

MILLORA DEL DISSENY DEL PROJECTE DE REFORÇ DEL DIC DE RECER DEL PORT D'ARENYS DE MAR

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS DEL PROJECTE	1
1.1. INTRODUCCIÓ	1
1.2. HISTÒRIA	1
1.3. TRAMITACIÓ DEL PRIMER PROJECTE	3
1.4. PLA ESPECIAL.....	4
2. OBJECTIUS.....	5
3. TREBALLS I ESTUDIS PRELIMINARS.....	6
3.1. TREBALLS DE CAMP I SISTEMA DE REFERÈNCIA	6
3.2. ESTUDI GEOTÈCNIC.....	7
3.3. CLIMA MARÍTIM I PROPAGACIÓ	8
3.4. ESTUDI DE CLIMA MARÍTIM.....	8
3.4.1. FONT DE DADES.....	8
3.4.2. NIVELLS DEL MAR	9
3.4.3. RÈGIM MIG DE L'ONATGE	9
3.4.4. RÈGIM EXTREMAL DE L'ONATGE.....	10
3.5. PROPAGACIÓ DE L'ONATGE.....	11
4. ESTUDI D'ALTERNATIVES	12
4.1. REFORÇ DE L'ESPATLLER DEL DIC DE RECER I CONSTRUCCIÓ DE NOU MOLL	12
4.2. CONSTRUCCIÓ DEL NOU MARTELL	14
4.3. APROFITAMENT DEL MOLL	15
4.4. CONSTRUCCIÓ D'UN PASSEIG-MIRADOR SOBRE EL DIC DE RECER	15
5. ESTUDIS REALITZATS PER A LA VALIDACIÓ DE LA SOLUCIÓ	17
5.1. ESTUDI D'ULTRAPASSAMENT.....	17
5.1.1. METODOLOGIA.....	17
5.1.2. DIAGNOSI DE L'ESTAT ACTUAL.....	18
5.1.3. VALIDACIÓ DE LA SOLUCIÓ PROPOSADA	18
5.1.4. CONCLUSIONS	20
5.2. ESTUDI D'OPERATIVITAT	20
5.2.1. METODOLOGIA I CRITERIS D'OPERATIVITAT.....	20

5.2.2. RESULTATS COMPARATIUS DE L'OPERATIVITAT	22
5.2.3. ANÀLISI COMPLEMENTÀRIA DE L'EFFECTE DE LES GARBINADES EN ZONES INTERIORS.....	23
5.2.4. CONCLUSIONS	24
5.3. ESTUDI DE MANIOBRABILITAT	25
5.3.1. METODOLOGIA I ESCENARIS ANALITZATS	25
5.3.2. RESULTATS DE LES MANIOBRES	26
5.3.3. ESPAIS DE NAVEGACIÓ SEGURA.....	26
5.3.4. CONCLUSIONS	28
5.4. ESTUDI DE DINÀMICA LITORAL	29
5.5. ESTUDI DE CANVI CLIMÀTIC.....	29
5.6. ESTUDI AMBIENTAL I COMPATIBILITAT AMB LES ESTRATÈGIES MARINES.....	30
5.7. ESTUDI D'IMPACTE PAISATGÍSTIC.....	31
5.7.1. CONCA VISUAL I PUNTS DE VISTA	32
5.7.2. SITUACIÓ FUTURA I ANÀLISI PER PUNTS DE VISTA	32
5.7.3. ANÀLISI I VALORACIÓ DELS IMPACTES.....	33
5.7.4. CONCLUSIONS	34
5.8. COMPLIMENT DE LA NORMATIVA URBANÍSTICA VIGENT	34
6. NORMATIVA D'APLICACIÓ.....	36
7. EQUIP REDACTOR DELS ESTUDIS I MILLORA DEL DISSENY DEL PROJECTE	37
8. CONCLUSIÓ	38
9. ANNEXES.....	42

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS DEL PROJECTE

1.1. INTRODUCCIÓ

El present document de millora de disseny té per objecte aplicar el resultat dels estudis previs realitzats per al reforç del dic de recer del Port d'Arenys de Mar, amb la finalitat de millorar les condicions de seguretat, funcionalitat i operativitat de la infraestructura portuària.

El dic de recer constitueix l'element principal de protecció del port davant l'acció de l'onatge. No obstant això, l'experiència acumulada durant els darrers anys ha posat de manifest diverses problemàtiques de seguretat associades a l'ultrapassament de l'onatge en episodis de temporal al llarg de tot el dic i especialment al tram final, ja que el mur espatller no continua a la zona del varador. Malgrat s'han anat fent actuacions de creixements parcials i de reforç d'escullera encara hi ha onatges que sobrepassen el dic comprometent la seguretat del vial i les instal·lacions.

D'altra banda els temporals de garbí, més freqüents i cada cop més energètics com el Harris de gener de 2026, comprometen la funcionalitat del port ja que entren directament per bocana generant una agitació interior que afecta l'operativa portuària, obliguen a reforçar amarres de les zones tècniques i puntualment a desplaçar algunes embarcacions pesqueres de davant de la llotja.

Aquesta situació, juntament amb els danys produïts per temporals recents i amb les previsions del Pla Especial del Port d'Arenys de Mar, fa necessari plantejar una actuació integral sobre el dic de recer. L'actuació projectada persegueix, d'una banda, reduir els cabals d'ultrapassament i millorar la protecció davant els temporals marítims i, de l'altra, reduir l'agitació interior a la bocana i a les zones més exposades del port.

El document de millora de disseny incorpora els estudis tècnics necessaris per optimitzar la solució inicialment adoptada i verificar-ne la idoneïtat.

En conjunt, el present document de millora de disseny defineix una solució que permet reforçar el dic de recer, millorar les condicions d'abric i operativitat del port, habilitar nous espais portuaris per als nous usos previstos al planejament i garantir que les actuacions projectades són compatibles amb el funcionament actual del port, amb el planejament vigent i amb les condicions marítimes presents i futures. En l'optimització de la solució també s'han tingut en compte les directrius del Pla de Ports pel que fa a adaptació al canvi climàtic i de integració port-ciutat. Així, s'ha adaptat la solució per tal que esdevingui un passeig per la població des d'on observar el mar i el paisatge d'Arenys.

