales según la forma de la mercancía .....	17	4.4.3. Grúas multipropósito .....	42
2.2.1. Carga contenerizada.....	17	4.4.4. Grúas móviles .....	42
2.2.2. Carga de granel sólido .....	19	4.5. Equipos de transporte horizontal y del subsistema de almacenamiento .....	43
2.2.3. Carga de granel líquido.....	20	4.5.1 Carretilla elevadora .....	43
2.2.4. Carga convencional .....	22	4.5.2. Carretilla frontal para contenedores (Empty container handling).....	44
2.2.5. Carga rodada (ro-ro).....	23	4.5.3. Carretilla de carga lateral (Side loader).....	44
2.2.6. Carga especial y grandes proyectos .....	24	4.5.4. Apilador de alcance (Reach staker) .....	44
3. Puerto de Sagunto. Situación actual .....	25	4.5.5. Grúa pórtico sobre neumáticos (RTG).....	45
3.1. Introducción .....	25	4.5.6. Grúa pórtico sobre raíles (RMG).....	46
3.2. Planificación .....	27	4.5.7. Cabeza tractora + plataforma (Mafi).....	46
3.3. Aspectos socioeconómicos.....	29	4.5.8. Otros .....	47
3.4. Infraestructuras de transporte y logística .....	31	4.6. Esquemas de diseño en terminales polivalentes .....	47
3.4.1. Carretera .....	31	4.7. Innovación, flexibilidad y sostenibilidad .....	49
3.4.2. Ferrocarril .....	32	4.7.1. Innovación en terminales marítimas.....	49
3.4.3. Infraestructuras: Terminales ferroviarias.....	34	4.7.2 Flexibilidad operativa en terminales marítimas .....	55
3.4.4. Nuevos accesos al Puerto de Sagunto y terminales.....	35	4.7.3. Sostenibilidad en terminales marítimas.....	56
4. Aspectos de diseño técnico-operativo en terminales polivalentes .....	38	5. Análisis concesional de la nueva terminal polivalente del Puerto de Sagunto (Muelle 2 centro).....	59
4.1. Condicionantes de diseño .....	38	5.1. Introducción .....	59
4.2. Subsistemas de la terminal.....	38	5.2. Aspectos técnicos .....	59
4.2.1. Subsistema de carga y descarga.....	38	5.3. Planes para la concesión .....	61
		5.3.1. Plan Técnico / de Inversión .....	61
		5.3.2. Plan de operaciones .....	62
		5.4. Características obras a ejecutar .....	62

5.4.1. Antecedentes .....	62	7. Bases de diseño para la implementación en TOS según subsistema de almacenamiento de la terminal (Modulo de reorganización de campa) .....	97
5.4.2 Obras a ejecutar .....	63	8. Suministro eléctrico a terminal y buque .....	98
6. Diseño técnico de la terminal.....	66	9. Conclusiones.....	99
6.1. Tráficos previstos.....	66	10. Referencias .....	100
6.2. Equipos de manipulación de la terminal.....	66	Anexo 1. Cálculos de suministro fotovoltaico a terminal y buque.....	101
6.2.1. Equipos del muelle .....	66		
6.2.3. Equipos de interconexión.....	68		
6.2.4. Equipos de almacenamiento .....	69		
6.2.5. Equipos de la terminal ferropuertaria.....	72		
6.3. Diseño de la terminal .....	73		
6.3.1. Distribución de la terminal .....	73		
6.3.2 Prediseño de la terminal .....	74		
6.3.3. Área de operación .....	75		
6.3.4. Capacidad de las terminales.....	76		
6.3.5 Disposición de subsistemas de carga y descarga .....	91		
6.3.6. Distribución de superficie de las terminales ferropuertaria y marítima.....	91		
6.4. Accesos terrestres .....	92		
6.5. Instalaciones auxiliares.....	94		
6.5.1. Oficinas.....	94		
6.5.2. Aduanas.....	94		
6.5.2. Talleres .....	94		
6.5.4 Zona de depósito de maquinaria y materiales.....	94		
6.6. Redes y servicios.....	94		
6.6.1. Red de iluminación .....	95		
6.6.2. Red de posicionamiento.....	95		
6.6.3. Red de protección contra incendios.....	95		
6.6.4. Red de abastecimiento de agua .....	96		
6.6.5. Red de saneamiento (aguas blancas y negras).....	96		
6.7. Adquisición de equipos de manipulación según situación operativa de la terminal.....	96		

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Evolución de la capacidad de carga en TEUs. Comparación de tamaño entre los buques (Fuente: La vanguardia) .....	13
Ilustración 2. Distancia entre los puertos de Valencia y Sagunto. (Fuente: Autor) .....	16
Ilustración 3. Subsistemas de una terminal. (Fuente: Monfort et al (2016)).....	17
Ilustración 4. Terminal de contenedores CSP IBERIAN (Valencia). (Fuente:Valenciaport) .....	18
Ilustración 5. Terminal polivalente Intersagunto. (Fuente: IST).....	18
Ilustración 6. Terminal polivalente y de contenedore de Marín. (Fuente: PÉREZ TORRES MARÍTIMA) .....	19
Ilustración 7. Terminal granelera EBHI (Musel). (Fuente: EBHI) .....	20
Ilustración 8. Obras atraque y amarre para granel líquido .....	20
Ilustración 9. Terminal Enagas, Puerto de Huelva. (Fuente: Enagas).....	21
Ilustración 10. Terminal Opemar S.L, Puerto de Málaga. (Fuente: Vidaeconómica) .....	22
Ilustración 11. Terminal Noatum, Puerto de Sagunto. (Fuente: Noatum).....	22
Ilustración 12. Terminal RO-PAX , Puerto de Huelva. (Fuente: Autoridad Portuaria de Huelva).....	23
Ilustración 13. Terminal Toyota, Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport) .....	23
Ilustración 14. Buque para grandes proyectos. (Fuente: elestrechodigital) .....	24
Ilustración 15. Terminal Noatum, Puerto de Sagunto. Grandes proyectos. (Fuente: Noatum) .....	24
Ilustración 16. Puerto de Sagunto (Vista aérea). (Fuente: Google Earth).....	25
Ilustración 17. Plano del Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport).....	26
Ilustración 18. Accesos mediante carretera al Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport) .....	31

Ilustración 19. Accesos a puntos logísticos del Puerto de Sagunto. (Fuente: Google Earth) .....	32	Ilustración 44. Precinto de seguridad RFID (Fuente: Precintia) .....	52
Ilustración 20. Accesos mediante ferrocarril al Puerto de Sagunto. (Fuente: Openrailwaymap.org) .....	32	Ilustración 45. Amarre automático mediante succión en terminales. (Fuente: Exponav.org) .....	53
Ilustración 21. Líneas de ferrocarril cercanas al sistema Valenciaport. (Fuente: Openrailwaymap.org) .....	34	Ilustración 46. Dron sobrevolando puerto marítimo. (Fuente: El canal marítimo y logístico) .....	53
Ilustración 22. Terminal ferroviaria Sagunto Mercancías. (Fuente: Google Earth).....	34	Ilustración 47. Características y sectores aplicables del 5G. (Fuente: Puerto de Barcelona) .....	54
Ilustración 23. Esquemas de vías de Sagunto Mercancías. (Fuente: ADIF).....	35	Ilustración 48. Redes LPWAN. (Fuente: LPWAN) .....	55
Ilustración 24. Red viaria propuesta. Alternativa 4. (Fuente: Plan especial del área logística de Sagunto, octubre de 2021).....	36	Ilustración 49. Placas solares sobre cubierta de Terminal de Balearia (Valencia. (Fuente:ElMercantil) .....	57
Ilustración 25. Nuevo acceso ferroviario al Puerto de Sagunto. (Fuente: Vía libre).....	37	Ilustración 50. Suministro eléctrico desde muelle para buque (Cold Ironing). (Fuente: Puertos del Estado).....	57
Ilustración 26. Nuevas terminales ferroviarias en Sagunto. (Fuente: Plan especial del área logística de Sagunto, octubre de 2021).....	37	Ilustración 51. Mapas de ruido (Puerto de Barcelona). Fuente: Port de Barcelona).....	58
Ilustración 27. Subsistemas terminal tipo. (Fuente: E. Martín 2009) .....	39	Ilustración 52. Estación de monitorización y control de calidad de aire. (Fuente: Kunak) .....	58
Ilustración 28. Puertas de acceso Terminal Intersagunto. (Fuente: Grupo Alonso) .....	40	Ilustración 53. Vista aérea de la zona de estudio – Muelle Centro 2. (Fuente: Google Earth) .....	59
Ilustración 29. Grúas STS . (Fuente:Valenciaport).....	40	Ilustración 54. Espacios en concesión de la nueva terminal de Sagunto - Muelle Centro 2. (Fuente: 'Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de concesión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021).....	60
Ilustración 30. Carretilla elevadora. (Fuente: IST).....	43	Ilustración 55. Espejo de agua máximo perteneciente a la nueva terminal de Sagunto -Muelle Centro 2. (Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021) .....	61
Ilustración 31. Carretilla frontal para contenedores. (Fuente: KALMAR) .....	44	Ilustración 56. Tramos del Muelle Centro 2. (Fuente: Google Earth) .....	63
Ilustración 32.. Carretilla tipo side loader. (Fuente: www.jp.com).....	44	Ilustración 57. Batimetría de zona de dragado. (Fuente. Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021 .....	63
Ilustración 33. Carretilla de alcance (Reach Stacker). (Fuente: KALMAR).....	45	Ilustración 58. Muelle tipo Tramo Sur – Muelle Centro 2. (Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021) .....	64
Ilustración 34. Movimiento entre bloques RTG. (Fuente: "Reshuffle minimisation to improve storage yard operations efficiency" Bisira, Hammed, Salhi, Abdel, 2021).....	45	Ilustración 59. Muelle tipo Tramo Norte – Muelle Centro 2. (Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021) .....	64
Ilustración 35. Grúa pórtico sobre neumáticos (RTG). (Fuente: Konecrane).....	46	Ilustración 60. Fotografías zona norte – Muelle Centro 2. (Fuente: 'Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021) .....	65
Ilustración 36. Grúa pórtico sobre raíles (RMG). (Fuente: Konecrane).....	46	Ilustración 61. Fotografías zona sur – Muelle Centro 2. (Fuente: 'Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021) .....	65
Ilustración 37. Cabeza tractora y plataforma para contenedor. (Fuente: Mafi).....	47	Ilustración 62. Esquema grúa STS Liebherr Container Cranes Ltd. (Fuente: Liebherr) .....	66
Ilustración 38. Esquema terminal polivalente 1. (Fuente: UNCTAD) .....	48	Ilustración 63. Tabla de características grúa STS Feeder/Panamax. (Fuente: Liebherr).....	67
Ilustración 39. Esquema terminal polivalente 2. (Fuente: UNCTAD) .....	48		
Ilustración 40. Terminal polivalente con tráfico preferente de contenedores. (Fuente: "Proyecto básico para la solicitud de una concesión de d.p. para la construcción y explotación de una terminal multipropósito para la manipulación de mercancías de uso particular en el Puerto de Alicante" noviembre 2021, APA).....	48		
Ilustración 41. Esquema en planta Puerto exterior de Pasajes. (Fuente: TFM "Diseño básico Puerto exterior de Pasajes" octubre 2016, Eva Romano Moreno) .....	49		
Ilustración 42. Módulos integrables de un TOS para terminales polivalentes: OPUS Terminal M. (Fuente: CiberLogitec).....	50		
Ilustración 43. Pórtico de lectura OCR. (Fuente: MasterASP).....	51		



Ilustración 64. Grúas STS Feeder/Panamax de Liebherr en operativa de carga/descarga. (Fuente: Liebherr) .....	67	Ilustración 92. Módulo intermodal. Fase 2. (Fuente: Elaboración propia) .....	90
Ilustración 65. Esquema operativo de grúa móvil LHM420 Liebherr Container Cranes Ltd. (Fuente: Liebherr)...	67	Ilustración 93. Área dedicada al tráfico de autopista ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia).....	90
Ilustración 66. Tabla de características grúa móvil LHM420. (Fuente: Liebherr).....	68	Ilustración 94. Acceso terrestre – Terminal marítima y ferropuertaria. (Fuente: Elaboración propia).....	92
Ilustración 67. Características del modelo T230 F de MAFI. (Fuente: MAFI).....	68	Ilustración 95. Accesos terrestres -Terminal marítima y ferropuertaria. (Fuente: Elaboración propia) .....	93
Ilustración 68. Características del modelo T 225 D de MAFI. (Fuente: MAFI) .....	69	Ilustración 96. Requisitos de iluminación en terminales portuarias. (Fuente: UNE-EN12464-2) .....	95
Ilustración 69. Características del modelo R 336 de MAFI. (Fuente: MAFI).....	69	Ilustración 97. Diagrama de flujo de rutas para la configuración del subsistema de almacenamiento. (Fuente: Elaboración propia) .....	97
Ilustración 70. Características grúa pórtico tipo RTG de Liebherr. (Fuente: Liebherr) .....	70	Ilustración 98. Paneles fotovoltaicos sobre cubierta. (Fuente: AlusínSolar).....	98
Ilustración 71. Características reachstacker eco de KALMAR. (Fuente: KALMAR).....	70	Ilustración 99. Esquema de red para suministro de energía buque (Cold Iroing).(Fuente: Exponav.org).....	98
Ilustración 72. Carretilla elevadora de 60 Tn.de KALMAR. (Fuente: KALMAR) .....	71	Gráfico 1. Comercio marítimo mundial, producto interno bruto (PIB) mundial y relación entre el comercio marítimo .....	12
Ilustración 73. Carretilla elevadora de 45 Tn de KALMAR. (Fuente: KALMAR) .....	71	Gráfico 2. Evolución del tráfico total Valenciaport (Toneladas). (Fuente: Valenciaport) .....	16
Ilustración 74. Carretilla elevadora de 9 Tn de KALMAR. (Fuente: KALMAR) .....	71	Gráfico 3. Tipología de inmuebles - Eje norte. Fuente: (TRIANGLE REM) .....	29
Ilustración 75. Características RMG de LIEBHERR. (Fuente: LIEBHERR).....	72	Gráfico 4. Evolución tráfico contenerizado en el Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport) .....	30
Ilustración 76. Zonas condicionantes para el diseño de la terminal. (Fuente: Elaboración propia).....	73	Gráfico 5. Evolución tráfico total en el Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport).....	30
Ilustración 77. Prediseño de la terminal y superficies. (Fuente: Elaboración propia) .....	74	Gráfico 6. Relación de la tasa de ocupación y la espera relativa en terminales marítimas de los sistemas M/M/N, M/E2/N Y M/E4/N de 1 a 6 atraques. (Fuente: Valenciaport) .....	81
Ilustración 78. Dimensionamiento del área de operación en terminales marítimas. (Fuente: ROM 2.0-11).....	75	Tabla 1. Flota mundial por principales tipos de buque 20/21 (Fuente: UNCTAD) .....	14
Ilustración 79. Distribución de espacios dentro del área de operación de la terminal polivalente. (Fuente: Elaboración propia) .....	76	Tabla 2. Magnitudes básicas de tráfico, APV. (Fuente: Valenciaport) .....	15
Ilustración 80. Alineación de muelle. Nueva terminal polivalente Muelle Centro 2 Puerto de Sagunto. (Fuente: Elaboración propia) .....	77	Tabla 3. Características de la terminal polivalente Intersagunto. (Fuente: IST) .....	18
Ilustración 81. Distribución de línea de atraque para buque tipo feeder. (Fuente: Elaboración propia).....	79	Tabla 4. Características básicas del Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport) .....	25
Ilustración 82. Distribución de línea de atraque para buque tipo Panamax. (Fuente: Elaboración propia).....	79	Tabla 5. Inversiones contempladas por la APV en el Plan de Inversiones 2020-2024. (Fuente: Valenciaport).....	28
Ilustración 83. Factores que definen la capacidad de la línea de atraque. (Fuente: Valenciaport).....	80	Tabla 6. Contratación por sectores en Sagunto. (Fuente: GVA).....	29
Ilustración 84. Factores que definen la capacidad de almacenamiento. (Fuente: Valenciaport).....	83	Tabla 7. Magnitudes básicas de tráfico, Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport) .....	29
Ilustración 85. Bloque tipo de contenedor 6x4x30. (Fuente: Elaboración propia) .....	84	Tabla 8. Tráficos ferroviarios potenciales por la línea Zaragoza-Teruel-Sagunto. (Fuente: Corredor Ferroviario Cántabro-Mediterráneo. Demanda potencial de transporte de mercancías, TRN Ingeniería, marzo de 2017)....	33
Ilustración 86. Área tipo destinada a grandes proyectos. (Fuente: Elaboración propia).....	85	Tabla 9. Configuración y valores característicos en grúas convencionales 1. (Fuente: ROM 2.0 - 11) .....	41
Ilustración 87. Área tipo destinada a tráfico RO-RO. (Fuente: Elaboración propia) .....	86	Tabla 10. Configuración y valores característicos en grúas convencionales 2. (Fuente: ROM 2.0 –11) .....	41
Ilustración 88. Área tipo destinada a mercancía general. (Fuente: Elaboración propia).....	86		
Ilustración 89. Diseño de terminal polivalente para escenario más probable de %llegadas. (Fuente: Elaboración propia) .....	87		
Ilustración 90. Distribución de la terminal ferropuertaria – Prediseño. (Fuente: Elaboración propia) .....	89		
Ilustración 91. Área destinada al contenedor – Terminal ferropuertaria. (Fuente: Elaboración propia).....	89		



Tabla 11. Configuración y valores característicos en grúas multipropósito 1. (Fuente: ROM 2.0 –11).....	42	Tabla 37. Superficies de la terminal ferropuertaria. (Fuente: Elaboración propia) .....	91
Tabla 12. Configuración y valores característicos en grúas multipropósito 2. (Fuente: ROM 2.0-11) .....	42	Tabla 38. Distribución de superficies de las terminales marítima y ferropuertaria. (Fuente: Elaboración propia) .....	91
Tabla 13. Configuración y valores característicos en grúas móviles 1. (Fuente: ROM 2.0-11) .....	43	Tabla 39. Distribución de camiones al año por la puerta terrestre. (Fuente: Elaboración propia) .....	92
Tabla 14. Configuración y valores característicos en grúas móviles 2. (Fuente: ROM 2.0-11) .....	43	Tabla 40. Adquisición de equipos de manipulación según situación operativa de la terminal. (Fuente: Elaboración propia) .....	96
Tabla 15. Distribución de superficie de almacenamiento por tipo de tráfico. (Fuente: Elaboración propia).....	75		
Tabla 16. Calado de atraque en función del buque tipo. (Fuente: ROM 2.0-11).....	77		
Tabla 17. Características según tipologías de buques portacontenedores. (Fuente: Manual de.....)	77		
Tabla 18. Resguardos recomendados en función de la eslora total y la alineación de muelle. (Fuente: ROM 2.0-11).....	78		
Tabla 19. Nº de atraques según buque tipo. (Fuente: Elaboración propia).....	78		
Tabla 20. Cargas mínimas de rotura en amarres. (Fuente: PoR).....	79		
Tabla 21. Caracterización operativa de tráfico. Capacidad de la línea de atraque. (Fuente: Elaboración propia) .....	80		
Tabla 22. Capacidad asociada a la línea muelle para cada tráfico. (Fuente: Elaboración propia) .....	82		
Tabla 23. Capacidad de almacenamiento. Distribución subsistema de almacenamiento. (Fuente: Elaboración propia) .....	82		
Tabla 24. Tráfico de contenedores en el Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport).....	84		
Tabla 25. Valores orientativos del factor operacional (Wieschemann y Rijsenbrij, 2004). (Fuente: Elaboración propia) .....	85		
Tabla 26. Capacidad de almacenamiento – Contenedor. (Fuente: Elaboración propia) .....	85		
Tabla 27. Capacidad de almacenamiento – Grandes proyectos. (Fuente: Elaboración propia) .....	85		
Tabla 28. Capacidad de almacenamiento – Tráfico RO-RO. (Fuente: Elaboración propia).....	86		
Tabla 29. Capacidad de almacenamiento – Mercancía general. (Fuente: Elaboración propia) .....	87		
Tabla 30. Capacidad de almacenamiento y de atraque en el prediseño. (Fuente: Elaboración propia) .....	87		
Tabla 31. Capacidad de almacenamiento y de atraque en el diseño con escenario más probable. (Fuente: Elaboración propia) .....	88		
Tabla 32. Tráfico potencial para terminal ferropuertaria - Contenedor. (Fuente: Elaboración propia).....	89		
Tabla 33. Capacidad de almacenamiento - Contenedor. Terminal ferropuertaria. (Fuente: Elaboración propia). 89			
Tabla 34. Tráfico potencial para terminal ferropuertaria – Semirremolque. (Fuente: Elaboración propia) .....	90		
Tabla 35. Capacidad de almacenamiento – Tráfico de autopista ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia) .....	90		
Tabla 36. Superficies de la línea de atraque – Terminal marítima polivalente. (Fuente: Elaboración propia) ....	91		

## 1. Introducción

### 1.1. Comercio internacional: la importancia del transporte marítimo actual

En los últimos años el transporte marítimo estaba aumentando con una tasa compuesta de crecimiento del 2,9% según la UNCTAD, hasta que en el 2020 debido a la pandemia del COVID-19 se produjo un decrecimiento cercano al 4%. Ahora bien, con la mejora de la situación de la pandemia para el año 2021 se espera según el informe anual presentado por la UNCTAD, un incremento cercano al 4,3% que indique una recuperación del sector del transporte marítimo. Esto se puede observar en el gráfico 1 donde se muestra la previsión de recuperación del sector marítimo con la mejora del PIB para el año 2021.

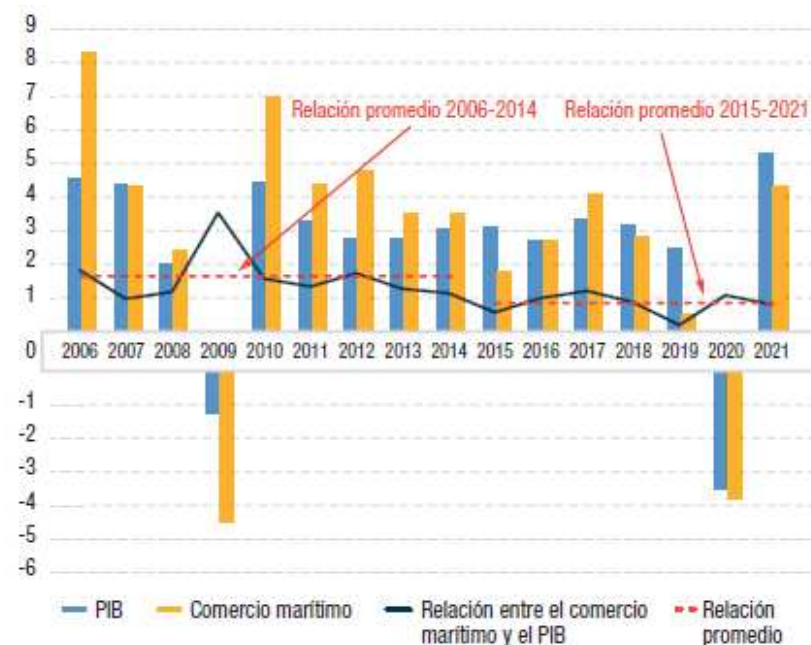


Gráfico 1. Comercio marítimo mundial, producto interno bruto (PIB) mundial y relación entre el comercio marítimo y el PIB, 2006 a 2021. (Fuente: UNCTAD)

Para los próximos años la UNCTAD prevé que el transporte marítimo siga creciendo entorno al 2,4% lo que indicaría que se está produciendo una recuperación del sector. Por otro lado, claramente ante la situación actual de incertidumbre las previsiones pueden cambiar y hacer que la tasa de crecimiento sea menor a la prevista. Por ello, la UNCTAD indica en su informe que el transporte marítimo actual debe ser gestionado y planificado de manera que mitigue las consecuencias derivadas de la pandemia del covid-19. Para ello, se propone la implementación de diferentes medidas en

distintos ámbitos que afectan al transporte marítimo como son el control de costos y riesgos, la eficiencia y la fiabilidad de la cadena de transporte marítimo, las condiciones sanitarias, la descarbonización o la digitalización.

Varios de estos puntos son de vital importancia no solo en el transporte marítimo si no en toda la cadena logística a la cual pertenece el transporte marítimo. Esto es debido a que uno de los problemas actuales dentro del transporte son los cuellos de botella que se producen en diferentes puntos de la cadena logística y que no solo afectan al transporte marítimo. Esto quiere decir que es necesaria una política común en cuestiones de transporte que haga que las pérdidas de eficiencia que se producen en los cuellos de botella sean mitigadas.

Según la UNCTAD aproximadamente más del 90% de las mercancías y aproximadamente el 80% de los bienes que consumimos se transportan por medios marítimos. Esto hace que el transporte marítimo sea clave dentro de la cadena logística y que las distintas partes que toman decisiones de las estrategias a seguir sean parte muy importante en el devenir del comercio mundial.

### 1.2. Terminales marítimas: la resiliencia en el mercado actual

En la actualidad, se está produciendo una alta especialización de los usos del suelo y de los distintos espacios en las terminales de todo el mundo. Esto se ha visto influenciado principalmente por dos motivos relacionados con el crecimiento del sector en los últimos años.

En primer lugar, se ha producido un aumento del uso del contenedor debido al incremento de la actividad productiva en la última década, que ha desencadenado un incremento de los volúmenes de tráfico alrededor del mundo. Cabe decir que, aunque en estos dos últimos años se ha producido un decrecimiento del sector debido a la pandemia, actualmente se ha podido recuperar los niveles anteriores a la pandemia y en algunos tráficos incluso superarlos. Además, pese al efecto negativo que se ha producido, el uso del contenedor continúa siendo prevalente dentro de los distintos tipos de tráficos marítimos. Por otro lado, respecto al incremento del tráfico de contenedores y de la actividad productiva. Cabe decir que también han ido aumentando el tamaño de los buques portacontenedores debido a las economías de escala, donde a mayor demanda de tráfico se hace necesario aumentar la capacidad de los buques portacontenedores (ver ilustración 1). Esto también influye en que para atender buques más grandes y con mayor capacidad, se tengan que disponer de terminales capaces de atender un gran volumen de contenedores en el momento que llegue a puerto. Además, debe hacerlo de manera que garantice unas condiciones mínimas de servicio. Por ello, como se comentaba al principio, la alta especialización de los espacios y usos de los puertos son necesarios para poder competir dentro de un mercado altamente globalizado. Ya que una terminal que no pueda garantizar el poder movilizar tráficos competitivos de contenedores en este caso o de otras formas de mercancía como se verá más adelante, puede hacer que resulte perjudicada y pierda cuota de mercado dentro del sistema portuario.

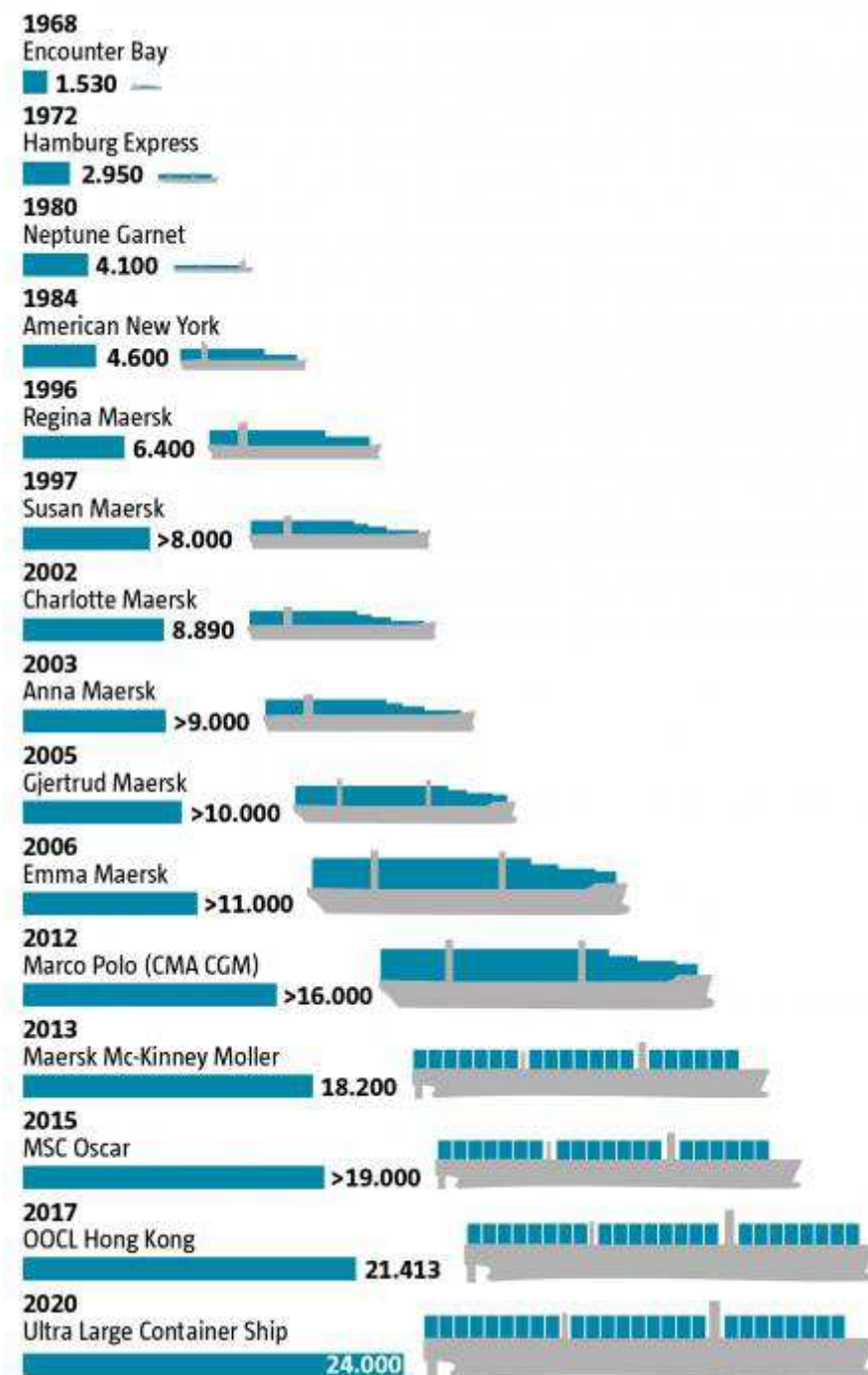


Ilustración 1. Evolución de la capacidad de carga en TEUs. Comparación de tamaño entre los buques (Fuente: La vanguardia)

una dependencia directa con el tamaño de la terminal, ya que puede atender a un menor tráfico, pero aun así mantener unas infraestructuras e instalaciones, un nivel de explotación, tecnológico y de compromiso con la calidad que lo hacen competitivo frente a sus semejantes dentro del sistema portuario. Por ello, las inversiones de cada puerto y sus terminales marítimas deben estar dirigidas a satisfacer su posición dentro de un sistema complejo como es el portuario, ya sea como un puerto de tipo hub global de gran capacidad o un puerto de tipo local con menores necesidades de capacidad. Además, en ambos es fundamental garantizar sus conexiones con el resto del territorio y los distintos sistemas logísticos y de transporte que lo componen. Con todo ello, se garantiza que el transporte marítimo sea competitivo y que se encuentre en continua mejora. Finalmente, añadir la importancia de ver el sistema portuario de manera global junto con los otros sistemas de transporte (carretera, ferrocarril, avión) que complementan la cadena logística y el transporte de mercancías. Ya que seguramente entender la cadena de logística como un conjunto único de medios de transporte implicados, los cuales tienen que garantizar el transporte de las mercancías de manera competitiva, hace que se puedan mejorar los procesos de transporte y evitar cuellos de botella que de otra forma no se podrían evitar. Para ello, es necesario una política de transportes común, en la cual el sector del transporte marítimo y los puertos deben ser agentes activos junto a los demás implicados en la toma de decisiones del sector del transporte y la logística.

En segundo lugar, la alta especialización de terminales de graneles, gas y petróleo en los últimos años ha tenido una buena acogida dentro del sistema portuario. En concreto, las terminales de graneles y de carga mixta se han constituido como un pilar importante dentro del sistema portuario actual. Esto es debido principalmente a la creciente demanda de espacios portuarios con las capacidades necesarias para poder albergar de manera competitiva servicios logísticos para estas formas de mercancía.

En los últimos años junto a esta tendencia se ha visto como las terminales multipropósito o polivalentes se han convertido en una muy buena inversión a la hora de dotar al sistema portuario de nuevas capacidades. Esto es debido en gran parte a su gran flexibilidad a la hora de poder adaptarse a distintas situaciones que demande el mercado y hacerlo sin que se pierda competitividad durante la transición de una configuración a otra dentro de la terminal. Además, esta característica hace que sean un perfecto aliado dentro del sistema portuario de una región, debido a que se pueden complementar con otro tipo de terminales más rígidas en su configuración y que no tienen la competitividad de atender a varios tipos de tráfico simultáneos. Claramente, esto también hace que los usos del suelo no sean específicos para un tipo de mercancía concreta y por lo tanto que no sean la mejor opción a la hora de hablar de capacidad de albergar a esa mercancía, donde terminales especializadas hacen un papel mejor. Por otro lado, las terminales polivalentes o multipropósito tienen también un gran potencial a la hora de plantear procesos de mejora de la interconexión, automatización y el uso de sistemas informáticos innovadores que mejoren sus capacidades como ya se dan en las grandes terminales de contenedores del mundo.

En cuanto a esto último, hay que señalar que cada puerto y las terminales marítimas que lo conforman, pueden optar a movilizar un tipo o varios tipos de tráfico y tener un espacio disponible destinado a cada uno de ellos que le dote de una capacidad concreta dependiendo de su estrategia de mercado. En esa línea, un puerto puede ser competitivo dentro de su cuota de mercado sin que exista



En cuanto a los efectos que ha supuesto la pandemia del COVID-19 en todos los sectores que se han mencionado anteriormente, se puede observar como para el año 2021 la tendencia, como ya se ha mostrado anteriormente, parece ser que muestra una rápida recuperación a niveles prepandemia. Esto también se puede observar en el aumento de la construcción de buques que se ha producido durante el año 2021 (ver tabla 1) para poder cubrir las demandas de las diferentes formas de mercancía. En estos datos se puede observar como todos los tipos de buques prácticamente han sufrido un aumento porcentual positivo en sus demandas dentro del mercado o se han quedado con prácticamente la tendencia anterior. Según la UNCTAD estas cifras no se habían visto en los últimos 20 años, lo que hace entender que las necesidades de cubrir las demandas de mercancías han sido superiores en este último año.

<b>Cuadro 1 Flota mundial por principales tipos de buque, 2020-2021</b> (En miles de TPM y porcentajes)			
Principales tipos	2020	2021	Variación porcentual entre 2021 y 2020
Graneleros	879 725 42,47 %	913 032 42,77 %	3,79 %
Petroleros	601 342 29,03 %	619 148 29,00 %	2,96 %
Portacontenedores	274 973 13,27 %	281 784 13,20 %	2,48 %
Otros:	238 705 11,52 %	243 922 11,43 %	2,19 %
<i>Buques de suministro mar adentro</i>	84 049 4,06 %	84 094 3,94 %	0,05 %
<i>Buques gaseros</i>	73 685 3,56 %	77 455 3,63 %	5,12 %
<i>Buques tanque quimiqueros</i>	47 480 2,29 %	48 858 2,29 %	2,90 %
<i>Otros/n.d.</i>	25 500 1,23 %	25 407 1,19 %	-0,36 %
<i>Transbordadores y buques de pasaje</i>	7 992 0,39 %	8 109 0,38 %	1,46 %
Buques de carga general	76 893 3,71 %	76 754 3,60 %	-0,18 %
<b>Total mundial</b>	<b>2 071 638</b>	<b>2 134 640</b>	<b>3,04 %</b>

Tabla 1. Flota mundial por principales tipos de buque 20/21 (Fuente: UNCTAD)

Por otro lado, aunque estas cifras de demandas han marcado un buen punto de partida para la recuperación del sector, la rigidez de la oferta junto a los retrasos y la congestión producida por el COVID-19 ha producido un aumento de los fletes que han hecho encarecer el transporte marítimo en

todo el mundo. Esto se ha producido sobre todo en el transporte de contenedores el cual ha sido el más afectado. Aun así, este hecho no ha sido suficiente para condicionar de manera negativa la recuperación del sector según los datos disponibles.

Con todo lo anterior sea podido ver la situación actual de las terminales portuarias actuales, las cuales están evolucionando constantemente adaptándose a las necesidades del momento para poder seguir siendo competitivas y a portar un valor añadido a la sociedad.

### 1.3. Sistema portuario *Valenciaport*: Valencia-Sagunto-Gandía

En España a los puertos que reúnen ciertas características estratégicas para el país se les considera "Puerto de interés general" y son gestionados mediante las diferentes autoridades portuarias que actúan en cada región. Además, estas a su vez son controladas y coordinadas por el Organismo de Puertos del Estado, Órgano dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y que tiene atribuida la ejecución de la política portuaria del Gobierno. En concreto, dentro del sistema portuario de la provincia de Valencia existen 3 puertos públicos que son gestionados por la Autoridad Portuaria de Valencia (APV): Valencia, Sagunto y Gandía.

- Valencia: puerto de carácter interoceánico
  - Contenedores *import/export* y de tránsito interoceánico
  - Automóviles
  - Cruceros y ferris
  - Náutica de recreo
- Sagunto: puerto de carácter industrial
  - Siderurgia, automóviles y transportes especiales
  - Contenedor de corta distancia
  - Graneles líquidos
  - Náutica de recreo
- Gandía: puerto de carácter local
  - Mercancía general no contenerizada: papel y madera
  - Náutica de recreo

Estos 3 puertos funcionan bajo la gestión de la APV, también conocida con la denominación comercial de Valenciaport. Por otro lado, Valenciaport se encuentra dentro del sistema portuario internacional en una posición privilegiada, ya que es un punto importante de conexión de tráfico marítimo con las líneas regulares del continente americano, la cuenca mediterránea y el lejano Oriente. Esto es debido en gran parte a que se encuentra a una distancia muy competitiva entre las principales corrientes de tráfico marítimo provenientes de estas zonas y que sirve como primera o última escala de las principales compañías marítimas a la hora de realizar una de estas rutas.

Con todo ello, el sistema portuario de Valenciaport con sus tres puertos (Valencia, Sagunto y Gandía) es capaz de albergar distintos tráficos y mercancías de distintos sectores productivos. Esto hace que a la hora de competir frente a otros puertos sea una opción muy competitiva para tráficos tanto tránsito, import y export. Los principales sectores productivos durante el año de 2021 para cada puerto fueron los siguientes:

- Puerto de Valencia
  - Materiales de construcción
  - Productos químicos
  - Productos alimenticios
  - Automóviles
  - Maquinaria, herramientas y repuestos
  - Vinos, bebidas, alcoholes y derivados
  - Mueble, calzado, juguete y textil
  - Papel y pasta
  
- Puerto de Sagunto
  - Productos siderúrgicos
  - Gas natural
  - Productos químicos
  - Abonos naturales y artificiales
  - Automóviles
  - Vinos, bebidas, alcoholes y derivados
  - Materiales de construcción
  
- Puerto de Gandía
  - Papel y pasta
  - Productos químicos
  - Productos metalúrgicos
  - Maderas y corcho

En cuanto a los tráficos registrados en sistema gestionado por la APV se tendría la siguiente distribución por forma de tráfico y puerto para 2021:

	PUERTO DE VALENCIA	PUERTO DE SAGUNTO	PUERTO DE GANDÍA
<b>Tráfico total (t)</b>	77.532.462	7.526.757	210.507
Granel Líquido	1.459.243	2.408.536	0
Granel Sólido	1.449.017	710.047	0
Mercancía No Containerizada	10.733.827	3.863.959	208.895
Mercancía Containerizada	63.502.148	515.083	0
Pesca	241	73	743
Avituallamiento	387.986	29.059	869
<b>Buque(Ud)</b>	5.854	1.366	75
G.T.	231.491.710	23.698.902	440.382
<b>Contenedores (ud)</b>	5.546.796	57.682	0
<b>Pasajeros (Ud)</b>	635.675	14	0
Línea regular	504.806	14	0
Cruceros	130.869	0	0
<b>Automóviles (Ud)</b>	396.097	97.600	0
<b>Tráfico RORO (t)</b>	11.454.311	1.404.547	4.329
UTIs	412.202	41.743	0
<b>Tráfico Ferroviario (t)</b>	2.055.049	888.729	0
TEU	213.216	0	0
Vehículos	8.808	0	0

Tabla 2. Magnitudes básicas de tráfico, APV. (Fuente: Valenciaport)

Una vez observadas las características que definen los distintos puertos de Valenciaport, hay que hacer hincapié en como Sagunto y Valencia se unen para hacer un único sistema portuario a nivel estratégico, que pueda generar sinergias entre sí y mejorar sus capacidades dentro del sistema portuario. Y esto es gracias en parte a la propuesta de dirección de la APV hacia un *hub mixto* formado por estos dos puertos, el cual garantice mejoras en los costes de las escalas y aumente los volúmenes de mercancías *import/export* a nivel internacional, nacional y local. Ya que como se ha visto anteriormente, ambos puertos tienen una cuota de mercado distinta que pueden cubrir individualmente a la vez que pueden dar al conjunto una mayor riqueza por las sinergias que se crean.

Además, ambos puertos cuentan con conexiones terrestres, tanto por ferrocarril como sobre todo por carretera que es actualmente la vía más utilizada, para garantizar su correcta operatividad a la hora de garantizar la continuidad de la cadena de transportes de las mercancías. En este caso, hay que hacer especial énfasis en la continua necesidad de seguir invirtiendo y mejorando estas infraestructuras y su conexión con el transporte marítimo, para poder así garantizar que no se produzcan cuellos de botella que hagan perder competitividad a todo el sistema de transportes y a la cadena logística.

Por otro lado, también hay que tener en cuenta las capacidades del sector industrial y logístico que se produce cercano a estos dos puertos como son los distintos polígonos industriales externos y las diferentes empresas que se sitúan dentro de los puertos. Además, de la creación de nuevas áreas de actividad como son la nueva Z.A.L de Valencia o la creación de Parc Sagunt II, los cuales hacen que se creen tejidos empresariales que generan nuevos volúmenes de tráfico, que en gran medida pasarán por el sistema portuario de *Valenciaport* haciéndolo más importante de cara al futuro.

Respecto a las distancias entre estos dos núcleos portuarios, el sistema portuario formado por Sagunto y Valencia se da en muy pocos kilómetros de distancia, aproximadamente a poco más de 20 km en línea recta. Lo que hace que las actividades logísticas entre ambos puertos se den en un espacio corto y a la vez muy competitivo frente a otros puertos (ver ilustración 3)

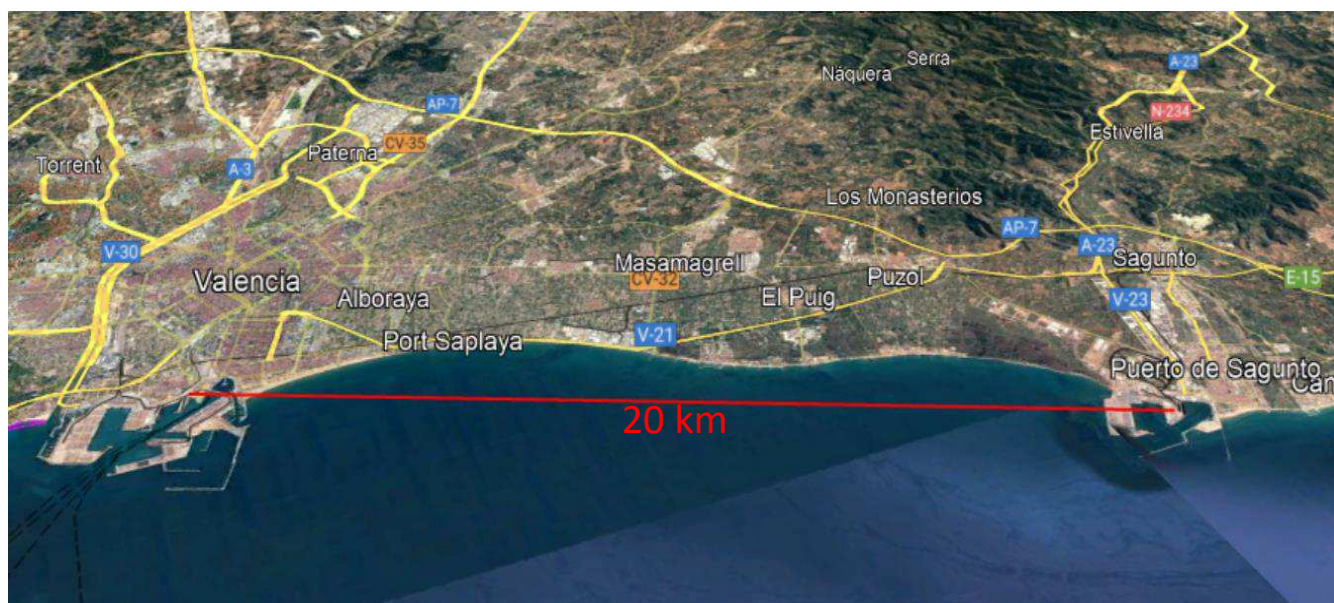


Ilustración 2. Distancia entre los puertos de Valencia y Sagunto. (Fuente: Autor)

Por último, remarcar la recuperación de *Valenciaport* y sus puertos después de, como se ha visto anteriormente, haya habido un impacto considerablemente negativo dentro del transporte marítimo debido a la pandemia del COVID-19 y que produjo en 2020 una gran parada en el crecimiento de transporte marítimo. Con los datos ofrecidos por *Valenciaport* para el año de 2021 se ha podido ver una temprana recuperación del sector de transporte y un crecimiento alza del volumen total (carga, descarga y transito) de mercancías movidas por los puertos de Valencia, Cullera y Gandía (ver gráfico 2) que fueron golpeados por las consecuencias de la pandemia durante el año de 2020 y que no empezaron a recuperarse hasta finales de ese mismo año, volviendo a entrar en una tendencia positiva de crecimiento como la anterior a la pandemia para el año de 2021.

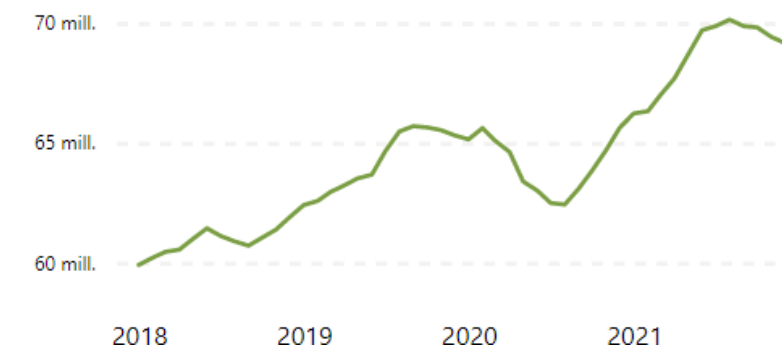


Gráfico 2. Evolución del tráfico total Valenciaport (Toneladas). (Fuente: Valenciaport)

## 2. Terminales marítimas polivalentes

### 2.1. Caracterización

Las terminales polivalentes o multipropósito son conjuntos de infraestructuras, servicios y equipos que, de forma continuada y prácticamente interrumpida durante el año, ofrecen servicios flexibles y combinados que cubren las demandas de diferentes tipos mercancías y los buques que las transportan. Para ello, la utilización de espacios, equipos y mano de obra adecuados se hace imprescindible a la hora de gestionar la terminal. Además, la aplicación de las nuevas tecnologías como la utilización de blockchain, IoT, ciberseguridad, inteligencia artificial u otros aspectos relacionados como son la capacidad de automatización de los diferentes subsistemas de la terminales o partes de ellos, son puntos importantes a tener en cuenta para la mejora de este tipo de terminales, aunque sea en menor medida que las terminales especializadas como son las de contenedores, debido a su variabilidad en tiempo y espacio. Por otro lado, la reducción de la huella de carbono producida en las terminales y la eficiencia energética se hacen de vital importancia a la hora de plantear un nuevo diseño de una terminal marítima polivalente actualmente debido a los condicionantes energéticos planteados actualmente tanto a nivel institucional como privado.

La principal característica de estas terminales es su flexibilidad, pero esta característica se ejerce desde un marco de tráficos predefinidos o esperados, es decir, puede atender a diferentes tráficos heterogéneos como son el contenedor, RO-RO, el gas, el granel o la carga fraccionada, pero no tiene por qué atender a cualquiera de tipo ellos.

Por tanto, las terminales polivalentes o multipropósito tienen que disponer de instalaciones capaces de atender un buque con distintas formas de mercancía o distintos tipos de buques con un tipo de mercancía. Es por ello su necesidad de flexibilidad para poder manejar distintos tipos de tráficos y ser operativas y competitivas dentro de su cuota de mercado.



Por otro lado, para atender a estos tráficos una terminal polivalente o multipropósito debe disponer de distintos tipos de equipos mecánicos de manipulación. Esto también hace que difiera de otros tipos de terminales más especializadas que mantienen más uniformidad en este tipo de equipos, ya que atienden siempre al mismo tipo de tráfico. Para poder determinar los equipos mecánicos de manipulación de una terminal polivalente se tienen en cuenta las características del tráfico previsto que va a atender la terminal, las características necesarias de las máquinas y equipos para atender a ese tráfico que puede ser más o menos heterogéneo, la distribución de espacios dentro de la terminal para cada cometido y la capacidad de inversión y su distribución en espacio y tiempo. Es importante entender que el mayor compromiso se da a la hora de intentar compaginar la flexibilidad con la especialización dentro de una terminal polivalente, ya que ambos aspectos son contrarios y hay que decidir qué porcentaje se da a cada uno de estos términos para el correcto funcionamiento de la terminal dentro de sus objetivos marcados.

En cuanto a los diferentes equipos mecánicos de manipulación de una terminal polivalente se pueden separar entre los que formarían parte de la operación entre el buque y tierra y los que formarían parte únicamente de la operación en tierra, es decir, aquellos destinados al transporte horizontal y su distribución entre los diferentes subsistemas de la terminal comprendidos de la puerta marítima hasta puerta terrestre pasando por el patio de almacenamiento (ver ilustración 4).

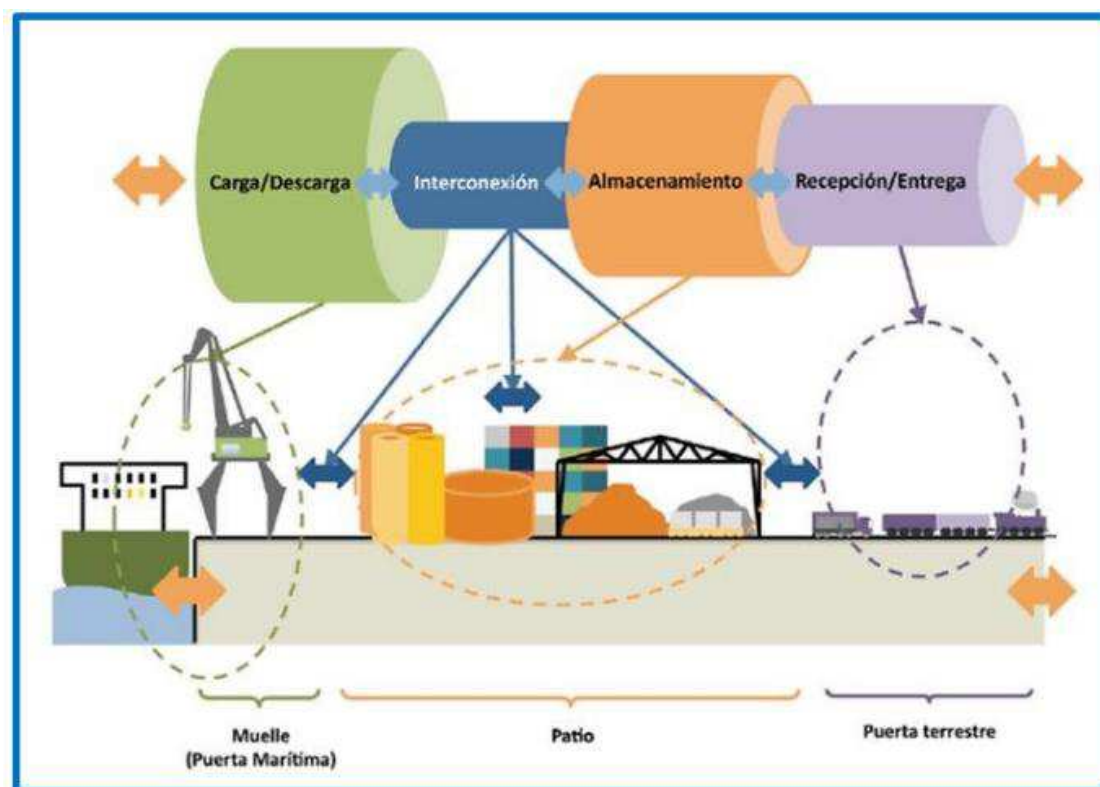


Ilustración 3. Subsistemas de una terminal. (Fuente: Monfort et al (2016))

Por un lado, los primeros tipos de equipos mecánicos de manipulación mencionados irían desde grúas convencionales de diferente tonelaje y características, hasta grúas especializadas en tráficos como el del contenedor. Por otro lado, los segundos equipos mecánicos de manipulación mencionados se tratarían de diferentes tipos de carretillas elevadoras, vehículos autoguiados, cabezas tractoras, grúas pórtico, carretillas pórtico, etc. En este caso, el tipo de equipo mecánico a utilizar iría en función del sistema operativo utilizado en el patio de la terminal.

## 2.2. Diseño de terminales según la forma de la mercancía

Como se ha mencionado anteriormente las terminales polivalentes se caracterizan por poder atender a distintos tipos de tráficos a la vez durante su explotación. Para ello, se deben tener en cuenta distintos condicionantes de diseño que hagan que el funcionamiento de la terminal sea el previsto. Por un lado, habrá elementos comunes que no dependerán del tipo de mercancía que se atienda dentro de la terminal, como aquellos servicios de la terminal que no interactúan directamente con las mercancías en los diferentes subsistemas, es el caso de oficinas, pequeños almacenes y zonas de personal. Por otro lado, habrá otros elementos más específicos que dependerán del tipo de mercancías que se atienden dentro de la terminal y que engloben elementos como los equipos mecánicos de manipulación, elementos estructurales específicos o la distribución de espacios y sus características para poder atender a esos tráficos.

### 2.2.1. Carga contenerizada

Actualmente uno de los tráficos mayoritarios en todo el mundo es el del contenedor, esto es debido principalmente a las grandes ventajas que presenta su uso a la hora de transportar mercancías dentro del sistema logístico actual. Desde su invención hace más de medio siglo, este ha sido uno de los mayores avances en la historia del transporte y ha protagonizado una auténtica revolución a la hora de transportar diferentes mercancías en su interior. Esto es debido principalmente a que se trata de un "recipiente metálico" estandarizado mundialmente en tamaño y forma según los estándares de la ISO (International Organization for Standardization). Esto hace que su uso sea muy eficiente debido a que se pueden diseñar terminales y cadenas logísticas especializadas en este tipo de mercancías contenerizadas ahorrando así en tiempos y costes. Es el caso de las grandes terminales de contenedores como las del puerto de Valencia, Hamburgo, Róterdam, entre otras, que desde hace años están ya funcionando con altos rendimientos debido a su alto grado de especialización en el tráfico de contenedores. En este tipo de terminales todos sus condicionantes de diseño están orientados totalmente a este tráfico en cuanto a equipos, instalaciones y espacios, garantizando en todo momento que se puedan atender grandes cantidades tráfico de contenedores y a los buques portacontenedores (*container ship*) de gran tamaño que los transportan.





Ilustración 4. Terminal de contenedores CSP IBERIAN (Valencia). (Fuente:Valenciaport)

capacidades, que en el caso del tráfico de contenedores son parecidas a las de terminales más especializadas. Además, es importante entender que estas características no evitan que siga siendo una terminal altamente competitiva dentro de su posición en el sistema portuario de *Valenciaport* como puerto de carácter industrial para atender los tráficos previstos dentro de su cuota de mercado.



Ilustración 5. Terminal polivalente Intersagunto. (Fuente: IST)

Por otro lado, las terminales polivalentes también suelen atender a este tipo de tráfico, pero en menor medida, debido principalmente a que no es el único tráfico que atienden durante la explotación y esto condiciona en gran medida el diseño de la terminal. Por lo tanto, al contrario que las terminales de contenedores especializadas, las terminales polivalentes tienden a reducir la capacidad de poder albergar grandes cantidades de contenedores y a limitar la capacidad de atender a los grandes buques portacontenedores que existen hoy en día. Dependiendo del porcentaje previsto a atender el tráfico de contenedores, la terminal tendrá unas características de espacio, equipos e instalaciones, pero normalmente de menor tamaño que las terminales especializadas. En general, tendrán una forma de trabajar más tradicional y menos automatizada debido a que su necesidad de flexibilidad hace que no se puedan disponer de subsistemas demasiado rígidos a la hora de atender el tráfico. Aunque como se mencionó al principio, las terminales polivalentes siguen teniendo un amplio margen de mejora en aspectos como la automatización y la digitalización, los cuales están mucho más desarrollados en las terminales especializadas en un solo tipo de tráfico. Es el caso de terminales polivalentes como Intersagunto en el puerto de Sagunto (Valencia), que se encuentra próxima a la futura terminal polivalente que es objeto de este trabajo. En ella el tráfico de contenedores es mayoritario frente a otros, pero aun así sigue manteniendo la capacidad para atender a otros tipos de tráficos como la mercancía general y RO-RO sin comprometer la explotación (ver tabla 2). Por lo tanto, hace que los equipos, instalaciones y espacios, aunque no estén tan especializados como podía ser en el caso anterior, sigan siendo altamente capaz de atender a los diferentes tráficos debido a sus

Area Total	106.677 m <sup>2</sup>
Zona de Maniobra	19.100 m <sup>2</sup>
Contenedores	61.577 m <sup>2</sup>
Mercancía Convencional	16.000 m <sup>2</sup>
Servicios	10.000 m <sup>2</sup>
Linea de atraque	643 m
Atraque RO-RO	Si
Calado Maximo	14,5 m
Conexiones Reefer	180
Capacidad de Almacenamiento	5.244 TEUs
Capacidad de Manipulacion	190.000 TEU / Año
Reparación de Contenedores	Si

Tabla 3. Características de la terminal polivalente Intersagunto. (Fuente: IST)



En esta terminal podemos encontrar diferentes instalaciones que se encuentran en el patio de almacenamiento, ya sea de tipo almacén o zona descubierta de almacenamiento. Por otro lado, existen en la zona de carga y descarga distintos tipos de equipos de manipulación de tipo grúa, entre ellas las de tipo pórtico y móviles que van desde las 45 Tn hasta los 120 Tn. Además, cuenta con grúas RTG, carretillas y apiladores tipo *reach stacker* en el patio de almacenamiento para poder distribuir las mercancías dentro de la terminal. Por último, hay que añadir que cuenta con un sistema tipo TOS (Terminal Operating System) para la gestión y control de las diferentes operaciones que se realizan dentro de la terminal mejorando así el control y la gestión mediante la digitalización.

### 2.2.2. Carga de granel sólido

En el caso de este tipo de terminales, los subsistemas generales de una terminal marítima se mantienen adaptando las configuraciones de los espacios y los tipos de equipos e instalaciones para poder albergar al tráfico de granel sólido. Como en el caso anterior, se pueden distinguir entre terminales cuyo tráfico único es el granel sólido o terminales polivalentes que albergan varios tráficos entre ellos el del granel sólido.

Las primeras de ellas son terminales como pasaba anteriormente con un alto grado de especialización, lo cual quiere decir que al ser el granel sólido su único tipo de tráfico, disponen de espacios, instalaciones y equipos especializados en ese tráfico que pueden conseguir muy altos rendimientos a la hora de trabajar únicamente con esa única mercancía a gran escala. Normalmente disponen de un gran subsistema de almacenamiento que puede ser muy diverso en lo que respecta a su configuración, instalaciones y equipos, encontrando diferentes tipos de almacenamiento dependiendo de la mercancía y sus necesidades para su correcta conservación. En general, se distingue entre almacenamiento descubierto o cubierto ya sea en almacenes, tolvas, depósitos o silos. Como se ha mencionado la elección del tipo de almacenamiento dependerá de las condiciones de mantenimiento que tengan las mercancías que se disponga en la terminal. Para este tipo de mercancías la climatología es un factor determinante, ya que dependiendo de las condiciones que se suelen producir en la zona y el tipo de mercancía y sus características, habrá que optar por un tipo de almacenamiento u otro. Por otro lado, en este tipo de terminales es frecuente encontrar diferentes tipos de equipos mecánicos de manipulación como rotopalas, tornillos sin fin, tuberías, apiladores, palas cargadoras, barredoras, carretillas y cintas móviles que distribuyen las mercancías de granel sólido a lo largo de los diferentes subsistemas de la terminal. Además, en la zona de carga y descarga tipo muelle solemos encontrar diferentes tipos de grúas de tamaño diferente, tanto de tipo pórtico (descargadores), convencional de pluma sencilla o de cuadrilátero, móvil y de brazo nivelado o tipo *luffing*. Esta diferencia se debe solamente a que los buques graneleros (*bulk carrier*) tienen unas menores dimensiones que atender sobre todo en altura, ya que la capacidad de las grúas de granel sólido sigue siendo igual o parecida a las de los grandes portacontenedores. La otra principal característica se encuentra del órgano de aprehensión que se trata de una cuchara bivalva en vez de un elemento tipo *spreader* para contenedores.

Otra opción para este tipo de tráfico es que el subsistema de carga y descarga se encuentre en el lado mar a través de un pantalán continuo o discontinuo (menos habitual), en el cual atraquen los buques graneleros. En ellos, se suele realizar el movimiento horizontal mediante una cinta transportadora para poder llegar al subsistema de almacenamiento interior.

En el caso de terminales polivalentes que dispongan de espacios para granel, como se trata de la terminal polivalente de Marín (ilustración 7 zona derecha), suele tratarse de un área despejada cerca al muelle para mejorar la transferencia del granel sin necesidad de ningún tipo de elemento mecánico adicional.



Ilustración 6. Terminal polivalente y de contenedores de Marín. (Fuente: PÉREZ TORRES MARÍTIMA)

Por otro lado, un ejemplo a nivel nacional de terminal especializada en granel sólido se puede encontrar en el puerto de Gijón en la terminal de graneles EBHI (Musel), gestionada actualmente por la sociedad EBHI S.A (ver ilustración 8). Se trata de una de las terminales de granel sólido con mayor tráfico de España y que supone un gran porcentaje sobre el total de toneladas movidas de granel sólido en este país de los últimos años. Su tráfico mayoritario se trata de carbón y mineral de hierro para el abastecimiento de la industria siderúrgica y centrales térmicas. Además, para poder albergar estos tráficos cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1,5 millones de toneladas distribuidas en dos parques (Musel y Aboño). Por otro lado, dispone de varios tipos de equipos mecánicos de manipulación como son una grúa móvil de 63 Tn, 3 grúas pórtico 50 Tn, tolvas, rotopalas y apiladores. Además, cuenta con conexión ferroviaria y de camión de manera muy directa gracias a todos sus mecanismos de manipulación entre los diferentes subsistemas, que hacen que tenga movimientos horizontales bastante automatizados en lo que se refiere al traslado de mercancías. Por último, hay que añadir que cuenta con mecanismo de protección contra la contaminación mediante nebulización, sellado de pilas, barreras fijas y planes de limpieza entre otros.





Ilustración 7. Terminal granelera EBHI (Musel). (Fuente: EBHI)

Las terminales de granel líquido siempre incorporan un sistema continuo de transporte entre el punto de carga y descarga donde se ubica el buque tipo cisterna (*tanker ship*) y los sistemas de almacenamiento tipo tanque del subsistema de almacenamiento. Además, para poder realizar este transporte se utilizan elementos tipo tubería a los que se les da presión mediante el uso de bombas para la succión o impulsión del granel líquido. Estos sistemas de red de tuberías de transporte hacen que se pueda colocar los tanques de almacenamiento a una distancia considerable si fuese necesario respecto al punto de carga y descarga. Con ello, se puede conseguir bastante flexibilidad a la hora de ubicar los diferentes elementos que compongan la terminal especializada generalmente, ya que la disposición de un sistema de tuberías es menos rígida que un sistema de transporte de granel sólido o de contenedores que tiene un espacio destinado bastante más preconcebido a la hora de diseñar los diferentes elementos de transporte de las terminales.

En cuanto, a la carga y descarga lo habitual es que se realice a través de tubería conectada al buque. Además, la toma de la tubería de carga y descarga se ubica normalmente en una obra de atraque y amarre tipo pantalán discontinuo, duque de alba, monoboya o campo de boyas (ver ilustración 9).

Respecto a las terminales polivalentes que albergan este tipo de tráfico, se pueden encontrar diferentes configuraciones de los espacios de la terminal dedicados al granel sólido. Como pasaba en el caso de las terminales especializadas, para este tipo de mercancías se dispondrán de diferentes tipos de instalaciones como almacenes, tolvas, depósitos, silos y/o espacios descubiertos para su almacenamiento. Además, los equipos podrán ser más especializados o no dependiendo del volumen de tráfico si es más ocasional o no dentro de los tráficos previstos.

### 2.2.3. Carga de granel líquido

El tráfico de granel líquido es uno de los tráficos que mayores condicionantes tiene a la hora de configurar una terminal, debido a que sus características de manipulación hacen que todos los subsistemas deban ser bastante especializados para poder albergarlo de manera correcta. Aunque se sigan manteniendo los esquemas básicos de una terminal en los diferentes subsistemas, estos deben tener una configuración bastante más compleja que para otras mercancías.

Además, el diseño de los diferentes espacios dependiendo del tipo de granel líquido y sus características suele ser muy rígido y no dota a la terminal de prácticamente flexibilidad en el uso de otros espacios aparte del granel líquido. Además, suelen tratarse en algunos casos de mercancías peligrosas, lo que hace no puedan existir otros tipos de tráficos cercanos. Esto hace que no suela ser un tráfico preferente para terminales de tipo multipropósito o polivalentes, ya que va en contra de la mayor virtud de estas debido a su alta rigidez.

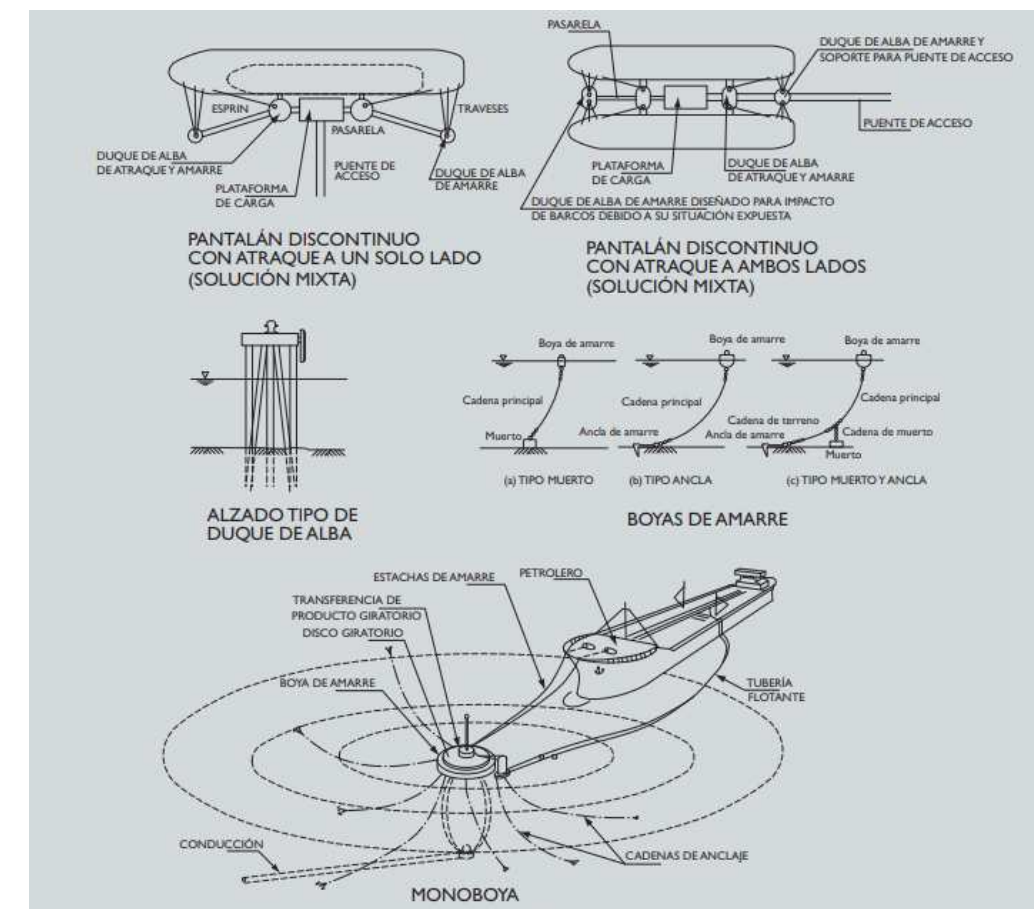


Ilustración 8. Obras atraque y amarre para granel líquido

En cuanto a la elección del tipo de atraque que se realice en la terminal dependerá en primer lugar del tipo de granel líquido que se quiera atender. Para productos petrolíferos o químicos se suele buscar soluciones tipo pantalán discontinuo, monoboya o campo de boyas. “La elección entre las soluciones propuestas dependerá principalmente de las condiciones medioambientales, morfológicas y operativas locales: regímenes de viento y oleaje, profundidades, disponibilidad o no de remolcadores, etc., alguna de las cuales condicionan la capacidad de la línea de atraque y la calidad del servicio. No obstante, cuando los tráficó son importantes las soluciones más recomendables suelen ser los pantalanes discontinuos ya que facilitan la prestación de otros servicios al buque como avituallamiento, recogida de residuos, etc.” (Recomendaciones para Obras Marítimas [ROM 2.0 11], 2012). Por otro lado, para gas licuado se suele usar pantalán discontinuo para poder disponer de los brazos articulados de carga y descarga que deben quedar colocados en las válvulas de descarga de buque y que son de uso obligado. Además, para gas natural el uso de pantalán discontinuo es imprescindible debido a que se necesita disponer de la menor longitud de tubería criogénica posible por su alto coste. Por último, para otros tipos de graneles líquidos más tradicionales como son los aceites se suele utilizar pantalanes discontinuos o sistemas de transferencia discontinua (tubería flexible descarga a transporte terrestre directamente).

Un ejemplo a nivel nacional sería la terminal de Enagas en el Puerto de Huelva. En ella se ubica una planta de regasificación de gas natural licuado (GNL) de las mayores de España en cuanto a la capacidad de almacenamiento. Dentro del subsistema de almacenamiento existen actualmente 5 tanques de GNL (1 de 60.000 m<sup>3</sup>, 1 de 100.000 m<sup>3</sup>, 3 de 150.000 m<sup>3</sup>), también existen otros tanques de menor tamaño que sirven de complemento a los sistemas de regasificación de la terminal. En cuanto, al sistema de atraque y amarre dispone de un pantalán discontinuo con varios duques de alba que se disponen para el amarre de los buques. Este pantalán dispone de dos muelles, uno para buques de GNL de hasta 70.000 m<sup>3</sup> de capacidad, y otro para buques de GNL de hasta 125.000 m<sup>3</sup> de capacidad. Dispone también de 2 muelles para carga y descarga de buques con un calado medio de 12 m. Además, dentro de los equipos de carga y descarga se encuentran:

- Dos brazos para descarga de los buques
- Un brazo para manipular gas licuado del petróleo (LPG)
- Cuatro brazos de gas natural licuado (GNL)
- Un brazo de carga para retornos de vapores
- Red de tuberías que comunica el atraque y el buque con el resto de las instalaciones de la terminal a través del pantalán.

Con todos estos elementos que se disponen en el subsistema de carga y descarga para poder atender al tráfico de GNL más aquellos que se disponen en el resto de los subsistemas se puede tener una idea de la alta especialización de este tráfico y de los condicionantes de diseño para este tipo de terminales. Lo que lo convierte en un tráfico bastante complejo de atender durante la operativa de manipulación en sus distintas fases a través de los espacios destinados de la terminal.



Ilustración 9. Terminal Enagas, Puerto de Huelva. (Fuente: Enagas)

Como se mencionó anteriormente, el tráfico de granel líquido no suele ser común en las terminales multipropósito debido a su alta complejidad y especialización de los espacios, característica que hace que se pierda bastante flexibilidad, la cual es fundamental dentro de este tipo de terminales. Aun así, se pueden disponer de tráficó de granel líquido en este tipo de terminales cuando no sean productos petrolíferos, químicos o gases licuados, es decir, cuando no tengan componentes de alto riesgo a la hora de manipularlos o transportarlos. Este sería el caso de productos como el agua, aceite, vino o algunos tipos de abonos que no presenten características que comprometan la seguridad de la terminal y del resto de espacios anexos. En este caso, suele existir una zona destinada dentro del subsistema del almacenamiento en cual se disponga uno o más tanques. La zona de carga y descarga se encuentra normalmente en el propio muelle de la terminal y suele contar con un sistema de tubería flexible para poder realizar la transferencia de graneles entre los buques y los tanques de almacenamiento (ver ilustración 11). Generalmente esto es debido a que no se pueden disponer de grandes obras de atraque y amarre destinadas a un solo tráfico en terminales polivalentes, ya que estas reducirían considerablemente la capacidad de atender a otros buques en un mismo espacio y a otros tipos de tráficó. Al final será necesario dotar a los diferentes subsistemas de la terminal polivalente de cierta compensación entre flexibilidad y especialización del tráfico de granel líquido. Para ello, el diseño de la terminal tiene que garantizar que los distintos tráficó tienen un espacio destinado que sea funcional y a la vez que puedan convivir varios tráficó sin dejar de ser competitivos dentro de lo previsto por la terminal.





