



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Estudio de soluciones para la reordenación interior y  
ampliación del puerto deportivo de la Vila Joiosa (T.M. de  
la Vila Joiosa, Alicante)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Olmos Pérez, Álvaro

Tutor/a: Gómez Martín, María Esther

Cotutor/a: Molines Llodrá, Jorge

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# Estudio de soluciones para la reordenación interior y ampliación del puerto de la Vila Joiosa (T.M. de la Vila Joiosa, Alicante)

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Autor: Álvaro Olmos Pérez

Tutora: María Esther Gómez Martín

Curso 2022-2023





# **Documento nº1: Memoria y anejos**

---

**Estudio de soluciones para la reordenación  
interior y ampliación del puerto deportivo de la Vila  
Joiosa (T.M. La Vila Joiosa)**

**Álvaro Olmos Pérez**

París, febrero del 2023





## Agradecimientos

*A mi tutora, pues me ha guiado en todo este proceso y despertó mi profundo interés por las obras marítimas.*

*A mis padres, por educarme en la cultura y en la fe y por su tesón que me ha inspirado para redactar este proyecto.*

*A mi abuelo Quinti, mi mayor referente.*

*A mis hermanos, por ser mi ejemplo directo de dedicación y empeño.*

*A mis compañeros de Caminos y Ponts porque me han dado el valor de seguir adelante y no cesar en mi empeño*

*A las ciudades de París y Lima y a su gente, por su maravillosa acogida que han hecho que este trabajo sea menos duro.*

*A mis abuelas Marilys y Amparo, que desde el cielo nunca me han abandonado y me han apoyado para poder llevar este duro esfuerzo.*



## Índice

Agradecimientos .....	3
Índice de anejos .....	5
Índice de figuras .....	7
Índice de tablas .....	8
Resumen .....	9
1. Objeto de proyecto.....	15
2. Encuadre general y antecedentes .....	16
3. Estudios previos .....	21
4. Condiciones generales de proyecto.....	25
5. Clima marítimo y dinámica litoral .....	28
6. Estudio de oferta y demanda .....	38
7. Requerimientos en planta y alzado .....	45
8. Estudio de soluciones en planta.....	48
9. Estudio de soluciones de las obras de abrigo .....	54
10. Dimensionamiento del muelle.....	57
11. Valoración económica.....	59
Conclusiones.....	60

## Índice de anejos

Anejo nº 1: Encuadre general y antecedentes

Anejo nº 2: Documentación fotográfica

Anejo nº 3: Estudios previos

Anejo nº 4: Condiciones generales de proyecto

Anejo nº 5: Clima marítimo y dinámica litoral

Anejo nº 6: Estudio de oferta y demanda

Anejo nº 7: Requerimientos en planta y alzado

Anejo nº 8: Estudio de soluciones en planta

Anejo nº 9: Estudio de soluciones de las obras de abrigo

Anejo nº 10: Dimensionamiento del muelle





## Índice de figuras

Figura 1: Localización.....	16
Figura 2: Evolución de la población en la Vila Joiosa .....	17
Figura 3: Carta geológica .....	21
Figura 4: Plano estratigráfico.....	22
Figura 5: Batimetría .....	24
Figura 6: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo invernal .....	28
Figura 7: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo primaveral.....	29
Figura 8: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo estival .....	30
Figura 9: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo otoñal.....	31
Figura 10: gráfica Hs-Probabilidad de excedencia-Periodo de retorno en régimen escalar.....	32
Figura 11: Ángulos de incidencia respecto a la perpendicular de la costa .....	34
Figura 12: Batimétricas en alta mar .....	34
Figura 13: Correlaciones entre altura de ola y periodo en temporales.....	35
Figura 14: Embarcaciones deportivas en la Comunidad Valenciana .....	38
Figura 15: Embarcaciones deportivas en la Nau.....	39
Figura 16: Embarcaciones deportivas en la Vila Joiosa .....	40
Figura 17: Proporción de tamaños de los buques recreativos en la Vila Joiosa.....	41
Figura 18: Cantidad de buques pesqueros por eslora en la Vila Joiosa.....	42
Figura 19: Regresión lineal de la flota de la Vila Joiosa.....	43
Figura 20: Gráfica comparativa del porcentaje de la flota por eslora en la Vila Joiosa (Izquierda) y la Comunidad Valenciana (Derecha) .....	44
Figura 21: Esquema de requerimientos en alzados .....	45
Figura 22: Plano del puerto de la Vila Joiosa .....	48
Figura 23: Plano de la propuesta 2 .....	49
Figura 24: Porcentaje de amarres por eslora (Propuesta 2) .....	50
Figura 25: Plano de la propuesta 3 .....	51
Figura 26: Porcentaje de amarres por eslora (Propuesta 3) .....	52
Figura 27: Dimensiones del espaldón .....	55
Figura 28: Sección del tronco del dique .....	56
Figura 29: Dimensiones del muelle adosado al dique .....	58



## Índice de tablas

Tabla 1: Coordenadas del puerto.....	17
Tabla 2: Características generales del Puerto .....	18
Tabla 3: Características por zonas .....	18
Tabla 4: Servicios a la embarcación .....	18
Tabla 5: Características del oleaje de dirección este .....	36
Tabla 6: Altura de ola para diferentes profundidades (Este).....	36
Tabla 7: Características del oleaje de componente suroeste.....	37
Tabla 8: Altura de ola para diferentes profundidades (Suroeste).....	37
Tabla 6: calado mínimo por zonas según su eslora .....	47
Tabla 7: Capacidad de amarre de la propuesta 2.....	50
Tabla 8: Capacidad de amarre de la propuesta 3.....	52
Tabla 9: Resultados de las ponderaciones .....	53



## RESUMEN

Este estudio tiene como objeto el realizar un análisis en profundidad sobre el estado actual del Puerto Deportivo de la Vila Joiosa, y una posible ampliación de este mediante un estudio de soluciones que implica la reordenación y reestructuración total o parcial del puerto, teniendo en cuenta factores como el impacto ambiental que pudiera generar una nueva obra, los estudios de demanda del puerto o la integración de esta infraestructura para garantizar la correcta relación puerto-ciudad.

El estudio principalmente busca solucionar la baja oferta frente a una demanda pujante ampliando el puerto y reordenándolo interiormente para hacerlo más eficiente. Para ello, se valoraran demoliciones de diques existentes y reestructuración de las edificaciones e infraestructuras portuaria.

Se valorarán económicamente las propuestas, para conocer la magnitud de las obras y su coste aproximado.

Se dimensionará la nueva propuesta con criterios que permitan garantizar la seguridad y la navegabilidad del puerto.





## RESUM

Aquest estudi té com a objectiu realitzar una anàlisi en profunditat sobre l'estat actual del Port Esportiu de la Vila Joiosa i una possible ampliació mitjançant un estudi de solucions que implica la reordenació i reestructuració total o parcial del port, tenint en compte factors com l'impacte ambiental que podria generar una nova obra, els estudis de demanda del port o la integració d'aquesta infraestructura per garantir la correcta relació port-ciutat.

L'estudi principalment busca solucionar la baixa oferta davant una demanda creixent ampliant el port i reorganitzant-lo interiorment per fer-lo més eficient. Per això, es valoraran demolicions de dics existents i reestructuració de les edificacions i infraestructures portuàries.

Es valoraran econòmicament les propostes per conèixer la magnitud de les obres i el seu cost aproximat.

Es dimensionarà la nova proposta amb criteris que permeten garantir la seguretat i la navegabilitat del port.





## ABSTRACT

The purpose of this study is to conduct an in-depth analysis of the current state of the Vila Joiosa Port and a possible expansion through a solutions study that involves the reordering and partial or total restructuring of the port, taking into account factors such as the environmental impact that a new project could generate, the port's demand studies, or the integration of this infrastructure to ensure the proper port-city relationship.

The study primarily aims to address the limited supply in the face of growing demand by expanding and reorganizing the port internally to make it more efficient. To achieve this, demolitions of existing docks and restructuring of port buildings and infrastructure will be considered.

Proposals will be evaluated economically to determine the scale of the works and their approximate cost.

The new proposal will be dimensioned with criteria that ensure the safety and navigability of the port.





## 1. Objeto de proyecto

El proyecto en cuestión se centra en la ampliación del Puerto deportivo y pesquero de la Vila Joiosa, que se encuentra ubicado en una zona privilegiada de la costa mediterránea, en el municipio de la Vila Joiosa, al sur de Valencia. Este puerto es uno de los más relevantes de la zona y cuenta con una amplia gama de servicios náuticos, lo que lo convierte en un destino popular para los amantes de la navegación.

Sin embargo, a pesar de su gran capacidad para albergar barcos de todo tipo, actualmente solo cuenta con un amarre para embarcaciones de pequeño porte de hasta 12 metros de eslora. Esto significa que no puede satisfacer la demanda de los propietarios de barcos más grandes, lo que representa una limitación importante para el desarrollo del puerto.

Es por eso por lo que este proyecto tiene como objetivo principal la remodelación de la dársena del puerto actual para dar cabida a más barcos de gran tamaño. Para ello, se llevará a cabo un estudio de soluciones que permita identificar la mejor manera de ampliar el puerto, lo que puede implicar la modificación, ampliación o reubicación de algunos servicios existentes.

La ampliación del Puerto deportivo de la Vila Joiosa es una iniciativa importante que no solo beneficiará a los propietarios de barcos, sino también al turismo y a la economía de la región en general. La ubicación del puerto en una zona privilegiada de la costa mediterránea hace que sea un destino turístico muy atractivo para los visitantes que buscan una experiencia náutica única. Con la ampliación del puerto, se espera que el número de visitantes aumente significativamente, lo que a su vez impulsará el crecimiento económico de la zona.

## 2. Encuadre general y antecedentes

La Vila Joiosa es un municipio situado en la provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana, España. Se encuentra a unos 30 km al sur de Benidorm y a unos 10 km al norte de Villajoyosa. Su relieve es predominantemente llano, aunque cuenta con algunas pequeñas elevaciones en su territorio.

En cuanto a su población, según los datos del INE de 2021, cuenta con una población censada de 34.714 habitantes. Durante los meses de verano, La Vila Joiosa también experimenta un aumento significativo de población debido a su atractivo turístico, ya que cuenta con una extensa costa que se extiende a lo largo de varios kilómetros y numerosas playas de gran belleza.

El casco urbano de La Vila Joiosa se compone de varios barrios, entre los que destacan el casco histórico, el barrio del puerto y el barrio de la playa. Además, cuenta con un importante patrimonio histórico-artístico, con monumentos como el Castillo de La Vila Joiosa, la Torre de Sant Josep y la iglesia fortaleza de Nuestra Señora de la Asunción, entre otros.

En resumen, La Vila Joiosa es un destino turístico de la Costa Blanca que ofrece una amplia variedad de actividades para disfrutar de la playa y la cultura de la región.



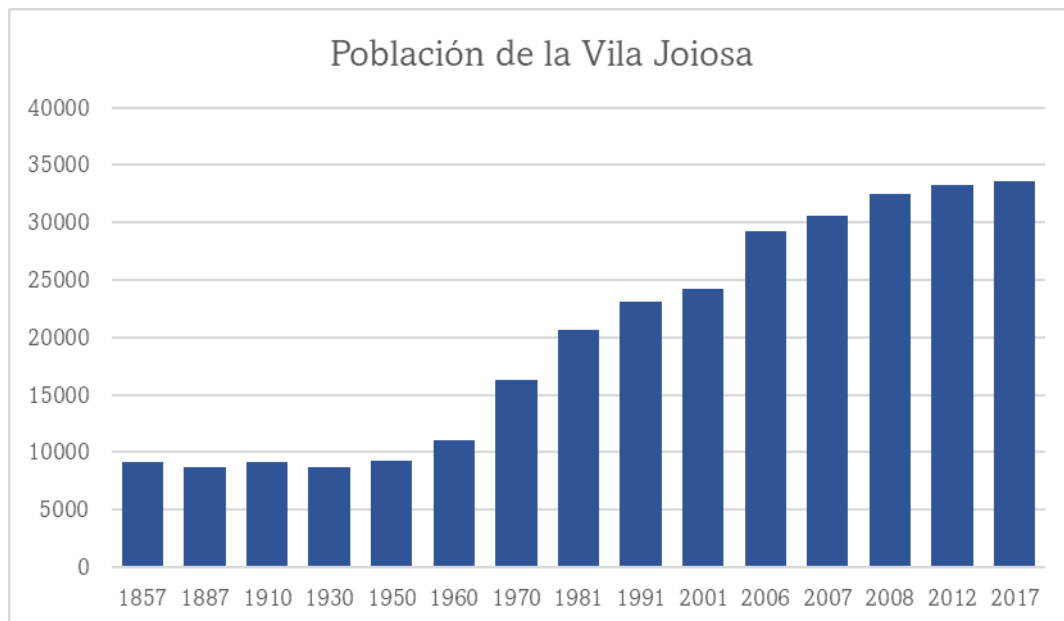
Figura 1: Localización

En la siguiente tabla se mostrarán las coordenadas del puerto y en qué número de carta náutica se puede ubicar el mismo:

COORDENADAS DEL PUERTO DE LA VILA JOIOSA	
Longitud	38° 30' 30" N
Latitud	00° 14' O
Carta Náutica	729

*Tabla 1: Coordenadas del puerto*

La evolución demográfica de Villajoyosa muestra un crecimiento constante desde mediados del siglo XIX, cuando había 9,110 habitantes en 1857. Aunque hubo fluctuaciones, la población alcanzó los 20,638 en 1981 y siguió creciendo, superando los 33,000 habitantes en 2017. Este aumento se aceleró en la década de 1970, cuando la población llegó a los 16,258 en 1970, marcando un punto de inflexión en el crecimiento demográfico.



*Figura 2: Evolución de la población en la Vila Joiosa*

A continuación, se anunciarán las características generales del puerto de la Vila Joiosa:

Características generales	Datos
Superficie de tierra (m <sup>2</sup> )	64.575
Superficie de agua abrigada (m <sup>2</sup> )	101.109
Calado en la bocana (m)	5,5

*Tabla 2: Características generales del Puerto*

De igual manera, en la siguiente tabla se mostrarán las características por zonas, su calado medio y el número de amarres disponible:

Características por zonas	
Zona pesquera	
Muelles (m.l)	349
Calado (m)	4,5
Amarres deportivos de gestión directa	
Número (Ud)	270
Eslora máxima (m)	8
Calado (m)	2,0 - 3,0
Amarres deportivos en concesión	
Número (Ud)	330
Eslora máxima (m)	18
Calado (m)	2,0 - 4,5

*Tabla 3: Características por zonas*

El puerto dispone de diferentes servicios a la embarcación, tanto a la varada y combustibles como gasolina o gasoil:

Servicios a la embarcación		
Varada	Grúa (Tn)	Sí (5)
	Pórtico (Tn)	Sí (35)
Combustible	Gasolina	Sí
	Gasoil (A/B)	Sí (A - B)

*Tabla 4: Servicios a la embarcación*

Estos son los servicios del puerto de la Vila Joiosa organizados por categoría:

Servicios de amarre:

- Amarres con agua y luz.
- Muelle de espera.

Servicios de seguridad y vigilancia:

- Sistema de comunicación.
- Servicio de vigilancia las 24 horas.

Servicios de mantenimiento y reparación:

- Área de carena.
- Servicio de trave-lift (35 toneladas).
- Grúas de 5 y 10 toneladas.
- Naves de reparaciones.