1.2. HISTÒRIA

L'any 1922 es va iniciar la construcció del port d'Arenys de Mar, però els temporals van destrossar les instal·lacions i les obres van quedar interrompudes.

L'any 1947 es van reprendre les obres del port i el 1962 es va finalitzar el dic de llevant amb dos trams de 176 i 193 ml.

La secció tipus del dic està formada per un mur de l'espatller amb una amplada de 5,50 ml, distribuït a dues alçades i amb la cota de coronació màxima +6.20 m (U.T.M), i un mantell d'escullera conformada en dues

capas, una interior de 1.000 kg i una segona de 3.500 Kg com a escullera de protecció exterior, amb una amplada màxima a la cota 0,00 m del nivell del mar de 14,15 ml i una pendent màxima del talús 3:1.

ARENYS DE MAR B 102121 DIQUE DE PONIENTE-1ª ALINEACION

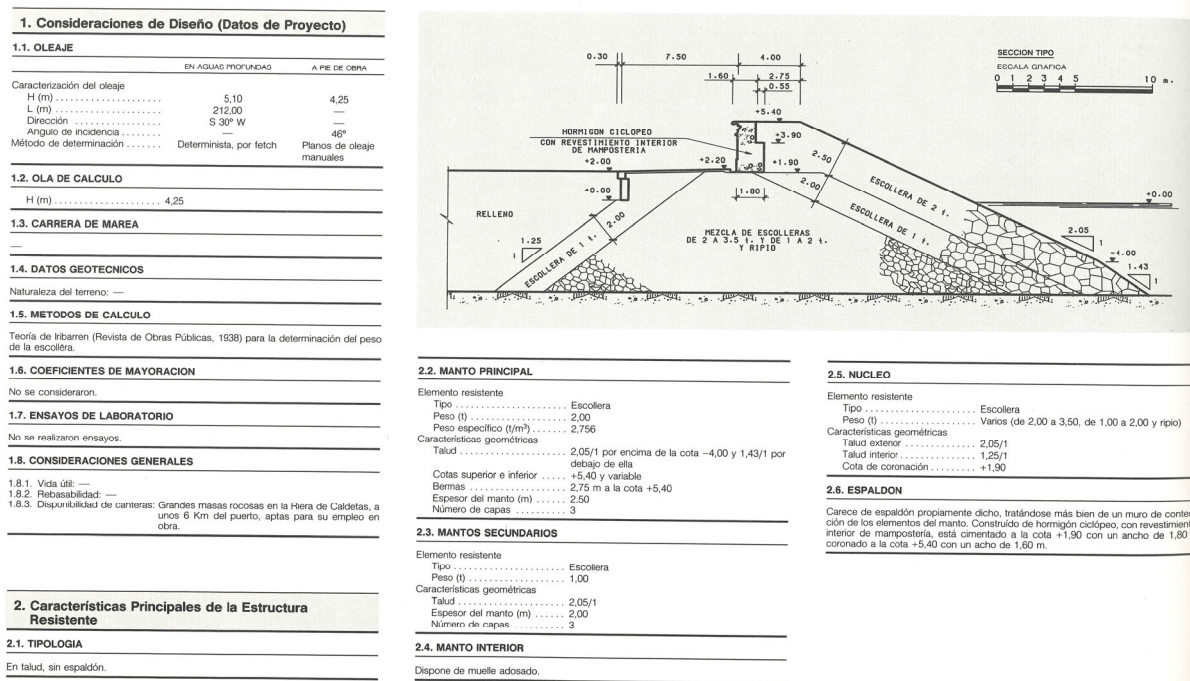


Figura 1 Característiques principals del dic de recer del port d'Arenys de Mar.

L'any 1996 es va ampliar 105 ml el dic de recer amb una 4a alineació per donar més protecció a les aigües internes del port d'Arenys de Mar de l'agitació, configurant una quarta alineació.

Malgrat els dos trams allargats l'amplitud de la bocana fa que amb vent i onatge de garbí entri directe al port produint una agitació que impedeix l'operativa portuària. Així, sovint cal reforçar amarres i fins i tot alguns vaixells de pesca de la dàrsena exterior es refugien a la dàrsena interior.

La tercera i la quarta alienació no disposen d'espalller de protecció per l'ultrapassament de l'onatge atès que no hi havia activitats ni instal·lacions al darrere.

Al gener de 2019 es va fer un projecte de reparació del dic de recer del port d'Arenys arrel dels danys soferts pel temporals:

- de Sant de Esteve de 2008 ja que bona part de la protecció del dic va desaparèixer i es va produir un important ultrapassament, causant danys a les instal·lacions del darrere, edificacions i embarcacions.
- de 2018 que va deixar avaries serioses a l'escullera de protecció



Imatge 1 Imatges d'ultrapassament a l'accés al Varador del temporal de 01.03.2018.