Ilustración 10. Terminal Opemar S.L, Puerto de Málaga. (Fuente: Vidaeconómica)

#### 2.2.4. Carga convencional

La carga convencional es aquella en que el elemento de unitarización no se trata del contenedor sino de elementos tipo palés, jaulas, sacos, cajas de madera, barriles metálicos, bidones, etc. Los buques que suelen llevar este tipo de mercancías se suelen llamar convencionales o *general cargo ship* y suelen ser muy parecidos a lo que sería un buque granelero o *bulk Carrier*, ya que presentan grandes bodegas y escotillas para su acceso. En general, también pueden disponer de sus propios equipos mecánicos de manipulación, haciendo que puedan realizar la carga y descarga en el muelle correspondiente sin la necesidad de más equipos. En el caso, de no tener equipos propios de manipulación en las terminales donde se trabaja con este tipo de tráfico, suele utilizarse grúas de brazo nivelado, o también llamadas grúas tipo *luffing*, de diferente tonelaje. Por otro lado, como se ya ha mencionado, lo habitual es que el subsistema de carga y descarga se encuentre en una obra de atraque y amarre tipo muelle, de dimensiones siempre mayores que la del propio buque para no afectar al rendimiento de la operativa de carga y descarga. También se pueden encontrar sistemas de transferencia directa del buque a otro tipo de transporte como el camión para este tipo de tráfico, pero no suele ser lo habitual debido a que no suele ser tan eficiente la carga y descarga como cuando existe un medio de almacenamiento tipo provisional. Respecto a otros equipos de manipulación, dependiendo del tipo de carga que se maneje se pueden encontrar en la zona de almacenamiento y en las diferentes zonas de interconexión entre subsistemas, equipos tipo carretillas elevadoras, vehículos autoguiados, cabezas tractoras y apiladores (*reach stakers*). En cuanto a la zona de

almacenamiento, dependiendo de las condiciones de conservación de la mercancía se pueden encontrar tanto zonas descubiertas tipo explanada como zonas cubiertas tipo almacén para proteger de la intemperie la mercancía.

Lo habitual de las terminales que manejan este tipo de tráfico es que sean de tamaño medio o pequeño comparadas con las grandes terminales que existen hoy en día en otros tipos de tráfico marítimos de tipo comercial como el contenedor o los graneles. Esto es debido a que parte del tráfico que manejaban este tipo de terminales ha ido pasando a ser contenerizado en las últimas décadas con el uso creciente contenedor, que hoy en día es un tráfico mayoritario a nivel mundial. Principalmente en consecuencia a que muchas mercancías hoy en día son más rentables de mover a través del contenedor debido a sus ventajas de conservación, facilidad de transporte, costes de escala, etc. Por lo tanto, no es lo habitual encontrar grandes terminales especializadas en este tipo de tráfico, sino que suelen ser más comunes para albergar este tráfico las terminales polivalentes o multipropósito.

Un ejemplo de terminal polivalente que atiende actualmente el tráfico de carga convencional sería la terminal de Noatum dentro del Puerto de Sagunto y que encuentra próxima a la nueva terminal polivalente que se desarrolla en el presente documento. Se trata de una terminal de tipo polivalente o multipropósito que atiende principalmente carga especial, carga convencional, grandes proyectos y RO-RO. Dentro del subsistema de carga y descarga dispone de varios equipos mecánicos de manipulación, entre ellos 6 grúas de brazo nivelado para poder realizar la operativa. Además, cuenta con 4 grúas móviles para dar más capacidad de movimiento horizontal y vertical dentro de la terminal. Respecto a otros equipos dentro de la terminal, cuenta con 42 carretillas y 6 apiladores (*reach stakers*) para movimientos horizontales. Por otro lado, dentro de las instalaciones del subsistema de almacenamiento de la terminal existen 20.830 m<sup>2</sup> que están dedicados a almacenamiento cubierto en almacén y casi 100.000 m<sup>2</sup> de explanada al aire libre.

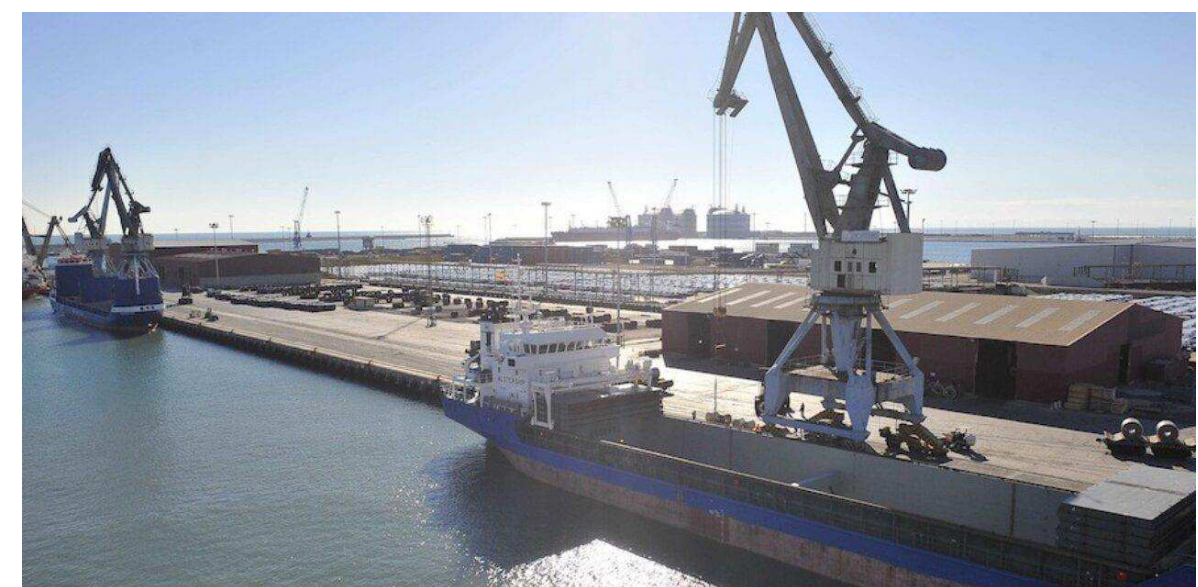


Ilustración 11. Terminal Noatum, Puerto de Sagunto. (Fuente: Noatum)



### 2.2.5. Carga rodada (ro-ro)

La carga rodada o ro-ro (roll on-roll of) se trata de un tráfico de características de transporte muy particulares a la hora de diseñar equipos, instalaciones y espacios de una terminal. En primer lugar, la operación de carga o descarga se realiza mediante medios rodantes, ya sea mediante la propia carga rodante o utilizando algún transporte auxiliar. Esta operación se realiza a través de puntos localizados en el buque ro-ro (*car carrier*) llamados portalones, pudiendo tener normalmente hasta 3 que se encuentran en popa, proa, o en un lateral. Dentro del subsistema de carga y descarga la obra de atraque y amarre puede tratarse de un pantalán discontinuo con elementos auxiliares de atraque como son los duques del alba o de un muelle convencional. En ambos casos, normalmente se incorpora una rampa ro-ro que sirve para absorber las posibles variaciones que se pueden producir durante la operativa de carga y descarga y que puede ser fija (tacón ro-ro) o no, es el punto donde conectaría el buque su portalón para la carga o descarga de la mercancía rodante. En algunos casos la operación de carga y descargase puede realizar mediante elevación, lo que suele llamarse ro-lo, en este caso la obra de atraque y amarre más recomendada para la operativa es la de muelle, ya que se obtiene una mayor flexibilidad. Por otro lado, en el subsistema de almacenamiento se suele disponer de explanadas al aire libre de gran extensión, dependiendo si es una terminal especializada o es un tráfico más dentro de una terminal polivalente. Por último, hay que decir como se ha visto ya, se trata de un tráfico bastante particular ya que no cuenta normalmente con otros equipos de manipulación mecánica, aunque pueden existir ciertos medios rodantes auxiliares para mercancías que no pueden ser operadas como son por ejemplo las locomotoras.



Ilustración 12. Terminal RO-PAX, Puerto de Huelva. (Fuente: Autoridad Portuaria de Huelva)

En cuanto a las terminales, este tráfico puede encontrarse tanto en terminales totalmente especializadas, como en terminales polivalentes o multipropósito donde se trataría de un tráfico más en mayor o menor grado como es el caso de la terminal RO-PAX del puerto de Huelva (ilustración 13). En ambos casos, la distribución de espacios suele ser muy parecida, normalmente en el caso de terminales polivalentes la configuración que siempre se elige es que la obra de atraque y amarre se trate de un muelle con una o varias rampas ro-ro a lo largo de la alineación, debido principalmente a que es la que mayor flexibilidad da a la operativa dentro del subsistema de carga y descarga.

Ejemplos de terminales especializadas en tráfico ro-ro son el de la terminal de Toyota en Sagunto y el de la terminal de Ford en Valencia, ambas totalmente especializadas en atender este tipo de tráfico.

En el caso de la terminal de Toyota en Sagunto se trata de un centro logístico de vehículos de Toyota y Lexus en el cual se desarrollan actividades logísticas de almacenamiento y servicios de taller. En este caso, el servicio es prestado por TOYOTA LOGISTICS SERVICE S.L dentro de la terminal especializada en ro-ro. En cuanto al subsistema de carga y descarga existe una rampa ro-ro fija (tacón ro-ro) de 39x39 m<sup>2</sup> donde los buques ro-ro ubican su portalón con rampa para la operativa de carga y descarga. En cuanto al subsistema de almacenamiento consta de una explanada de casi 70.000 m<sup>2</sup> destinados al almacenamiento de vehículos, 4500 m<sup>2</sup> de instalaciones tipo taller y 500 m<sup>2</sup> tipo oficina/vestidor/comedor. En este caso, no suele existir ningún otro tipo de equipo mecánico de manipulación dentro de la terminal, ya que en este caso el tráfico ro-ro es siempre del mismo tipo (Utilitario o comercial) y no necesita de otros equipos para su transporte horizontal a través de la terminal. En cuanto, al subsistema de recepción y entrega en este caso existe un espacio destinado a la espera de camiones con plataforma para cargar o descargar los distintos vehículos de la terminal.



Ilustración 13. Terminal Toyota, Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)



### 2.2.6. Carga especial y grandes proyectos

La carga especial hace referencia aquella carga que por cualquier condicionante propio o externo necesita durante su transporte de medios diferentes a los tradicionales antes vistos o medios especiales. No tiene por qué tratarse de mercancías de gran volumen, sino que simplemente por sus características de tonelaje, tamaño, peligrosidad, medio de conservación, dificultad de manipulación, entre otras necesita de unas condiciones de transporte que no son las tradicionales en otros tráficos. Por otro lado, la carga de grandes proyectos hace referencia a mercancías que necesitan de grandes medios especiales de transporte para ser transportadas. Para ambos tipos de tráfico se requiere que la cadena de transportes y logística deba estar preparada para albergar estas mercancías de forma que no se produzcan cuellos de botellas que se traduzcan en pérdidas de eficiencia logística.

En primer lugar, la terminal especializada no suele ser lo más habitual para atender este tipo de tráficos debido a que la cantidad de mercancías puede no ser suficiente en la mayoría de los casos para poder tener un rendimiento óptimo de la terminal. Por ello, lo más habitual es que este tipo de tráficos se atienda a través de terminales polivalentes o multipropósito que garanticen al tener varios tráficos una cantidad de mercancías suficiente para poder tener un rendimiento y beneficio adecuado.

Para ello, un punto característico sería el tipo de buque que se necesita para transportar este tipo de mercancías. Cuando las mercancías no tienen un gran volumen se suele utilizar si lo permiten el resto de condicionantes un buque convencional (*general cargo ship*). Cuando se trata de grandes proyectos cuyo volumen excede las dimensiones de las bodegas normales o por condiciones de manipulación no podría ser transportado de esta forma, se utiliza un buque de grandes proyectos (*Project cargo ship*) cuya cubierta suele estar rebajada para poder almacenar grandes mercancías sin la necesidad de escotillas y bodegas. Otra característica de este tipo de buques es que suelen llevar grúas de alto tonelaje para poder mover las mercancías de forma segura.



Ilustración 14. Buque para grandes proyectos. (Fuente: elestrechodigital)

En cuanto a la terminal, en el subsistema de carga y descarga, lo habitual suele ser disponer de una obra de atraque y amarre tipo muelle debido a que es el que más versatilidad y flexibilidad ofrece en terminales polivalentes o multipropósito. Otro punto importante es que la terminal debe estar preparada para manejar estos grandes proyectos o cargas especiales mediante equipos, instalaciones y áreas adecuadas. Por ello, suelen de disponer de varias grúas de alto tonelaje y móviles con las que poder realizar la operativa de carga y descarga sin ningún inconveniente en los diferentes subsistemas. En ocasiones, incluso trabajando con varias grúas a la vez para poder realizar el transporte horizontal y vertical de un solo elemento (gran proyecto) dentro de la terminal. Por otro lado, en el subsistema de almacenamiento, se suele disponer de elementos ya vistos como son almacenes para cubrir las mercancías y evitar su deterioro o de explanadas al aire libre. Por último, también es importante entender que estas mercancías cuando estén dentro del subsistema de recepción o entrega suelen contar para su salida o su llegada a la terminal de vehículos especiales de transporte por otros medios que no son el marítimo. En este sentido, los más habituales son los transportes especiales por carretera, cuyo medio de transporte es un camión de transporte especial cuyo remolque, ejes y capacidad de transporte es mayor a la del camión tradicional. También, se suele utilizar el ferrocarril para mover este tipo de mercancías si el gálibo no es un problema a la hora de utilizar la red del ferrocarril de mercancías. Por todos estos motivos, es importante entender que el transporte de estos tráficos requiere de unas características específicas que hagan que los diferentes subsistemas y su equipos, instalaciones y áreas estén preparados.

Ejemplo de todo ello es la terminal de Noatum en el Puerto de Sagunto que anteriormente se analizó y que se encuentra muy cercana a la nueva terminal que se desarrolla en el presente trabajo. En esta terminal se atiende a un gran volumen de tráficos de cargas especiales o grandes proyectos durante el año. Para ello, disponen de varios equipos de manipulación mecánica de alto tonelaje para el transporte horizontal y vertical. Además, de diferentes de espacios e instalaciones para el correcto almacenamiento de las mercancías durante su estancia en la terminal



Ilustración 15. Terminal Noatum, Puerto de Sagunto. Grandes proyectos. (Fuente: Noatum)



### 3. Puerto de Sagunto. Situación actual

#### 3.1. Introducción

El puerto de Sagunto se trata de un lugar con un marcado carácter industrial que lo ha acompañado a lo largo toda su historia. Ya con el nacimiento de la ciudad de Sagunto durante el siglo III, se comenzó a vislumbrar el gran carácter comercial que se iba a tener en esta zona del Mediterráneo en los siguientes siglos. Por ese entonces ya a las afuera de Sagunto comerciantes se ubicaban en la zona del puerto fuera de las murallas, en lo que hoy se conoce como el “Grau Vell”, para poder realizar actividades comerciales con diferentes productos.

El concepto de comercio marítimo no se llega a conocer en la zona hasta siglos después con las primeras civilizaciones romanas e ibéricas, que comienzan a concentrar la actividad en la zona costera de Sagunto. Este pensamiento es debido a que en las últimas décadas se han encontrado diversos vestigios arqueológicos de lo que sería un punto de comercio marítimo en la zona. Elementos como son las ánforas, que se tratarían de recipientes cerámicos que solían utilizar para el transporte de mercancías o los hornos para su construcción, han sido encontrados en la costa de Sagunto cercanos a la desembocadura del río Palancia, haciendo que se considere la zona como un punto frecuente para el comercio marítimo ya en la época de estas civilizaciones.

No sería hasta el siglo veinte, en concreto el 2 de agosto de 1902, cuando nace lo que sería el Puerto de Sagunto tal y como se conoce hoy en día. El inicio de todo ello fue una autorización administrativa otorgada a la compañía minera de Sierra Menera (CMSM) para que se pudiese construir un embarcadero en la playa de Sagunto. Con ello, pretendían crear una vía de transporte que diese salida a los minerales que se extraían en las minas de Ojos Negros y Setiles en Teruel hacia el mar Mediterráneo. Para ello, construyeron una línea de ferrocarril desde el barrio de Ojos Negros hacia el Puerto de Sagunto y un embarcadero para cargar los buques que transportaban estos minerales hacia otros puntos de la geografía europea. Esta sería la primera etapa de lo que sería después el desarrollo alrededor del Puerto de Sagunto de la siderúrgica industrial y de la creación de un punto estratégico para el comercio de minerales en España.

Con el paso del tiempo el puerto de Sagunto pasó de estar prácticamente dedicado a productos siderúrgicos a albergar diversos tipos de tráfico como pasa en la actualidad. En concreto, el gas y los vehículos han sido dos nuevos tráficos que han ido ocupando cada vez una mayor parte de las diferentes instalaciones que ocupan el recinto portuario de Sagunto. Pero también el contenedor, la mercancía general o los grandes proyectos son tráficos que se atienden en algunas de las terminales del puerto de Sagunto, que hoy por hoy plasman un alto carácter industrial y una alta flexibilidad en cuanto a versatilidad para la atención de mercancías de distinto tipo.

Por último, la creación de áreas de oportunidad como son el Puerto de Sagunto y los diferentes corredores del transporte (marítimo, carretera, ferrocarril, aéreo) cercanos a esta zona, han hecho que la inversión privada y pública aumente considerablemente. Es por ello, que nuevas zonas industriales como son Parc Sagunt I y II han sido desarrolladas. En concreto, el objetivo de este desarrollo ha sido crear un parque empresarial y tecnológico de los más avanzados en Europa. Dotando al tejido empresarial de grandes fortalezas a la hora de establecerse en la zona para desarrollar su actividad.

A continuación, se muestran las características básicas del Puerto de Sagunto:

- Puerto de Sagunto

Puerto	Situación	Superficie total	Superficie flotación	Muelles. Línea de atraque
Sagunto	Longitud 0° 13' W Latitud 39° 39' N	2.290.000 m <sup>2</sup>	2.239.200 m <sup>2</sup>	14 muelles 6.147 m línea de atraque

Tabla 4. Características básicas del Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)

En cuanto al desarrollo del propio Puerto de Sagunto y sus alrededores, en la siguiente vista aérea se muestra su estado actual. Se puede apreciar cómo tanto alrededor del puerto como en el propio puerto, existe actualmente un área de oportunidad compacto que da posibilidad de crear nuevos espacios que se aprovechen de las sinergias que se crean en el entorno. Todo ello, fortaleciendo la actividad económica de la zona y enriqueciendo aún más si cabe el comercio marítimo.



Ilustración 16. Puerto de Sagunto (Vista aérea). (Fuente: Google Earth)



A continuación, se muestra el plano de la distribución de los usos y espacios dentro del Puerto de Sagunto:

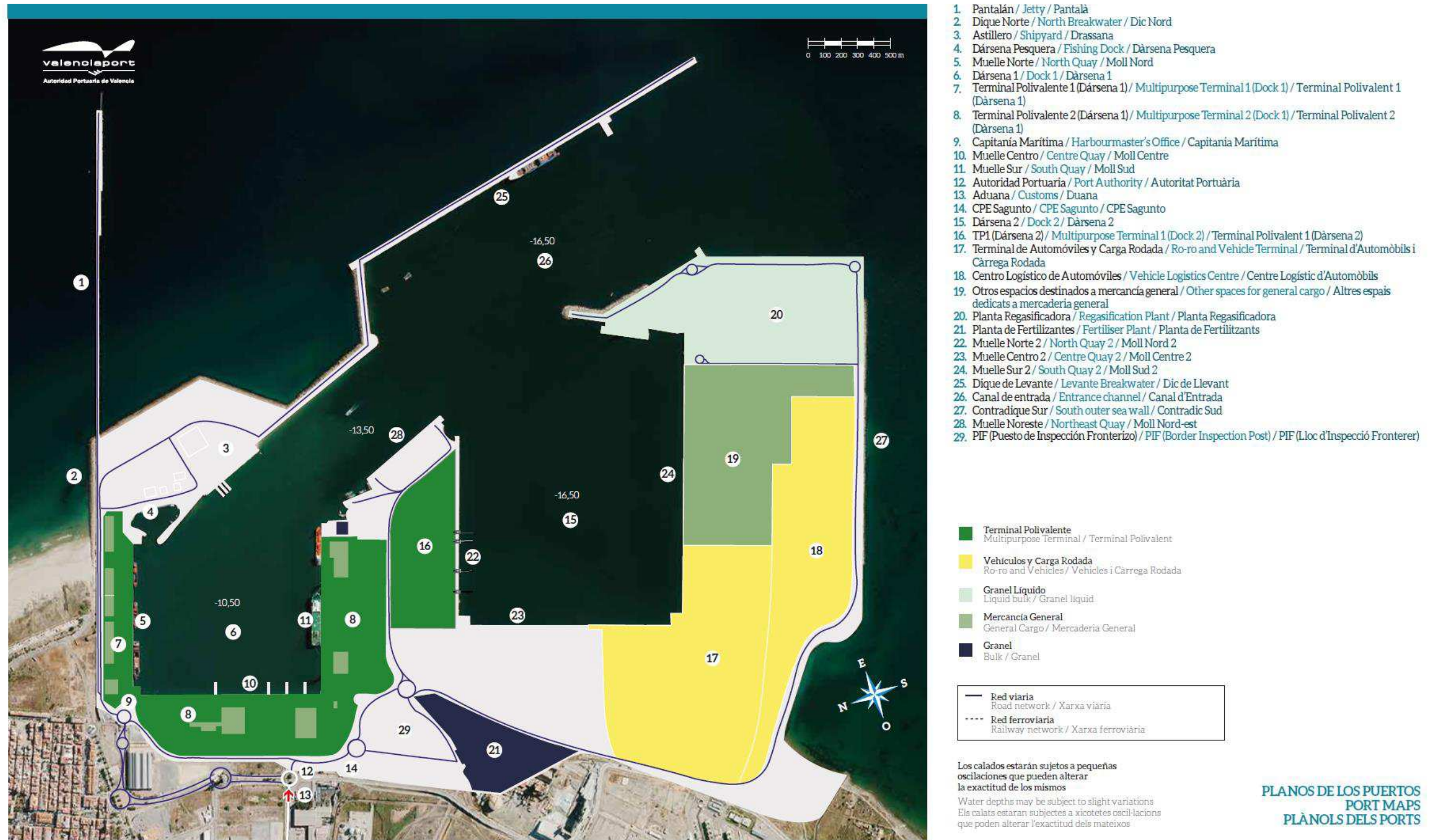


Ilustración 17. Plano del Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)



### 3.2. Planificación

Dentro del área de “Planificación y desarrollo portuario” se articulan varias propuestas para poder analizar la demanda futura que van a tener los servicios portuarios existentes y con ello dotar al sistema de una oferta de servicios que pueda ser viable y sostenible en el tiempo. Además de este análisis, se tienen en cuenta varios aspectos como es el desarrollo de las infraestructuras, el análisis del medio portuario y sus afecciones, la conectividad marítima y terrestre, la integración de los espacios portuarios con la ciudad, el análisis económico financiero de inversiones, los contratos, procesos y cláusulas de las diversas formas de participación público-privada como son las concesiones, la innovación en diversos ámbitos y el estudio del impacto de las actuaciones en el ámbito económico.

Dentro de los diferentes instrumentos de planificación destacan:

- Marco Estratégico de un sistema portuario (Puertos de interés general)
- Plan Estratégico
- Plan director de infraestructuras o *Master Plan* de un puerto
- Delimitación de Espacios y Usos Portuarios
- Plan de Empresa de una AP
- Plan Estratégico institucional de una AP
- Plan especial de una AP

Todos estos instrumentos marcan una dirección precisa en cuanto a la planificación y desarrollo portuario, ya sea en un sistema portuario como es el de interés general en España, en el de los diferentes conjuntos de puertos llevados por una AP o en un puerto en concreto. En el caso del sistema *Valenciaport* y el puerto de Sagunto, gracias a todos estos instrumentos se puede planificar y desarrollar de cara a los próximos años en una dirección concreta, marcando los siguientes pasos que se van a dar en el puerto en cuanto a la oferta de nuevos servicios o mejora de los existentes.

En este caso, se puede observar en el Plan Estratégico de la APV con horizonte 2020 (último hasta la fecha), cuáles son los objetivos generales y las líneas de desarrollo para el sistema de *Valenciaport* y más concretamente para el Puerto de Sagunto. Respecto al conjunto de puertos se prevé fortalecer la competitividad exterior del sistema *Valenciaport* mediante un refuerzo del tejido empresarial, que dote al sistema de una oferta que sea más competitiva dentro del aspecto de calidad y coste de las infraestructuras y de unos servicios marítimos, logísticos, portuario e intermodales que sigan las corrientes políticas europeas en el sector del transporte. Para ello prevé 4 aspectos claves:

- Sostenibilidad económica: mejora del control de los ingresos, costes e inversiones para poder garantizar mayor autofinanciación en el corto y largo plazo dentro de la APV.
- Sostenibilidad social: coordinación y colaboración adecuada de los diferentes agentes sociales dentro de la Comunidad Portuaria.

- Sostenibilidad medioambiental: reducción de impactos negativos como los que afectan a la calidad del aire o el agua y a la contaminación acústica.
- Políticas europeas en transporte: incrementar y fomentar la intermodalidad y el transporte marítimo de corta distancia.

Toda esta mejora de la oferta competitiva, en cuanto a servicios e infraestructuras, se ve necesitada del refuerzo en la adaptación al mercado actual y en la existencia de una Comunidad Portuaria que tenga un papel regulador/coordinador que capacite al sistema de nuevas fortalezas.

Por este motivo, la especialización para ciertos tráfico con el uso de equipos, instalaciones y áreas, más la complementación de otros sistemas portuarios para absorber varios tipos tráfico de manera que se dote al sistema en conjunto de mayor flexibilidad, son de vital importancia para seguir siendo competitivo.

En este aspecto, el plan estratégico marca diferentes direcciones para los puertos de Valencia, Sagunto y Gandía dentro del sistema de *Valenciaport*. Haciendo que el puerto de Valencia, como ya se vio, crezca en dirección a desarrollar un alto carácter interoceánico y urbano con bastante especialización. Por otro parte, en el puerto de Sagunto se tienda a buscar un carácter mucho más industrial y con mayor flexibilidad. Por último, el Puerto de Gandía se desarrolle con un carácter mucho más local.

Con todo ello, el sistema *Valenciaport* se posiciona como un *hub mixto* que permite optimizar los costes de escala, y garantizar un volumen adecuado de import/export para seguir siendo competitivo. Haciendo que los servicios que ofrece para sus distintos tráfico sigan siendo óptimos dentro de su hinterland y foreland.

Por otro lado, en el Plan de Empresa 2020-2024, que cuenta con más de 552 millones de euros, ya se marcan las futuras inversiones reales que se van a hacer para mejorar los servicios de los diferentes puertos de *Valenciaport* para ese periodo. Con ello, se pretende mejorar aún más el tejido empresarial y favorecer la actividad de la comunidad portuaria. En esa dirección se tienen 3 ejes principales que siguen las tendencias marcadas por Europa: infraestructuras sostenibles medioambientalmente, el mayor uso del ferrocarril y la mejora de la conectividad para aumentar la competitividad y la actividad de toda la comunidad portuaria.

Todas estas inversiones van encaminadas a dotar de mayores fortalezas a los puertos gestionados por la APV. Con ello, no solo se consigue mejorar a nivel puerto, también se dota a toda la zona afectada por el hinterland y volerland del sistema, de una mejor área de oportunidad, donde los diferentes agentes implicados directa o indirectamente por los puertos se vean favorecidos. Por ello, es fundamental entender las interacciones que se forman entre el sistema portuario con otros sistemas de tipo transporte, logístico, empresarial, etc.

A continuación, se muestran las principales líneas de inversión en el periodo 2020-2024 para el sistema general de *Valenciaport* y, en concreto, aquellas que afectan directamente al puerto de Sagunto, en cual se desarrolla el presente trabajo:

### Valenciaport

- Eficiencia energética y sistemas de control de consumos
- Generación de energías alternativas: Fotovoltaica
- Generación de energías alternativas: Eólica
- Mejoras en la línea Sagunto – Teruel – Zaragoza. Apartaderos de 750 m
- Acceso ferroviario al Puerto de Sagunto
- Playa de vías de acceso ferroviario de Sagunto
- Desarrollo terminal Fuente de San Luis

Como se puede observar estas líneas de inversión se pueden separar en dos grupos principales. Las 3 primeras irían en la línea de lo que ya no es novedad actualmente en cuanto a la política de un país en el ámbito de las infraestructuras, las actuaciones en materia de sostenibilidad ambiental y energía. Estas son necesarias en la mayoría de los casos actuales a la hora de plantear cualquier escenario de inversión en una infraestructura existente o de nuevo desarrollo, garantizando que tenga las mayores fortalezas posibles tras la ejecución de las medidas. Para ello, se buscan alternativas sostenibles para la generación de energía como son la energía eólica y la fotovoltaica, dotando en este caso a las terminales de una menor dependencia energética de las fuentes tradicionales. Por otro lado, las 4 siguientes van encaminadas en la mejora de la accesibilidad ferroviaria y al fomento del uso del ferrocarril de mercancías como complemento y/o alternativa a la carretera. Con ello, se busca que el ferrocarril pueda tener un mayor espacio para poder mejorar los servicios que ofrece el puerto para *import/export*, dotándolo de conexiones ferroviarias que puedan garantizar un servicio de calidad siempre y cuando las condiciones sean las idóneas para este tipo de transporte. Todas estas inversiones recogen las últimas tendencias a nivel europeo en cuanto a nuevas inversiones para los puertos y buscan generar un sistema portuario con mayores fortalezas en el corto y medio plazo.

### Sagunto

- Acondicionamiento de Muelle Centro 2, sujeto al otorgamiento de una concesión (Presente diseño técnico)
- Explanación de zona de servicio. Fase II
- Dique norte
- Subestación eléctrica/interconexión eléctrica
- Red interior de ferrocarril, junto al nuevo acceso ferroviario del Puerto de Sagunto
- Nuevo acceso sur Puerto de Sagunto del Corredor Sagunto – Valencia
- Ordenación acceso norte y adecuación del pantalán

En cuanto al Puerto de Sagunto, las principales líneas de inversión van encaminadas a mejorar la conectividad general del mismo y dotarlo de nuevas superficies. Como ya se vio en el sistema *Valenciaport*, existe un alto interés en lo que sería la mejora de la conectividad sobre todo ferroviaria. Para ello, se pretende dotar al Puerto de Sagunto de un nuevo acceso mediante ferrocarril y una red interior que garantice la buena conectividad mediante el ferrocarril de mercancías. Esto va en la línea de las mejoras que se están haciendo tanto para el Corredor Cántabro como en el Corredor Valencia – Sagunto donde es importante que no se produzcan cuellos de botella que hagan que empeore el rendimiento de la cadena de logística y de transportes y que las infraestructuras no cumplan con su objetivo previsto. Además, todo ello va en consonancia con una política común en cuanto al uso del ferrocarril en el ámbito del transporte de mercancías a nivel nacional y europeo. Por otro lado, es importante complementar esta conectividad con la inversión en nuevas superficies que añadan capacidad al Puerto de Sagunto para atender nuevos tráfico y ofrecer nuevos servicios. Es por ello, que se busca crear una nueva terminal (concesión) en el Muelle Centro 2, de la cual el diseño es objeto del presente trabajo, o generar nuevos accesos o terminales ferroportuarias en distintos puntos del Puerto de Sagunto.

Por otro lado, como complemento al Plan de Empresa nace el Plan de Inversiones 2020-2024 de la APV, donde se hace referencia a todas estas inversiones en cuanto a su ejecución. A continuación, se muestra un extracto de las cuentas anuales consolidadas del ejercicio de 2020 de la APV, donde se hace referencia a las inversiones netas en materia de accesibilidad viaria y ferroviaria antes vistas:

(Datos en miles de euros)

	TOTAL	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024 y sig.
<b>APROBADAS POR EL COMITÉ DE DISTRIBUCIÓN DEL FFATP</b>	<b>43.600</b>	<b>396</b>	<b>2.458</b>	<b>15.946</b>	<b>18.500</b>	<b>6.300</b>	-	-
Mejoras en la línea Sagunto-Teruel-Zaragoza (Apartaderos 750 mts.)	20.600	396	2.458	6.746	6.500	4.500		
Acceso Ferroviario al puerto de Sagunto	20.000			9.000	11.000			
Playa de vías en acceso ferroviario Sagunto	3.000			200	1.000	1.800		
<b>PENDIENTES DE APROBACIÓN POR EL COMITÉ DE DISTRIBUCIÓN DEL FFATP</b>	<b>48.000</b>	-	-	-	-	-	-	<b>48.000</b>
Mejoras en la línea Sagunto-Teruel-Zaragoza	33.000							33.000
Desarrollo Terminal Fuente de San Luis	15.000							15.000
<b>TOTAL INVERSIONES NETAS EN MATERIA DE ACCESIBILIDAD VIARIA Y FERROVIARIA</b>	<b>91.600</b>	<b>396</b>	<b>2.458</b>	<b>15.946</b>	<b>18.500</b>	<b>6.300</b>	-	<b>48.000</b>

Tabla 5. Inversiones contempladas por la APV en el Plan de Inversiones 2020-2024. (Fuente: Valenciaport)

Por último, es importante entender que todas estas inversiones buscan fortalecer un sistema complejo como es el portuario en cual hay muchos agentes implicados. Por ello, es fundamental entender como son afectados los diferentes sectores implicados en el ámbito portuario y las fortalezas/debilidades que se crean a la hora de realizar estas inversiones.

### 3.3. Aspectos socioeconómicos

En cuanto a aspectos socioeconómicos, Sagunto se trata de un municipio donde la mayoría de la población se dedica al sector servicios, el cual es el sector donde mayor contratación existe actualmente con un 75,11 % sobre el total de nuevas contrataciones en el último registro de 2021. El segundo sector donde mayor contratación se produce se trataría del sector de la industria, con un 18,87 % para ese mismo año (ver tabla 5). Esto no es casualidad, ya que como se vio anteriormente, Sagunto es un municipio en el cual desde hace décadas se ha tendido un extenso tejido empresarial e industrial alrededor de él. En parte, gracias al desarrollo de nuevas infraestructuras logísticas como son los diferentes corredores de transporte que pasan por este nodo y por su puerto, incluido dentro del sistema de *Valenciaport*. Por ello, el puerto de Sagunto y los diferentes corredores de transporte, entre otros, han hecho del municipio un área de oportunidad que en las últimas décadas ha ido creciendo para convertirse en un nodo industrial y logístico competitivo dentro de su cuota de mercado.

	Municipio	Comarca	Provincia	Comunidad
Paro registrado en Agricultura - 31/03/2022 (%)	2,39 <a href="#">ld</a>	2,42 <a href="#">ld</a>	3,20 <a href="#">ld</a>	3,62 <a href="#">ld</a>
Paro registrado en Industria - 31/03/2022 (%)	11,26 <a href="#">ld</a>	10,76 <a href="#">ld</a>	12,06 <a href="#">ld</a>	12,28 <a href="#">ld</a>
Paro registrado en Construcción - 31/03/2022 (%)	7,70 <a href="#">ld</a>	7,21 <a href="#">ld</a>	6,80 <a href="#">ld</a>	7,57 <a href="#">ld</a>
Paro registrado en Servicios - 31/03/2022 (%)	71,19 <a href="#">ld</a>	72,83 <a href="#">ld</a>	72,40 <a href="#">ld</a>	70,19 <a href="#">ld</a>
Contratación registrada en Agricultura - 31/03/2022 (%)	0,62 <a href="#">ld</a>	2,29 <a href="#">ld</a>	11,26 <a href="#">ld</a>	10,29 <a href="#">ld</a>
Contratación registrada en Industria - 31/03/2022 (%)	18,87 <a href="#">ld</a>	18,62 <a href="#">ld</a>	15,45 <a href="#">ld</a>	14,77 <a href="#">ld</a>
Contratación registrada en Construcción - 31/03/2022 (%)	5,40 <a href="#">ld</a>	5,90 <a href="#">ld</a>	4,67 <a href="#">ld</a>	5,94 <a href="#">ld</a>
Contratación registrada en Servicios - 31/03/2022 (%)	75,11 <a href="#">ld</a>	73,19 <a href="#">ld</a>	68,62 <a href="#">ld</a>	69 <a href="#">ld</a>

Tabla 6. Contratación por sectores en Sagunto. (Fuente: GVA)

Además, gracias a la creación de nuevos usos del suelo que refuerce el tejido logístico del municipio de Sagunto como son Parc Sagunt I y II, se ha podido generar un espacio de características más atractivas para la inversión privada en la zona. Esto se puede ver en el "Estudio de mercado – Logística Valencia 2020" publicado por TRIANGLE REM. Donde para la zona que se encuentra Sagunto denominada "Eje norte" muestra un gran porcentaje de parcelas superiores a 20.000 m<sup>2</sup>, las mayores de las zonas que componen a la provincia de Valencia (ver gráfico 3). Además, en el momento que se desarrolló el estudio existía una disponibilidad del 10% en el "Eje norte" la segunda mayor de todas las zonas que rodean a Valencia. Todo ello, marca la tendencia actual de la zona que rodea a Sagunto y a su puerto, haciendo que el área de oportunidad creado sea cada vez más grande gracias a la inversión que se está produciendo en la zona. Por lo tanto, el puerto de Sagunto se ve favorecido de la construcción de nuevas infraestructuras que se están ejecutando alrededor de él. Haciendo que siga creciendo junto al resto de sistemas en el cual está integrado y dotándolo de nuevas fortalezas que hagan más resiliente ante las nuevas necesidades. Por último, hay que destacar la importancia de una política común a distinto nivel a la hora de realizar inversiones que puedan favorecer un nodo industrial y logístico como es el Puerto de Sagunto y gran parte de la provincia de Sagunto.

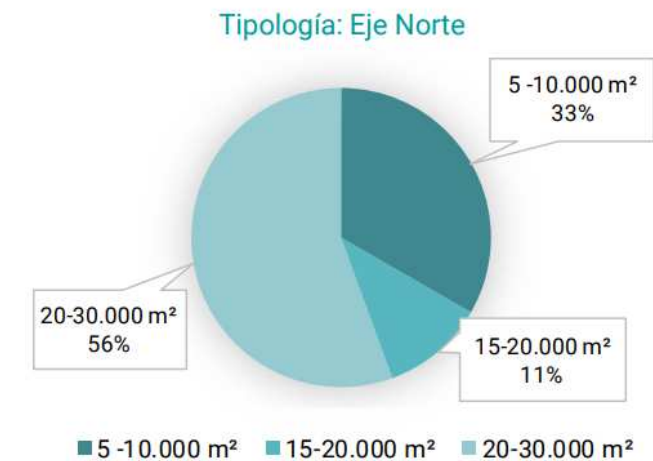


Gráfico 3. Tipología de inmuebles - Eje norte. Fuente: (TRIANGLE REM)

En concreto, en el Puerto de Sagunto hoy en día se pueden encontrar diversos sectores industriales involucrados en la actividad económica que se genera a través de los diferentes tráficos que se movilizan en él. Como se puede observar en la tabla 6, los tráficos movilizados en las diferentes terminales del Puerto de Sagunto para la variación 20/21 se han visto en la mayoría de los casos recuperados tras los datos del anterior periodo pandémico. Esto como ya se vio anteriormente, presupone una buena recuperación del sector y de la economía portuaria. Además, las cifras de tráfico que genera el Puerto de Sagunto hacen entender su importancia socioeconómica para su zona de influencia.

	2020	2021	Δ21/20 dic acum	Δ21/20 nov acum	Tendencia anual
<b>Tráfico total (t)</b>	<b>6.015.027</b>	<b>7.526.757</b>	<b>25,13%</b>	<b>23,86%</b>	<b>25,13%</b>
Granel Líquido	1.598.701	2.408.536	50,66%	41,00%	50,66%
Granel Sólido	691.555	710.047	2,67%	8,24%	2,67%
Mercancía No Containerizada	3.276.461	3.863.959	17,93%	18,92%	17,93%
Mercancía Containerizada	424.535	515.083	21,33%	20,99%	21,33%
Pesca	143	73	-49,00%	-50,97%	-49,00%
Avituallamiento	23.632	29.059	22,96%	24,19%	22,96%
<b>Estructura del tráfico (t)</b>	<b>5.991.252</b>	<b>7.497.625</b>	<b>25,14%</b>	<b>23,86%</b>	<b>25,14%</b>
Carga / Descarga	5.966.779	7.450.807	24,87%	23,40%	24,87%
Carga	1.790.279	2.248.086	25,57%	22,38%	25,57%
Descarga	4.176.500	5.202.721	24,57%	23,85%	24,57%
Tránsito Marítimo	24.473	46.818	91,30%	167,84%	91,30%
<b>Buque (ud)</b>	<b>1.206</b>	<b>1.366</b>	<b>13,27%</b>	<b>14,88%</b>	<b>13,27%</b>
G.T.	21.365.955	23.698.902	10,92%	10,11%	10,92%
<b>Contenedores (TEU)</b>	<b>46.004</b>	<b>57.682</b>	<b>25,38%</b>	<b>24,77%</b>	<b>25,38%</b>
Llenos	29.845	33.984	13,87%	13,70%	13,87%
Carga	20.335	27.430	34,89%	33,89%	34,89%
Descarga	9.507	6.393	-32,75%	-31,51%	-32,75%
Tránsito	3	161	5266,67%	5133,33%	5266,67%
Vacios	16.159	23.698	46,66%	45,27%	46,66%
<b>Pasajeros (ud)</b>	<b>68</b>	<b>14</b>	<b>-79,41%</b>	<b>-79,10%</b>	<b>-79,41%</b>
Línea Regular	68	14	-79,41%	-79,10%	-79,41%
Cruceros					
<b>Automóviles (ud)</b>	<b>107.138</b>	<b>97.600</b>	<b>-8,90%</b>	<b>-2,50%</b>	<b>-8,90%</b>

Tabla 7. Magnitudes básicas de tráfico, Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)



Una forma de entender estos datos son los estudios de impacto económico de un puerto. Los cuales dan una valoración de manera cuantificada de la importancia de la actividad portuaria para la economía de un territorio o región. Para el caso del Puerto de Sagunto, el último estudio se trata del presentado por la APV como “Impacto económico del Puerto de Sagunto en 2015” que fue realizado por la UPV en ese mismo año, el cual se encontraría algo desfasado debido a los últimos acontecimientos recientes con la pandemia del COVID-19 que han afectado a las economías y a la forma de entender las necesidades actuales de los tejidos empresariales dentro de un territorio. Aun así, sigue siendo un buen punto de referencia a la hora de comprender la importancia del Puerto de Sagunto para la economía de su zona de influencia. Por otro lado, hay que indicar que actualmente se encuentra en fase de redacción un nuevo estudio para la cuantificación las operaciones de los ejercicios 2018, 2019 y 2020 de los puertos gestionados por la APV.

El informe que se emitió en 2016 tenía como objetivo principal cuantificar la actividad económica del Puerto de Sagunto en el ejercicio de 2015, en términos de producción, empleo y renta dentro de la economía saguntina, mediante la metodología de estudio llamada input-output, la cual busca cuantificar la interdependencia entre diferentes industrias de manera cuantitativa. Como principal conclusión del estudio se señaló que la producción del recinto portuario de Sagunto y de las empresas de la comunidad portuaria de Sagunto en su conjunto alcanzaban en el momento del estudio los 234,44 millones de euros, que eran resultado por un lado de los 74,6 millones de euros generados por su actividad inicial del recinto portuario y por otro lado por el impacto económico que su actividad creaba en las empresas de la comunidad portuaria de las que el Puerto de Sagunto era participe, una actividad económica que implicaba un valor de 156,84 millones de euros, entre lo que sería producción directa, indirecta e inducida. Además, los sectores que más actividad económica producían eran los dedicados al transporte y a las comunicaciones con 24% sobre el total generado, los sectores de inmobiliarias y servicios de empresa con un 16%, los sectores de comercio y reparación con un 15%, el sector de la construcción con un 10%.

Otra de las conclusiones más importantes del estudio fue que la actividad económica del Puerto de Sagunto generaba 2009 empleos en total. De los cuales 426 personas eran trabajadores del propio puerto, que básicamente se distribuían entre operarios y prestadores de servicios. Los otros 1582 empleos se distribuían entre directos, indirectos e inducidos. Por último, las rentas salariales brutas generadas por el recinto portuario representaban en ese momento 64,37 millones de euros.

Finalmente, en cuanto a tráfico en 2016 se movilizaban un total de 6,5 toneladas de mercancías en total, un valor que es menor al actual visto de 7,5 millones de toneladas en 2021. Otro dato importante para la actividad del puerto es el número de automóviles que se canalizo durante ese año con un valor de 190.245 unidades, un valor que es casi el doble respecto al de 2021 con 97.600 vehículos, lo que marca una pérdida del tráfico de vehículos en el Puerto de Sagunto debido a las repercusiones de la pandemia y a la restructuración del sector automovilístico. Por último, el dato de TEUs movilizadas fue de 62.203 TEUs que también es inferior al de 2021 con 57.682 TEUs antes visto, un dato que aun siendo peor que el de 2016 sigue siendo positivo tras las repercusiones de la pandemia y que sigue en equilibrio con los últimos años sin contar el de la pandemia (ver gráfico 4).



Gráfico 4. Evolución tráfico contenerizado en el Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)

Con todos estos datos, se puede llegar a concluir que la en términos de producción, empleo y renta el Puerto de Sagunto continúa siendo un enclave fundamental para la economía saguntina. Gracias en parte a continuar generando a través de su puerto y de los diversos tráficos una continua riqueza en el territorio. En términos de producción, se puede observar en cómo ha mantenido los tráficos de carga contenerizada o ha superado los de tráfico total en parte gracias al granel líquido que ha sufrido un aumento del 50 % en 2021 (ver tabla 6). Haciendo que tras la pandemia la actividad del recinto portuario en toneladas sea la más grande de los últimos años. Aun así, esto no es claro indicativo de la mejora de otros aspectos como el empleo o las rentas, pero sigue siendo un buen indicativo, ya que contra más actividad se genera más riqueza puede tener un territorio.

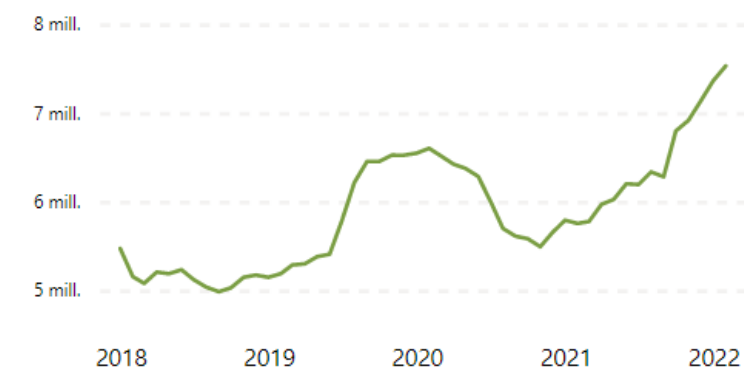


Gráfico 5. Evolución tráfico total en el Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)

Con todo ello, se puede entender la importancia del Puerto de Sagunto en la economía de la zona y como la creación de áreas de oportunidad como son los puertos y las infraestructuras de transporte generan nuevas oportunidades para generar nuevos tejidos empresariales. En este caso, con un gran carácter industrial que hace de la zona de Sagunto un enclave muy interesante para nuevas inversiones públicas y privadas.

### 3.4. Infraestructuras de transporte y logística

Las infraestructuras de transporte y logísticas que se ubican en el hinterland de un puerto o puertos, como son los pertenecientes al sistema *Valenciaport*, son de vital importancia a la hora de conectar de manera eficiente las diferentes redes y canales logísticos que se distribuyen a través de uno o más territorios y que pasan por diferentes nodos logísticos como es el caso del Puerto de Sagunto. En cuanto a las infraestructuras de transporte, estas se suelen dividir entre las redes de carreteras y las de ferrocarril.

Además, hay que distinguir las redes de transporte y las conexiones que estarían incluidos dentro de un puerto gestionados normalmente por la AP y las redes de transporte exteriores a él, que suelen llamarse de carácter general y que en el caso de España suelen estar gestionados por un órgano público que puede ser de distinto nivel dependiendo de que tipo de red se trate.

Los accesos terrestres a los puertos suelen ser un tema bastante complicado de gestionar normalmente. Debido a que la mayoría de los puertos en la actualidad se suelen ver limitados por alguna zona de su contorno por las ciudades o poblaciones cercanas, haciendo entre otras cosas que los accesos terrestres se vean condicionados en cuanto a su diseño y requieran de soluciones muy específicas para buscar una solución que se integre en el entorno puerto-ciudad.

Otro punto importante para tener en cuenta respecto a estas infraestructuras de transporte es que se necesita de una política común a la hora de hacer un planeamiento que pueda tener en cuenta las diferentes necesidades, en cuanto a conexiones terrestres, que tienen o pueden llegar a necesitar los puertos para ofrecer unos servicios competitivos. Esto tiene varios puntos a tener en cuenta, ya que la política que se tenga a la hora de gestionar estas infraestructuras depende principalmente del buen trabajo conjunto entre las diferentes partes interesadas en política de transportes y logística, tanto públicas como privadas. Una mala integración de las infraestructuras de transporte hace que se suelen producir cuellos de botella que implican retrasos y ineficiencias en la red de transporte. Esto implica tanto, a la red interior de los puertos y a la de carácter general, teniendo especial detalle a las conexiones entre ellas y como se resuelven a través del territorio.

Por tanto, la conectividad terrestre a lo largo del territorio hace que se puedan establecer relaciones comerciales rentables y eficientes entre los diferentes nodos logísticos.

Por último, hay que decir que los puertos de Valencia y Sagunto del sistema *Valenciaport* se encuentran dentro de diferentes corredores o infraestructuras de transportes claves dentro del territorio nacional y europeo. En concreto, el Puerto de Valencia forma parte de la Red Central que pertenece a la red europea de transportes (TENT-T), mientras que el puerto de Sagunto pertenece a la Red Global. Debido a ello, los puertos del sistema *Valenciaport* pueden mejorar su competencia para seguir siendo un nodo de referencia tanto a nivel nacional como europeo y aprovechar las diferentes sinergias que se crean por pertenecer a diferentes infraestructuras claves dentro del transporte y la logística.

#### 3.4.1. Carretera

En la actualidad solamente es posible acceder al Puerto de Sagunto mediante la carretera independientemente del tipo de mercancía que se esté transportando. Esto es debido, como se verá con más detalle en los próximos apartados, a que el acceso mediante ferrocarril es de uso privado en la actualidad y su propiedad pertenece a la empresa ARCELOR.

Por ello, para enlazar mediante la carretera con el Puerto de Sagunto se utilizan la V-23 y la CV-309 en la actualidad. La distribución de estas dos vías y sus accesos alrededor del Puerto de Sagunto se puede observar en la siguiente imagen:



Ilustración 18. Accesos mediante carretera al Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)

El Puerto de Sagunto se enlaza a la red de carreteras mediante la V-23 y la CV-309, a las cuales se accede mediante las siguientes conexiones distribuidas por dirección de entrada/salida:

- Noroeste de la Península: desde la autovía A-23 mediante la V-23.
- Corredor Norte-Sur: la autovía A-7 en su recorrido Barcelona – Algeciras y enlaza con la autovía A-23.
- Costa de Valencia: a través de la V-21, a la que se accede desde la CV-309 y la V-23.



Otro punto importante para tener en cuenta sobre las infraestructuras tipo carretera y el Puerto de Sagunto son su conectividad con otros puntos logísticos cercanos que tienen influencia sobre el propio puerto o viceversa. Estos son importantes para tener en cuenta, debido a que dotan al propio puerto de mayores o menores fortalezas al estar más o menos conectados de forma eficiente.

Es el caso de puntos tan importantes para el Puerto de Sagunto como son Parc Sagunt I y II o el área de actividad cercana Valencia y su puerto. En el caso de Parc Sagunt I se puede observar en la ilustración siguiente como actualmente hay que realizar el trayecto a través de la CV-309 hacia la V-23 para poder entrar dentro del Puerto de Sagunto. Este es el acceso más rápido llegando desde Parc Sagunt I hasta el puerto si no se utiliza la propia red interior del polígono por la zona sur, la cual lógicamente tiene una velocidad máxima menor y tienen mayor número de glorietas. Este punto de conexión entre la CV-309 para tomar la V-23, se realiza mediante una rotonda a distinto nivel y antes de tomarla, a través de un tramo con calzada convencional, es decir un carril por sentido. Respecto al Puerto de Valencia y el área cercana a Valencia la conexión se hace mediante la V-21 y el ramal directo a la CV-309 sin posibilidad de realizar itinerarios hacia el by-pass o a las carreteras V-23, A-23 o A-7. Este itinerario solamente posibilita movimientos de origen/destino con la zona de Valencia, haciendo que las conexiones desde otros puntos sean menos eficaces con el Puerto de Sagunto y con su parque industrial Parc Sagunt. Por otro lado, los enlaces con la A-23 y A-7 también se realizan a través de varios enlaces que dificultan la conectividad. Por todos estos motivos, para dotar de mayor accesibilidad a esta zona de vital importancia para el desarrollo del área de oportunidad de Sagunto se está actualmente desarrollando un nuevo acceso sur, en el cual se hará más hincapié más adelante.



Ilustración 19. Accesos a puntos logísticos del Puerto de Sagunto. (Fuente: Google Earth)

### 3.4.2. Ferrocarril

En cuanto a las infraestructuras de transporte tipo ferrocarril que se encuentran en las cercanías del puerto de Sagunto dando conexión directa con su recinto se encuentran dos líneas principalmente:

- Línea convencional Valencia Estació del Nord – Sant Vicenç de Calders (600)
- Línea convencional Sagunto – Bifurcación Teruel (Zaragoza) (610)

Actualmente, como ya se comentó anteriormente para acceder al puerto de Sagunto mediante el ferrocarril hay que hacerlo a través del único acceso existente en fondo de saco como se puede observar en la ilustración 21 (color verde amarillo), que da acceso a la línea 600 anteriormente mencionada. Una vez pasada esta línea se encuentra una red privada de Arcelor Mittal que da acceso al recinto portuario (color marrón). Este acceso se trata de una vía única de ancho ibérico (1.668 mm) sin electrificar, cuya velocidad está limitada a 10km/h, no dispone de ASFA ni de Tren de Tierra y cuenta con bloqueo por teléfono. Además, de esta red privada existen diversos cargaderos privados repartidos por la zona industrial que existe alrededor del acceso en fondo de saco (Ferrodisa, Lafarge, Dragados, Algetren, Hierros de Levante).

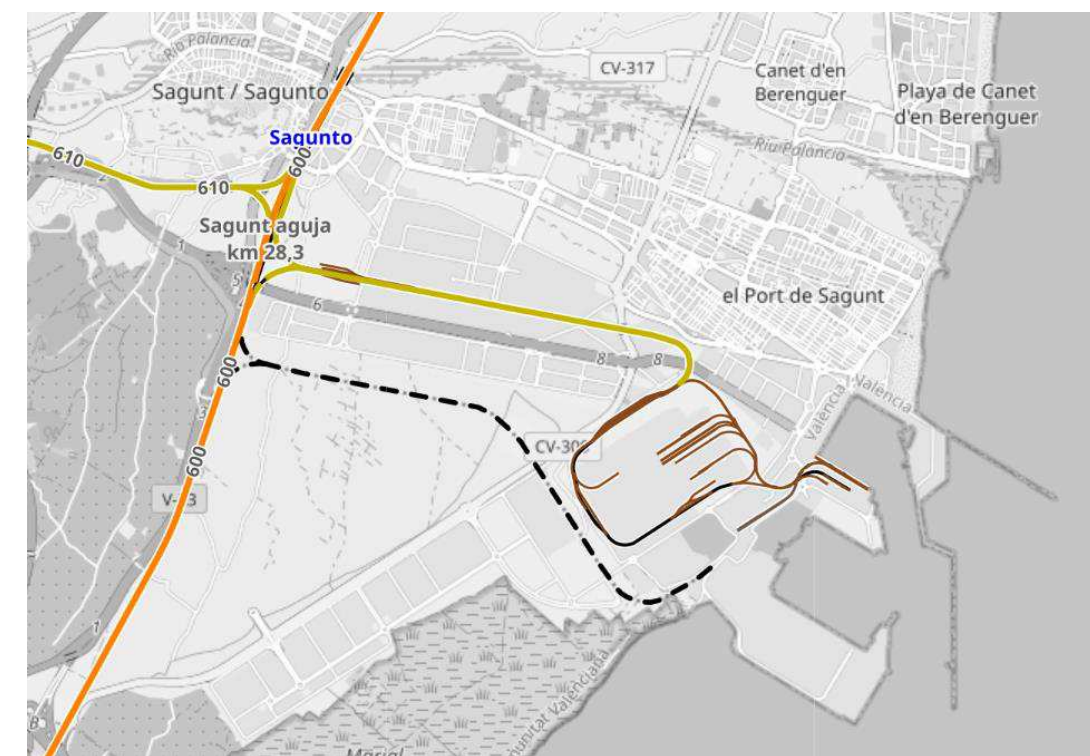


Ilustración 20. Accesos mediante ferrocarril al Puerto de Sagunto. (Fuente: Openrailwaymap.org)



### Línea convencional Valencia Estació del Nord – Sant Vicenç de Calders (600)

La línea ferroviaria 600 al oeste del Puerto de Sagunto pertenece a la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG). En concreto, el tramo que iría de Valencia Nord hasta Vandellós y que pasa cerca del Puerto de Sagunto es titularidad de Adif Alta Velocidad.

Respecto a sus características es una vía doble electrificada a 3 kV CC que originalmente fue construida con ancho ibérico (1.668 mm) y que actualmente cuenta con una solución de tipo tercer carril en algunos tramos para poder circular con ancho internacional (1.435 mm). En concreto, en el tramo de la vía 1 (lado montaña) que iría desde Valencia Fuente San Luis a Sagunto, y en el tramo de la vía 2 (lado mar) que iría desde Sagunto hasta Castellón. Por otro lado, esta línea permite actualmente el paso de trenes de mercancías en composiciones de 500 m y 550 m en composición especial, con límite de velocidad de 100 km/h. Además, presenta una rampa característica de 15 milésimas en sentido par y de 14 milésimas en sentido impar. Con estas características la línea permite velocidades máximas de 200 km/h. Por último, la línea está dotada de varios sistemas dependiendo del tramo como son ATP-EBICAB o ASFA, y cuenta con Tren Tierra y Bloqueo Automático en Vía Banalizada con Control de Tráfico Centralizado (ABA-CTC)

Actualmente, queda limitada por su conversión a ancho UIC en todos los tramos para tener una conexión eficiente con Europa, la no posibilidad de poder albergar composiciones de 750 m (estándares mínimos de longitud de tren marcados por la UE) que otras líneas permiten como la Valencia-Madrid, la coexistencia de varios tipos de tráfico en la misma línea que reducen la capacidad actual y la migración a corriente alterna de 25 kV CA ya que en la actualidad continua en 3 kV CC .

### Línea convencional Sagunto – Bifurcación Teruel (Zaragoza) (610)

La línea ferroviaria 610 al oeste del Puerto de Sagunto, es la que conecta Sagunto con Zaragoza, pasando a mitad trayecto por Teruel.

Esta línea es de tipo vía única no electrificada de ancho ibérico (1.668 mm), lo cual hace que las composiciones con ancho internacional no sean capaces de pasar por ella. Por otro lado, la longitud máxima permitida para trenes de mercancías es de 400 m en composición básica y 450 m en composición especial, con límite de velocidad de 95-100 km/h. Además, la rampa característica en este caso es de 24 milésimas, una pendiente considerable para el paso de trenes de mercancías ya que limita la capacidad de tracción. Por último, hay que decir que la vía está equipada en diferentes tramos con Bloqueo Automático de Vía Única con Control de Tráfico Centralizado (BAU-CTC) o Bloqueo de Liberalización automática de Vía única (BLAU) que cuenta en parte con CTC, Tren Tierra y ASFA en toda la línea.

Actualmente se están realizando diversas actuaciones en la línea para mejorarla y rehabilitarla por parte del convenio firmado por Puertos de Estado, en este caso la APV, y ADIF. Estas mejoras

están centradas en mejorar los apartaderos, el aumento de los gálibos para poder electrificar la línea 610 a 25 kV CA y el aumento de las velocidades máximas y los límites de carga, todo ello buscando poder albergar trenes de hasta 750 metros de una manera eficiente. Con todo ello ya en 2017 un estudio de CEV concluyó a partir de varias entrevistas a los principales agentes involucrados en el uso potencial de la línea 610, que con estas mejoras se produciría un aumento de las frecuencias semanales como se puede ver en la siguiente tabla. Por todo ello, la línea

Producto	Trenes semanales (sentido subida/bajada)	Longitud estimada del tren	Volumen anual
Vehículo terminado	(2-3)/2-3 trenes/semana	600m	> 21.000 veh/año
Papel y pasta de papel	4-5/4-5 trenes/semana	500m	14.500 UTIs/año
Productos siderúrgicos	8-9/(8-9) trenes/semana	150 – 180 m	260.000 tn/año
Granel - Cereal	8/(8) trenes/semana	200 – 250 m	300.000 tn/año
Granel - Fertilizantes	1/(1) trenes/semana	150 – 180 m	20.000 tn/año
Granel - Arena	2/(2) trenes/semana	150 – 200 m	50.000 tn/año
Granel - Arcilla	(9)/9 trenes/semana	200 – 250 m	300.000 tn/año
Granel - Cemento	4/(4) trenes/semana	200 – 250 m	170.000 tn/año
Contenedor - Bilbao	3/3 trenes/semana	500 – 550 m	20.000 TEUs/año
Contenedor - Zaragoza	5-7/5-7 trenes/semana	500 – 550 m	40.575 TEUs/año
Contenedor - Teruel	2-3/2-3 trenes/semana	500 – 550 m	16.100 TEUs/año
<b>TOTAL</b>	<b>48-54/48-54 trenes/semana</b>		

Tabla 8. Tráficos ferroviarios potenciales por la línea Zaragoza-Teruel-Sagunto. (Fuente: Corredor Ferroviario Cántabro-Mediterráneo. Demanda potencial de transporte de mercancías, TRN Ingeniería, marzo de 2017)

Además de las líneas anteriormente analizadas que son de conexión prácticamente directa con el Puerto de Sagunto por proximidad, existen otras líneas de mercancías cercanas al sistema *Valenciaport*. En concreto al oeste del Puerto de Valencia se encontrarían las siguientes líneas:

- Línea convencional Madrid Atocha–Albacete–Xàtiva–Valencia (300)
- Línea convencional Aranjuez–Cuenca–Valencia (310)

### Línea convencional Madrid Atocha–Albacete–Xàtiva–Valencia (300)

La línea 300 es de tipo vía doble electrificada de 3 kV CC de ancho ibérico (1.668 mm). Por otro lado, la longitud máxima permitida para trenes de mercancías es de 500 m en composición básica y 750 m en composición especial, con límite de velocidad de 120 km/h. Además, la rampa característica en este caso es de 14 milésimas. Por último, hay que decir que la vía está equipada en diferentes tramos con ATP-EBICAB o ASFA y tren de tierra.

### Línea convencional Aranjuez–Cuenca–Valencia (310)

La línea 310 es de tipo vía única sin electrificar de ancho ibérico (1.668 mm). Por otro lado, la longitud máxima permitida para trenes de mercancías es de 400 m en composición básica y 450 m en composición especial, con límite de velocidad de 100 km/h. Además, la rampa característica en este caso es de 25 milésimas, lo que hace que sea muy limitante debido a la falta de tracción en algún tramo. Por último, hay que decir que la vía no está equipada con ningún sistema de seguridad ni de sistema de radiotelefonía

A continuación, se muestran estas líneas y su proximidad a la terminal de Fuente de San Luis, una terminal intermodal ferrocarril-carretera que también sirve de estación de clasificación para los trenes de mercancías con origen o destino el puerto de Valencia y cuya propiedad es de ADIF:

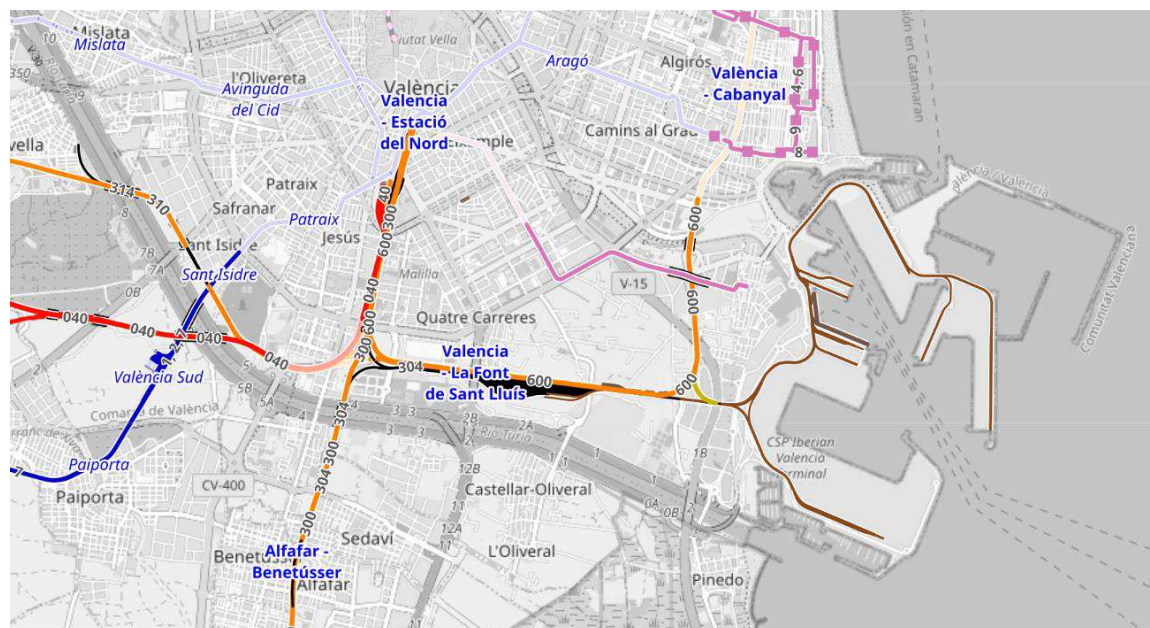


Ilustración 21. Líneas de ferrocarril cercanas al sistema Valenciaport. (Fuente: Openrailwaymap.org)

Con todo ello, se ha podido ver las posibles conexiones mediante el ferrocarril que tiene el puerto de Sagunto con otros puntos de actividad. Viéndose muy claro la necesidad de contemplar los futuros desarrollos del ferrocarril de mercancías que se están realizando en la actualidad en estas conexiones como una oportunidad para nuevos tráficos y para la generación de nuevas sinergias en un territorio con un mayor equilibrio, influenciado en parte por sus infraestructuras de transporte y logísticas. Estas dotan de nuevas oportunidades al territorio en general y en concreto al caso de estudio del presente trabajo, una nueva terminal multipropósito dentro del Puerto de Sagunto, que se ve influenciada directamente por las buenas conexiones existentes para poder tener una actividad constante y eficiente.

### 3.4.3. Infraestructuras: Terminales ferroviarias

La actual estación para ferrocarriles de mercancías que dota de servicios a aquellos trenes que entran y salen del Puerto de Sagunto es la terminal ferroviaria de Sagunto Mercancías. Esta terminal no cuenta actualmente con servicios intermodales que garanticen el uso combinado de la carretera y el ferrocarril y de unidades de transporte intermodal (UTI's). Por otro lado, era una terminal que originalmente fue diseñada para ancho ibérico (1.668 mm) y que recientemente se ha instalado el tercer carril para poder permitir el paso de composiciones en ancho internacional e ir en concordancia con la red actual del corredor del mediterráneo en la cual se está implementando esta misma solución.

Respecto a las condiciones de acceso a la terminal decir que cuenta con 4 vías de recepción y expedición cuya longitud máxima solo permite composiciones de 400 metros, lo cual como ya se ha visto en la actualidad es limitante debido a las actuales corrientes europeas para que las composiciones de mercancías pueden ser de hasta 750 metros y recorran la red sin ningún cuello de botella debido a las limitaciones de longitud de apartaderos y terminales. Estas además están electrificadas 3 kV CC lo cual no resulta actualmente un inconveniente, aunque los corredores que alimentan a la terminal y al puerto de Sagunto se tiene previsto que funcionen a 25 kV CA como ya se vio anteriormente. Por último, como ya se vio la línea que da acceso a la terminal es de un único carril en ancho ibérico, tanto en dirección al Puerto de Sagunto como a la línea 600.

En cuanto a la localización de la terminal ferroviaria de Sagunto Mercancías, se encuentra ubicada al comienzo del acceso en fondo de saco que da acceso al Puerto de Sagunto. Además, se ubica muy cerca de la V-23, siendo su acceso bastante directo mediante la carretera por el sur.



Ilustración 22. Terminal ferroviaria Sagunto Mercancías. (Fuente: Google Earth)



Respecto a instalaciones, equipos de manipulación y distribución de espacios cuenta con diferentes elementos que complementan el funcionamiento de la terminal. Respecto a los equipos de manipulación o equipos auxiliares, como son denominados por ADIF, cuenta con una grúa móvil de 45 Tn que puede mover contenedores de 20 a 45 pies, un puente grúa de 45 Tn y dos unidades tractoras (310). Todos estos elementos como ya se mencionó anteriormente sirven para dar servicio a las diferentes composiciones que entran y salen del puerto de Sagunto, es decir, únicamente para el servicio de ferrocarril de mercancías con origen destino a las diferentes instalaciones de la red privada del puerto de Sagunto y sus apartaderos. Este es el único propósito actual de la terminal ya que no cuenta con servicios intermodales que pueda añadir otro tipo de servicio externo al de las que genera las empresas cercanas al puerto mediante el uso del ferrocarril. Por otro lado, en cuanto a instalaciones dispone de un almacén tipo nave de 1.215 m<sup>2</sup> y que es tope con la vía 8 y otro tipo playa de 6588 m<sup>2</sup> con pavimento de hormigón que es tope con la vía superior a vía 1 (ver ilustración 24). Por último, la terminal cuenta con 10 vías diferenciadas que se pueden distinguir en el siguiente esquema que incluye ADIF sobre la terminal en la actualidad:

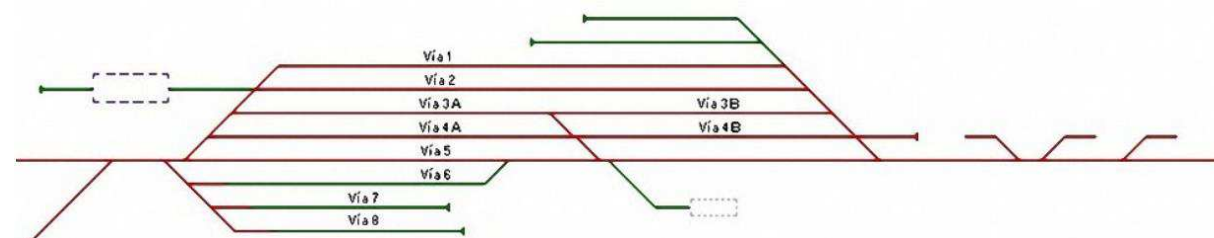


Ilustración 23. Esquemas de vías de Sagunto Mercancías. (Fuente: ADIF)

Como se ha visto, el problema actual de las instalaciones tipo terminal del puerto de Sagunto como es Sagunto mercancías (la única en la actualidad), son el no poder albergar servicios intermodales, la falta de vías que puedan dar servicios a composiciones de 750 m y la falta de contar con ancho internacional en la línea de fondo de saco de entrada y salida al Puerto de Sagunto (vía única), que hace que se convierta en un cuello de botella para el correcto funcionamiento de los diferentes corredores analizados anteriormente en el trabajo, y que como ya se vio, tienen la necesidad de conectar de manera eficiente con el resto de la península y Europa. Este problema actualmente se está solventando de manera que el Puerto de Sagunto pueda disponer de las infraestructuras necesarias para poder tener servicios eficientes que hagan que las diferentes composiciones de ferrocarril que salen y entran en el Puerto de Sagunto no se vean limitadas. Con todo ello se busca poder disponer de unos servicios más competitivos y eficientes en los que también se vea beneficiada la actual terminal que se desarrolla en el presente trabajo y que deberá tener en cuenta las nuevas oportunidades que se generan al crear una red de infraestructuras que tenga en cuenta todos los problemas que actualmente han hecho que no se puedan aprovechar las sinergias del Puerto de Sagunto y su zona de influencia.

#### 3.4.4. Nuevos accesos al Puerto de Sagunto y terminales

Dentro de la planificación del Puerto de Sagunto, es de gran importancia la continua dotación de nuevas infraestructuras más capaces, que hagan que el propio puerto no sea vea limitado a la hora de crecer con nuevos desarrollos, como son los del presente trabajo sobre una nueva terminal polivalente que se instalará en el Muelle Centro 2.