Servicios de medio ambiente:

- Servicio de recogida y zona de recogida de residuos peligrosos.
- Estación de carburantes dentro de la zona portuaria.

Servicios de estacionamiento y vestuarios:

- Zona de parking.
- Vestuarios públicos.

Servicios deportivos y de ocio:

- Escuela de vela, kayak de mar y buceo.
- Gimnasio.
- Servicio de cafetería-bar y restaurante.
- Salón social y sala polivalente.
- Oficinas del club.

El acceso al puerto de La Vila Joiosa se realiza principalmente por carretera a través de la Autovía del Mediterráneo (AP-7), con salida en la N-332 y acceso por la Avenida de la Marina. La distancia al centro de la Vila Joiosa es de aproximadamente 3 kilómetros, y desde Alicante (a 45 km al sur) se llega en unos 35 minutos en coche. Desde Valencia (a 140 km al norte), se accede en aproximadamente 1 hora y 30 minutos por la autopista AP-7.

La zona costera alrededor del puerto, con localidades como Benidorm (a 16 km), Altea (a 28 km) y Calpe (a 34 km), se conecta en 15-30 minutos en coche desde el Puerto de La Vila Joiosa.



El acceso por tranvía (LÍNEA 1 del Tranvía de Alicante) es adecuado, con estaciones a 3-5 km de distancia, conectando con Alicante en 45 minutos y otras localidades cercanas en tiempos similares.

En cuanto al acceso aéreo, La Vila Joiosa tiene proximidad a dos aeropuertos internacionales: Alicante-Elche (47 km al sur) y Valencia (146 km al norte). El tiempo estimado de viaje en coche desde estos aeropuertos es de 40 minutos y 1 hora y 30 minutos, respectivamente.

El transporte público no ferroviario incluye líneas de autobuses ALSA que conectan el puerto con Benidorm y Alicante, así como Autocares Grupo Samar que conecta con Valencia. Además, La Vila Joiosa cuenta con autobuses urbanos que conectan el centro con el puerto, y los servicios de taxi están disponibles para viajar dentro de la localidad y sus alrededores.

### 3. Estudios previos

El área geológica en Alicante, hoja 847 (29-33) VILLAJOSOSA, es parte de las Cordilleras Béticas, en el Prebético de Alicante. La sedimentación abarca desde el Jurásico Superior hasta el Mioceno Superior, con complicaciones en la estratigrafía, especialmente en el Terciario, debido a cambios abruptos de facies.

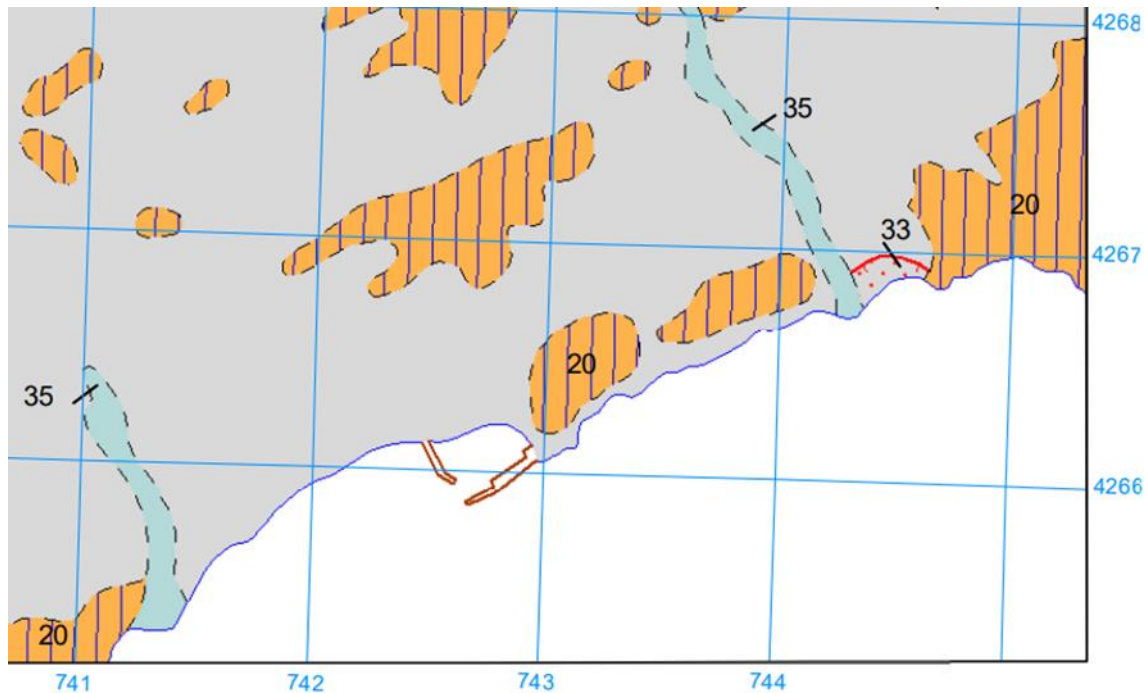


Figura 3: Carta geológica

En la zona que comprende el total del puerto representado por el color gris claro se encuentra presente principalmente un suelo cuaternario compuesto de gravas, arenas y arcillas (Número 30) y que compone de manera general los territorios próximos a esta infraestructura.

También pueden verse en la carta geológica representados unos afloramientos de margas, calizas y areniscas tipo flysch (número 20) que se corresponden con suelos terciarios paleógenos.

Finalmente se puede destacar también la presencia de pequeños terrenos cuaternarios de aluvión a causa de la presencia de ríos que desembocan al este y al oeste del puerto (número 35)

Como elemento esclarecedor podemos observar la leyenda:



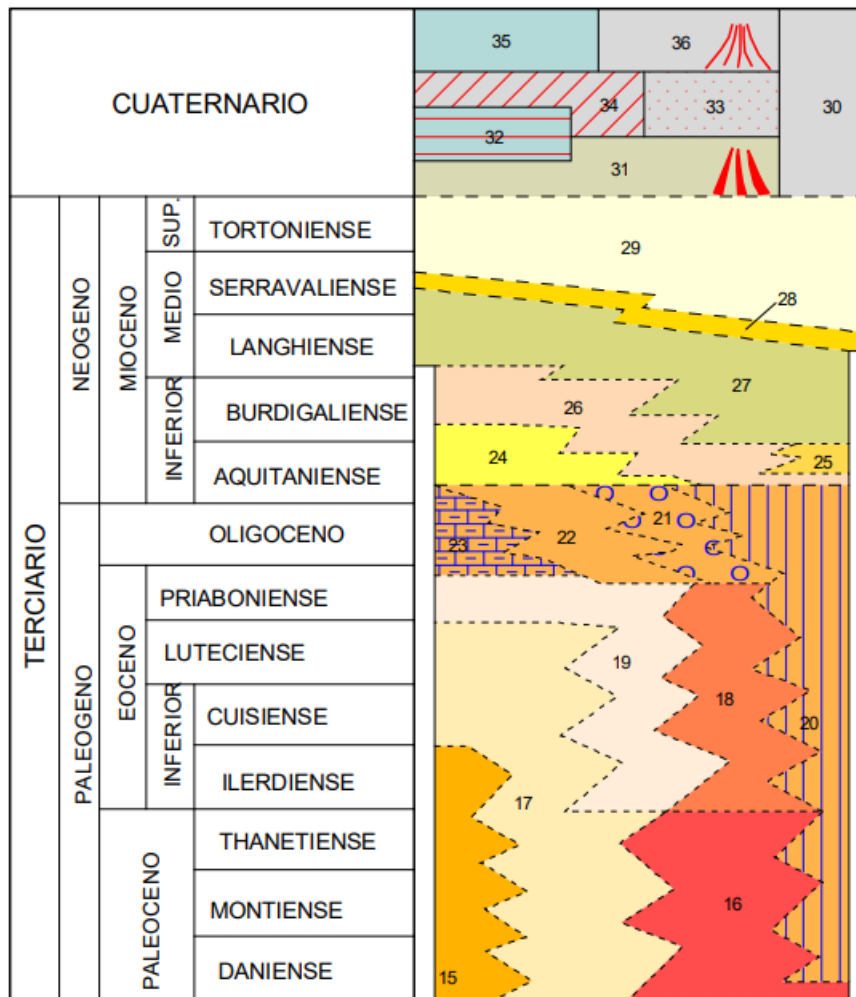


Figura 4: Plano estratigráfico.

La zona del puerto de La Vila Joiosa se encuentra en una región sísmicamente activa, clasificada en la escala internacional microsísmica como de alto grado ( $G > VIII$ ). Además, en las cercanías del puerto se identifican cabalgamientos geológicos y una zona con una fracturación significativa, lo que implica riesgos geotécnicos importantes en términos de estabilidad del suelo y las estructuras.

El estudio geotécnico de la zona se basa en la Hoja 8-9/64 del Mapa Geotécnico General de Alcoy, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Esta hoja geotécnica abarca una extensa área en la parte oriental del cuadrante sureste de la Península Ibérica, con límites definidos por coordenadas geográficas.

En términos geológicos, la zona del puerto se encuentra en la unidad geológica del Prebético de Alicante, que se ubica en las Cordilleras Béticas. Esta región se caracteriza por la sedimentación continua desde el Jurásico Superior hasta el Mioceno Superior. El mapa geológico representa una amplia gama de pisos geológicos del Cretácico y el Terciario en la serie litoestratigráfica. Sin embargo, el estudio enfrenta desafíos debido a

cambios laterales abruptos de facies, especialmente en el Terciario, lo que complica la interpretación precisa de la deposición y la disposición de las capas geológicas.

En cuanto a las condiciones constructivas y los riesgos geotécnicos, el puerto se encuentra en un área con condiciones constructivas generalmente favorables, aunque se reconocen problemas litológicos en las inmediaciones del municipio. Estas áreas no presentan problemas geotécnicos específicos evidentes, aunque podrían existir desafíos locales de tipo geomorfológico.

El terreno en esta zona muestra una alta tectonización con fuertes buzamientos y fracturas frecuentes, además de un relieve accidentado. Además, la alta sismicidad en la región agrega un elemento importante a considerar en términos de riesgos geotécnicos.

La topografía en la zona es diversa, caracterizada por elevaciones pronunciadas, pendientes empinadas, crestas rocosas y valles estrechos. Los ríos son de curso corto y torrencial, con pendientes pronunciadas y trayectorias rectas.

La permeabilidad del suelo está influenciada en gran medida por la naturaleza de las rocas que componen la región, siendo las rocas sedimentarias como las areniscas más permeables. El drenaje es bueno debido a la elevada escorrentía, lo que facilita el flujo rápido del agua hacia los ríos y arroyos.

En términos de estabilidad y capacidad portante, el suelo tiene una capacidad de carga alta y generalmente puede soportar cargas significativas sin asentamientos importantes. Sin embargo, la fracturación del terreno puede influir en la estabilidad y la resistencia del suelo, lo que aumenta la susceptibilidad a deslizamientos y erosión, especialmente en áreas saturadas. La presencia de fracturas también puede afectar la permeabilidad del suelo y su capacidad para retener agua.

La topografía de La Vila Joiosa presenta una combinación de áreas llanas y zonas montañosas. Hacia el norte se encuentran las altas montañas de la Sierra de Aitana, que actúan como una barrera natural y ofrecen un paisaje escénico, pero tienen un impacto limitado en el desarrollo urbano.

Hacia el sur, el terreno desciende gradualmente hacia la costa mediterránea, donde se extienden playas y calas de interés turístico. La topografía costera no muestra características destacadas en términos de altitud o pendiente significativa.

El casco antiguo de La Vila Joiosa, conocido como el Barrio del Castillo, se encuentra en una colina, lo que puede influir en la distribución urbana, pero su impacto es principalmente estético y arquitectónico.

El puerto de La Vila Joiosa se beneficia de una topografía favorable, ya que la línea costera ofrece protección natural contra los vientos y oleajes adversos del mar. Las colinas circundantes actúan como barreras naturales contra los vientos predominantes, lo que crea un entorno tranquilo dentro del puerto, mejorando la seguridad de las embarcaciones y facilitando las operaciones portuarias.

En cuanto al estudio batimétrico, el canal de acceso al puerto tiene una profundidad media de aproximadamente 6.5 metros, con diferentes niveles de profundidad en los pantalanes que van desde 4 metros hasta 1 metro. La zona pesquera muestra una mayor profundidad en la zona occidental en comparación con la zona oriental, lo que sugiere que esta área podría destinarse a embarcaciones de mayor calado.

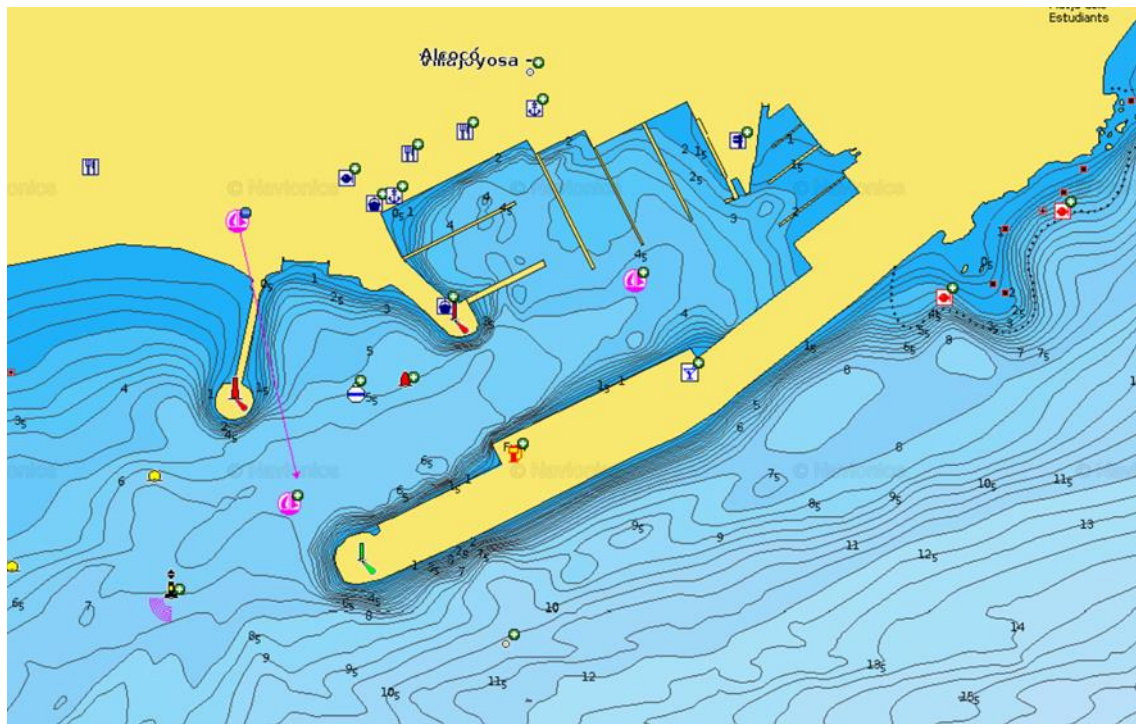


Figura 5: Batimetría

## 4. Condiciones generales de proyecto

Índice de Repercusión Económica (IRE): El IRE se calculó utilizando la ROM 0.0-01, que considera varios factores relacionados con las repercusiones económicas de una obra marítima. En este caso, el IRE calculado fue de 14. Según la clasificación establecida en la ROM, este valor coloca a la obra en la categoría de repercusión económica media. Esto significa que la obra tiene un impacto económico significativo, pero no alcanza la categoría de alta repercusión económica. El IRE refleja cuantitativamente las repercusiones económicas tanto por la reconstrucción de la obra (C\_RD) como por el cese o la afectación de las actividades económicas relacionadas con la obra (C\_RI). En este contexto, se consideró un valor de 30 millones de euros para C\_RD debido a la falta de estudios precisos y se obtuvo un valor de 4 para C\_RI al combinar los indicadores A, B y C, que reflejan la relevancia y el ámbito del sistema económico y productivo que sirve la obra.