1.3. TRAMITACIÓ DEL PRIMER PROJECTE

Pel que fa a la informació oficial, als mesos de juliol i agost de 2019 el “*Projecte de Reforç del dic de recer del port d'Arenys de Mar. Juny 2019*” es va enviar als següents organismes competents:

- Ajuntament d'Arenys de Mar. Sense resposta
- Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. Al gener de 2020 emet Informe d'impacte ambiental, pel qual es determina que no s'ha de sotmetre a una avaluació d'impacte ambiental
- Dirección General de la Costa y el Mar, Ministerio Transición Ecológica. A l'agost de 2020 emet Informe de Compatibilitat favorable amb prescripcions

També es va trametre per al coneixement dels següents usuaris afectats, sense rebre resposta de cap d'ells:

Club Nàutic Arenys de Mar, Club de Pesca Mar Sport, Tramonana Empresarial, Confraria de Sant Elm, Drassanes Dalmau, Varador 2000

Al 2021 es van recollir les prescripcions de la Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural, i també es van actualitzar les hipòtesis de partida (després del temporal Glòria va ser necessari reconsiderar el clima extremal), i es va redactar el “*Projecte de Reforç del dic de recer del port d'Arenys de Mar_v2. Octubre 20201*” i es va enviar el novembre de 2021 als següents organismes competents:

- Ajuntament d'Arenys de Mar. Sense resposta
- Capitania Marítima de Barcelona: al febrer del 2022 emet informe favorable amb prescripcions
- Departament D'acció Climàtica, Alimentació I Agenda Rural: a l'abril del 2022 emet informe favorable amb prescripcions
- Demarcación de Costas en Catalunya. Sense resposta

També es va trametre per al coneixement dels següents usuaris afectats: ARESA. CONFRARIA DE SANT ELM. CLUB DE PESCA MAR SPORT. DRASSANES DALMAU, VARADOR 2000 I CLUB NÀUTIC ARENYS DE MAR: qüestionen el nou martell per maniobrabilitat.

Per tant, el Síndic de Greuges va requerir que es fessin estudis complementaris com a mínim de batimetria, maniobrabilitat, clima marítim i dinàmica litoral que justifiquin la solució adoptada o estudiïn alternatives per garantir la seguretat del port.

El temporal Glòria de gener de 2020 va obligar a prendre mesures d'urgència i reposar l'escullera del dic. Però aquestes obres només responien a les obres essencials de reparació, no a tot l'abast de les problemàtiques detectades al Pla Especial.

Al març de 2025 es fa una licitació per fer els estudis complementaris escaients i amb aquests estudis fer una valoració i nou disseny. Aquests contracte es va adjudicar a Enginyeria Reventós i és l'objecte d'aquest document.

1.4. PLA ESPECIAL

Del sector industrial el Pla Especial, aprovat l'any 2013, fa la següent diagnosi:

L'activitat de la zona de drassanes és la més important dels ports catalans després del port de Barcelona i de Tarragona. Cal mantenir i millorar les instal·lacions de la zona tècnica. Tanmateix la demanda de noves i més diverses activitats al port d'Arenys recomana una concentració d'aquestes activitats al moll adossat del dic de recer. Amb aquesta estratègia es permet el desenvolupament en el moll de ribera de les activitats esportives, dels equipaments del lleure i de la cultura i dels usos terciaris de serveis relacionats amb el turisme.

L'activitat de drassanes es pot mantenir i ampliar, ja que pocs ports catalans disposen de les infraestructures d'Arenys. Seguint el criteri de concentració dels sectors, convé concentrar les seves activitats al dic de llevant.

Dins de les actuacions proposa:

*El moll de llevant acull les activitats de reparació i manteniment d'embarcacions de la zona tècnica. Es preveu millorar i incrementar les infraestructures destinades a aquests usos, mitjançant el increment de la superfície de terra i d'aigua disponible, a més d'oferir més espais tancats. En aquest sentit **es proposa aprofitar les ultimes alineacions del dic d'abric, com a moll d'espera, per a l'acolliment de grans eslores associat a l'àrea de manteniment i reparacions.***



Figura 2 Planta general definida en el Pla Especial.

2. OBJECTIUS

Els objectius que es persegueixen són:

- Millorar la seguretat de port en situacions de clima extremal evitant l'ultrapassament de l'onatge a tot el llarg del dic de recer.
- Incrementar l'operativitat del port per agitació.
- Possibilitat de generar nous aprofitaments.
- Aprofitar la infraestructura per generar nous espais d'integració port-ciutat.

Per tenir més informació i poder optimitzar les solucions es fan estudis de partida més acurats de topografia, batimetria, geotècnia, clima marítim i propagació d'onatge.

Amb aquestes dades s'estudien alternatives de:

- Construcció de l'espalller del dic de recer al tram del varador
- Construcció de nou botaones per evitar l'ultrapassament de l'onatge a tot el llarg del dic de recer.
- Nou martell al morrot del dic de recer per a protegir de l'agitació interior i millorar les condicions d'operativitat del port en règim mig.
- Construcció d'un passeig-mirador sobre el dic de recer per assolir una millor integració port-ciutat.

Aquestes alternatives es valoren per veure la millora que suposa la solució proposada amb estudis de:

- Ultrapassament de l'onatge per garantir la seguretat al llarg de tot el dic.
- Operativitat segons el nivell d'agitació per la funcionalitat de les activitats als diferents sectors.
- **Maniobrabilitat dels vaixells pesquers i esportius en les condicions més desfavorables i determinació dels espais de navegació segura.**

TANTMATEIX ES FAN ELS ESTUDIS PER GARANTIR QUE AQUESTES SOLUCIONS NO TINGUIN UN IMPACTE IMPORTANT:

- Estudi de dinàmica litoral per evitar afectacions a platges.
- Efectes del canvi climàtic.
- Estudi ambiental.
- Estudi d'impacte paisatgístic.
- Compliment de la normativa urbanística.

Aquest conjunt d'actuacions permet millorar la protecció del port davant l'acció de l'onatge, reduir l'agitació interior a la bocana i habilitar nous espais per a usos portuaris i ciutadans.