Para ello, el Puerto de Sagunto cuenta con la ejecución de proyectos que dependen o no directamente de él a futuro. La ejecución de estos proyectos hace que se pueda mejorar la competitividad del puerto y que pueda dar un servicio adecuado. En este caso, existen dos proyectos en la actualidad que dotan de nuevas infraestructuras de transporte al puerto y que son fundamentales para dar un nivel de servicio como es el exigido actualmente por Valenciaport de cara al corto y medio plazo:

- La ejecución de un nuevo acceso ferroviario que de conexión por la zona sur del puerto
- La ejecución de un nuevo acceso rodado a través de Parc Sagunt I con conexión por la CV-309

Todos estos proyectos van en consonancia a la idea global de dotar al Puerto de Sagunto de una red de conexiones que haga que el servicio sea el adecuado para que el sistema logístico no se vea afectado. Por ello, todas las partes interesadas en la ejecución de los diferentes proyectos son totalmente necesarias a la hora de dar una propuesta coordinada y en común a las necesidades de la cadena de transportes y logística en la que se ve influenciada el Puerto de Sagunto

Ejemplo de ello es el documento “Estudio previo accesos viarios. Plan especial del área logística de Sagunto” y “Estudio previo accesos ferroviarios. Plan especial del área logística de Sagunto”, cuya propuesta es de octubre de 2021. En estos documentos se analizan y justifican la viabilidad de ejecutar las conexiones viarias y ferroviarias necesarias para dotar de una buena accesibilidad y nivel de servicio al área logística cercana al Puerto de Sagunto. Todo ello, va en la dirección de crear un área de oportunidad mucho más competente y que pueda dotar a las diferentes actividades del área logística y del Puerto de Sagunto y sus diferentes terminales de nuevas oportunidades. Todo ello dentro de una estrategia común entre las diferentes partes interesadas en la mejora de estos accesos.

Por último, mencionar la importancia que tendrán estos accesos en la futura terminal que se desarrolla en el presente trabajo para poder dar conexión con el resto del territorio de forma solvente, tanto con el uso del ferrocarril por este nuevo acceso sur mediante una nueva terminal ferroportuaria en el puerto y que de conexión con otra de carácter distribuidor en Parc Sagunt, como por la carretera, que actualmente es el medio más utilizado actualmente para el transporte de corta/media distancia.

### Accesos viarios

Dentro de las alternativas estudiadas en el "Plan especial del área logística de Sagunto" se da como la mejor de ellas a la alternativa 4, debido a que es la da mayor accesibilidad a los diferentes movimientos de las carreteras V-23, V-21 y A7/AP7 para conexiones de largo recorrido y la conexión con los puertos de Valencia y Sagunto, además contempla otros aspectos como es el acceso a la localidad de Puçol desde estas vías.

Por otro lado, también se contempla un acceso alternativo al inicialmente previsto en este documento desde la V-23 y el Polígono "Camí del Mar", que serviría para compensar los tráficos de acceso a esta área que se distribuyen por la CV-305 actualmente y que hacen que la demanda de tráfico por esta vía sea considerable.

Esta propuesta tiene como objetivo no solo actuar sobre el trazado en planta de lo que sería la Circunvalación Exterior de Valencia aun a sabiendas de que este endiente su realización actualmente, sino que contempla dividirlas actuaciones que plantean tanto con la carretera CV-309 principalmente, pero también con la conexión directa con la autovía A-23. Además, teniendo en cuenta la conexión del By-Pass si finalmente se realiza con la autovía V-21. Por tanto, las diferentes actuaciones se pueden separar en dos bloques de actuaciones, uno referente a las actuaciones adscritas al sector y otro a las actuaciones complementarias al sector para realizar por la Administración:

- Actuaciones adscritas al desarrollo del sector consisten en:

- Apertura de dos nuevos accesos al norte del sector y con conexión indirecta con la autovía V-23 (Accesos Norte 1 y Norte 2)
- Mejora de los dos accesos existentes a Parc Sagunt I que van desde la carretera CV-309. (Accesos Este 1 y Este 2)

- Actuaciones complementarias al sector:

- Mejora de la conectividad en el nudo del By-Pass de Valencia
- Mejora de la conectividad con los itinerarios de conexión con la carretera CV-309

Todas estas actuaciones se pueden ver ubicadas en la siguiente ilustración:

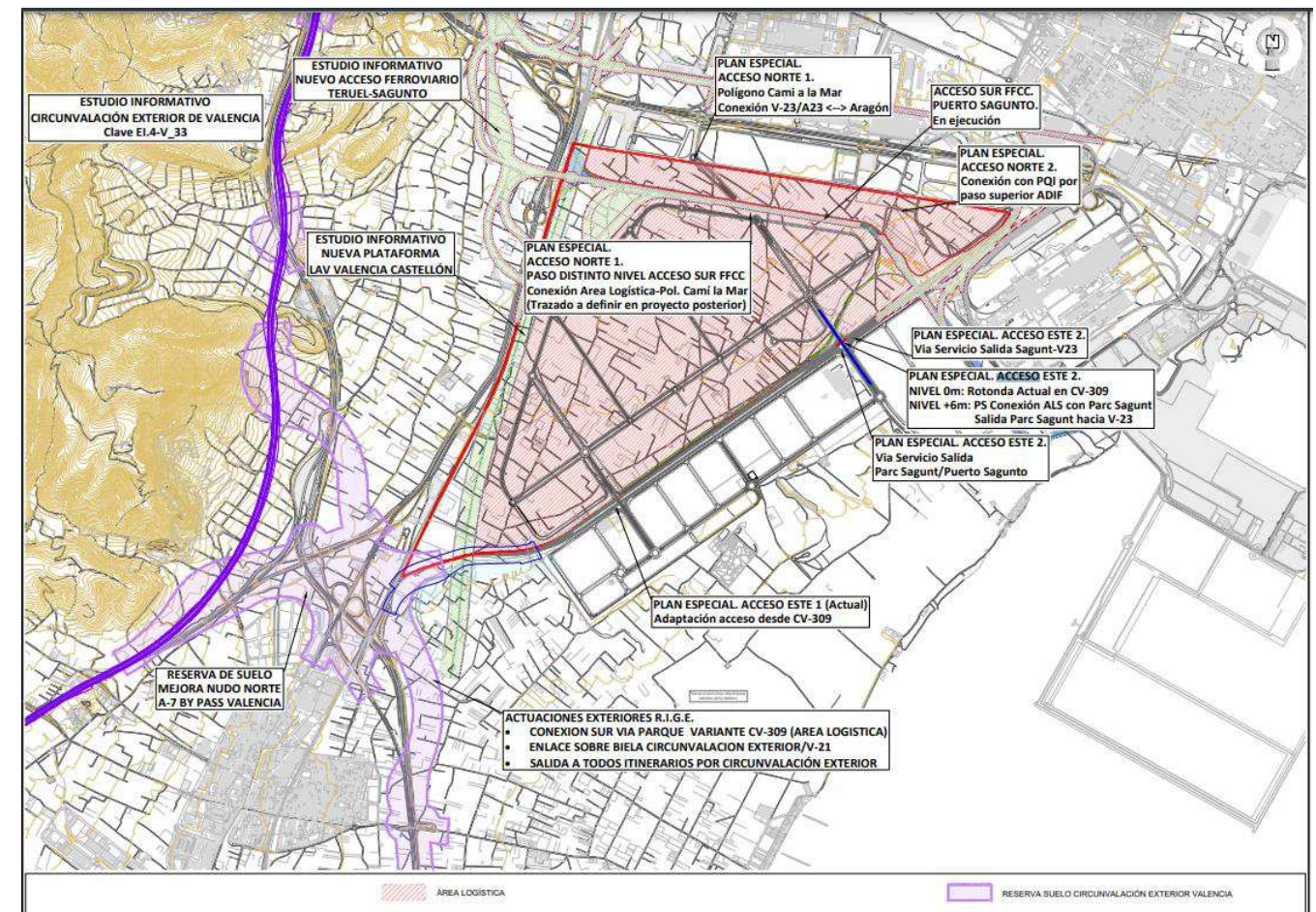


Ilustración 24. Red viaria propuesta. Alternativa 4. (Fuente: Plan especial del área logística de Sagunto, octubre de 2021)

Esta alternativa 4 es la elegida como la mejor alternativa debido a varias cuestiones. En primer lugar, es la que minimiza el espacio ocupado en la zona de actuación, haciendo que los bienes afectados por ella sean los mínimos posibles debido a la concentración de superficies. Por otro lado, al ser la que menos espacios ocupa es la que garantiza menos movimientos de tierras en la zona de actuación. Por último, respecto a los tráficos es la alternativa que mayor segregación de tráficos consigue hacia la A-23 y la que consigue los menores tiempos de tránsito por los diversos itinerarios, en especial los que pasan por la A-7.

Con todo ello, se pretende mejorar la accesibilidad al área logística de Sagunto incluyendo la accesibilidad al propio Puerto de Sagunto que se ve beneficiado por la mejora de las conexiones viarias, tanto por el norte como por el sur y de la mejora de la conectividad con el Puerto de Valencia. Haciendo que se cree una mayor competitividad del sistema Valenciaport y su idea de "hub mixto", ya que es fundamental las conexiones entre los diferentes puertos que componen el sistema. Por último, esto es de vital importancia para la competitividad de las terminales como de los diferentes operadores que se ubican en este puerto y en sus proximidades ya que podrán dar servicios mucho más eficientes a la hora de gestionar mercancías de entrada o salida con el Puerto de Sagunto.



### Accesos ferroviarios

Dentro de la planificación para el área industrial cercano al Puerto de Sagunto, en concreto en Parc Sagunt I y II, se tiene previsto realizar diferentes mejoras en cuanto a los accesos ferroviarios que dan conexión con esta zona y con el propio puerto según “Plan especial del área logística de Sagunto” de 2021 y que busca dar solución entre otros al problema de la red privada del puerto de Sagunto que existe hasta el momento.

Para ello, se está construyendo actualmente un nuevo acceso sur que da solución a este problema y crea mayores fortalezas en el área industrial cercana al puerto. En cuanto a las actuaciones, en primer lugar, se realizaron acopios, desbroces y la preparación del terreno, teniendo en cuenta las labores de protección de patrimonio cultural de la zona. Todo ello, para poder comenzar las obras de la infraestructura y superestructura que se están realizando en la actualidad. Respecto al trazado, la vía se ha proyectado para ser de vía única electrificada de ancho mixto (dotada de tercer hilo) hasta alcanzar el Puerto de Sagunto. Este nuevo acceso comprende un total de 5,6 Km de longitud de plataforma ferroviaria, en que se disponen dos ramales diferenciados que constituyen los accesos a la línea Valencia – Tarragona, tanto por el norte como por el sur (ver ilustración 26). Por último, respecto a las alineaciones, el ramal 1 tiene una longitud de 4,6 Km que discurren desde los ramales de acceso a la línea Valencia - Tarragona por la zona industrial de Sagunto (Parc Sagunto I y II) mediante dos alineaciones rectas, una de 1,9 Km y 1,6 Km hasta llegar al puerto. En cuanto al segundo ramal tiene una longitud de 501 metros y va desde la línea actual Valencia-Tarragona (vía 6) desde el sur hasta el ramal 1. Por último, El tercer ramal tiene una longitud de 515 metros que van desde la línea actual Valencia-Tarragona (vía 6) desde el norte hasta el ramal 1.

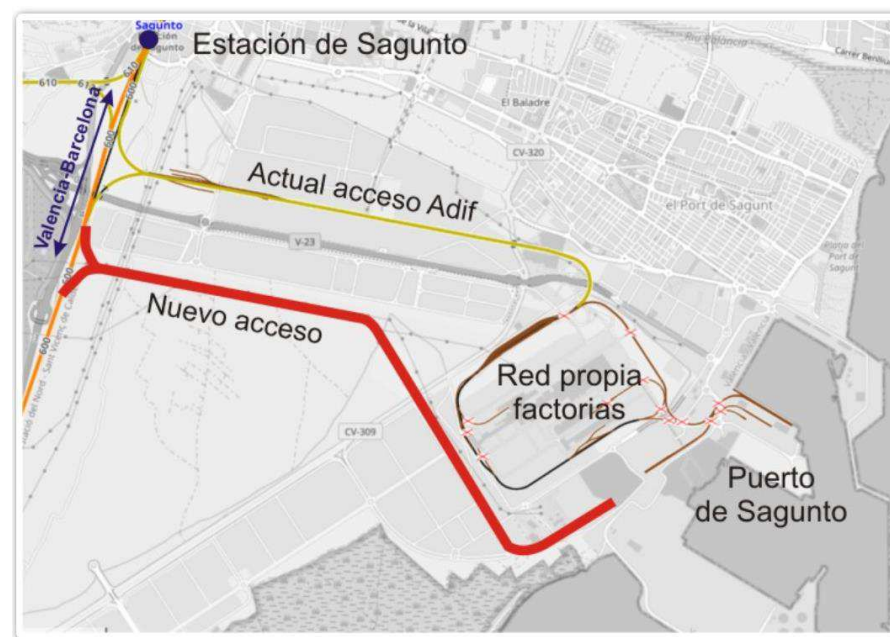


Ilustración 25. Nuevo acceso ferroviario al Puerto de Sagunto. (Fuente: Vía libre)

Además de la construcción de esta plataforma ferroviaria de vía única, la cual tiene una sección de 7,1 metros y sus correspondientes canalizaciones, cunetas y drenajes, se realizan otras obras como son dos viaductos ubicados uno en el punto kilométrico 3/827 y otro entre los puntos kilómetros 0/623 y 2/107 del ramal 1 ya mencionado. Dentro de este nuevo acceso también es importante el hecho de dotarlo de tercer hilo mediante vías, traviesas mixtas aptas y sujeciones elásticas, montadas sobre su correspondiente capa de balasto y subbalasto. Además, la electrificación mediante nuevos postes en el margen derecho del trazado y la conexión con el corredor del Mediterráneo se hacen fundamentales actualmente. Es por ello, que la catenaria está adaptada a ancho mixto a 3.000 V de corriente continua y para los 25 kV de corriente alterna, características ya mencionadas anteriormente para los diferentes corredores que nutren esta zona con el uso del ferrocarril de mercancías.

Por otro lado, en el “Plan especial del área logística de Sagunto” se incluye la construcción de una nueva terminal intermodal en la zona de Parc Sagunt que tenga conexión directa mediante el nuevo acceso ferroviario al Puerto de Sagunto que se está analizando. Esta nueva terminal pública tiene como objetivos dar servicio a las composiciones de entrada y salida del Puerto de Sagunto y a la zona industrial de influencia (ver ilustración 27).

Por último, para complementar este proyecto ferroviario, la APV tiene prevista la construcción de varios elementos que complementen el plan especial como son la construcción de una terminal ferroviaria exterior al recinto portuario, que se ubicaría cerca de la parcela donde se instalará Mercadona próximamente y la ejecución de una playa de vías cercanas al muelle centro 2 para dar conexión con las terminales del puerto. Todos estos proyectos dotan de fortalezas al nuevo diseño propuesto por el presente trabajo para una terminal polivalente en el Puerto de Sagunto.

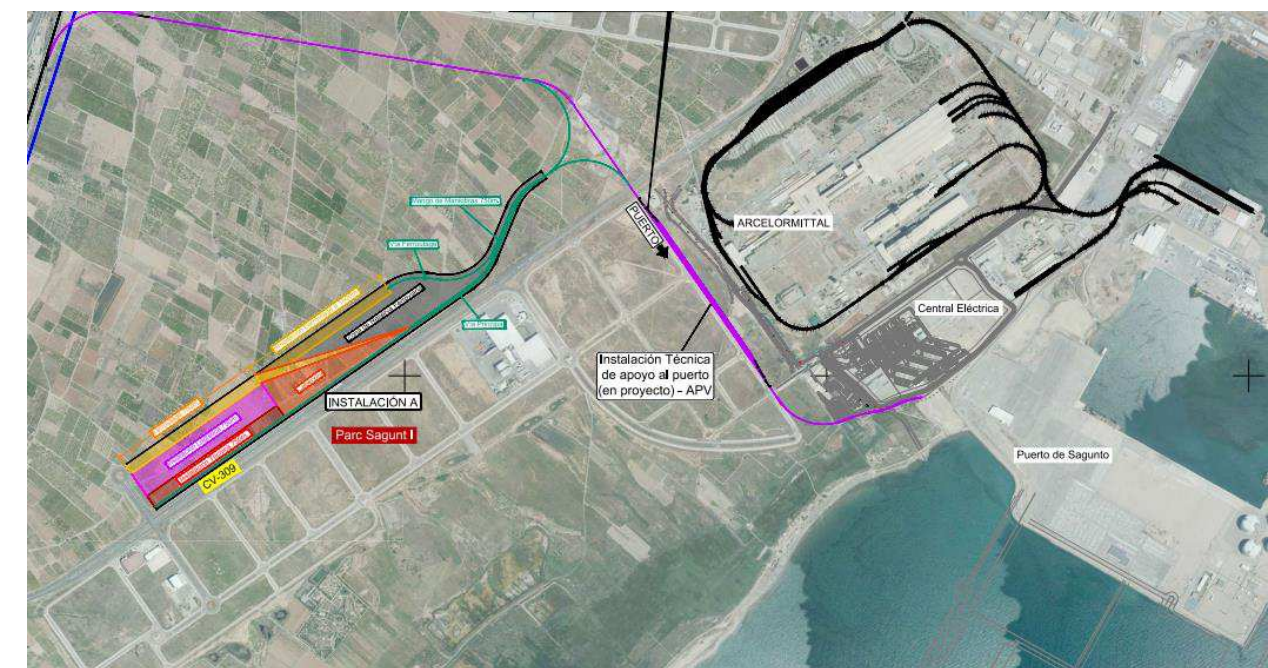


Ilustración 26. Nuevas terminales ferroviarias en Sagunto. (Fuente: Plan especial del área logística de Sagunto, octubre de 2021)

## 4. Aspectos de diseño técnico-operativo en terminales polivalentes

### 4.1. Condicionantes de diseño

A continuación, se muestran las características principales de los elementos que se pueden encontrar en una terminal polivalente tipo, la cual tenga los tráficos previstos y condicionantes de diseño analizados en el apartado anterior. Para ello, se muestran y analizan los diferentes subsistemas de una terminal polivalente tipo, haciendo hincapié en las instalaciones, superestructura, espacios y equipos de manipulación que se pueden disponer y que son objeto del diseño de la terminal que se desarrolla en el presente trabajo. Por otro lado, quedan exentos de análisis en el presente apartado los elementos relacionados con la infraestructura de la terminal, cuyas características futuras ya fueron descritas en el anterior apartado y no forman parte de las necesidades del diseño operativo de la terminal. Como ya se concretó en el anterior apartado, el tipo de obra de atraque que se va a realizar es tipo muelle mediante cajones prefabricados de hormigón siguiendo la alineación prefijada por los bloques que están colocados actualmente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto.

Hay que aclarar que las siguientes características de los subsistemas descritos se encuentran en terminales como la que es objeto del presente trabajo, es decir, una terminal polivalente marítima que sus principales tráficos sean: contenedor, RO-RO, mercancía general, mercancía fraccionada y grandes proyectos, como ya se vio en el pliego de bases de concurso para una terminal polivalente de la APV anteriormente descrito. Esto es de destacar debido a que otro tipo de terminales como son las que tienen entre sus tráficos los graneles, tanto líquidos como sólidos, tienen elementos como ya se vio, muy particulares en cuanto a instalaciones, superestructura, equipos de manipulación, distribución de espacios e incluso infraestructuras. Lo que hace que algunos de elementos no tengan interés analizarlos en el presente trabajo, ya que los graneles no formarán parte de los tráficos previstos de la terminal.

Por otro lado, también se tiene en cuenta en análisis los diferentes sistemas de gestión para este tipo de terminales y los elementos de mejora de procesos que actualmente se están empezando a implementar en terminales multipropósito y no ya solamente en aquellas destinadas exclusivamente al tráfico de contenedores. Además, otros aspectos como es la sostenibilidad y la contaminación, tanto acústica como por gases de efecto invernadero, son temas de actualidad en las terminales de todo el mundo que también son considerados en el presente trabajo. Principalmente debido a que el diseño también debe prever su disposición dentro de la terminal para presentar un diseño al orden del día.

Todo ello, teniendo en cuenta las necesidades de la futura terminal en cuanto a tráficos, las directrices marcadas por la APV para el conjunto de sus puertos, las recomendaciones de obras marítimas (ROM's) y otras documentaciones de interés que garanticen un diseño competitivo, eficiente y sostenible.

### 4.2. Subsistemas de la terminal

Como ya se vio anteriormente la de distribución espacios en las terminales polivalentes se basan en la división en subsistemas como cualquier otra terminal, los cuales tienen características únicas que hacen que una terminal sea un complejo sistema de instalaciones, espacios y equipos de manipulación asentados sobre una superestructura e infraestructura que le dan soporte para poder realizar operaciones de tráfico de mercancías o también llamadas operaciones logísticas de amplia índole. Haciendo que la cadena logística y de transportes de mercancías se vea integrada en un nexo de actividad concentrada.

Estos subsistemas son:

#### 4.2.1. Subsistema de carga y descarga

Es aquel subsistema donde se realizan las operaciones de carga y descarga de los buques que atracan en la terminal. Se le suele denominar normalmente como la línea de atraque de la terminal y es el punto de unión entre las actividades logísticas que se producen en lado mar y las que se producen en el lado tierra. En cuanto a los elementos que se suele encontrar en este subsistema, como ya se vio, dependen del tipo de mercancías que se operen en la terminal, aunque lo más frecuente es una línea de atraque formada por un muelle por su flexibilidad para todo tipo de tráficos o un pantalán cuando el muelle no sea una opción adecuada. En ambos casos, generalmente dotado de distintos tipos de equipos de manipulación tipo grúa y cintas de transporte para la manipulación de las mercancías.

#### 4.2.2 Subsistema de almacenamiento

Es aquel subsistema donde se almacenan las diferentes mercancías que van a permanecer normalmente por un tiempo determinado en la terminal, esperando a que se realice la operación de carga a buque o de entrega a un medio de transporte terrestre tipo ferrocarril o carretera. Como también se vio en anteriores apartados, los elementos que se pueden encontrar dependerán del tipo de mercancías que se operen en la terminal, en general, las instalaciones se dividen entre explanadas al aire libre y almacenes o tinglados que cubran las mercancías. Además, se pueden encontrar diferentes equipos de manipulación tipo grúa y elementos de elevación de menor tamaño dependiendo de la mercancía a manipular.

Es determinante entender la necesidad de dotar de flexibilidad al subsistema de almacenamiento, teniendo en cuenta cuanto porcentaje se da a la especialización o no de los espacios, ya que es el subsistema que mayores cambios presenta a lo largo del tiempo en una



terminal polivalente debido a la necesidad de mantener una flexibilidad competitiva y que no desaproveche futuros tráficos adaptando la distribución de los espacios.

#### 4.2.3 Subsistema de recepción y entrega

Es aquel subsistema que se encuentra entre la zona de almacenamiento y los diferentes medios de transporte terrestre. Se pueden encontrar distintos tipos de instalaciones de recepción y entrega de mercancías en las puertas de entrada y salida tanto para el transporte por medio de carretera como para el ferrocarril, cada medio de transporte tendrá unas condiciones distintas para realizar la entrega o la recepción, por tanto, los equipos dependerán del tipo de medio de transporte y de la mercancía a transportar.

#### 4.2.4. Subsistema de interconexión

Es aquel subsistema que se dispone entre los anteriores como nexo de conexión para los movimientos horizontales a través de la terminal. Se pueden encontrar diferentes equipos de manipulación dependiendo de la mercancía que se esté operando.

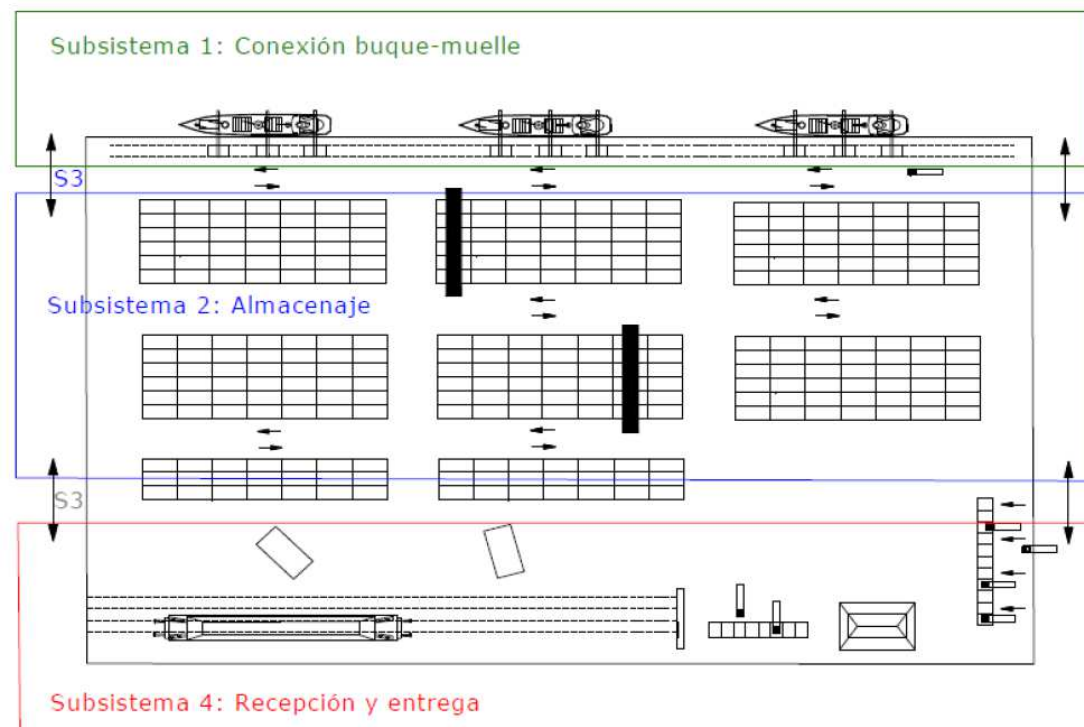


Ilustración 27. Subsistemas terminal tipo. (Fuente: E. Martín 2009)

### 4.3. Aspectos operativos dentro de los subsistemas de la terminal

Como ya se ha mencionado anteriormente, son varias las necesidades operativas dentro de una terminal polivalente para garantizar su correcto funcionamiento. Estas necesidades involucran a los procesos que se dan en los diversos subsistemas de la terminal, haciendo que el resultado de las diferentes operaciones que se realizan en cada uno pueda afectar en mayor o menor medida al buen funcionamiento de la terminal a nivel operativo.

En cuanto a aspectos operativos de la línea de atraque, es fundamental disponer de los medios necesarios, principalmente equipos de manipulación, instalaciones y personal, en el momento y lugar necesarios para que la operativa de carga/descarga del buque sea adecuada. Esto es debido a los costes que tiene tener las grúas en funcionamiento haciendo horas muertas o los buques parados en el muelle durante más tiempo del debido. Esto se traduce al final en costes en la operación que pueden hacer que la operativa de carga/descarga se convierta en problema dentro de la terminal. Para ello, es fundamental planificar el proceso de carga/descarga a priori de la llegada buques junto a la disposición de los medios necesarios para realizarla de forma rápida y segura.

Otro aspecto importante en las terminales polivalentes son aquellos aspectos referidos a la flexibilidad de la terminal, esto no solo afecta a la disponibilidad de equipos de manipulación para realizar los movimientos verticales y horizontales, también es importante entender que una característica básica en las terminales polivalentes es poder adaptarse en la medida que sea posible a las necesidades de una mercancía variable respecto a la tipología a lo largo del tiempo. En este sentido, los espacios interiores (subsistema de almacenamiento) junto a los equipos de manipulación deben garantizar cierta flexibilidad en cuanto a su disposición y ubicación, teniendo en cuenta que siempre va a existir un porcentaje mínimo de rigidez dentro del sistema de terminal marítima polivalente.

Por un lado, deben existir zonas de rigidez dedicadas exclusivamente a un uso concreto como son las zonas de mercancías peligrosas, la zona de contenedores tipo refeed (necesidad de disponer de conexión eléctrica), zona de inspecciones, talleres de mantenimiento, oficinas de la terminal, salas de control y los diferentes almacenes de carga y consolidación o grupaje (incluyendo tráficos FCL y LCL de contenedores). Por otro lado, debe existir cierta flexibilidad en las diferentes zonas de almacenamiento al aire libre o almacenes de mercancías que permitan garantizar que la terminal siempre esté funcionando a su máximo potencial posible, teniendo en cuenta la disposición de espacios adecuados para las distintas formas de mercancía que puedan ser parte del tráfico de la terminal a lo largo del tiempo y sin comprometer la seguridad ni la eficiencia de las operativas.

Por otro lado, también es importante la correcta recepción/entrega de las mercancías en las diferentes puertas de la terminal polivalente. Al ser una terminal de este tipo será importante disponer de espacios idóneos para los diferentes convoyes de transporte por carretera como por ferrocarril. Además, habrá que planificar de qué forma se dan las entradas y salidas de los diferentes convoyes dependiendo de si es para cargar o descargar mercancías, de qué tipo y en qué cantidad,

dando prioridad a unas antes que otras para el correcto funcionamiento de la terminal.

En cuanto a estos aspectos, las operaciones básicas a realizar en las distintas puertas son las de adquisición de información para el embarque y la acreditación para la retirada. Dentro de estas operaciones, la parte de control para las puertas terrestres de transporte por carretera incluyen: la identificación del conductor, la obtención de información de la mercancía y del propio camión, el pesaje de la mercancía, la comprobación de la mercancía y control del embalaje y precintos. Respecto a las puertas de transporte por ferrocarril también se realizarían unos procesos y controles parecidos. Respecto a esto, también es importante los controles de seguridad mediante scanner, radiología o inspección visual al igual que los sistemas de gestión de la información y de la operatividad dentro de la terminal si se puede disponer de ellos.

También es importante la organización de las comitivas en las puertas de la terminal. Dentro de los sistemas de organización de las puertas se pueden encontrar los sistemas de preselección del tráfico, los cuales dividen la entrada por tipos de tráfico con pistas reservadas para cada uno y los sistemas de puerta previa, en los cuales se comunica automáticamente por medios físicos o por detección de matrícula u otro tipo de identificación el camión y se le asigna la ubicación para la carga/descarga de la mercancía.



Ilustración 28. Puertas de acceso Terminal Intersagunto. (Fuente: Grupo Alonso)

#### 4.4. Equipos de muelle y transporte vertical

A continuación, se muestran equipos de manipulación mecánica para el transporte vertical que se pueden encontrar en terminales polivalentes como la del presente trabajo.

##### 4.4.1 Grúas STS (Ship To Shore)

Las grúas tipo STS son actualmente las más utilizadas a la hora de realizar operaciones de carga/descarga de buques portacontenedores en la línea de atraque (ver ilustración 39). Este tipo de grúa entra en la categoría de grúa pórtico debido a que descansa sobre dos puntos y está guiada mediante carriles que recorren la línea de atraque. En cuanto a sus movimientos se caracterizan por 3: un movimiento longitudinal, el cual es realizado a través de los carriles; otro transversal, el cual se produce en la dirección de la pluma y es el movimiento de transferencia del lado mar al lado tierra de los contenedores; por último, el movimiento de izar corresponde a la subida/bajada de los contenedores. Este tipo de grúas no tiene un movimiento de rotación sobre el eje vertical debido a que los movimientos de transferencia de los contenedores se dan de manera perpendicular al muelle sin rotaciones. Es por ello que este tipo de grúas es capaz de conseguir altos rendimientos para este tipo de mercancías. Además, por su simplicidad de movimientos al ser siempre rectos es muy fácil de automatizar.

En cuanto a su clasificación, normalmente la característica principal que hace que se pueda hablar de un tipo de STS u otra es el alcance que tenga, aunque también se dividen en la forma de desplegar o recoger la pluma entre convencionales y de pluma articulada. En cuanto al alcance de la grúa, marca el tipo de buques por manga que pueden ser atendido mediante un tipo de grúa u otro. En las *Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM 2.0-11)* se muestran las características de cada tipo grúa STS para cada tipo de portacontenedor.



Ilustración 29. Grúas STS. (Fuente:Valenciaport)



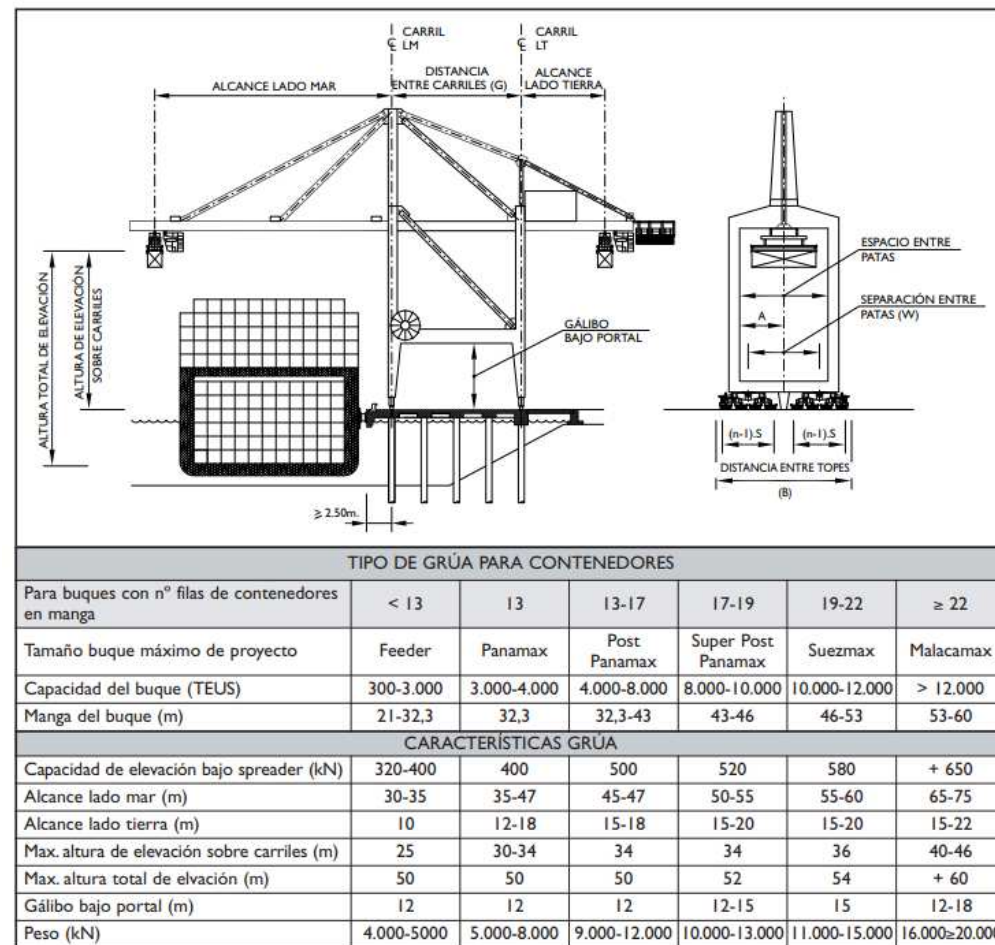


Tabla 9. Configuración y valores característicos en grúas convencionales 1. (Fuente: ROM 2.0 - 11)

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA						
Distancia (G) entre carriles (m)	15-30,50	30,50	30,50	30,50	30,50	30,50-40
Espacio entre patas (m)	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3
Separación (W) entre patas (m)	13-15	15-17	15-17	15-17	15-17	15,17
Nº ruedas por pata (n)	6	8	8	8	8	8
Separación (S) de ruedas (m)	1,00-1,20	1,20-1,50	1,30-1,50	1,30-1,50	1,30-1,50	1,30-1,50
Distancia (B) entre topes (m)	20-24	24-27	24-27	24-27	24-27	24-27
Distancia (A) tirante anclaje/agarre (m)	9	9	9	9	9	9

MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN) <sup>1)</sup>							
En condiciones de Operación <sup>2)</sup>	Vertical lado mar	450-600	500-600	600-850	900-950	950-1.000	> 1.025
	Vertical lado tierra	350-450	400-500	500-650	550-730	700-800	> 825
	Horizontal <sup>5)</sup>	75-100	80-100	90-130	130-150	140-160	> 180
En condiciones Extremas <sup>3)</sup>	Vertical lado mar	300-400	250-600	450-650	850-950	1.000-1.100	> 1.300
	Vertical lado tierra	400-500	300-650	450-750	750-850	900-1.000	> 1.200
	Horizontal <sup>5)</sup>	45-60	50-100	70-110	130-140	130-150	> 195

MÁXIMA CARGA EN DISPOSITIVOS DE ANCLAJE							
En condiciones Excepcionales debido a viento extraordinario <sup>4)</sup>	Tracción tirante de anclaje (kN/pata)	500-3.000	500-3.500	500-3.500	3.500-4.000	4.000-5.500	> 6.000
	Horizontal en brochado (kN/lado)	850-1.150	1.200-2.400	1.750-2.750	3.250-3.500	3.250-3.750	> 4.800

Tabla 10. Configuración y valores característicos en grúas convencionales 2. (Fuente: ROM 2.0 -11)

En cuanto a sus ventajas, este tipo de grúas presentan una alta velocidad de operativa, por tanto, eso se ve reflejado en un aumento de la productividad si las condiciones son adecuadas. Además, presentan bastante seguridad debido a que sus movimientos están muy controlados y estandarizados como se ha comentado anteriormente. Otro aspecto positivo es que al no necesitan un movimiento de rotación, por lo que se puede disponer de varias grúas STS en un espacio bastante reducido sin que la operativa de carga/descarga se vea afectada negativamente. En cuanto aspectos negativos, se trata de una grúa de alto coste de adquisición y por tanto de inversión. Además, presenta rigidez dentro la línea de atraque ya que el movimiento se produce a través de carriles y necesita una línea de atraque con una capacidad portante bastante alta.

Otro punto importante sobre este tipo de grúas son los movimientos que se producen en el spreader debido a las altas aceleraciones que se transfiere a estos elementos para realizar los diferentes movimientos característicos. En cuanto a ello, los principales problemas son los de *snag* (tirón), *Sway* (balanceo) y *skew* (oblicuidad). Por todo ello, las grúas STS actuales cuentan con dispositivos de optimización de recorrido para evitar izados excesivos, anemómetros, sistemas de reducción de balanceo (*Sway control*), sistemas de reducción de oblicuidad automatizando la alineación del spreader con la carga del buque (*skew control*) y sistemas de posicionamiento y control de la carga. Incluso actualmente existen sistemas SPS (*Ship Profiling System*) para ubicar perfectamente los contenedores del buque mediante un láser, mejorando la seguridad que tiene la operativa de carga/descarga.

#### 4.4.2. Grúas convencionales

Este tipo de grúas van sobre carriles paralelos a la alineación del muelle y suelen ser utilizadas para carga general, tanto unificada como no, y graneles sólidos utilizando una cuchara. Cuentan con potencias que van desde las 5 Tn hasta las 18 Tn, siendo la tipología de grúa portuaria que menos capacidad de elevación tiene en la actualidad. Normalmente se han utilizado tanto para graneles sólidos como para mercancía general pero actualmente se utilizan más otros tipos de grúas con mayores capacidades para atender a diversos tráfico por su versatilidad y capacidad de elevación. Existen dos tipos básicos: las de pluma sencilla y las de pluma tipo cuadrilátero.

La de pluma tipo cuadrilátero se trata de una grúa mucho más pesada y tiene un coste mayor frente a la convencional de pluma sencilla, entorno a un 10%. Pero la ventaja de las grúas de pluma cuadrilátero es la rapidez de la operativa de carga/descarga en el caso de mercancías pesadas como son las bobinas de acero o tras mercancías de características similares, ya que el plumín al ser retráctil sigue en su movimiento horizontal a la mercancía que se está manipulando hacia el lado tierra o hacia el lado mar, lo que supone que la carga sufra las menores oscilaciones posibles gracias a no variar la longitud del péndulo durante la operativa, a la vez que mejora los tiempos de operativa de carga/descarga en la terminal.

#### 4.4.3. Grúas multipropósito

Las grúas multipropósito son aquellas que pueden destinarse a varios tráficos gracias a sus características de potencia y alcance. Actualmente son utilizadas en bastantes terminales multipropósito gracias a su flexibilidad y versatilidad, características fundamentales de este tipo de terminales. Además, como en el caso anterior suelen ir sobre raíles a lo largo de la alineación del muelle, lo que hace que tengan una configuración bastante rígida a la hora de efectuar las maniobras. En cuanto a capacidad de carga, las potencias de elevación suelen ir entre las 20 Tn y las 65 Tn. Por tanto, pueden movilizar tanto cargas pesadas y contenerizadas con el gancho principal o eslingas múltiples, como también cargas unificadas, graneles con cuchara y otras cargas mediante el gancho auxiliar, esto le confiere una alta versatilidad la cual es característica fundamental para que se utilicen terminales de tipo multipropósito. Como en caso anterior, se puede encontrar tanto de pluma sencilla como de tipo brazo nivelado o tipo luffing (parecida a la de cuadrilátero vista anteriormente), las cuales suelen tener capacidades mayores de elevación.

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA							
Distancia (G) entre carriles (m)		6,00	10,0-12,0	10,0-12,0	10,0-15,0	10,0-15,0	
Separación (W) entre patas (m)		6,00	9,0-10,0	9,0-10,0	9,0-10,0	10,0-12,0	
Nº ruedas (n) por pata		2	4	4	6	8	
Separación (S) de ruedas (m)		0,80-1,20	0,90-1,20	1,00-1,40	1,10-1,40	1,10-1,40	
Distancia (B) entre topes (m)		8,00	13,5-14,5	13,5-14,5	16,5-17,5	20,5-22,5	
Distancia (A) tirante anclaje/agarre (m)		3,5	5,0-5,5	5,0-5,5	5,0-5,5	5,0-6,0	
MÁXIMA CARGA POR RUEDA (kN) <sup>2)</sup>							
En condiciones de Operación <sup>3)</sup>	Verticales pluma en esquina	<i>Q<sub>pata esquina</sub></i>	650	550	600	650	700
		<i>Q<sub>pata laterales</sub></i>	350	350	400	450	450
	Verticales pluma en lado	<i>Q<sub>pata lado</sub></i>	600	500	550	600	650
	Horizontales <sup>6)</sup>		0,13 verticales	0,13 verticales	0,13 verticales	0,13 verticales	0,13 verticales
En condiciones Extremas <sup>4)</sup>	Verticales		370	300	350	350	380
	Horizontales <sup>6)</sup>		0,1 verticales	0,1 verticales	0,1 verticales	0,1 verticales	0,1 verticales
MÁXIMA CARGA EN DISPOSITIVOS DE ANCLAJE							
En condiciones Excepcionales debido a viento extraordinario <sup>5)</sup>	Tracción tirante de anclaje (kN/pata)		580	650	500	990	1.100
	Horizontal en brochado (kN/lado)		230	375	450	650	950

Tabla 12. Configuración y valores característicos en grúas multipropósito 2. (Fuente: ROM 2.0-11)

TIPO DE GRÚA PÓRTICO					
Capacidad de elevación bajo gancho (kN) con máximo alcance (m)	60/25	120/25	160/30	300/35	500/40
Tamaño buque máximo de proyecto <sup>1)</sup>	Feeder		Panamax	PostPanamax	
Tonelaje (TPM)	< 2.000	2.000-8.000	8.000-15.000	15.000-50.000	> 50.000
Manga del buque (m)	< 14	14-22	22-25	25-32,50	> 32,5
CARACTERÍSTICAS GRÚA					
Gálibo bajo portal (m)	4,0-5,0	4,0-6,0	5,0-7,0	5,0-8,0	5,0-8,0
Máx. altura elevación sobre carril (m)	28	28	30	32	36
Máx. altura total de elevación (m)	43	43	45	47	51
Peso (kN)	850-950	1.800-2.000	2.500-2.800	3.000-4.500	5.000-6.500

Tabla 11. Configuración y valores característicos en grúas multipropósito 1. (Fuente: ROM 2.0-11)

#### 4.4.4. Grúas móviles

Las grúas móviles tienen como principal característica la versatilidad de movimiento, ya que no dependen de un sistema de guiado tipo vía como pasaba en los casos anteriores al usar neumáticos. Por otro lado, este tipo de grúas son diferentes a las de tipo automóvil o las montadas sobre un chasis de carretera, ya que no comparten las mismas características de diseño para ser utilizadas en terminales marítimas de forma particular. Es un tipo de grúa muy útil dentro de las terminales marítimas ya que pueden realizar tanto transporte vertical en las operativas de carga y descarga, como transporte horizontal en operativas que lo necesiten en la explanada del subsistema de almacenamiento, como suele ser el caso de movimiento de cargas pesadas y voluminosas que por sus características no pueden ser movidas mediante otros medios.

Los aspectos negativos de este tipo de grúas es su alto coste y su velocidad de operativa ya que al ir por neumáticos y poder moverse libremente a través de la explanada suelen ser grúas que no están disponibles siempre a pie de muelle para realizar las distintas operaciones de carga y descarga como pasaba en los casos anteriores.

Respecto a su potencia y alcance son grúas que pueden llegar a tener una potencia de elevación de hasta 100 Tn y el alcance puede llegar a dar servicio a buques Super Post Panamax, haciendo que sea una de las opciones más utilizadas actualmente en terminales polivalentes debido a su capacidad de movimiento, alcance y carga.



Para desplazarse a través de la terminal lo hacen mediante neumáticos como se ha dicho anteriormente hasta alcanzar el punto donde se va a realizar la operativa de transporte dentro de la terminal. Una vez se encuentra la grúa en posición, se despliegan los calzos estabilizadores con placas de apoyo para obtener mayor estabilidad y mejor transmisión de cargas al pavimento.

#### 4.5. Equipos de transporte horizontal y del subsistema de almacenamiento

A continuación, se muestran equipos de manipulación mecánica para el transporte horizontal que se pueden encontrar en terminales polivalentes como la del presente trabajo.

##### 4.5.1 Carretilla elevadora

Este tipo de carretilla es muy utilizada en terminales polivalentes por su gran versatilidad para la manipulación de diferentes tipos de cargas, pudiendo realizar tanto la elevación como el transporte en las distintas explanadas de la terminal. Pero hay que tener en cuenta que, con el aumento de la distancia recorrida, la eficiencia de este tipo de maquinaria decrece considerablemente por su velocidad de movimiento que tiende a ser lenta respecto a otros tipos de equipos de manipulación. Por ello, se convierte en un elemento muy polivalente en terminales que permite manipular gran diversidad de cargas en pequeños espacios de operativa.

La capacidad carga varía entre apenas las 2 o 3 toneladas hasta las de mayor capacidad que rondan las 70 toneladas para cargas pesadas como son las bobinas. Antiguamente podían verse en terminales de contenedores especializadas, en las que los contenedores disponían de guías para poder introducir la horquilla. Actualmente su uso es residual para este tipo de tráfico.

Para poder realizar la manipulación de las cargas el dispositivo utilizado es la horquilla que permite la manipulación de mercancías de tipo general y otras cargas que se adapten al tamaño de este elemento.

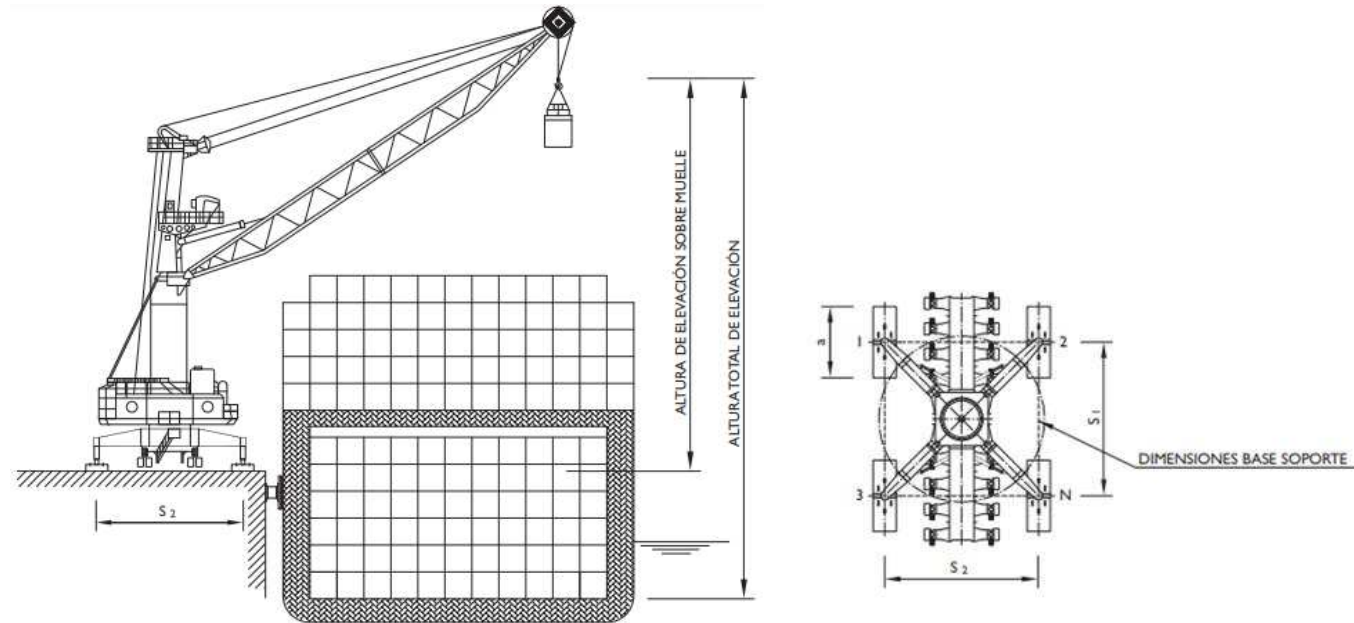


Tabla 13. Configuración y valores característicos en grúas móviles 1. (Fuente: ROM 2.0-11)

TIPO DE GRÚA MÓVIL							
Capacidad de carga bajo gancho (kN) con máximo alcance (m)	100/25	150/30	250/35	300/40	400/45	500/50	
Capacidad de carga (kN) bajo gancho con mínimo alcance (m)	350/6	400/8	600/8	850/10	1.000/10	1.500/11	
Tamaño buque máximo de proyecto 1)	Feeder		Panamax	Post Panamax	Super Post Panamax		
Tonelaje (TPM)	< 10.000	10.000-15.000	15.000-25.000	25.000-50.000	50.000-100.000	> 100.000	
Manga del buque (m)	< 22,5	22,5-25	25-28,5	28,5-32,5	32,5-40	> 40	
CARACTERÍSTICAS GRÚA							
Max. altura elevación sobre muelle (m)	18-22	18-25	25-30	30-32	30-35	35-38	
Max. altura total de elevación (m)	30-33	33-35	40-45	45-47	45-50	50-53	
Peso (kN)	800-1.200	1.100-1.500	1.800-2.400	2.500-3.000	3.000-4.000	4.000-4.500	
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA							
Nº calzos estabilizadores (N)	4	4	4	4	4	4	
Disposición de los calzos	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	
Forma de los calzos	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	
Tamaño (a x b) de los calzos 2)							
Dimensiones (S <sub>1</sub> x S <sub>2</sub> ) de la base soporte (m x m)	10 x 8	12 x 9	11 x 10	11 x 11	12 x 12	15 x 12	
MÁXIMA CARGA POR CALZO (KN) 3) 4)							
En condiciones de operación 5)	Vertical	550	750	1.200	1.500	2.000	2.500
	Horizontal	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert

Tabla 14. Configuración y valores característicos en grúas móviles 2. (Fuente: ROM 2.0-11)



Ilustración 30. Carretilla elevadora. (Fuente: IST)

#### 4.5.2. Carretilla frontal para contenedores (Empty container handling)

Este tipo de carretillas son parecidas a las descritas anteriormente en cuanto a distribución de elementos que la forman, aunque debido a las necesidades de visión de los contenedores en altura y distribución de pesos tienen la cabina retrasada respecto a la parte frontal de manera habitual. Este tipo de carretillas son muy utilizadas en terminales multipropósito para la manipulación de contenedores. Su velocidad de operación suele ser menor que otros equipos de manipulación tipo carretilla, pero tienen capacidad suficiente de elevación y de carga para que sean una buena alternativa para terminales multipropósito.

La elevación se produce a través de un *spreader* que va conectado a los carriles del mástil y este puede abrirse en función del tipo del tráfico que vaya a operar, ya sea de 20, 30, 40 o 45 pies. La capacidad de elevación varía entre modelos, ya que existen modelos destinados para contenedores vacíos de 14 Tn (no suelen usarse en entornos portuarios por las necesidades operativas y de rendimiento) y los más versátiles para terminales marítimas que pueden llegar a las 45 Tn para poder cargar contenedores vacíos y llenos a la vez. Además, pueden llegar a tener una capacidad de elevación de hasta 5 alturas (6 alturas excepcionalmente si se trata de un contenedor vacío).

Debido a las restricciones de movilidad del *spreader* que solo pueden moverse en sentido vertical y en sentido de avance frontal hasta dos filas en algunos modelos, las carretillas elevadoras presentan menor velocidad de operativa que otros equipos de manipulación como los *reach stackers* que pueden mover el *spreader* en las 2 direcciones (vertical y de avance frontal) con mayor recorrido, haciendo que su versatilidad y capacidad de movimiento sean menores al no poder alcanzar un mayor número de filas en un solo movimiento debido a que el mástil vertical es fijo, cosa que no pasa en los *reach stackers*.



Ilustración 31. Carretilla frontal para contenedores. (Fuente: KALMAR)

#### 4.5.3. Carretilla de carga lateral (Side loader)

Este tipo de carretillas tienen la característica particular de que la carga y descarga se hace en sentido perpendicular al sentido de avance del equipo de manipulación. Esta característica hace que se pueda mejorar la velocidad de operación evitando hacer el movimiento de orientación hacia la explanada para descargar o cargar, es decir, se reducen el número de maniobras necesarias para realizar operaciones en el subsistema de almacenamiento. Por el contrario, es un equipo bastante limitado a la hora de realizar distintos tipos de operaciones y sufre de problemas de visibilidad que ralentizan las maniobras, haciendo que en el cómputo global no sea una de las opciones más utilizadas en terminales por su poca flexibilidad y dificultad de operación.

En cuanto a capacidad de carga tienen las mismas características y limitaciones que las carretillas frontales, aunque por la distribución de pesos están más limitadas en la capacidad de carga normalmente a igualdad de tamaño. Por ello, suelen ser modelos de mayores dimensiones para poder subsanar este problema de estabilidad.



Ilustración 32. Carretilla tipo side loader. (Fuente: www.jp.com)

#### 4.5.4. Apilador de alcance (Reach staker)

Este tipo de carretillas ya no tienen limitado a un solo movimiento de acción el *spreader*, sino que pueden mover el brazo en dos direcciones (arriba/abajo; adelante/atrás) más un movimiento de rotación horizontal del *spreader*, dotándolas de mayor alcance que otros tipos de equipos de manipulación. Debido a las necesidades de visión y distribución de pesos suelen tener la cabina



retrasada respecto a la parte frontal para mejorar las capacidades operativas del equipo. Gracias a esto se consiguen velocidades de operación muy altas y con gran versatilidad. Haciendo que sean uno de los equipos más utilizados en la actualidad en terminales polivalentes, ya que tienen un coste muy ajustado respecto a la velocidad de operativa y su versatilidad.

La elevación se produce a través de un spreader que va conectado al brazo hidráulico del equipo. Este puede abrirse en función del tipo de contenedor que vaya a operar, ya sea de 20, 30, 40 o 45 pies de manera que se pueda ajustar fácilmente a las condiciones de la operativa. La capacidad de elevación varía entre modelos, ya que existen modelos destinados para contenedores vacíos de 14 Tn (no suelen usarse en entornos portuarios por las necesidades operativas y de rendimiento), los más versátiles para terminales marítimas que pueden llegar a las 45 Tn para poder cargar contenedores vacíos y llenos y los más potentes para realizar carga y descarga de grandes proyectos y cargas pesadas, pudiendo mover hasta 130 Tn trabajando con una sola unidad y 200 Tn trabajando en *tandem*. Además, pueden llegar a tener una capacidad de elevación de hasta 6 alturas y 4 de profundidad, características que no podían ser cumplidas por otros equipos de manipulación ya vistos anteriormente.

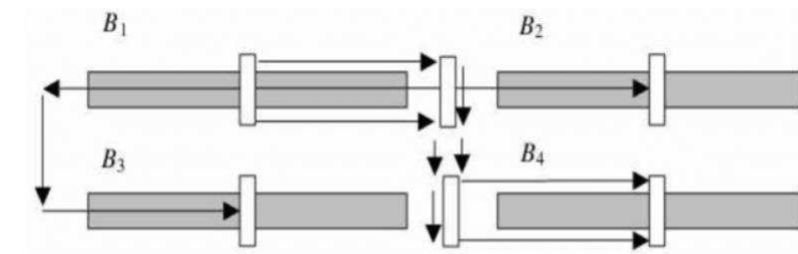


Ilustración 33. Carretilla de alcance (Reach Stacker). (Fuente: KALMAR)

#### 4.5.5. Grúa pórtico sobre neumáticos (RTG)

Este tipo de grúas están constituidas por dos pórticos conectados entre sí, donde entre medias se aloja el *spreader* conectado al mecanismo de elevación. La grúa tiene un total de 4 patas, 2 por cada pórtico, con sus *bogies* en cada una que albergan los pares de neumáticos para poder desplazarse.

Este tipo de grúas como el resto que se han analizado hasta el momento siempre han sido diésel, aunque en los últimos tiempos cada vez hay más de tipo eléctrico, incluso algunas ya se han probado con nuevos tipos de combustibles derivados del hidrogeno para hacerlas más eficientes. En cuanto a su movilidad, generalmente las trayectorias son rectilíneas, menos en aquellos casos donde se puedan realizar giros con seguridad para poder desplazarse a otros bloques cuando la operativa lo requiera.



RTG movement between blocks, [13]

Ilustración 34. Movimiento entre bloques RTG. (Fuente: "Reshuffle minimisation to improve storage yard operations efficiency" Bisira, Hammed, Salhi, Abdel, 2021)

Este tipo de grúas se utilizan con una distribución de bloques paralelos a la línea de muelle normalmente, permitiendo la circulación entre bloques mediante otro tipo de equipos como las *reach staker* que pueden complementar la operativa.

Respecto a su capacidad de carga, existen modelos de hasta 65 Tn para contenedores llenos y vacíos. En cuanto altura de apilado, pueden llegar hasta los 6 contenedores de altura (em algunas terminales asiáticas llegan hasta las 7 alturas de apilado). Respecto a anchura de bloque actualmente existen modelos que cubren hasta 8 filas de contenedores más el espacio de carga/descarga de camiones en algunos casos, ya que puede ser en cabeza o de costado respecto al bloque. En algunas terminales para mejorar la operativa se utilizan estos equipos solo para los llenos, dejando los vacíos para equipos tipo *reach staker* debido al menor consumo de estos últimos respecto a la RTG.

Actualmente existen sistemas de automatización para RTG que incluyen: un paquete completo de infraestructura de guía de camiones paralela al bloque, una estación de operación remota con una interfaz de usuario especialmente diseñada y un sistema IT que se conecta con el sistema de operación de terminales. Este tipo de grúas cada vez permiten una mejor adaptación a entorno de terminales siempre velando por la seguridad de las operativas al implementar la automatización.

Como características positivas las RTG tienen gran velocidad de operación, gran capacidad adaptabilidad a terminales y buen aprovechamiento de espacios en el patio. Por el contrario, como ya se mencionó suelen ser equipos de alto coste de adquisición y de mantenimiento, con unos consumos altos respecto a otros equipos de manipulación. Lo normal en terminales polivalentes es combinarlos con otros equipos que dependiendo del tipo de operativa den flexibilidad a la terminal para reducir costes.



Ilustración 35. Grúa pórtico sobre neumáticos (RTG). (Fuente: Konecrane)

#### 4.5.6. Grúa pórtico sobre raíles (RMG)

Este tipo de grúas están constituidas por dos pórticos conectados entre sí, donde entre medias se aloja el spreader conectado al mecanismo de elevación. La grúa tiene un total de 4 patas, 2 por cada pórtico, con sus bogies en cada una que albergan las ruedas sobre carril para poder desplazarse.

Las RMGs son muy parecidas a las RTGs a diferencia de que estas se desplazan mediante raíles, haciendo que sus capacidades de movimiento sean distintas. Es por ello, que las RMGs pueden alcanzar bastante más velocidad de operación y de control gracias a moverse por raíles y no con neumáticos como es el caso de las RTGs.

En cuanto a capacidad de carga, dependiendo del modelo pueden superar las 50 Tn, haciendo que puedan mover contenedores llenos y vacíos a alta velocidad. En cuanto a las pilas suelen ser bloques de mínimo 6 hasta 12 contenedores de ancho más los carriles para la intermodalidad con el camión que siempre son al costado del bloque. Respecto a la altura apilado suelen llegar hasta la 4-5 contenedores, aunque existen de mayor altura de apilado en puertos con gran volumen de tráfico como los asiáticos. Debido a las limitaciones que presentan de flexibilidad no suelen ser una opción en terminales polivalentes, ya que limitan la zona de almacenamiento. Suelen ser más utilizadas en terminales ferroviarias teniendo que abarcar las vías de carga y descarga de trenes (medios de recepción y entrega), la zona de transferencia intermodal (transporte intermodal y horizontal respecto a la terminal portuaria si la hubiese) y las pilas para la carga y descarga de trenes.

Este tipo de equipos de manipulación al igual que los RMGs pueden automatizarse mediante una estación de operación remota con interfaz con el usuario, un sistema IT que se conecta con el sistema de operación de terminales y los elementos de guiado para camiones paralelos al bloque (intermodalidad). Generalmente se conocen como ARMG o ASC (Automated Stacking Cranes) que es cualquier grúa automatizada.

Por último, mencionar como inconvenientes la poca flexibilidad de adaptación al entorno, las altas cargas al terreno ya que suelen ser más pesadas que las RTGs y la necesidad de instalación de raíles. Como ventaja principal destacar la velocidad de operativa que suele ser superior a los RTGs cuando los volúmenes de tráfico son los adecuados para que salga rentable su adquisición.



Ilustración 36. Grúa pórtico sobre raíles (RMG). (Fuente: Konecrane)

#### 4.5.7. Cabeza tractora + plataforma (Mafi)

Este tipo de equipos de transporte horizontal son utilizados en terminales polivalentes que tienen el contenedor u otras cargas para el transporte horizontal de larga distancia a través de la terminal y en grandes terminales de contenedores. La composición está hecha mediante una cabeza tractora (tractor) más una plataforma que puede ser para contenedores exclusivamente (ilustración 47) o para otras formas de mercancía como son la mercancía general, RO-RO y grandes proyectos.

En el caso de los contenedores pueden transportar contenedores de 20 a 45 pies en las plataformas y las cabezas tractoras suelen ser de 90 Tn de capacidad de arrastre para llevar hasta 2 contenedores cargados. En el caso de cargas pesadas, pueden llegar a ser plataformas de hasta 250 Tn y cabezas tractoras con una capacidad de arrastre cercana a las 280 Tn.



Es importante añadir que este tipo de equipos no están diseñados para circular por la red de carreteras externa de un puerto. Por tanto, no sustituyen en ningún caso a las cabezas tractoras tipo camión más plataforma para el transporte por carretera una vez las mercancías salen de la terminal.

En cuanto a sus ventajas, el precio de adquisición suele ser bastante bajo en comparación a otros equipos antes vistos. Además, su flexibilidad en cuanto a variedad de modelos para diferentes cargas y circunstancias en el mercado hace que sea una opción muy utilizada en la actualidad. Como desventaja principal, presenta un bajo rendimiento frente a otros equipos debido a que permanece mucho tiempo trabajando en vacío al recorrer mayores distancias en la terminal.



Ilustración 37. Cabeza tractora y plataforma para contenedor. (Fuente: Mafi)

#### 4.5.8. Otros

En las terminales de contenedores hay equipos de manipulación como los *Shuttle Carrier* o los *Straddle Carrier* que no suelen ser utilizados en las terminales polivalentes, ya que suponen un coste demasiado alto o una baja flexibilidad frente a otros equipos de manipulación. Todo dependerá de la cantidad de contenedores movidos y si es un tráfico habitual en la terminal para que la adquisición de los equipos tenga rentabilidad. Por otro lado, existen otros equipos como los puentes grúas o las carretillas (*forklift*) que suelen ser habituales ya no solo en terminales marítimas polivalentes si no en cualquier entorno industrial.

Por último, mencionar equipos como los AGV (*Automated Guided Vehicle*) o los ALV (*Automated Lifting Vehicle*) tipo *Shuttle Carrier* que son equipos automáticos de transporte horizontal del muelle al patio de almacenamiento. Estos equipos en la actualidad son utilizados en terminales de contenedores para automatizar los movimientos de transferencia horizontal del muelle al patio únicamente, ya que en el subsistema de recepción y entrega no se puede juntar equipos automáticos con manuales tipo camión por seguridad (esquema tradicional de automatización de terminales). Este tipo de equipos no suelen verse en terminales polivalentes debido a que la alta flexibilidad de los espacios y equipos exigidos suele ser contraria a la automatización de procesos, debido

principalmente a que es complicado tener en cuenta las variables operativas de una terminal polivalente en comparación con las de una terminal especializada en solo tráfico como son las de contenedores. Aun así, existen varios proyectos piloto para mejores procesos operativos en las terminales polivalentes mediante la automatización de los equipos de manipulación.

#### 4.6. Esquemas de diseño en terminales polivalentes

A la hora de plantear el diseño en planta de una terminal polivalente no hay prácticamente casi ningún patrón que se pueda utilizar como el óptimo para el diseño. Esto es debido a que las terminales polivalentes plantean una alta variabilidad en cuanto a los espacios y su distribución. En definitiva, se mantiene la distribución de subsistemas típica de las terminales, pero el tamaño y distribución de cada subsistema dependerá de los tráficos y del espacio disponible para presentar una solución óptima. Además, hay que tener en cuenta que un mismo espacio puede tener varios usos o que puede cambiar con el tiempo como ya se ha mencionado en otras ocasiones. Estas características de variabilidad y flexibilidad a lo largo del tiempo más la componente física del espacio y las infraestructuras que dan servicio al puerto hace que las terminales polivalentes presenten diversos diseños en planta para cada caso. Siendo menos repetitivas que las características terminales de contenedores que presentan siempre bloques de almacenamiento para contenedores y equipos de manipulación destinados al movimiento de contenedores en exclusiva.

Respecto a configuraciones de terminales polivalentes, en los esquemas tradicionales de la UNCTAD se pueden observar de manera esquemática la distribución de espacios y los elementos que componen a una terminal polivalente con varios tráficos tipo mercancía general, contenedor, granel, RO-RO, etc. Estos esquemas como se ha mencionado pueden ser más o menos complejos en cuanto espacios, equipos e instalaciones. En estos esquemas se puede apreciar la distribución de espacios en cuanto al subsistema de almacenamiento, la zona de maniobras del muelle de carga/descarga y la zona de recepción y entrega.

- En el subsistema de almacenamiento se pueden encontrar zonas de depósito descubiertas tipo explanada y tinglados o almacenes cubiertos, que puedan dar opción a poder mantener mercancías que no puedan estar al descubierto por sus necesidades de conservación.
- En el subsistema de carga y descarga se puede observar la zona de maniobras y un tación RO-RO que se complementa con la línea de atraque recta.
- El subsistema de entrega y recepción es donde se encuentran las puertas de acceso viario o ferroviario, incluyendo oficinas y zonas de tránsito y grupaje.

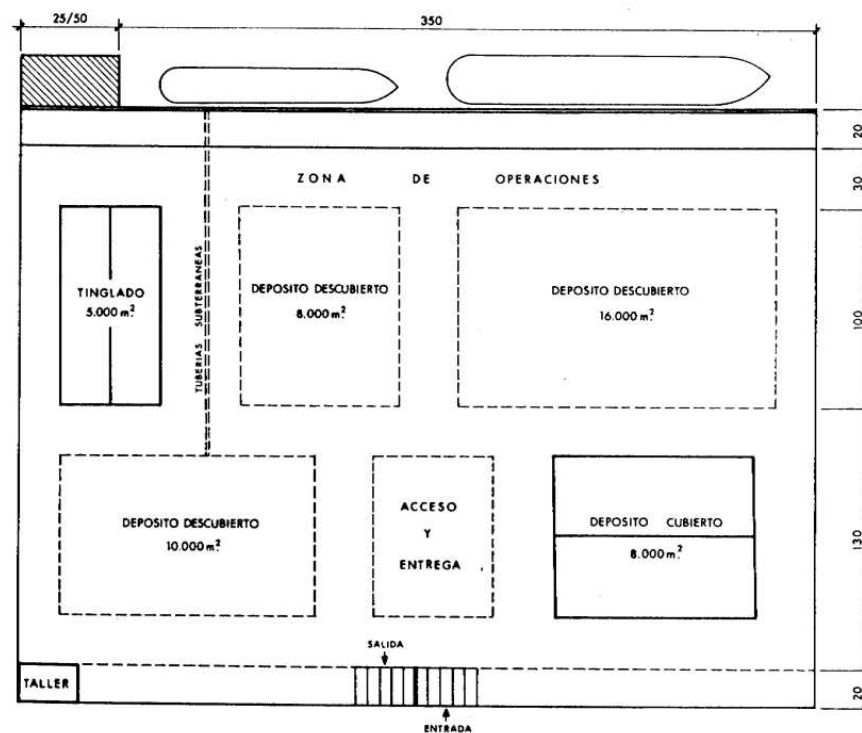


Ilustración 38. Esquema terminal polivalente 1. (Fuente: UNCTAD)

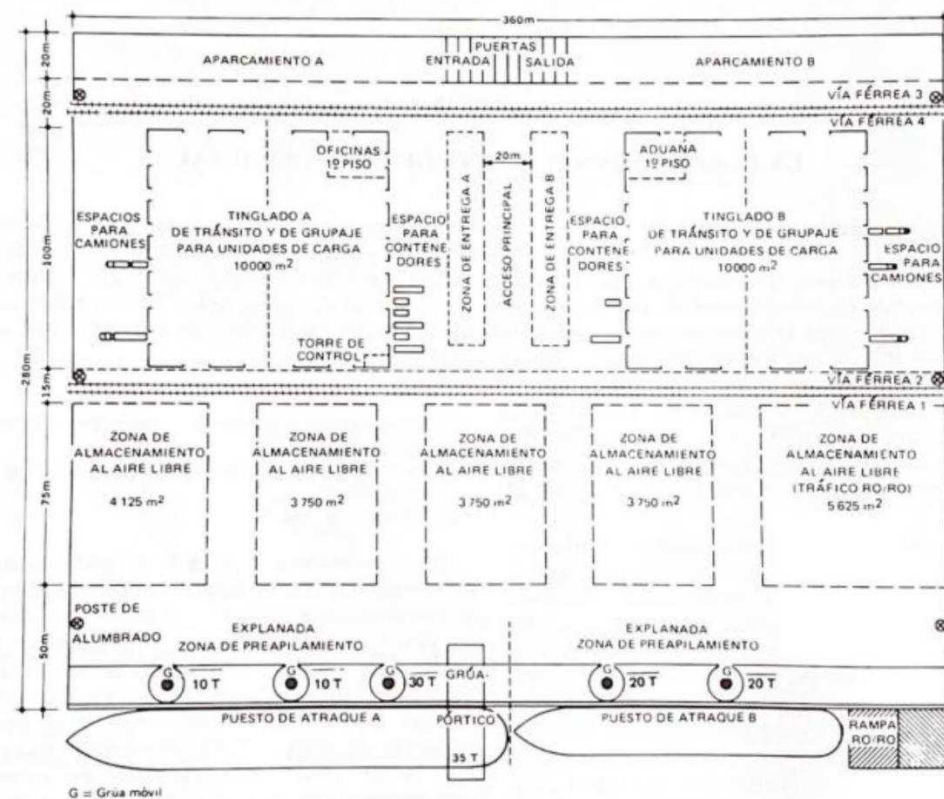


Ilustración 39. Esquema terminal polivalente 2. (Fuente: UNCTAD)

Por otro lado, en muchas ocasiones las terminales polivalentes tienen como tráfico preferente el contenedor u otro tipo de mercancías, aunque no sean exclusivamente para mover un solo tipo de mercancía. Lo que hace que las terminales tengan un patrón más continuo a lo largo de ellas, debido a que la configuración parte de la necesidad de albergar un tráfico preferentemente respecto a otros haciendo que el diseño se adapte a este hecho. Es el caso de diseños de terminales polivalentes como el siguiente de la Terminal polivalente del Puerto de Alicante, Muelle 11 (ver ilustración 50). Donde se pueden apreciar el conjunto de bloques y calles típicas de las terminales de contenedores, pero también espacios de almacenamiento para otro tipo de mercancías en naves o almacenes.