Vida Útil Mínima: La vida útil mínima de una obra marítima es el período durante el cual se espera que la obra pueda cumplir su función sin experimentar fallos significativos. Esta estimación se basa en el IRE calculado. Dado que el IRE se encuentra en el rango de 6 a 20, se adopta una vida útil mínima de 25 años para la obra marítima. Esto significa que se espera que la obra pueda funcionar de manera efectiva durante al menos 25 años antes de que sea necesario considerar una reconstrucción o una inversión significativa para mantener su operatividad.

Los resultados obtenidos para la valoración del Índice de Repercusión Social y Ambiental (ISA) indican lo siguiente:

ISA1 (Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas): Se clasificó como "Bajo" con un valor de 3, lo que significa que es posible pero poco probable que ocurran pérdidas de vidas humanas, afectando solo a un número limitado de personas.

ISA2 (Daños en el medio ambiente y en el patrimonio histórico-artístico): Se clasificó como "Bajo" con un valor de 2, lo que indica que es improbable que ocurran daños ambientales significativos o al patrimonio, y los daños, si los hay, serían leves y reversibles en un período corto.

ISA3 (Alarma social): Se clasificó como "Bajo" con un valor de 0, lo que significa que no se espera una alarma social significativa debido al fallo de la estructura.

El valor del ISA se calcula sumando estos subíndices y dio como resultado un ISA total de 5. Según la clasificación establecida, un ISA en el rango de 5 a 20 se considera de repercusión social y ambiental baja, lo que significa que la obra tiene un impacto moderado en términos de impacto social y ambiental.

En cuanto a la probabilidad conjunta de fallo en la vida útil (ELU y ELS), se estableció en 0,1 para ambos estados límite. Esto significa que la probabilidad de fallo durante la vida útil de la obra es baja.

El período de retorno se calculó utilizando la vida útil de 25 años y la probabilidad de fallo de 0,1, lo que resultó en un período de retorno de 238. Sin embargo, se decidió utilizar un valor de 250 a efectos de cálculo.

En resumen, los resultados indican que la obra tiene un impacto social y ambiental bajo, y la probabilidad de fallo durante su vida útil es baja, con un período de retorno de 250 años.

Índice de Repercusión Económica Operativo (IREO): Según la ROM 0.0-01, el IREO se utiliza para valorar cuantitativamente los costos ocasionados por la parada operativa de una obra marítima. En este caso, el IREO calculado fue de 24. Según la clasificación establecida en la ROM, este valor coloca a la obra en la categoría de repercusión económica operativa alta (RO,3). Esto indica que la parada operativa de la obra marítima tendría un impacto económico significativo en términos de costos. El cálculo del IREO se basa en tres coeficientes: simultaneidad (D), intensidad (E) y adaptabilidad (F). Dado que se espera una alta demanda durante el verano debido a la naturaleza recreativa del puerto y la baja adaptabilidad del puerto para otros usos, se obtuvo un IREO alto.

Índice de Repercusión Social y Ambiental Operativo (ISAO): Similar al ISA, el ISAO estima cualitativamente el impacto social y ambiental de una parada operativa de la obra marítima. El ISAO calculado fue de 5, lo que coloca a la obra en la categoría de repercusión social y ambiental operativa baja (So,2) según la ROM. Esto significa que, en caso de una parada operativa, se esperan impactos sociales y ambientales limitados. El ISAO se basa en tres subíndices: posibilidad de pérdida de vidas humanas (ISAO1), daños al medio ambiente y patrimonio histórico-artístico (ISAO2) y alarma social (ISAO3). En este caso, se consideró que los impactos en vidas humanas y el medio ambiente serían bajos, y no se esperaría una alarma social significativa.

Comparando los valores que acabamos de obtener para todos los parámetros anteriormente descritos con los recomendados en la ROM 1.0-09 para obras de abrigo y defensa en función del tipo de área abrigada:

Dado que la zona de actuación es un área náutico-deportiva, el índice IRE se encuentra en el subintervalo R2, lo que indica una repercusión económica media y una vida útil mínima de 25 años.

Además, debido a la presencia de zonas de almacenamiento u operación junto al dique, el índice ISA se sitúa en el subintervalo S2, lo que implica una repercusión social y ambiental baja. La probabilidad conjunta de fallo para los límites últimos y de servicio es de 0,1.



En cuanto al índice IREO, se encuentra en el subintervalo R03, lo que indica una alta repercusión económica operativa. Se establece una operatividad mínima del 0,99.

Por otro lado, el índice ISAO se sitúa en el subintervalo So,2, lo que señala una repercusión social y ambiental operativa baja. El número máximo de paradas anuales es de 5.

En resumen, los resultados obtenidos de acuerdo con la ROM 1.0-09 concuerdan con los valores calculados previamente según lo establecido en la ROM 0.0-01. Por lo tanto, podemos confirmar la precisión del cálculo.



## 5. Clima marítimo y dinámica litoral

La seguridad y funcionamiento efectivo de un puerto pueden verse afectados por la aparición de situaciones climáticas adversas, como temporales, en los que la altura de las olas alcanza niveles inusuales. Para mitigar el riesgo asociado a estas condiciones, es necesario contar con una estimación de la frecuencia o probabilidad con la que se presentan ciertos valores de altura significativa de las olas.

Un régimen extremal de oleaje se refiere a un modelo estadístico que proporciona información sobre la probabilidad de ocurrencia de un temporal con una determinada altura de riesgo. Este modelo permite describir y evaluar el nivel de riesgo asociado a eventos extremos en términos de su probabilidad de aparición. Al conocer la probabilidad de ocurrencia de estos eventos, se pueden implementar medidas de seguridad y planificación adecuadas para garantizar la operatividad y protección de las instalaciones portuarias en caso de condiciones climáticas adversas.

Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Cabo de ...  
Periodo: Invierno (2006 - 2023) - Eficacia: 87.47%

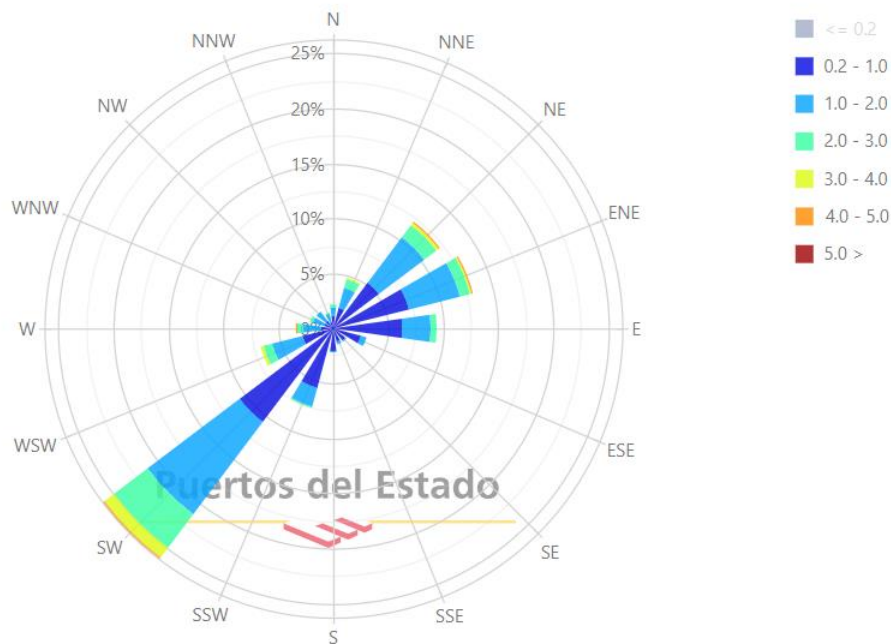


Figura 6: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo invernal

En esta gráfica se nos muestra de dónde proviene la mayor parte del oleaje en periodo invernal, en este caso más del 25% del oleaje es originaria de la dirección suroeste, con una componente de altura de ola significativa superior a 5 m también importante. No obstante, el mayor porcentaje de olas superiores a 5 m es de componente norte noreste (0,04%)

Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Cabo de ...  
Periodo: Primavera (2006 - 2023) - Eficacia: 86.32%

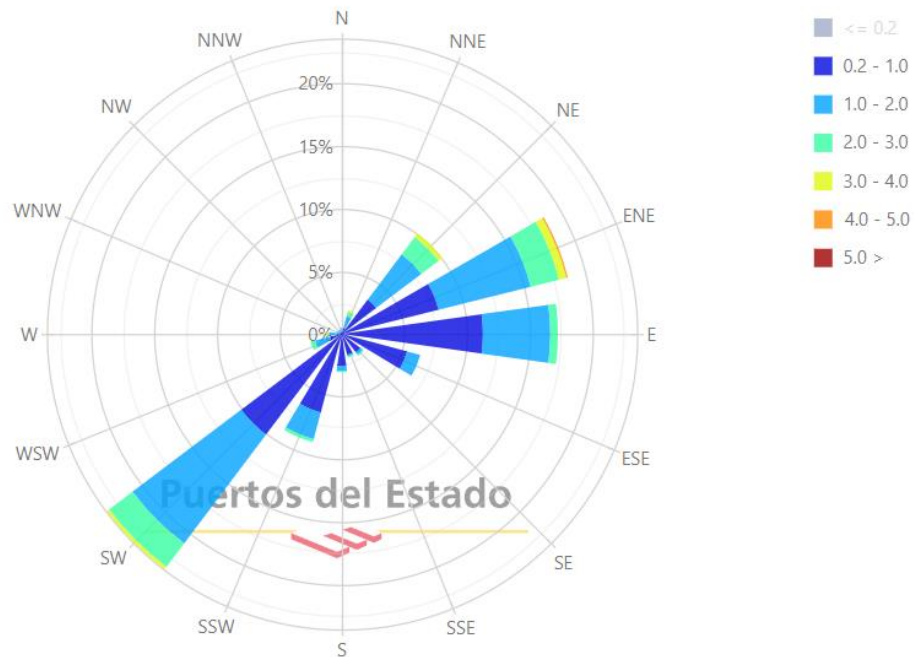


Figura 7: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo primaveral

Durante el periodo primaveral al igual que en el periodo invernal la mayor cantidad de oleaje proviene del suroeste, sin despreciar tampoco el oleaje proveniente de las direcciones este y este noreste que juntas suponen más del 30% del oleaje. De hecho, las zonas de mayor altura significativa provienen de la dirección este noreste, siendo el 0,04 por ciento de las olas.



Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Cabo de ...  
Periodo: Verano (2006 - 2023) - Eficacia: 89.42%

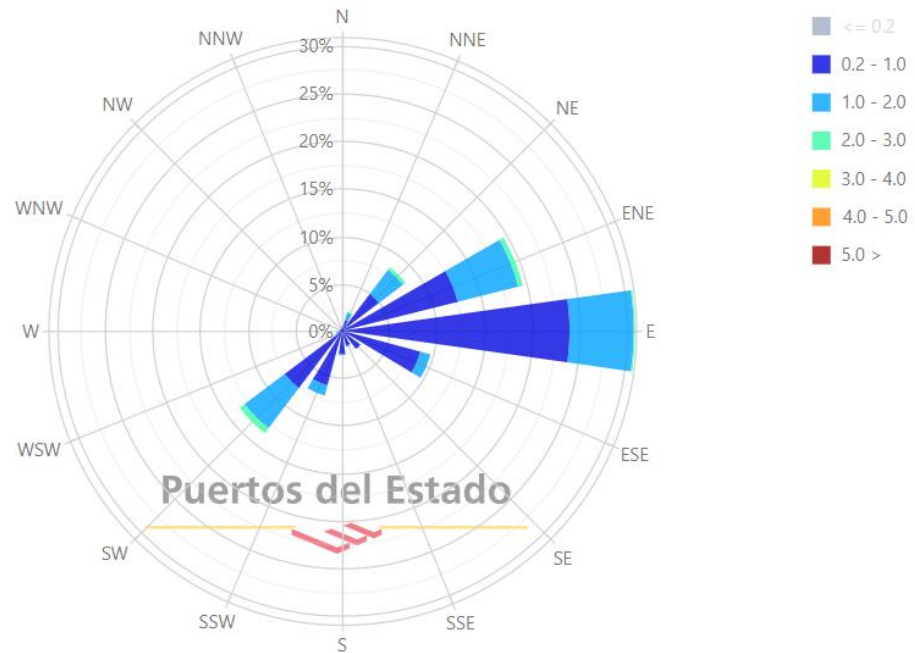


Figura 8: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo estival

Durante el periodo estival el mayor porcentaje de oleaje proviene de direcciones este y este noreste, siendo en este caso la componente este noreste la que posee una mayor altura de ola significativa, que, aunque menor que en otros periodos, se comprende entre los 4 y 5 m, suponiendo un 0,04% del oleaje.

Rosa de Altura Significante (m) para Oleaje - Boya de Cabo de ...  
Periodo: Otoño (2006 - 2023) - Eficacia: 91.00%

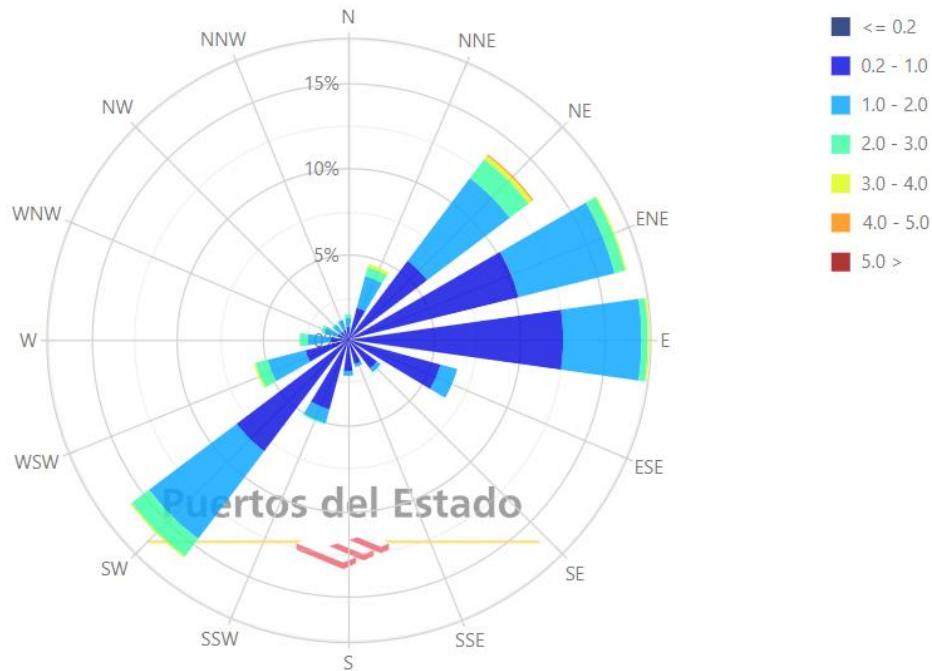


Figura 9: Rosa de altura significativa para oleaje en periodo otoñal

La distribución del oleaje en periodo otoñal es más uniforme, conformando aproximadamente el 45% del oleaje de las direcciones comprendidas entre el noreste y el este, sin despreciar el oleaje proveniente del suroeste. La altura de ola significativa mayor proviene principalmente del noreste, suponiendo, aunque pequeña, una cantidad para tener en cuenta (0,01%), así como las olas comprendidas entre cuatro y 5 m que suponen el 0,14% de las olas provenientes del noreste igualmente.