Els àmbits d'actuació són diferents al llarg de tot el dic de recer:

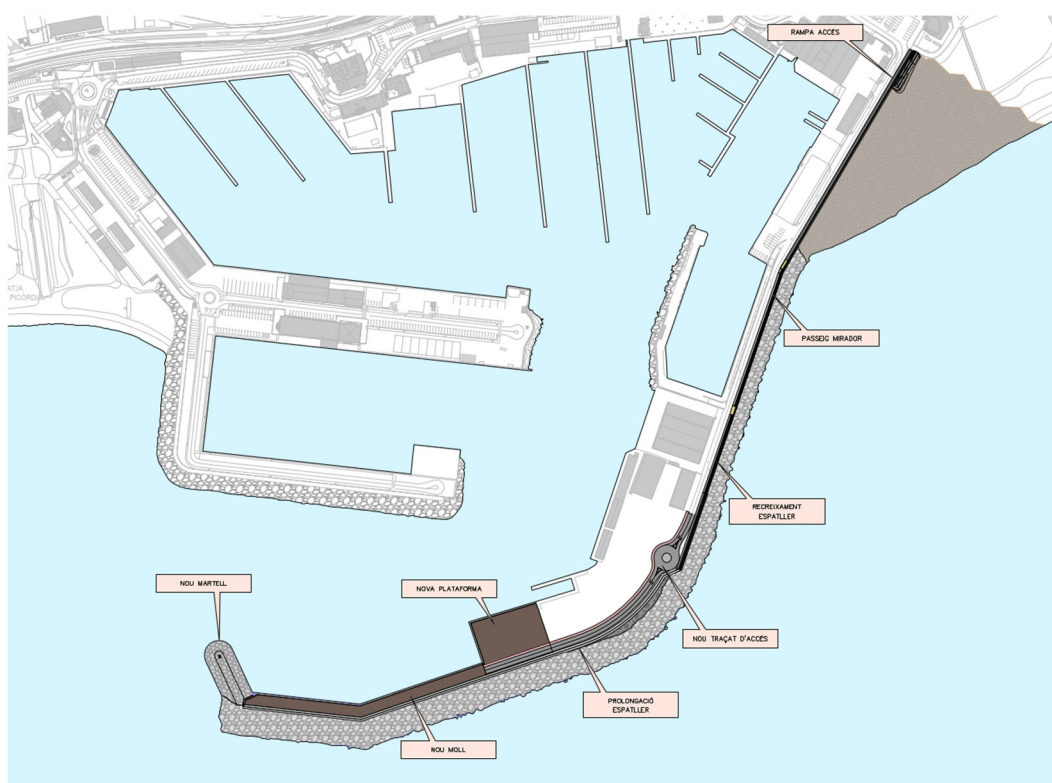


Figura 3 Planta general de les obres projectades.

3. TREBALLS I ESTUDIS PRELIMINARS

Per tenir més informació i poder optimitzar les solucions es fan estudis preliminars més acurats de topografia, batimetria, geotècnia, clima marítim i propagació d'onatge.

3.1. TREBALLS DE CAMP I SISTEMA DE REFERÈNCIA

El present document de millora de disseny incorpora un aixecament topogràfic realitzat en octubre del 2025, proporcionat per Ports de la Generalitat, i un aixecament batimètric que data de novembre de 2025, realitzat per TECNOAMBIENTE. Ambdós aixecaments es poden analitzar a l'Annex 01. *Topografia i batimetria*. El sistema de referència de les coordenades emprat per a la planimetria és l'ETRS89. Les cotes estan referides al Nivell Mitjà del Mar a Alacant (N.M.M.A.), també conegut com a Zero d'Alacant (Z.A.). Mentre que per la batimetria s'ha tingut en compte el nivell mig a Barcelona segons les dades de calibració del mareògraf de Puertos del Estado.

Segons la batimetria de novembre de 2025 s'observa una acumulació de sorra al morrot d'uns 40 m i una acumulació al colze del contradic. Malgrat això la batimètrica -4,00, marcada en color magenta, mostra una amplada d'uns 120m lliures.

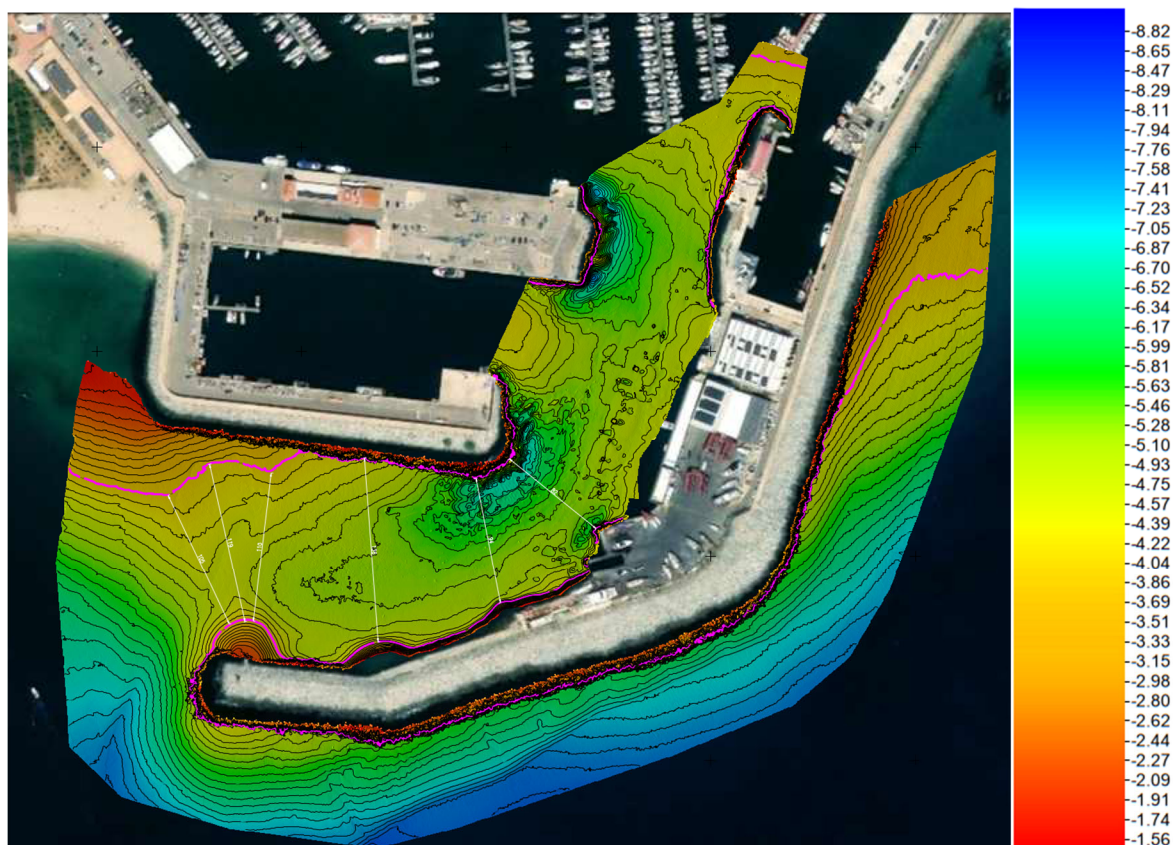


Figura 4 Batimetria de novembre de 2025.