Ilustración 40. Terminal polivalente con tráfico preferente de contenedores. (Fuente: "Proyecto básico para la solicitud de una concesión de d.p. para la construcción y explotación de una terminal multipropósito para la manipulación de mercancías de uso particular en el Puerto de Alicante" noviembre 2021, APA)

Normalmente se habla de terminales polivalentes, pero también se pueden encontrar puertos de menor tamaño donde el tráfico sea de tipo polivalente en su totalidad. Este tipo de puertos suele tener la configuración antes vista para terminales polivalentes haciendo una distribución de los espacios y las instalaciones en función del área del lado tierra que pueda ser ocupado por el puerto. Un ejemplo de este tipo de puertos polivalentes se puede apreciar en la siguiente ilustración perteneciente a un caso de estudio y donde se aprecia el diseño de un puerto de tipo polivalente en su totalidad con almacenes, silos, tolvas, depósitos y explanadas al aire libre para diferentes formas de mercancía:



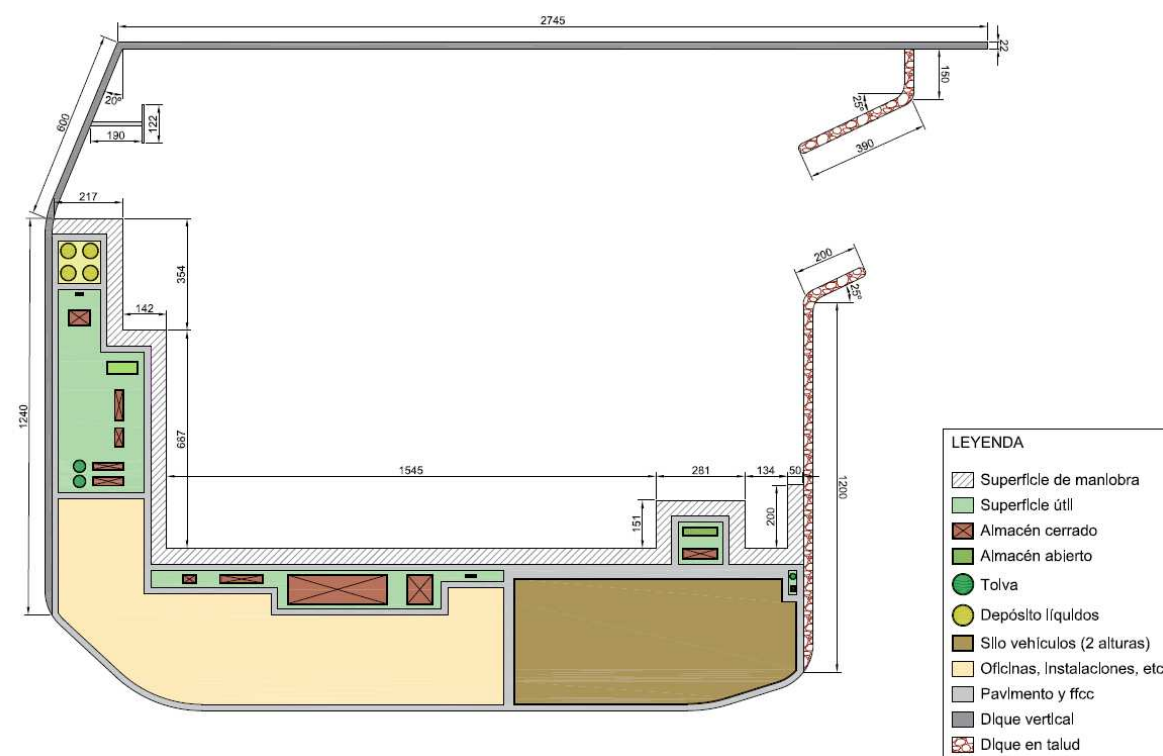


Ilustración 41. Esquema en planta Puerto exterior de Pasajes. (Fuente: TFM "Diseño básico Puerto exterior de Pasajes" octubre 2016, Eva Romano Moreno)

## 4.7. Innovación, flexibilidad y sostenibilidad

Actualmente los diseños de terminales polivalentes además de ser competitivos y ajustados técnicamente a las necesidades de las terminales tienen que buscar incluir aspectos como la innovación, la flexibilidad y la sostenibilidad en los diseños planteados. El estudio de estos aspectos más los tradicionales como son la parte económica y técnica, hace que se pueda hablar de un diseño comprometido con los estándares actuales en cuanto a la implementación de una nueva terminal en fases de diseño y estudio.

La innovación es fundamental a la hora de poder crear fortalezas y sinergias entre las diferentes partes de una terminal, ya que mejorar un proceso supone mejorar otros procesos que cuelgan de él, como pasa en la cadena logística o cadena de transportes, en este caso es la cadena de operaciones diarias que se realizan en la terminal y que se ven afectadas por cada uno de sus eslabones. La innovación es un aspecto para analizar a la hora de plantear un diseño ya que puede suponer una gran mejora en los procesos tanto operativos como de gestión de la terminal. A la vez que también hay que mirar con detenimiento que procesos son susceptibles de producir mejoras y cuales no, debido principalmente a que no presentan soluciones de mejora suficientemente maduras para ser implementadas o a que no son viables por los condicionantes técnicos o económicos de la terminal, lo que supondría un perjuicio operativo y de gestión en la terminal más que un beneficio.

En cuanto a la flexibilidad, las terminales polivalentes tienen que contar con el análisis de este aspecto en fases tempranas de diseño. Para ello, a partir de los tráficos previstos y teniendo en cuenta su variabilidad en el tiempo deben ser capaces de reaccionar rápidamente para adaptar la configuración de la terminal y de la disposición de equipos. Esta flexibilidad como ya se ha mencionado anteriormente está sujeta a la implementación de sistemas de gestión para terminales, a la rigidez de los subsistemas y a las capacidades operativas de la terminal.

Por último, la sostenibilidad es un aspecto esencial para la implantación de una nueva terminal debido a que se debe garantizar la correcta adecuación de las terminales en aspectos referentes a la contaminación del medio en el cual se ubica y sus posibles afecciones, siempre siguiendo las normativas dedicadas a estas causas a nivel nacional y europeo.

En definitiva, estos tres aspectos se hacen esenciales a la hora de plantear una nueva terminal, ya que contar con ellos hará que la terminal presente una mayor capacidad de resiliencia y sus fortalezas serán más atractivas dentro de la cadena de transportes y logística. Dando como resultado una terminal competitiva y desarrollada con los máximos estándares de calidad actuales.

### 4.7.1. Innovación en terminales marítimas

#### 4.7.1.1. Sistema operativo de la terminal (TOS)

El Sistema Operativo de la Terminal o SOT (Terminal Operation System, TOS en inglés) es una tecnología cada vez más utilizada para la gestión operativa de las terminales, no exclusivamente marítimas como es la que se desarrolla en el presente trabajo, sino también de ferrocarril, de camiones o cualquiera que tenga transporte intermodal combinación de los anteriores medios de transporte.

Este tipo de sistemas de gestión operativa están formados por un conjunto de elementos tipo software y hardware que hacen que se puedan intercambiar información con las distintas partes de la terminal y generar las diferentes acciones operativas de una terminal desde un solo sistema. Para ello, desde diferentes ventanas integradas en la parte de interfaz de usuario del sistema se gestionan las entradas y salidas de las mercancías en la terminal más los diferentes movimientos que se realizan en ella en cada uno de los subsistemas, organizando la carga/descarga, los movimientos horizontales y el almacenamiento.

Estos sistemas planifican y controlan los diferentes procesos operativos de una terminal y la gestión de la información generada a través de estos. De manera que se reducen los costes asociados a estas operativas y aumenta la seguridad y la eficiencia energética debido a que se puede tener un mayor control sobre los procesos realizados, reduciendo en muchas ocasiones el número de operaciones necesarias en el movimiento de mercancías a través de la terminal y se evitan problemas

debidos a la mala transmisión de la información que se pueda producir entre distintas partes en la operativa en procesos tradicionales de gestión.

Todo este sistema de gestión operativa se consigue diseñando previamente el esquema de gestión de la terminal e introduciéndolo mediante criterios para conseguir objetivos precisos de los procesos llevados durante la operativa en la terminal y de la información generada. Haciendo que se pueda realizar un diseño lógico combinando algoritmos y rangos de valores para poder dar resultados a partir de la información introducida o captada por el sistema.

Generalmente este tipo de sistemas va estructurado por módulos, en los cuales se va añadiendo más funcionalidades para la gestión operativa de una terminal. Normalmente se habla de 3 módulos básicos para tener una implementación básica de un sistema TOS en una terminal:

- Módulo de planificación y control de operaciones

Es el encargado de realizar las distintas planificaciones de las operativas que se van a llevar a posteriori de procesar la información disponible o introducida por el usuario. Para ello, utiliza una serie de algoritmos que siguen un esquema de gestión preestablecido, dando como resultado la planificación de las operaciones que se van a realizar en la terminal en los diferentes subsistemas, incluyendo la planificación de los flujos de trabajo y los equipos asociados a esos movimientos que se va a necesitar en un espacio de tiempo concreto. Una vez se ha realizado la planificación se pasa a la fase control de las operaciones planificadas, dando datos en tiempo real ya sea a través de conexión directa con los equipos y/o con la información que traslada los operarios a través de dispositivos electrónicos que llevan dentro de los equipos de manipulación. De esta forma desde la sala de control se puede hacer un seguimiento en tiempo real de las operaciones que se están realizando en la terminal y comprobar si se están haciendo bajo la planificación establecida.

- Módulo de administración y gestión de la información

Es el encargado de realizar la gestión de información generada previamente o tras las diferentes operativas de la terminal. Teniendo en cuenta todos los flujos de información generados por la entrada/salida de mercancías, los equipos de manipulación asociados a las operativas, el personal y otros activos de la terminal. De esta forma se generan análisis de la productividad, de los costes asociados a las distintas partes operativas de una terminal, de la facturación que puede generarse automáticamente, estadísticas de todos los procesos operativos y sus derivados y gestión económica-financiera asociada a estos puntos. Dando como resultados informes del estado de la terminal y de los diferentes elementos que la componen de una forma muy sencilla y visual para la toma de decisiones.

- Módulo de comunicación

Es el encargado de intercambiar la información generada por los diferentes sistemas de la terminal y presentarlo en formato adecuado para otros agentes interesados mediante internet y servicios de intercambio de información tipo EDI en un formato adecuado. Para ello, se nutre de los ordenadores que integran el TOS, redes LAN, redes 5G, redes 4G LTE, el OCR de las puertas de la terminal, etc. Esto hace que se pueda saber el estado de las mercancías en un terminal, gestionar las ordenes de entrada y salida, gestionar ordenes online y dar al cliente una plataforma intercambio de información en tiempo real para saber estados de mercancías y de los medios de transporte. Toda esta información es integrada en las bases de datos del sistema haciendo que se pueda manejar de forma rápida y sencilla en comparación con los sistemas tradicionales.

Estos tres módulos son los principales a la hora de establecer un TOS para una terminal debido a que garantizan la correcta digitalización de las operativas y de la información generada a través de ellas en toda la cadena logística y de transporte dentro de la terminal. Aun así, existen más módulos como los de gestión 3D de la terminal, los de análisis y control de procesos asociados a la terminal, los de integración de CRM, ERP y de contabilidad, entre otros.

En cuanto a marcas comerciales, actualmente existen diferentes proveedores que permiten distintas soluciones. En el caso de las terminales polivalentes de mercancías que no son el contenedor existen menos soluciones, debido a que es más complicado estandarizar los procesos operativos por la alta flexibilidad de las terminales, pero si hay que varias marcas comerciales como CiberLogitec o GullsEYE que tienen soluciones particulares para terminales multipropósito, teniendo en cuenta las necesidades de tráfico tipo mercancía general, graneles o RO-RO.



Ilustración 42. Módulos integrables de un TOS para terminales polivalentes: OPUS Terminal M. (Fuente: CiberLogitec)



#### 4.7.1.2 Sistema OCR (Optical Character Recognition)

Estos sistemas se basan en el reconocimiento óptico de caracteres mediante una cámara de alta resolución o escáner y los algoritmos que realizan la caracterización de la información captada. Con este tipo de sistemas una terminal puede tener una lectura y registro de información visual asociada a las operativas sin la necesidad de que exista contacto visual por una persona de forma directa, reduciendo los costes asociados a este proceso. Por tanto, mediante la automatización de la lectura de caracteres se incrementa la seguridad y la velocidad de reconocimiento de información en las operativas de la terminal.

En cuanto a su uso, estos sistemas se utilizan sobre todo en puertas viarias y ferroviarias de las terminales para la lectura de matrículas, tanto de vehículos como de contenedores, pero también para la lectura de códigos IMO (códigos de mercancías peligrosas), el reconocimiento de daños y de sellos de cierre en contenedores. En la actualidad ya se empiezan a utilizar sistemas OCR en equipos de manipulación como las STS para la lectura para caracterización de los contenedores en las operativas de carga/descarga, en los puntos de almacenamiento de contenedores para las entradas/salidas en el subsistema y en puntos de carga/descarga RO-RO mediante la lectura de las matrículas identificatorias para saber que mercancías están llegando (coches, maquinaria, semirremolques, etc.). De esta manera se consigue digitalizar la información tanto de las puertas de la terminal como de las mercancías que entran y salen de alguno de los subsistemas de la terminal.

Como ya se ha visto, su utilización se basa en los tráficos de contenedor y RO-RO debido a que son los que presentan una matrícula de fácil caracterización para el sistema. Para otros tráficos como sería la mercancía general, graneles o grandes proyectos su utilización no tiene sentido actualmente debido a que este tipo de tráficos no tiene una identificación visual normalizada dentro de su operativa de transporte para que pudiese ser reconocida automáticamente por estos sistemas. Aun así, su utilización para estos tráficos se basa en la identificación de los medios de transporte en las puertas, donde si existe una matrícula que puede identificarse mediante el uso del OCR y que da información útil para las operativas en terminales multipropósito.

En cuanto a las componentes de un pórtico con tecnología OCR en puertas de terminales, se pueden distinguir los siguientes elementos:

- Cámaras de alta resolución para reconocimiento óptico, normalmente de circuito cerrado, integradas con sensores digitales tipo CCD (Charge Cople Device) para la captura de las imágenes y iluminadores infrarrojos para la captura de imágenes nocturnas.
- Cámaras de contexto para la grabación del paso de las mercancías o del transporte que las lleva de manera que se tenga la secuencia almacenada en el sistema.
- Semáforos para dar o denegar el paso al transporte de mercancías por medio del pórtico OCR.

- Sensores laser, magnéticos o fotocélulas para la detección de transportes de mercancías al acercarse al pórtico OCR
- Iluminadores tipo LED para crear unas condiciones adecuadas en el entorno del OCR para el reconocimiento óptico la toma de imágenes

Toda la información captada por el OCR se incorpora en tiempo real normalmente al TOS de la terminal después de su conversión a un formato adecuado de entrega. De manera que el TOS de la terminal pueda disponer de la información que se está generando en la entrada/salida de vehículos y/o en el movimiento de mercancías a través de la terminal en los diferentes subsistemas. Haciendo que el TOS de la terminal pueda realizar a través de sus diferentes módulos diferentes trabajos que dan resultados sobre las operativas o en la generación de información de diferente tipo referente a la terminal.

Con todo ello, las terminales son capaces de integrar cada vez más partes de las operativas y la información generada en un formato digital que ayude a agilizar procesos y a dar más seguridad al sistema logístico-portuario. La utilización de sistemas OCR en terminales ya no solo marítimas está siendo lenta por los costes adquisición, pero sigue siendo una buena alternativa para aquellas terminales que presenten grandes tráficos, sobre todo en las import/export que reciben gran cantidad de mercancías y vehículos a lo largo del año. Aunque como ya se ha mencionado el uso de esta tecnología en patios de almacenamiento y punto de carga/descarga de contenedores y RO-RO hace que sea una alternativa actualmente muy a tener en cuenta en terminales de todo tipo.



Ilustración 43. Pórtico de lectura OCR. (Fuente: MasterASP)

#### 4.7.1.3. Sistemas de identificación mediante radiofrecuencia

Este tipo de sistemas intentan buscar soluciones de identificación para mercancías que no sea mediante la captación de información óptima como pasa en los sistemas OCR anteriormente vistos. Para ello utilizan un sistema de comunicación remota entre dos dispositivos mediante radiofrecuencia, haciendo que un emisor emita una señal que es respondida por el receptor de manera automática. De la respuesta dada se obtiene la información almacenada sobre el objeto que tiene adherido el dispositivo receptor, que puede ser un camión, un equipo de manipulación, un contenedor u otras formas de mercancía a los cuales se les pueda incorporar este sistema sin que se produzcan daños.

Los dispositivos RFID (Radio Frequency Identification) son sistemas que utilizan esta tecnología para almacenar y recuperar información de identificación de objeto. El objeto emisor de la información puede presentarse en forma de pegatina o tarjeta que va adherida al objeto, la cual está compuesta por una antena, un transductor de radio y un chip con memoria interna la cual porta información de caracterización. Dicha información debe ser leída a través de un lector RFID, el cual está compuesto por una antena, un transductor de radio y decodificador. Este lector es el encargado de enviar señales periódicas para analizar si existe alguna etiqueta RFID para extraerle la información y procesarla de manera que se obtengan los datos del objeto.

Dichas tarjetas RFID pueden ser de varios tipos según la memoria:

- Solo lectura: el código de identificación es único y no es modificable una vez se fabrica
- De lectura y escritura: el código de identificación es modificable a través del lector

También existen diferentes tarjetas RFID por su fuente de energía:

- Pasiva: no necesitan fuente de energía propia. Únicamente con la señal del emisor generan una corriente eléctrica suficiente para transmitir una respuesta. Su campo de acción es de pocos metros.
- Activa: necesitan fuente de energía propia para poder emitir señal. Son más fiables y emiten señales más fuertes pudiendo ser funcionales en entornos más complicados de operar (presencia de agua, contenedores, vehículos, etc) y a más distancia. Por el contrario, su adquisición es más costosa.

En cuanto a los diferentes tipos de lectores de etiquetas RFID, se pueden encontrar los siguientes:

- Túnel de lectura RFID
- Portal RFID
- Lector de mano RFID
- Lector de mesa RFID

Actualmente, estos sistemas han evolucionado hasta poder ser capaces de guardar información sobre si las mercancías han sido manipuladas por rotura de precintos o no desde que se le coloco la etiqueta en origen (ver ilustración 54), dando mucha más seguridad al sector logístico de los tratamientos que han podido sufrir las mercancías durante las operativas.



Ilustración 44. Precinto de seguridad RFID (Fuente: Precintia)

La tecnología RFID aun teniendo grandes ventajas para el sector logístico y ser usada en algunos sectores como el del *retail*, en el sector marítimo no ha tenido una gran acogida en los últimos años debido a su precio de adquisición y la falta de estándares de consenso en su uso que posibiliten su adopción en masa. Aun así, muchas empresas cada año sacan al mercado nuevos productos a partir de la tecnología RFID para el sector logístico.

Debido a este hecho, ni siquiera las terminales de contenedores que tienen un tráfico estandarizado han implementado soluciones mediante tecnología RFID, aun siendo una tecnología interesante para otros procesos secundarios que se puedan dar en terminales. En cuanto a terminales polivalentes, las etiquetas RFID podrían tener cabida si se consiguiese crear unos estándares que hagan que su uso para mercancía general o fraccionada pudiese ser rentable para cargadores y terminales.



#### 4.7.1.4. Sistemas de amarre automático

Actualmente se han desarrollado nuevos sistemas de amarre automático para buques en muelles portuarios. Estos sistemas buscan aumentar la velocidad de la operativa cuando existe un tránsito de buques lo suficientemente alto en el puerto para que sea rentable su utilización. Para ello, sustituyen las operaciones tradicionales de amarre por un sistema automático más eficiente y seguro para las operativas rápidas que se dan cuando existe mucho tráfico diario de buques, pudiendo utilizarse el amarre tradicional si fuese necesario como segunda opción.

En cuanto a tipologías, existen dos que son las que más avances presentan en la actualidad para su implementación en los puertos marítimos. La primera sería la de amarre mediante inducción magnética, haciendo que a través de una corriente eléctrica se genere un imán que es capaz de amarrar el casco del buque. Esta tipología presenta problemas debido a que el campo magnético que crea es sensible a alterar la señal de dispositivos u objetos que se encuentren en su radio de acción. Por este motivo no es una opción que sea muy conveniente en ciertos entornos donde se trabaja con dispositivos electrónicos o metales. Otra opción es la de amarre mediante succión, haciendo que en la cabeza de apoyo se produzca una presión negativa que sea capaz de amarra el buque (ver ilustración 55). Esta tipología de amarre automático afecta únicamente en el casco del buque a diferencia del amarre mediante imán, haciendo que sea una opción viable en entornos donde existen diferentes tipos de dispositivos o materiales que se vean afectados por el electromagnetismo. Gracias a este tipo de amarre/desamarre automático se consiguen tiempos de entre 10 y 30 segundos en realizar estas operaciones, haciendo que sea un ahorro de tiempos en las operativas.

Estos dispositivos suelen tener integrado los datos externos del buque y de las condiciones de la lámina de agua en el pie de muelle. De manera que se conocen datos de GT (Gross Tons) del buque, viento, calados y agitación en tiempo real. De esta forma, se puede controlar las condiciones de atraque del buque y amarre automático. En este tipo de sistemas la información es compartida entre el centro de mando de la terminal y el propio buque. De manera que ante cualquier incidencia se pueda recurrir a un amarre manual mediante la comunicación de ambas partes.



Ilustración 45. Amarre automático mediante succión en terminales. (Fuente: Exponav.org)

#### 4.7.1.5. Drones

En la actualidad cada vez son más las nuevas tecnologías que se optimizan y diseñan específicamente para ser utilizadas en diferentes entornos del sector del transporte y en espacial en el sector marítimo. Este hecho hace que años tras año sean más las iniciativas para poder implementar estas nuevas tecnologías que aporten mejoras en algún proceso tradicional o que implementen nuevos procesos que hasta ahora no se podía realizar debido a que no se había desarrollado la idea en profundidad o no se contaba con los avances tecnológicos necesarios.

Ejemplo de ello es la utilización de drones, que son capaces de dar información sobre un entorno de grandes dimensiones como suele ser el portuario en tiempo real y de manera visual. La utilización de drones actualmente puede ser una gran ventaja para poder entender de manera mucho más rápida y visual lo que está pasando durante una operativa o cualquier otro proceso que se de en una terminal marítima de manera continua. Aunque son muchas las ventajas que presenta esta nueva tecnología, hay que tener en cuenta que en la actualidad el uso de drones para este cometido aun supone dificultades sobre todo legislativas, ya que plantea problemas de seguridad y conflictos aéreos que deben ser estudiados con más detalle antes de su adopción final. Una función más realista y aplicable en la actualidad es la utilización de drones para obtener información topográfica de manera más económica y con grandes ahorros de tiempo. Los drones pueden utilizar tecnologías fotogramétricas y LIDAR que los hagan capaces de mapear un entorno mediante un láser. Dando como resultado una nube de puntos que describa una superficie con una precisión de centímetros y que luego pueda servir para poder obtener información útil para obras y proyectos.

En puertos como el Rotterdam o el de Amberes, entre otros, en el último año han hecho avances en la implementación de drones en sus espacios portuarios. En el caso de Rotterdam buscando mejores formulas legislativas en colaboración con diferentes entidades públicas para desarrollar normas que regulen el uso de drones en espacios portuarios con fines concretos. En el caso de Amberes realizando pruebas piloto a drones cuyo cometido sea realizar monitorización de infraestructuras, vigilancias, inspecciones, detecciones de derrames o residuos a la deriva, gestión de atraques y gestión de incidentes.



Ilustración 46. Dron sobrevolando puerto marítimo. (Fuente: El canal marítimo y logístico)

#### 4.7.1.6. Sistemas de red: 5G, SIGFOX, LPWAN

Actualmente debido a la digitalización de infraestructuras, procesos y equipos cada vez son más las posibilidades de interconexión entre estos elementos y los centros de control. Transmitiendo y recibiendo datos que luego tras un proceso de depuración se transformen en información útil para cada una de las partes en las que están integrados. Para poder realizar esta interconexión es necesario tener una red de banda ancha que soporte los diferentes dispositivos como es el caso de 5G, entre otros. Haciendo que exista una interoperabilidad de múltiples fabricantes bajo una misma red dedicada para ello. Este hecho se conoce como *Internet of Things* (IoT) o Internet de las cosas y es un concepto que hace referencia a la capacidad de trabajar bajo una misma red conectada con varios dispositivos (equipos, procesos, infraestructuras, etc). La densidad media de conexión de la red 5G es de 1 millón de dispositivos por cada Km<sup>2</sup> en el cual este desplegada. Por otro lado, si esta correctamente desplegada mediante un Data Center propio del puerto, se asegura la baja latencia y, por tanto, la rapidez de transferencia de la información en tiempo real que se asegure una interconexión eficiente. Además, su combinación con otras tecnologías como MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) hace que se pueda mejorar la transferencia de datos, incluso pudiendo llegar a dar telefonía, datos e internet a los buques que se encuentran dentro del puerto o en su zona de fondeo esperando entrada de manera eficiente y segura. Las redes 5G permiten automatizar, controlar y trazar diferentes dispositivos que pertenecen al propio puerto, tanto para la parte industrial, logística y de transporte. Dando información en tiempo real de cada uno de los procesos que se dan en un puerto. Por último, siempre hay que tener en cuenta los problemas de seguridad que puede tener este tipo de interconexión a nivel de ataques de red y tener protocolos de seguridad que permitan su correcta adopción en infraestructuras claves para un país como son los puertos.

Es importante tener en cuenta que el 5G no es nada más que un conjunto de tecnologías y protocolos en los que englobar un sistema de banda ancha de tipo celular, los cuales se desarrollan bajo la denominación de 5G por ser la quinta generación de este tipo de tecnologías. En este caso permite frecuencias bajas, medias y altas dependiendo de los Hz asociados a cada una. Esto hace que se puedan tener frecuencias bajas que tengan mucho alcance, pero poca velocidad, perfectas para enviar pequeños paquetes a gran distancia, con poca energía y sin gran necesidad de latencia. En cambio, las altas frecuencias permiten enviar muchos más datos, con tasas de latencia muy bajas, acosta de tener un consumo energético mucho más alto.

Este consumo alto de energía más el propio coste de aplicación y despliegue de la red, es la parte más restrictiva a la hora de implementar el 5G y más si la red es dedicada. Es por ello, que ante necesidades mucho menores, las cuales no necesiten de la transferencia de grandes volúmenes de datos como es la de gestión de un vehículo autónomo tipo AGV o de una grúa RTG/RMG, quizás implementar una red 5G sea demasiado costoso. Aunque sí que es cierto que existen muchos proyectos piloto en la actualidad para la instalación de redes 5G en infraestructuras portuarias o de transporte que buscan una inversión a largo plazo para estas tecnologías que aún están por demostrar todo su potencial en este tipo de entornos.

Cuando las necesidades de conexión son mucho menores, se puede recurrir al uso de redes tipo LPWAN a través de su protocolo LORA o SIGFOX. Que nacieron como alternativas realizadas por empresas privadas a las redes móviles o WiFi debido a su poco alcance y alto consumo que las hacia no compatibles con ciertos usos. Simplemente se tratan de protocolos de red que trabajan en bajas frecuencias con un consumo bajo y un alto alcance, perfectas para transmitir y recibir pequeñas cantidades de datos como un estado o un posicionamiento dentro de un sistema. En el caso de SIGFOX, que también es un operador de telecomunicaciones, la red se encuentra desplegada a través de pasarelas a nivel de 72 países, aunque su cobertura no es perfecta a lo largo de los territorios y su uso es bajo suscripción. Por otro lado, tiene un alcance de 13 Km en zonas descubiertas y 2 Km en ciudades. Además, el operador cuenta con APIs web basadas en estándares para automatizar la gestión de dispositivos e implementar la integración de datos. Por último, cuenta con acuerdos en el extranjero para que no existan problemas al moverse de un país a otro con un mismo dispositivo. La principal diferencia con LORA (capa física de radiofrecuencia) de LPWAN (capa de protocolo) es que esta puede ser gratuita mediante una pasarela privada creada por el usuario u operada a través de una pasarela publica con los problemas de seguridad que ello conlleva.

Por otro lado, las redes LPWAN puede ser combinadas junto a las tecnologías 4G o 5G para reducir el consumo energético de estas últimas. Dando solución al uso de cochea autónomos, seguridad mediante cámaras de alta definición o seguimiento de activos sin grandes necesidades de energía. Ejemplo de ello, son las redes NB-IoT y LTE-M, que aun teniendo un coste energético más alto que las LPWAN, ganan en velocidad y rendimiento. En el caso de LTE-M dispone de mayor velocidad de datos, mejor movilidad y permite transmitir voz a través de la red, por lo que es perfecta para telecomunicaciones. Sin embargo, NB-IoT utiliza menor ancho de banda y su coste es menor por lo que es perfecta para recogida de datos.

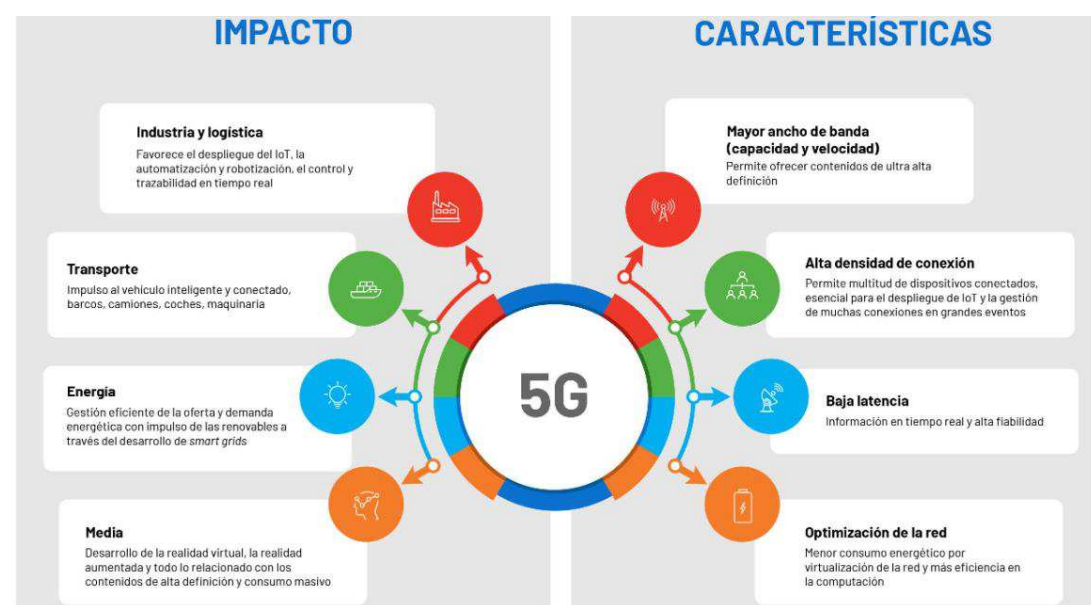


Ilustración 47. Características y sectores aplicables del 5G. (Fuente: Puerto de Barcelona)



En cuanto a uso real en puertos marítimos, la mayoría de estas redes están comenzando a desplegarse, siendo poca la información al respecto por encontrarse en fases iniciales los proyectos. El Puerto de Barcelona realizó hace unos años pruebas piloto de lo que supondría el uso de LORA en comparación con el uso del GPS. Dando como resultado que el uso de LORA en los entornos portuarios era más que satisfactoria para posicionamiento de activos. Dando una señal nítida y clara y con un bajo consumo energético respecto a otras tecnologías.

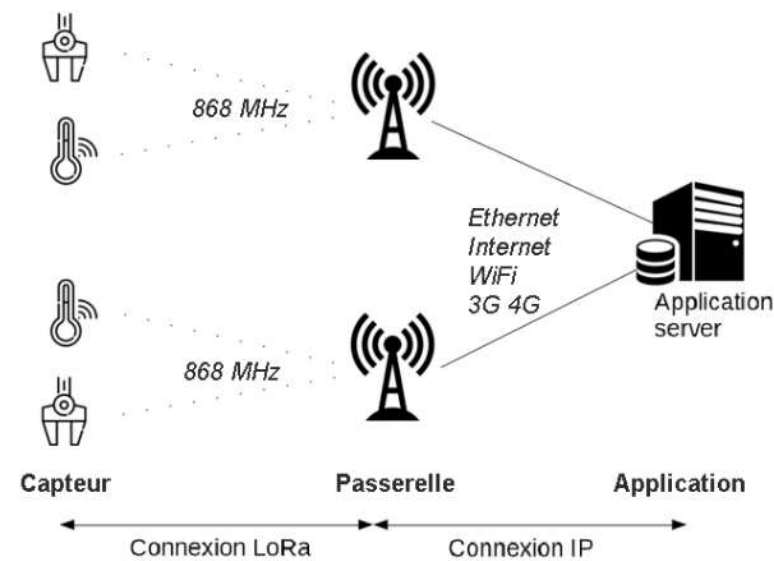


Ilustración 48. Redes LPWAN. (Fuente: LPWAN)

#### 4.7.1.7. Sistemas de gestión operativa

Además de la aplicación de nuevas tecnologías en los puertos marítimos que produzcan grandes mejoras en distintos aspectos de una terminal, también se pueden aplicar nuevas reglas de gestión operativa que garanticen el correcto funcionamiento de esta. Estas reglas de gestión deben acompañarse de protocolos de actuación, personal cualificado y sistemas informáticos adecuados para su correcta implementación y funcionamiento diario.

Ejemplo de ello son las reglas *Closing Time* que buscan establecer horarios que distribuyan cada fase operativa de la cadena logística de forma que se conozca perfectamente los tramos en los que se encuentran los diferentes procesos de una terminal. Además, contando con unas vías de información concretas para que los agentes implicados sean consistentes en todo momento de donde se encuentra la información. Esto hace que se mantenga un cierto orden de actuación que a su vez se

convierte en una mejora de las operativas de transporte y en el intercambio de la información entre los diferentes agentes implicados.

Otros ejemplos son los sistemas de ventanas de atraque para los buques y los de cita previa para camiones y trenes. Estos sistemas intentan crear un orden de llegadas en los cuales los distintos transportes no produzcan un pico de demanda que sature la terminal. Haciendo que la planificación de la terminal sea mayor y se consiga una mayor eficiencia en los procesos de gestión de documentación y operativos. De esa forma, se consigue que la terminal pueda disponer de la información en tiempo y forma para su gestión, para después preparar las operativas necesarias antes que lleguen los diferentes transportes de carga/descarga a la terminal. En cuanto al resto de agentes que no son la terminal (cargadores, transportistas, receptores, etc), se garantiza un alto grado de satisfacción debido a que los procesos operativos no producen tantas pérdidas de eficiencia en el paso por la terminal, un hecho que es crítico, ya que un medio de transporte cuanto más tiempo pase en un terminal menos beneficioso resulta. Lo ideal es que tarde lo justo para carga/descargar y no tenga casi tiempo de esperas. En caso de que esto no sea así, se puede llegar a colapsar una terminal debido a las colas que se producen esperando ser atendidas.

Todos estos sistemas de gestión suelen tener un coste bastante más bajo que el beneficio de su aplicación respecto otras tecnologías que pueden llegar a resultar mucho más atractivas a priori. Es por ello, que siempre son importantes a la hora de gestionar las operativas de una terminal tener en cuenta sistemas, reglas y protocolos que mejoren los diferentes procesos involucrados. Ya que pueden suponer una gran diferencia en cuanto a la calidad de servicio ofrecida.

#### 4.7.2 Flexibilidad operativa en terminales marítimas

La flexibilidad operativa es una característica fundamental de las terminales polivalentes actuales para su correcto y esperado funcionamiento. Para conseguirla se debe garantizar que existan los mecanismos necesarios para poder albergar diferentes tráficos a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta las variaciones organizativas dentro de la terminal resultantes de las diferentes operativas posibles y pudiéndose adaptar fácilmente en tiempo y forma debido a que existe una planificación previa a estas. Claramente, estas variaciones tendrán un límite normal establecido para el cual no deje de ser funcional la terminal y pierda su polivalencia. Es por ello por lo que, aunque físicamente sea posible albergar un solo tipo de tráfico en momento dado si las circunstancias lo requirieren, no es el objetivo real de una terminal polivalente dentro del sistema portuario de una región. Estos mecanismos incluyen tanto la parte física de la terminal como la parte de gestión en cualquiera de sus vertientes. Esta característica a diferencia de las terminales especializadas donde su función principal es mover grandes volúmenes de un solo tipo de tráfico hace que no se busque tener una estructura operativa muy rígida en la terminal sino más bien una estructura que sea capaz de adaptarse en el tiempo a las necesidades de cada tráfico previsto. Es por ello, que se pierde capacidad operativa en cierta manera para ganar en flexibilidad operativa en las terminales polivalentes actuales.

Para ello, es importante tener en cuenta ya en fase de diseño las posibles limitaciones estructurales y no estructurales dependientes de los tráficos previstos que se van a tener a la hora de plantear soluciones para una terminal polivalente. Claramente antes de plantear limitaciones en el diseño habría que conocer los tráficos previstos por el Plan de empresa de la terminal y su variación temporal para el periodo estudiado. Una vez se sepan los tráficos esperados y su posible variación en el tiempo habrá que diseñar la terminal teniendo en cuenta estas variaciones y las necesidades concretas de cada tráfico. Tener en cuenta en el diseño previsto las posibles variaciones de tráficos y las posibles reconfiguraciones de la terminal harán que se pueda tener una terminal preparada para absorber las demandas previstas y no se tenga un riesgo de colapso por demandas tan importante.

Una vez se ha hecho el diseño teniendo en cuenta las variaciones posibles, esta información puede resultar muy útil para los mecanismos de gestión de la terminal que se diseñen posteriormente. Ejemplo de ello es que esa información puede ser utilizada para el TOS de la terminal a la hora de establecer limitaciones y reglas de operación que hagan que se pueda trabajar de manera mucho más ágil y preparada que si no se ha tenido en cuenta esta información en el diseño. Haciendo que los diseños se hagan pensando también en las nuevas tecnologías aplicables a la terminal y garantizando su correcta adopción y establecimiento en el tiempo.

Es por ello, que tener en cuenta la flexibilidad dentro del diseño puede suponer una diferencia sustancial a la hora de gestionar una terminal polivalente en el futuro. Tanto de sus sistemas organizativos, tecnológicos, administrativos y espaciales. Haciendo que los beneficios sean incrementados debido a la reducción de posibles reestructuraciones posteriores que hagan que la terminal pueda dejar de ser funcional en un momento dado, con todos los agravios que ello supone.

#### 4.7.3. Sostenibilidad en terminales marítimas

En la actualidad, el análisis de la sostenibilidad de las infraestructuras ha pasado a ser parte indispensable en su creación y desarrollo a lo largo del tiempo. Tanto dentro de su ubicación como en su entorno debido a que, aunque la propia infraestructura se encuentre en una posición fija, su influencia puede afectar a otros sistemas anexos dependientes o independientes. Es por ello, que se vuelve vital atender a las necesidades de sostenibilidad en cualquiera de sus variantes, económica, financiera, social, institucional y medioambiental en los proyectos de infraestructuras actuales. Midiéndola a través del tiempo y a diferente nivel para tener en cuenta su influencia en el entorno.

En el caso de las terminales marítimas no es diferente, debido a que se tratan como ya se ha visto a largo del presente trabajo de infraestructuras que tienen una gran influencia en el entorno tanto para la sociedad como para el propio territorio debido a su extensión sobre este. El correcto análisis de la sostenibilidad en todas sus variantes hace que se pueda tener una terminal, un puerto o un sistema portuario con las suficientes fortalezas y resiliencia para poder ser mantenido en el tiempo con equilibrio. Garantizando su establecimiento y dotando a la sociedad de mayores contribuciones económicas, sociales y medioambientales que la hagan crecer en la misma dirección.

Tanto la sostenibilidad económica que está marcada por la solvencia de recursos económicos como la sostenibilidad financiera que está marcada por la liquidez de efectivo inmediato, son de vital importancia para que una terminal marítima pueda tener equilibrio en el corto, medio y largo plazo. Reuniendo los recursos financieros y económicos suficientes para poder ser sostenible sin necesidad de ayuda económico-financiera no prevista o de ayuda. Para ello, se hace necesario tener un buen análisis económico-financiero que demuestre estos aspectos con una planificación previa a través de los distintos instrumentos disponibles y herramientas de análisis tanto para una terminal, un puerto o un sistema portuario.

En cuanto a sostenibilidad social que hace referencia a la búsqueda y establecimiento de sociedades inclusivas, equitativas y resilientes y a la institucional que hace referencia al apoyo política, la capacidad institucional y de gestión para dar continuidad a las acciones implementadas al proyecto se hace fundamental su inclusión en el establecimiento de terminales portuarias, puertos y sistemas portuarios ya que garantiza su correcta adecuación y establecimiento a lo largo del tiempo. Sin una correcta visión social o un apoyo institucional suficiente un proyecto de terminal se puede incapaz de ser llevado a cabo o mantenido.

Por último, en cuanto a sostenibilidad ambiental se entiende al equilibrio entre las acciones del ser humano y la naturaleza o entorno. En este caso, debido al propósito del trabajo es en la cual se va hacer más hincapié de las 5, ya que se pueden plantear medidas que se tengan en cuenta en el diseño técnico de una terminal de manera concreta. En este caso, la sostenibilidad medioambiental se ve marcada por el establecimiento de protocolos de control y gestión y el uso de medidas preventivas, predictivas y correctoras para evitar daños al medio ambiente.

Se pueden definir varios aspectos que marquen la correcta consideración de la sostenibilidad medioambiental dentro de una terminal.

#### Residuos sólidos y líquidos generados

Por un lado, los vertidos de aguas residuales sanitarias e industriales deben estar separados de los pluviales. Además, deben ser llevados a una fosa séptica para su correcto procesamiento una vez han sido captados. Por otro lado, habrá que disponer de los mecanismos necesarios para evitar la contaminación de suelos debido a vertidos, realizando análisis a estos si fuese necesario según normativo para verificar su calidad. En el caso de que estos hubiesen pasado los límites establecidos de contaminación se debe garantizar su recuperación y control de parámetros.

Entre las diferentes medidas de prevención destacan la limpieza de vehículos en zonas habilitadas, la impermeabilización de suelos en zona de almacenamiento de sustancias peligrosas o el uso de cubetas para la recogida de líquidos ante un derrame,

En cuanto a los residuos generados es de obligado cumplimiento garantizar que se cuenta con un plan de gestión de residuos para las instalaciones de la terminal. Haciendo que dentro de las



instalaciones se produzca el separado y acondicionamiento de los residuos y teniendo en consideración su almacenamiento fuera de zonas sensibles como es el pie de muelle. Por último, se debe garantizar que los residuos son retirados adecuadamente a un centro de tratamiento para aquellos residuos no catalogados dentro del convenio MARPOL por una empresa autorizada.

### Eficiencia energética y sostenibilidad de recursos

En cuanto a eficiencia energética se debe prever el consumo energético de las instalaciones y equipos instalados en la terminal, adecuándolo según un sistema de gestión energética basado generalmente en la norma ISO 50001, que garantice el correcto uso de los recursos energéticos y su sostenibilidad. Para ello, aspectos a tener en cuenta como la estructura de demandas energéticas y su gestión es fundamental para contar con un buen análisis de recursos energéticos en la terminal. Una vez este establecida, el siguiente paso será mantener un control y seguimiento de la estructura energética de manera continua que garantice los estándares anteriormente mencionados.

En cuanto a medidas de ahorro y eficiencia energética en las terminales destacarían las siguientes para los entornos portuarios:

- Mejoras sobre la envolvente de fachadas de edificios, mejorando el aislamiento de cubiertas y de fachas y modificando los huecos de fachada mediante la sustitución, reconversión de acristalamientos, carpinterías y/o la instalación de dobles ventanas. Cumpliendo las certificaciones energéticas de edificios según el Decreto 235/2013 para su correcta adecuación.
- Mejoras de los sistemas de iluminación mediante sustitución de equipos electromagnéticos por electrónicos, implantación de sistemas de control de iluminación exterior e interior y utilización de lámparas de bajo consumo.
- Mejoras sobre sistemas de generación térmica con el uso de combustibles alternativos como el gas natural o pilas de hidrogeno (en actual desarrollo) y el uso de reguladores de temperatura o desestratificadores en naves de gran altura.
- Mejoras de la eficiencia energética en ofimática y CPDs (Centros de Procesamiento de Datos)
- Mejoras de la flota de vehículos con uso de motores eléctricos, de combustibles alternativos o de mayor rendimiento.
- Uso de GNL (Gas Natural Licuado) o biocombustibles como HVO (biodiesel) o bioetanol para motores de buques como sustitutivo o complemento a combustibles tradicionales.

- Utilización de energías renovables como la fotovoltaica en cubiertas de naves industriales o el uso de la eólica o la mareomotriz como complemento al uso de fuentes tradicionales.
- Suministro de energía al buque (Cold Ironing) mediante abastecimiento eléctrico desde el muelle para evitar el uso de los motores auxiliares mientras permanece atracado en puerto.



Ilustración 49. Placas solares sobre cubierta de Terminal de Balearia (Valencia). (Fuente:ElMercantil)

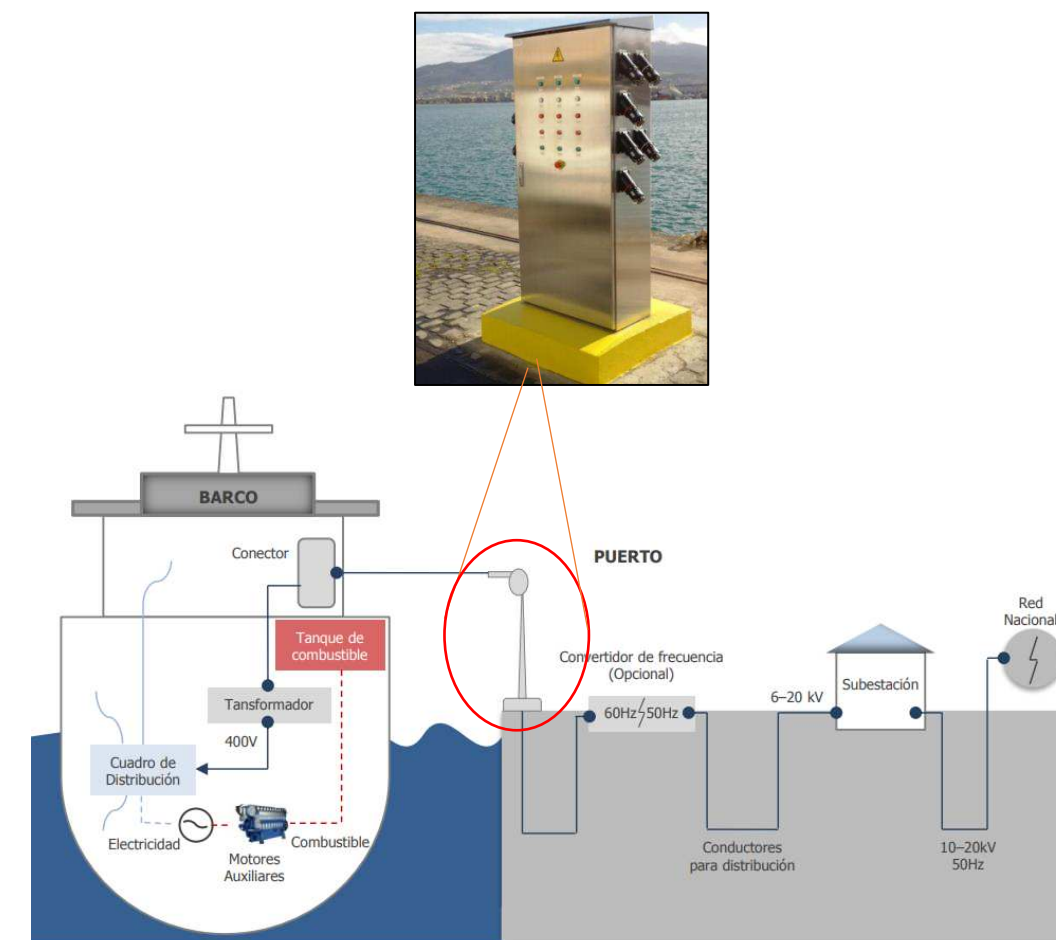


Ilustración 50. Suministro eléctrico desde muelle para buque (Cold Ironing). (Fuente: Puertos del Estado)

### Contaminación lumínica

Se debe garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior y dispositivos luminotécnicos del alumbrado cumplen el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas. Haciendo que su uso se adecue a las condiciones de trabajo y al entorno donde se encuentran instaladas.

En cuanto a sistemas de control y ahorro de las necesidades de iluminación existen actualmente soluciones como los sistemas de iluminación dinámica. Estos sistemas se basan en la gestión y control del alumbrado para la reducción del consumo energético en terminales portuarias de un modo inteligente y eficiente. Variando mediante software las necesidades lumínicas hasta un tercio cuando no existan operaciones en las superficies afectadas por las torres de iluminación.

### Contaminación acústica

Se debe garantizar que durante el periodo de explotación de la Terminal se cumplan los niveles de emisión de ruidos al exterior. Tomándose medidas preventivas en cuanto a la generación de ruido cerca de entornos urbanos que puedan verse afectados. Para ello, el uso de sensores dentro de la terminal y la realización de mapas de ruido son fundamentales para llevar un control de parámetros.

En fases de diseño se debe prever en el diseño alejar los focos de operaciones que generen más ruido de las zonas urbanas cercanas a la terminal, aunque esto en la práctica no suele ser posible debido a las necesidades técnico-operativas de la terminal. Por otro lado, el uso de motores más silenciosos o motores eléctricos en equipos de manipulación o el suministro directo de electricidad a buques (Cold Ironing), son también alternativas a contemplar para una terminal marítima.

### Contaminación de aguas

Se debe garantizar que no se producen vertidos ni fuentes contaminación al medio marítimo. Además, se debe intentar fomentar el control mediante análisis periódicos de la calidad de las aguas para detectar su posible contaminación a pie de muelle y para encontrar fuentes de contaminación si ese fuese el caso. Las cuales no tienen por qué ser únicamente los buques atracados, ya que pueden producirse vertidos desde el lado tierra.

En la actualidad, como complemento a las mediciones in situ existen sistemas de monitorización y control de contaminantes en entornos acuáticos mediante el uso de sensores y sondas que den datos constantes sobre la composición del agua. Aunque su uso en entornos portuarios no suele ser aún muy frecuente, son una buena alternativa para tener en cuenta a largo

plazo para el control de vertidos en aguas portuarias. Sobre todo, para detección de hidrocarburos y aceites industriales que suelen ser los vertidos más cotidianos en este tipo de entornos.

### Calidad del aire

En cuanto a la calidad del aire se debe garantizar que los niveles de contaminantes producidos y emitidos en el entorno de la terminal son adecuados mediante el uso de sensores de medida que garanticen la adecuada calidad del aire. Sobre todo, en los puntos donde se realizan las distintas operativas de la terminal mediante maquinaria, a pie de muelle o en las cercanías de los entornos urbanos si fuese el caso.

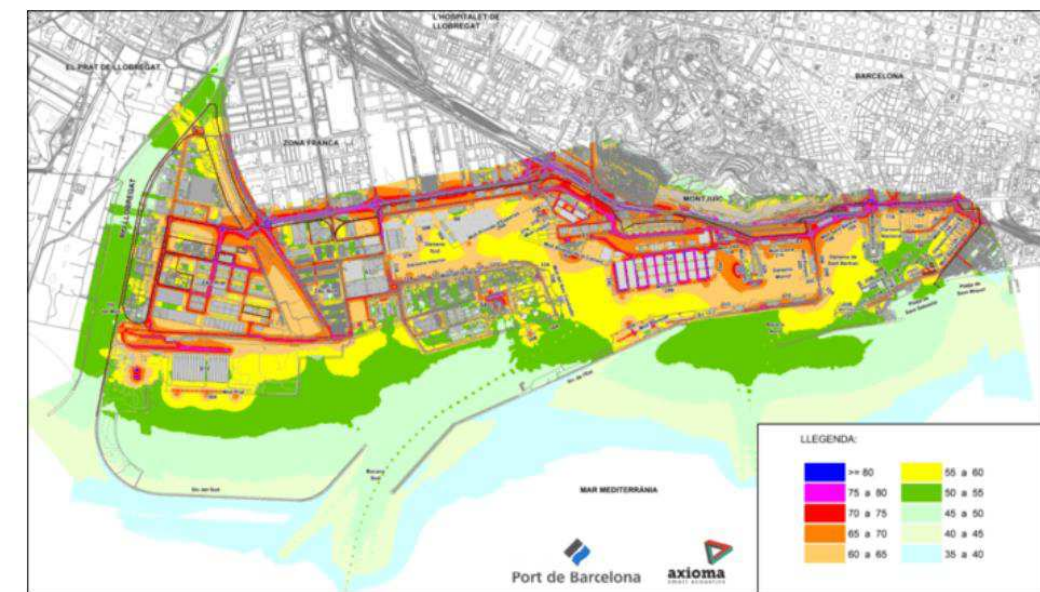


Ilustración 51. Mapas de ruido (Puerto de Barcelona). Fuente: Port de Barcelona



Ilustración 52. Estación de monitorización y control de calidad de aire. (Fuente: Kunak)



## 5. Análisis concesional de la nueva terminal polivalente del Puerto de Sagunto (Muelle 2 centro)

### 5.1. Introducción

Para poder concretar aspectos del diseño de la futura terminal polivalente del Puerto de Sagunto ubicada en el Muelle 2 centro, se procede a analizar los diferentes condicionantes técnicos descritos por la APV en el “Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de concesión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto”, en concreto el modificado que tiene fecha de 1 de octubre de 2021, el “Pliego de Condiciones Generales y Particulares del concurso para la construcción y explotación, en régimen de concesión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto” que tiene fecha de 08 de septiembre de 2021 y las diferentes “Resoluciones de cuestiones técnicas relativas al Concurso” posteriores a la publicación de los diferentes pliegos para la concesión de la nueva terminal.

Dentro de la estrategia de desarrollo, la APV tiene diversos objetivos estratégicos para asegurar unas infraestructuras destinadas al tráfico de mercancías adecuadas de manera que se asegure un nivel de servicio competitivo. Para ello se debe tener en cuenta las diferentes necesidades de los tráficos de mercancía general, la carga fraccionada, el tráfico de contenedores, el RO-RO y el transporte de grandes proyectos. Todo ello a su vez, teniendo en cuenta el transporte de mercancías por las Autopistas del Mar, el transporte marítimo de corta distancia y los distintos corredores que pasan por el Puerto de Sagunto, además de los aspectos relativos a la innovación y desarrollo de las terminales, el aprovechamiento de energías limpias (Pacto verde de la Unión Europea) y las políticas de transición energética.

Es por ello, que la APV ha previsto en su estrategia de infraestructuras, la promoción para la construcción de un acceso ferroviario y otro viario por el sur, en correlación con la planificación de los nuevos accesos para el área industrial de Sagunto ya vistos anteriormente que se marcaban dentro de GVA. Estos proyectos incluyen: un acceso ferroviario al Puerto de Sagunto (actualmente en construcción), la construcción de una red viaria interior que conecte con el nuevo acceso sur y la construcción de la playa de vías (adyacente a la terminal polivalente del presente trabajo) y la red ferroviaria interior que conecte con el nuevo acceso sur del Puerto de Sagunto y el área industrial de Parc Sagunt. Con ello, se busca dotar al Puerto de Sagunto de unas infraestructuras capaces de otorgar una mejora en el servicio ofrecido. De manera que el transporte intermodal marítimo-terrestre se vea mejorado y conectado a su vez con otros nodos logísticos mediante los distintos corredores de manera más eficiente y segura. Estas infraestructuras se enmarcan en el “Convenio regulador de las aportaciones financieras de la Autoridad Portuaria de Valencia con cargo al Fondo Financiero de Accesibilidad Terrestre” suscrito por ADIF, PE y APV, el 17 de junio de 2017.

En consecuencia, la APV ha querido dotar al Puerto de Sagunto de una nueva terminal marítima polivalente destinada principalmente a mercancía general, tanto contenerizada como no contenerizada y una terminal ferroviaria que se encuentre adyacente a esta, de manera que pueda garantizar un transporte intermodal eficiente y seguro.

Esta terminal se encuentra en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto:

- Coordenadas (Latitud y longitud): 39° 38' N 0° 13' O
- Coordenadas (UTM): 30 S 738348 E 4391958 N



Ilustración 53. Vista aérea de la zona de estudio – Muelle Centro 2. (Fuente: Google Earth)

### 5.2. Aspectos técnicos

Con todo ello, desde la APV mediante el pliego correspondiente a las bases de concurso se indican las características técnicas que tendrá esta nueva terminal para poder ser parte del conjunto de *Valenciaport*, de manera que garantice la estrategia de crecimiento que se lleva en el conjunto de servicios e instalaciones.

La información aportada por la APV es la siguiente:

Se proyecta una nueva terminal marítima polivalente que disponga de un muelle de hasta 509 metros de línea de atraque y una explanada de 207.000 m<sup>2</sup> aproximadamente de extensión, los cuales incluyen unos 15.000 m<sup>2</sup> dedicados a la zona de maniobra, la cual tendrá unos 30 metros estipulados de ancho junto al cantil del muelle.

Respecto a la ubicación de la nueva terminal se ubica como ya se ha mencionado en el presente trabajo en lado Oeste de la Dársena 2, lo cual corresponde con el Muelle Centro 2, el cual en su tramo central continua pendiente de finalizarse a fecha actual del trabajo (ver ilustración 28).

Junto a la superficie del muelle existen tres superficies anexas que pueden complementar la futura terminal polivalente si así se requiriese por parte del licitador:

- Una superficie de aproximadamente 30.000 m<sup>2</sup> que queda ubicada al oeste del Muelle Centro 2. En la cual se tiene previsto disponer una nueva terminal ferroviaria con una playa de vías formada por 3 vías de 750 metros de longitud. Esta playa de vías será ejecutada por la APV, dando la posibilidad al licitador de la nueva terminal polivalente de construir la superficie de explanada que dará acceso a la nueva terminal ferroviaria del Puerto de Sagunto.
- Una parcela colindante ubicada al norte del Muelle Centro 2 de aproximadamente 19.000 m<sup>2</sup>, en la cual se encuentra ubicada una estructura tipo edificio compuesta por 4 naves adosadas que forman un total 12.061 m<sup>2</sup> de espacio de almacenamiento, las cuales incluyen unas oficinas anexas de unos 346 m<sup>2</sup> ya construidos y la parte de la urbanización exterior.
- Una superficie de aproximadamente 46.000 m<sup>2</sup> que se ubica al sur del Muelle Centro 2 y que cuenta con una línea de atraque de 260 m y con un tacón RO-RO que podría incorporarse dentro de la concesión, aunque actualmente está ocupada por terceros.

Además, se tendrán en cuenta para el diseño de la terminal aspectos tecnológicos y de sostenibilidad que puedan proporcionar un servicio de alto rendimiento y competitivo que garantice el papel industrial del Puerto de Sagunto dentro del sistema de Valenciaport.

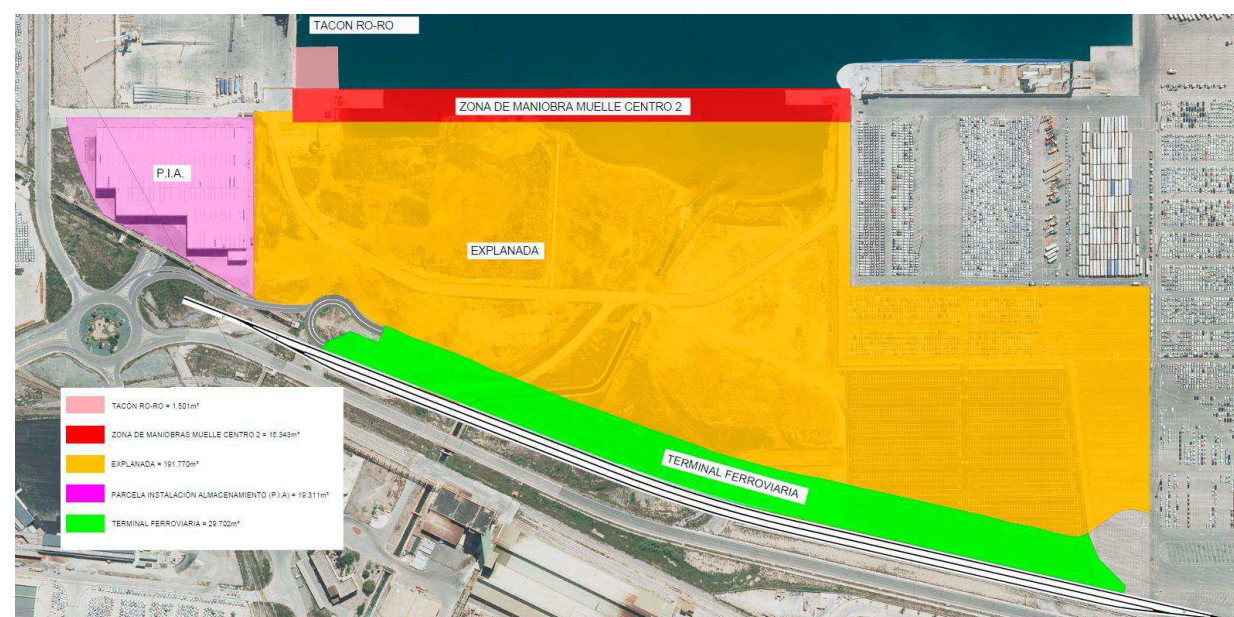


Ilustración 54. Espacios en concesión de la nueva terminal de Sagunto - Muelle Centro 2. (Fuente: 'Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de concesión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021)

La terminal que resulte de la fase de diseño deberá tener las siguientes características:

- La capacidad necesaria para prestar servicio simultáneo a dos buques con mercancía general
- El cumplimiento de los estándares más avanzados en cuanto innovación, flexibilidad y sostenibilidad
- La necesidad de garantizar una excelente conectividad y posicionamiento respecto a los tráficos de carga general o fraccionada, contenedor, carga rodada, grandes proyectos y transporte especial

Respecto a los tráficos objetivos, el granel puede estar incluido siempre que no se trate de graneles líquidos inflamables, los cuales no se contemplan para la propuesta de la nueva terminal. Tampoco se puede incluir como tráfico objetivo los graneles sólidos pulverulentos si no se incluye un proyecto de una instalación especial para su manipulación por parte del licitador.

Respecto a las obras de dragado y relleno del muelle, la APV se encargará de ambas. Por otro lado, el licitador puede optar a la realización o no de la ejecución de las distintas obras de construcción de las instalaciones de atraque pertenecientes al Muelle Centro 2. Además, también podrá optar a la ejecución de las obras de compactación y urbanización de la explanada de la terminal ferroviaria y del muelle.

En cuanto a la terminal polivalente marítima y la terminal ferroportuaria anexa a ella, la cual cabe la posibilidad de que sea el mismo concesionario de la terminal polivalente, deberán ser explotadas en régimen abierto al tráfico general de mercancías (terminal pública). Debido a ello, se deberá tener en cuenta la modalidad de uso teniendo en cuenta el aumento de los tráficos a lo largo de la vida de la terminal y aquellos elementos que garanticen una explotación competitiva, haciendo hincapié en el aprovechamiento óptimo de los espacios concesionados y la propuesta de explotación y el proyecto empresarial para la terminal. Además, otros servicios complementarios como son el suministro eléctrico a buques podrán ser ofrecidos por el propio concesionario dentro de su propuesta si así lo considerase.

Dentro de los aspectos de solvencia técnica que se tienen en cuenta para la valoración de la propuesta se requiere que el diseño de la terminal tenga un tráfico anual mínimo previsto de 250.000 toneladas de mercancía general (contenerizada o no contenerizada) y una terminal ferroviaria con un tráfico anual superior a los 10.000 UTIs (Unidades de Transporte Intermodal) en el caso de que se incluya en la propuesta la terminal ferroportuaria, la cual tendrá 3 vías de 750 m de longitud.

Respecto a cuestiones técnicas para tener en cuenta sobre las superficies existentes, el muelle de 509 metro tendrá después de las obras de dragado un calado mínimo de 16 m, la lámina de agua máxima está dada por un ancho de 65 metros, que para el caso de no incluir la superficie al sur de 46.000 m<sup>2</sup> daría como resultado una superficie máxima de lámina de agua de 30.570 m<sup>2</sup> (ver ilustración 30). Por otro lado, el tacón RO-RO existente actualmente en el lado norte del muelle solo permite realizar las operativas de carga y descarga de costado al Muelle Centro 2, por ello el licitador



puede optar a construir un tacón RO-RO de 39 m por ambas caras, sustituyendo el que se encuentra actualmente en ese punto para garantizar la operatividad de buques atracados en el Muelle Centro 2 únicamente sin la necesidad de utilizar el otro muelle que se encuentra al norte de la futura terminal.

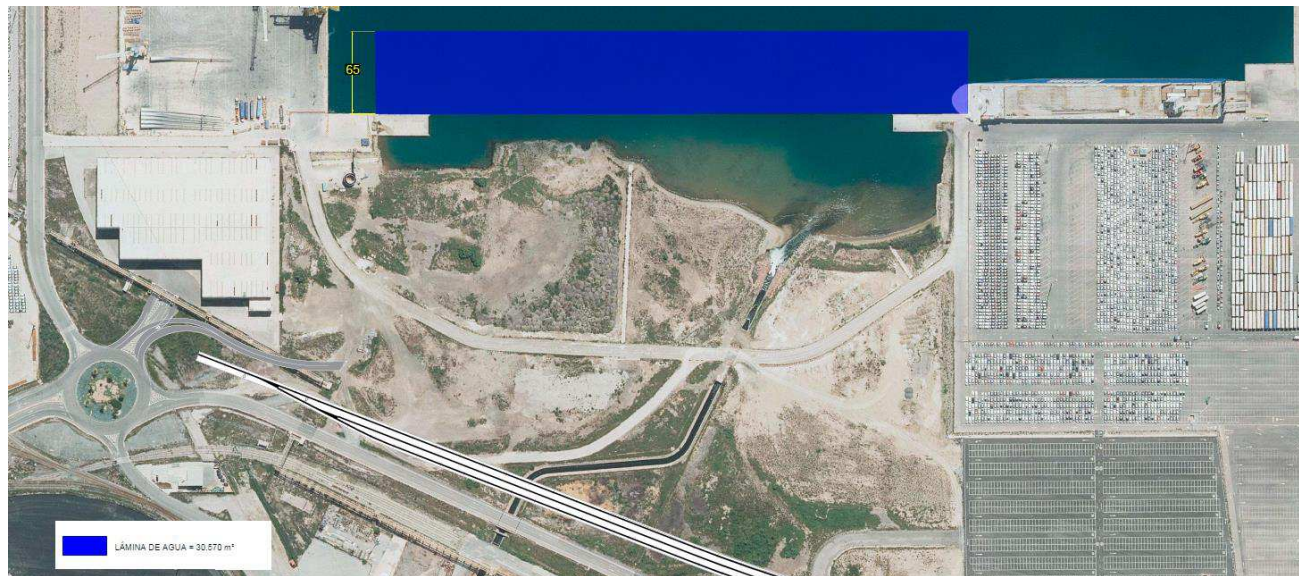


Ilustración 55. Espejo de agua máximo perteneciente a la nueva terminal de Sagunto -Muelle Centro 2. (Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021")

Otros aspectos importantes para el licitador que resulte adjudicatario, son los distintos condicionantes que marca la APV en cuanto a espacios, obras e instalaciones dentro de la concesión.

En cuanto a las obras de infraestructura y la superestructura del muelle y de la explanada adyacente a la playa de vías serán realizadas por la APV, siempre que el licitador haya decidido no incluir su realización dentro de la propuesta de la terminal.

En cuanto a lo que sería la red viaria, la APV tiene la necesidad de garantizar un nivel de servicio adecuado, tanto de la que recorre el puerto como de los accesos que dan al puerto. Por ello, será importante que el diseño prevea el buen funcionamiento de la red viaria y su impacto. Haciendo que se permita una gestión eficaz de las colas y una correcta fluidez de circulación general dentro del puerto de las distintas partes involucradas en el funcionamiento de este.

Además, la APV prevé la ejecución de obras de canalización subterránea de pluviales dentro de la terminal, las cuales quedan fuera del ámbito de la concesión.

Otro punto importante es que el concesionario deberá disponer de una superficie de 1.000 m<sup>2</sup> para el depósito de bobinas de cables de Alta Tensión para la conexión eléctrica con Baleares. Además, deberá facilitar las operaciones de carga y descarga de dichas bobinas en el atraque.

Por último, otro aspecto importante será la necesidad de garantizar la comunicación rodada en el caso que no se construya un tacón ro-ro al norte del Muelle Centro 2, haciendo que las operativas tengan que atracar en el Muelle Norte 2 de costado con las consecuencias derivadas de ello a la hora de permitir la buena comunicación dentro de la terminal.

### 5.3. Planes para la concesión

A continuación, se muestran características que deben contener los distintos planes a presentar según las bases de concurso para la concesión del Muelle Centro 2 y que tiene importancia en cuanto al buen diseño técnico de la futura terminal en el presente trabajo.

#### 5.3.1. Plan Técnico / de Inversión

El plan técnico y de inversión deberá cumplir los siguientes mínimos exigidos en los Anexo II y III del pliego de bases de concurso:

- Plano de delimitación del ámbito de la concesión en el cual se deben incluir la medición de la superficie de los terrenos, la lámina de agua, y la longitud del muelle.
- Dentro del diseño propuesto para la terminal polivalente se debe incluir la siguiente información: la zona de maniobra, las edificaciones para albergar las distintas mercancías previstas y áreas de depósito, las áreas destinadas para los reefers, las áreas para mercancías peligrosas, la circulación interna, las puertas de acceso al recinto, las conexiones con la terminal ferroviaria, las áreas de espera y centros de control, el diseño de edificaciones e instalaciones auxiliares.
- Detalle de los equipos de manipulación y resto de maquinaria que se encontrará dentro de la terminal. En cuanto a ello, se consideran elementos de manipulación las grúas de muelle (STS), las grúas de patio (frontales, side loaders, reachstackers, RTG/RMG), palas cargadoras, carretillas elevadoras, maffi rolltrailer systems, además de las instalaciones mecánicas para manipulación de graneles polvorientos y los equipamientos de la terminal ferroviaria. Estos últimos en el caso que se incluyesen la terminal ferroviaria o el tráfico de graneles polvorientos en la propuesta presentada para la concesión.

- Indicación y justificación de la capacidad anual de la terminal polivalente (TEUs, UTIs, toneladas totales, etc.) y de la terminal ferroviaria en el caso de optar a su inclusión (UTIs y TEUs). Además, se deberá incluir el nivel de servicio propuesto para estos tráficos.

#### 5.3.2. Plan de operaciones

Otro punto importante para tener en cuenta, aunque no sea el fundamental a la hora de proponer un diseño de terminal polivalente, será el de las operaciones que se van a realizar dentro de esta. Sobre este aspecto cabe definir el Plan de operaciones, el cual tendrá los siguientes puntos mínimos para la terminal polivalente marítima y para la terminal ferroportuaria o ferroviaria:

#### Terminal polivalente marítima

- Tipo de operaciones: operaciones de almacenamiento, operativa de las puertas (carretera y ferrocarril), operaciones del buque, operaciones de entre y depósito.
- IT, sistemas TOS y sistemas operativos.
- Nivel de servicio previsto para las operaciones marítimas y terrestres, como son movimientos de carga y descarga y la estancia de un buque.

#### Terminal ferroportuaria

- Tipo de operaciones: operaciones de recepción, entrega o depósito, operaciones de tren de mercancías y operativas de puertas (carretera y buque).
- IT, sistemas TOS y sistemas operativos.
- Nivel de servicio previsto para las operaciones ferroviarias/ferroportuarias, movimientos de carga y descarga y estancia del tren.

### 5.4. Características obras a ejecutar

#### 5.4.1. Antecedentes

Como ya se ha mencionado anteriormente, las obras de la infraestructura junto a las de la superestructura del muelle serán responsabilidad de la APV en cuanto a su ejecución, siempre y cuando el licitador así lo quisiese dentro de la oferta. Es importante recalcar que estas presentan unas características distintas dependiendo del tramo del Muelle Centro 2, por lo que hay tener en cuenta el tramo del muelle a la hora de ver sus necesidades constructivas. En este caso, este muelle tiene una longitud total de unos 770 m que van desde el Muelle Norte 2 hasta el Muelle Sur 2 y se divide en tres tramos con características diferentes:

- Tramo sur del Muelle Centro 2: incluye un tacón RO-RO de aproximadamente 39 m de longitud que va en dirección al Muelle Centro 2 (sentido de atraque) y una alineación de muelle formada por cajones de hormigón armado, el cual tiene una longitud aproximada de 280 m, de los cuales 240 m tienen actualmente la viga cantil construida.
- Tramo central del Muelle Centro 2: este tramo tiene una longitud de aproximadamente 371 m y es en el que no existe ninguna obra tipo muelle de toda la alineación en la actualidad, aunque sí que se han realizado distintas obras de dragado anteriormente en la zona.
- Tramo norte del Muelle Centro 2: este tramo tiene una longitud de aproximadamente 80 m y está formado por cajones de hormigón armado, de los cuales 40 m tienen actualmente la viga cantil construida. En el extremo más al norte existe un tacón RO-RO que da servicio a los buques atracados en el muelle norte 2.

Además, es importante saber que la manga de los cajones utilizados en el tramo norte es de 16,750 m mientras que en los cajones empleados en el tramo sur es de 13,589 m, una dimensión bastante menor respecto a los anteriores. Esto es debido a que se construyen ambos tramos en fechas distintas y en fases distintas del puerto. En el caso de los cajones del tramo norte fueron construidos utilizando los mismos que en Muelle Norte 2 y por tanto el mismo cajonero, en cambio los del tramo sur fueron construidos junto a los que se colocaron en el Muelle Noreste que tiene 14 m de calado. Aun con todo ello, aunque exista esta diferencia de manga, las alineaciones coinciden en el parámetro exterior del muelle, lo cual hace que no se trate de un problema grave para los trabajos de terminación del Muelle Centro 2.