De manera que podamos analizar correctamente la altura de una significativa emplearemos los datos ofrecidos por la boya, en donde se nos muestra cuál es la relación existente entre el periodo pico y la altura de ola.

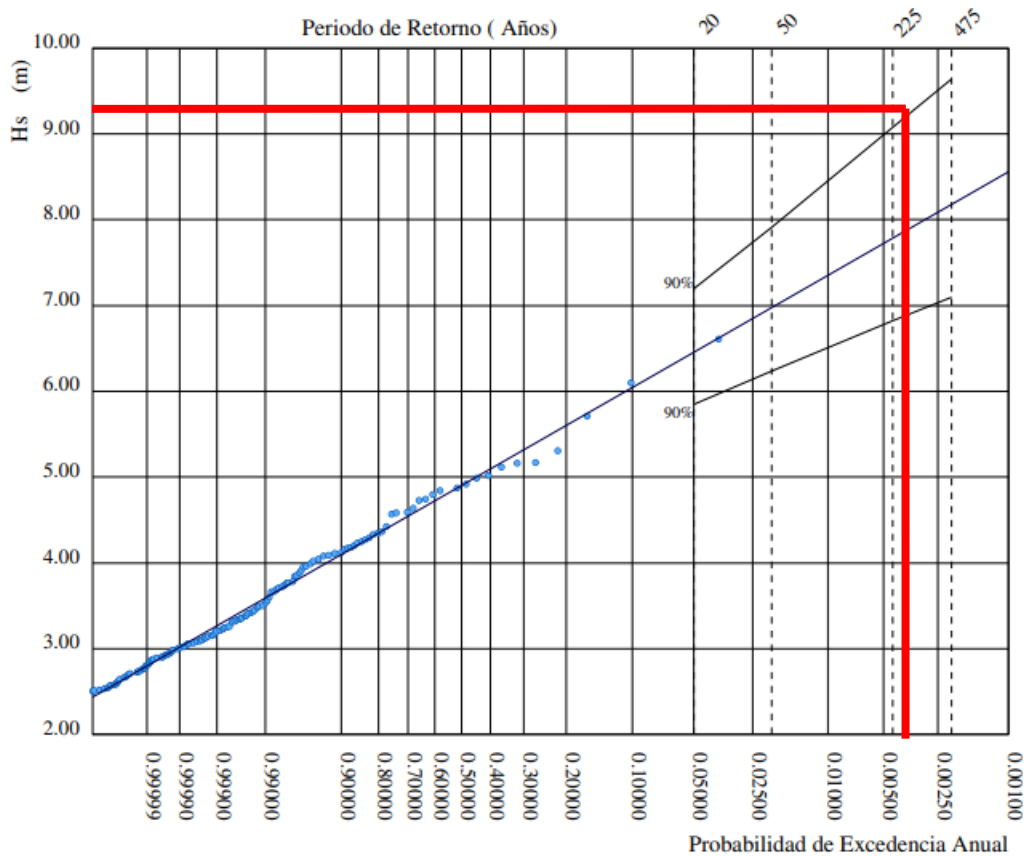


Figura 10: gráfica  $H_s$ -Probabilidad de excedencia-Periodo de retorno en régimen escalar

El periodo de retorno que emplearemos para nuestra obra será el obtenido en el anejo 4: condiciones generales de proyecto. En este caso, 250 años.

Dada una banda de confianza del 90% y el periodo de retorno anteriormente mencionado, nos proporciona un valor de altura de ola significativa  $H_s=9,3\text{m}$  aproximadamente.

Para calcular el periodo pico emplearemos la siguiente fórmula, que lo relaciona con la altura de ola significativa que acabamos de calcular:

$$T_p = 4,84 H_s^{0,38}$$

Lo que nos permite obtener un periodo de oleaje pico de valor  $T_p = 11,3$  segundos

Los estudios de propagación del oleaje son una herramienta para comprender cómo se modifica la altura de las olas significativas a medida que se propagan desde aguas profundas hasta el punto de medición específico que se está considerando.

Estos estudios analizan y cuantifican los cambios en la altura de las olas a medida que se mueven a lo largo de su trayectoria, desde áreas marítimas más alejadas hasta llegar a la ubicación del punto de medición en cuestión. Este conocimiento es fundamental para comprender el comportamiento del oleaje en un área determinada y evaluar su impacto en estructuras de abrigo como diques y contradiques.

Durante la propagación, las olas pueden experimentar modificaciones en su altura debido a diversos factores, como la interacción con el relieve submarino, la refracción debido a la geometría costera, la difracción alrededor de obstáculos y la interacción con corrientes marinas. Estos procesos pueden causar cambios significativos en la altura de las olas antes de que lleguen a la ubicación donde se realiza la medición.

La altura de ola necesaria para el diseño de la ampliación del dique es la altura de ola significativa que se corrige para reflejar las condiciones al pie de la obra de abrigo.

En el caso de un dique ubicado en aguas poco profundas, la rotura del oleaje ocurre debido al fondo marino, es decir, antes de alcanzar el dique. En este escenario, el diseño del dique se realiza considerando una altura de ola de cálculo que no depende de las condiciones climáticas extremas.

Por otro lado, si el dique se encuentra en aguas profundas, las olas rompen al impactar contra el dique mismo. En este caso, la altura de ola de diseño utilizada es  $H_{sd}$ , que tiene en cuenta la interacción entre las olas y la estructura del dique.

Para determinar la situación de rotura del oleaje en la que se encuentra el dique, se lleva a cabo una verificación de la profundidad a la cual se produce la rotura del fondo marino. Este análisis permite determinar si el dique está sujeto a la rotura del oleaje antes de llegar a la estructura o si las olas rompen al chocar directamente contra el dique.

En la siguiente figura podremos observar cuáles son los ángulos que forman las direcciones del oleaje con la perpendicular a la línea de costa, lo que a posteriori emplearemos en el programa anteriormente mencionado:

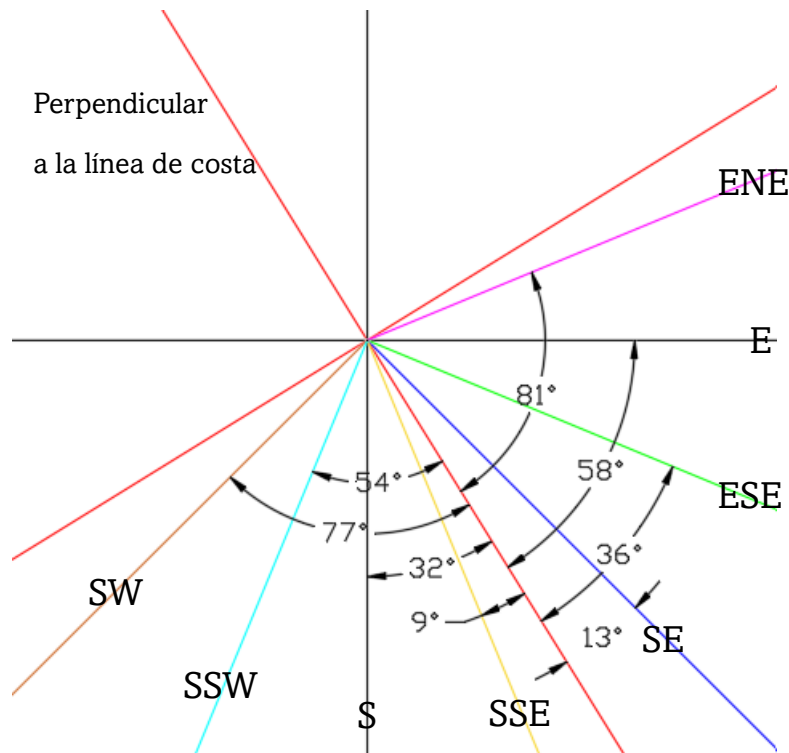


Figura 11: Ángulos de incidencia respecto a la perpendicular de la costa

Podemos comprobar, teniendo en cuenta que la profundidad de la Boya del Cabo de Hornos es de 230m, que las batimétricas en alta mar son prácticamente paralelas según el mapa de la batimetría, para elaborar una hipótesis de propagación:



Figura 12: Batimétricas en alta mar

Para conocer cuál es el periodo medio, ya que el periodo pico es notoriamente superior, emplearemos el apartado E de la figura, en el que se especifica cual es la relación ente el periodo pico y el medio:

E - REGISTROS INSTRUMENTALES: CORRELACIONES ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES					
BOYA	$P = H_s / L_T = \frac{2\pi H_s}{g T_p^2}$	$T_p / T$	RELACION FINAL $\frac{H_s (m)}{T_p (s)}$	VALORES DE DISEÑO	
				$H_s$ (m)	$T_p$ (s)
VALENCIA I	0.025 ~ 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5-6.3)\sqrt{H_s}$	3	8.5-11
				5	11 ~ 14
				7	13 ~ 16.5
ALICANTE	0.025 ~ 0.04	≈ 1.25	$T_p = (5-6.3)\sqrt{H_s}$	3	8.5-11
				5	11 ~ 14
				7	13 ~ 16.5

Figura 13: Correlaciones entre altura de ola y periodo en temporales

De donde podemos observar que, en el caso de Alicante, la relación  $T_p/T$  es de aproximadamente 1,25.

Con toda esta información procedemos a calcular la  $H_d$  para todas las direcciones significativas, sabiendo que la máxima profundidad del nuevo dique será entre 9,5 metros y 10 metros.

En el caso del NE, pese a que es la dirección más grande, tiene una orientación de más de 90 grados respecto a la perpendicular a la costa, por lo que no la tomaremos en cuenta.

En el caso de la dirección este, nos encontramos con una altura de ola significativa de 7,7m y un periodo pico de 9,5 segundos. Procedemos a calcular la altura de diseño.

<i>Características del oleaje</i>			
$T_m$ (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	$H_{s0}$ (m)	
7,60	58	7,7	
.			
$L_0 = g \times T^2 / (2\pi) =$	90		metros
<i>Comprobación aguas profundas</i>			
$d_0 > L_0 / 2 =$	45		metros
<i>Celeridad y celeridad de grupo</i>			
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9.8T}{2\pi} = 1,56T$			$C_0$ (m/seg)
			11,9
$C_{g0} = nC_0 = \frac{1}{2} C_0$			$C_{g0}$ (m/seg)
			5,9

Tabla 5: Características del oleaje de dirección este

d	H propagada (m) $H_{s0} * K_s * K_r$	Rotura del oleaje $H_b = 0.78 * d$	Altura de ola en profundidad d <b>Hd</b>
10	5,9	7,8	5,9
8	5,8	6,2	5,8
6	5,9	4,7	4,7
4	6,2	3,1	3,1

Tabla 6: Altura de ola para diferentes profundidades (Este)

En el caso del oleaje de componente este, la altura de ola de diseño será de 5,9 m

En el caso de la dirección suroeste, nos encontramos con una altura de ola significativa de 7,5 m y un periodo pico de 10 segundos. Procedemos a calcular la altura de diseño.

<i>Características del oleaje</i>			
$T_m$ (seg)	$\alpha_0(^{\circ})$	$H_{s0}(m)$	
8,00	77	7,5	
.			
$L_0 = g \times T^2 / (2\pi) =$	100		metros
<i>Comprobación aguas profundas</i>			
$d_0 > L_0 / 2 =$	50		metros
<i>Celeridad y celeridad de grupo</i>			
$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \Rightarrow C_0 = \frac{9.8T}{2\pi} = 1,56T$			$C_0(m/seg)$
			12,5
$C_{g0} = nC_0 = \frac{1}{2} C_0$			$C_{g0}(m/seg)$
			6,2

Tabla 7: Características del oleaje de componente suroeste

d	H propagada (m)	Rotura del oleaje	Altura de ola en profundidad d
	$H_{s0} * K_s * K_r$	$H_b = 0.78 * d$	Hd
10	3,9	7,8	3,9
8	3,9	6,2	3,9
6	3,9	4,7	3,9
4	4,0	3,1	3,1

Tabla 8: Altura de ola para diferentes profundidades (Suroeste)

En el caso del oleaje de componente este, la altura de ola de diseño será de 3,9 m

Hemos comprobado que la altura de ola de cálculo más desfavorable es de 5,9 metros debido al componente este. Sabiendo que existe una carrera de marea de 1,03 metros gracias a los registros extremos del mareógrafo de Gandía, y una variabilidad del nivel del mar de hasta medio metro debido al cambio climático, se han vuelto a comprobar los cálculos para estas condiciones en esta dirección. Evidentemente, la altura de ola de diseño no cambiará pues al existir mayor profundidad solo aumentará la altura de ola que rompe por fondo, que ya era mayor que la propagada. Por lo tanto:

$$H_d = 5,9 \text{ metros}$$



## 6. Estudio de oferta y demanda

En la Comunidad Valenciana:



Figura 14: Embarcaciones deportivas en la Comunidad Valenciana

1. El número total de embarcaciones deportivas ha experimentado un crecimiento gradual desde el año 2000, alcanzando su punto máximo en 2018 con 12,239 embarcaciones. Aunque ha habido una ligera disminución desde entonces, el interés por las embarcaciones deportivas se mantiene alto.

2. Se observa un aumento tanto en la gestión directa como en la gestión indirecta de embarcaciones deportivas a partir del año 2000. En 2018, se registraron 2,179 embarcaciones bajo gestión directa y 10,060 bajo gestión indirecta. Estos datos reflejan una mayor organización en la administración de las embarcaciones.

3. La flota pesquera muestra estabilidad en el número de embarcaciones y el tonelaje de registro bruto desde la década de 1980. Sin embargo, a partir del año 2000, se evidencia una disminución en el número de embarcaciones, lo que podría indicar cambios en la industria pesquera.