3.2. ESTUDI GEOTÈCNIC

El present document de millora de disseny també incorpora un estudi geotècnic realitzat en febrer de 2026, realitzat per SOTASÒL. L'estudi es pot analitzar a l'Annex 03. *Geotècnia*. L'objectiu de l'estudi era caracteritzar el subsòl a la zona d'actuació per tal de definir les condicions de fonamentació del nou moll i les prescripcions dels materials de formigó estructural.

L'estudi ha permès identificar tres unitats geotècniques al subsòl:

Unitat R — Rebliment antròpic que constitueix el nucli dels molls, format per blocs d'escullera granítica amb sorres de granulometria variable. S'estén des de la superfície fins a profunditats d'entre 6,0 i 8,0 m.

Unitat A1 — Sorres de granulometria fina, coloració negra i abundant matèria orgànica, interpretades com a dipòsits de platja distal d'edat quaternària. Apareix per sota del rebliment i és molt poc resistent i altament deformable (mòdul pressiomètric $EM = 4,2$ MPa).

Unitat A2 — Sorres de granulometria mitjana i coloració marronosa, interpretades com a dipòsits litorals quaternaris. Presenta resistències notablement superiors a la unitat anterior ($NSPT = 25$, EM mitjà = $15,3$ MPa) i constitueix la unitat apta per a la fonamentació.

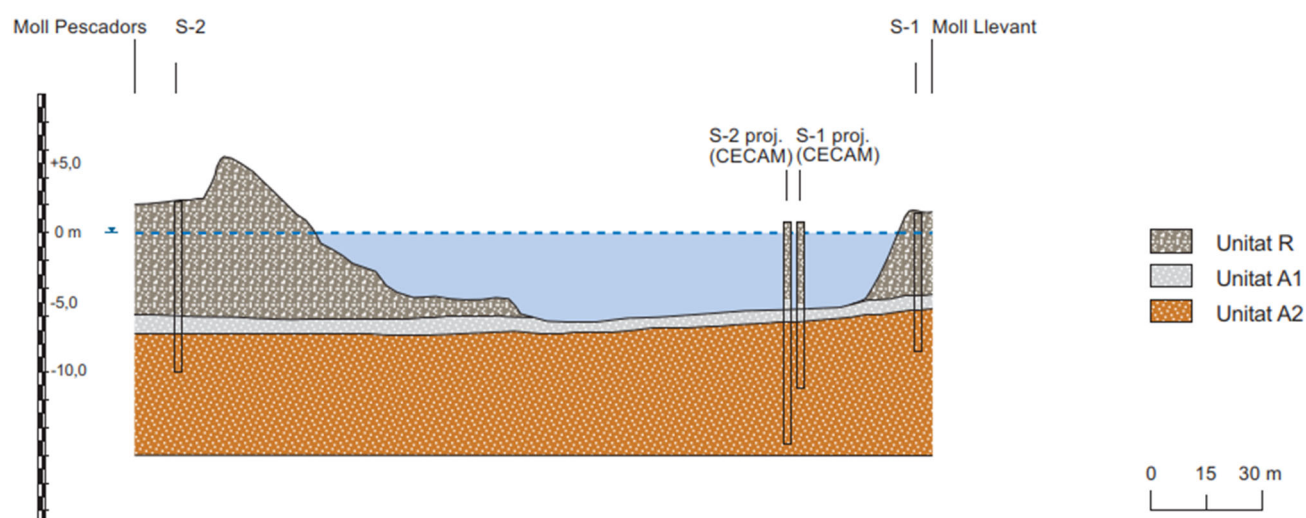


Figura 5 Tall geològic A.

Els espigons i molls existents recolzen sobre la unitat A1, que apareix a les cotes aproximades de $-4,5$ m i $-5,7$ m. Per sota, la unitat A2 s'inicia entre $-5,5$ m i $-7,1$ m. Donat que la unitat A1 és altament deformable, l'estudi recomana que el nou moll recolzi sobre la unitat A2, amb dragat previ de la capa superficial llimosa. La tensió admissible calculada per a la fonamentació sobre la unitat A2 és de $4,0 \text{ kp/cm}^2$ (amb factor de seguretat $FS = 3$), i l'assentament màxim estimat és de l'ordre de 5 cm.

3.3. CLIMA MARÍTIM I PROPAGACIÓ

L'objectiu del *Annex 03. Estudi de clima marítim i propagació* és determinar les condicions marítimes de disseny que actuen sobre les obres projectades i obtenir els paràmetres necessaris per al dimensionament i verificació de les diferents actuacions.

L'estudi, realitzat per ECOSOST, comprèn la caracterització del règim d'onatge en aigües fondes, l'anàlisi del nivell del mar, el clima de vents i la propagació numèrica de l'onatge fins a l'entorn del Port d'Arenys de Mar.

Amb aquesta finalitat s'ha realitzat una caracterització del clima marítim de la zona a partir de les dades actualitzades de hindcast de Puertos del Estado corresponents al node SIMAR 2115138. Paral·lelament, s'han analitzat els nivells del mar a partir de les dades registrades pel mareògraf Barcelona 2 de la xarxa REDMAR. A partir d'aquesta informació s'ha desenvolupat una propagació numèrica de l'onatge fins a l'entorn del Port d'Arenys de Mar per determinar les condicions d'onatge actuant sobre les diferents alineacions del dic de recer.