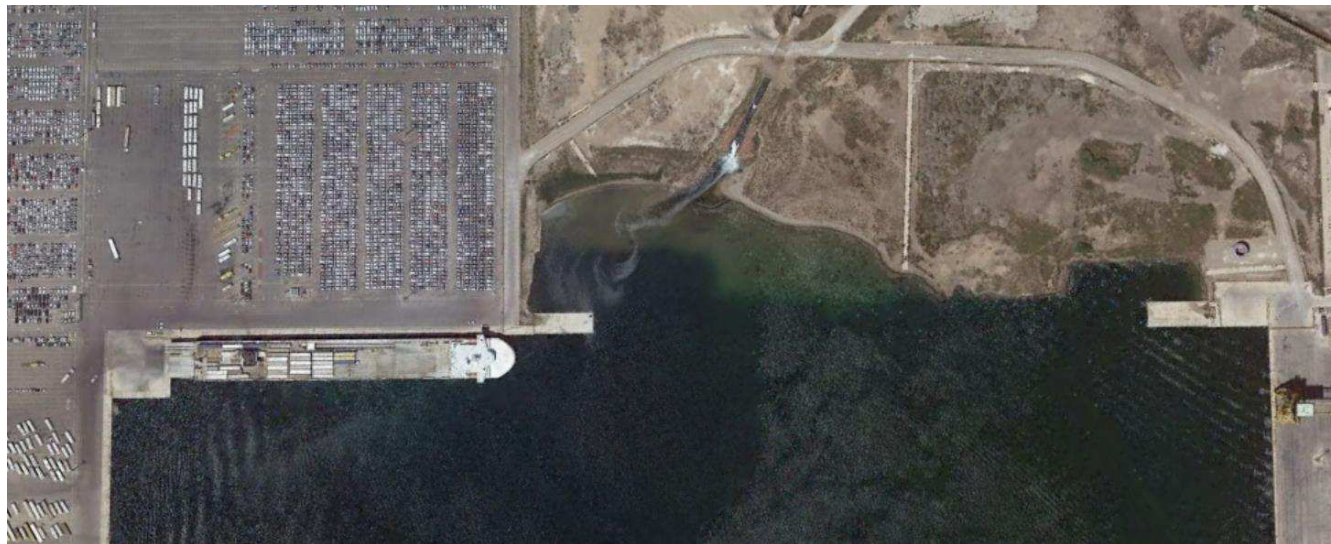


Ilustración 56. Tramos del Muelle Centro 2. (Fuente: Google Earth)

#### 5.4.2 Obras a ejecutar

Respecto a las distintas obras que hay que ejecutar para poder completar el Muelle Centro 2 y dejar la explanada en condiciones para poder ubicar en ella una terminal marítima de tipo polivalente se podría realizar las siguientes agrupaciones:

##### Obras de dragado

Los primeros trabajos a ejecutar para la realización del muelle son los dedicados a las obras de dragado que consisten en el dragado de la dársena interior para permitir la aproximación y estancia de los buques en el atraque. Además, en este caso su ejecución es parte de las responsabilidades de la APV. Es importante entender que con el dragado se pretende obtener los materiales de dragado para relleno tanto del Puerto de Sagunto como del de Valencia en las distintas obras que se puedan ejecutar a posteriori. Es por ello, que puede ser que se drague un mayor volumen de material del necesario para poder cumplir con el mínimo calado necesario para la navegación ya visto anteriormente. En este caso, una parte del material dragado se utilizaría para el caso de la nueva terminal polivalente de Sagunto y así completar la explanada, ya sea dejando el volumen necesario para este fin sin dragar o dragando ese volumen de material junto al excedente para otras obras y dejándolo caer sobre la explanada actual para que posteriormente sea utilizado como relleno de la terminal marítima.

A continuación, se puede observar como la mayoría de la zona a dragar para llegar a la -16 m se encuentra pegada a la zona que queda para finalizar la línea de atraque:

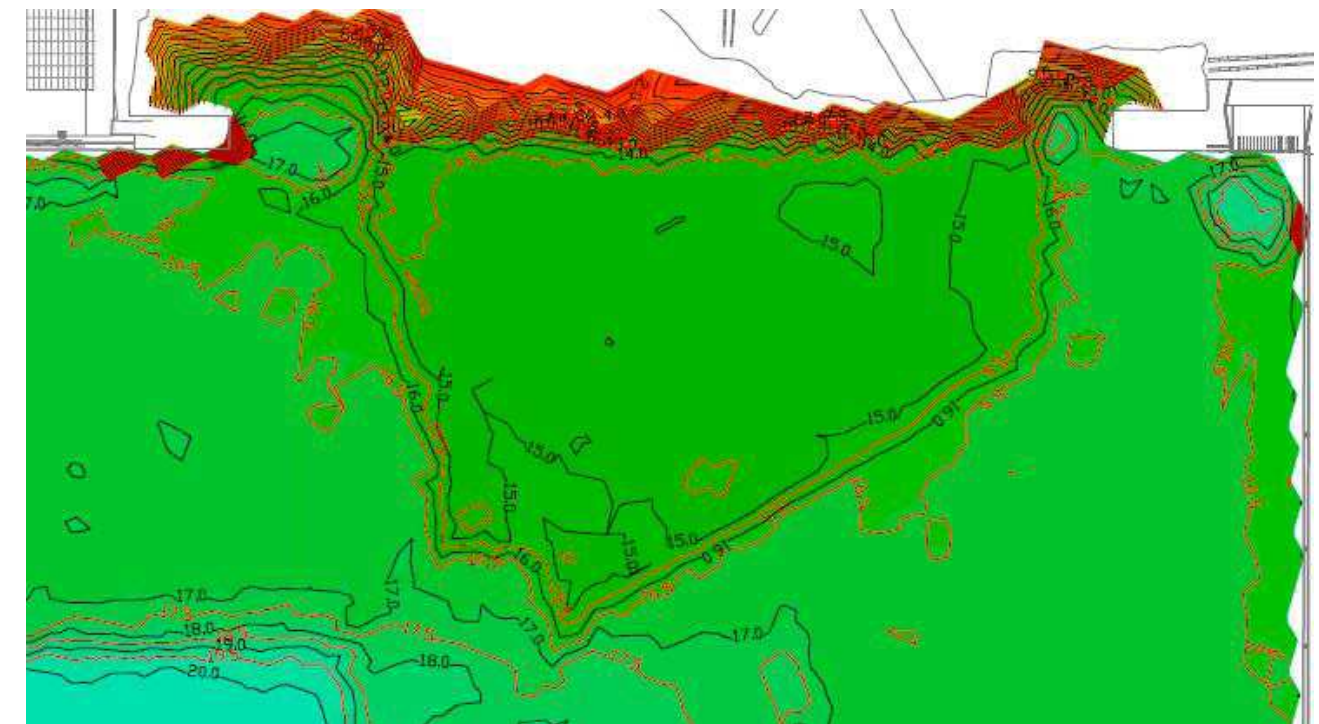


Ilustración 57. Batimetría de zona de dragado. (Fuente: Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021)

##### Línea de atraque

El siguiente grupo de obras estaría destinado a la línea de atraque donde existe la necesidad de cubrir los 371 m de longitud que faltan por construir del Muelle Centro 2. Para ello, en la solución final a ejecutar se utilizará unos cajones parecidos a los existentes en el extremo norte y sur, apoyados sobre una banqueta de escollera, que tendrá al menos 2 m de espesor. Además, la profundidad a pie de muelle debe ser como ya se ha visto anteriormente de al menos 16 m.

Respecto al terreno de cimentación donde se va a ejecutar el muelle, existe en la zona un estrato de arcilla blandas que van de la cota -18 y -27, las cuales no son aptas para cimentar sobre ellas el muelle que se pretende construir debido a su falta de capacidad portante. En cuanto a este problema, en el tramo norte se solucionó mediante la inclusión de columnas de grava ejecutadas con medios marítimos, la cual es una buena solución debido al problema de verter al mar un material que no es válido para el relleno, donde las implicaciones medioambientales son bastante considerables normalmente. Por otro lado, en el extremo norte se resolvió el problema sustituyendo las arcillas por gravas procedentes del dragado con un ángulo de rozamiento interno adecuado.

En cuanto a la banqueta deberá tratarse de material de cantera y para sus dimensiones se utilizará la ROM correspondiente. Además, deberá garantizarse que no se produzca socavación ni inestabilidades mediante un elemento de hormigón sumergido o una escollera de mayor tamaño.

Respecto a los cajones de hormigón armado a utilizar, como ya se ha mencionado anteriormente se buscará una solución parecida a la existente en otros tramos del muelle. En cuanto a características, la profundidad de estos será de al menos 16 m y con un máximo justificado de 18 m si fuese necesario por el tipo de buques. Otras características serán que la solera de los cajones deberá tener un mínimo de 70 cm y respecto a los parámetros exteriores, deberá tener como mínimo 40 cm de espesor en caso de celdas circulares o 60 cm en caso de celdas rectangulares. Además, la cota de coronación deberá ser como mínimo la +0.70 y las armaduras deberán estar prolongadas para el anclaje de la viga cantil. Un detalle importante es la necesidad de dejar como máximo cada 100 m unas parejas de tubos de como mínimo 600 mm de diámetro para el desagüe de pluviales, estos tubos deberán perforar totalmente la viga cantil mediante una arqueta. En cuanto a la superestructura debe estar prevista de una viga cantil de hormigón armado, la cual deberá volar aproximadamente 50 cm sobre el paramento vertical de los cajones, ayudando así a absorber las desviaciones que se hayan producido durante colocación. La cota de coronación será la +2,70 m u otra que resulte compatibles con el resto de los tramos existentes del muelle. Otro punto importante será la colocación de los norays, los cuales deberán tener las características necesarias para el correcto atraque de los buques y un conjunto de pernos protegidos con un dado de hormigón para proteger de la erosión que prevean una duplicación para evitar acumulación de estachas. En cuanto a esto, existen dos cajones en la actualidad que no cuentan con la superestructura construida, se deberá prever por tanto su terminación junto a las características del resto del muelle.

Por último, deberán dejarse las galerías de servicio necesarias para permitir ubicar las tuberías de agua potable y las distintas instalaciones eléctricas y de comunicaciones. Además, estas deberán tener sus respectivas arquetas de acceso.

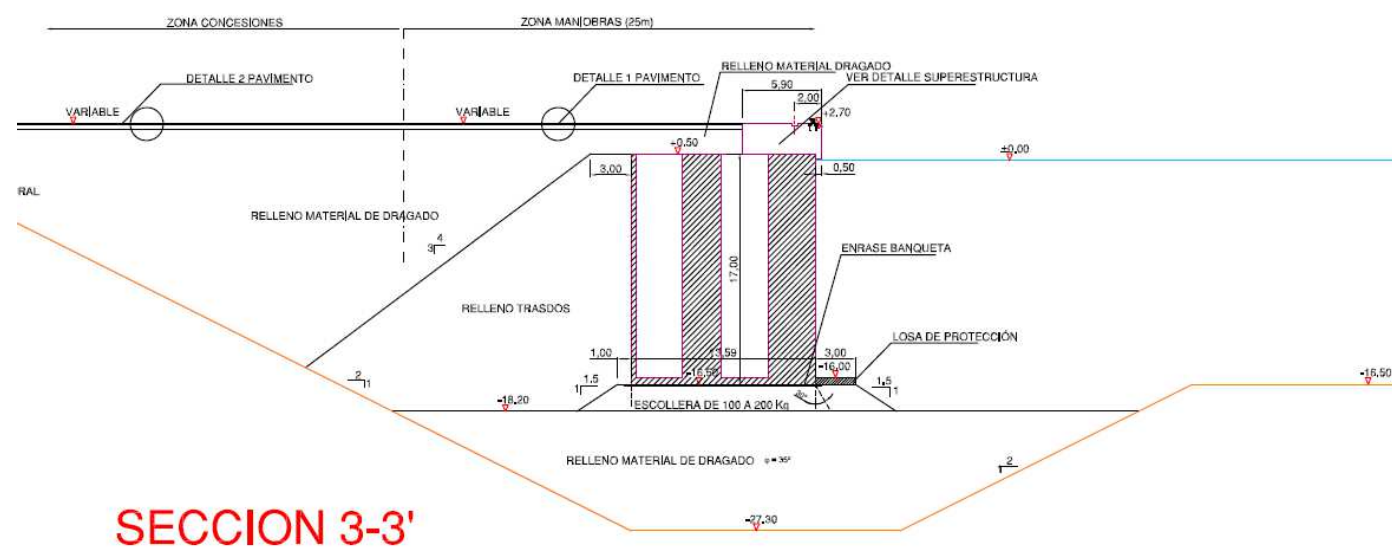


Ilustración 58. Muelle tipo Tramo Sur – Muelle Centro 2. (Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021)

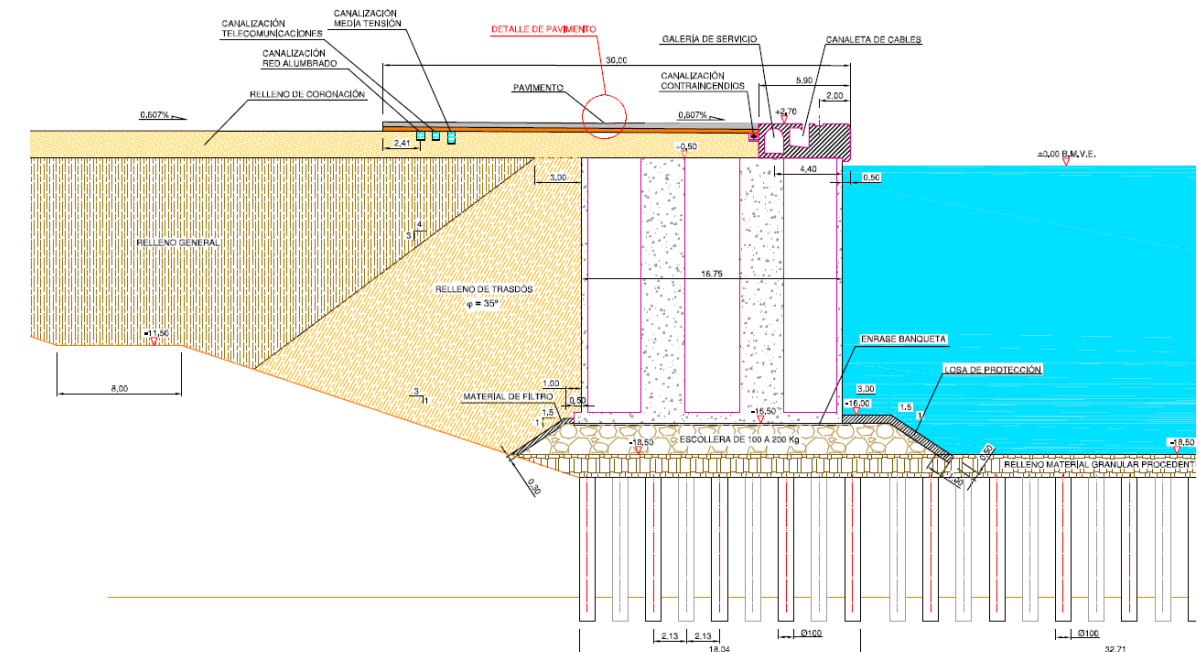


Ilustración 59. Muelle tipo Tramo Norte – Muelle Centro 2. (Fuente: "Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021)

### Rellenos y consolidación

Como ya sea mencionado anteriormente, una gran parte de la explanada ya se encuentra rellena y consolidada actualmente, en cuanto a la parte restante se tiene prevista su ejecución una vez estén colocados los distintos cajones del Muelle Centro 2, dentro de las obras de la línea de atraque. Además, como se mencionó estos rellenos serán procedentes del material dragado de la dársena. Una vez estén colocados los rellenos se procederá a la consolidación con el medio elegido por el licitador.

### Pavimentos

Respecto a los pavimentos se establece que deberán ser acordes al grado de consolidación que se prevea conferir a los rellenos y a las cargas previstas. En concreto para la zona de maniobras será preferible el uso de hormigón. Además, se deberá prever una pendiente mínima del 0,6 % para la escorrentía superficial de pluviales.

En cuanto al pavimento de la terminal ferroviaria, deberá tener un paquete mínimo de 35 cm de hormigón y 25 cm de zahorra artificial. Además, ante la posibilidad de disponer equipos de movilidad restringida deberá contener una viga de rodadura adecuada.



5.5. Documentación fotográfica



Zona norte del ámbito valorado



Zona norte del ámbito valorado



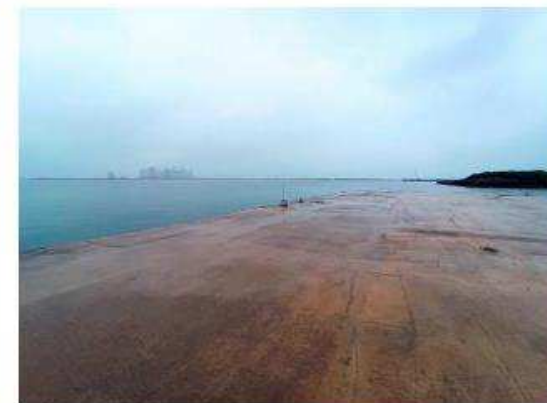
Vista general zona rampa Ro-Ro.



Defensas zona rampa Ro-Ro.



Zona norte del ámbito valorado, superestructura.



Zona norte del ámbito valorado



Zona sur del ámbito valorado, vista general.



Zona sur del ámbito valorado, vista general.



Zona sur del ámbito valorado



Zona sur del ámbito valorado



Zona sur del ámbito valorado, superestructura.



Zona sur del ámbito valorado

Ilustración 61. Fotografías zona sur – Muelle Centro 2. (Fuente: 'Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021)

Ilustración 60. Fotografías zona norte – Muelle Centro 2. (Fuente: 'Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de conexión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto, 1 de octubre de 2021)



## 6. Diseño técnico de la terminal

A continuación, se presentan los cálculos y razonamientos seguidos para poder abarcar el diseño en planta de la terminal polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto (Valencia). En este apartado se incluyen todos los factores que afectan a cada subsistema de la terminal, algunos procedentes del propio análisis concesional realizado en el apartado 4 del presente documento y otros definidos a partir de ellos. Haciendo que el diseño resultante planteado en este apartado, de una solución a las necesidades actuales marcadas por la APV para la futura terminal del sistema portuario *Valenciaport* y del territorio donde se ubica. Siendo clave el análisis de las condiciones de contorno que afectan a la terminal y las condicionantes de diseño de cada tráfico. Además, teniendo en cuenta su influencia a diferente escala y los sectores involucrados en su creación y desarrollo posterior. Por último, implementando aspectos de innovación, flexibilidad y sostenibilidad en terminales marítimas que garanticen la aplicación de los estándares de diseño actuales.

### 6.1. Tráficos previstos

En cuanto a los tráfico previstos, debido a que se trata de una terminal polivalente y no una especializada, estos no serán uniformes en el tiempo como ya se ha descrito en varias ocasiones. Sino que varían a lo largo del tiempo, haciendo que la capacidad de adaptabilidad o flexibilidad de la terminal sean vitales para su buen funcionamiento. Es por ello, que se parte de los tráfico objetivos de la APV analizados en el apartado 4 del presente documento, donde se marca que la terminal tiene previsto los tráfico de mercancía general, contenedor, RO-RO y grandes proyectos. En este caso, se hace mención especial a que el uso prioritario sea el de la mercancía general, el cual será el que mayor porcentaje se lleve en cuanto a superficie destinada dentro la terminal. Es por ello, que, aunque como se ha dicho que está previsto que los tráfico varíen a lo largo del tiempo, los tráfico de diseño en el escenario normal o medio sean los procedentes del Plan de Empresa y el Estudio de mercado junto a las indicaciones de la APV, los cuales se simplifican con los siguientes datos para la terminal polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto:

- Mercancía general: 35% del subsistema de almacenamiento
- RO-RO: 23% del subsistema de almacenamiento
- Contenedor: 23% del subsistema de almacenamiento
- Grandes proyectos: 19% del subsistema de almacenamiento

## 6.2. Equipos de manipulación de la terminal

### 6.2.1. Equipos del muelle

En cuanto a los equipos del muelle, después de analizar las características de la terminal y los tráfico previsto anteriormente, se llega a la conclusión que se debe disponer de equipos que hagan tener una alta flexibilidad para las operativas de carga/descarga que se producen en el muelle. En este caso, la opción más utilizada para terminales multipropósito que incluyan el contenedor de corta distancia entre sus tráfico, son las STS Feeder/Panamax junto a grúas móviles de alta capacidad (+100 Tn de carga nominal). Esta combinación de grúas ofrece rapidez para la carga/descarga de contenedores gracias a las STS a la vez que ofrece una solución flexible para todos los tráfico de la terminal gracias a las grúas móviles.

Como se ha mencionado se va a utilizar grúas tipo STS para la parte de contenedor de corta distancia que posibilite unas operativas lo más rápidas posibles para este tipo de buques que pueden llegar a tratarse de tipo Panamax, dejando los grandes buques de larga distancia terminales especializadas (aunque debido a las características de la grúa podría realizarse alguna operativa con Post-Panamax en algún caso específico). En este caso, el modelo de grúa seleccionado es la STS de *LIEBHERR CONTAINER CRANES LTD.* del tipo Feeder/Panamax, cuyas características se describen a continuación:

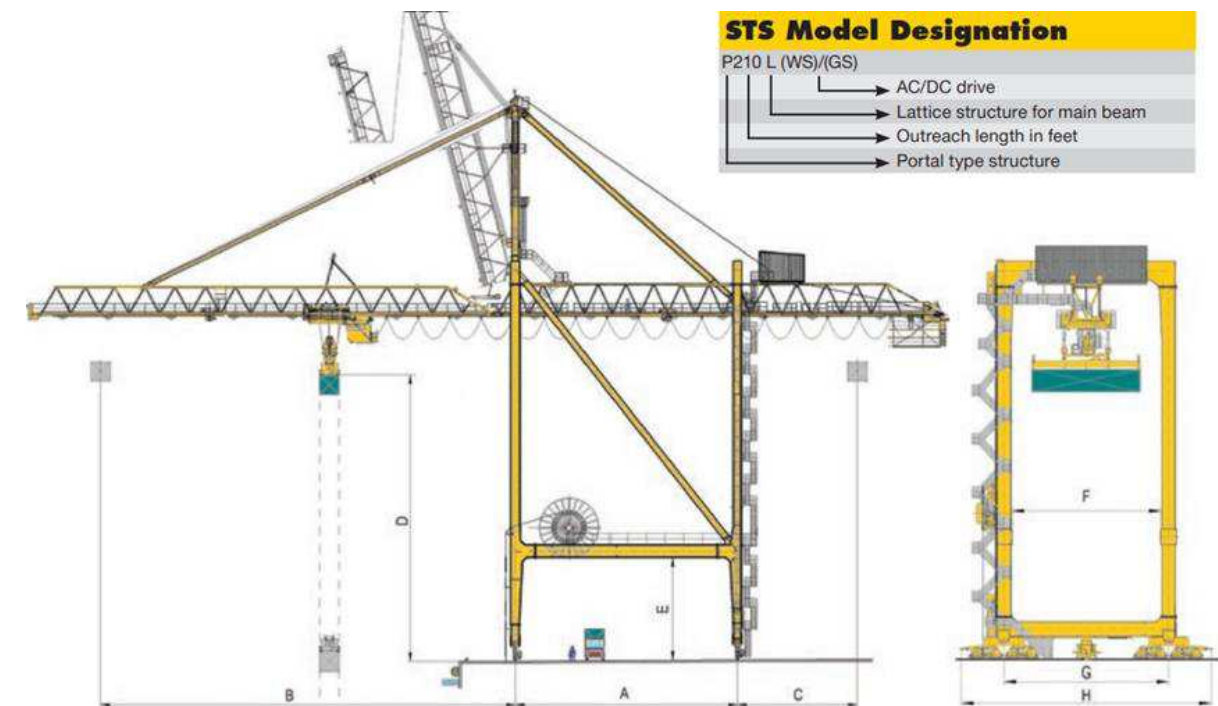


Ilustración 62. Esquema grúa STS Liebherr Container Cranes Ltd. (Fuente: Liebherr)



Typical Feeder/Panamax	
DIMENSIONES (metros)	
A: Distancia entre carriles	20
B: Alcance parte delantera	40
C: Alcance parte trasera	20
D: Altura de elevación	33
E: Espacio libre bajo travesaño	15
F: Ancho entre pilares	15
G: Distancia ruedas delanteras-traseras	18.2
H: Ancho total	27
CARACTERÍSTICAS	
Velocidad de elevación (m/mín.)	50-125
Velocidad de carro (m/mín.)	150-180
Carga nominal (Tn)	50t single 65t twin

Ilustración 63. Tabla de características grúa STS Feeder/Panamax. (Fuente: Liebherr)

En cuanto al número de grúas necesarias, hay que tener en cuenta que el buque de diseño viene dado por los buques portacontenedores tipo Panamax que pueden llegar hasta una eslora de 290 metros y un ancho de 32.5 metros (ilustración 65). Debido a que las recomendaciones para nuevas terminales de empresas como Mediterranean Shipping Company (MSC), entre otros organismos, marcan que la separación entre grúas sea de 80 metros de media para poder realizar un trabajo óptimo y que no esté sobredimensionado el número de equipos respecto a la operativa a realizar, se opta por una solución compuesta por 3 STS Feeder/Panamax de Liebherr con las características mencionadas anteriormente.



Ilustración 64. Grúas STS Feeder/Panamax de Liebherr en operativa de carga/descarga. (Fuente: Liebherr)

Respecto a las grúas móviles se tiene previsto que sean de **LIEBHERR CONTAINER CRANES LTD.** En este caso el modelo elegido es el LHM 420, con una capacidad máxima de elevación de 124 Tn que se distribuyen según la operativa con el siguiente diagrama cargas:

### Dimensiones principales

Operación de contenedor

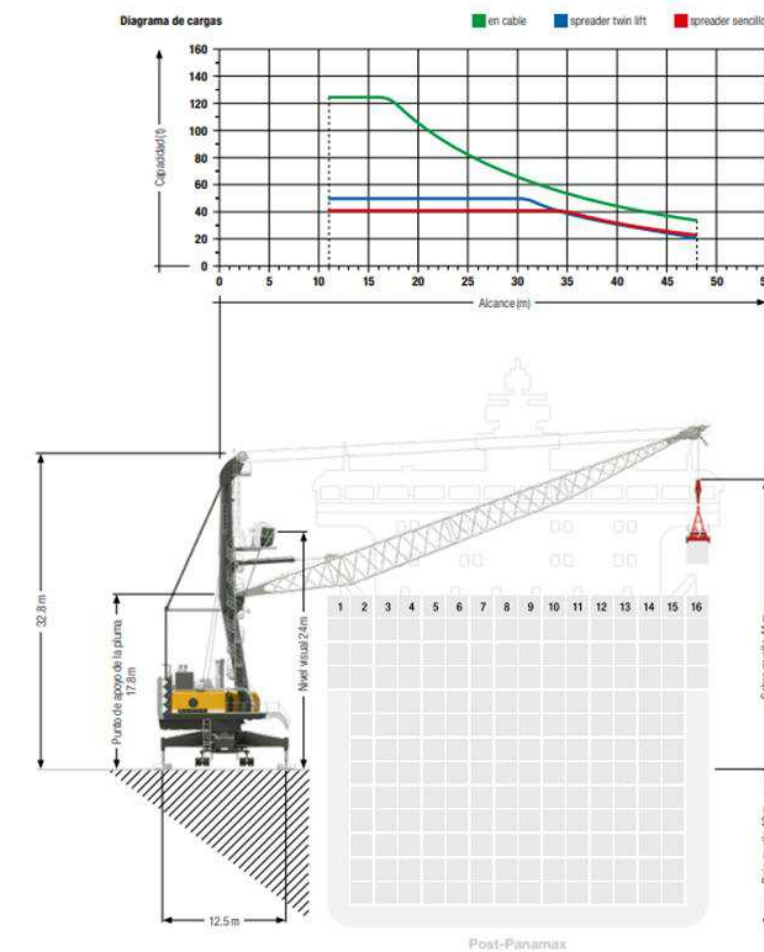


Ilustración 65. Esquema operativo de grúa móvil LHM420 Liebherr Container Cranes Ltd. (Fuente: Liebherr)

Como se puede observar esta grúa polivalente puede ser utilizada tanto para contenedor, llegando a poder dar servicio a buques Panamax de manera eficiente o Post-Panamax en el caso de operativas poco habituales, como para mercancía general, graneles o grandes proyectos. Gracias a esa polivalencia es la opción escogida para ser utilizada junto a las STS mencionadas anteriormente en el muelle de la terminal. En este caso, se utiliza una opción que consigue con su propulsión híbrida (sistema Pactronic) un rendimiento de hasta 38 contenedores por hora con un consumo menor a la opción tradicional.

En cuanto a característica del modelo, en la siguiente tabla se definen los principales:

Capacidad de carga máx.	124 t
Carga máx. con graneles	90 t
Radio mín.	10,00 m
Radio máx.	48 m
Peso total	371 t
Contenedor fila máx.	16
Ancho del barco máx. con graneles	55 m
Ancho del barco máx. por la chatarra	43 m
Rendimiento con graneles	1.500 t/h
Potencia del motor	750 kW
Tiempo de subida/bajada máx.	120 m/min
Giro máx.	1,60 rpm
Subida pluma máx.	85 m/min
Velocidad de traslación máx.	5,00 km/h
Movilidad	sobre neumáticos
Campos de aplicación	Manipulación de carga pesada / Manipulación de chatarra / Manipulación de contenedores / Manipulación de fardos / Manipulación de material a granel
Altura de elevación máx.	44 m

Ilustración 66. Tabla de características grúa móvil LHM420. (Fuente: Liebherr)

En cuanto al número de grúas móviles necesarias, debido a que en la terminal se trabaja con el tráfico de grandes proyectos de manera habitual junto al de carga general, contenedor y RO-RO, se concluye que la situación más demandante en cuanto a la operativa de carga/descarga a pie de muelle sea la de dos grúas móviles trabajando en tándem para mover una carga de tipo “grandes proyectos” superior a la carga nominal de una sola de las grúas. Además, como se tiene previsto que la terminal por longitud de muelle tenga al menos 2 zonas para grandes proyectos cercanas al muelle, debido a que es la zona más segura para mover grandes cargas sin tener que recorrer una distancia considerable y la terminal de contenedor se va a disponer de manera central y pegada al muelle debido a la facilidad de aumentar la capacidad y la mejora de la eficiencia de las operativas, se opta por adquirir 4 grúas móviles LHM420 de Liebherr con hibridación, dos para cada zona de la terminal. Además, esta solución permite poder trabajar en tres buques con una sola grúa a la vez, que es el número máximo de atraques que va a tener la terminal debido a su longitud de muelle disponible (730 m) y las esloras de los buques tipo RO-RO, *bulk* o *cargo* (200 m).

### 6.2.3. Equipos de interconexión

En cuanto a los equipos de interconexión entre el muelle y la zona de almacenamiento se opta por una solución tipo cabeza tractora + plataforma del fabricante *MAFI Transport-Systeme GmbH*. Estas soluciones son el principal mecanismo de transferencia entre el subsistema de almacenamiento y el de carga/descarga de la terminal polivalente. Eso no quiere decir que no se utilicen otros equipos más propios del subsistema de almacenamiento como son las *reach stacker* o las carretillas elevadoras para la transferencia entre los subsistemas. Este hecho claramente viene condicionado por la eficiencia en la utilización de los equipos dentro de la terminal, ya que las cabezas tractoras ofrecen una mayor velocidad de operación en el transporte horizontal que otros equipos. Aun así, en casos donde las operativas lo requiriesen o hubiese una falta de medios, se podría llegar a utilizar otros equipos de manipulación que no sean las cabezas tractoras + plataforma. Con ello, se vería incrementada la flexibilidad de operación dentro de la terminal teniendo equipos polivalentes en sus funciones que puedan hacer que las operativas no sufran ineficiencias.

En cuanto a los equipos a utilizar se ha optado por la utilización de tres tipos de cabezas tractoras, cada una con funciones distintas dentro de la terminal.

El primer modelo de cabeza tractora escogido para la terminal es el T 230 F. Un modelo concebido para el transporte de contenedor dentro de terminales marítimas cuyas características se ven a continuación:



MODELO T 230 F	
CARACTERÍSTICAS	
Sistema de carga (Tn)	90
Peso cabeza tractora (Tn)	7.4
Capacidad de elevación (Tn)	25
Velocidad (Km/h)	40

Ilustración 67. Características del modelo T230 F de MAFI. (Fuente: MAFI)



El siguiente modelo por el cual se ha optado para la terminal es el T 225 D. Este modelo está concebido para el transporte de semirremolques (RO-RO) y mercancía general, ya que su capacidad de arrastre es menor que el anteriormente visto. En cuanto a sus características se muestran a continuación:



MODELO T 225 D	
CARACTERÍSTICAS	
Sistema de carga (Tn)	60
Peso cabeza tractora (Tn)	8
Capacidad de elevación (Tn)	25
Velocidad (Km/h)	40

Ilustración 68. Características del modelo T 225 D de MAFI. (Fuente: MAFI)

El último modelo escogido para utilizar dentro de la terminal es el R336 concebido para grandes proyectos, el cual es el que mayor capacidad de arrastre tiene de los tres modelos. Sus características son las siguientes:



MODELO R 336	
CARACTERÍSTICAS	
Sistema de carga (Tn)	165
Peso cabeza tractora (Tn)	10
Capacidad de elevación (Tn)	36
Velocidad (Km/h)	38

Ilustración 69. Características del modelo R 336 de MAFI. (Fuente: MAFI)

La elección de tres modelos diferentes que den servicio a la terminal hace que se puedan contar con alto grado de flexibilidad de operación. Estos tres modelos abarcan la totalidad de los tráficos que va a tener la terminal, haciendo que se tengan modelos especializados y ajustados a las necesidades de la terminal. Aun así, todos los modelos pueden ser utilizados para varios tráficos si fuese necesario, ya que pueden transportar las mismas plataformas, aunque claramente quedan limitados por la capacidad de carga a la hora de realizar el transporte.

En cuanto a las plataformas a utilizar junto a las cabezas tractoras se opta por varios tipos con diferentes dimensiones y capacidades de carga. En el caso del fabricante MAFI ofrece plataformas de 25 t, 63 t y 140 t para adaptarse a cada tráfico.

En cuanto al número de cabezas tractoras y plataformas, se determina según el número de grúas de muelle (2 cabezas por cada grúa en terminales polivalentes). Haciendo que se utilicen un conjunto de 14 cabezas tractoras, 6 del modelo T230 F, 6 del modelo T225 D y 2 del modelo R 336.

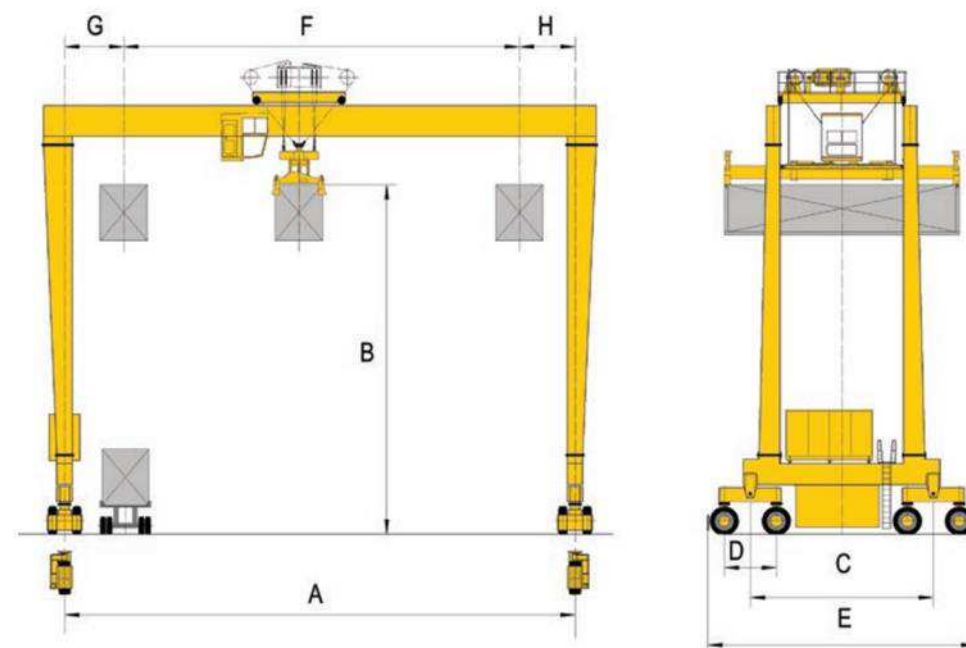
#### 6.2.4. Equipos de almacenamiento

En cuanto a equipos del subsistema de almacenamiento, debido a que se trata de una terminal polivalente con varios tipos de tráficos entre los que se incluye el contenedor, las soluciones por las que se optan son: *reach stacker*, carretilla elevadora y grúa pórtico sobre neumáticos (RTG). Haciendo que pueda disponer de flexibilidad en cuanto a equipos para cada tráfico.

También es importante mencionar la presencia en el subsistema de almacenamiento de equipos como las cabezas tractoras para el transporte horizontal de larga distancia o el uso de las grúas móviles en las operativas que lo requieran. Haciendo que en todo momento exista capacidad suficiente para realizar las operativas de manera segura y eficiente.

En el caso del tráfico de contenedor, los equipos utilizados son las grúas tipo RTG y *reach stackers*. Este conjunto de equipos son los más utilizados en terminales polivalentes que tienen entre sus tráficos el contenedor. Aunque la automatización no suele ser habitual en estas terminales en cuanto a equipos de manipulación, en el caso de las grúas pórtico sobre neumáticos (RTG) presentan actualmente todos los componentes para su automatización y geolocalización dentro de la terminal.

Los modelos por los que ha optado para la terminal pertenecen a fabricantes distintos. En el caso de las grúas pórtico tipo RTG, la solución por la que se ha optado es del fabricante **LIEBHERR CONTAINER CRANES LTD** y sus características son las siguientes:



Envergadura del pórtico	De 20,8 m (5 contenedores de ancho) a 29,4 m (8 contenedores de ancho)
Altura de elevación	12,3 m (1 sobre 3) 15,2 m (1 sobre 4) 18,2 m (1 sobre 5) 21,0 m (1 sobre 6)
Carga de trabajo segura	De 40,6 a 50 t en elevación simple   De 50 a 65 t en elevación doble
Envergadura de los bogies de ruedas	9,2 m
Velocidad de elevación	28/56 m/min
Velocidad de desplazamiento del carro	70 m/min
Velocidad de desplazamiento de la grúa	130 m/min

Ilustración 70. Características grúa pórtico tipo RTG de Liebherr. (Fuente: Liebherr)

En el caso de las *reach stackers* se ha optado por los modelos del fabricante **KALMAR**, en concreto su modelo *ecoefficient* el cual reduce el consumo hasta un 40% frente a otros modelos de características similares. Claramente se trata de un modelo ligero que garantiza la potencia necesaria para el transporte de contenedores llenos y vacíos. Sus características son las siguientes:



KALMAR ECO	
CARACTERÍSTICAS	
Sistema de carga contenedor (Tn)	45
Altura de contenedor (Ud)	5
Profundidad de contenedor (Ud)	3
Sistema de carga con gancho (Tn)	57

Ilustración 71. Características reachstacker eco de KALMAR. (Fuente: KALMAR)

Como se puede observar el modelo permite la carga de llenos y de vacíos, siendo complemento de los pórticos RTG en el subsistema de almacenamiento y dotando de mayor flexibilidad en los movimientos horizontales a través de la terminal o en movimientos verticales de apilado en casos concretos donde los pórticos no puedan estar disponibles.

Además del uso de reach stackers para contenedores, otro uso es el de poder mover cargas a través de eslingas y un gacho que sustituye al *spreader*, pudiendo llegar a tener una capacidad de elevación de hasta 57 Tn. Incluso se puede llegar a trabajar en *tándem* si la carga fuese superior a la capacidad de un solo equipo. Aunque esto es posible y puede llegar a ser utilizado para ciertas operativas, no es lo más seguro debido a las dificultades que puede llegar a presentar la operación. En



el caso de tráficos muy pesados se podría utilizar una grúa móvil que pasaría del muelle al subsistema de almacenamiento para realizar la operativa de la manera más segura posible. Por otro lado, las operativas utilizando eslingas pueden llegar a resultar tediosas y en el caso de tráficos como paletizados, bobinas y sacos es más conveniente el uso de las carretillas elevadoras.

Es por ello, que en el caso de tráficos que no sean el contenedor, no sean excesivamente pesados (+60Tn) y se puedan transportar mediante horquillas, espolón o pinzas se opta por el uso de carretillas elevadoras para los movimientos horizontales a través del subsistema de almacenamiento. En este caso, las opciones utilizadas para las carretillas elevadoras dentro de la terminal son del fabricante KALMAR. Para ello, se ha optado por tres modelos distintos de carretilla elevadora, una para cargas pesadas de hasta 72 Tn, otra para carga medias y ligeras de hasta 45 Tn y otra eléctrica de hasta 9 Tn para el interior de las naves logísticas de la terminal. Haciendo que se puedan disponer varios tipos en función del tráfico y la situación operativa dentro de la terminal. Las características se muestran a continuación para cada uno de los modelos elegidos:



Información técnica	Especificaciones
Capacidad de elevación (kg)	60000-72000
Centro de carga (mm)	1000-1500
Batalla (mm)	5750
Motor	Volvo TAD1172VE
Transmisión	ZF
Opciones de cabina	Cabina EGO

Ilustración 72. Carretilla elevadora de 60 Tn.de KALMAR. (Fuente: KALMAR)



Información técnica	Especificaciones
Capacidad de elevación (kg)	18000-52000
Centro de carga (mm)	1200
Batalla (mm)	4000-6000
Motor	Volvo, Cummins
Transmisión	Dana, ZF
Opciones de cabina	Spirit Delta

Ilustración 73. Carretilla elevadora de 45 Tn de KALMAR. (Fuente: KALMAR)



Información técnica	ECG50-90
Capacidad de elevación (kg)	5000-9000
Centro de carga (mm)	600-1100
Batalla (mm)	2100-2800
Motor	Eléctrico
Transmisión	-
Opciones de cabina	EGO Y EGO OHG

Ilustración 74. Carretilla elevadora de 9 Tn de KALMAR. (Fuente: KALMAR)

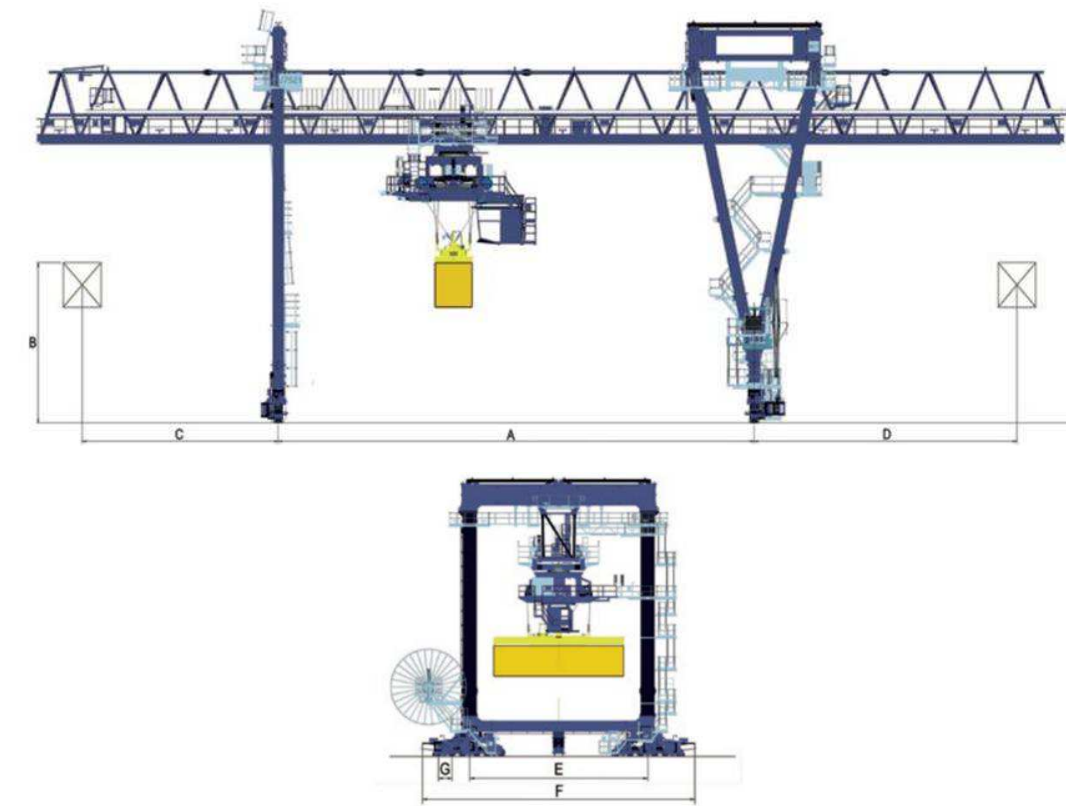
Con la definición de estos tres equipos para la terminal polivalente se cubren las necesidades operacionales dentro del subsistema de almacenamiento para todos los tráficos excepto el de RO-RO, que en el caso de semirremolques está previsto que se realice a través de las cabezas tractoras como suele ser habitual. Además, estas tres soluciones presentan una alta flexibilidad en cuanto a la operación dentro de la terminal debido a que no son guiadas a través de carriles y tienen una velocidad elevada de movimiento que permiten adaptarse a las operativas. En cuanto a sostenibilidad las *reach stackers* a través de sus soluciones *eco* puede llegar a reducir el consumo y las emisiones gracias a un motor más ajustado. Además, los pórticos RTG a través de su sistema híbrido pueden llegar a reducir los consumos al utilizar la energía del acumulador eléctrico.

En cuanto al número de grúas pórtico tipo RTG y *reach stackers*, se utilizará una de cada por bloque de contenedores ya que es la típica combinación en terminales con movimientos frecuentes a lo largo del año.

#### 6.2.5. Equipos de la terminal ferroportuaria

En cuanto a los equipos de la terminal ferroportuaria, después de analizar anteriormente las características de la terminal y los tráficos previstos en el pliego concesional, se llega a la conclusión que se debe disponer de equipos que hagan tener una alta flexibilidad para las operativas de carga/descarga que se producen en esta terminal. Para este caso, la opción más utilizada para terminales ferroviarias son las *reach stackers* y las grúas pórtico sobre carriles (RMG). En el caso de las *reach stackers*, hay que disponer de espacios suficientes para las maniobras juntos al espacio destinado al estocaje o almacenamiento y los carriles para el acceso de los camiones a la terminal. Las grúas pórtico permiten estructurar las zonas dentro de la terminal y permiten almacenar con un mayor número de filas de contenedor. Incluso, pueden permitir disponer de espacios de almacenamiento en zonas no accesibles vía terrestre debido al cruce con las vías de la terminal gracias a su disposición sobre estas. En este caso, al contar con la distribución de vías y saber que existen espacios a ambos lados de las vías para tener espacio para el estocaje, disponer de poca anchura para la terminal y contar con un haz de 3 vías de 750 m, la mejor opción es mediante grúa pórtico tipo RMG. Debido a la longitud de las vías, y sabiendo que normalmente una grúa pórtico cubre un máximo de 400 m de manera eficiente en las terminales ferroviarias de ADIF actuales, se opta por la utilización de dos unidades para la terminal ferroportuaria anexa al puerto.

Como se ha mencionado, se va a utilizar grúas pórtico tipo RMG para la terminal ferroportuaria. Estas grúas están equipadas de un *spreader* para unidades intermodales (UTIs) como el contenedor y unas pinzas tipo *piggybacks* para la manipulación de tráfico de autopista ferroviaria tipo semirremolque. La distribución de estos tráficos junto a sus características concretas se estudiará más adelante en el apartado dedicado a capacidad de la terminal ferroportuaria que se ve influenciada directamente por la del puerto de Sagunto. El modelo de grúa pórtico seleccionado es el RMG de LIEBHERR CONTAINER CRANES LTD, cuyas características generales se describen a continuación:



Envergadura del pórtico	22 a 70 o + m
Altura de elevación	Desde 9,2 m para «1 sobre 2» hasta 26,9 m para «1 sobre 8»
Pluma	Hasta 20 m
Carga de trabajo segura	De 40,6 a 50 t en elevación simple   De 50 a 65 t en elevación doble
Ángulo de giro	±190°
Envergadura de los bogies de ruedas	De 16,5 a 18,2 m
Longitud entre topes	De 23,2 a 25,5 m
Paso	De 1 a 2 m, según las cargas de rueda
Velocidad de elevación	De 28 a 150 m/min
Velocidad de desplazamiento del carro	70 m/min
Velocidad de desplazamiento de la grúa	Hasta 240 m/min
Ruedas en cada esquina	6 / 4

Ilustración 75. Características RMG de LIEBHERR. (Fuente: LIEBHERR)



### 6.3. Diseño de la terminal

En este apartado se definen técnicamente los diferentes subsistemas que va a tener la terminal polivalente del Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto. Para poder concretar técnicamente las características de cada subsistema hay que definir los equipos, las instalaciones y los espacios adecuados fruto de todos los análisis realizados en apartados anteriores. Es por ello por lo que se parte en primer lugar de la distribución de espacios de la terminal para cada tráfico antes de poder definir las características de cada uno de ellos dentro de los subsistemas de la terminal.

#### 6.3.1. Distribución de la terminal

Como se mencionó anteriormente, la terminal se va a dividir en espacios destinados a cada tráfico. Debido a que existen zonas condicionantes para el diseño sobre la propia distribución actual de instalaciones y accesos, hay espacios que quedan definidos directamente por afinidad con las infraestructuras actuales que existen en el muelle centro 2 del Puerto de Sagunto.

En primer lugar, el acceso a la terminal se encuentra al norte del muelle centro 2 tras realizar una glorieta que se encuentra cercana al límite norte de la terminal (círculo rojo). Esto hace que las puertas de acceso junto al subsistema de recepción y entrega, oficinas centrales y otras instalaciones auxiliares deban encontrarse cercanas y conectadas de forma eficiente con este punto.

En segundo lugar, como ya se analizó en pliego concesional para la terminal de la APV, existe una nave industrial de 12.063 m<sup>2</sup> (círculo azul) que puede incluirse dentro del proyecto si el licitador lo solicitase. Como en este caso se opta por incluir esta superficie dentro del diseño de la terminal para mercancía general, esta infraestructura condiciona las áreas que se encuentran anexas. Principalmente debido a que es más eficiente ubicar alrededor de esta nave una zona dedicada a mercancía general sin necesidad de estar cubierta, que mezclar varios tráficos que hagan que no se pueda concretar actividades con todo lo que ello produce al no estar organizada la terminal por tráficos.

En tercer lugar, existen dos rampas RO-RO dentro de la alineación del Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto (círculos verdes), una se encuentra en el extremo sur del muelle y otra en el extremo norte. Se ha decidido que para el caso de la terminal se utilice la del extremo sur debido a que en el extremo norte como se ha mencionado anteriormente se va a ubicar una zona para mercancía general. Por ello, la del extremo norte se dejaría únicamente para casos concretos o incluso se plantearía su demolición para ganar mayor superficie de muelle. Al tomar la decisión de utilizar el tación RO-RO del extremo sur se condiciona el diseño de los espacios destinados al RO-RO debido a que no tiene sentido ubicar lejos del tación estos espacios por eficiencia. Además, en este caso al ser el único espacio para la carga/descarga de los buques RO-RO (no como el resto de la alineación que

puede ser dedicada a cualquier tráfico por tratarse de un muelle convencional) se opta por ubicar la totalidad del área dedicada al tráfico rodada en esta ubicación.

En cuarto lugar, debido a que una terminal polivalente se debe caracterizar por su flexibilidad operativa a la hora de captar varios tipos de tráficos, las estructuras de tipo obra dura como las edificaciones deben ubicarse en el contorno si es posible debido a la mejora en la distribución de espacios y las necesidades técnico-operativas. Al hacer esto se puede conseguir un espacio libre mayor, en cual no existan obstáculos intermedios que impidan la redistribución de la terminal de manera sencilla través de los sistemas de gestión. Es por ello, que al optar por otra zona de mercancía general con una nave parecida a la que existe en el extremo norte del muelle, se ubique al este de la terminal junto a la terminal ferroviaria y los viales externos al puerto (contorno oeste de la terminal-círculo amarillo).

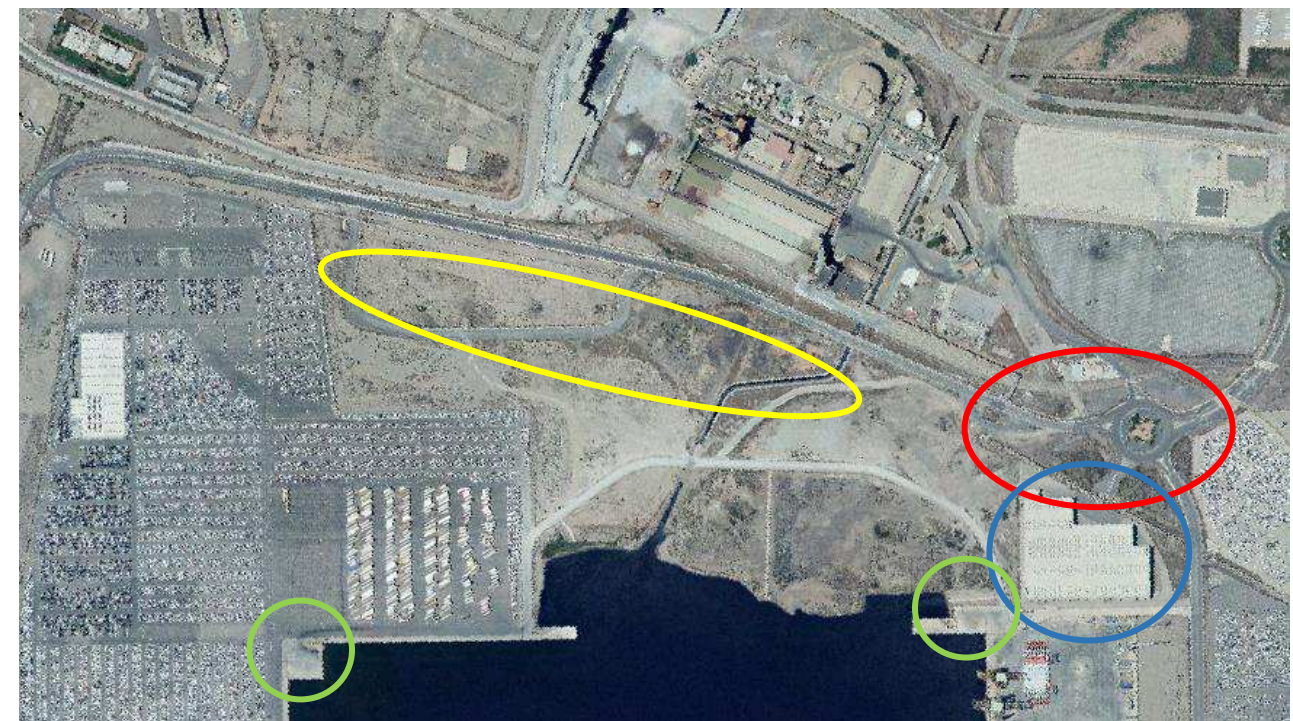


Ilustración 76. Zonas condicionantes para el diseño de la terminal. (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto a lo anterior, hay que señalar que el acceso a la terminal queda determinado directamente por el único punto hábil para tal función al norte de la terminal, ya que al oeste se encuentra el vial junto a la futura terminal ferropuertaria y al sur se encuentra otra terminal que pertenece a un espacio concesional ya adquirido. Gracias a este análisis de las zonas que presentan mayores condicionantes para el diseño de la terminal, se puede ajustar desde una fase temprana el diseño de la terminal. Consiguiendo que de esta de forma se logre ubicar cada tráfico de la manera más concreta posible dentro de los espacios disponibles de la terminal y garantizando en parte la eficiencia de la terminal y sus operativas a corto y medio plazo tras su puesta en marcha.

Con todo ello, se sacan las siguientes conclusiones del análisis de zonas de interés para el diseño de la terminal:

- El tráfico rodado se debe ubicar al sur de la terminal debido a que se va a utilizar el tacón RO-RO situado al sur de la alineación de muelle exclusivamente para este tipo de operativas.
- El tráfico de mercancía general se debe ubicar cercano a la nave industrial que existe actualmente al norte de la terminal para poder concentrar las operativas.
- El tráfico de grandes proyectos queda condicionado por sus dificultades de movimiento en las operativas a estar cerca de la alineación de muelle. Por lo que se ubicará en dos zonas cercanas al muelle, una al sur y otra al norte.
- Después de todo lo anterior, el tráfico de contenedor se plantea situarlo centrado respecto a la alineación de muelle y a la terminal. Este diseño permite utilizar las diferentes zonas de alrededor de la terminal destinadas a otros tráficos de manera sencilla en el caso que se reconfigurase la terminal. Además, es la única zona que queda sin utilizar si al norte se ubica la mercancía general y al sur el tráfico rodado, por lo que es la mejor ubicación para este tráfico.
- Los accesos a la terminal quedan ubicados al norte de la terminal debido a que es el único punto de acceso incluido en la concesión.

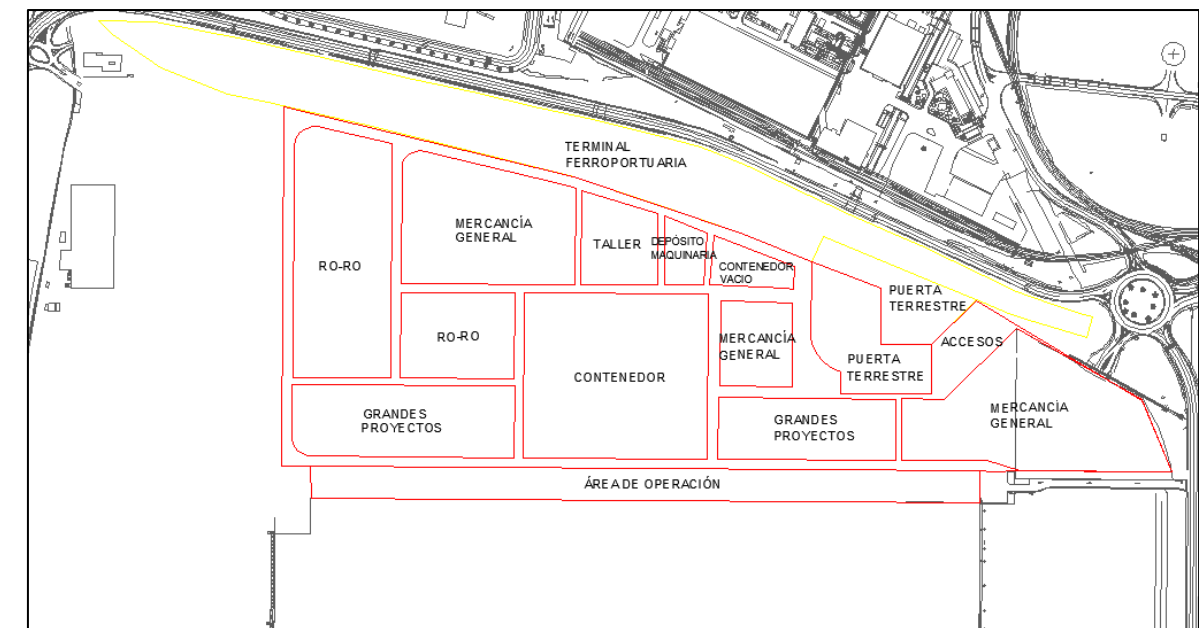
### 6.3.2 Prediseño de la terminal

Una vez se ha visto todas las zonas que condicionan el diseño de la terminal se procede a dar una primera aproximación de la distribución de la terminal. Para ello, hay que tener en cuenta las características definidas numéricamente en el pliego concesional que se estudió en apartados anteriores y el porcentaje de llegadas de cada tráfico en el escenario más probable, que en este caso se iguala al porcentaje asociado al área de almacenamiento a nivel de prediseño. Esta suposición más adelante se comprobará si puede ser mantenida para el diseño final definido por el escenario más probable, ya que hay que comprobar las condiciones de contorno y condicionantes de diseño.

Además, hay que tener en cuenta la terminal ferropuertaria anexa es pública y no pertenece a la propia terminal. Por lo que los accesos deberán estar diferenciados al norte de la terminal de los de la terminal polivalente. Para una primera aproximación se opta por una superficie de 60.000 m<sup>2</sup> que engloba la totalidad de la terminal (accesos + zona de estocaje + viales + haz de vías + estructuras auxiliares), debido que en el pliego concesional solo se da 30.000 m<sup>2</sup> para la superficie anexa al haz de vías sin contar accesos ni la zona donde se ubican las propias vías.

En cuanto a la anchura del área de operación de la terminal polivalente, en el pliego concesional se marcaba una anchura mínima de 30 m que previese las operativas objetivo, la cual es superior a la mínima recomendada por la ROM 2.0-11 "Recomendaciones para el proyecto y ejecución en obras de Atraque y Amarre" de 22,5 m. Aun así, se opta por una anchura de área de operación de 35 m debido a que se van a utilizar grúas STS tipo feeder/panamax de anchura entre carril de 20 m y según el pliego concesional hay que dejar espacio suficiente para la instalación de equipos de suministro eléctrico a buque (Cold ironing), por lo que se considera que debe ser amplificada.

Una vez se tienen todos estos datos, se puede realizar la distribución de espacios teniendo en cuenta que existe un vial perimetral mínimo de 10 m con dos carriles en el mismo sentido que recorre toda la terminal y los viales interiores pueden ser inferiores a 10 m si fuese necesario por disponibilidad de superficie. El resultado de esta primera aproximación se muestra a continuación:



	Superficie (m <sup>2</sup> )	%
Viales	46.620	17.5
Área de operación (35m)	25.364	9.5
RO-RO	39.871	15.0
Grandes proyectos	31.865	12.0
Contenedor	39.759	15.0
Mercancía general	60.061	22.6
Taller	7.542	2.8
Deposito maquinaria	3.014	1.1
Puerta terrestre / Oficinas	11.816	4.4
<b>Terminal marítima polivalente</b>	<b>265.912</b>	<b>100</b>
<b>Terminal ferropuertaria</b>	<b>66.523</b>	<b>100</b>

Ilustración 77. Prediseño de la terminal y superficies. (Fuente: Elaboración propia)



Con estas superficies la distribución de tráfico por superficie de almacenamiento sería:

	Superficie (m <sup>2</sup> )	%
RO-RO	39.871	23.2
Grandes proyectos	31.865	18.6
Contenedor	39.759	23.2
Mercancía general	60.061	35.0
Total	171.556	100.0

Tabla 15. Distribución de superficie de almacenamiento por tipo de tráfico. (Fuente Elaboración propia)

El resultado al realizar el diseño previo se ajusta a las previsiones de tráfico definidas anteriormente, por lo que se considera un diseño adecuado teniendo en cuenta condicionantes de diseño previamente estudiadas.

### 6.3.3. Área de operación

A continuación, se define el área de operación de la nueva terminal polivalente teniendo en cuenta la información estudiada del pliego concesional y de las características definidas en apartados anteriores. Esta área es aquella en las que se realizan las operaciones de carga y descarga de los buques, por lo que va a encontrarse anexa a la línea de atraque compartiendo espacios. Para su caracterización y dimensionamiento se atiende a las siguientes características:

- Características y número de equipos de manipulación para carga y descarga.
- Características y número de equipos de manipulación para la interconexión entre el subsistema de almacenamiento y el de carga y descarga.
- Distribución de zonas complementarias o auxiliares para la carga y descarga del buque que puedan servir como almacenamiento o depósito de mercancías o materiales.
- Presencia de equipos auxiliares que den servicio a buque como son los equipos de suministro eléctrico (*Cold Ironing*)

Además, las recomendaciones de la ROM 2.0-11 definen que la anchura del área de operación debe estar comprendida entre los 22,5 m y los 100 m para tener unas condiciones operativas seguras y eficientes.

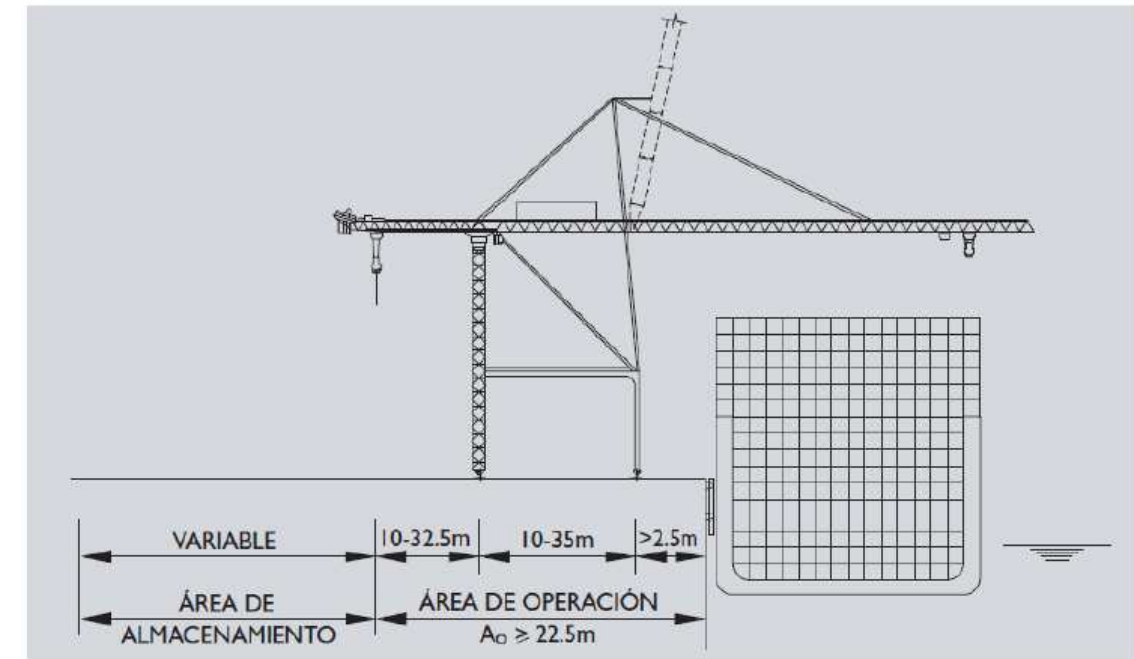


Ilustración 78. Dimensionamiento del área de operación en terminales marítimas. (Fuente: ROM 2.0-11)

Para el caso de grúas STS Panamax las recomendaciones según la ROM 2.0-11 serían las siguientes:

- Distancia entre carriles: 15-30,5 m
- Alcance lado tierra: 12-18 m
- Distancia carril exterior grúa a pie de muelle:  $\geq 2,5$  m

Es importante remarcar que las dimensiones del área de operación para las grúas STS son limitantes para el diseño de la terminal, debido principalmente a que son las que mayores requerimientos presentan en cuanto a mínimos recomendados para poder realizar las operativas de forma segura y eficiente. En cambio, los requerimientos para las grúas móviles u otro tipo de grúas de menor tamaño que las grúas STS van a ser en la mayoría de los casos menores. Es por ello, que para la terminal del presente documento se dimensionan las diferentes zonas del área de operación a través de los requerimientos de las grúas STS. Por lo que teniendo en cuenta que el mínimo general de anchura para el área de operación es de 22,5 m y que en concreto para las grúas Panamax es de 29,5 m, la distancia predefinida de 35 m para el área de operación es correcta para este caso. Además, hay que tener en cuenta que la ROM marca estas distancias mínimas hasta el subsistema de almacenamiento, por lo que habría que añadir el vial perimetral de 10 metros (2 carriles de 5 metros) que recorre la terminal (zona interconexión) que pertenece al área de interconexión y que en caso de

ser necesario puede ser utilizado dentro subsistema de carga y descarga. Por lo tanto, el área de operación tiene una anchura potencial de 45 m, la cual se divide en 35 m de uso único para las operaciones de carga y descarga y en 10 m de área de interconexión que pueden llegar a ser utilizados de manera excepcionales para estas.

Dentro de los 35 m del área de operación se van a distinguir 3 carriles interiores entre patas de grúas de 5 m y un carril exterior de 5 m para la circulación de cabezas tractoras junto a las plataformas para la carga y descarga. Por otro lado, se considera un resguardo de 2,5 m a cada lado de pata de la grúa STS para dar seguridad a las operativas y diferenciar áreas de trabajo. Po último, se considera una distancia de 5 m entre el pie de muelle y el resguardo de la pata exterior de la grúa. Este espacio está destinado a equipos auxiliares como pueden ser los de suministro eléctrico junto a los mecanismos de amarre, ya sean tradicionales o automatizados. Además de estas zonas, hay que añadir los dos carriles de 5 m pertenecientes a la interconexión entre el subsistema de almacenamiento y el de carga y descarga. Esta área puede llegar a ser utilizada para las operativas de carga y descarga en casos excepcionales en que por las condiciones de la terminal y de la operativa sea necesario ocupar esta zona. En condiciones normales esta área debe estar vacía y sin equipos de manipulación en espera para poder transitar entre la zona de almacenamiento y el muelle de forma rápida.

A continuación, se define el esquema del área de operación para la terminal polivalente:

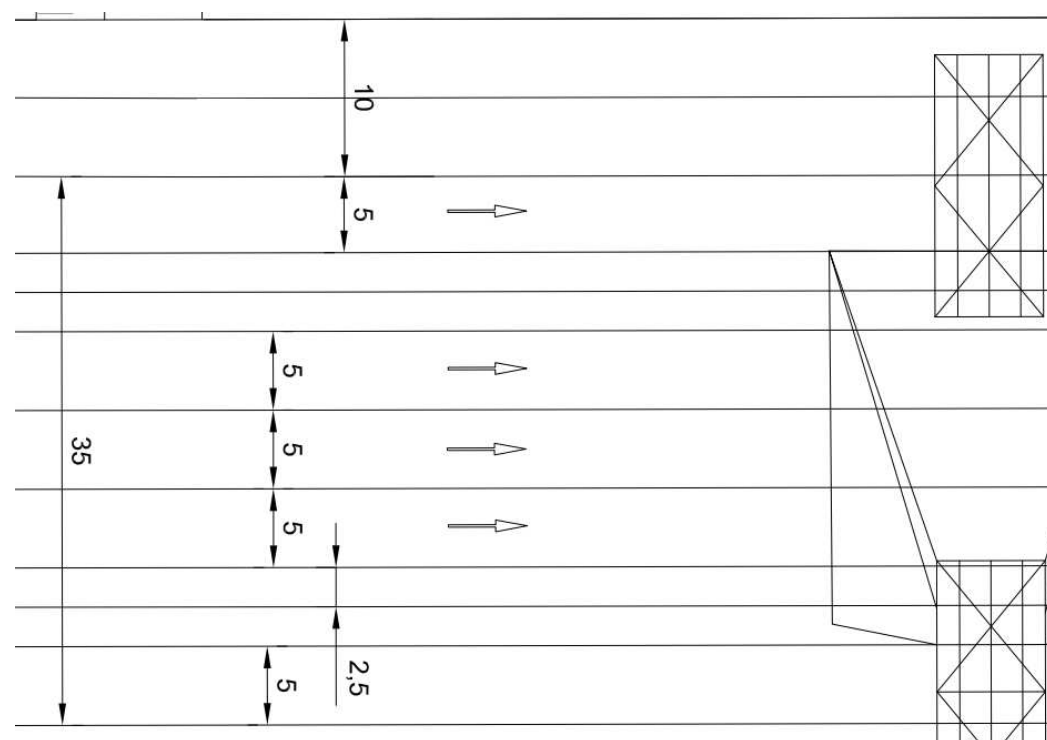


Ilustración 79. Distribución de espacios dentro del área de operación de la terminal polivalente. (Fuente: Elaboración propia)

Debido a que la configuración del área de operación es más limitante en cuanto a dimensiones cuando se utilizan grúas tipo STS para contenedores que cuando son grúas móviles, se asegura que con la anterior configuración las grúas móviles tendrán espacio suficiente para poder operar sin dificultades operativas. Hay que tener en cuenta que las dimensiones de la base del soporte de las grúas móviles de mayor tamaño suelen estar entre los 11-13 m, en el caso de las seleccionadas para la terminal polivalente tienen una dimensión máxima de 12,5 m y el radio de alcance es de 10 a 48 m. Por lo que, con el dimensionamiento planteado para el área de operación se cubre todas las necesidades en cuanto a espacios para los diferentes equipos de manipulación considerados en la terminal para realización de la carga y descarga en condiciones seguras y eficientes.

#### 6.3.4. Capacidad de las terminales

Dentro de este apartado se pretende realizar un análisis de la capacidad de las diferentes áreas de la terminal polivalente, es decir de las condiciones o cualidades que hacen que puedan albergar cierta cantidad de tráfico. Esta característica de la terminal está relacionada directamente con los siguientes aspectos:

- Productividad y número de equipos de manipulación en cada subsistema
- Tiempos operativos de la terminal a lo largo de un periodo t
- Distribución de tiempos de llegada y tiempos de espera asociados a las operativas
- Características de los subsistemas (distribución de espacios y capacidad)
- Volumen de mercancía según su tipo (tráficos previstos en un periodo t)
- Nivel de calidad de servicio asociado a la espera relativa

##### 6.3.4.1. Capacidad de la línea de atraque

Para estudiar la capacidad de la línea de atraque hay que definir en primer lugar el número de atraques posibles para la nueva terminal polivalente. Para ello, habrá que tener en cuenta las siguientes características que definen al buque tipo y a su disposición dentro de la línea de atraque de la terminal:



- Características de la línea de atraque
- Características del buque tipo y sus posibles configuraciones
- Limitaciones impuestas por la seguridad en el atraque (resguardos)

En cuanto a las características de la línea de atraque, se trata de un muelle con cajones de celdas prefabricados que abarca una única alineación de 730 m y que tras la ejecución del proyecto constructivo va a tener un calado de 16 m a pie de muelle.