En el área de La Nau:

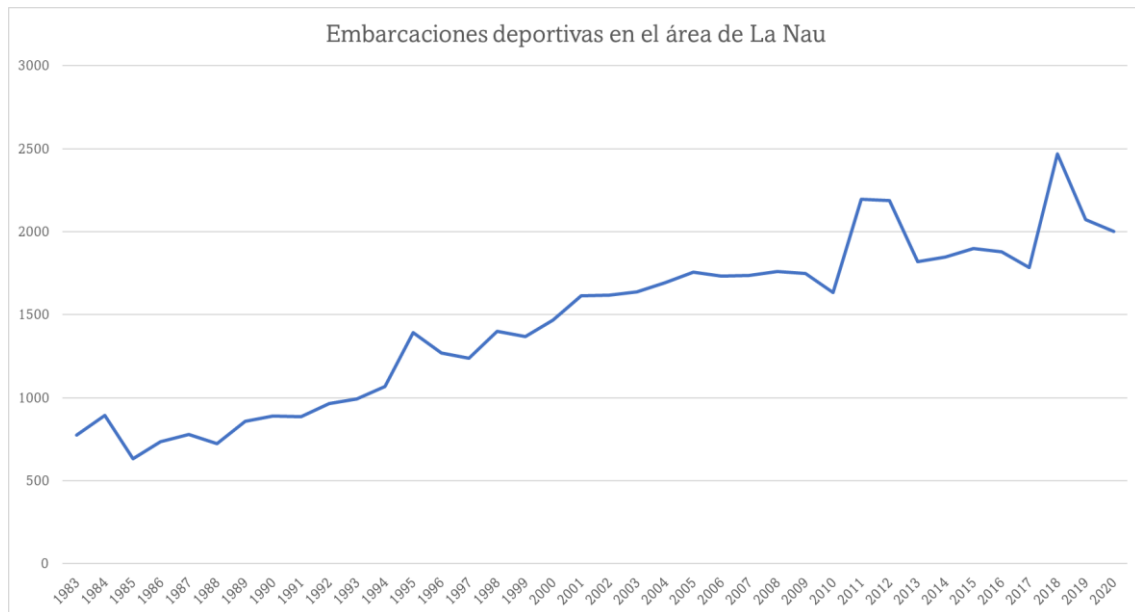


Figura 15: Embarcaciones deportivas en la Nau

1. El número de embarcaciones deportivas ha experimentado variaciones a lo largo de los años, con un aumento gradual desde la década de 1990. En 2018, se registraron 2,470 embarcaciones deportivas en el área de La Nau.

2. La gestión de las embarcaciones deportivas ha evolucionado, con un aumento en la adopción de la gestión directa e indirecta como forma de administración y organización de las embarcaciones.

3. En cuanto a la flota pesquera, se observa una tendencia estable en el número de embarcaciones y el tonelaje de registro bruto, aunque se registra una disminución significativa en el número de embarcaciones a partir del año 2000.

En la Vila Joiosa:

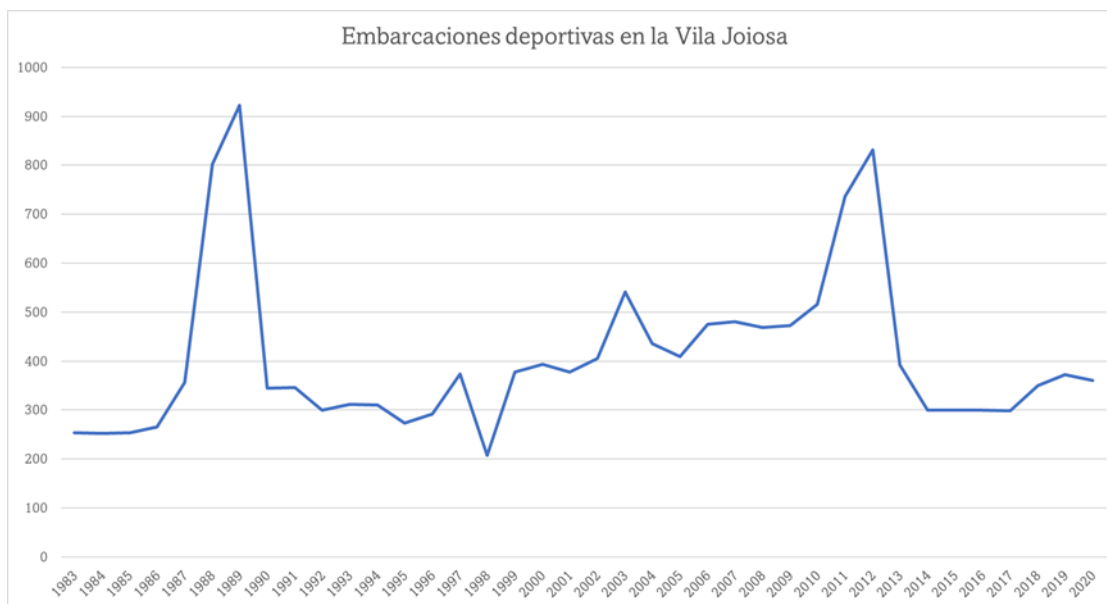


Figura 16: Embarcaciones deportivas en la Vila Joiosa

1. El número de embarcaciones deportivas ha experimentado un crecimiento gradual desde la década de 1990, con algunos picos significativos en el registro, indicando un interés sostenido en actividades náuticas en la zona.

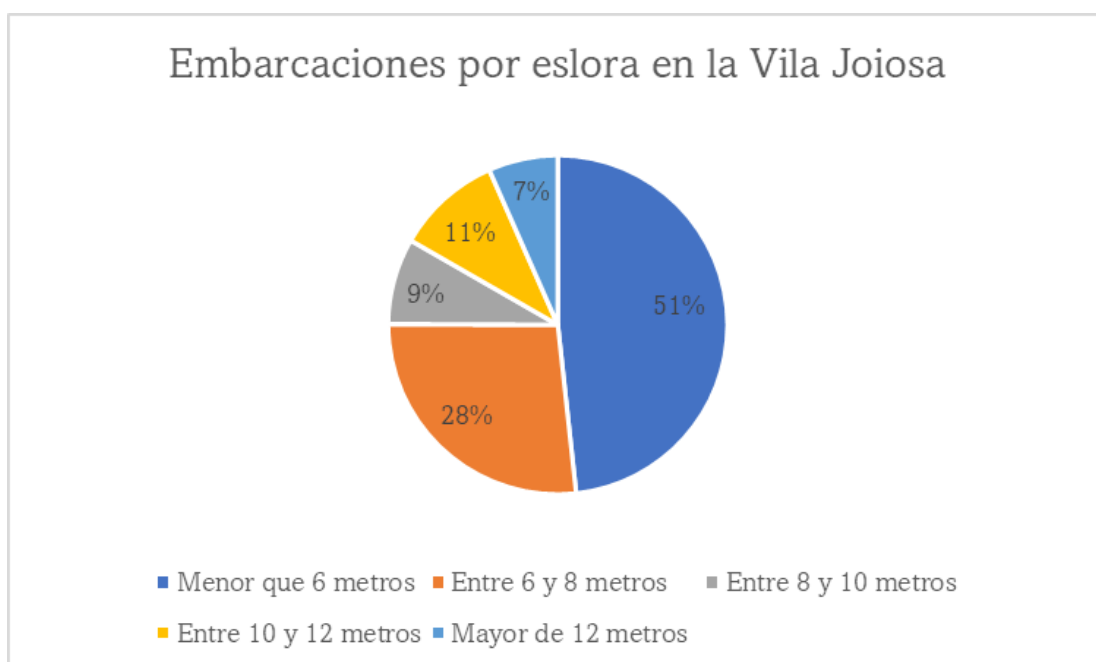
2. La gestión de embarcaciones deportivas en La Vila Joiosa muestra variaciones en la gestión directa e indirecta, con incrementos notables en algunos años.

3. En la flota pesquera de La Vila Joiosa, se observa cierta variabilidad en el número de embarcaciones y el tonelaje de registro bruto a lo largo de los años, con un aumento en los últimos años que podría indicar un crecimiento en la capacidad de las embarcaciones de pesca en el puerto.

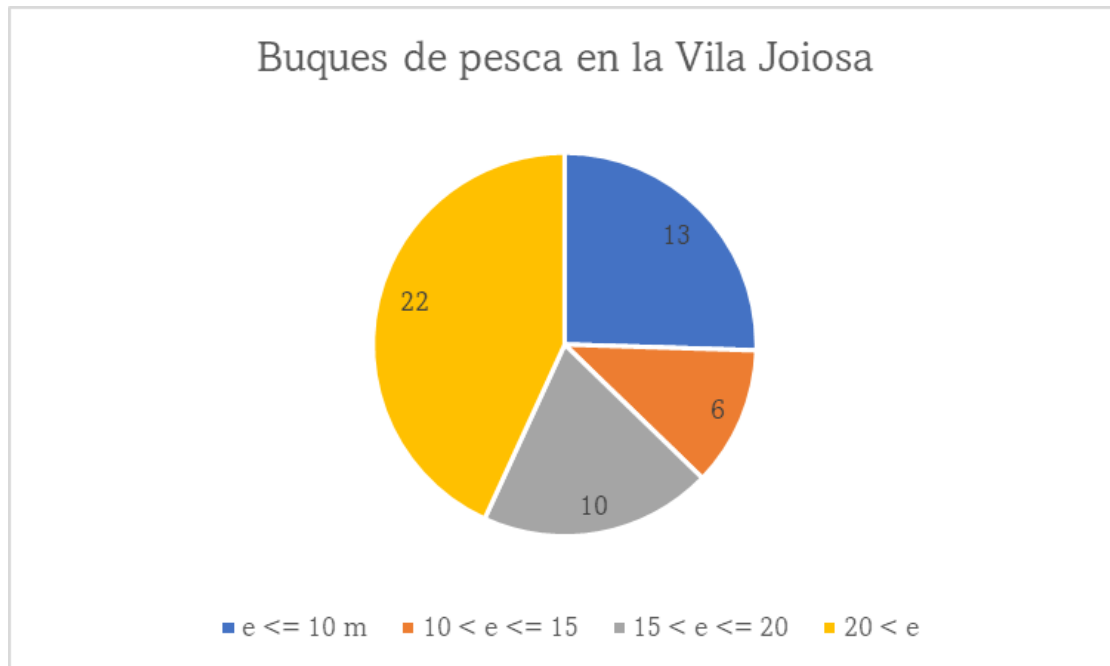
En la Comunidad Valenciana, la mayoría de las embarcaciones deportivas gestionadas directamente en amarres U.P. son de longitud menor a 6 metros, con 1,336 embarcaciones en esta categoría. En otras gestiones directas de amarres, se encuentran embarcaciones distribuidas en varias categorías de longitud. La gestión indirecta 1 tiene una distribución variada en la longitud de las embarcaciones, destacando las de 6 a 8 metros y 8 a 10 metros. En las gestiones indirectas 2, 3 y 4 también se observa una distribución diversa de embarcaciones en diferentes categorías de longitud. En general, la mayoría de las embarcaciones deportivas en la Comunidad Valenciana tienen una longitud menor a 10 metros.

En la Vila Joiosa, la gestión directa en amarres U.P. muestra una preferencia por embarcaciones de longitud hasta 6 metros. En el Club Náutico de Villajoyosa, se ofrece una variedad de tamaños de amarres para embarcaciones deportivas. No se registran embarcaciones en gestión directa en otros amarres ni en gestión indirecta en las categorías 2, 3 y 4.

En cuanto a las listas de espera en la Vila Joiosa, a principios de año había 96 titulares en la lista, con 8 altas y 21 bajas a lo largo del año, dejando un total de 83 titulares en la lista al final del año. Esto sugiere una demanda constante de amarres en el puerto de la Vila Joiosa, lo que representa un porcentaje significativo de las embarcaciones ya amarradas en el puerto.



*Figura 17: Proporción de tamaños de los buques recreativos en la Vila Joiosa*



*Figura 18: Cantidad de buques pesqueros por eslora en la Vila Joiosa*

Tras una evaluación detallada de la oferta y la demanda de amarres para embarcaciones deportivas a nivel autonómico, regional y local en la Comunidad Valenciana, se han obtenido las siguientes conclusiones significativas:

**Aumento Constante de la Demanda:** A lo largo del tiempo, se ha evidenciado un incremento gradual y constante en la demanda de amarres para embarcaciones deportivas. Este fenómeno denota un creciente interés por parte de los propietarios de embarcaciones en asegurar espacios seguros y accesibles para el amarre de sus embarcaciones. Esta tendencia, según los datos disponibles, parece mantenerse en constante ascenso.

**Proyección de Demanda Futura:** Utilizando una regresión lineal para proyectar la demanda de amarres en el área de La Nau para el año 2050, se ha obtenido una estimación que sugiere un aumento sustancial en la flota de embarcaciones deportivas. Se espera que alcance aproximadamente 3,478 embarcaciones en 2050, lo que representa un impresionante incremento del 174% en comparación con la flota registrada en el año 2020. Este dato pone de manifiesto la necesidad imperante de expandir las instalaciones portuarias para poder atender esta demanda futura.

**Importancia Estratégica de la Vila Joiosa:** La ubicación estratégica de la Vila Joiosa, en cercanía a centros urbanos significativos como Benidorm y Alicante, la convierte en un punto estratégico para la demanda de amarres. Aunque su tendencia de crecimiento es más modesta en comparación con el área de La Nau, es significativa. Además, el área de

La Nau posee un mayor ingreso per cápita, lo que podría traducirse en una preferencia por embarcaciones de mayor eslora en el futuro.

**Necesidad de Ampliación de Amarres:** En ambos casos, tanto en el área de La Nau como en la Vila Joiosa, los resultados proyectados subrayan de manera enfática la necesidad apremiante de expandir las instalaciones de amarre. Esto es esencial para garantizar que la región pueda satisfacer las crecientes necesidades de los propietarios de embarcaciones y aprovechar las oportunidades de crecimiento que se presentan en la industria náutica. La ampliación de amarres se convierte así en un componente crucial para el desarrollo sostenible de la región y para brindar un servicio adecuado a la creciente demanda de amarres.

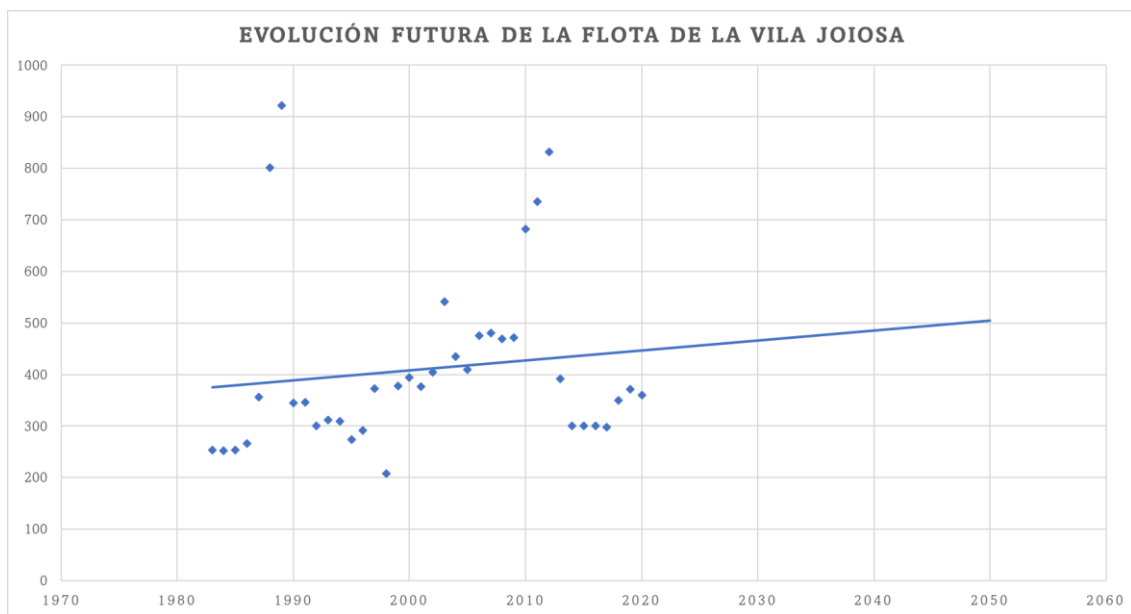


Figura 19: Regresión lineal de la flota de la Vila Joiosa

Otra de las conclusiones que extraemos es la falta de diversidad de amarres en la región, por el porcentaje de la flota de Vila Joiosa en comparación con la Comunidad Valenciana:

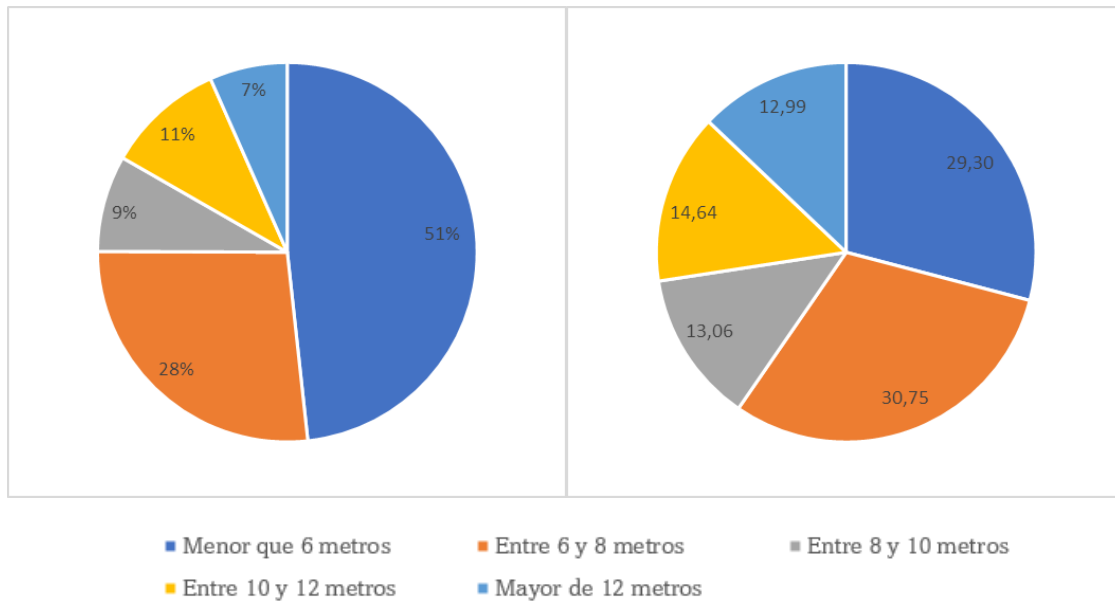


Figura 20: Gráfica comparativa del porcentaje de la flota por eslora en la Vila Joiosa (Izquierda) y la Comunidad Valenciana (Derecha)

A la vista de estos resultados se deberá valorar adaptar la oferta de amarres del puerto a la proporción existente actualmente en la Comunidad Valenciana para poder garantizar el éxito del proyecto y su viabilidad económica.

Finalmente, en términos de flota pesquera podemos destacar el impacto económico del mismo en el puerto y el tamaño estable de la flota en la Vila Joiosa y su preferencia por los grandes buques, por lo que se deberá adoptar una solución que mantenga o al menos incremente la capacidad pesquera del mismo.

## 7. Requerimientos en planta y alzado

En función de las evaluaciones y cálculos realizados, se han obtenido importantes conclusiones y determinaciones con respecto a la orientación y dimensiones de la bocana del puerto:

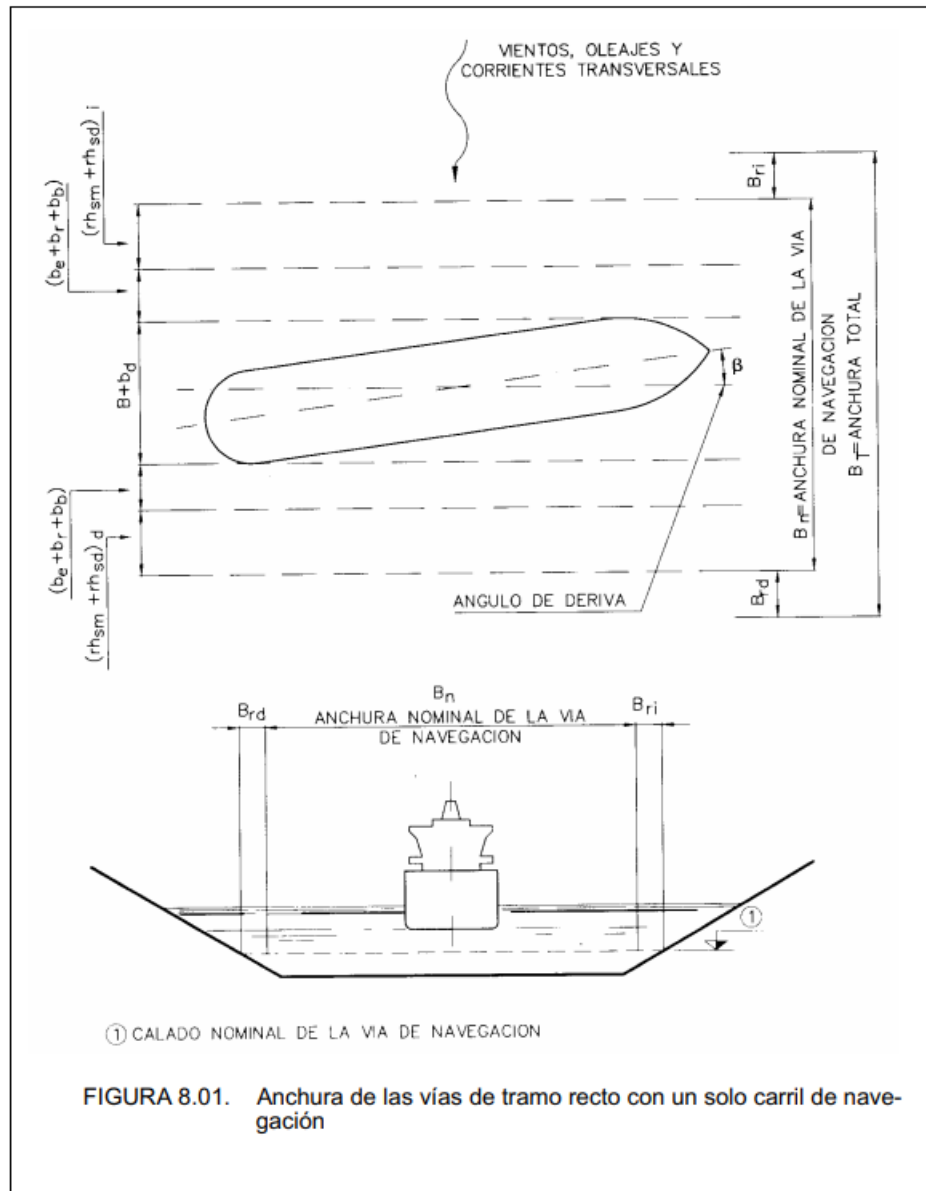


Figura 21: Esquema de requerimientos en alzados

Orientación de la Bocana: La orientación de la bocana del puerto se ha decidido cambiar de oeste-suroeste a oeste debido a consideraciones relacionadas con la protección contra el oleaje intenso. Según los datos proporcionados en el Anejo 5 sobre el clima marino y la



dinámica litoral, esta nueva orientación oeste proporciona una mayor protección contra las condiciones adversas provenientes del este y el noreste. La morfología costera respalda esta decisión, lo que ayudará a mejorar la seguridad y la navegabilidad en la bocana del puerto.

Ancho de la Bocana: La anchura de la vía de navegación, medida perpendicularmente al eje longitudinal, se ha determinado en función de diversos factores. Para calcularla, se han considerado los siguientes elementos:

Anchura Adicional de Reserva (*Br*): Se ha asignado un valor de 6 metros como anchura adicional de reserva, considerando 3 metros a cada lado del buque.

Anchura Nominal de la Vía de Navegación (*Bn*): Se ha calculado teniendo en cuenta varios factores, incluyendo el tamaño y dimensiones de la flota de diseño, la disponibilidad y precisión de las ayudas a la navegación, y los márgenes de seguridad para evitar colisiones con contornos, otras embarcaciones y objetos fijos o flotantes.

Sobreancho de la Senda del Buque (*bd*): Se ha calculado con base en la eslora total del buque de diseño y el ángulo de deriva, que en este caso es de 10°.

Sobreancho Debido a Errores de Posicionamiento (*be*): Se ha considerado un valor de 6 metros como sobreancho debido a errores de posicionamiento.

Sobreancho para Respuesta (*br*): Se ha calculado como la diferencia entre el riesgo máximo admisible (*Emáx*) y el sobreancho para respuesta correspondiente a un valor de  $Emáx = 0.50$ .

Sobreancho para Cubrir Errores del Balizamiento (*bb*): Se ha utilizado un valor de 0.5 metros.

Margen de Seguridad (*rhsd* y *rism*): Se han determinado valores de margen de seguridad de 6 metros.

Finalmente, se ha obtenido un valor mínimo de anchura de bocana de 36.78 metros, que asegura un espacio adecuado para la navegación segura de las embarcaciones deportivas.

Calado de la Bocana: La profundidad de agua requerida en la bocana se ha calculado teniendo en cuenta varios factores, incluyendo el calado de los buques, el nivel del agua, y los márgenes de seguridad para evitar colisiones con el fondo. En este caso, se ha determinado un calado mínimo de 4.20 metros para la bocana del puerto, teniendo en cuenta la obra viva de los yates de 20 a 30 metros y otros factores relacionados con el nivel del agua y el fondo marino.

Para determinar el calado mínimo en las diferentes áreas de navegación se establecerá un sistema dependiente de la obra viva de cada embarcación, según su eslora. Para ello se emplearán los datos de la figura 3.

Eslora de la embarcación	Obra viva (m)	Calado mínimo (m)
Hasta 6 metros	0,6	2,10
Hasta 8 metros	0,8	2,40
Hasta 10 metros	1,1	2,90
Hasta 12 metros	1,3	3,20
Hasta 16 metros	1,5	3,50
Hasta 20 metros	1,8	3,90
Hasta 25 metros	2	4,20

*Tabla 6: calado mínimo por zonas según su eslora*

## 8. Estudio de soluciones en planta

Se presentan diversas opciones para llevar a cabo la expansión del puerto deportivo, considerando también la alternativa de no realizar dicha ampliación. Cada una de estas opciones será explicada con detalle para permitir posteriormente un análisis multicriterio que nos ayudará a elegir la solución más adecuada.

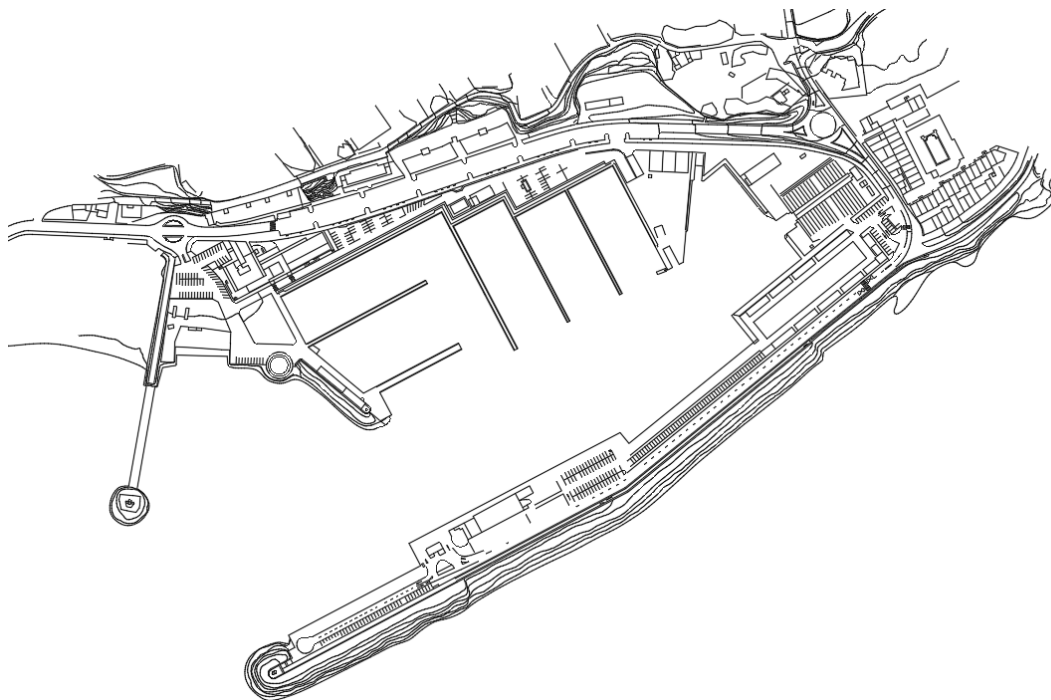
Es importante resaltar que todas las alternativas planteadas implican la demolición del dique existente y la construcción de un nuevo dique.

### Propuesta 1: Mantenimiento de la estructura actual

La primera propuesta consiste en mantener el puerto deportivo en su configuración actual, sin llevar a cabo ninguna ampliación. Esta opción debe ser cuidadosamente analizada para garantizar la viabilidad de las soluciones planteadas y evaluar su impacto en términos de funcionalidad, capacidad y necesidades futuras.

En el Anexo 1, titulado "Antecedentes y encuadre general", se proporciona una descripción detallada de las características actuales del puerto. Se abordan aspectos como la ubicación geográfica, la capacidad de atraque, los servicios disponibles y las limitaciones existentes.

Al considerar esta opción, es esencial evaluar la capacidad actual del puerto para satisfacer la demanda de embarcaciones y el nivel de comodidad y seguridad ofrecido a los usuarios. También es necesario analizar las tendencias y proyecciones futuras del sector náutico, así como los impactos económicos y turísticos que una ampliación o la falta de ella podrían tener en la zona.



*Figura 22: Plano del puerto de la Vila Joiosa*

## Propuesta 2: Ampliación del dique y contradique.

La propuesta dos plantea un enfoque más ambicioso para la ampliación del puerto deportivo. En esta opción, se propone la demolición del dique original y la construcción de uno nuevo, pero con una mayor profundidad. Esta medida permitiría aumentar la capacidad de amarre del puerto, brindando espacios adicionales para embarcaciones de distintos tamaños.

Además, se contempla la prolongación del contradique, que es una estructura que se encuentra paralela al dique principal y tiene como objetivo proteger y abrigar las embarcaciones cercanas a la entrada del puerto. Esta extensión garantizaría un abrigo adecuado para las embarcaciones próximas a la bocana, brindando mayor seguridad y protección frente a las condiciones climáticas adversas.

Es importante destacar que esta solución respeta la configuración de los pantalanes y muelles existentes en la zona norte del puerto deportivo. De esta manera, se busca mantener la estructura y distribución actual de las instalaciones, minimizando los cambios y optimizando el aprovechamiento de los espacios ya utilizados.

Esta propuesta implica una inversión significativa en términos de demolición, construcción y adecuación de las nuevas infraestructuras. Sin embargo, ofrecería una mayor capacidad de amarre, permitiendo la recepción de un mayor número de embarcaciones y potencialmente impulsando el desarrollo económico y turístico de la zona.