3.4. ESTUDI DE CLIMA MARÍTIM

3.4.1. FONT DE DADES

La caracterització del clima marítim s'ha realitzat a partir de les dades de hindcast de Puertos del Estado, corresponents al node SIMAR 2115138, situat a les coordenades $2,583^\circ\text{E}$ i $41,5^\circ\text{N}$, a aproximadament 50 m de profunditat davant la costa d'Arenys. El registre, amb periodicitat horària, abasta des de 1958 fins a l'actualitat.



Figura 6 Emplaçament punt SIMAR 2115138.

L'anàlisi de la marea s'ha realitzat a partir de les dades del Mareògraf de Barcelona 2 de la xarxa REDMAR.

3.4.2. NIVELLS DEL MAR

El règim mareal a la costa catalana és de tipus mixt amb predominança semidiürna. S'ha identificat una tendència creixent del nivell mitjà del mar d'aproximadament $0,557 \pm 0,060$ cm/any per al període 1993–2017.

El règim extremal del nivell del mar s'ha analitzat mitjançant el mètode POT (Peak Over Threshold) amb llinar $\eta > 0,6$ m, ajustant els valors a una distribució de Weibull. En coherència amb l'anàlisi conjunt amb l'onatge, la marea considerada en els càlculs correspon a un període de retorn de 5 anys (variable secundària en l'anàlisi multivariable). Els nivells de càlcul adoptats, referits al NMMA, s'indiquen a la taula següent:

Escenari	Estima central (m)	Banda de confiança 90% (m)
Tr=5 anys	0.80	0.82
Tr=5 anys + Canvi climàtic	1.07	1.18

Taula 1. Nivells de mar de càlcul referits al NMMA.

Per tant, els nivells màxims de càlcul adoptats en el projecte són $N_{MAX} = +0,82$ m i $N_{MAX+CC} = +1,18$ m (banda de confiança del 90%).

3.4.3. RÈGIM MIG DE L'ONATGE

La caracterització del règim mig de l'onatge s'ha realitzat a partir de la sèrie històrica del node SIMAR 2115138, situada davant la costa d'Arenys de Mar. L'anàlisi de la distribució direccional mostra que l'onatge es concentra principalment entre els sectors ENE i SW, essent el sector SSW el més freqüent amb un 21.4%. Aquest sector és el més vulnerable en termes d'agitació atès que entra directament per una bocana de 180m d'amplada i afecta a la operativitat del port.

Pel que fa a l'energia, els sectors més actius corresponen als llevants (E i ESE), característics dels grans temporals hivernals del Mediterrani occidental.

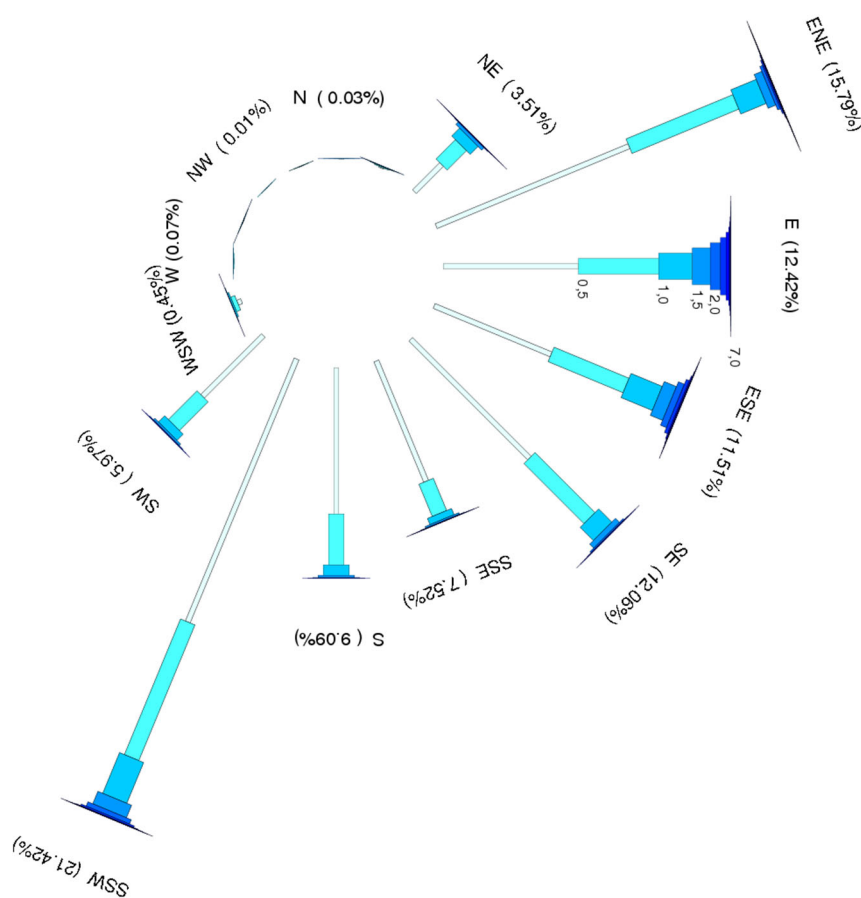


Figura 7 Rosa d'onatge a aigües fondes.

La caracterització estadística del règim mig s'ha dut a terme mitjançant l'ajust de les dades d'alçada significativa d'ona a una distribució de Weibull, la qual permet definir les condicions representatives d'onatge utilitzades posteriorment en les simulacions de propagació.

3.4.4. RÈGIM EXTREMAL DE L'ONATGE

L'anàlisi del règim extremal s'ha realitzat aplicant la teoria de valors extrems sobre els sectors més energètics de l'onatge. La selecció dels temporals independents s'ha efectuat mitjançant el mètode POT, ajustant posteriorment les mostres a distribucions de Weibull per estimar els valors associats a diferents períodes de retorn.