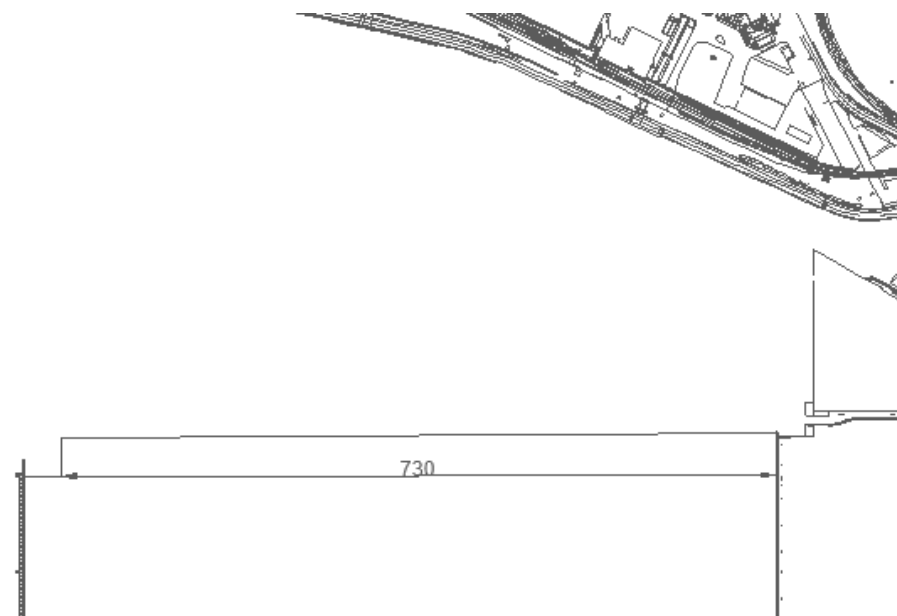


Ilustración 80. Alineación de muelle. Nueva terminal polivalente Muelle Centro 2 Puerto de Sagunto. (Fuente: Elaboración propia)

El buque tipo va a ser un *feeder* de 200 m de eslora y con calado estático de 10 m. Para poder saber si las condiciones de calado son suficientes se debe calcular el calado de atraque que tiene en cuenta los factores relacionados con el buque tipo ( $h_1$ ) y los relacionados con el fondo ( $h_3$ ) (tabla15). Para el caso de buques de gran desplazamiento bajo obras de atraque abrigas se tendría el siguiente resultado:

$$h_{a1} = 1,08 \times 10 + 1 = 11,8 \text{ m}$$

Por lo tanto, con un calado de total de 12 m a pie de muelle es más que suficiente para poder albergar este tipo de buques. Aunque debido a las características de la nueva terminal está previsto que ocasionalmente pueda llegar algún buque portacontenedores tipo *Panamax* de corta distancia (buque máximo), cuyas características según la tabla 16 se definen en una eslora de 280 m y un calado estático de 12 m. Por lo que el calado de atraque sería el siguiente para este tipo de buque:

$$h_{a2} = 1,08 \times 12 + 1 = 13,96 \text{ m}$$

	BUQUE DE CALADO MÁXIMO EN LA PEOR SITUACIÓN DE CARGA DE LA FLOTA ESPERABLE EN EL ATRAQUE	$h_1$ <sup>2)</sup>	$h_3$
OBRAS DE ATRAQUE SITUADAS EN ÁREAS ABRIGADAS	Buques de gran desplazamiento ( $\geq 10.000$ t)	$1,08 D_e$	1,00 m
	Buques de desplazamiento pequeño y mediano ( $< 10.000$ t)	$1,05 D_e$	0,75 m
OBRAS DE ATRAQUE SITUADAS EN ÁREAS POCO ABRIGADAS	Buques de gran desplazamiento ( $\geq 10.000$ t)	$1,12 D_e$	1,00 m
	Buques de desplazamiento pequeño y mediano ( $< 10.000$ t)	$1,10 D_e$	0,75 m

Tabla 16. Calado de atraque en función del buque tipo. (Fuente: ROM 2.0-11)

Año	Tipo de atraque	Longitud de atraque (m)	Calado (m)	Atraques por terminal	Buque de diseño (TEUs)	Capacidad anual de atraque (TEUs)	Capacidad por metro de atraque (TEUs/m)
2009	Sub Panamax	250	12	3	3.000	350.000	1.400
2012	Panamax	280	14	3	4.500	450.000	1.607
2012	Panamax	280	14	4	4.500	495.000	1.768
2014	Post Panamax I	300	15	3	5.700	500.000	1.667
2014	Post Panamax I	300	15	4	5.700	550.000	1.833
2017	Post Panamax II	350	16	4	8.000	700.000	2.000
2025	Post Panamax III	400	16 - 18	4	12.000	1.000.000	2.500
2009	Polivalente	150	10 - 11	2	1.000	100.000	667

Tabla 17. Características según tipologías de buques portacontenedores. (Fuente: Manual de capacidad portuaria, Valenciaport)

Con estas características definidas anteriormente y teniendo en cuenta que el mínimo calado exigible por el "Pliego de bases de concurso para concesión de la terminal" que era de 16 m, se determina que el calado para la nueva terminal polivalente será de 16 m en la zona próxima al Muelle Centro 2, debido a que el buque máximo con una necesidad de calado de 14 m se encuentra por debajo de esta cifra. Además, se trata de un calado que se replica en el resto de los muelles de la dársena, por lo que se considera más que suficiente para atender el tráfico previsto por la terminal.

Por otro lado, para saber el número de atraques que van a ser posibles para la alineación de muelle y teniendo en cuenta los buques tipo anteriormente estudiados, hay que definir los resguardos necesarios para poder dimensionar el espacio que necesita cada buque para cumplir las condiciones de seguridad en el atraque. Estos resguardos quedan definidos en la siguiente tabla:

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	Valores de las variables en función de la eslora total (L en m.) del barco mayor que afecta a la determinación de la dimensión analizada				
	Mayor de 300	300-201	200-151	150-100	Menor de 100 <sup>(1)</sup>
1. Distancia "l <sub>0</sub> " entre barcos atracados en la misma alineación (m.) 	30	25	20	15	10
2. Separación "l <sub>s</sub> " entre barco y cambios de alineación o de tipología estructural (m.) a) 	30	25	20	10	5
b) 	45/40	30	25	20	15
c) 	30/25	20	15	15	10
d) 	-/60	50	40	30	20
e) 	20	15	15	10	10

(1) Para buques con eslora total menor de 12 m. se tomará como valor de "l<sub>0</sub>" el 20% de "L", reajustándose los restantes valores proporcionalmente.  
 (B) Manga del barco mayor que afecte a la determinación de la dimensión analizada.  
 (\*) El ángulo se entenderá limitado a 160°. Para ángulos mayores se aplicará el (1).

Tabla 18. Resguardos recomendados en función de la eslora total y la alineación de muelle. (Fuente: ROM 2.0-11)

Para los buques analizados el resguardo necesario sería de 25 m entre buques y de 30 m en los bordes de la alineación del muelle debido a la forma de U de la dársena, la cual hace que puedan estar muy próximos los buques de dos alineaciones distintas. En el caso de la terminal del presente trabajo, este hecho se ve afectado debido a que existe un tacón RO-RO exterior en el extremo sur de la alineación con una anchura de 30 m, por lo que se considera que tomar un resguardo de 25 m frente al tacón RO-RO ya cubre las necesidades de resguardo respecto a las dos alineaciones. Por lo tanto, solamente habría que tener esta consideración el extremo norte de la alineación. Con estos datos se tendría el siguiente número de atraques según la fórmula de la ROM 2.0-11

$$L_a = L_{max} + (N_{a,alineación} - 1) \cdot L_b + (N_{a,alineación} - 1) \cdot l_0 + 2 \cdot l_s$$

Tipo de buque	Feeder	Panamax
Eslora (m)	200	280
Resguardo entre buques (m)	25	25
Resguardo extremo sur (m)	25	25
Resguardo extremo norte (m)	30	30
Nº atraques	3	2

Tabla 19. Nº de atraques según buque tipo. (Fuente: Elaboración propia)

Para el caso de los buques tipo *feeder* se podría llegar a una alineación de muelle con tres atraques ya que suponen una longitud mínima de 705 m respecto a los 730 m de la alineación de muelle. En cambio, para un buque tipo Panamax la cifra se reduciría a solamente 2 atraques debido a que suponen una longitud mínima de 640 m respecto a los 730 m de la alineación de muelle, haciendo que no pudiese atracar ningún tipo de buque estudiado anteriormente durante la estancia de ambos.

Una vez conocido el buque máximo previsto y saber que su distribución a lo largo del muelle puede darse en cualquier posición, principalmente debido a que las grúas tipo STS sobre carriles están diseñadas para poder ser movilizadas a través de la totalidad del muelle, el siguiente paso a nivel de diseño es definir los amarres de la alineación de muelle. En este caso, debido a que la terminal no es especializada y su característica principal es ser lo más polivalente posible, renunciando en parte al rendimiento de la terminal en cuanto a capacidad de captar tráfico, la opción más factible es la de amarre tradicional sobre otras soluciones con cierto grado de automatización, que para el caso de la terminal polivalente no se hacen necesarias en este aspecto. Además, debido a la variedad de tráficos previstos y sus características, el uso de una solución automatizada se hace cuestionable frente a una solución tradicional con un coste menor y mayor simplicidad de operación. En este caso, al tratarse de un diseño se define el amarre a través de las siguientes características:

- Tipo de buque
- Capacidad de trabajo de la línea de amarre (MBL y MWL)
- Nº de bolardos en un grupo (líneas de amarre)
- Espaciado entre bolardos
- Longitud de muelle



En este caso, el buque que define las necesidades de capacidad de amarre es de tipo Panamax a través de 730 m de longitud de muelle. El espacio entre bolardos quedará definido a través del “Proyecto básico del nuevo muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto” en fases posteriores, ya que requiere de un estudio posterior más específico sobre este elemento. Aun así, en general las distancias entre grupos de bolardos quedan comprendidas entre los 16 a 22 m en muelles convencionales, por lo que a nivel de diseño se sitúa a 20 m. Además, se dispondrá en grupos de 2 bolardos con capacidad para amarrar dos líneas del buque.

Por otro lado, para definir la fuerza de amarre necesaria se utilizan en este caso las recomendaciones del Puerto de Rotterdam para puertos europeos, las cuales marcan que para buques tipo Panamax se utilice una carga mínima de rotura (MBL) de 64 Tn:

Buque	DWT (Tn)	MBL (Tn)	Carga bolardo (kN)
Coaster	6,200 - 15,000	50	900
Feeder	17,700 - 38,500	50	900
Panamax	38,500 - 66,000	64	1152
Post-Panamax	70,000 - 118,000	83	1494
New-Panamax	143,000 - 157,000	130	2340
ULCS	171,000 - 195,000	130	2340

Tabla 20. Cargas mínimas de rotura en amarres. (Fuente: PoR)

Además, esta carga de 64 Tn debe ser ponderada por el número de líneas diferentes que van amarradas al bolardo y por el factor de ponderación y combinación de ELU (1.5 y 0,6 respectivamente), dando el siguiente resultado:

$$ELU = 1,5 \times 0,6 \times 2 \times 64 = 115,2 Tn$$

Por lo que finalmente se tendrá un bolardo tipo compuesto por dos cabezas y con una capacidad total de 115,2 Tn, repartidos de manera uniforme cada 20 m a lo largo de los 730 m de alineación de muelle. Por lo que se dispondrá de un total de 35 amarres de la tipología descrita, distribuidos con una separación de 20 m en la línea de atraque menos al inicio y final, donde la distancia será de 15 m. Estas distancias aseguran que exista una amplia capacidad de atraque a lo largo del muelle, ya que en todo momento para los buques contemplados en este diseño que van a ser atracados (feeder y Panamax) se va a tener independientemente de la eslora, una suficiente cantidad de bolardos con la capacidad para permanecer atracados en condiciones adecuadas durante la estancia en la terminal.

A continuación, se muestran las diferentes distribuciones mencionadas en el apartado anterior para buques tipo feeder y Panamax. Además, hay que mencionar que estas distribuciones son las esperadas para la terminal según la distribución escogida para el diseño a través de un buque tipo y un buque máximo.

En el caso de la distribución del buque tipo esperado, se mencionó que se trataría de la tipología de buque feeder con 200 m de eslora. Con este tipo de buque se podría llegar a tener 3 atraques distribuidos a lo largo de la línea de atraque. Todo ello junto a la distribución del área de operación y los diferentes puntos de amarre se pueden ver en la siguiente ilustración:

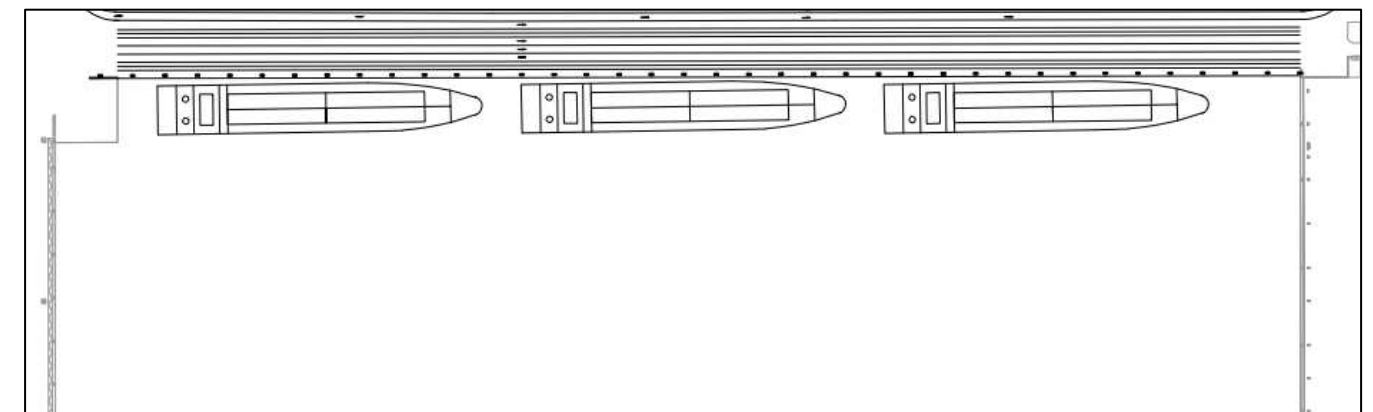


Ilustración 81. Distribución de línea de atraque para buque tipo feeder. (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de la distribución del buque máximo esperado, se mencionó que se trataría de la tipología de buque Panamax con 280 m de eslora. Con este tipo de buque se podría llegar a tener únicamente 2 atraques distribuidos a lo largo de la línea de atraque. Con lo cual se disminuiría el número de posibles buques atracados respecto a la anterior distribución. Todo ello junto a la distribución del área de operación y los diferentes puntos de amarre se pueden ver en la siguiente ilustración:

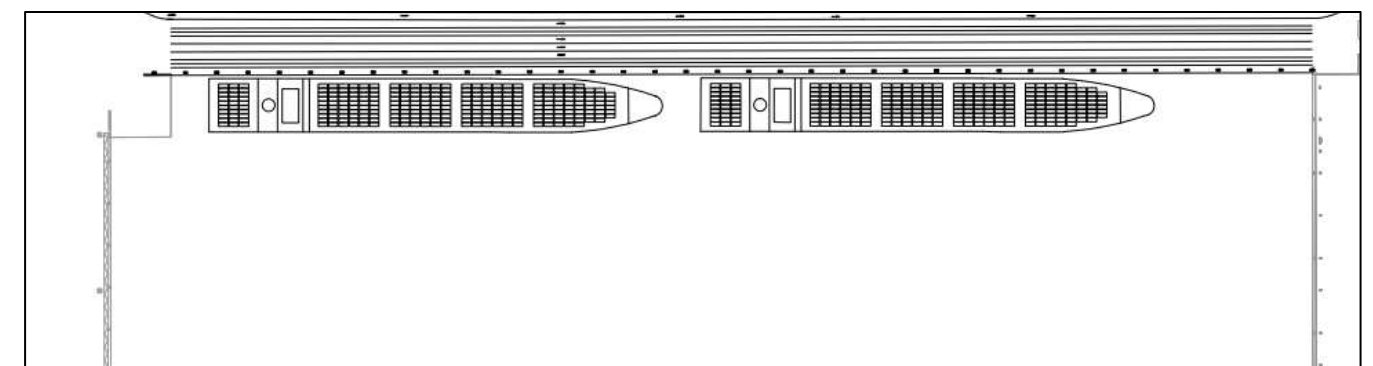


Ilustración 82. Distribución de línea de atraque para buque tipo Panamax. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez establecidas las características de la línea de atraque, el siguiente paso es calcular la capacidad que va a tener a lo largo del año este subsistema dentro la terminal. En este caso, al tratarse de una terminal portuaria polivalente la formulación utilizada para su cálculo dependerá de las siguientes características de la línea de atraque y de los elementos que forman parte de ella:

- Características de los equipos de manipulación en el subsistema de carga y descarga
- Tipos de tráficos a manipular y su distribución estadística a lo largo del año
- Número de atraques (N)
- Productividad del atraque asociado al tráfico (P)
- Tiempo operativo de la terminal (T)
- Nivel de calidad de servicio asociado al tipo buque

En la siguiente ilustración se muestran los factores básicos para el cálculo de la capacidad de la línea de atraque:

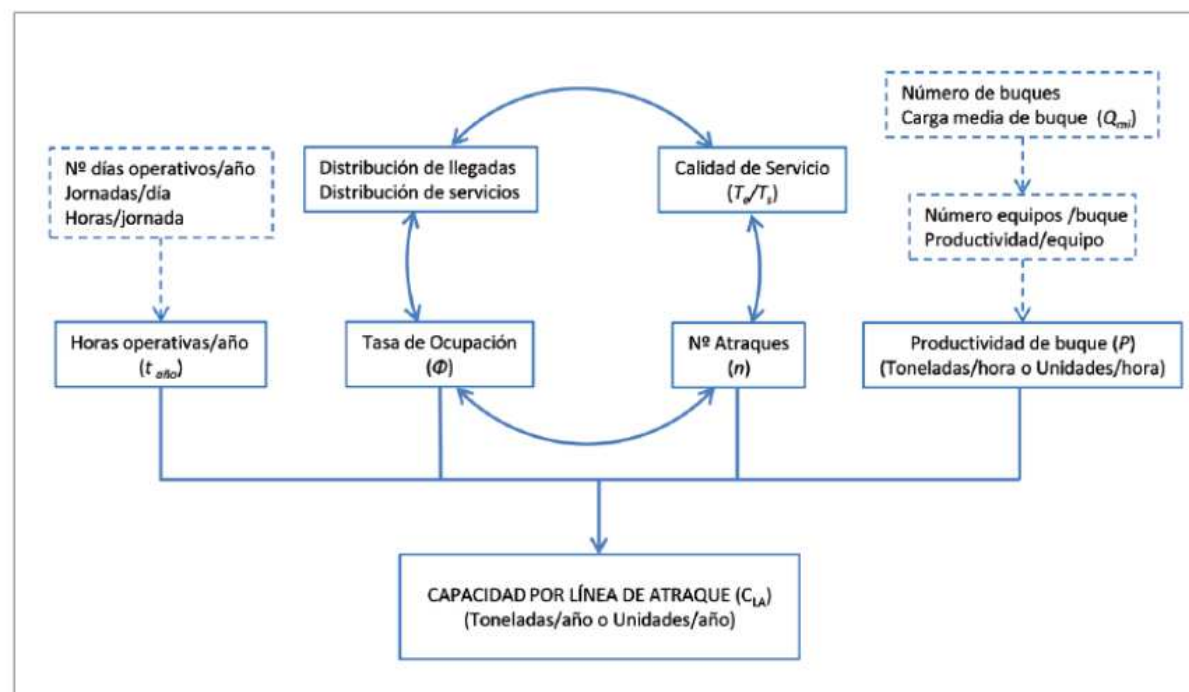


Ilustración 83. Factores que definen la capacidad de la línea de atraque. (Fuente: Valenciaport)

Con todo ello, a través de la formulación propuesta por Monfort et. al. (2011) se tendría la siguiente formula de capacidad para terminales marítimas polivalentes:

$$C = N \times \varphi \times T_{\text{año}} \times P$$

Donde:

- C: Capacidad anual de la línea de atraque (TEUs/año o Tn/año).
- N: Numero de atraques.
- $\Phi$ : Tasa de ocupación admisible. Dependiente del número de atraques, de la calidad del servicio asociada a la espera relativa y de la distribución de llegadas y los tiempos de servicio asociados al buque.
- P: Productividad anual media del subsistema de carga y descarga (Tn/h o Mov/h).
- T: Horas al año que la terminal está operativa teniendo en cuenta festivos y posibles condiciones adversas al servicio.

Debido a que la terminal trata varios tipos de tráfico, hay que realizar una caracterización operativa de los tipos de tráfico para poder calcular la capacidad asociada a cada uno de ellos. Además, habría que realizar una simulación de cómo funciona el subsistema de carga y descarga con los elementos que lo definen operativamente (descritos anteriormente) para poder calcular la capacidad asociada a cada tráfico y su relación. Debido a que esto supone un esfuerzo que en la práctica no ofrece un cálculo simplificado y que se saldría del carácter del presente trabajo, se realiza la siguiente aproximación a partir de datos extraídos de los puertos analizados y la información extraída de los tráficos de Valenciaport. Dando la siguiente caracterización operativa para cada tráfico:

	Capacidad - Línea de atraque			
	RO-RO	Grandes proyectos	Contenedor	Mercancía general
Productividad asociada (mov/h)	20	10	25	25
Tn/mov	12	60	20	5
% de llegadas	0,232	0,186	0,232	0,35

Tabla 21. Caracterización operativa de tráficos. Capacidad de la línea de atraque. (Fuente: Elaboración propia)

Para su elaboración, se realiza una distribución de las llegadas a la línea de atraque a partir del porcentaje de tráfico asociado a la terminal. Dando valores que definen el porcentaje de los buques que van a ser atendidos a lo largo del año en la terminal a través del muelle.



Por otro lado, se da un valor de productividad medio asociado a cada tipo de tráfico y sus características, definiendo la productividad a partir de la formulación propuesta por Monfort et. al. (2011). Para ello, se tiene en cuenta que los tráficos más fáciles de movilizar y estandarizados tienen una mayor productividad que aquellos que tienen condiciones limitantes en cuanto a volumen, tipo de operación de carga/descarga o peso (Tn). Lo cual se trata de una simplificación debido a que la productividad real dependería de:

- Productividad de los buques al ser atendidos y su distribución a lo largo del tiempo.
- Tiempos muertos donde no se genera actividad alguna.
- Tamaño de escala de trabajo en el muelle.
- Tipo de equipos de manipulación en el subsistema de carga y descarga
- Tipos de tráfico y limitaciones operativas

Pero todo ello haría que el cálculo de la productividad tuviese una mayor dificultad que no procede en este caso por el carácter de diseño del presente trabajo. Por lo que se estima que los parámetros mencionados anteriormente son una buena aproximación de la realidad operativa en la línea de atraque.

Por otro lado, en cuanto a las horas de trabajo en la terminal, se tiene previsto 3 turnos de 8 horas durante 360 días año en los cuales la terminal estará operativa pudiendo dar la totalidad de servicios. Con ello, se tendría un total de 8.640 horas de trabajo al año dentro de la terminal.

Finalmente, para calcular la tasa de ocupación en el muelle de la futura terminal polivalente se utiliza el gráfico 6 que relaciona la tasa de ocupación en función de la espera relativa, el número de atraques y la distribución de llegadas.

Para los tiempos de servicio se asume que la distribución será de tipo Erlang 4 para los diferentes tráficos de la terminal. Además, las llegadas serán de tipo aleatorio para cada uno de los tráficos, por lo que finalmente se utiliza una distribución de tipo M/E4/N.

En cuanto a la espera relativa máxima admisible, se suele utilizar valores en torno a 0,1, es decir, valores de tiempo máximo de espera por parte de las navieras del orden del 10% del tiempo que van a estar atendiendo en terminal, considerando que cualquier tiempo superior a este sea inadmisibles a la hora de la operativa.

Con todo ello, utilizando una distribución de llegadas y tiempos de servicio tipo M/E4/N, un coeficiente de espera relativa de 0,1 y 3 atraques en el muelle de la terminal, se obtendrá la tasa de ocupación admisible para los diferentes tráficos a partir del siguiente gráfico:

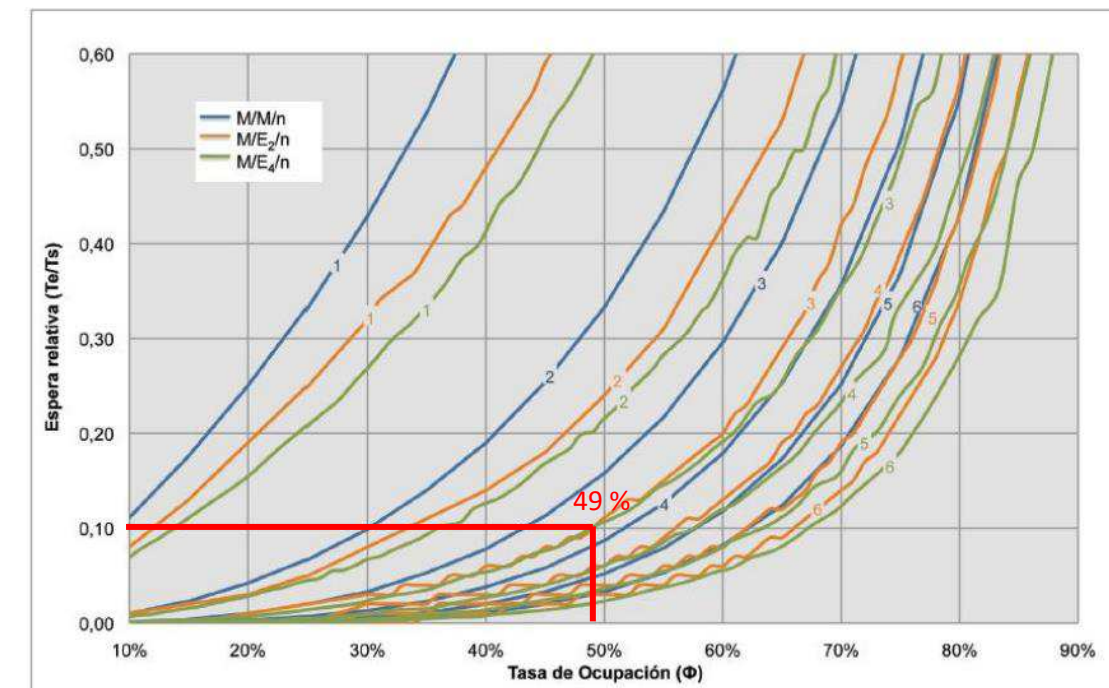


Gráfico 6. Relación de la tasa de ocupación y la espera relativa en terminales marítimas de los sistemas M/M/N, M/E2/N Y M/E4/N de 1 a 6 atraques. (Fuente: Valenciaport)

Con ello, para 3 atraques y una M/E4/N se obtiene una tasa de ocupación ( $\phi$ ) del 49%. Esta tasa de ocupación hace referencia a la congestión de la terminal asociándola a la espera relativa de los buques, la distribución de llegadas y tiempos de servicio y el número de atraques, pero al tratarse de una terminal polivalente su relación también dependería de otros elementos como son la combinación de grúas utilizadas en cada atraque para la operativa de carga y descarga y las limitaciones operativas de cada tráfico. Esto supondría un análisis mucho más complejo mediante simulación, ya que no existe muchos estándares que modelicen el comportamiento de la línea de atraque de una terminal polivalente. Sobre todo, cuando existe una alta variabilidad en los tráficos que implica una alta variabilidad en las operativas debido a las limitaciones y necesidades de cada uno. Por lo que, a falta de un mayor estudio sobre los tráficos atendidos, el rendimiento operacional de los diferentes equipos en el subsistema de carga y descarga y las características operativas que se pueden dar en función del tipo de buque y su carga, se considera una buena aproximación realizar este supuesto.

A continuación, se muestran el resumen de los cálculos de la capacidad de línea de muelle para cada uno de los tráficos de la terminal polivalente del presente diseño. Para ello, se tiene en cuenta la formulación de Monfort et. al. (2011), el factor de conversión (F) y el porcentaje de llegadas asociado a cada tráfico. Dando un resultado de capacidad en Tn/año para cada uno de los tráficos asociados a la terminal polivalente:

6.3.4.2. Capacidad de almacenamiento (terminal polivalente)

Una vez establecida la capacidad de la línea de atraque se pasa a analizar la capacidad del subsistema de almacenamiento. En este caso, al tratarse de un puerto polivalente con diferentes tráficos contemplados se separa el análisis al igual que en sucedió en el anterior apartado por tipo de tráfico. Para ello, se parte de la distribución realizada en el apartado “6.3.2 Prediseño de la terminal” donde se realizaba una primera aproximación de la distribución de espacios según el porcentaje de llegadas de cada tráfico a la terminal, dando la siguiente distribución:

		C = P x F x T <sub>año</sub> x N x φ x % <sub>Llegadas</sub>			
		Contenedor	Grandes proyectos	RO-RO	Mercancía general
Productividad asociada (mov/h)	P	25	10	20	25
Tn/mov	F	20	60	12	5
Horas de trabajo al año (h)	T <sub>año</sub>	8640	8640	8640	8640
Nº Atraques	N	3	3	3	3
Tasa de ocupación	φ	0,49	0,49	0,49	0,49
% de llegadas	% <sub>Llegadas</sub>	0,232	0,186	0,232	0,35
Capacidad de atraque (Tn/año)	C	1.473.293	1.417.409	707.181	555.660

Tabla 22. Capacidad asociada a la línea muelle para cada tráfico. (Fuente: Elaboración propia)

Para el caso del tráfico RO-RO, se alcanzan las 707.181 Tn/año teniendo en cuenta que la productividad asociada viene limitada por la única rampa RO-RO de la terminal al sur y que el tráfico RO-RO va a estar compuesto por vehículos, cabezas tractoras y semirremolques con o sin carga. Esta cifra se traduce en 58.932 vehículos RO-RO de media (46% a turismos y 54% a semirremolques) al año que van a ser movilizadas a través de la rampa RO-RO de la terminal. Además, se asocia un 5% del tráfico de semirremolques a autopista ferroviaria para la terminal ferropuertaria anexa.

Para el caso de tráfico de grandes proyectos, se alcanzan 1.417.409 Tn/año teniendo en cuenta que este tipo de tráficos tiene una baja productividad debido a las dificultades que presente la operativa y que moviliza mucho más volumen y tonelaje en cada movimiento. Es por ello, que se le asocia una tasa de ocupación más tarde del 50% del espacio de almacenamiento dedicado a este tráfico. En este caso, no se asocia ningún porcentaje al uso de ferrocarril como medio de transporte multimodal para este tráfico.

Para el caso de tráfico de contenedor, se alcanzan 1.473.293 Tn/año teniendo en cuenta que un contenedor de media en las terminales marítimas puede alcanzar las 20 Tn según los datos estudiados de las diferentes terminales. Esta cifra se traduce en un total de 73.665 contenedores y multiplicado por el factor 1,5 TEUs/mov da un total de 110.497 TEUs/año. Además, se asocia un 5% de estos tráficos a tráfico de la terminal ferropuertaria anexa a la terminal polivalente.

Por último, para el caso de mercancía general, se alcanzan 555.660 Tn/año teniendo en cuenta que este tipo de tráfico tiene una mayor productividad debido a las mejores condiciones operativas de carga y descarga y que menor volumen y tonelaje en cada movimiento. Es por ello, que se le asocia una tasa de ocupación más tarde del 80% del espacio de almacenamiento dedicado a este tráfico. En este caso, no se asocia ningún porcentaje al uso del ferrocarril como medio de transporte multimodal para este tráfico.

Por lo que finalmente teniendo en cuenta los diferentes tráficos se alcanza un total de 4.153.543 Tn/año para la terminal polivalente del presente diseño. Dando un total de 5689 Tn/año por metro lineal de muelle para la terminal.

	Superficie (m <sup>2</sup> )
RO-RO	39.871
Grandes proyectos	31.865
Contenedor	39.759
Mercancía general	60.061
Superficie total de almacenamiento	171.556
Superficie total terminal marítima	265.912
% dedicado a almacenamiento	64,5

Tabla 23. Capacidad de almacenamiento. Distribución subsistema de almacenamiento. (Fuente: Elaboración propia)

Además, es importante mencionar en este punto, que en el apartado “6.3.2 Prediseño de la terminal” se realizó una distribución de espacios dedicados a cada tráfico en función de sus características operativas, la disponibilidad de espacios según las infraestructuras actuales, las condiciones de contorno de la terminal y la distribución de tráficos esperados en la terminal (igualando la necesidad de espacio al porcentaje de llegada en un primer análisis). Este análisis dio como resultado una propuesta inicial de diseño para la terminal polivalente de Sagunto en el Muelle Centro 2, la cual se va a seguir analizando en este apartado tras determinar los tráficos esperados a lo largo del año del apartado anterior.

También es importante tener en cuenta que, debido al carácter polivalente de la terminal, el volumen de tráfico esperado es considerablemente inferior al que se esperaría de una terminal especializada. Principalmente debido a la pérdida de capacidad en la línea de muelle por la alta polivalencia de atención para los diferentes tráficos. Dando como resultado que la capacidad de almacenamiento sea en general bastante superior a la capacidad de la línea de muelle para este tipo de terminales.

Por otro lado, al tratarse de una terminal polivalente, está previsto en el diseño de la terminal que el subsistema de almacenamiento sea variable en tiempo para poder adaptarse a las demandas de espacio de cada tráfico a lo largo del año. Para poder conseguir esto, se sitúa en un 10% el excedente de capacidad de almacenamiento frente a la capacidad de la línea de muelle para que se



pueda considerar que con el diseño propuesto se va a poder cumplir con esta característica de polivalencia dentro del subsistema de almacenamiento.

En general la capacidad de almacenamiento vendrá dada por las siguientes características:

- Tipo de tráfico y sus características: porcentaje de aprovechamiento medio y peso
- Los tiempos de estancia de cada tráfico
- La estacionalidad del tráfico
- La forma de la terminal y su distribución de espacios
- La productividad de los equipos de manipulación para cada tráfico

Este esquema hace referencia a una terminal especializada de contenedores, dando unos porcentajes de distribución que no tienen por qué ser los que se dan en terminales polivalentes. Esto es debido a que tienen unas condiciones operativas distintas en cuanto a la distribución del área almacenamiento, la cual no es fija en el tiempo ya que depende del tipo de tráfico que se estén siendo movilizados en un momento concreto. En este caso, el espacio de almacenamiento de la terminal del prediseño supone un 65% del total de la terminal sin contar viales internos entre las áreas dedicadas a cada tráfico. Esta cifra se encuentra en el rango habitual de una terminal polivalente y es indicativo de que la terminal está proporcionada desde el prediseño realizado en apartado 6.3.2.

Por otro lado, es importante entender que las características que definen la capacidad de almacenamiento siguen un mismo patrón independientemente del tipo de tráfico. Siguiendo el esquema de capacidad de almacenamiento para una terminal de contenedores se llegaría a la siguiente formula tipo para calcular la capacidad de almacenamiento de cada uno de los tráficos:

$$C_p = N^{\circ} \text{ huellas} \times H \times \frac{365}{T_a} \times K$$

Donde:

- $C_p$ : Capacidad de almacenamiento anual.
- $N^{\circ}$  huellas: Número de áreas o slots dedicados para el almacenamiento.
- $H$ : Altura o niveles de apilado dentro de cada área de almacenamiento.
- $T_a$ : Tiempo de estancia medio en la terminal.
- $K$ : Factor operacional que minorra la altura máxima de apilado, consiguiendo que se pueda trabajar en condiciones normales en las diferentes operativas. Esto es debido a que se evitan las excesivas remociones, los cuales producen ineficiencias a nivel productivo.

En el caso del  $n^{\circ}$  de huellas y la altura de apilado, estos términos se consideran para el presente diseño a modo general como el área de almacenamiento total dedicado a cada tráfico y el número de alturas que se permiten operativamente. Por otro lado, el factor operacional al tratarse de una terminal polivalente solamente afectará a la capacidad de almacenamiento dedicada al contenedor al ser el único tráfico apilable en la terminal. Con estas consideraciones, se analiza cada tipo de tráfico para determinar cada concepto asociado a la capacidad de almacenamiento a partir de la distribución del diseño del apartado "6.3.2. Prediseño de la terminal".

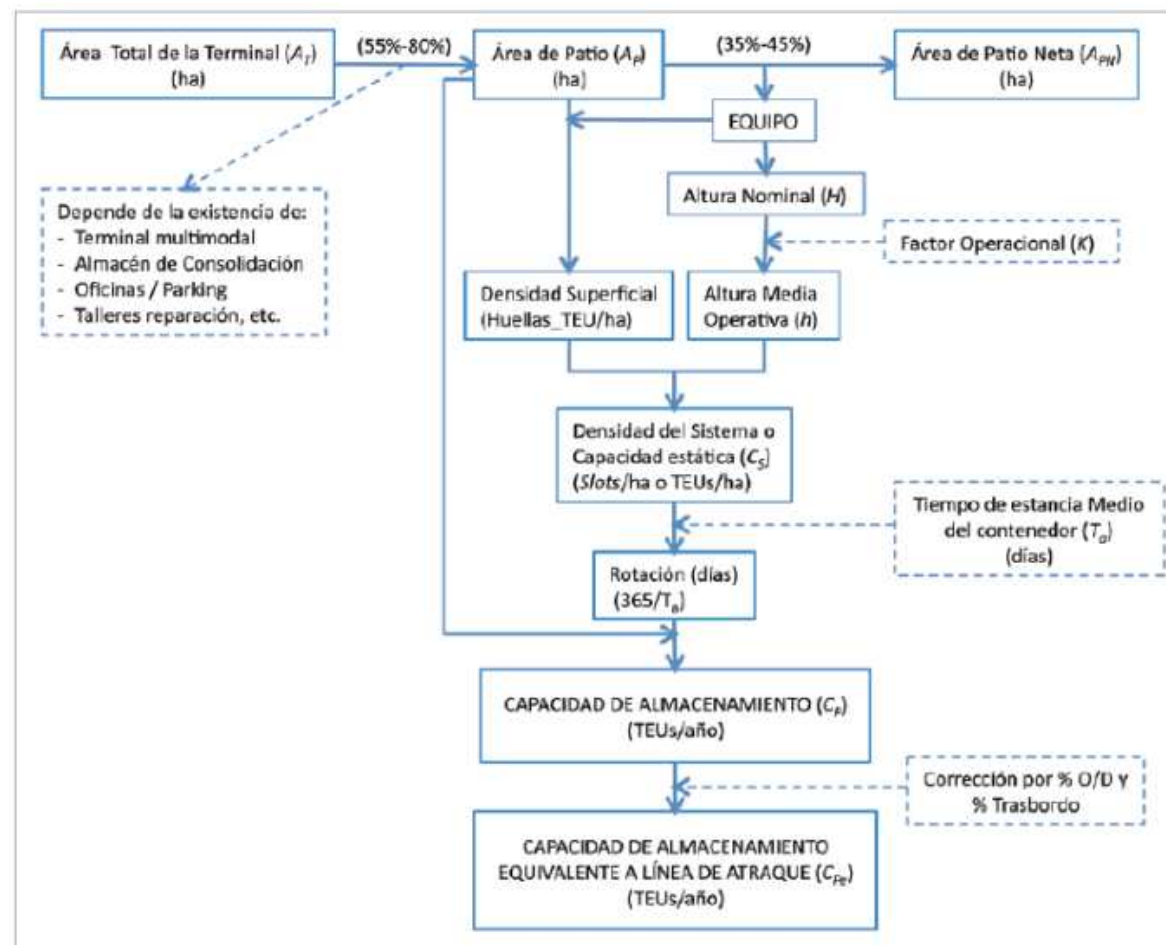


Ilustración 84. Factores que definen la capacidad de almacenamiento. (Fuente: Valenciaport)

Comenzando por el análisis de capacidad de almacenamiento para el tráfico de contenedor, se ha decidido desde el prediseño que se ubicará la zona de bloques de contenedor de manera centrada respecto a línea de muelle para mejorar las condiciones operativas. Esto es debido a que se consigue ganar flexibilidad al poder aumentar el tamaño de los bloques de manera paralela a la línea de muelle, el cual es el método principal de aumentar la capacidad, o de manera perpendicular aumentando el número de bloques, que solamente se materializara cuando haya una necesidad de capacidad y no se pueda aumentar el tamaño de los bloques ya establecidos. Con todo ello, el tipo de unidad de bloque a utilizar se ha decidido que sea de 6 contenedores (TEU) por 4 alturas que es la combinación más utilizada en terminales de contenedores debido a que no produce tantas pérdidas de eficiencia por las remociones excesivas en los bloques y garantiza que las *reach stacker* puedan operar de manera segura debido a la limitación en altura a 4 contenedores. Además, se va a destinar en un extremo un espacio dedicado a los *reefers* que necesitan conexión eléctrica para que queden separados del resto de contenedores (ver ilustración 86).

Por otro lado, estos bloques serán movilizadas mediante grúa RTG de manera que atraviese el bloque de 6 contenedores más un carril de 4 m dedicado a la espera de camiones o cabezas tractoras + plataforma. Esta configuración se establece para proceder al estocaje del contenedor en la huella de destino con la ayuda de la grúa RTG que procedería a ubicarse sobre el camión o cabeza tractora para la carga y descarga. Además, estos carriles se ubican de manera alternada en cada bloque para que queden concentrados generando una mayor productividad debido a que los espacios serían vertebrados mediante un carril intermedio únicamente de 5 m (ver ilustración 86).

Con esta configuración y teniendo en cuenta que los bloques se sitúan de manera paralela a línea de muelle se alcanzarían bloques de 30 contenedores (TEU) de largo, dejando un espacio de viales intermedios a cada lado del bloque para la ubicación y espera de vehículos y el paso de equipos de manipulación de la terminal (ver ilustración 86).

Finalmente, con la unidad de bloque establecida en la ilustración 86 se conseguiría llegar hasta 6 bloques en el espacio dedicado en apartado 6.3.2, lo que da un total de 1.080 huellas para albergar 4320 TEUs o *slots* dedicados para contenedor. A estas unidades habría que aumentarles las que se van a ubicar en la zona de contenedores vacíos o de larga estancia, las cuales no se tienen en cuenta en el cómputo global debido a que la utilización de esta área a nivel de capacidad es residual frente al área de bloques de contenedor y se podría destinar si fuese necesario a otros usos.

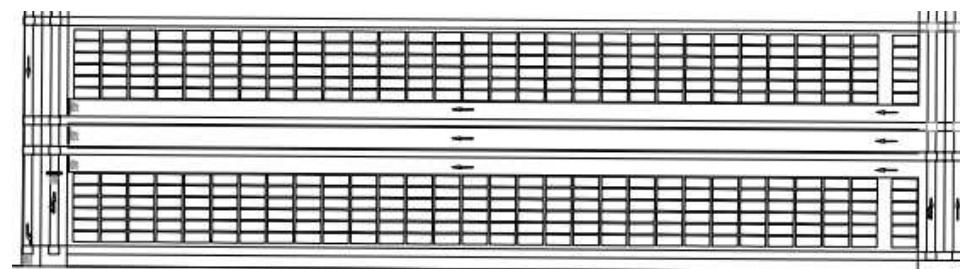


Ilustración 85. Bloque tipo de contenedor 6x4x30. (Fuente: Elaboración propia)

Para determinar el tiempo de estancia medio para el tráfico de contenedores en la terminal se utiliza, por un lado, el Manual de Capacidad portuaria para establecer referencias del sistema portuario y, por otro lado, los datos de la APV sobre el Puerto de Sagunto que dan una referencia actualizada sobre este tráfico en su zona de influencia. Para el caso de la nueva terminal se tiene previsto que el tráfico sea tipo *import/export* en su totalidad ya que el transbordo no tiene sentido en este tipo de terminales. Esto queda reflejado en los datos de tráfico de contenedor para Sagunto en el año 2021:

Contenedores (TEU)		2020	2021
Llenos		29.845	33.984
	Carga	20.335	27.430
	Descarga	9.507	6.393
	Tránsito	3	161
Vacíos		16.159	23.698

Tabla 24. Tráfico de contenedores en el Puerto de Sagunto. (Fuente: Valenciaport)

Teniendo en cuenta estos datos y que según en Manual de Capacidad portuaria un contenedor de tipo *import/export* lleno suele tener tiempos medios de 7 días y cuando está vacío de unos 15 días aproximadamente, se tendría la siguiente fórmula para definir el tiempo de estancia medio:

$$T_a = \frac{N^{\circ} \text{ de contenedores llenos} \times 7 + N^{\circ} \text{ de contenedores vacíos} \times 15}{N^{\circ} \text{ total de contenedores}}$$

$$T_a = \frac{33.984 \times 7 + 23.698 \times 14}{57.682} \approx 10 \text{ días}$$

Dando un resultado de 10 días de tiempo medio de estancia para el tráfico de contenedor en la terminal polivalente del presente diseño. Este valor se encuentra por encima de terminales especializadas debido a que el Puerto de Sagunto no tiene transbordo, el cual presenta menores tiempos de estancia para los contenedores.

Por último, debido a que el tráfico de contenedor se suele apilar por bloques hay que calcular un factor operacional (K) que tenga en cuenta las condiciones operativas de este tráfico. Este factor condiciona la capacidad de almacenamiento a través de la disminución de la altura de apilado para poder evitar excesivas remociones. En este caso, se utiliza la tabla del Manual de Capacidad para poder determinar este factor una vez sabido el tipo de equipo de manipulación que va a ser utilizado en los bloques de contenedores. Por lo tanto, el valor K se asocia con la RTG 6 ancho (1 sobre 4 alturas) de la siguiente tabla:



	Densidad superficial de pátio (h TEU/ha)	Altura máxima de apilado	Capacidad absoluta máxima (TEU/ha)	Factor operacional, K (%)	Picos máximos de ocupación recomendados (%)	Media de capacidad (TEU/ha)	Capacidad en los picos (TEU/ha)	Capacidad estática de pátio (TEU/ha)
Reachstacker, bloques de 3 de ancho / 3 de alto	258	3	774	55	85	426	658	425
Straddle carrier 3 de alto (1 sobre 3) Espacio por fila contenedores: 4,1 m	265	3	795	60	80	477	636	475
RTG 6-ancho (1 sobre 4)	268	4	1.072	60	75	643	804	650
RTG 7-ancho (1 sobre 5)	286	5	1.430	55	75	787	1.073	800
RMG 9-ancho (1 sobre 4) Transferencia en las cabeceras de la pila	384	4	1.536	70	85	1.075	1.306	1.075
RMG 12-ancho (1 sobre 6) Transferencia en el lateral de la pila	291	6	1.746	60	85	1.048	1.484	1.050
WSG 18-ancho (1 sobre 5) + Buffers al lado de 3-ancho / 3 alturas	337	5	1.685	65	85	1.095	1.432	1.095
OBC 9-ancho o MT 10-ancho (1 sobre 4) Transferencia en las cabeceras de la pila	432	4	1.728	70	85	1.210	1.469	1.200
MT-stacker (8 profundo / 7 alturas)	375	7	2.625	65	90	1.706	2.363	1.700

Tabla 25. Valores orientativos del factor operacional (Wieschemann y Rijsenbrij, 2004). (Fuente: Elaboración propia)

Dando un valor del 60% para el factor operacional (k) en el área de almacenamiento de contenedores de la terminal. Este valor se encuentra por debajo de otras configuraciones que permiten aumentar la capacidad operativa debida a las excesivas remociones. Esto es debido a que permiten una mayor capacidad de configuración de los bloques de contenedores.

Una vez establecidos todos estos valores y teniendo en cuenta que se trata de una primera iteración para definir el diseño del subsistema de almacenamiento de la terminal, se tendrían los siguientes parámetros que definen la capacidad de almacenamiento de contenedores en la terminal polivalente:

Capacidad de almacenamiento - Contenedor	
Nº huellas	1080
H	4
T <sub>a</sub>	10
K	0,6

Tabla 26. Capacidad de almacenamiento – Contenedor. (Fuente: Elaboración propia)

Para el caso del análisis de la capacidad de almacenamiento del tráfico de grandes proyectos, se ha decidido en primer lugar que la ubicación del área dedicada esté cercana al subsistema de carga y descarga y distribuida a cada lado de la zona dedicada al contenedor (ver “6.3.2. Prediseño de la terminal”). En este caso, no hay que definir nº de huellas ni slots, ya que se ha configurado el área dedicada a grandes proyectos en el prediseño del punto “6.3.2 Prediseño de la terminal” de manera que se subdivida en espacios con carriles intermedios de 3,5 m en cada sentido entre ellos. Estas áreas están destinadas en su totalidad a este tipo de tráfico, pero para poder definir el grado de utilización respecto a este tipo de tráfico se utiliza un porcentaje de aprovechamiento medio del 50%. Haciendo que de los 31.865 m<sup>2</sup> dedicados teóricamente a este tráfico se utilicen solamente 15.932,5 m<sup>2</sup>. Esto sucede debido a que este tipo de tráfico presenta un mayor volumen por lo que se asume un menor aprovechamiento teórico del área dedicada.

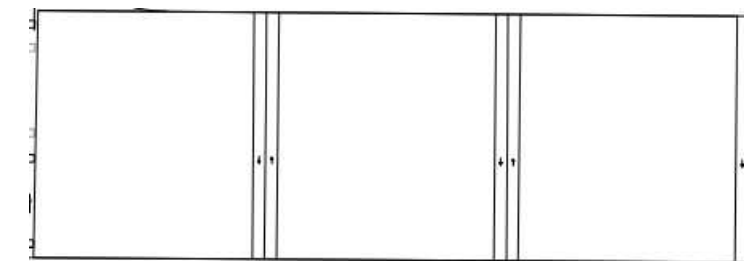


Ilustración 86. Área tipo destinada a grandes proyectos. (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado, para definir la capacidad de almacenamiento en las mismas unidades que la de la línea de muelle, se tiene que asociar cada m<sup>2</sup> dedicado al tráfico a un peso medio a modo de simplificación. Esto es debido a que este tipo de tráfico presenta variación en volumen y peso, el volumen se contabilizada con el porcentaje de aprovechamiento medio y el peso con la capacidad media establecida a través de las Tn/m<sup>2</sup> que se asocian a cada área. En este caso, debido a que se trata de un tráfico pesado se asocia 5 Tn/ m<sup>2</sup> al área dedicada para grandes proyectos. Por último, se asocia unos tiempos de espera relativos de 14 días a este tipo de tráfico debido a su alto volumen y peso y a sus dificultades para el transporte tanto operativas como de gestión previa.

Con todo ello, se tendrían los siguientes parámetros que define la capacidad de almacenamiento de grandes proyectos en la terminal polivalente:

Capacidad de almacenamiento - Grandes proyectos	
Área dedicada (m <sup>2</sup> )	31.865
% Aprovechamiento medio	50
T <sub>a</sub> (días)	14
Capacidad (Tn/m <sup>2</sup> )	5

Tabla 27. Capacidad de almacenamiento – Grandes proyectos. (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de la capacidad de almacenamiento del tráfico RO-RO, se ha decidido que la ubicación del área dedicada se encuentre cercana a la única rampa RO-RO de la terminal al sur de la línea de muelle (ver “6.3.2. Prediseño de la terminal”). En este caso, hay que definir el número de plazas destinadas a unidades RO-RO, por lo que no es necesario la utilización de un coeficiente de aprovechamiento medio. En este caso, se definen las unidades RO-RO de forma que guarden relación con el estudio de la capacidad de la línea de muelle. Por lo que por un lado se tendrá unidades dedicadas a turismo con un porcentaje del 46 % y unidades dedicadas a cabezas tractoras o semirremolques con un porcentaje del 56 %. Teniendo en cuenta que las dimensiones para los vehículos son de 2,5x5 m y las de cabezas tractoras o semirremolques de 3x16 m que son las dimensiones recomendadas por la ROM 0.5-05. Con estas cifras y teniendo en cuenta carriles de 3,5 m de separación entre bloques se alcanzarían un total de 704 plazas para semirremolque y 592 plazas para turismo con la siguiente disposición tipo:

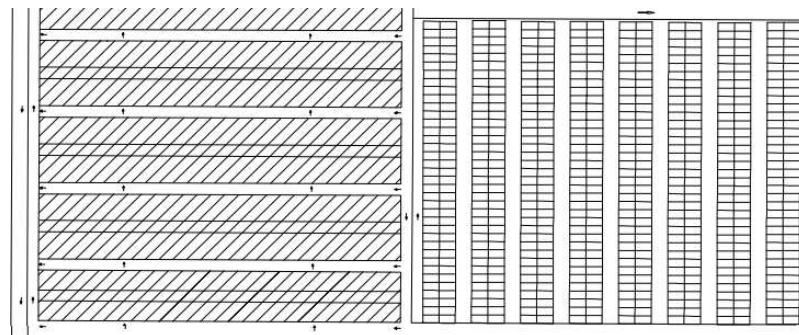


Ilustración 87. Área tipo destinada a tráfico RO-RO. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, se asocia unos tiempos de espera relativos de 8 días a este tipo de tráfico debido a que no suele ser de larga estancia en terminales marítimas. Principalmente porque no suelen almacenarse si es para transporte intermodal como el caso de los semirremolques o si son turismos con uso particular o comercial.

Con todo ello, se tendrían los siguientes parámetros que define la capacidad de almacenamiento para el tráfico RO-RO en la terminal polivalente:

Capacidad de almacenamiento - RO-RO	
Área dedicada (m <sup>2</sup> )	39.871
Nº de plazas	1.296
T <sub>a</sub> (días)	8
%Turismos/Semirremolques	46/56

Tabla 28. Capacidad de almacenamiento – Tráfico RO-RO. (Fuente: Elaboración propia)

En el caso de la capacidad de almacenamiento del tráfico de mercancía general, se ha decidido que la ubicación del área dedicada se encuentre cercana a la nave que se encuentra al norte de la terminal y anexa al contorno de la terminal por el oeste, con una nave de nueva construcción (ver “6.3.2. Prediseño de la terminal”). En este caso, no hay que definir nº de huellas ni slots, ya que se ha configurado el área dedicada a mercancía general en el prediseño del punto “6.3.2 Prediseño de la terminal” de manera que quede definida a través de las zonas dedicadas en la terminal. Estas zonas están destinadas en su totalidad a este tipo de tráfico, pero para poder definir el grado de utilización respecto a este tipo de tráfico se utiliza un porcentaje de aprovechamiento medio del 70%. Haciendo que de los 60.061 m<sup>2</sup> dedicados teóricamente a este tráfico se utilicen solamente 42.043 m<sup>2</sup>. Esto sucede debido a que este tipo de tráfico presenta un menor volumen y formas más estandarizadas, por lo que se asume un mayor aprovechamiento teórico del área dedicada respecto a otros tipos de tráficos de la terminal. Además, se definen dos naves que se ubicaran dentro de esta área dedicada, una ya construida actualmente (nave 1) de 12.061 m<sup>2</sup> y otra de nueva construcción (nave 2) de 10.300 m<sup>2</sup>.

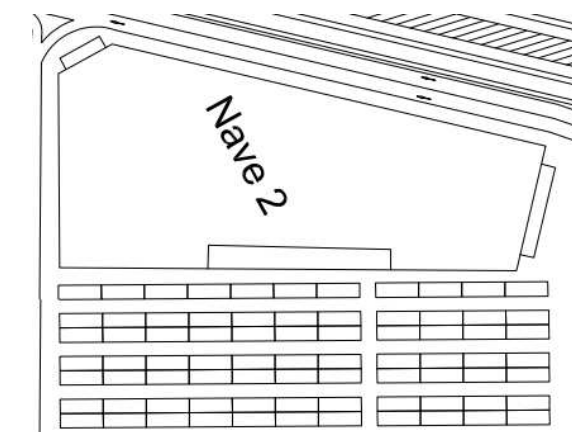


Ilustración 88. Área tipo destinada a mercancía general. (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado, para definir la capacidad de almacenamiento en las mismas unidades que la de la línea de muelle, se tiene que asociar cada m<sup>2</sup> dedicado al tráfico a un peso medio a modo de simplificación. Esto es debido a que este tipo de tráfico presenta variación en volumen y peso, el volumen se contabilizada con el porcentaje de aprovechamiento medio y el peso con la capacidad media establecida a través de las Tn/m<sup>2</sup> que se asocian a cada área. En este caso, debido a que se trata de un tráfico ligero se asocia 0,5 Tn/ m<sup>2</sup> al área dedicada para grandes proyectos.

Por último, se asocia unos tiempos de espera relativos de 8 días a este tipo de tráfico debido a que suele ser de menor volumen y presenta unos tiempos de transporte y grupaje menores a otros tráficos.

Con todo ello, se tendrían los siguientes parámetros que define la capacidad de almacenamiento para mercancía general en la terminal polivalente:



Capacidad de almacenamiento - Mercancía general	
Área dedicada (m <sup>2</sup> )	60.061
% Aprovechamiento medio	70
T <sub>a</sub> (días)	8
Capacidad (Tn/m <sup>2</sup> )	0,5

Tabla 29. Capacidad de almacenamiento – Mercancía general. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez establecidos los parámetros que definen la capacidad de almacenamiento de cada área destinada para cada uno de los tráficos, se pasa a calcular la capacidad de almacenamiento de la terminal propuesta en “6.3.2 Prediseño de la terminal”. Dando los siguientes resultados:

	Contenedor	Grandes proyectos	RO-RO	Mercancía general
Área dedicada (m <sup>2</sup> )	39.759	31.865	39.871	60.061
% Aprovechamiento	-	50	-	70
Nº unidades/Slots	4320	-	1.296	-
T <sub>a</sub> (días)	10	14	8	9
Capacidad (Tn/m <sup>2</sup> )	-	5	-	0,5
Coefficiente operacional (K)	0.6	-	-	-
Capacidad almacenamiento (Unidades/año)	94.608	-	59.130	-
Capacidad almacenamiento (Tn/año)	1.261.440	2.076.915	709.560	852.533
Capacidad de atraque (Tn/año)	1.473.293	1.417.409	707.181	555.660
Déficit de capacidad en prediseño (%)	-16,8	+31,8	+0,3	+34,9

Tabla 30. Capacidad de almacenamiento y de atraque en el prediseño. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar la capacidad de almacenamiento que presupone el prediseño se queda insuficiente para el tráfico de contenedor y sufre un excedente en el caso de grandes proyectos y mercancía general. Hay que recordar llegado este punto que el prediseño del punto 6.3.2 daba como buena a nivel inicial la relación de que un 1 % de las llegadas de un tipo de tráfico concreto suponía un 1% del subsistema de almacenamiento, esta suposición sirvió para emplazar y subdividir el subsistema de almacenamiento y sus elementos respetando las condiciones de contorno y las limitaciones que se mencionaban en dicho apartado. Por otro lado, al tratarse de una terminal polivalente el diseño del subsistema de almacenamiento es variable en el tiempo como se indicó en anteriores apartados, por lo que dimensionar para unas especificaciones concretas no supone un diseño final de este espacio. Aun así, se diseña para el escenario más probable definido a través del % de llegadas del apartado “6.3.2 Prediseño de la terminal” modificando los espacios destinados a cada tráfico.

Este proceso de variación de espacios guarda relación con el procedimiento seguido ante una variación del tráfico donde se calcularía de nuevo la capacidad del muelle y la de almacenamiento para cada tráfico, variando el diseño del subsistema de almacenamiento las veces que haga falta para poder adaptarse a la demanda de espacio. Esta idea será analizada en próximos apartados dedicados al sistema operacional de la terminal (TOS).

A continuación, se rediseña el subsistema de almacenamiento teniendo en cuenta el déficit de espacio para el tráfico de contenedores. En este caso, debido a que se produce un excedente en los tráficos de grandes proyectos y mercancía general que se encuentran al norte de los bloques de contenedor, la opción menos limitante es aumentar los bloques longitudinalmente como ya se mencionó en análisis de capacidad para este tráfico.

Para ello, se calculan las TEUs necesarias para poder alcanzar la capacidad necesaria de almacenamiento:

$$TEUs = 73.664 - 63.072 = 10.592$$

El resultado es un déficit de 10.592 TEUs que equivalen a aumentar como mínimo a 34 contenedores cada fila de cada bloque, pasando de bloques de 30x6x4 a 34x6x4 en la totalidad del área destinada a contenedores.

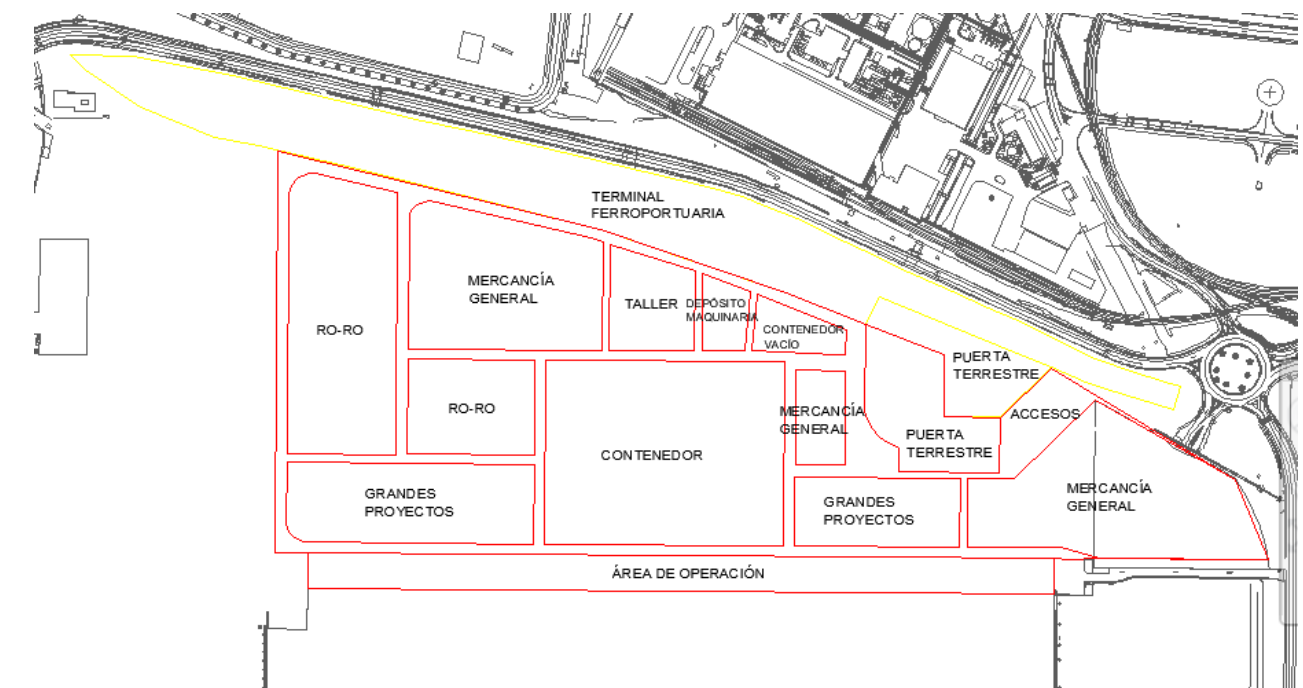


Ilustración 89. Diseño de terminal polivalente para escenario más probable de %llegadas. (Fuente: Elaboración propia)

Con todo ello, se obtendrían los siguientes valores de capacidad para el diseño de la terminal en el escenario más probable de porcentaje de llegadas para cada tráfico:

	Contenedor	Grandes proyectos	RO-RO	Mercancía general
Área dedicada (m <sup>2</sup> )	45.924	29.680	39.871	57.279
% Aprovechamiento	-	50	-	70
Nº unidades/Slots	5040	-	1.296	-
T <sub>a</sub> (días)	10	14	8	9
Capacidad (Tn/m <sup>2</sup> )	-	5	-	0,5
Coefficiente operacional (K)	0.6	-	-	-
Capacidad almacenamiento (Unidades/año)	110.376	-	59.130	-
Capacidad almacenamiento (Tn/año)	1.471.680	1.934.500	709.560	813.044
Capacidad de atraque (Tn/año)	1.473.293	1.417.409	707.181	555.660
Déficit de capacidad en diseño (%)	-0,2	+26,7	+0,3	+31,7

Tabla 31. Capacidad de almacenamiento y de atraque en el diseño con escenario más probable. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar, al aumentar el área destinada al contenedor y disminuir el de grandes proyectos y mercancía general se consigue equilibrar capacidad de atraque con capacidad de almacenamiento. Además, esto se consigue de manera que se produzca un excedente de espacio en todos los tráficos, siendo señal de que a nivel operativo la terminal cuenta con suficiente capacidad de absorción para los diversos tráficos previstos en este escenario.

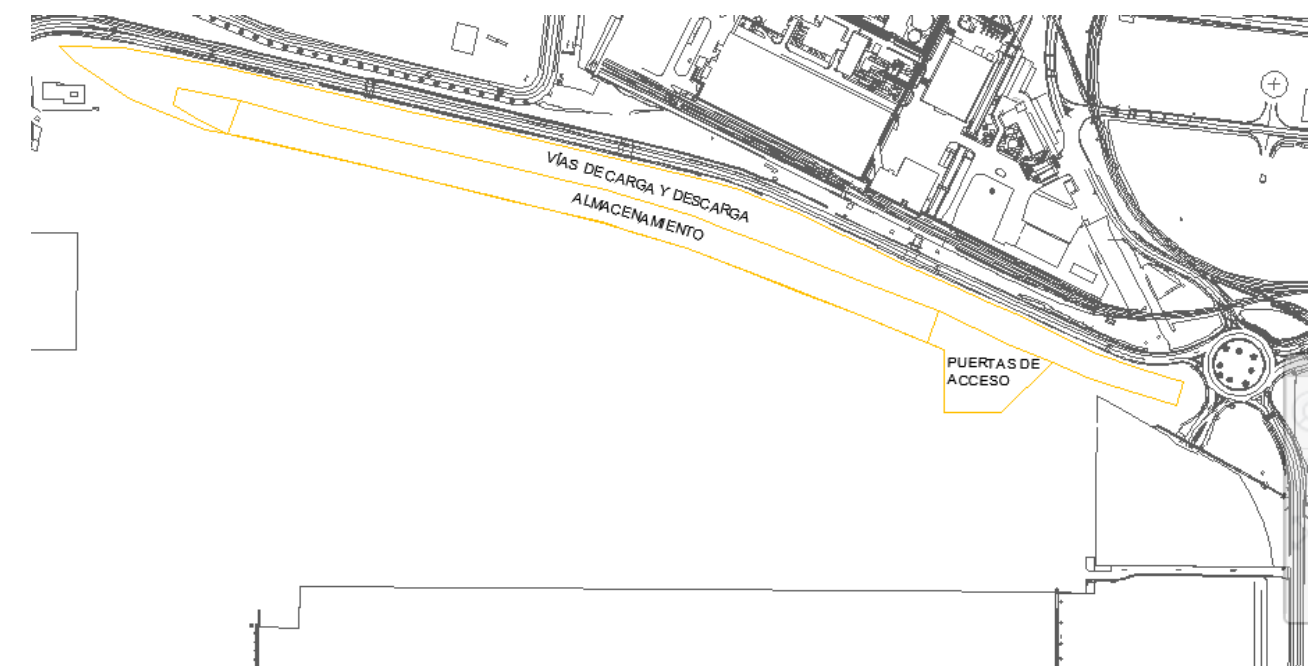
Como se ha mencionado anteriormente, este diseño solo sigue las condiciones que deberían darse en el subsistema de almacenamiento para producir equilibrio dentro del escenario más probable entre la capacidad del muelle y la de almacenamiento. Al ser una terminal polivalente la distribución de este subsistema sufrirá variaciones respecto al escenario más probable definido. Con todo ello, el análisis realizado en el presente apartado muestra como ante una variación de los porcentajes de llegadas esperados a lo largo del tiempo se debe reanalizar la capacidad de atraque y de almacenamiento junto a las condicionantes de diseño para cada tráfico y las condiciones de contorno de la terminal, dando un nuevo diseño para la terminal polivalente que muestre la flexibilidad

Además, tras el análisis de los excedentes de capacidad se llega a la conclusión de que el área asociada a cada subsistema (carga y descarga, interconexión, almacenamiento y entrega y recepción) es suficiente para poder cumplir con las exigencias operativas y funcionales de la terminal en el entorno del escenario más probable. Hay que considerar que la terminal puede llegar a un escenario en que aun cambiando la distribución de la terminal no se pudiese llegar a absorber los tráficos previstos debido a su saturación, pero este escenario se encuentra lejano del escenario más probable por los resultados obtenidos por lo que se considera que la terminal cumple con las condiciones de calidad operativa.

### 6.3.4.3. Capacidad de la terminal ferropuertuaria.

Respecto a la capacidad de la terminal ferropuertuaria anexa al Puerto de Sagunto, cabe decir que se relaciona directamente con la actividad del puerto y, por tanto, con la terminal polivalente desarrollada hasta ahora. Esto es debido a que el Puerto de Sagunto es el único polo de actividad que se tiene previsto que nutra esta terminal. Principalmente debido a que en el polígono industrial de Parc Sagunt se tiene previsto, como se vio en el capítulo “3.4.4 Nuevos acceso al Puerto de Sagunto y terminales”, la construcción de una terminal multimodal de grandes dimensiones que absorba el resto de los tráficos del área de influencia del Puerto de Sagunto y sus proximidades por ferrocarril. Por tanto, la terminal ferropuertuaria del presente diseño solo captará los tráficos de la nueva terminal polivalente y los actuales del Puerto de Sagunto por tratarse de una terminal pública. Por otro lado, el porqué de que el diseño de esta terminal se haya tenido en cuenta en el presente trabajo es debido a que se encuentra anexa de la nueva terminal marítima, hecho que marca los condicionantes de diseño a nivel área para atender a los diferentes tráficos y de contorno para definir limitaciones en ambos diseños. Además, analizar desde una fase de diseño la permeabilidad entre estas dos nuevas terminales puede producir incremento de la eficiencia de la cadena logística en este caso, ya que normalmente los diseños no suelen enfrentarse a problemas de compatibilidad operativa desde fases tempranas entre infraestructuras logísticas que se encuentren diferencias a nivel físico.

En primer lugar, se define a partir de la distribución del prediseño, que de un total de 66.523 m<sup>2</sup> que componen la terminal ferropuertuaria, 21.925 m<sup>2</sup> corresponden al subsistema de almacenamiento de la terminal y 8081 m<sup>2</sup> a puertas de acceso y oficinas (ver ilustración91).





	Superficie (m <sup>2</sup> )	%
Playa de vías	35.517	53,4
Almacenamiento	22.925	34,5
Accesos y oficinas	8.081	12,1
Terminal ferroviaria	66.523	100

Ilustración 90. Distribución de la terminal ferroviaria – Prediseño. (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se calcula el tráfico objetivo de la terminal ferroviaria en función de los tráficos del Puerto de Sagunto y la nueva terminal polivalente del presente diseño para contenedor y de autopista ferroviaria.

En cuanto al contenedor, como ya se mostró en la “Tabla 23. Tráfico de contenedores en el Puerto de Sagunto”, el tráfico de contenedor en 2021 fue de 57.682 TEUs, que suponiendo un incremento del 2,5% anual (crecimiento actual según la serie estadística) supondría en 3 años 62.117 TEUs. Por otro lado, con la nueva terminal polivalente para el escenario más probable se podría alcanzar un total de 110.497 TEUs si las condiciones operativas son las óptimas. Dando un total de 168.178 TEUs potenciales para el Puerto de Sagunto cuando la nueva terminal esté al 100 %. Esto es importante debido a que la nueva terminal no tiene por qué tener la capacidad potencial desde su construcción. Principalmente debido a que la captación de tráficos y la utilización de los equipamientos e instalaciones puede ser desarrollados de manera progresiva los primeros años hasta llegar al 100 % de capacidad operativa.

	Tráfico esperado (TEUs)
Puerto de Sagunto	62.117
Nueva Terminal polivalente	110.497
Total	172.614

Tabla 32. Tráfico potencial para terminal ferroviaria - Contenedor. (Fuente: Elaboración propia)

Como se mencionó anteriormente se prevé que el 5% del tráfico total del Puerto de Sagunto sea captado por ferrocarril. Esto supondría un tráfico potencial de 8631 TEUs/año con el diseño de la nueva terminal polivalente y el tráfico del puerto. Con esta cifra se alcanzarían 5754 contenedores/año para la nueva terminal ferroviaria, cifra que se encuentra alejada de las 10.000 UTIs de capacidad que marcaba el pliego concesional del presente diseño. Pero hay que tener en cuenta que esta cifra busca objetivos a medio y largo plazo, donde el tráfico captado por el ferrocarril debería alcanzar cifras del 10%, haciendo que sean superadas las 10.000 UTIs con los tráficos del puerto de Sagunto únicamente.

Teniendo en cuenta que una composición suele tener una capacidad de 40 TEUs de media actualmente, se podría llegar a tener 5 trenes semanales con este tráfico únicamente a corto plazo.

En cuanto al diseño de el subsistema de almacenamiento, para este tráfico se ha decidido utilizar bloques de 30 contenedores de largo, 3 filas y 3 alturas. En este caso, viendo los porcentajes de tráfico y el área de almacenamiento asociado a la terminal se decide utilizar 2 bloques de este tipo dando un total de 540 TEUs de capacidad. Esta capacidad podría ser aumentada si se utilizara bloques de 4 alturas, pero esto no es necesario según los cálculos de tráficos potenciales y debido a la pérdida de eficiencia operativa que se produciría al aumentar las remociones.

Con todo ello, teniendo en cuenta la estructura de la terminal polivalente mediante RMG que atraviese el área de dedicada a las vías, el almacenamiento y 3 carriles, dos de 4 m para la carga/descarga y otro de 5 m para circular por la terminal que se encuentra anexo a las vías, se tendría la siguiente distribución:

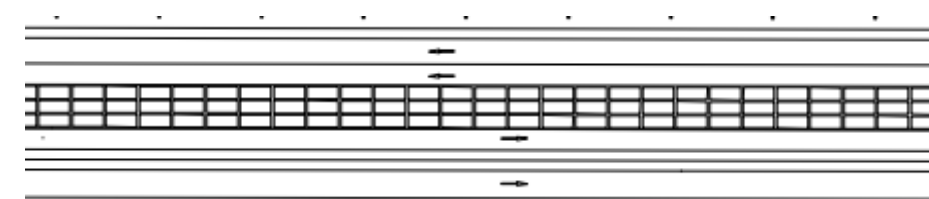


Ilustración 91. Área destinada al contenedor – Terminal ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, se asocia unos tiempos de espera relativos de 8 días debido a que deben ser menores a los de la terminal marítima por su dependencia al ser su único tráfico. Por otro lado, se utiliza como coeficiente operacional (K) 0,7 debido a que los bloques son de menor tamaño que los de la terminal marítima.