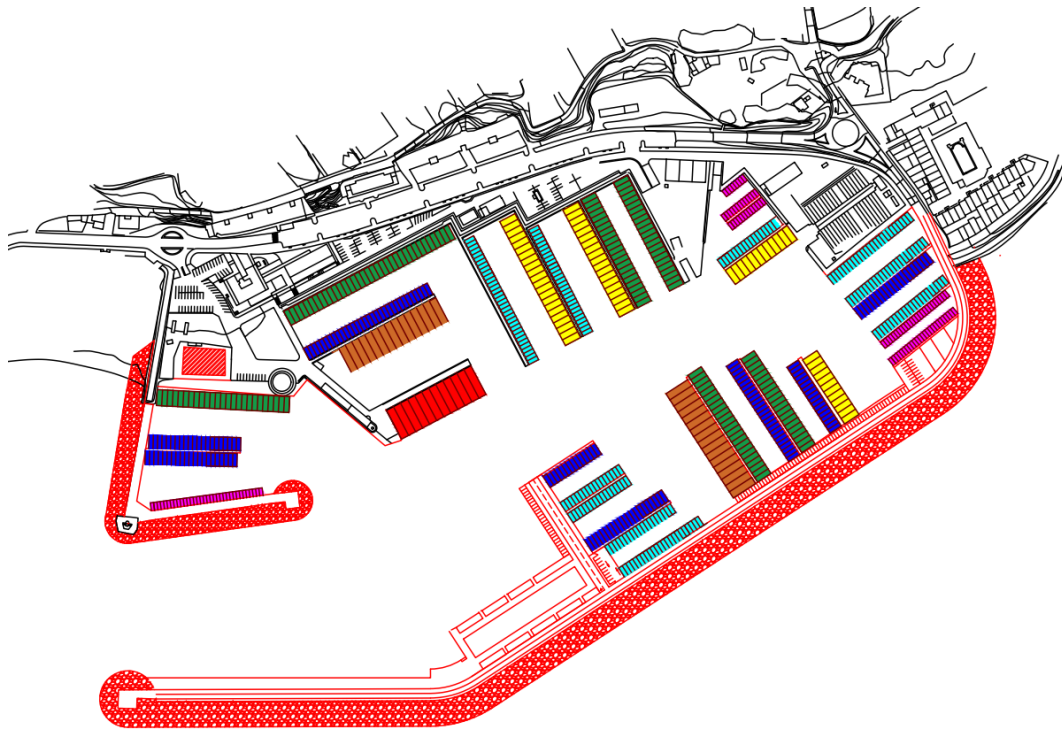


Figura 23: Plano de la propuesta 2

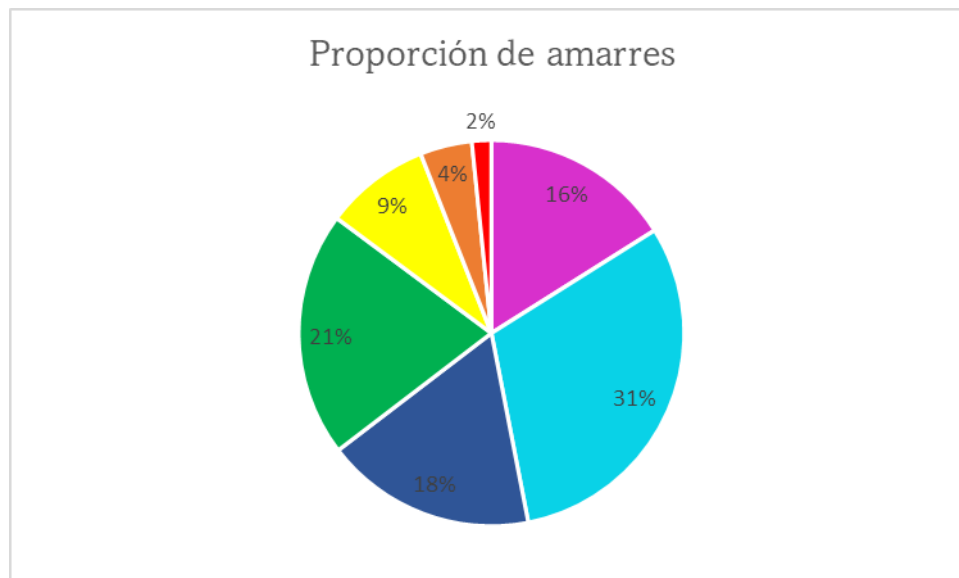
La leyenda de los amarres es la siguiente, teniendo en cuenta que la zona de color rojo consiste en la ampliación del puerto:

- Color magenta: amarre de 6 metros de eslora y 2,5 metros de manga
- Color azul claro: amarre de 8 metros de eslora y 3,1 metros de manga
- Color azul oscuro: amarre de 10 metros de eslora y 3,3 metros de manga
- Color verde: amarre de 12 metros de eslora y 4 metros de manga
- Color amarillo: amarre de 16 metros de eslora y 4,8 metros de manga
- Color naranja: amarre de 20 metros de eslora y 5,5 metros de manga
- Color rojo: amarre de 25 metros de eslora y 6 metros de manga

Lo que nos proporciona una capacidad de amarre en el puerto de:

Eslora máxima admitida	Amarres disponibles
6	118
8	227
10	130
12	151
16	65
20	32
25	12

*Tabla 7: Capacidad de amarre de la propuesta 2*



*Figura 24: Porcentaje de amarres por eslora (Propuesta 2)*

Esta solución nos permite obtener un total de 735 amarres.

### Propuesta 3: Ampliación del dique y reordenación interior total

La propuesta 3 se presenta como la opción de ampliación más ambiciosa, ya que va más allá de las propuestas anteriores. En este caso, se basa en el proyecto planteado en la

propuesta 2, pero con modificaciones significativas que implican una reconfiguración completa de los pantalanes existentes con el objetivo de maximizar la cantidad de amarres disponibles, especialmente para yates y embarcaciones más grandes.

Esta propuesta implica un rediseño integral de los pantalanes, teniendo en cuenta las necesidades específicas de las embarcaciones de mayor tamaño. Se podrían incorporar módulos flotantes adicionales, ampliar las estructuras existentes y utilizar técnicas de optimización espacial para lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento del espacio disponible. Con estas modificaciones, se busca crear una mayor cantidad de amarres para satisfacer la demanda creciente de embarcaciones de mayor envergadura.

En cuanto al contradique, esta propuesta también contempla mejoras, aunque en menor medida en comparación con la propuesta 2. Se podría considerar una extensión más limitada, teniendo en cuenta que los cambios principales se concentran en la reconfiguración de los pantalanes. Sin embargo, es importante garantizar que el contradique siga ofreciendo el abrigo necesario para proteger las embarcaciones cercanas a la entrada del puerto de las condiciones climáticas adversas.

Esta opción de ampliación más ambiciosa implica una inversión considerable en términos de diseño, construcción y adaptación de los pantalanes existentes. Sin embargo, al proporcionar una mayor capacidad de amarre para yates y embarcaciones más grandes, se podría atraer a un segmento de mercado de alto nivel económico, generando un impacto económico y turístico significativo para la zona.

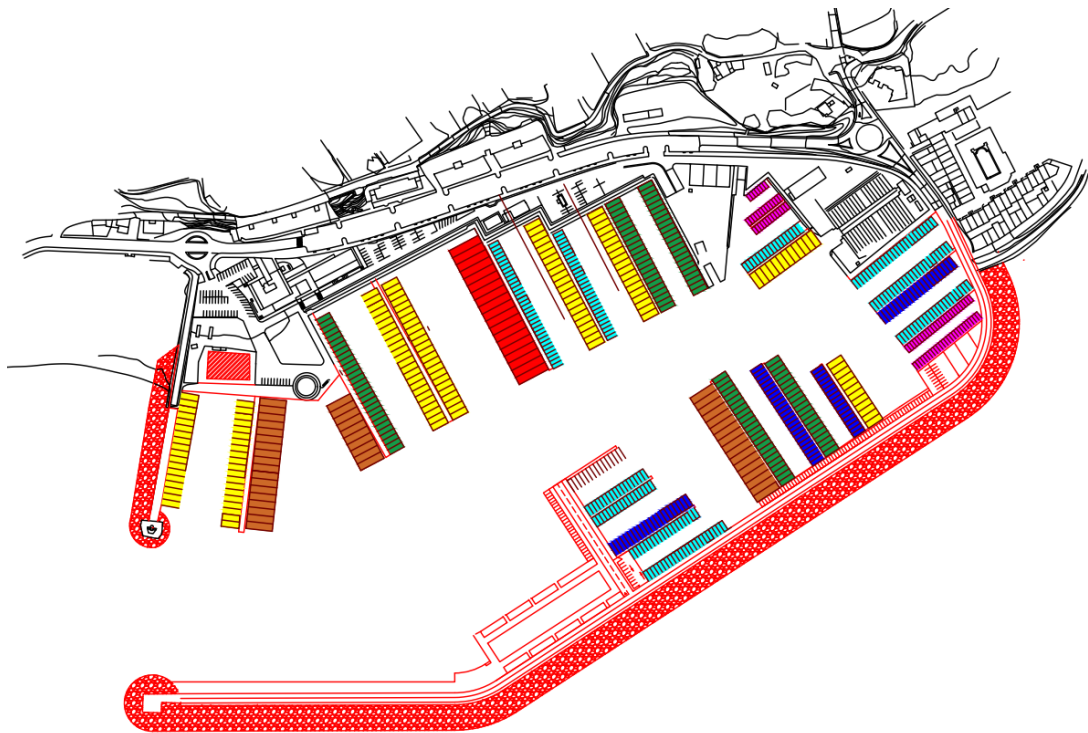


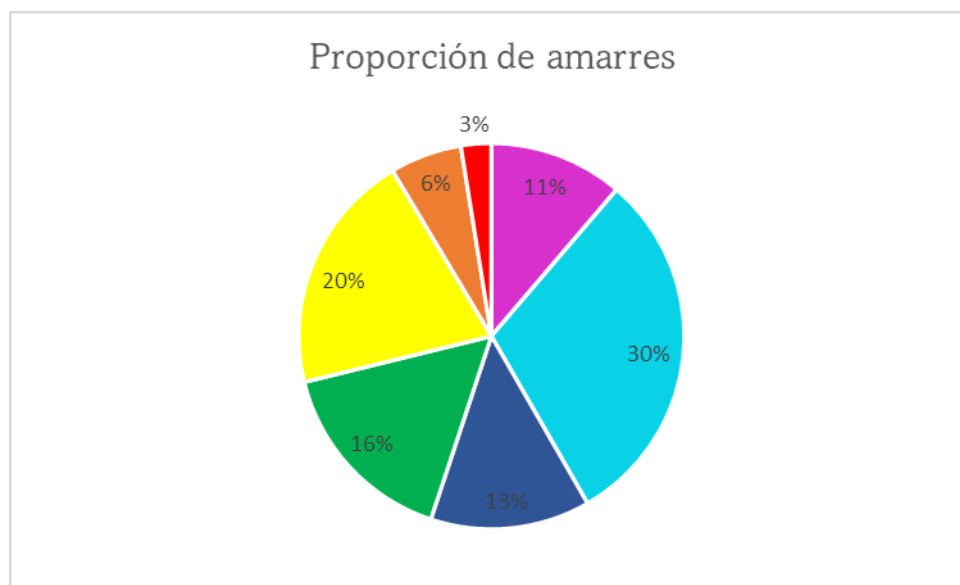
Figura 25: Plano de la propuesta 3



Esta solución nos propone la siguiente capacidad de amarre:

Eslora máxima admitida	Amarres disponibles
6	84
8	227
10	100
12	120
16	151
20	45
25	19

*Tabla 8: Capacidad de amarre de la propuesta 3*



*Figura 26: Porcentaje de amarres por eslora (Propuesta 3)*

Esta solución nos permite obtener un total de 746 amarres.

El análisis multicriterio es una herramienta para evaluar y seleccionar la mejor alternativa de ampliación del puerto deportivo. Para llevar a cabo este análisis, se han definido seis condicionantes claves que permiten evaluar cada alternativa desde diferentes perspectivas. A continuación, se asignarán coeficientes de ponderación a estos condicionantes, lo que ayudará a jerarquizarlos en función de su importancia en la toma de decisiones:

Condicionantes Económicos (Ponderación: 5): Este condicionante desempeña un papel crucial, ya que busca minimizar los costos de construcción y considerar los beneficios de explotación a largo plazo. La viabilidad económica es fundamental para el éxito del proyecto.

Condicionantes Funcionales (Ponderación: 5): La funcionalidad del puerto deportivo es esencial para su operación eficiente. Se debe garantizar la accesibilidad tanto por tierra como por agua, así como el espacio necesario para las maniobras de las embarcaciones. El aumento de la capacidad de amarre es un criterio fundamental.

Condicionantes Ambientales (Ponderación: 4): Aunque se espera que el impacto ambiental sea moderado debido a la ampliación de un puerto existente, la consideración de los aspectos ambientales es crucial. Se deben evaluar los impactos visuales, la dinámica litoral y las playas adyacentes.

Condicionantes Técnicos (Ponderación: 3): La seguridad técnica del dique es fundamental para garantizar su resistencia a los temporales. Dado que se parte de una situación en la que el dique actual cumple con los requisitos técnicos, se asigna una ponderación moderada a este criterio.

Condicionantes Estéticos (Ponderación: 2): La armonía y la integración estética del proyecto en el entorno son importantes para atraer visitantes y usuarios. Sin embargo, se considera menos determinante en la elección final.

Condicionantes Legales (Ponderación: 4): Cumplir con la legislación vigente es un requisito fundamental para cualquier proyecto. Dado su carácter obligatorio, se le asigna una ponderación significativa.

Estas ponderaciones reflejan la importancia relativa de cada condicionante en la toma de decisiones. Con estos coeficientes de ponderación, se podrá realizar un análisis multicriterio exhaustivo y objetivo para identificar la alternativa de ampliación del puerto deportivo que mejor se ajuste a los objetivos y necesidades del proyecto.

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Condicionantes económicos	5	4	4
Condicionantes funcionales	2	4	4
Condicionantes ambientales	4	3	3
Condicionantes estéticos	3	5	4
Condicionantes técnicos	4	4	4
Condicionantes legales	5	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>88</b>	<b>91</b>	<b>88</b>

Tabla 9: Resultados de las ponderaciones

Como podemos observar, la propuesta que ha obtenido una mayor puntuación ha sido la segunda, mientras que la primera y la tercera obtienen la misma puntuación, muy cerca de la segunda propuesta. La solución adoptada, por lo tanto, será la segunda solución.



## 9. Estudio de soluciones de las obras de abrigo

El análisis proporcionado presenta una evaluación completa de diversas tipologías de mantos que podrían utilizarse en la construcción del dique del puerto deportivo. Se consideraron cinco tipos de mantos: escollera natural, cubos, cubípodos, acrópodos y cubípodos. Cada tipo se evaluó en función de sus características y ventajas, teniendo en cuenta aspectos como costos y desempeño en varios criterios.

Se realizó un cálculo importante del peso de las piezas del manto principal utilizando la fórmula de Hudson. Este cálculo es esencial para determinar el tamaño y espesor adecuados de las piezas.

Se verificó que los cubípodos cumplen con los requisitos de diseño para mantener mantos estables frente a roturas por el fondo, confirmando que su espesor es el adecuado.

Además, se establecieron criterios de elección basados en diferentes aspectos:

Criterios económicos: Consideraron los costos de construcción y mantenimiento.

Criterios ambientales: Evaluaron el impacto ambiental durante la construcción y operación.

Criterios funcionales: Se centraron en consideraciones estructurales y la capacidad de resistir el oleaje.

Criterios estéticos: Tomaron en cuenta el impacto visual generado por las opciones.

Tras el análisis multicriterio, se determinó que la mejor opción para el manto del dique es utilizar cubípodos. La decisión es emplear cubípodos monocapa para el tronco del dique y cubípodos bicapa para el morro, con un talud de 3/2 en ambos casos.