D'acord amb les recomanacions de la ROM 1.0-09 i atenent a les característiques de l'obra projectada, s'han considerat períodes de retorn de 50 anys (ELS) i 240 anys (ELU) per a la definició de les condicions extremes de càlcul, amb un escenari addicional de canvi climàtic (240+CC).

Els resultats obtinguts indiquen que els temporals més desfavorables continuen associats als sectors de llevant, especialment E i ESE, amb alçades significatives que superen els 6 m per al període de retorn de 50 anys i que poden assolir valors propers als 9 m per al període de retorn de 240 anys considerant la banda superior de confiança.

3.5. PROPAGACIÓ DE L'ONATGE

Una vegada caracteritzat el clima marítim en aigües fondes, s'han propagat les condicions d'onatge fins a la zona d'actuació mitjançant el model SWAN. Les simulacions s'han desenvolupat sobre una malla exterior que inclou el node SIMAR i una malla de detall centrada en el Port d'Arenys de Mar, permetent reproduir els efectes de refracció, asomerament i interacció amb la batimetria local.

Per al règim mig s'han propagat 1.000 clústers representatius del registre històric, seleccionats mitjançant l'algoritme de màxima dissimilitud (MaxDiss), que garanteix la cobertura de tot l'espai de condicions. Per al règim extremal s'han propagat directament els casos de càlcul definits en la taula següent:

Onatge extremal Node SIMAR		Tr = 50 anys		Tr = 240 anys	
		EC	BC 90%	EC	BC 90%
NE	Hs (m)	4.06	4.87	5.30	7.13
	Tp (s)	10.00	10.50	11.50	13.00
ENE	Hs (m)	5.46	6.83	6.44	8.89
	Tp (s)	11.50	12.50	12.00	14.00
E	Hs (m)	5.99	6.84	7.15	8.79
	Tp (s)	11.00	12.00	12.50	13.50
ESE	Hs (m)	5.03	5.60	5.79	6.77
	Tp (s)	10.00	10.50	11.00	11.50
SE	Hs (m)	4.16	4.80	5.03	6.30
	Tp (s)	9.00	9.50	10.00	10.50
SSE	Hs (m)	3.57	4.14	4.38	5.62
	Tp (s)	8.50	9.00	9.50	10.00
S	Hs (m)	3.37	3.79	3.93	4.70
	Tp (s)	8.00	8.50	9.00	9.50
SSW	Hs (m)	4.50	5.00	5.15	6.10
	Tp (s)	10.00	10.50	10.50	11.00
SW	Hs (m)	3.31	3.68	3.78	4.44
	Tp (s)	8.50	9.00	9.00	9.50

Taula 2 Condicions d'onatge extrem en aigües fondes associats a l'estima central i a la banda de confiança superior del 90%.

Els resultats de les propagacions han permès obtenir les condicions d'onatge a peu d'obra per a cadascuna de les alineacions del dic de recer, tant en règim mig com extremal. A continuació es mostren els valors màxims d'onatge obtinguts a peu de dic al llarg de tot el dic de recer per als tres escenaris d'estudi:

Sector	Tr=50a; EC			Tr=50a; BC		
	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
NE	1.13	9.8	121.5	1.30	10.8	122.7
ENE	2.91	11.9	123.0	3.46	13.1	123.5
E	3.87	10.8	125.3	4.09	11.9	125.7
ESE	3.73	9.8	129.5	3.88	10.8	130.6
SE	3.53	8.8	143.8	3.82	9.8	145.5
SSE	3.24	8.8	154.5	3.61	8.8	154.2
S	2.96	8.0	162.1	3.33	8.8	164.5
SSW	3.87	9.8	174.6	4.13	10.8	172.2
SW	2.32	8.8	181.3	2.65	8.8	180.7

Sector	Tr=240a; EC			Tr=240a; BC		
	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
NE	1.45	11.9	124.4	1.89	13.1	125.7
ENE	3.26	11.9	123.3	3.90	14.5	122.6
E	4.10	13.1	124.8	4.20	13.1	128.4
ESE	3.96	10.8	130.8	4.09	11.9	131.1
SE	3.93	9.8	145.3	4.16	10.8	144.9
SSE	3.78	9.8	153.9	4.07	9.8	153.4
S	3.51	8.8	164.0	3.90	9.8	163.9
SSW	4.17	10.8	172.4	4.40	10.8	173.1
SW	2.72	8.8	180.7	3.25	9.8	180.2

Sector	Tr=240a+CC; EC			Tr=240a+CC; BC		
	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)
NE	1.43	11.9	123.5	1.87	13.1	124.9
ENE	3.27	11.9	122.8	3.98	14.5	122.0
E	4.26	13.1	125.6	4.49	13.1	125.7
ESE	4.07	10.8	130.6	4.26	11.9	130.9
SE	4.03	9.8	145.1	4.30	10.8	144.6
SSE	3.85	9.8	153.9	4.22	9.8	154.2
S	3.54	8.8	164.3	4.01	9.8	164.3
SSW	4.26	10.8	172.6	4.58	10.8	173.5
SW	2.71	8.8	181.2	3.24	9.8	180.8

Taula 3 Onatge propagat fins a peu de dic. Valors màxims obtinguts al llarg del dic de recer.

4. ESTUDI D'ALTERNATIVES

Un cop es disposen dels estudis de detall de caracterització del medi i del port s'estudien les alternatives per a la millora de les solucions segons els objectius indicats de seguretat, operativitat i integració.

4.1. REFORÇ DE L'ESPATLLER DEL DIC DE RECER I CONSTRUCCIÓ DE NOU MOLL

L'actuació principal sobre el dic de recer consisteix en el reforç de la seva secció mitjançant la construcció o recreixement de l'espalller existent, així com en la generació d'una nova plataforma portuària a la cara interior del dic.