Con todo ello, se tendrían los siguientes parámetros que define la capacidad de almacenamiento para el tráfico de contenedor en la terminal ferroviaria:

Capacidad de almacenamiento - Contenedor	
Nº huellas	180
H	3
T <sub>a</sub>	7
K	0,7
Capacidad (TEUs/año)	19.710
Tráfico potencial (TEUs/año)	8.631

Tabla 33. Capacidad de almacenamiento - Contenedor. Terminal ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia)

Con esta capacidad de almacenamiento definida se puede albergar 13.140 UTIs/año, de las cuales 5.724 UTIs/año serán aportadas directamente cuando la nueva terminal esté finalizada por el conjunto del Puerto de Sagunto. Esto significa que la terminal ferroviaria doblaría la capacidad de almacenamiento respecto al tráfico previsto a corto plazo, lo que significa un buen indicativo a nivel de diseño, pero no si se tiene en cuenta su vida útil a nivel productivo. Por lo que en el medio y largo plazo teniendo en cuenta que los tráficos pueden superar las 10.000 UTIs/año, la capacidad de almacenamiento puede verse como una limitación en el transporte de mercancías debido a la saturación de la terminal. Siendo causa de que aun teniendo capacidad suficiente para el corto plazo y llegando a las 10.000 UTIs marcadas por el pliego concesional, se decida situar al otro lado de las vías un espacio llamado “Módulo intermodal. Fase 2” donde se dedican 5.829 m<sup>2</sup> del área destinada a las vías de carga y descarga a estocaje para los tráficos de la terminal ferroviaria. Con esta reserva de espacio se asegura la capacidad de la terminal a medio plazo si se llegase a cuotas del 10% en el ferrocarril de mercancías como se tiene previsto a nivel de planificación. Por otro lado, debido a esta ampliación se decide que las grúas RMG se diseñen para alcanzar el módulo intermodal junto a las vías de carga y descarga, los carilles de espera y el módulo inicial de estocaje.

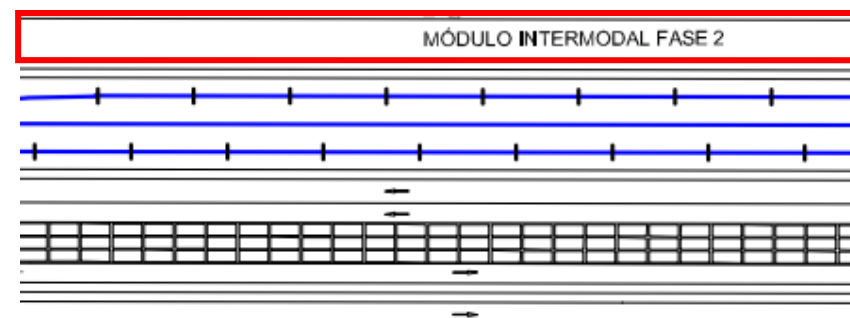


Ilustración 92. Módulo intermodal. Fase 2. (Fuente: Elaboración propia)

En cuanto al tráfico de autopista ferroviaria, como ya se mencionó, se asocia únicamente con la construcción de la nueva terminal polivalente y los semirremolques preparados para P400 (4 m de altura máxima en vagón) que suponen el 5% del tráfico de cabezas tractoras y semirremolques, que a su vez supone el 54% del tráfico total de RO-RO. Por tanto, se asocian 1.591 semirremolques para autopista ferroviaria que podrían ser cargados en la terminal ferroviaria al año tras la construcción de la nueva terminal.

	Tráfico esperado (Semirremolque)
Puerto de Sagunto	0
Nueva Terminal polivalente (Potencial)	1.591
<b>Total</b>	<b>1.591</b>

Tabla 34. Tráfico potencial para terminal ferroviaria – Semirremolque. (Fuente: Elaboración propia)

Teniendo en cuenta que una composición suele tener una capacidad para 22 semirremolques de media actualmente, se podría llegar a 2 trenes semanales con este tráfico a corto plazo.

En cuanto a diseño del área de almacenamiento para tráfico de autopista ferroviaria, debe guardar las mismas proporciones geométricas que la dedicada a contenedor. En primer lugar, por el espacio disponible, y en segundo, por la forma operativa mediante grúa RMG que no permite otras configuraciones no lineales. Por lo que siguiendo una distribución paralela a las vías se decide ubicar un total de 53 plazas de 3x 16 m distribuidas en dos bloques.

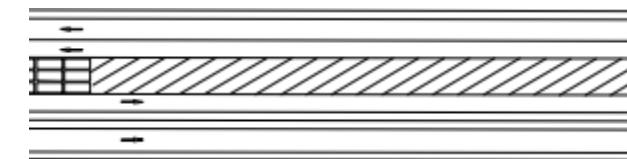


Ilustración 93. Área dedicada al tráfico de autopista ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, se asocia unos tiempos de espera relativos de 6 días debido a que deben ser menores a los de la terminal marítima por su dependencia al ser su único tráfico. Por otro lado, se utiliza ningún coeficiente operacional o porcentaje de aprovechamiento debido a que se define huellas/slots estandarizados.

Con todo ello, se tendrían los siguientes parámetros que define la capacidad de almacenamiento para el tráfico de autopista ferroviaria en la terminal ferroviaria:

Capacidad de almacenamiento - Tráfico autopista ferroviaria	
Nº huellas	53
T <sub>a</sub>	6
Capacidad (Unidades/año)	3.224
Tráfico potencial (Unidades/año)	1.591

Tabla 35. Capacidad de almacenamiento – Tráfico de autopista ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia)

En este caso podría llegar suceder lo mismo que con el tráfico de contenedor, que a medio o largo plazo la capacidad de almacenamiento fuese un limitante. Aunque en este caso la probabilidad es mucho menor debido a que trata de un tráfico con un crecimiento menor. Aun así, la reserva de un área para una posible ampliación como es el “Módulo intermodal. Fase 2” prevé estas posibles situaciones.



### 6.3.5 Disposición de subsistemas de carga y descarga

Una vez se ha realizado el diseño de la terminal marítima polivalente se establece la siguiente distribución en el subsistema de carga y descarga:

	Línea de atraque
Total muelle	35 m
Manipulación vertical	STS + Grúa móvil
Manipulación horizontal	Reach stacker/Carretilla/Plataforma
Carril exterior	5 m
Carril interior	15 m
Carril grúa interior	5 (2,5+2,5) m
Carril grúa exterior	5 (2,5+2,5) m
Área bolardo/Cold Ironing	5 m

Tabla 36. Superficies de la línea de atraque – Terminal marítima polivalente. (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado, en cuanto al diseño de la terminal ferroviaria se establece la siguiente distribución en el subsistema de carga y descarga (coincide con el de almacenamiento):

	Terminal ferroviaria
Total ffcc	63 m
Manipulación	RMG + Reach stacker
Vías	18 m
Carril grúa oeste	4 (2+2) m
Carril grúa este	4 (2+2) m
Resguardo ffcc - vial	2 m
Carril de espera	4 m
Carril de circulación	5 m
Bloque de estocaje	8,5 m

Tabla 37. Superficies de la terminal ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia)

Con ello, se tendrían las distintas configuraciones para el subsistema de carga y descarga de ambas terminales. Se pueden analizar con más detalle en el plano Nº 6 “Detalle área de operación” y Nº 8 “Terminal ferroviaria”.

### 6.3.6. Distribución de superficie de las terminales ferroviaria y marítima

En cuanto a la distribución de la superficie en cada terminal según su diseño, se establece la siguiente configuración:

	Superficie (m <sup>2</sup> )	%
Viales	45422	17,1
Área de operación (35m)	25.364	9,5
RO-RO	39.871	15,0
Grandes proyectos	29.680	11,2
Contenedor	45.924	17,3
Mercancía general	57.279	21,5
Taller	7.542	2,8
Deposito maquinaria	3.014	1,1
Puerta terrestre / Oficinas	11.816	4,4
<b>Terminal marítima polivalente</b>	<b>265.912</b>	<b>100</b>
Playa de vías	35.517	53,4
Almacenamiento	22.925	34,5
Accesos y oficinas	8.081	12,1
<b>Terminal ferroviaria</b>	<b>66.523</b>	<b>100</b>

Tabla 38. Distribución de superficies de las terminales marítima y ferroviaria. (Fuente: Elaboración propia)

Con ello, se tendrían la distribución de superficies para el escenario más probable de llegadas de cada tipo de tráfico. Esta configuración como ya se ha mencionado anteriormente no es fija en cuanto al subsistema de almacenamiento de la terminal marítima debido a su carácter polivalente.

La distribución propuesta se puede analizar con más detalle en el plano Nº 3 “Distribución según usos de la terminal”.

#### 6.4. Accesos terrestres

En cuanto al acceso terrestre a la zona donde se encuentran las terminales, en el apartado “3.4 Infraestructuras de transporte y logística” ya se analizaron las diferentes redes de ferrocarril y las carreteras que conectan con el Puerto de Sagunto. Por tanto, en este apartado únicamente se va a analizar los accesos a las terminales por carretera, debido a que los accesos por ferrocarril no forman parte del diseño del presente trabajo, ya que quedan previamente establecidos por la APV.

Como ya se mencionó en las condiciones de contorno para la terminal, el acceso está previsto que se ubique al norte la terminal debido a que por el sur la dársena se encuentra ocupada por terceros y al oeste se encuentra ubicada la terminal ferroportuaria que no permite ningún tipo de permeabilidad este-oeste.



Ilustración 94. Acceso terrestre – Terminal marítima y ferroportuaria. (Fuente: Elaboración propia)

Por este motivo, se decide situar en la salida de la glorieta que da acceso a la nave, la cual forma parte de la concesión, la entrada a la nueva terminal marítima y a la terminal ferroportuaria anexa a ella (ver ilustración 95). Esta entrada a la nave será reubicada al sur para que forme parte de la terminal marítima como está previsto en el presente diseño. Por lo tanto, se consigue con esta redistribución situar la entrada de personal y camiones en esta zona como ya se planificó en el prediseño de la puerta terrestre de cada terminal.

En cuanto a las puertas terrestres de cada terminal, se decide situar los espacios dedicados a oficinas separados de la entrada de camiones y los diferentes puestos de control. Ello se consigue situando de manera paralela y segregada un acceso para las oficinas y otro para los camiones, haciendo que estos tráficos no confluyan en los diferentes accesos a la terminal. Además, hay que tener en cuenta que los accesos a la terminal por parte del personal se dan por estos accesos y por

puertas con clave de acceso mediante una valla en el caso de vehículos o mediante una puerta en el caso del personal de la terminal.

Por otro lado, para dimensionar la puerta terrestre hay que estudiar el tráfico previsto de camiones a la terminal para los distintos tráficos previstos. En este caso cualquiera de los tráficos previstos puede ser susceptible de utilizar esta vía de acceso por camión.

En cuanto al tráfico de contenedor de la terminal marítima hay que tener en cuenta que prácticamente el 100% es de tipo *import/export* por lo que únicamente habrá que restar el 5 % de aquellos contenedores que no usan la carretera como medio de transporte. Lo que da un tráfico de 69.982 contenedores/año que pueden pasar por la puerta terrestre de la terminal marítima mediante camión. Por otro lado, el tráfico asociado a la terminal ferroviaria que está previsto que pase por la puerta terrestre es el 5% del tráfico de contenedor del Puerto de Sagunto sin incluir la nueva terminal. Esto es debido a que en el diseño de la terminal marítima está previsto accesos propios que mejoren la permeabilidad. Lo que da un tráfico de 1.993 contenedores/año que pueden pasar por la puerta terrestre de la terminal ferroportuaria.

En cuanto al tráfico RO-RO de la terminal marítima existen dos casos diferenciados. En el caso de vehículos se asocia cada 8 vehículos/año un camión que los transporte. Por lo que resulta de un total de 3.388 camiones al año para vehículos. En el caso de semirremolques, un 95% pasarán por la puerta terrestre de la terminal marítima lo que da como resultado un total de 30.232 camiones al año. En el caso de la terminal ferroportuaria, no está previsto que este tráfico pase por la puerta terrestre debido a que el tráfico que aporta la nueva terminal lo hará por los accesos preparados para ello.

En el caso del tráfico de grandes proyectos está previsto que el 50% sea de tipo transporte especial por lo que no pasará por la puerta terrestre común al resto de tráficos si no por un acceso mediante valla con unas mayores dimensiones que permitan su fácil salida/entra. Por lo que asociando 30 Tn a cada camión que transporte grandes proyectos que no se consideren transporte especial da un total de 23.623 camiones/año que pasarán por la terminal. En el caso de la terminal ferroportuaria, no está previsto que este tráfico pase por la puerta terrestre.

Por último, en el caso del tráfico de mercancía general está previsto que el 100% pase por la puerta terrestre. Asociando una media de 30 Tn por camión da un total de 18.522 camiones al año. En el caso de la terminal ferroportuaria, no está previsto que este tráfico pase por la puerta terrestre debido a que el tráfico que aporta la nueva terminal lo hará por los accesos preparados para ello.

	Camiones/año
Terminal marítima	145.747
Terminal ferroportuaria	1.993

Tabla 39. Distribución de camiones al año por la puerta terrestre. (Fuente: Elaboración propia)



Hay que recordar cómo se mencionó el apartado “6.3.4.3 Capacidad de la terminal ferroportuaria” que el tráfico de la terminal ferroportuaria tiene previsto aumentar en el medio y largo plazo pudiendo llegar a cotas del 10% para el transporte por ferrocarril. Además, al tratarse de una terminal pública puede ser utilizada en el corto plazo para otros tráficos de fuera del Puerto de Sagunto. Esto se consideraría una situación temporal debido a que está previsto la construcción de una terminal intermodal que cubra estos tráficos. Pero aun así a corto plazo la capacidad necesaria podría doblarse e incluso cuadruplicarse si la tasa de ferrocarril llegase al objetivo del 10%.

Partiendo que el flujo de camiones se da durante 360 días como ya se definió anteriormente habría que establecer una distribución que tenga en cuenta los posibles picos que se pueden dar a lo largo del año. Por lo que se considera un total de 260 días laborables en los que se distribuyen el flujo de camiones. Por lo tanto, se espera una IMD de:

$$IMD_{Terminal\ marítima} = \frac{145.747}{260} = 560\ camiones/día$$

$$IMD_{Terminal\ ferroportuaria} = \frac{1.993}{260} = 8\ camiones/día$$

Debido a que no se tienen registros acerca de cuál va a ser la intensidad media horaria para los diferentes tráficos de las terminales, se toma un pico máximo de 112 camiones para la terminal marítima polivalente (1/5 del total) y 2 para la terminal ferroportuaria (1/4 del total). Estos valores van relacionados con los picos normales en las terminales marítimas que suelen ser entre las 8:00h y las 9:00h y las 17:00h y las 18:00h, dentro de sus 24 horas de funcionamiento. En cambio, la terminal ferroportuaria se considera que solamente atiende 16 horas al día (6:00 a 22:00) por lo que tiene una relación pico de llegadas mayor.

Además, se considera que la entrada/salida de camiones va a estar regulada por portones que permitan unas óptimas condiciones de seguridad en las puertas terrestres. Estas instalaciones deben ser amplias y con gran visibilidad debido a la acumulación de tráfico que se puede dar en periodos pico.

Con todo ello, considerando que cada camión es atendido en 1 minuto y por lo tanto en 1 hora se atienden 60 camiones en cada puerta, se tendría el siguiente resultado:

$$N^{\circ}\ Puertas_{Terminal\ marítima} = \frac{112}{60} = 1,86\ puertas$$

$$N^{\circ}\ Puertas_{Terminal\ ferroportuaria} = \frac{2}{60} = 0,03\ puertas$$

En el caso de la terminal marítima se colocan 2 puertas de entrada y 2 de salida para dar servicio a los camiones. Se ubican teniendo en cuenta que deben encontrarse cercanas a las oficinas de la terminal y el edificio de aduanas y control para que sea lo más accesible posible para el personal que trabaja en la terminal. Además, en esta zona se ubicará un aparcamiento externo de uso no exclusivo.

En el caso de la terminal ferroportuaria se colocan 1 puerta de entrada y 1 de salida para dar servicio a los camiones. Se ubican teniendo en cuenta igual que antes la cercanía con las oficinas de la terminal para que sean lo más accesibles posible. Además, cabe decir que el diseño de la puerta terrestre cumple con las expectativas presentes y futuras de la terminal ferroportuaria, la cual podría cuadruplicar su tráfico si las condiciones los requiriesen. En este caso, este aumento no afectaría a la puerta terrestre ya que con el mínimo número de puertas se produce capacidad de atención muy superior a la necesaria.

Con todo ello, la disposición de los accesos terrestres de la terminal marítima y de la ferroportuaria sería la siguiente:

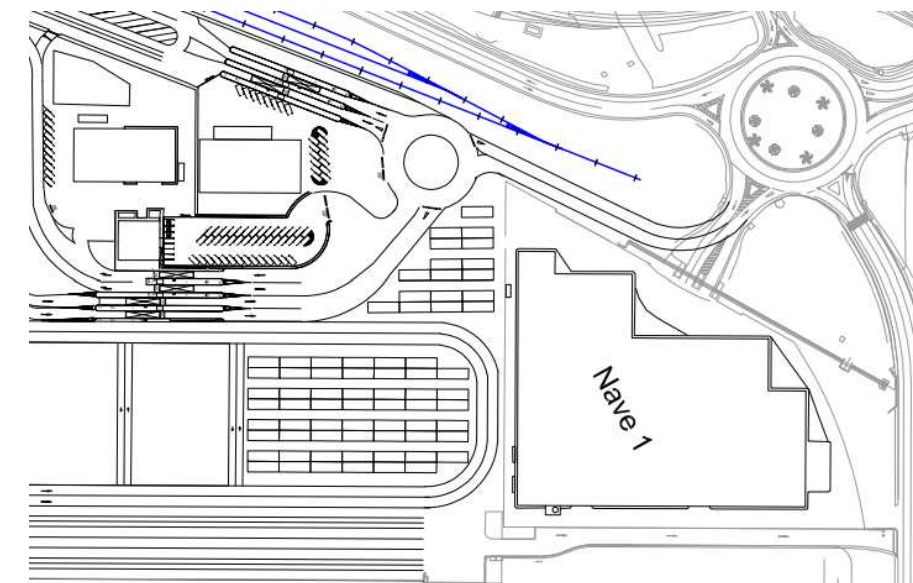


Ilustración 95. Accesos terrestres -Terminal marítima y ferroportuaria. (Fuente: Elaboración propia)

## 6.5. Instalaciones auxiliares

En el presente apartado se abordarán las diferentes instalaciones auxiliares que componen la terminal marítima polivalente. Las cuales complementan a la terminal operativamente y son vitales para el desarrollo de las diferentes actividades logísticas en las que el puerto se ve envuelto. Las que se desarrollan en el presente diseño son las siguientes:

- Oficinas
- Aduanas
- Talleres
- Zona de depósito de maquinaria y materiales

### 6.5.1. Oficinas

La zona dedicada a las oficinas se ubica al norte de la terminal cercana a la puerta terrestre para concentrar las actividades de gestión de terminal en esta zona y haciendo que no se tenga que acceder al interior de la terminal para llegar a las oficinas, reduciendo los desplazamientos dentro de ella. En este caso, se dedican 3.508 m<sup>2</sup> de la zona anexa a la puerta terrestre al área de oficinas, de los cuales 619 m<sup>2</sup> se utilizan para una oficina para personal de la puerta terrestre y 1.224 m<sup>2</sup> se utilizan para una oficina en doble altura para el personal de la terminal. Además, se ubican 15 plazas de aparcamiento para el personal de esta zona.

### 6.5.2. Aduanas

La zona dedicada a las aduanas se ubica al norte de la terminal anexa a las oficinas de la terminal para su fácil comunicación. Esta zona está destinada para que se produzcan tareas de inspección para las mercancías y se ubique el personal de aduanas. En este caso, se dedican 1.772 m<sup>2</sup> de la zona anexa a la puerta terrestre al área, de los cuales 748 m<sup>2</sup> se utilizan para las oficinas y pequeños talleres de inspección. Además, se ubican 7 plazas de aparcamiento para el personal de esta zona.

### 6.5.2. Talleres

La zona dedicada a los talleres se ubica al noroeste de la terminal y centrada respecto al

subsistema de almacenamiento, de manera que los diferentes equipos de manipulación que operan en la terminal se encuentren lo más cerca posible del taller de la terminal. Además, se ubica en el contorno de la terminal debido a la necesidad de flexibilidad del subsistema de almacenamiento que se consigue en parte por no tener edificaciones centradas en la terminal. En este caso, se dedican 7.542 m<sup>2</sup> para ubicar esta instalación auxiliar, de los cuales 3.495 m<sup>2</sup> se utilizan para la nave para trabajos de mantenimiento y reparación de los equipos de manipulación. Además, se ubican 5 plazas de aparcamiento para el personal de esta zona.

### 6.5.4 Zona de depósito de maquinaria y materiales

La zona dedicada al depósito de maquinaria y materiales se ubica al noroeste de la terminal y anexa a los talleres de la terminal, de manera que sirva de depósito de materiales y de maquinaria pendiente de realizar reparaciones. Además, se ubica en el contorno de la terminal al igual que en el caso anterior debido a la necesidad de flexibilidad del subsistema de almacenamiento, evitando tener edificaciones centradas en esta ubicación.

## 6.6. Redes y servicios

En el presente apartado se describen las instalaciones de la terminal que dotarán a esta de servicios y redes de suministro. Estas son necesarias para poder dar unas buenas condiciones operativas en la terminal al aportar eficiencia y seguridad. Se definen las siguientes en la terminal del presente diseño:

- Red de iluminación
- Red de posicionamiento
- Red contra incendios
- Red de abastecimiento de agua
- Red de saneamiento (Aguas blancas y negras)

Estas se definen únicamente a nivel de diseño para establecer las necesidades de cada una para terminal, las cuales en posteriores fases de diseño de proyecto se terminarán de concretar.



### 6.6.1. Red de iluminación

La red de iluminación se define a partir de la norma UNE-EN 12464-2:2016 “Iluminación. Iluminación de lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo exteriores” donde en su capítulo 5 define los requisitos de iluminación para distintas áreas, tareas y actividades. En la tabla siguiente se definen para el caso de terminales marítimas y manipulación de mercancías:

**Tabla 5.4 – Canales, esclusas y puertos**

Nº ref.	Tipo de área, tarea o actividad	$\bar{E}_m$ lux	$U_o$ –	$GR_L$ –	$R_s$ –	Observaciones
5.4.1	Muelles de espera en canales y esclusas	10	0,25	50	20	
5.4.2	Pasarelas y pasos exclusivos para peatones	10	0,25	50	20	
5.4.3	Áreas de control y estabilización de esclusas	20	0,25	55	20	
5.4.4	Manipulación, carga y descarga de mercancías	30	0,25	55	20	Para leer etiquetas $\bar{E}_m = 50 \text{ lux}$
5.4.5	Áreas de pasajeros en puertos de pasajeros	50	0,40	50	20	
5.4.6	Conexiones de mangueras, tubos y cabos	50	0,40	50	20	
5.4.7	Partes peligrosas de aceras y vías de acceso	50	0,40	45	20	

Ilustración 96. Requisitos de iluminación en terminales portuarias. (Fuente: UNE-EN12464-2)

En ella se define un nivel de iluminancia medio de 30 lux como mínimo para todas aquellas áreas donde puede existir manipulación, carga y descarga de mercancías. En este caso, debido a que la terminal es polivalente se asigna este valor a todos espacios de la terminal. Para ello, las torres de las luminarias deben contar con proyectores LED con tratamiento de protección contra el ambiente marino (MSP), en concreto un grado de protección IP67 que garantiza una estanqueidad suficiente para no permitir la entrada en la misma de agua y/o humedad. Además, las cimentaciones y sus anclajes se dimensionarán para poder cumplir las sollicitaciones mecánicas y en especial la acción del viento.

Por otro lado, el alumbrado de emergencia deberá cumplir la UNE 20392:1993 “Aparatos autónomos para el alumbrado de emergencia con lámparas de incandescencia. Prescripciones de funcionamiento” y la UNE 20062:1993 “Aparatos autónomos para el alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia. Prescripciones de funcionamiento”.

En este caso, se decide utilizar torres de mínimo 30 m con coronas móviles para garantizar una iluminación adecuada, las cuales pueden llegar a disponer de 12 proyectores LED.

En este caso, debido a la necesidad de flexibilidad de la terminal y sus subespacios se determina la distribución de torres de iluminación a partir del tráfico de contenedor. Esto es debido a que las calles entre bloques de contenedores son los únicos espacios donde se puede ubicar estas torres sin interferir el movimiento de las grúas RTG. Es por este motivo que se ubican cada 60 m en sentido perpendicular al muelle y cada 100 en sentido paralelo al muelle. De forma que para el caso de algunos espacios queden integrados dentro de las huellas de almacenamiento, pero sin interferir en las operativas debido a que el estocaje de las mercancías no se produce en bloques de grandes dimensiones como es el caso de contenedor (ver plano Nº 15 “Red eléctrica”).

Todas las instalaciones eléctricas cumplirán los Reglamentos Electrónicos para Alta y Baja Tensión y demás de normas vigentes en el momento de ejecución de la obra.

### 6.6.2. Red de posicionamiento

La red de posicionamiento se utilizará para ubicar equipos de manipulación en tiempo real en el entorno de la terminal marítima. En este caso, la terminal polivalente únicamente contará con las STS donde se utiliza fibra óptica siguiendo la misma distribución de los carriles de la línea de atraque (ver plano Nº 11 “Red de posicionamiento”). La información captada por este sistema será capaz de dar información al TOS de la terminal, pudiendo crear entornos de simulación de la realidad de la terminal en el subsistema de carga y descarga.

### 6.6.3. Red de protección contra incendios

La red contra incendios es fundamental en instalaciones industriales donde se van a manipular mercancías peligrosas y se utilizar equipos eléctricos y combustibles inflamables. Es por este motivo que se decide ubicar al norte del muelle un punto de extracción de agua de mar que pueda suministrar a toda la terminal.

Para ello, se decide que se utilizará una bomba de extracción junto a una red de tuberías de PVC que irán a través de la terminal pasando por aquellas zonas de mercancías peligrosas, sistemas eléctricos como son los conectados a *reefers* o transformadores y a las instalaciones auxiliares. En estas zonas se ubicarán hidrantes que puedan actuar en caso de incendio de manera automática. Por otro lado, las válvulas de la red deberán ser capaces de actuar de manera automática para conseguir el efecto deseado en condiciones de seguridad y eficacia (ver plano Nº 13 “Red de protección contra incendios”).

Además, se dispondrá de un sistema de protección y extinción adecuado que siga la normativa de aplicación directa como es la UNE 23007 “Sistemas de detección y alarma de incendios” y las ITC-MIE-AP sobre extintores y botellas de gases comprimidos.

#### 6.6.4. Red de abastecimiento de agua

Para la red de abastecimiento de agua se decide emplearán tuberías de PVC que recorran la terminal para suministrar en diferentes puntos (ver plano Nº 12 “Red de abastecimiento de agua”). Estos tubos deben estar exentos de burbujas y grietas que puedan producir ondulaciones u otros defectos que reduzcan su vida útil.

En el caso de las tuberías horizontales, serán ubicadas sobre una solera de hormigón perfectamente nivelada para conseguir la pendiente de diseño que permite un funcionamiento adecuado. Una vez colocadas se rodearán de hormigón las tuberías para proporcionar protección frente a agentes externos. Esta envoltura no puede ser en ningún caso menor a 15 cm de espesor a lo largo de la tubería.

En el caso de las tuberías verticales, se deberá asegurar su perfecto acoplamiento y sujeción a pilares y cerramientos. También la estanqueidad deberá estar garantizada en todas las secciones para su correcto funcionamiento. En general, se deberá asegurar una perfecta ejecución de codos, derivaciones, juntas, válvulas, etc. que garanticen el funcionamiento total de la red.

Por último, se dispondrán de pozos de registro y arquetas en cada codo para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento.

#### 6.6.5. Red de saneamiento (aguas blancas y negras)

La red de drenaje o red de saneamiento (aguas blancas) se trata de un sistema de pendientes transversales que son consecutivas y conectan las diferentes áreas de la terminal. Con ello, se consigue que una gota de agua siempre tenga un recorrido hasta llegar al punto más bajo de la terminal donde se recoge mediante arquetas de desagüe y pasa a un colector finalmente que extraiga el agua de lluvia de la terminal.

En este caso, se utilizará en la terminal tuberías de polietileno de alta densidad para el transporte y la redistribución del agua de lluvia hacia mar. Estas deben estar exentas de burbujas y grietas para correcto funcionamiento.

En el caso de la red horizontal se colocará sobre una base de arena perfectamente nivelada para conseguir la pendiente de diseño que permite un funcionamiento adecuado del sistema. Una vez colocadas se rodearán de arena las tuberías para proporcionar protección frente a agentes externos. Esta envoltura no puede ser en ningún caso menor a 15 cm de espesor a lo largo de la tubería.

En el caso de la red de saneamiento (aguas negras), se ubicarán en las zonas de instalaciones auxiliares mediante tuberías de PVC. Además, se colocarán sifones para el mal olor y arquetas de registro para asegurar su correcto funcionamiento (ver plano Nº 14 “Red de saneamiento”).

#### 6.7. Adquisición de equipos de manipulación según situación operativa de la terminal

Como ya se vio en el apartado “6.2 Equipos de manipulación de la terminal”, la terminal marítima polivalente y ferroviaria van a disponer de diferentes tipos de equipo de manipulación distribuidos a lo largo de ellas. En este apartado, se definieron los equipos necesarios para cubrir la situación de capacidad, es decir, aquella situación operativa de la terminal en la que está funcionando con un nivel de tráficos cercano al estudiado en el diseño. Pero la forma de adquirir los equipos no es directamente mediante la compra y puesta en marcha de todos los necesarios para esta situación. Para ello, se define una situación inicial donde se adquieren la mitad de los equipos para poder comenzar a realizar los diferentes tráficos previstos e ir aumentando de manera gradual en función del aumento de los tráficos en el corto plazo hasta llegar a la situación de capacidad de la terminal, la cual es resultado del cálculo del presente diseño. Por ello, tras definirla situación de capacidad y definir los diferentes equipos para las terminales se obtiene la siguiente distribución:

Equipo	Terminal marítima polivalente		Terminal ferroviaria	
	Situación inicial	Situación capacidad	Situación inicial	Situación capacidad
Grúa STS Feeder/Panamax	2	3	-	-
Grúa polivalente móvil	2	4	-	-
Cabeza tractora + Plataforma	7	14	-	-
RTG	3	6	-	-
Carretilla elevadora	3	6	-	-
Reach stacker	3	6	-	-
RMG	-	-	1	2

Tabla 40. Adquisición de equipos de manipulación según situación operativa de la terminal. (Fuente: Elaboración propia)



## 7. Bases de diseño para la implementación en TOS según subsistema de almacenamiento de la terminal (Modulo de reorganización de campa)

Como ya se mencionó en “5.7.1.1. Sistema operativo de la terminal (TOS)” el TOS de la terminal es el sistema que digitaliza las operaciones de la terminal mediante un único centro de información. Este puede estar compuesto de varias funciones dependiendo el desarrollo que se tenga implementado en la terminal. En general, el diseño que se ha realizado en el presente trabajo no afecta a las bases de implementación de las diversas funciones del TOS. Pero si existen algunas funciones que deben ser analizadas con las bases de diseño que escogieron en el presente trabajo o al menos nacer de estas. Las funciones que sí se ven influenciadas por las bases de diseño de la terminal son:

- Análisis de datos de demanda (% de llegadas)
- Planificación de subsistema de almacenamiento

En el análisis de capacidad se calculó a partir del % de llegadas el tráfico total que sería capaz de movilizar la terminal a través de la línea de atraque. Este número sirvió para definir el área necesaria en el subsistema de almacenamiento para cada uno de los tráficos. Por tanto, este resultado da a conocer el área necesaria para cada tráfico a partir del % de llegadas esperado en el escenario más probable con una distribución de llegadas concreta. Si cambiasen los % de tráficos esperados en el escenario más probable se podría volver a realizar este cálculo mediante el TOS de forma que se recalculasen todas las áreas necesarias para esas condiciones operativas esperadas. Esta distribución no significa que sea mantenida a lo largo del tiempo si no es únicamente una base de la que a partir de los tráficos ya confirmados poder trabajar operativamente a lo largo del año.

Además, para esta distribución es necesario conocer las características medias de cada tráfico como ya se definió en el apartado “6.3.4.2. Capacidad de almacenamiento (terminal polivalente)”. Estas características son la base para que de manera que se pueda establecer a partir de la distribución del escenario más probable una nueva configuración del subsistema de almacenamiento mediante el análisis de los tráficos confirmados a lo largo del año de manera periódica.

Una vez este establecida esta nueva necesidad de redistribución del subsistema de almacenamiento se buscaría un nuevo diseño que tenga las condiciones de contorno de la terminal junto a los condicionantes de diseño para cada tráfico. Estos fueron definidos en el apartado “6.3.1. Distribución de la terminal” donde se definió los límites de las terminales, las infraestructuras principales y las necesidades de cada tráfico en cuanto a estas últimas. Este punto también introdujo indirectamente una priorización que se definirá a través del plano N° 16 “Priorización para

reconfiguración del subsistema de almacenamiento”. Esta priorización sirve para la toma de decisiones a la hora de reorganizar el subsistema de almacenamiento. Garantizando en parte que la nueva configuración va a ser operativamente eficiente gracias a la información de base para el diseño de la terminal de presente trabajo.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el proceso que tendría el TOS de la terminal para la reconfiguración de base y reconfiguración periódica del subsistema de almacenamiento a partir de esta información descrita anteriormente:

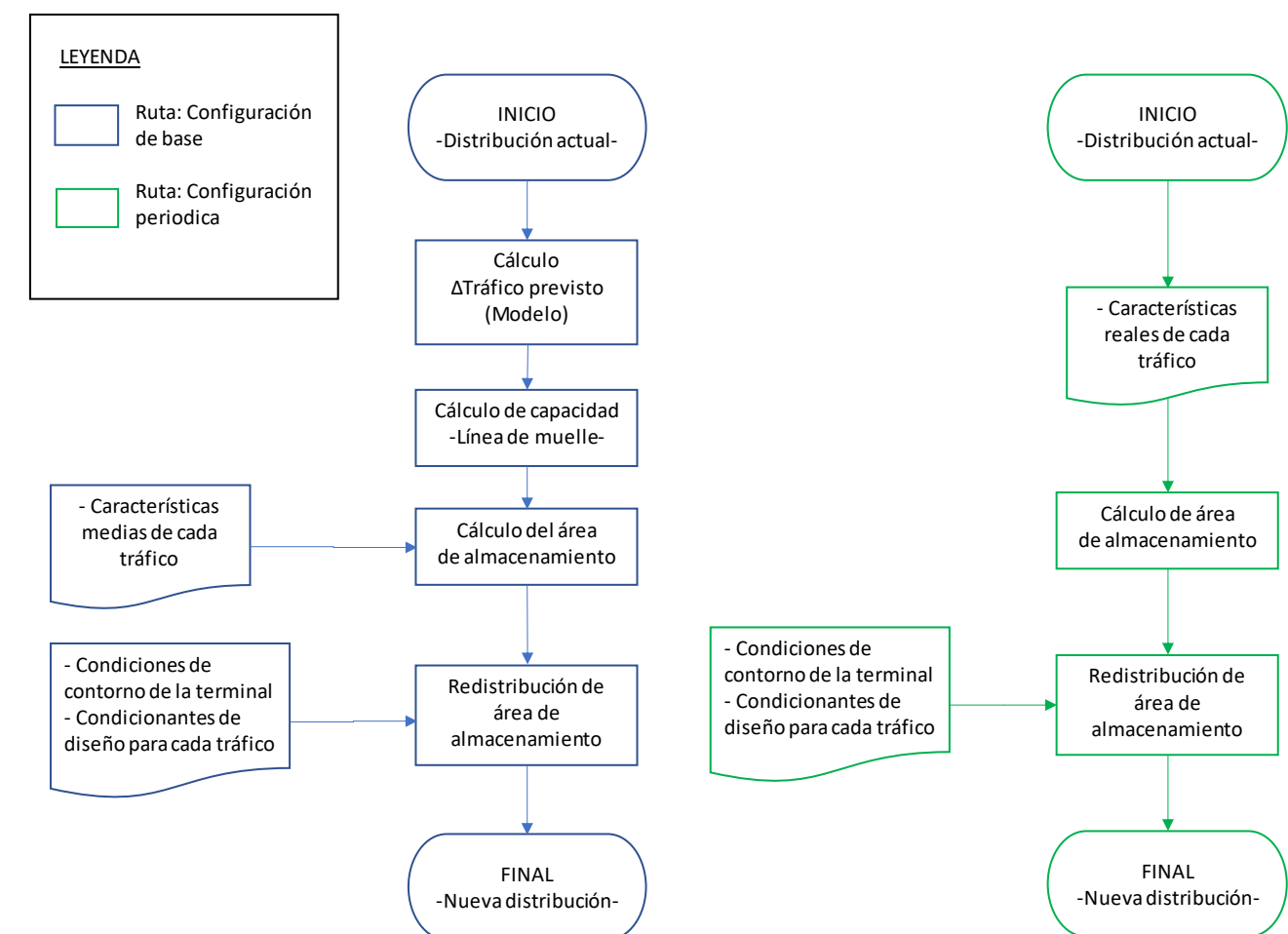


Ilustración 97. Diagrama de flujo de rutas para la configuración del subsistema de almacenamiento. (Fuente: Elaboración propia)

Estos diagramas muestran las bases de cálculo utilizadas durante el diseño de la terminal marítima polivalente y son muestra de las relaciones establecidas entre ellas y las futuras reconfiguraciones de la terminal siempre que se mantengan las condiciones iniciales en cuanto al tipo de terminal y las formas de la mercancía contempladas.

## 8. Suministro eléctrico a terminal y buque

En el capítulo “4. Análisis concesional de la nueva terminal polivalente del Puerto de Sagunto (Muelle 2 centro)” ya se mencionó que el diseño de la terminal debería cumplir los últimos estándares en materia de innovación, flexibilidad y sostenibilidad para terminales. En este caso, una medida adecuada para implementar en la terminal es la utilización de paneles fotovoltaicos en las cubiertas de las dos naves de la terminal. La nave que ya se encuentra construida (nave 1) tiene una superficie de 12.061 m<sup>2</sup> y otra de nueva construcción (nave 2) de 10.300 m<sup>2</sup>. Ambas disponen de cubiertas planas que pueden ser utilizadas para la instalación de paneles fotovoltaicos previa comprobación estructural por lo que se decide implementar esta medida en el diseño de la terminal para tener en cuenta sus implicaciones en cuanto a las instalaciones de suministro eléctrico (autoconsumo).

En cuanto al tipo de paneles a utilizar, se opta por un panel fotovoltaico policristalino de 250 W y 24V que tiene un área de 1,5 m<sup>2</sup>. Estos paneles deben ser posicionados hacia el sur con una inclinación de 26° para garantizar la máxima irradiación solar posible al ser instalados en el Puerto de Sagunto (Valencia).



Ilustración 98. Paneles fotovoltaicos sobre cubierta. (Fuente: AlusínSolar)

Teniendo en cuenta un factor de ocupación medio del 50% para ambas cubiertas se instalaría un total de 7.453 paneles entre ambas naves. Lo que supone 1,863 MWp de potencia instalada.

Por otro lado, a partir de los datos extraídos del “Anexo 1. Cálculos de suministro fotovoltaico a terminal y buque” se obtendría que para generar 1 GWh al año se necesitaría un total de 1.824 paneles fotovoltaicos teniendo en cuenta un factor de carga del 25% para la zona geográfica de Sagunto (según Informe anual BP 2018). Por lo que con 7.454 paneles se podría llegar a generar 4,086 GWh al año de energía eléctrica. Esta cifra supondría de media sin tener cuenta pérdidas el 50% de la energía activa de la futura terminal polivalente si se tienen en cuenta las cifras registradas por la APV para los últimos años en sus terminales de Valencia, Sagunto y Gandía.

Por otro lado, en el capítulo “4. Análisis concesional de la nueva terminal polivalente del Puerto de Sagunto (Muelle 2 centro)” se mencionó la necesidad de contemplar en el diseño de la terminal marítima polivalente un sistema de suministro a buque tipo *Cold Ironing*.

Por un lado, debido a la utilización de un sistema de autoconsumo capaz de generar 4,087 GWh de energía teórica se decide dedicar parte de esta energía para el suministro de energía a buque mediante este sistema. Para saber las implicaciones que tiene esta decisión, en el Anexo 1 se ha realizado los cálculos de aproximación de cuál sería la demanda de energía de este sistema. Dando como resultado que, para un total 3 atraques, un factor de ocupación de aquellos buques que utilizan este sistema del 10% y un buque tipo con motores auxiliares de 600 KW (1) y de 68 KW (2) se tendría un consumo de 1,827 GWh a lo largo del año. Lo que supone la mitad de la energía teórica mediante paneles fotovoltaicos a lo largo de ese mismo tiempo.

Con ello, se conseguiría suministrar mediante un sistema de autoconsumo fotovoltaico el 25% de la energía activa de la terminal y el 100 % de la energía del sistema de suministro a buque tipo *Cold Ironing*.

Por otro lado, en cuanto al diseño del sistema de suministro a buque se opta por ubicar una canaleta a lo largo de alineación de muelle en el lado más cercano a las grúas STS dentro de los 5 m dedicados a para esta instalación y para los bolardos como ya se mencionó en “6.3.3. Área de operación” cuando se realizó el diseño. Esta canaleta tiene la función de servir de guía para los diferentes cables que van a los puntos de suministro de la línea de atraque mediante las diferentes tomas de corriente sujetas por una grúa fija de polea y que van al conector del buque. En este caso, teniendo en cuenta la distribución de 3 atraques sobre la línea de muelle se decide ubicar 2 tomas por cada atraque, una hacia el norte y otra hacia el sur.

En cuanto al esquema de red para la conexión y suministro de energía a buque, se encontrarán los siguientes elementos distribuidos a lo largo de la terminal y se dispondrá de conexión con la red general al igual que el resto de las zonas de la terminal:

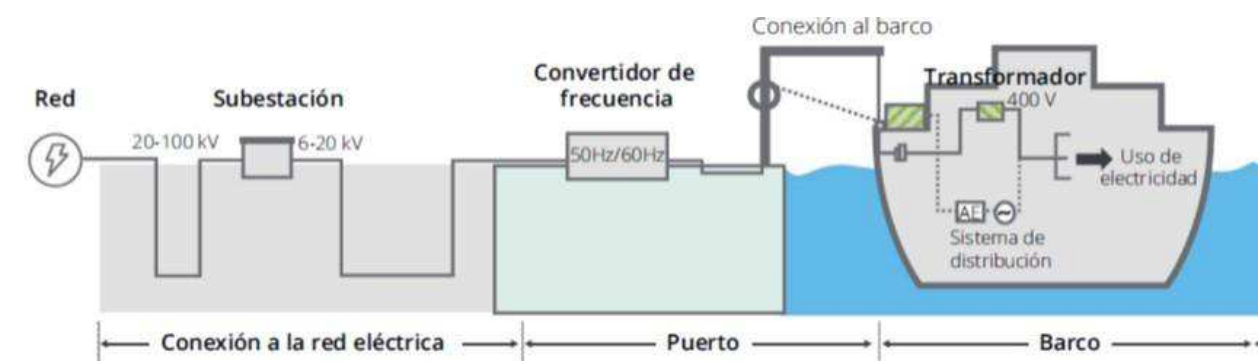


Ilustración 99. Esquema de red para suministro de energía buque (Cold Ironing). (Fuente: Exponav.org)



## 9. Conclusiones

Tras el desarrollo del presente trabajo se han podido analizar las diferentes partes que componen a las terminales polivalentes marítimas para luego dar una solución al diseño técnico de la nueva terminal marítima polivalente del Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto.

Esta nueva terminal se trata de un punto clave para las infraestructuras de transporte de mercancías dentro del territorio donde se ubica. En parte gracias a encontrarse cercana a tejidos productivos de tipo industrial y por nutrirse de infraestructuras de transporte de alta capacidad con un mayor desarrollo previsto para los próximos años. Lo cual marca la necesidad de disponer de una terminal con un diseño integral que tenga en cuenta el tejido productivo de su zona de influencia por su gran tendencia hacia el mercado *import/export* y de las nuevas infraestructuras de transporte de nuevo desarrollo cercanas a él como son los corredores ferroviarios y viarios por su conectividad.

Es por ello, que los estándares de diseño utilizados en el presente trabajo han buscado estudiar desde lo general a lo particular la integración de la terminal teniendo en cuenta las condiciones de contorno y los condicionantes de cada tráfico. Además, ha sido clave el estudio de la propuesta del Plan especial del área logística de Sagunto de GVA (Plan 2022) para estudiar los nuevos desarrollos que conectarán con el puerto dotándolo de nuevas capacidades y mayor resiliencia. Claro ejemplo de ello ha sido la terminal ferropuertaria que se ubicará dentro del Puerto de Sagunto anexa a la nueva terminal marítima y conectada a otra nueva terminal intermodal para el área industrial de Sagunto. Es por ello, que aun no siendo su explotación competencia directa de la nueva terminal marítima su integración durante la fase de diseño con esta ha sido fundamental para no crear cuellos de botella por un mal diseño inicial o un diseño que no sea integral con las infraestructuras anexas. Además, siempre se han ido teniendo en cuenta sus expectativas de evolución a lo largo del tiempo gracias a una reserva de espacio para nuevas ampliaciones según se incrementen las demandas.

Por otro lado, en el diseño se ha buscado poder disponer de una terminal con los máximos estándares en innovación, flexibilidad y sostenibilidad. Muestra de ello, es la utilización de equipos de manipulación con un alto carácter hacia la flexibilidad como son las grúas móviles que se pueden utilizar tanto en el muelle como en la explanada de almacenamiento, la ubicación de la obra dura en el contorno de la terminal para poder tener una mayor área de explanada libre que puede ser reconfigurable mediante la integración de un TOS, la utilización de sistemas de suministro eléctrico a buque o la utilización de energías limpias como la fotovoltaica para la terminal. Todas estas infraestructuras han servido para dotar a la nueva terminal de unas mayores competencias de cara a sustentar nuevos servicios logísticos.

Con todo ello, se ha optado por un diseño que busque integrar las infraestructuras logísticas convirtiéndose en un nodo eficiente dentro de la cadena logística y que sea un punto de desarrollo para nuevas inversiones gracias a un diseño conservador que garantice su rápida integración y operatividad, pero contando con los nuevos estándares de diseño para terminales marítimas polivalentes e infraestructuras logísticas.

## 10. Referencias

- CEV (2017). Corredor Ferroviario Cántabro-Mediterráneo. Demanda potencial de transporte de mercancías.
- FUNDACIÓN VALENCIAPORT (2009). Memoria 2007-2008. Proyectos.
- PUERTOS DEL ESTADO (2014). Guía de gestión energética en puertos.
- SEMPERE CARO, JAVIER (2020). Instalación solar fotovoltaica sobre cubierta de nave industrial para el autoconsumo. Trabajo final de grado. Universidad Politécnica de Valencia.
- SYS C., VANELSLANDER T., CARLAN V. AND VERBERGHT E. (2020). Innovación en puertos. Tecnología, información y procesos. Universidad de Amberes.
- ROM 2.0-11 (2011). Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre. Puertos del Estado.
- AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA (2022). Boletín Estadístico APV diciembre 2021.
- E.J. BROOS, W. HOEBEE, B.R.J. VAN SCHERPENZEEL, J.J. BURGERS, L. SCHWETER, A. VAN DEYZEN (2018). Cargas de bolardo en nuevas infraestructuras portuarias, Puerto de Róterdam.
- PUERTOS DEL ESTADO (2008). Logística e intermodalidad (Nivel 1)
- PUERTOS DEL ESTADO (2008). Logística e intermodalidad (Nivel 2)
- VICENTE CERDÁ GARCÍA DE LEONARDO, MIGUEL BLANES ORTÍ (2014). El Ferroutage en el Corredor Mediterráneo. CICCIP.
- MONFORT MULINAS, A. ET. AL. (2011). Manual de Capacidad Portuaria. Valencia. FUNDACIÓN VALENCIAPORT.
- LLISO NAVARRO, JOSEP MÀXIM (2020). Estudio de alternativas de conexión viaria y ferroviaria entre los puertos de Sagunto y València. Trabajo final de grado. Universidad Politécnica de Valencia.
- CNMC (2021). Informe anual del sector ferroviario 2019.
- JIMÉNEZ BAYO, P. (2016). Diseño de una terminal de contenedores semiautomatizada en la Ampliación Norte del Puerto de Valencia. Trabajo Fin de Máster. Universidad Politécnica de Valencia.
- FUNDACIÓN VALENCIAPORT (2016). Estudio del impacto logístico de la puesta en marcha de la estación intermodal de Sagunto del proyecto Pirene IV.
- GVA (2018). Estudio del sector logístico en la comunidad valenciana. Consejería de obras públicas, transporte y movilidad.
- RICARDO SANZ ESTÉVEZ (2021). Evaluación del transporte ferroviario de mercancías y análisis de la línea Sagunto – Zaragoza. Universidad Politécnica de Madrid.
- TRIANGLE (2020). Estudio de mercado. Logística Valencia.
- ADIF (2022). Instalaciones de servicio: descripción completa.
- JUAN CARLOS CUESTAS OLIVARES, JAVIER ORDÓÑEZ MONFORT, CELESTINO SUÁREZ BURGUE ET AL. (2021). Transporte e intermodalidad. Una aproximación a la red de plataformas logísticas en España y la Comunitat valenciana
- OTLE (2020). Informe anual del observatorio de transporte y logística en España.
- UNCTAD (2021). Informe sobre el transporte marítimo.
- PILAR MARTÍNEZ NOVELLA (2013). Carbón y fuego nacimiento de un pueblo. Universitat Jaume I.
- APV (2021). Pliego de bases del concurso para la construcción y explotación, en régimen de concesión administrativa, de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto. Modificado de 29 de junio de 2021
- APV (2021). Primera resolución de cuestiones técnicas para el otorgamiento de una concesión administrativa para la construcción y explotación de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto.
- APV (2021). Segunda resolución de cuestiones técnicas para el otorgamiento de una concesión administrativa para la construcción y explotación de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto.
- APV (2021). Tercera resolución de cuestiones técnicas para el otorgamiento de una concesión administrativa para la construcción y explotación de una terminal pública polivalente en el Muelle Centro 2 del Puerto de Sagunto.
- BORJA FERRER SÁNCHEZ (2018). Estudio de automatización de la terminal portuaria de Intersagunto, puerto de Sagunto. APV - FUNDACIÓN VALENCIAPORT.
- LIEBHERR. Grúas LIEBHERR para equipamiento de puerto. <<https://www.liebherr.com/es/esp/productos/gruas-maritimas/equipamiento-de-puerto/equipamiento-de-puerto.html>> [En línea]
- KALMAR. Carretillas elevadoras para terminales portuarias. <<https://www.kalmar.es/equipment-and-services/carretillas-elevadoras/>> [En línea]
- MAFI. Cabezas tractoras y plataformas para terminales portuarias. <<https://www.mafi.de/en/products/tractors/>> [En línea]



## Anexo 1. Cálculos de suministro fotovoltaico a terminal y buque

### Cálculo de potencia generada por la instalación fotovoltaica

Factor de carga (%)	25
Potencia Panel (W)	250
Área Panel (m <sup>2</sup> )	1,5
Área Cubiertas (m <sup>2</sup> )	22.361
Factor de ocupación (%)	50
Vida útil Paneles (año)	25

Horas al año	8.760 h/año
	x 0,25
Horas efectivas al año	2.190 MWh por MW instalado
	÷ 1000
	2,19 GWh por MW instalado
	x 25
Potencia generada durante vida útil	54,75 GWh por MW instalado en 25 años

	1000
	÷ 2190
Potencia necesaria por GWh/año	0,456 MW necesarios para generar 1 GWh/año

	4,56 x 10 <sup>6</sup> W
	÷ 250
Paneles necesarios por GWh/año	1.824 Paneles para generar 1 GWh/año

	22.361
	x 0,5
	÷ 1,5
Número de paneles sobre cubierta	7.453
	÷ 1.824
Producción eléctrica al año en instalación	4,086 GWh/año
	x 25
Producción eléctrica durante vida útil en instalación	102,15 GWh durante 25 años

### Cálculo de suministro eléctrico a buque

Nº de atraques	3
Puntos de conexión por atraque	2
Factor de ocupación de buque tipo (%)	10
Tipo de motores	Auxiliares
Potencia de motor	1X600KW+2X68KW
Porcentaje de carga motor (%)	70

	600 KW
	x 1
	+ 68 W
	x 2
Potencia total motor	736 KW
	x 0.7
Consumo total motor	512,2
	x 8.760
	x 0,1
Consumo de energía eléctrica al año por atraque	448687,2 KWh/año por atraque
	x 3
	÷ 10 <sup>6</sup>
Consumo de energía eléctrica al año en instalación	1,346 GWh/año en instalación

VALENCIA, ABRIL 2023



Fdo: ALEJANDRO DORADO RIBELLES





# DOCUMENTO II

## PLANOS

## ÍNDICE

PLANO 1. LOCALIZACIÓN

PLANO 2. SITUACIÓN ACTUAL

PLANO 3. DISTRIBUCIÓN SEGÚN USOS DE LA TERMINAL

PLANO 4. DISEÑO EN PLANTA DE LA TERMINAL

PLANO 5. SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

PLANO 6. DETALLE ÁREA DE OPERACIÓN

PLANO 7. ACCESO VIARIO

PLANO 8. TERMINAL FERROPORTUARIA

PLANO 9. NAVES

PLANO 10. EDIFICIOS

PLANO 11. RED DE POSCIONAMIENTO

PLANO 12. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

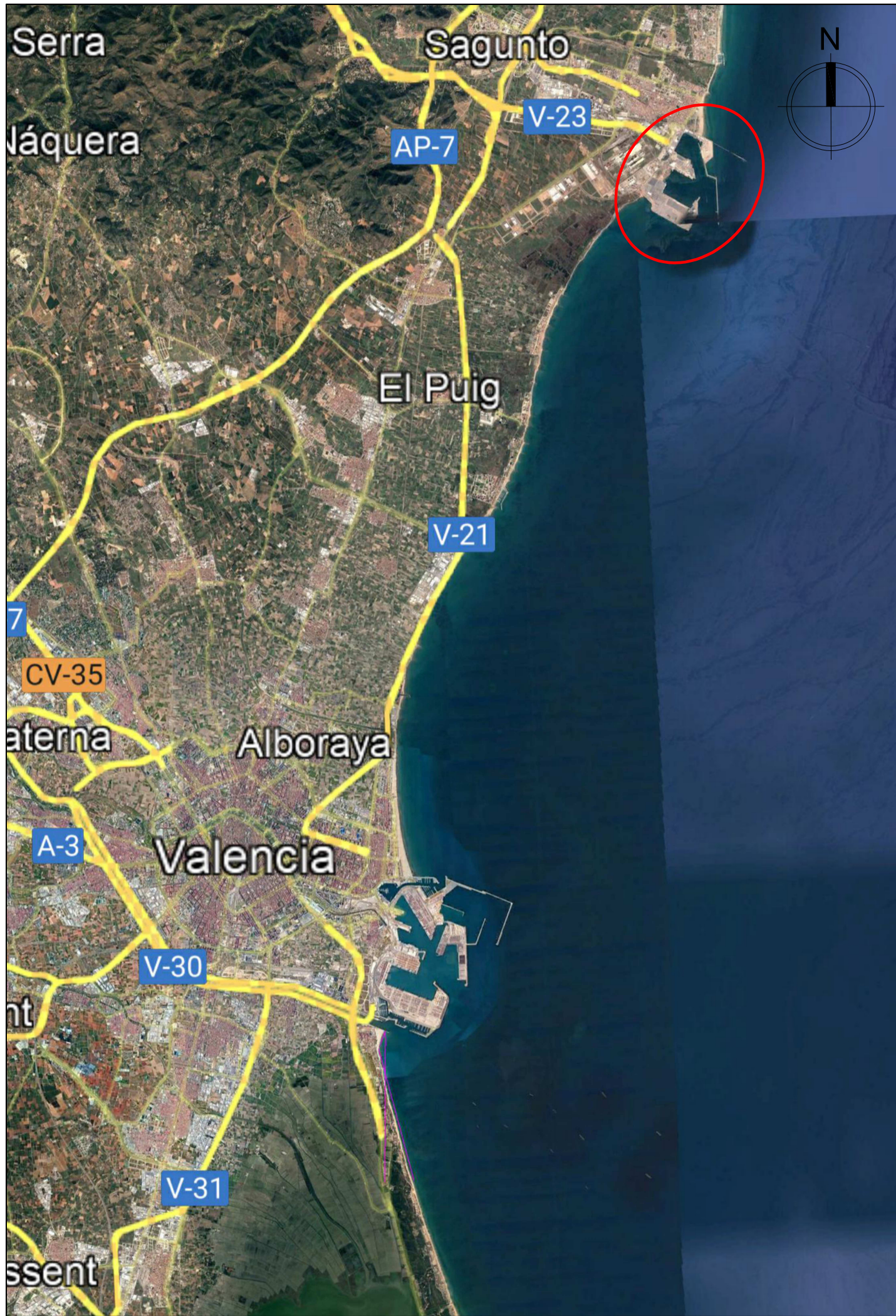
PLANO 13. RED DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS



PLANO 14. RED DE SANEAMIENTO

PLANO 15. RED ELÉCTRICA

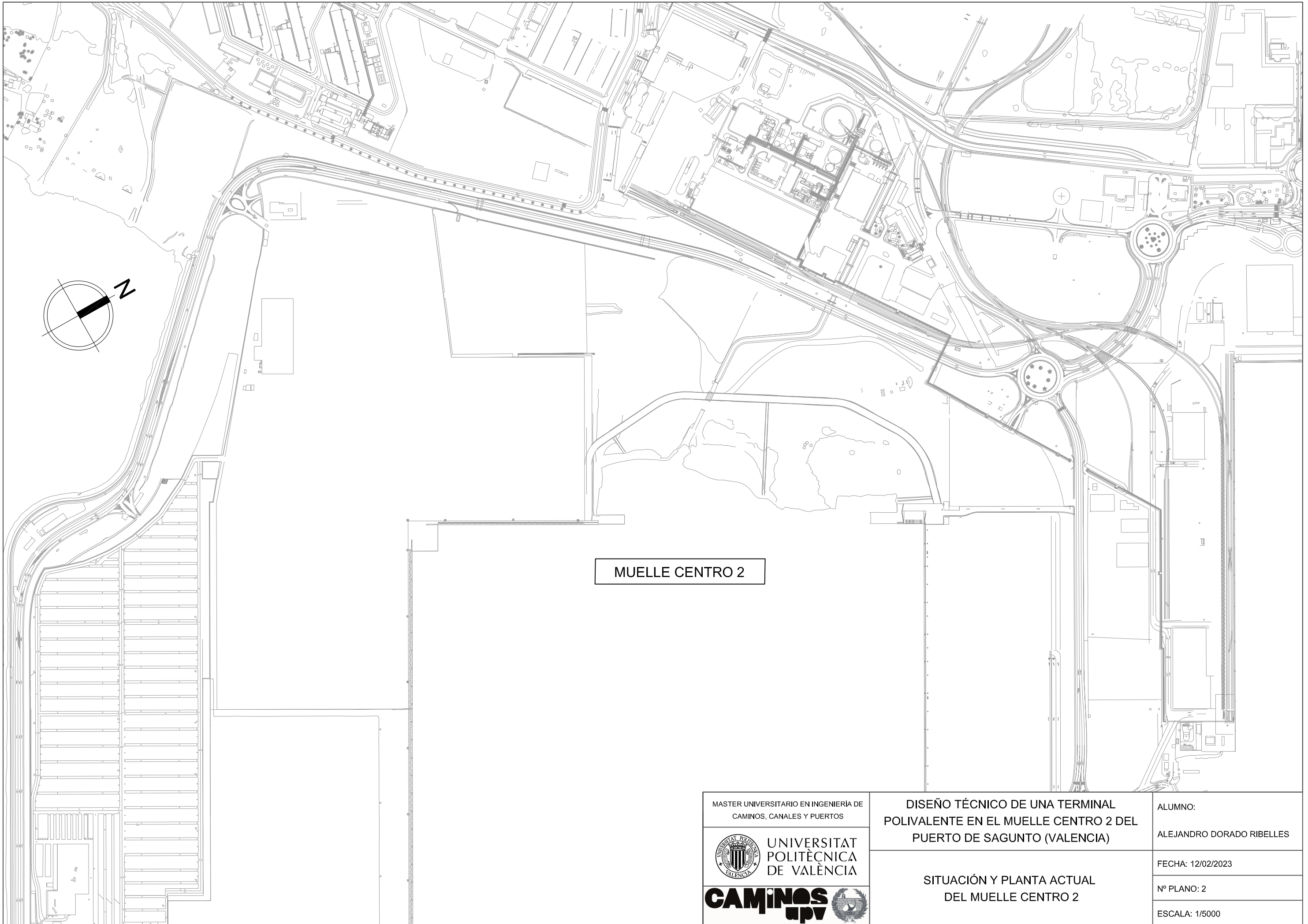
PLANO 16. PRIORIZACIÓN PARA RECONFIGURACIÓN DE SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO (TOS)





MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	<b>DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)</b>	ALUMNO: ALEJANDRO DORADO RIBELLES
 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>  	LOCALIZACIÓN	FECHA: 12/02/2023
		Nº PLANO: 1
		ESCALA: VARIAS





MUELLE CENTRO 2

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

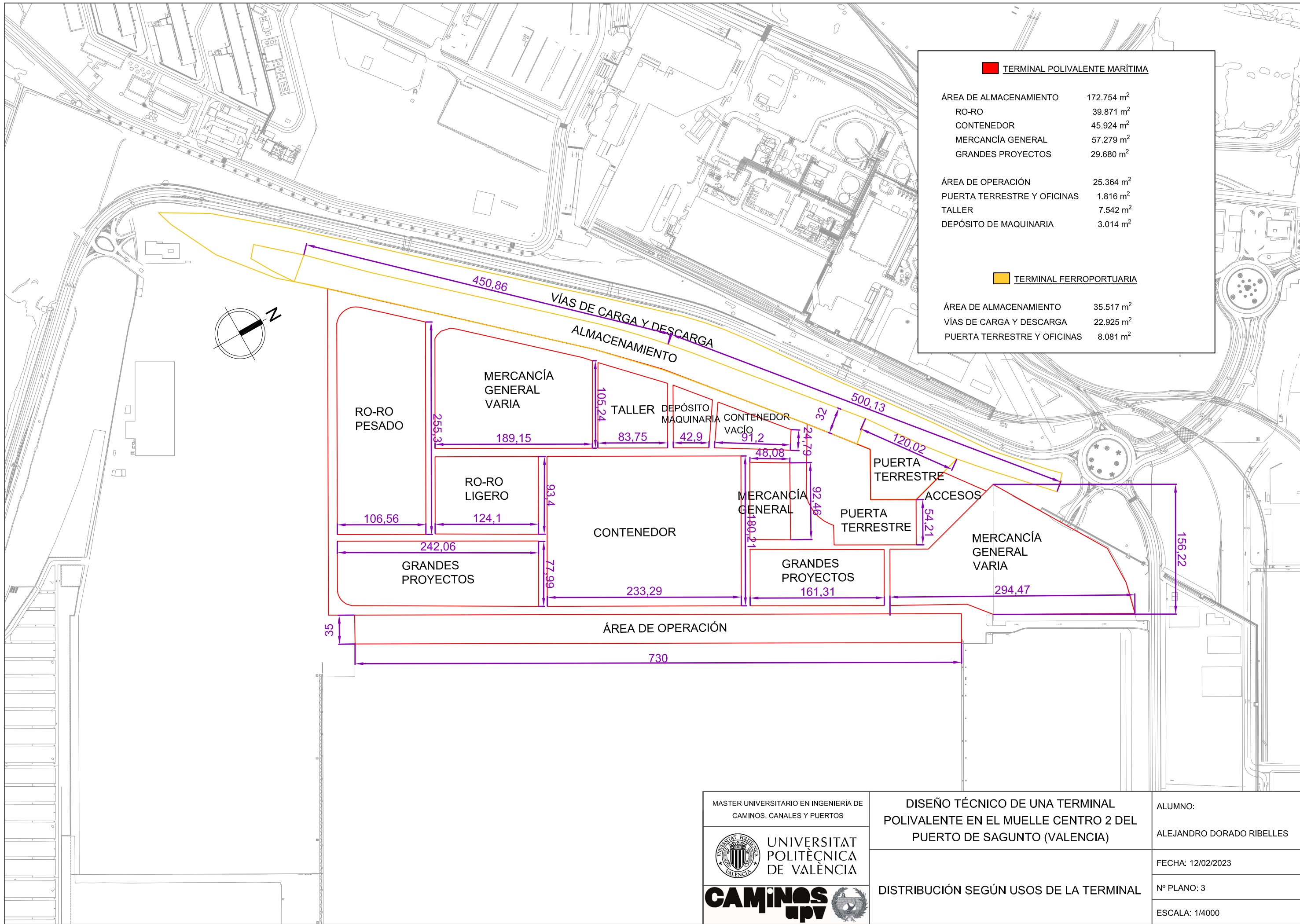
SITUACIÓN Y PLANTA ACTUAL  
DEL MUELLE CENTRO 2

ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 2

ESCALA: 1/5000



■ TERMINAL POLIVALENTE MARÍTIMA	
ÁREA DE ALMACENAMIENTO	172.754 m <sup>2</sup>
RO-RO	39.871 m <sup>2</sup>
CONTENEDOR	45.924 m <sup>2</sup>
MERCANCÍA GENERAL	57.279 m <sup>2</sup>
GRANDES PROYECTOS	29.680 m <sup>2</sup>
ÁREA DE OPERACIÓN	25.364 m <sup>2</sup>
PUERTA TERRESTRE Y OFICINAS	1.816 m <sup>2</sup>
TALLER	7.542 m <sup>2</sup>
DEPÓSITO DE MAQUINARIA	3.014 m <sup>2</sup>
■ TERMINAL FERROPORTUARIA	
ÁREA DE ALMACENAMIENTO	35.517 m <sup>2</sup>
VÍAS DE CARGA Y DESCARGA	22.925 m <sup>2</sup>
PUERTA TERRESTRE Y OFICINAS	8.081 m <sup>2</sup>

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

DISTRIBUCIÓN SEGÚN USOS DE LA TERMINAL

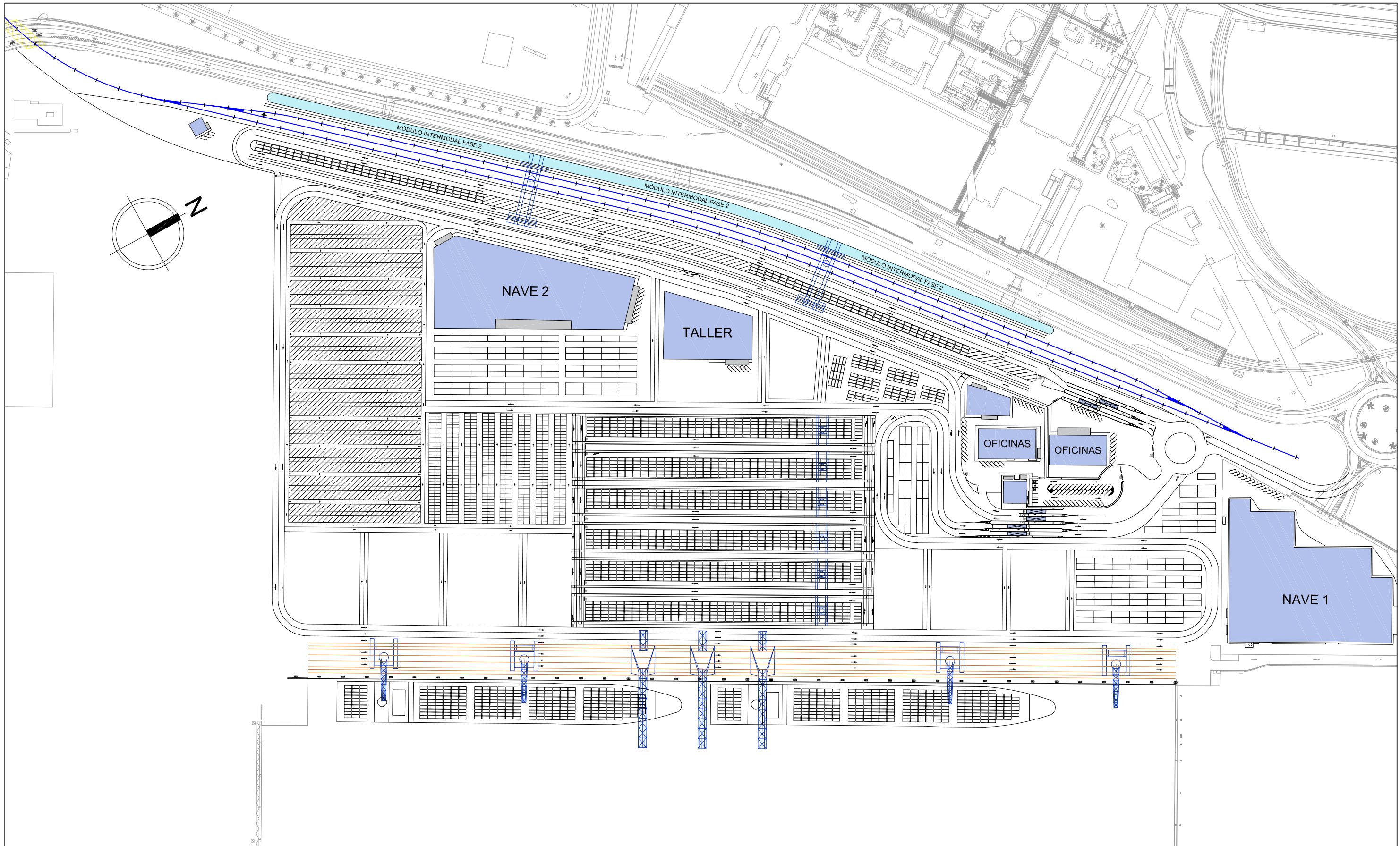
ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES



FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 3

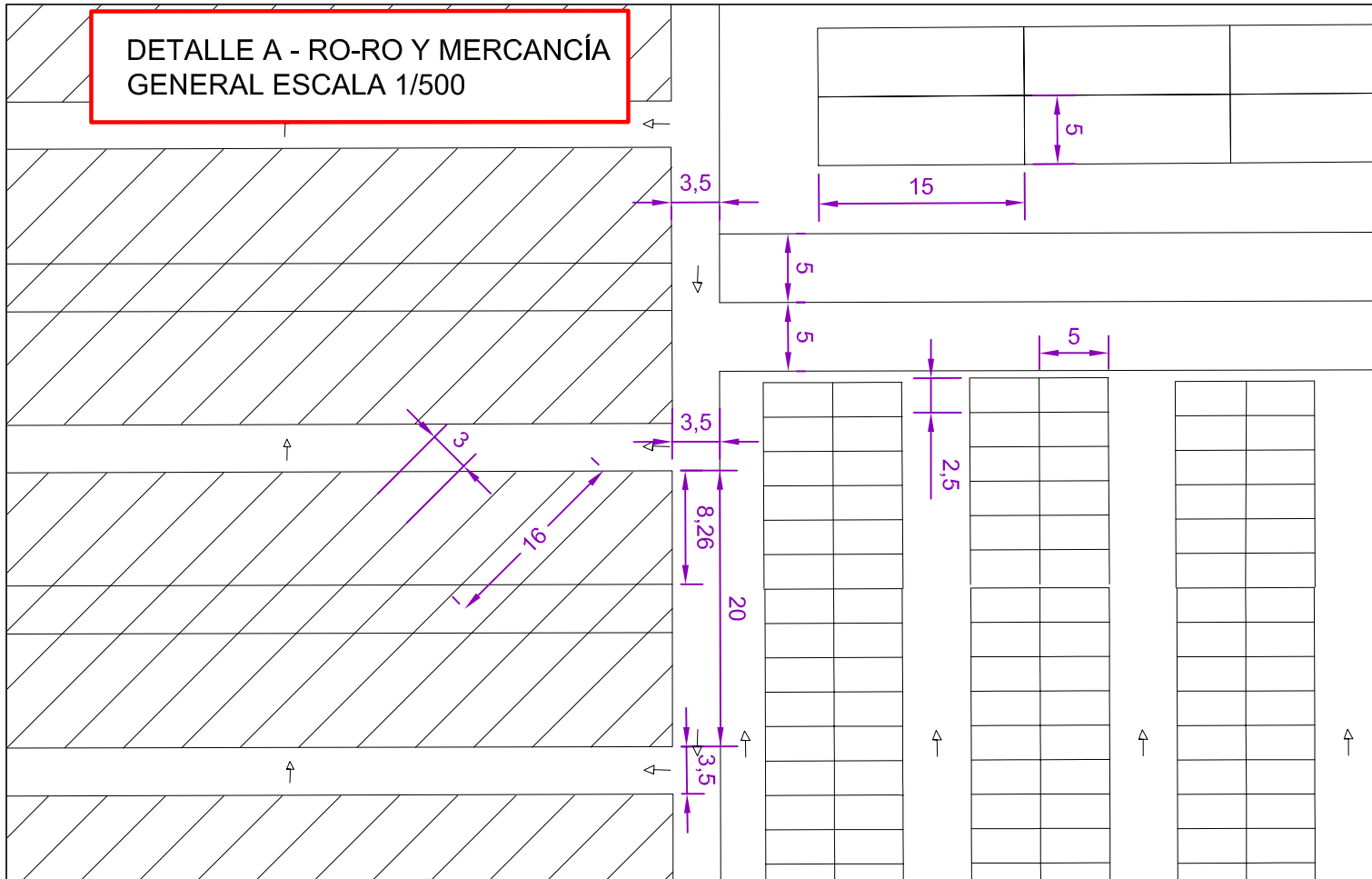
ESCALA: 1/4000



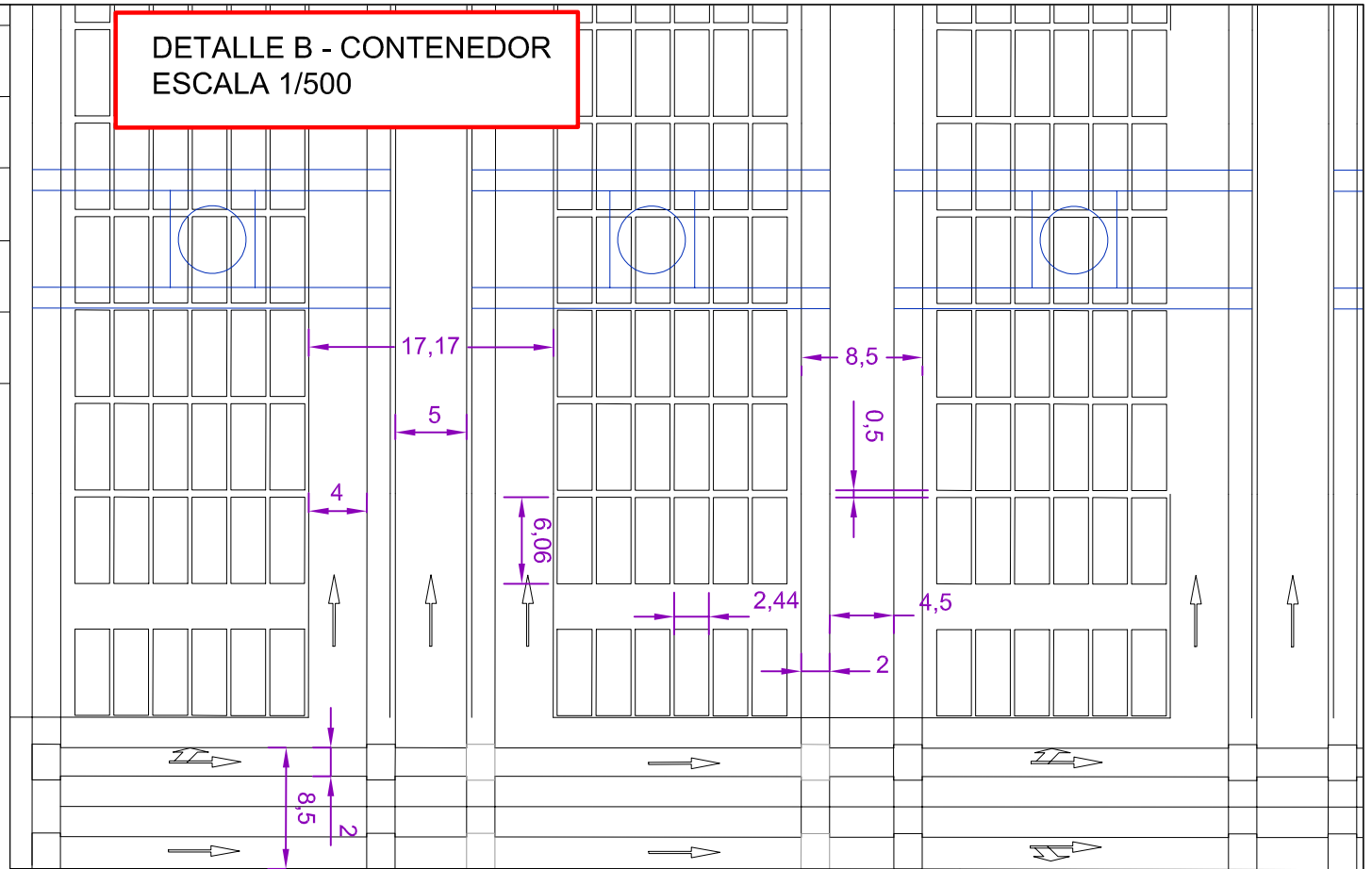


MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS   UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  	<b>DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)</b>	ALUMNO: ALEJANDRO DORADO RIBELLES
	<b>DISEÑO EN PLANTA DE LA TERMINAL</b>	FECHA: 12/02/2023 Nº PLANO: 4 ESCALA: 1/3000

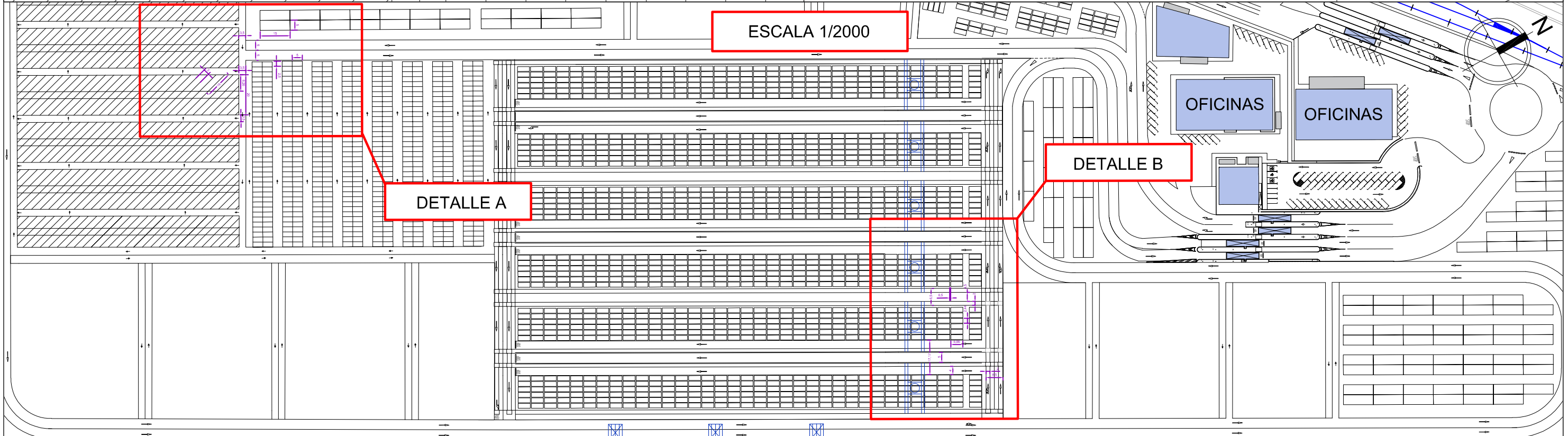
DETALLE A - RO-RO Y MERCANCÍA  
GENERAL ESCALA 1/500



DETALLE B - CONTENEDOR  
ESCALA 1/500



ESCALA 1/2000



DETALLE A

DETALLE B

OFICINAS

OFICINAS

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÀNICA  
DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

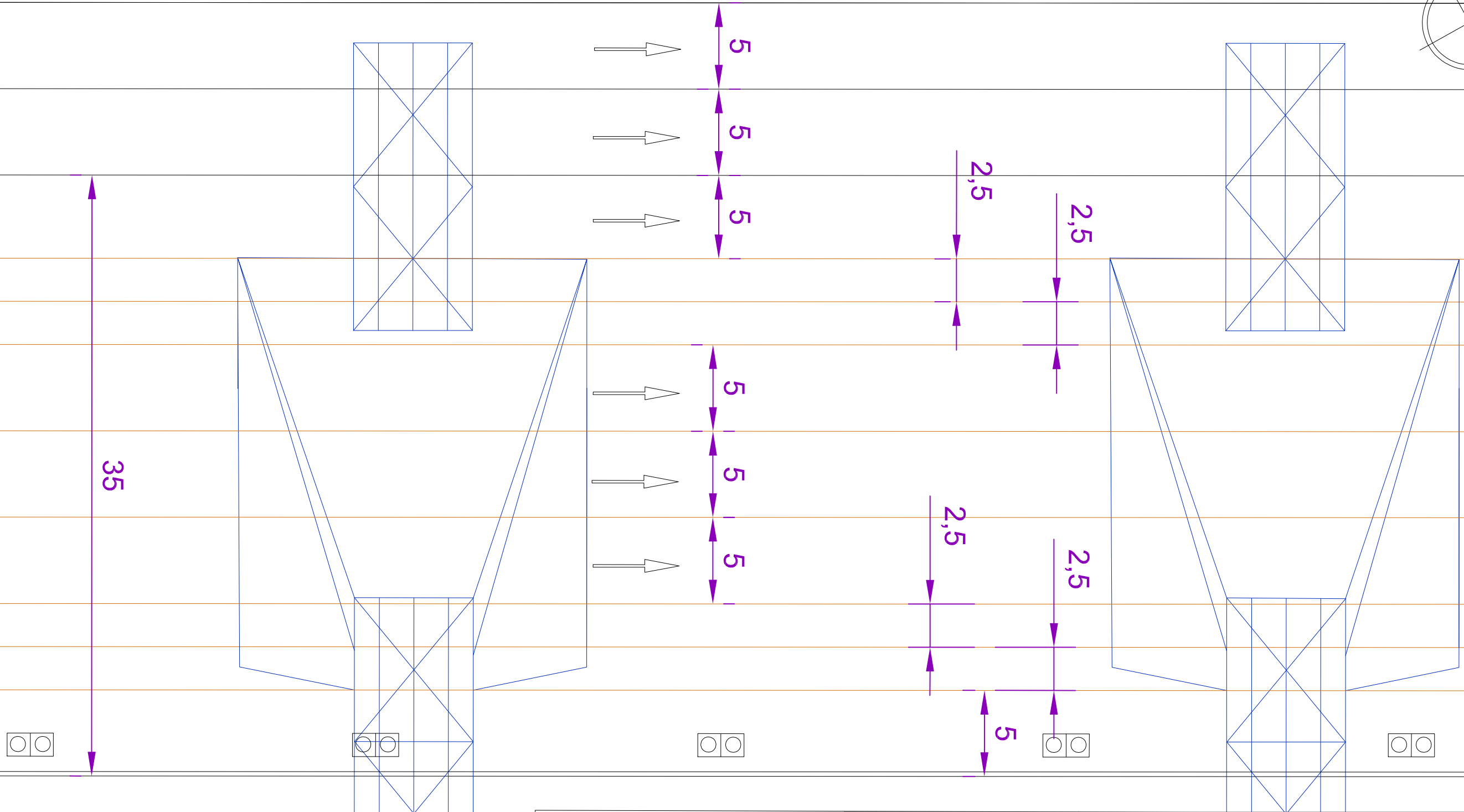
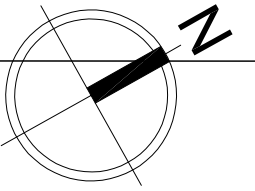
ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 5

ESCALA: VARIAS (Cotas en m)



MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

DETALLE ÁREA DE OPERACIÓN

ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

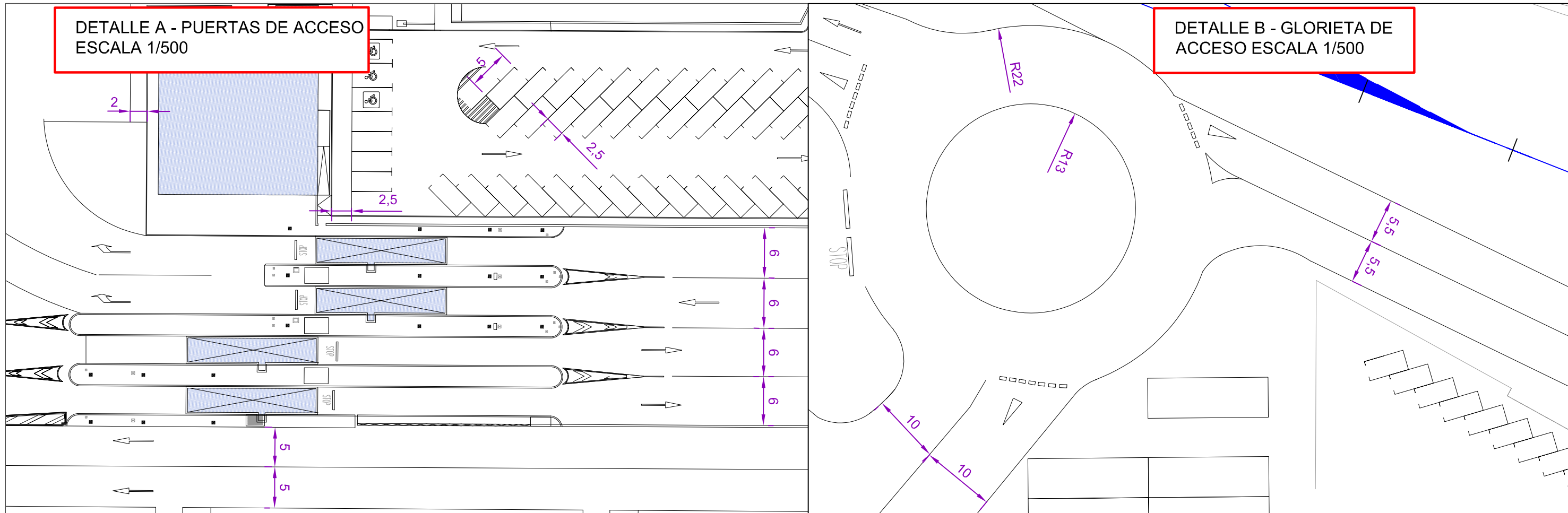
FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 6

ESCALA: 1/250 (Cotas en m)

DETALLE A - PUERTAS DE ACCESO  
ESCALA 1/500

DETALLE B - GLORIETA DE  
ACCESO ESCALA 1/500



ESCALA 1/2000

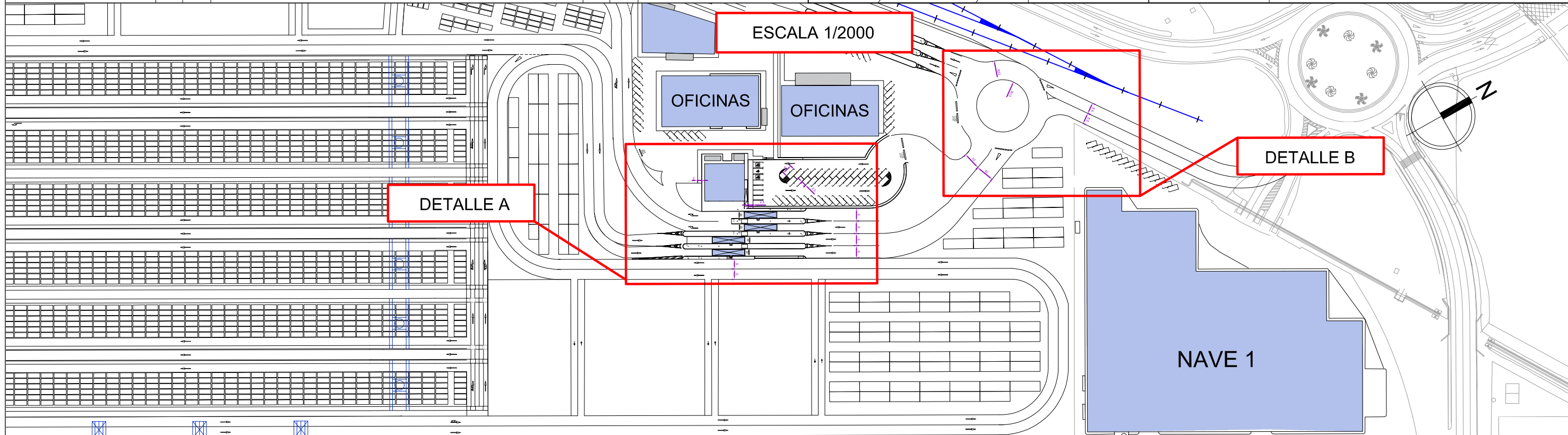
OFICINAS

OFICINAS

DETALLE A

DETALLE B

NAVE 1



MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

ACCESO VIARIO

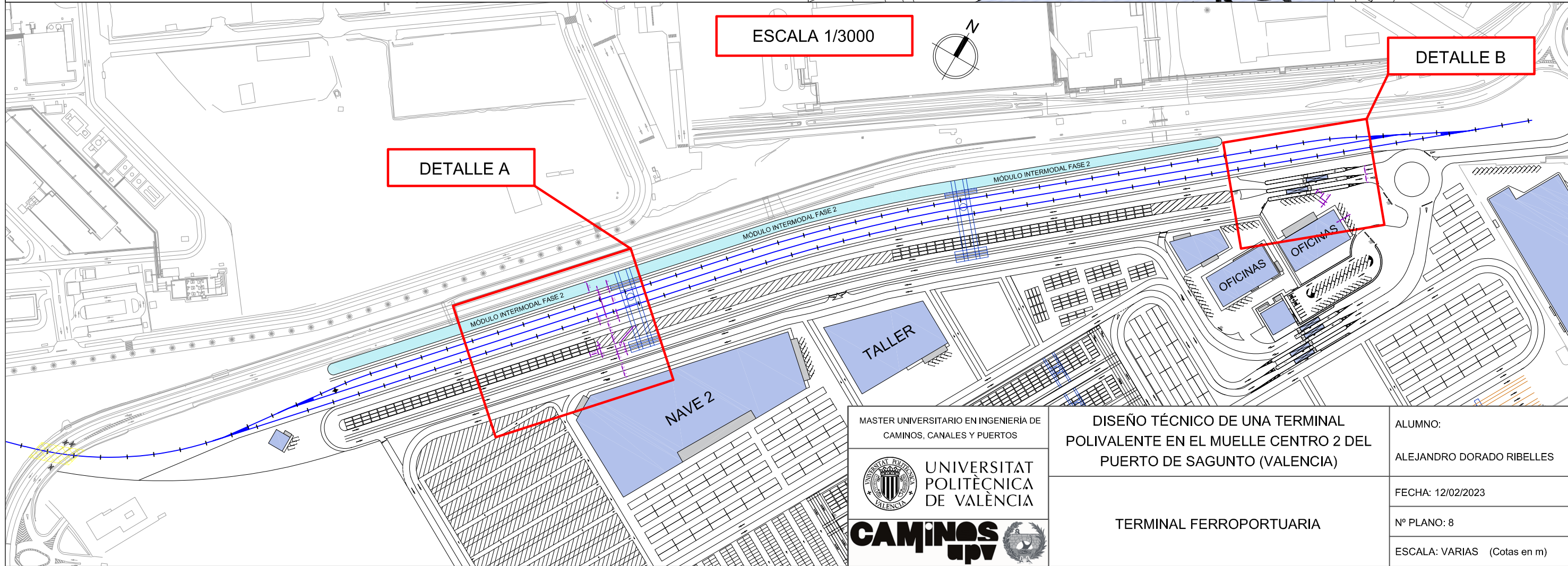
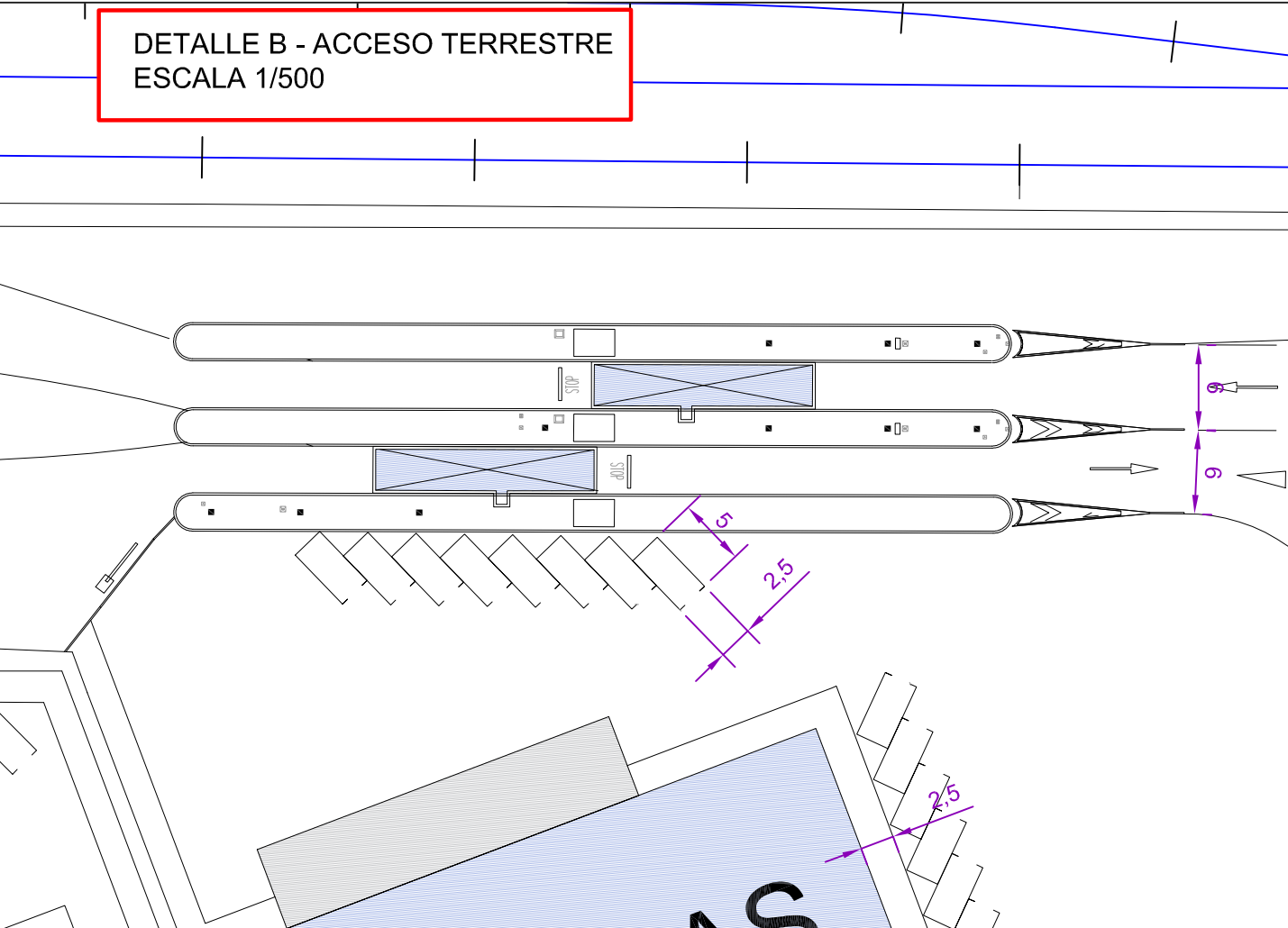
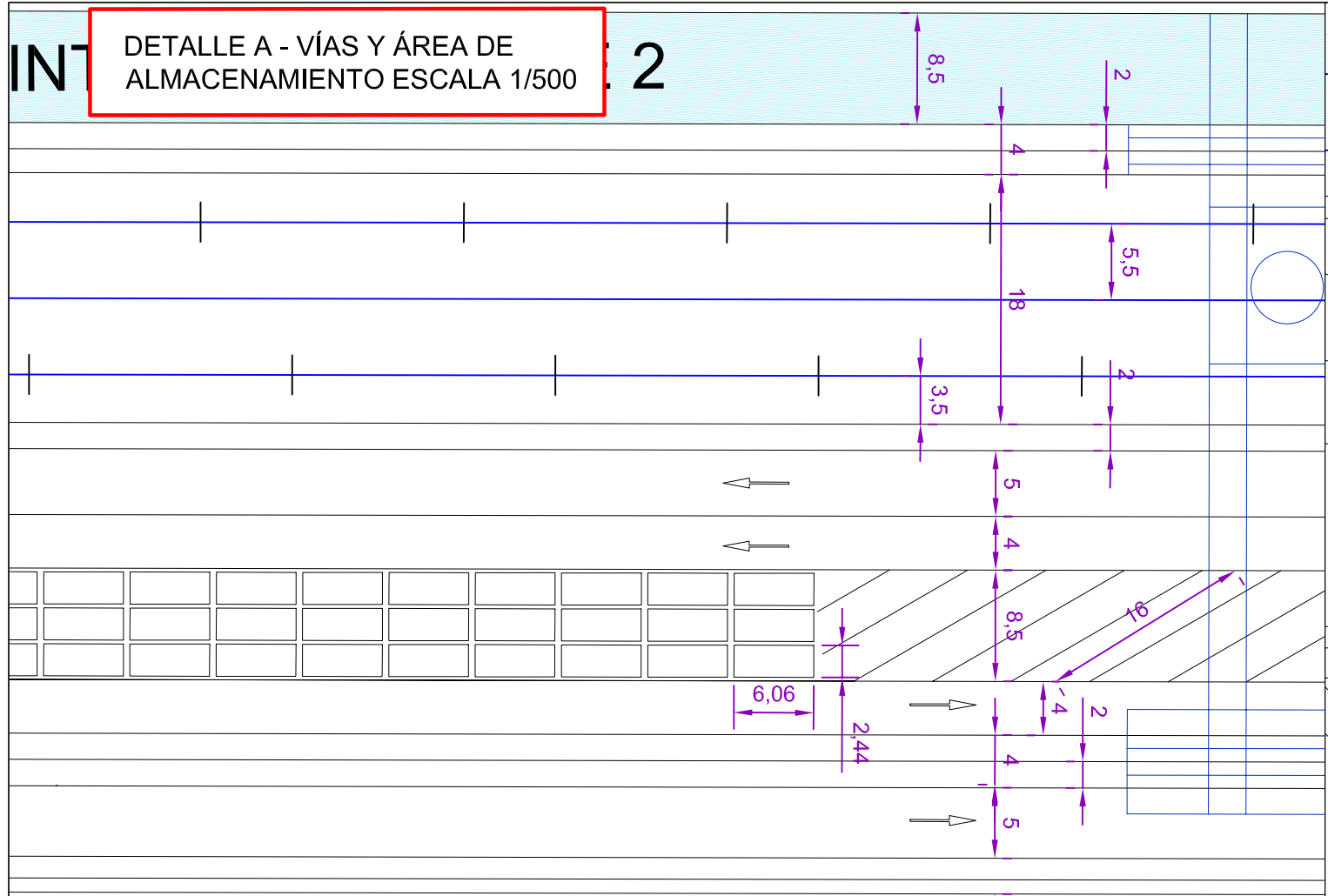
ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 7

ESCALA: VARIAS (Cotas en m)





DETALLE A - VÍAS Y ÁREA DE ALMACENAMIENTO ESCALA 1/500

DETALLE B - ACCESO TERRESTRE ESCALA 1/500

ESCALA 1/3000

DETALLE A

DETALLE B

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

TERMINAL FERROPORTUARIA

ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

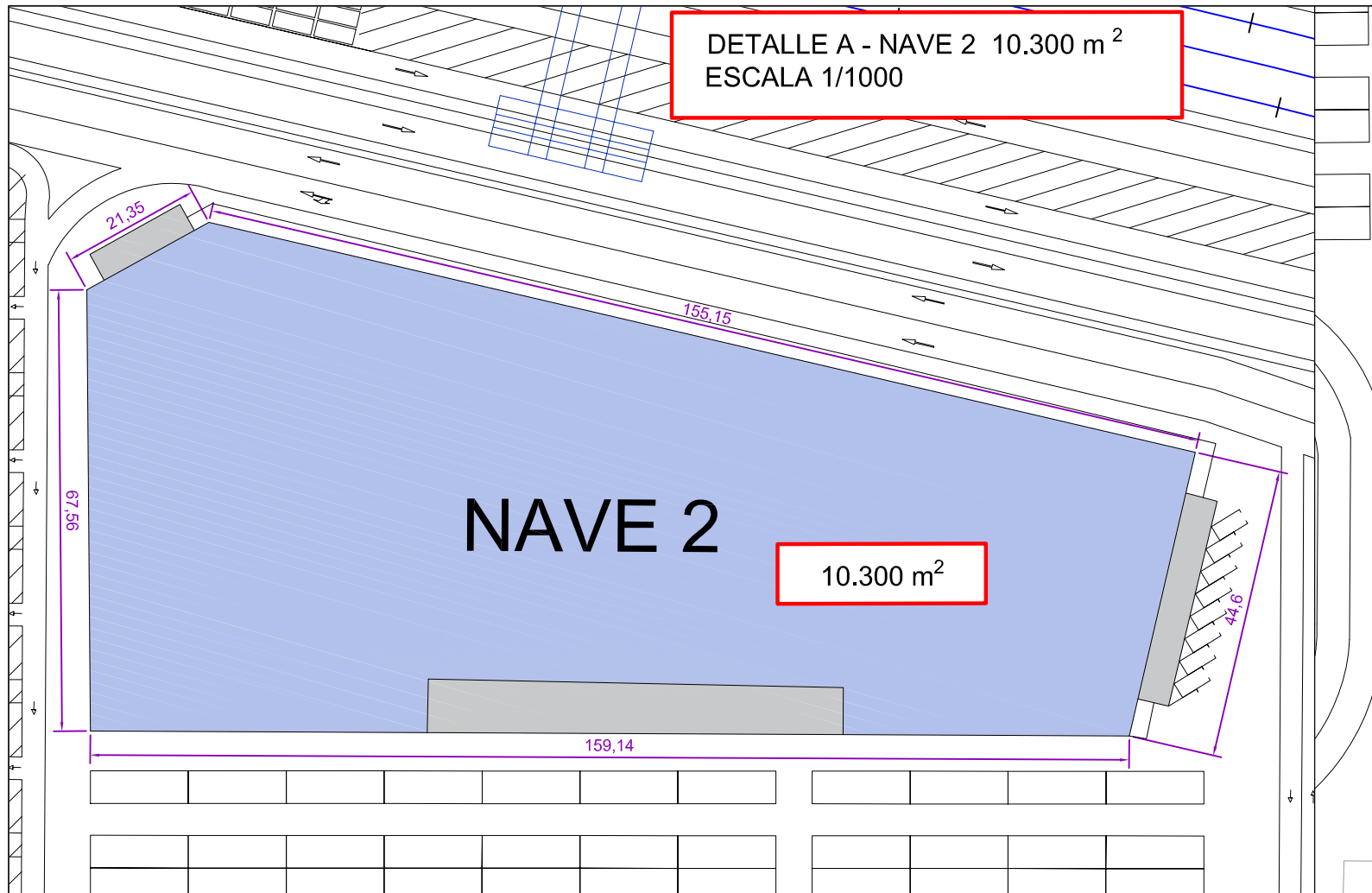
FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 8

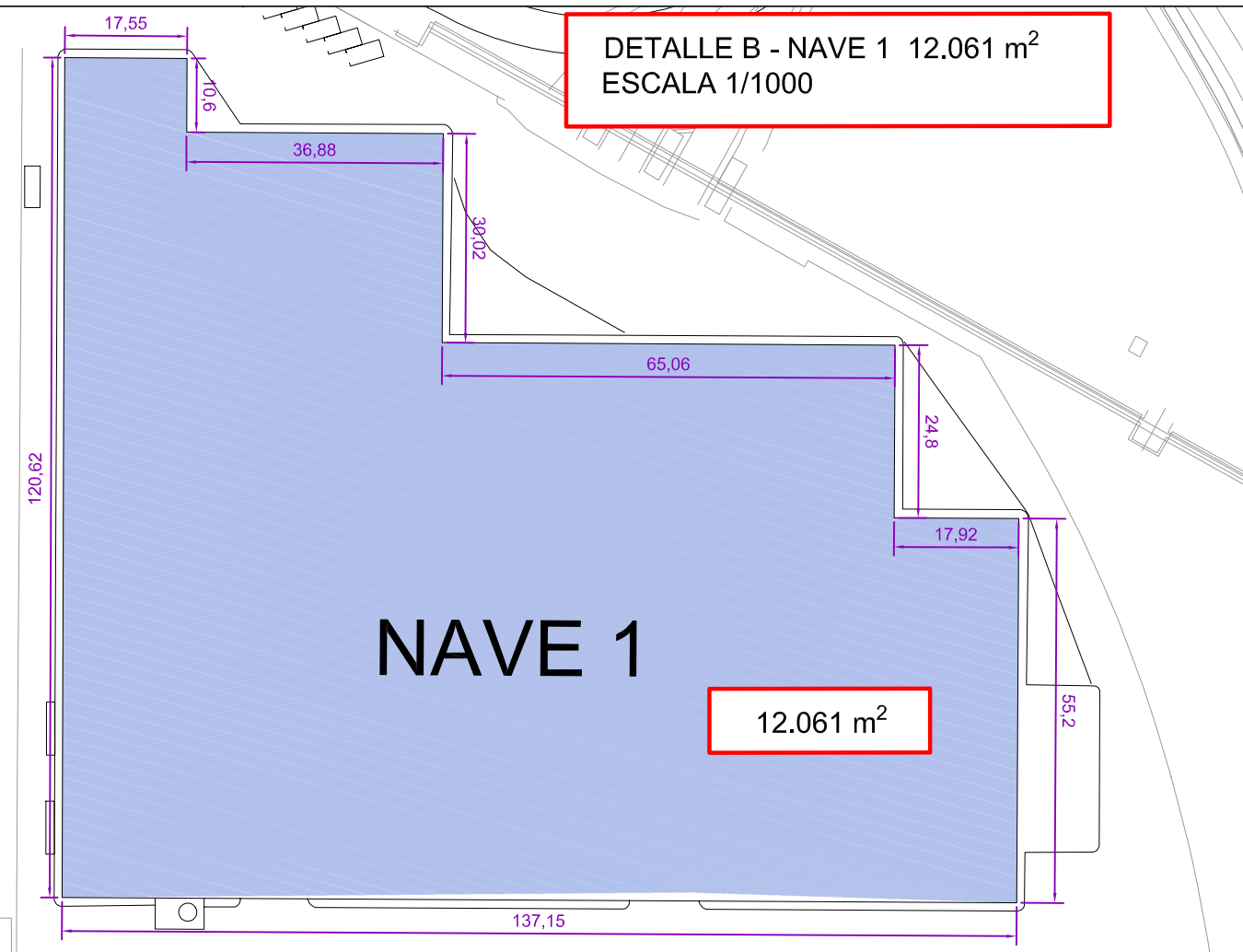
ESCALA: VARIAS (Cotas en m)



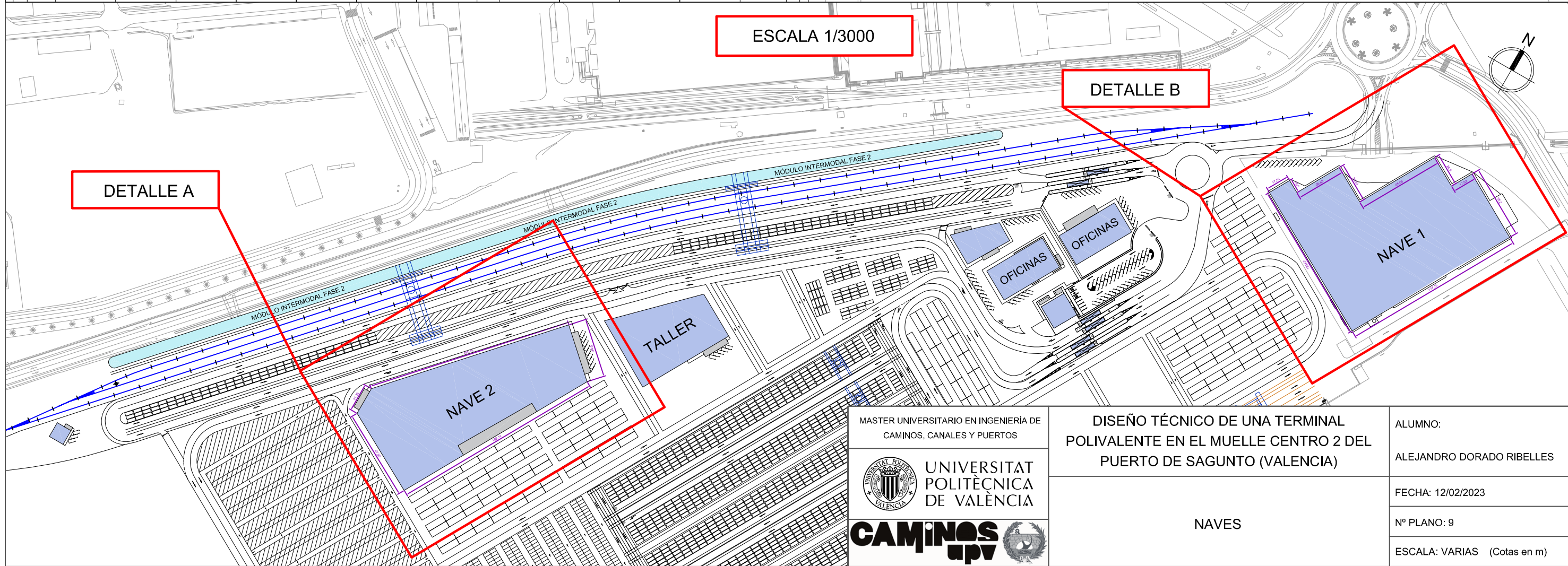
DETALLE A - NAVE 2 10.300 m<sup>2</sup>  
ESCALA 1/1000



DETALLE B - NAVE 1 12.061 m<sup>2</sup>  
ESCALA 1/1000



ESCALA 1/3000



MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÀNICA  
DE VALÈNCIA



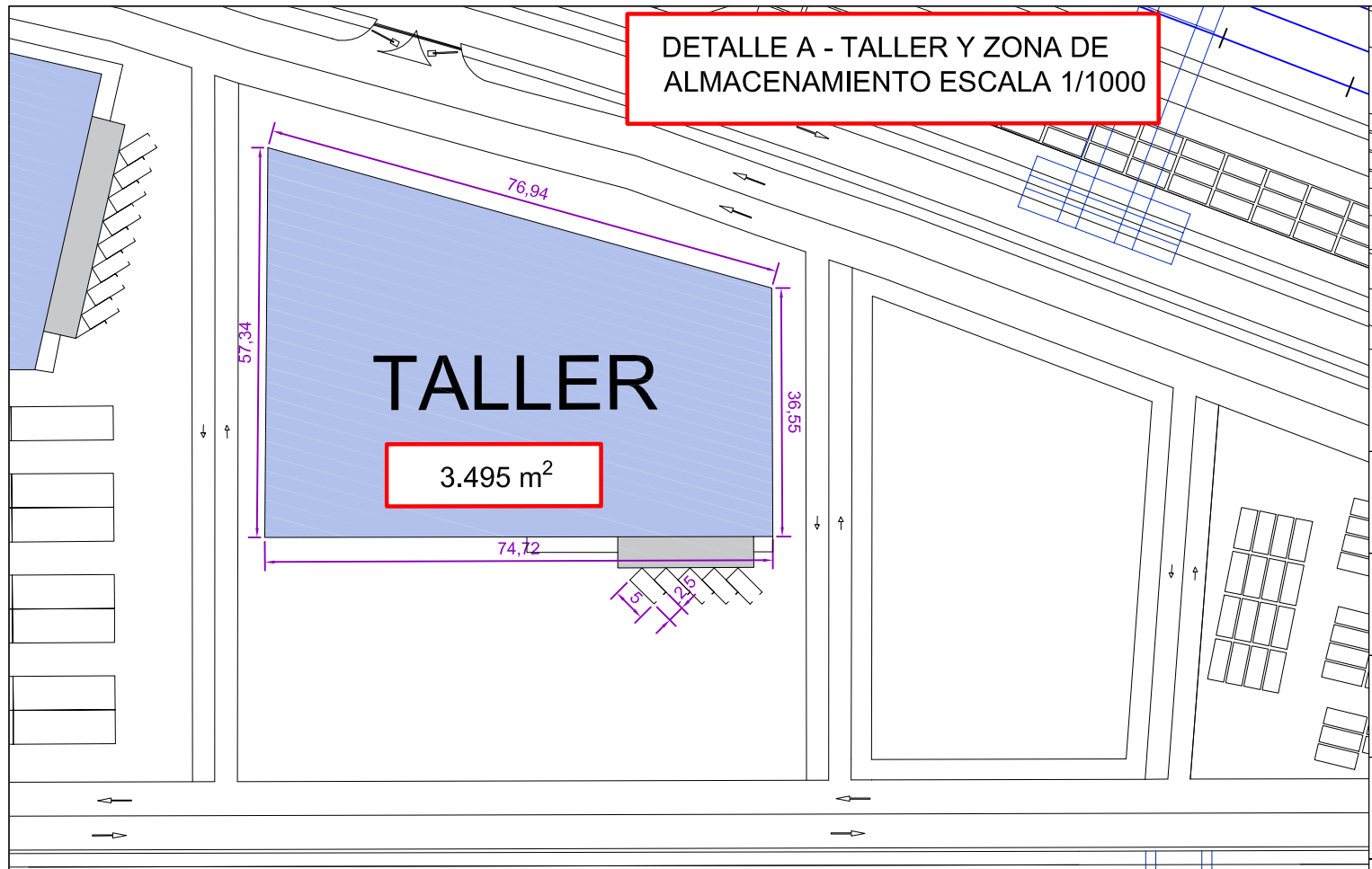
DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

NAVES

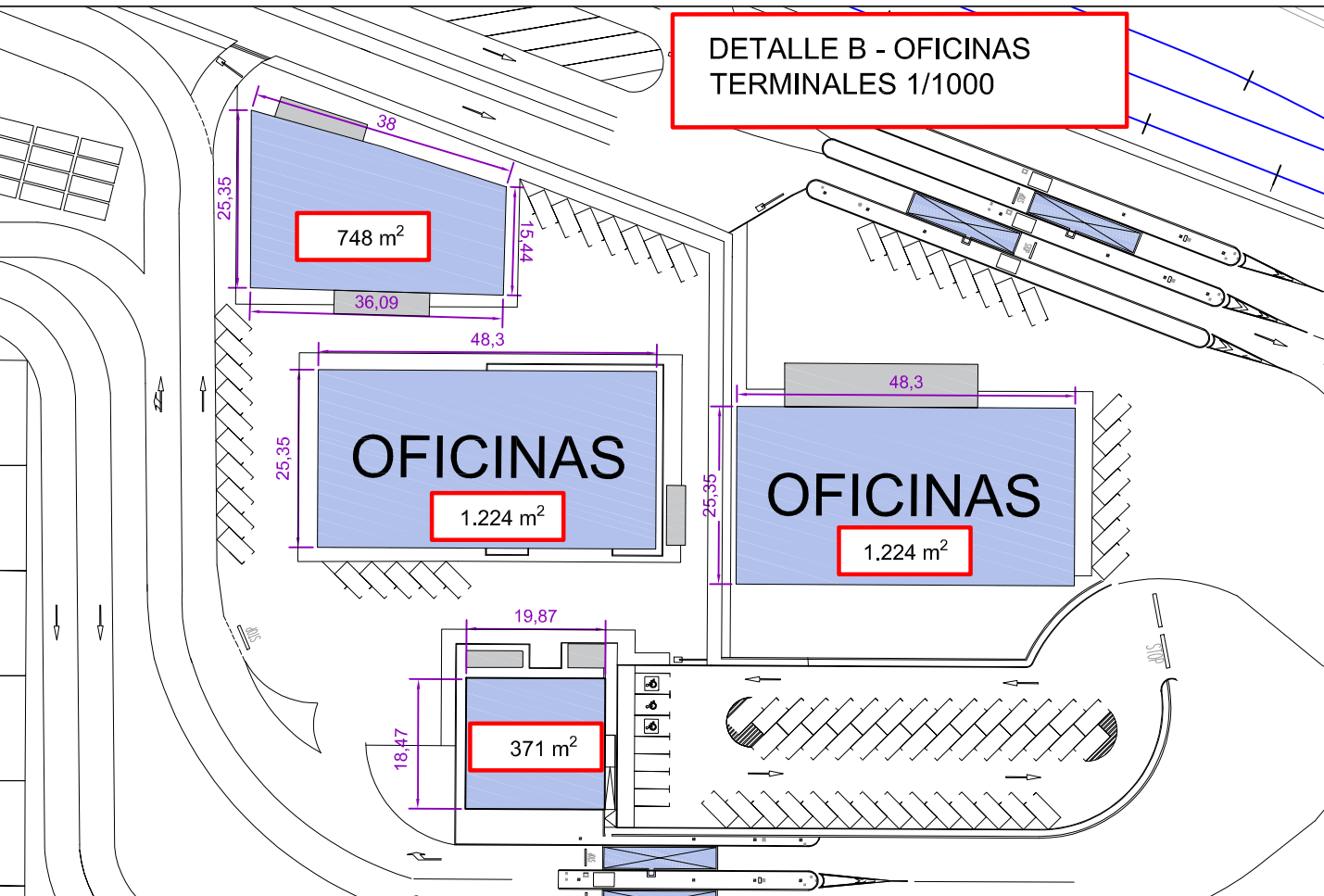
ALUMNO: ALEJANDRO DORADO RIBELLES
FECHA: 12/02/2023
Nº PLANO: 9
ESCALA: VARIAS (Cotas en m)



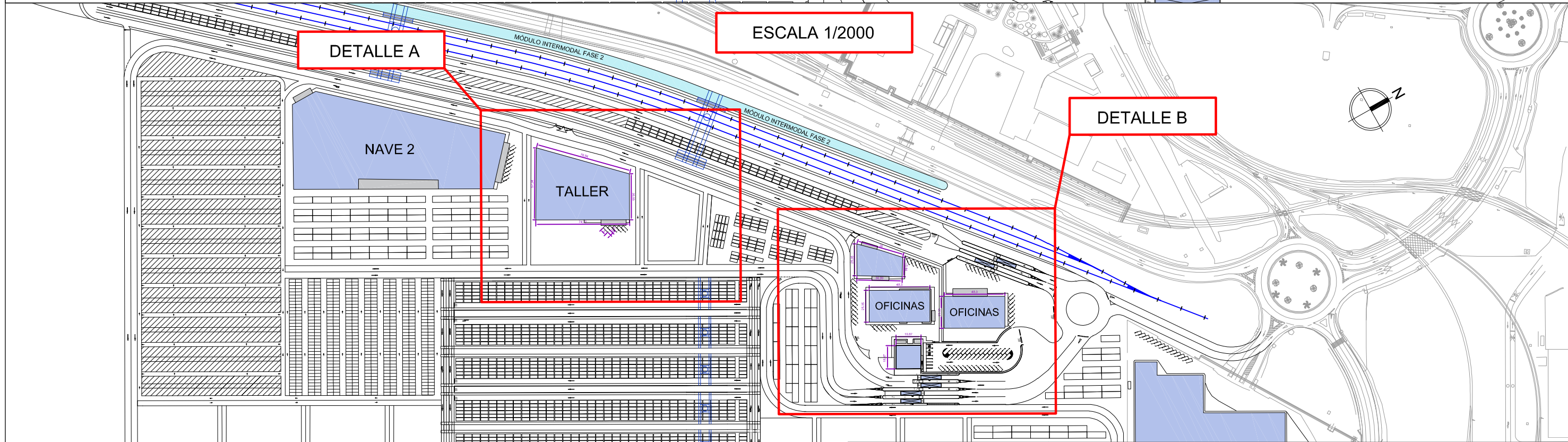
DETALLE A - TALLER Y ZONA DE ALMACENAMIENTO ESCALA 1/1000



DETALLE B - OFICINAS TERMINALES 1/1000



ESCALA 1/2000



DETALLE A

DETALLE B

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

EDIFICIOS

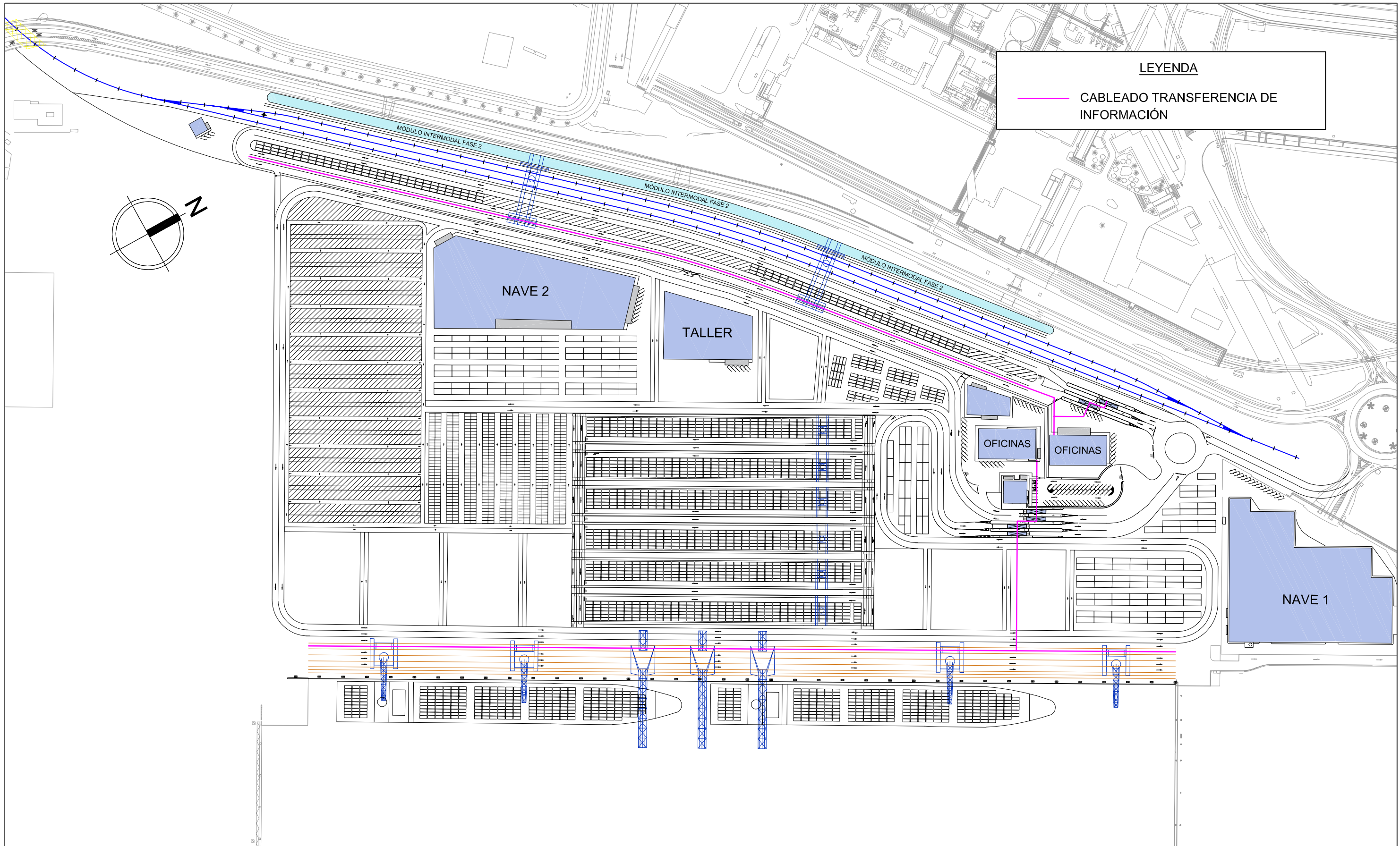
ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES



FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 10

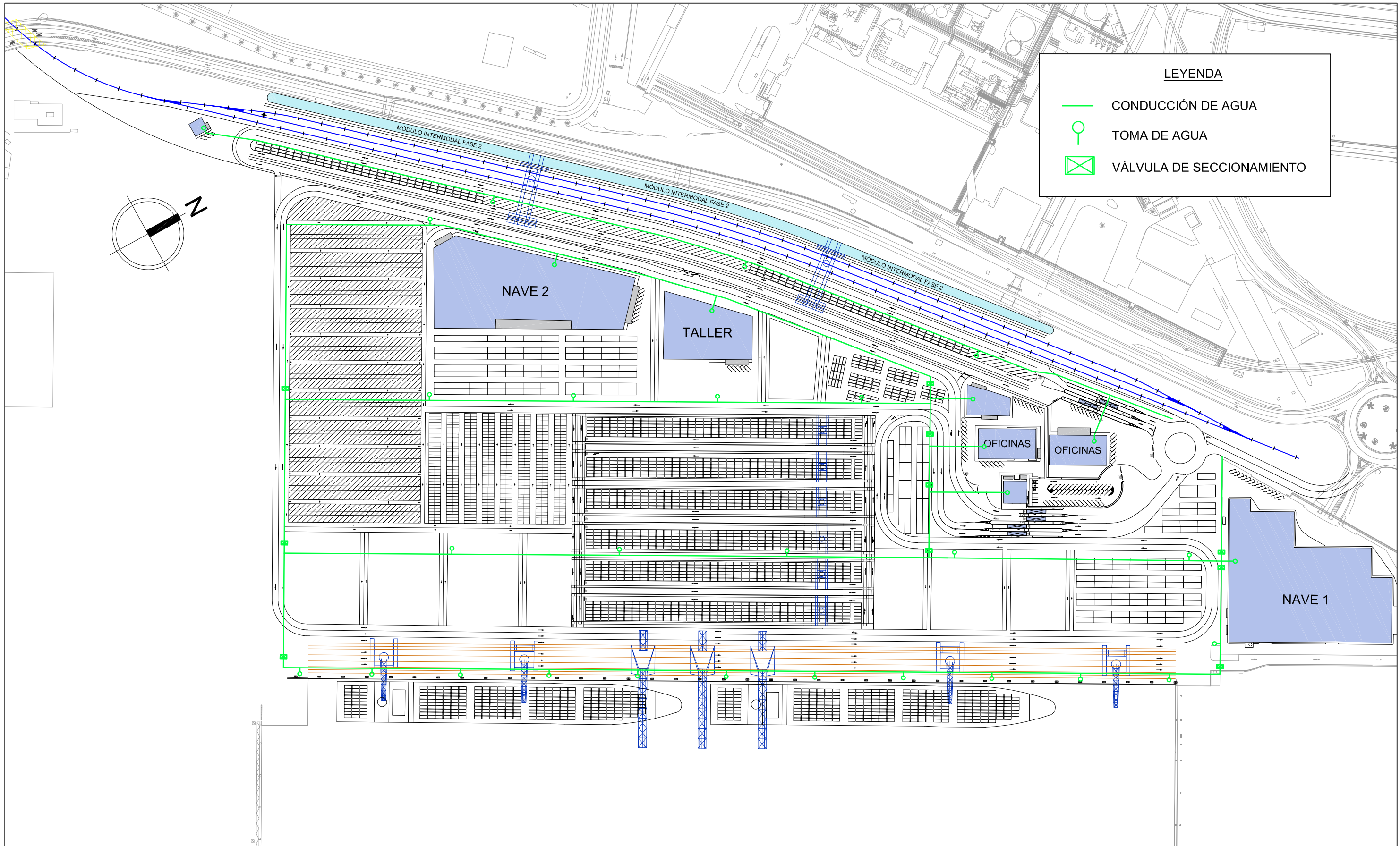
ESCALA: VARIAS (Cotas en m)





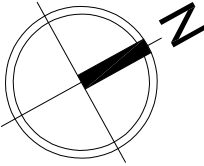
MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS   UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  	<b>DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)</b>	ALUMNO: ALEJANDRO DORADO RIBELLES
	<b>RED DE POSICIONAMIENTO</b>	FECHA: 12/02/2023 Nº PLANO: 11 ESCALA: 1/3000





**LEYENDA**

- CONDUCCIÓN DE AGUA
- TOMA DE AGUA
- ⊠ VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO



MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

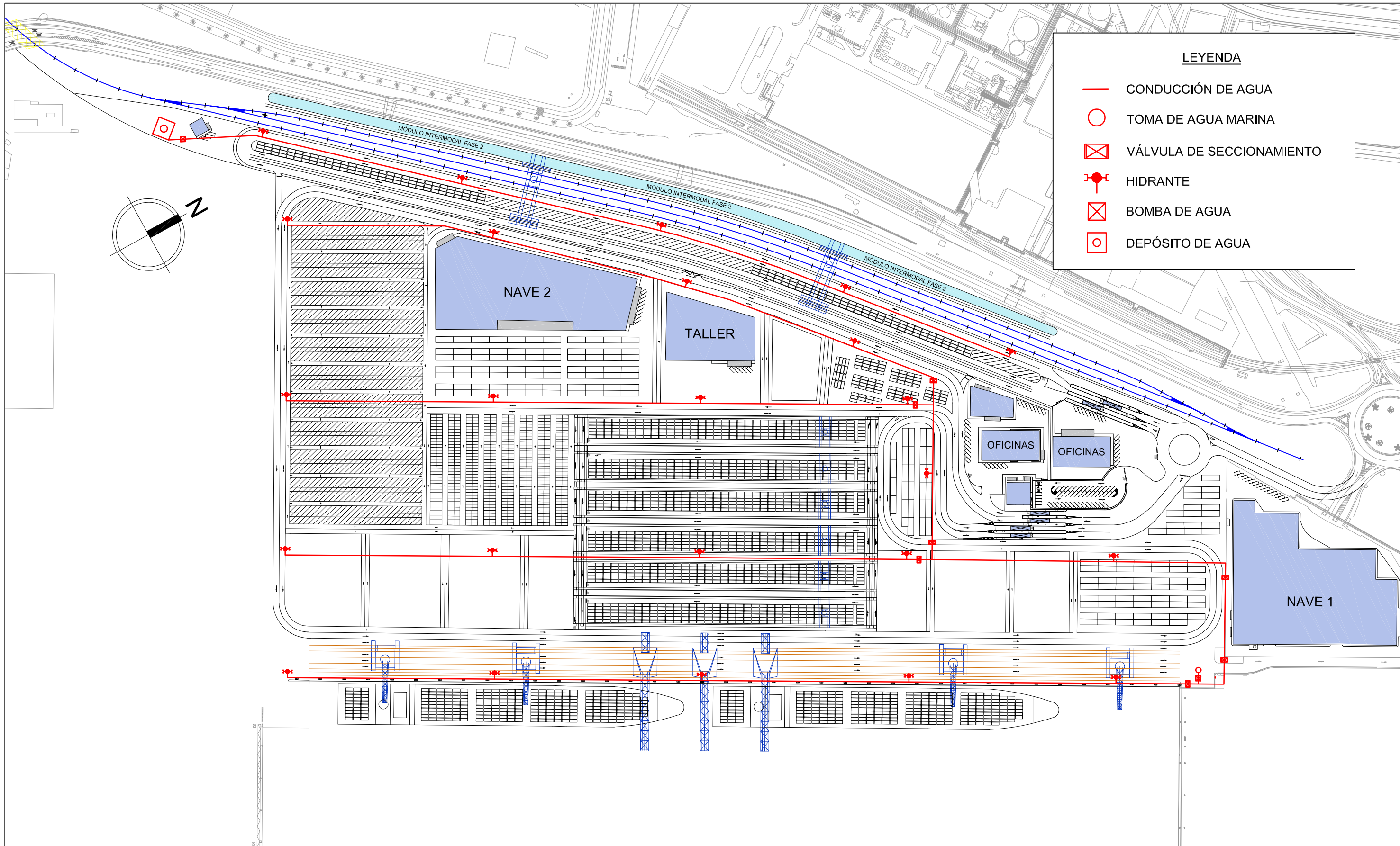
RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

FECHA: 12/02/2023

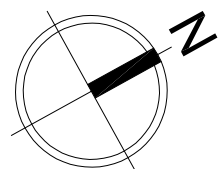
Nº PLANO: 12

ESCALA: 1/3000



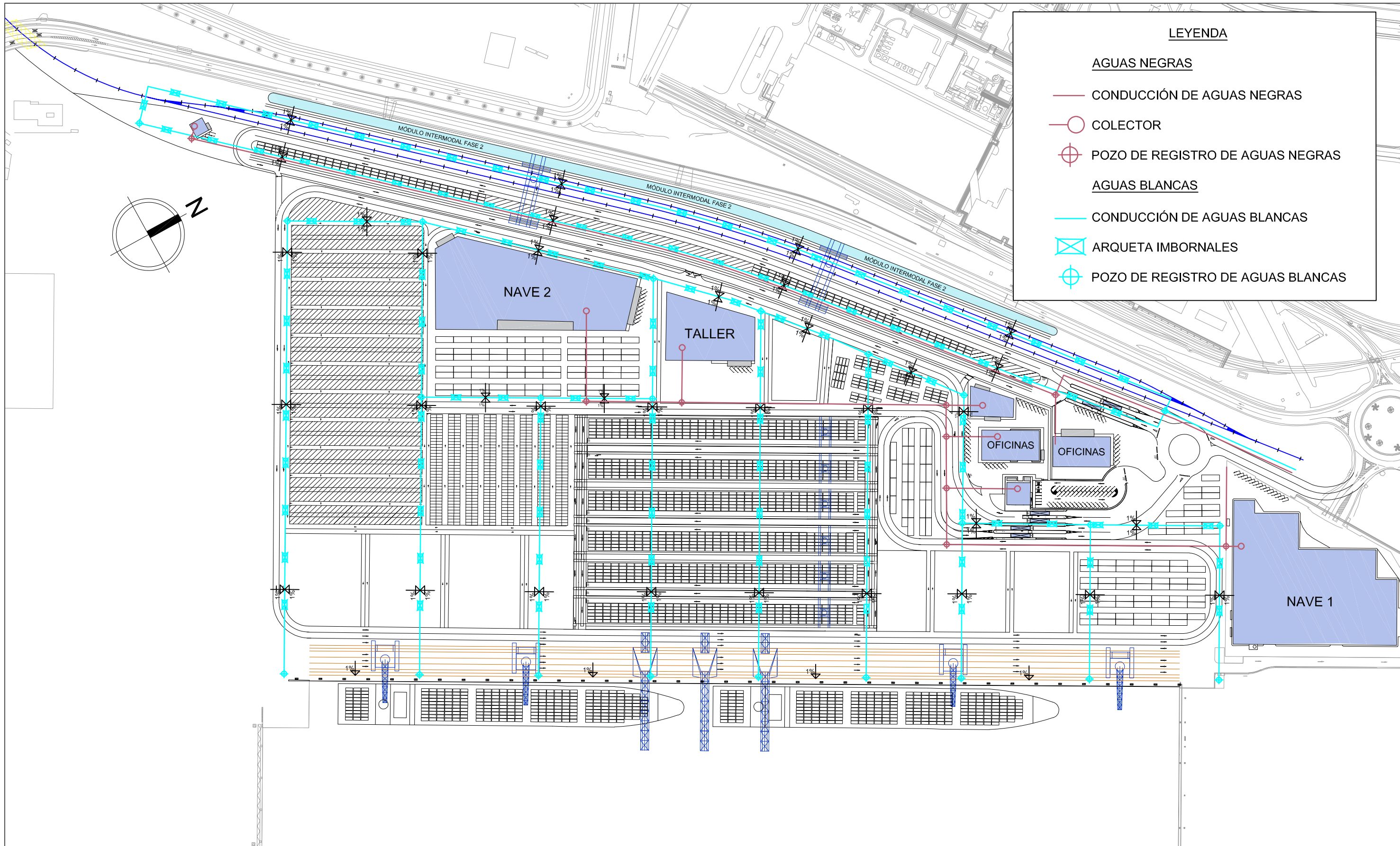
**LEYENDA**

- CONDUCCIÓN DE AGUA
- TOMA DE AGUA MARINA
- ⊠ VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
- ⊙ HIDRANTE
- ⊠ BOMBA DE AGUA
- ⊙ DEPÓSITO DE AGUA



<p>MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>	<p style="text-align: center;"><b>DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)</b></p>	<p>ALUMNO: ALEJANDRO DORADO RIBELLES</p>
<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>RED DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS</b></p>	<p>FECHA: 12/02/2023</p> <p>Nº PLANO: 13</p> <p>ESCALA: 1/3000</p>





**LEYENDA**

**AGUAS NEGRAS**

- CONDUCCIÓN DE AGUAS NEGRAS
- COLECTOR
- ⊕ POZO DE REGISTRO DE AGUAS NEGRAS

**AGUAS BLANCAS**

- CONDUCCIÓN DE AGUAS BLANCAS
- ⊗ ARQUETA IMBORNALES
- ⊕ POZO DE REGISTRO DE AGUAS BLANCAS

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**CAMINOS**  
upv

**DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)**

**RED DE SANEAMIENTO**

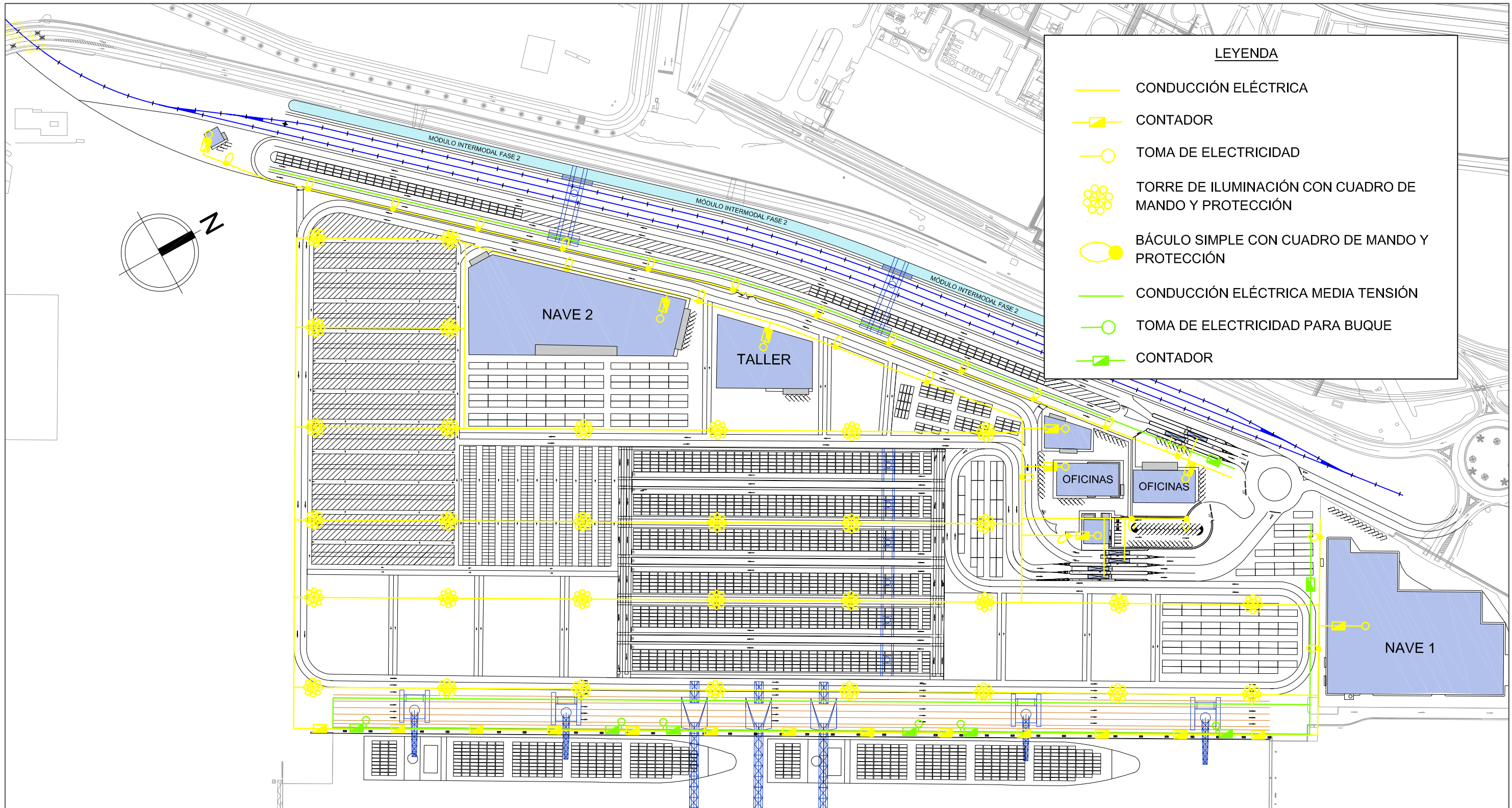
ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 14

ESCALA: 1/3000





LEYENDA	
	CONDUCCIÓN ELÉCTRICA
	CONTADOR
	TOMA DE ELECTRICIDAD
	TORRE DE ILUMINACIÓN CON CUADRO DE MANDO Y PROTECCIÓN
	BÁCULO SIMPLE CON CUADRO DE MANDO Y PROTECCIÓN
	CONDUCCIÓN ELÉCTRICA MEDIA TENSIÓN
	TOMA DE ELECTRICIDAD PARA BUQUE
	CONTADOR

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



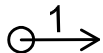
DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

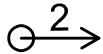
RED ELÉCTRICA

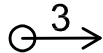
ALUMNO: ALEJANDRO DORADO RIBELLES
FECHA: 12/02/2023
Nº PLANO: 15
ESCALA: 1/3000

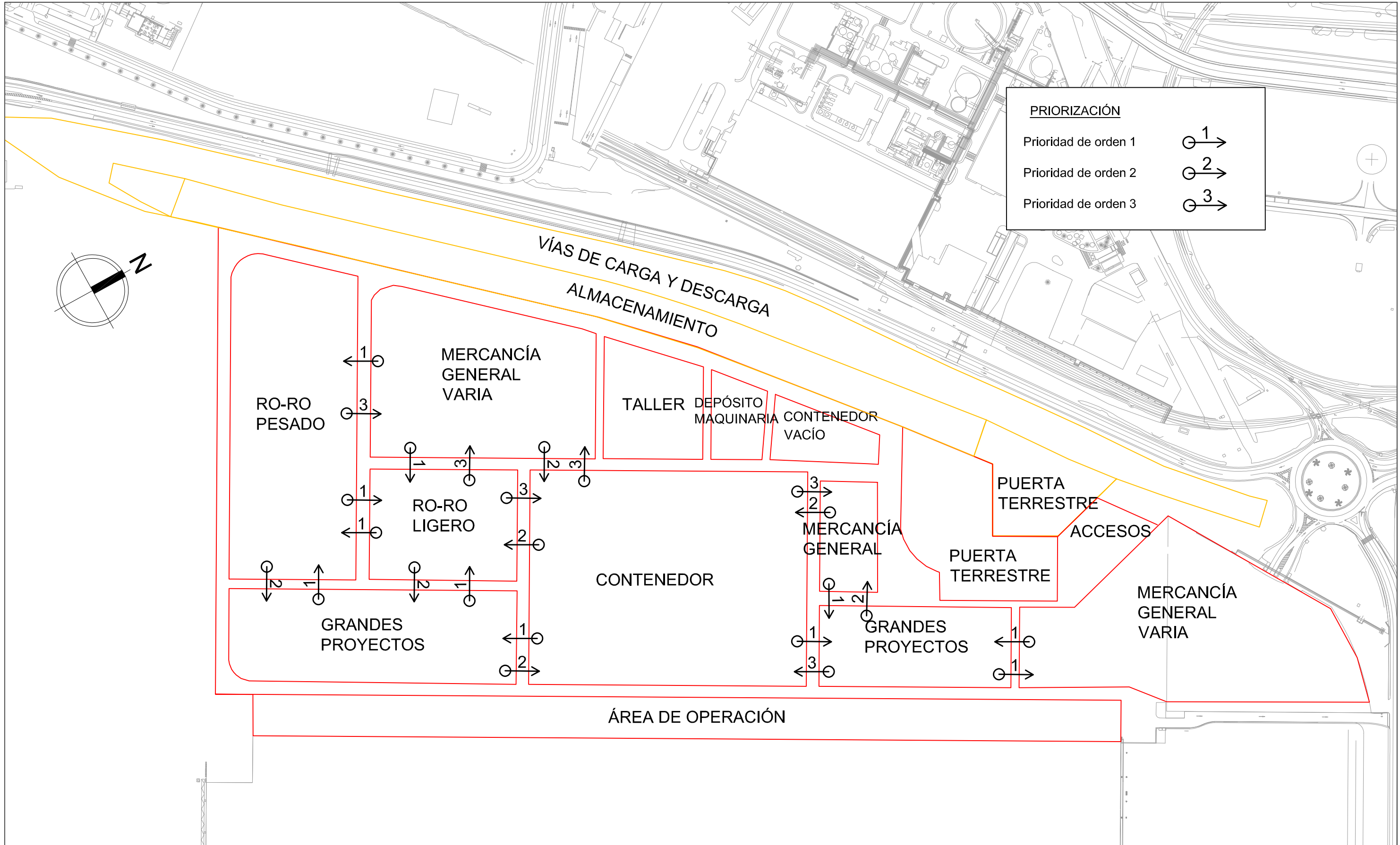
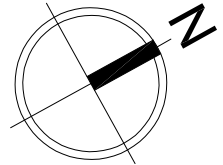


**PRIORIZACIÓN**

Prioridad de orden 1 

Prioridad de orden 2 

Prioridad de orden 3 



MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE  
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**CAMINOS**  
upv

DISEÑO TÉCNICO DE UNA TERMINAL  
POLIVALENTE EN EL MUELLE CENTRO 2 DEL  
PUERTO DE SAGUNTO (VALENCIA)

PRIORIZACIÓN PARA RECONFIGURACIÓN DE  
SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO (TOS)

ALUMNO:  
ALEJANDRO DORADO RIBELLES

FECHA: 12/02/2023

Nº PLANO: 16

ESCALA: 1/3000