En el proceso de análisis y dimensionamiento de las obras de abrigo del dique, se han considerado tres secciones significativas: el morro, el contradique y el tronco. Para cada una de estas secciones, se han calculado la altura de ola de diseño teniendo en cuenta la rotura del oleaje y la profundidad a la que se encuentra el dique. Además, se ha decidido utilizar diferentes tipos de mantos: escollera natural en el contradique, cubípodos bicapa en el morro y cubípodos monocapa en el tronco.

Para determinar el peso y espesor del manto principal, se ha aplicado la fórmula de Hudson, que tiene en cuenta varios parámetros como el coeficiente de estabilidad, el ángulo del talud y las densidades del material. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Se ha calculado el peso y espesor de las capas de filtro, que son esenciales en la construcción del dique. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

El dimensionamiento de la berma de pie, que es la plataforma sobre la que descansa el manto principal, se ha realizado utilizando la fórmula de Van der Meer. Se han determinado las dimensiones adecuadas para cada sección del dique, teniendo en cuenta

la profundidad del mar, la altura de la ola y otros factores. Los resultados se detallan en la Tabla 9.

Para la cota de coronación del dique, se ha tenido en cuenta la altura de la ola de diseño, la carrera de marea y el posible impacto del cambio climático. Se ha calculado una elevación mínima de la cota de coronación para garantizar la seguridad y la protección a lo largo del tiempo.

Finalmente, se ha realizado el cálculo del espaldón del dique utilizando el método propuesto en el "Manual del Cubípedo". Se han calculado las fuerzas horizontales y verticales que actúan sobre el espaldón, teniendo en cuenta diversas variables como la densidad del agua, la altura del espaldón y la longitud de onda local. Los resultados indican las fuerzas que debe resistir el espaldón del dique.

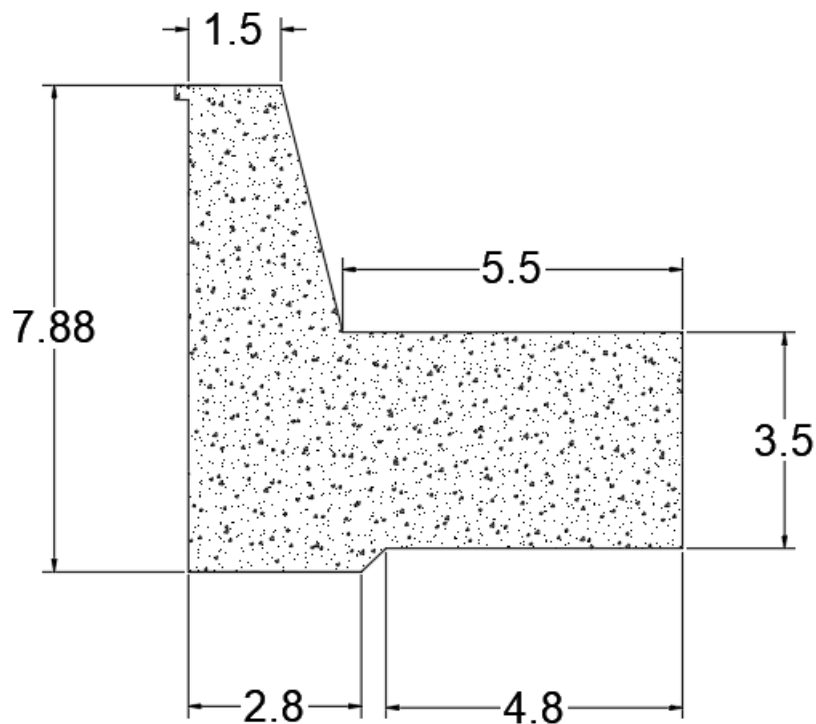


Figura 27: Dimensiones del espaldón

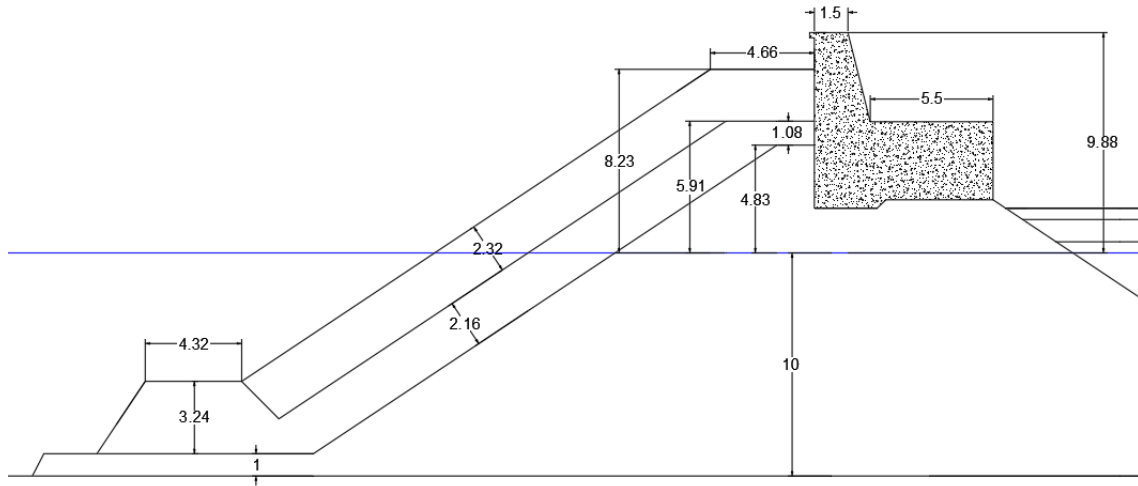


Figura 28: Sección del tronco del dique

## 10. Dimensionamiento del muelle

Un muelle de bloques es una estructura marítima diseñada para facilitar las operaciones portuarias al proporcionar un espacio seguro y estable donde los barcos pueden atracar y cargar o descargar cargas. Estos muelles están compuestos por un conjunto de bloques de hormigón dispuestos sobre una banqueta de todo-uno o escollera, que se prepara de manera nivelada. La solidez y la masa inherente de los bloques, junto con la fricción entre ellos y su conexión con la banqueta enrasada, contribuyen a la resistencia por gravedad del muelle, permitiendo que resista de manera efectiva las fuerzas del agua en movimiento, como las olas y las corrientes marinas.

Los bloques utilizados en estos muelles suelen tener forma paralelepípeda y pueden ser sólidos o contener cavidades internas para reducir su peso y facilitar su manipulación. Esta disposición estratégica de los bloques garantiza la estabilidad de la estructura y su capacidad para soportar las fuerzas marítimas.

La construcción de un muelle de bloques sigue un procedimiento que incluye las siguientes etapas:

1. **Dragado de la Zanja para la Cimentación de la Banqueta:** Se excava y elimina el material del lecho marino para crear una zanja donde se ubicará la cimentación de la banqueta del muelle.
2. **Mejora del Terreno de Cimentación (si es necesario):** Si el proyecto lo requiere, se realizan acciones para mejorar la capacidad de carga y estabilidad del terreno de cimentación en la zanja excavada.
3. **Construcción de la Banqueta de Cimentación:** Se construye la superficie sobre la cual se asentarán los bloques de hormigón. Esta banqueta se enrasa y se prepara cuidadosamente para asegurar una base sólida.
4. **Enrase de la Banqueta:** Se lleva a cabo el proceso de nivelación y ajuste fino de la banqueta de cimentación, asegurando que esté uniforme y en la posición adecuada para la colocación de los bloques.
5. **Fabricación y Acopio de Bloques:** Los bloques de hormigón se fabrican siguiendo especificaciones precisas y se almacenan en el lugar de construcción para su uso posterior.
6. **Colocación de los Bloques:** Los bloques de hormigón se disponen estratégicamente en la banqueta de cimentación, siguiendo un patrón específico y ajustándolos para asegurar una distribución uniforme y estable.
7. **Relleno de Trasdós:** Se rellena el espacio detrás de los bloques con material seleccionado para mejorar la estabilidad y el rendimiento del muelle.
8. **Rellenos:** En esta etapa, se realizan los rellenos necesarios para conformar la parte superior del muelle, proporcionando el perfil requerido para la superestructura.

9. **Superestructura:** La superestructura del muelle se construye sobre la base de los bloques. Esta puede incluir elementos como barandillas, grúas y otros accesorios necesarios para las operaciones portuarias.
10. **Pavimento:** Finalmente, se coloca el pavimento en la parte superior de la superestructura para crear una superficie adecuada para el tránsito de vehículos y personal.

El muelle tendrá las siguientes dimensiones:

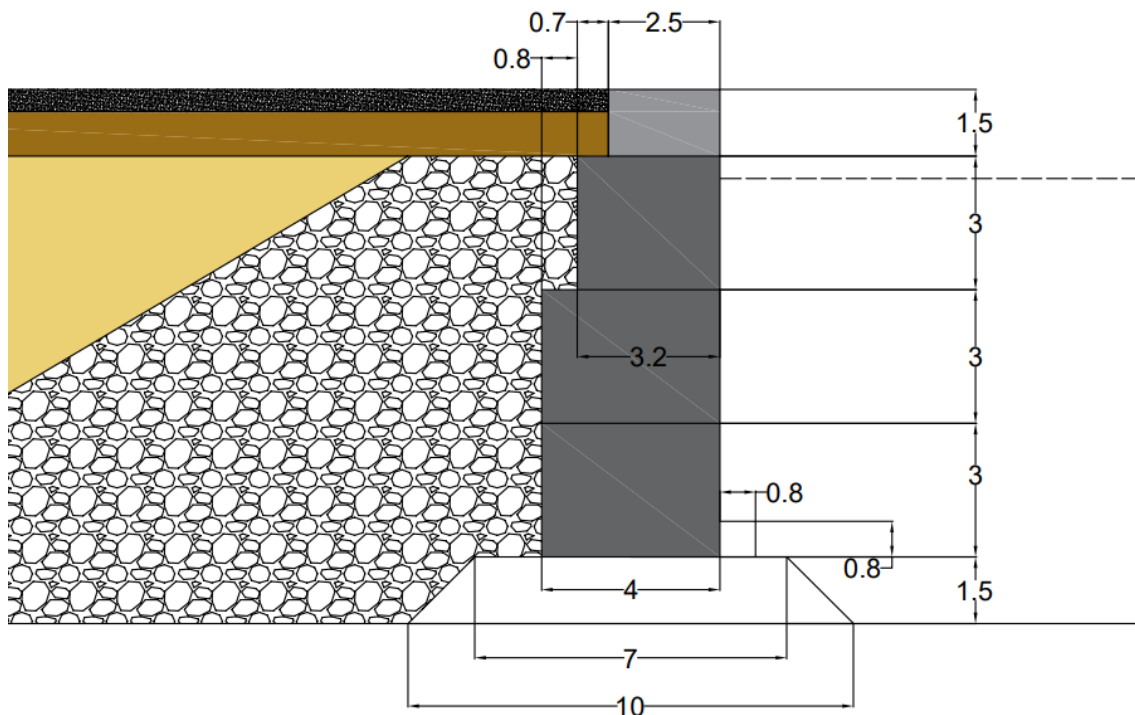


Figura 29: Dimensiones del muelle adosado al dique

Se ha garantizado que esta estructura cumpla los criterios de seguridad frente a vuelco, deslizamiento y hundimiento.

## 11. Valoración económica

### PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Capítulo	IMPORTE (€)
CAPÍTULO 1. REPLANTEO Y REPARACIÓN	8.176,31
CAPÍTULO 2. DEMOLICIONES	967.120,10
CAPÍTULO 3. DRAGADO	203.944,22
CAPÍTULO 4. OBRAS DE ABRIGO	9.741.253,77
CAPÍTULO 5. MUELLE	4.376.405,09
CAPÍTULO 6. SERVICIO DE REMOLCADOR	2.000,00

Presupuesto de ejecución material (€)	15.298.899,5
---------------------------------------	--------------

### PRESUPUESTO DE LICITACIÓN

Presupuesto de ejecución material (€)	15.298.899,50
16 % Gastos generales (€)	2.447.823,92
6 % Beneficio industrial (€)	917.933,97
<b>Total €</b>	<b>18.664.657,39</b>

<b>21% de IVA</b>	<b>22.584.235,44 €</b>
-------------------	------------------------

## Conclusiones

El "Estudio de soluciones de las obras de abrigo y ordenación interior del Puerto Deportivo de la Vila Joiosa (T.M. la Vila Joiosa, Alicante)" ofrece una visión integral de las propuestas y soluciones planteadas para el desarrollo y expansión del puerto deportivo en la región. Esta memoria y sus anexos proporcionan una evaluación exhaustiva de la viabilidad de este proyecto, que, según las conclusiones expuestas, podría satisfacer tanto las necesidades actuales como las futuras de la región y la comunidad valenciana en su conjunto.

La solución presentada en el estudio refleja una planificación adecuada y prevé el crecimiento proyectado en la región, lo que sugiere que se ha tenido en cuenta la demanda potencial de instalaciones portuarias. Sin embargo, es importante destacar que este tipo de obras, especialmente las relacionadas con infraestructuras portuarias y marítimas, tienden a ser costosas. Por lo tanto, antes de tomar una decisión definitiva, es esencial llevar a cabo un estudio de amortización para evaluar su viabilidad económica a largo plazo.

El impacto económico de la realización de estas obras en la región sería significativo. La expansión y modernización del Puerto Deportivo de la Vila Joiosa generaría una serie de beneficios económicos tanto a nivel local como regional:

1. **Generación de empleo:** La construcción y operación del puerto deportivo requeriría una fuerza laboral significativa, lo que resultaría en la creación de empleos directos e indirectos para la comunidad local. Esto contribuiría a reducir las tasas de desempleo y mejorar el nivel de vida de los residentes locales.
2. **Aumento del turismo:** Un puerto deportivo mejorado atraería a más visitantes y turistas, lo que se traduciría en un aumento de los ingresos por turismo en la región. Los turistas que lleguen al puerto también gastarían en servicios locales, como restaurantes, tiendas y actividades recreativas.
3. **Inversión en infraestructura:** La construcción y el mantenimiento del puerto requerirían una inversión significativa en infraestructura, lo que beneficiaría a las empresas locales que participan en la construcción y el suministro de materiales.
4. **Desarrollo de actividades náuticas y deportivas:** Un puerto deportivo modernizado podría atraer a deportistas y entusiastas de actividades náuticas, lo que estimularía la industria del deporte y la recreación en la región.
5. **Aumento del valor de las propiedades:** La mejora de la infraestructura y la atraktividad del área podrían aumentar el valor de las propiedades en la cercanía del puerto, lo que beneficiaría a los propietarios locales.

En resumen, la expansión del Puerto Deportivo de la Vila Joiosa podría tener un impacto económico positivo en la región, generando empleo, atrayendo turismo e inversión, y promoviendo el desarrollo de actividades relacionadas con el mar. Sin embargo, es crucial realizar un estudio económico detallado para evaluar la viabilidad financiera antes de embarcarse en un proyecto de esta envergadura.

*"Con la confianza en que este proyecto de expansión del Puerto Deportivo de la Vila Joiosa brindará un futuro próspero y enriquecedor para nuestra comunidad, firmo con compromiso y entusiasmo por un desarrollo sostenible y económico que perdurará en el tiempo."*

Lima, Perú, a 1 de septiembre del 2023



Álvaro Olmos Pérez