L'objectiu d'aquesta actuació és reduir els cabals d'ultrapassament associats als temporals marítims i, simultàniament, incrementar la superfície operativa del port mitjançant la creació d'un nou moll destinat a l'atraca d'embarcacions de gran eslora.

Els càlculs d'ultrapassament es presenten a l'annex 06.

Atesa la geometria variable del dic de recer, es defineixen diferents tipologies de secció per a cadascuna de les alineacions.

- **Alineació 1**

A l'Alineació 1, que correspon al tram inicial del dic de recer, l'actuació consisteix en el recreixement de l'espalller i la creació d'un passeig-mirador tal i com es descriu a l'apartat 3.3. L'espalller existent s'amplia i reforça mitjançant l'execució d'un recrescut de formigó en massa. La cota de coronació de l'espalller reforçat s'adapta a les cotes de coronació existents i a les necessitats hidràuliques determinades en l'estudi d'ultrapassament.

- **Colze**

A partir del colze del dic de recer, actualment no existeix espalller. Per això, en aquest tram es reforça la secció amb un nou espalller que corona a la +8.50m. La base de l'espalller presenta un ample de 3.30 m i recolza sobre una solera de formigó de neteja, situada a la cota +0.53m. L'espalller corona amb una configuració de botanes per a reduir els cabals d'ultrapassament per sobre del dic.

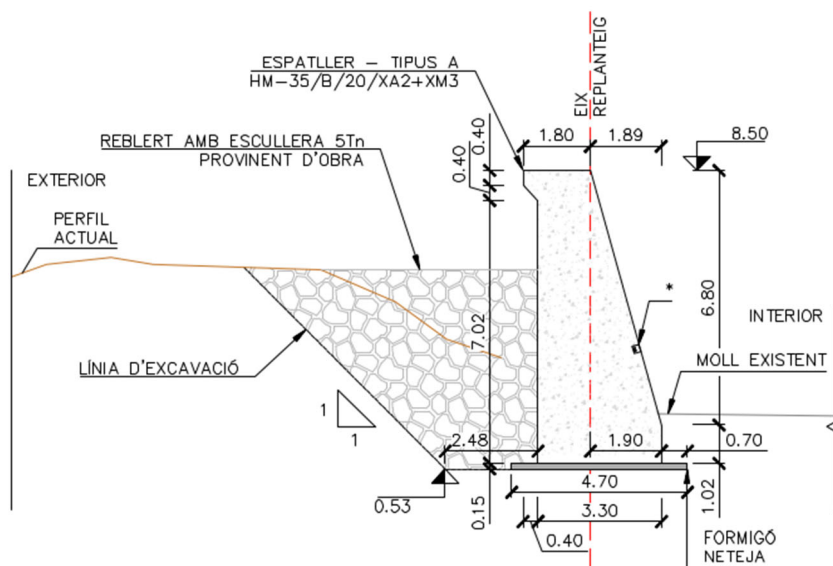


Figura 8 Secció tipus del nou espalller emplaçat a la zona del colze.

- **Alineació 2 i 3**

En l'Alineació 2 i 3 es prolonga l'espalller del colze. En aquests trams, els requeriments d'ultrapassament permeten reduir la cota de coronació de l'espalller fins a la cota +8.00m. La base de l'espalller presenta un ample de 3.30 m i recolza sobre una solera de formigó de neteja, situada a la cota +0.53m.

D'altra banda, en el costat interior s'executa una plataforma de 2.800 m² i s'habilita un moll per a l'amarrament d'embarcacions de grans eslores.

El moll es planteja com a una estructura de gravetat de 4.25 m d'ample i 5.50m d'alt executada amb formigó en massa submergit i amb una biga cantell de 1.50 m d'ample i 1.00 d'alt. El moll presenta una ample de 11m, corona a la cota +1.50m i es disposa sobre una banqueta de fonamentació d'escullera de 250 kg.

El paviment, tant del moll com de la plataforma, es dimensiona amb una capa de 50cm de sorres procedents del dragat, una capa de tot-ú artificial de 25cm de gruix. El paviment de formigó amb fibres sintètiques de 20 cm de gruix no es troba dins de l'abast de document de millora de disseny.

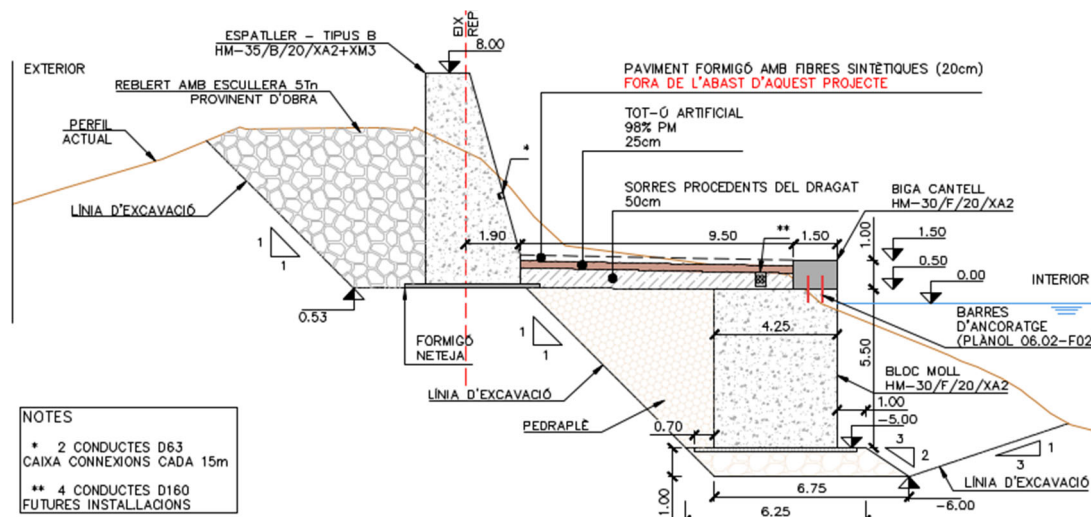


Figura 9 Secció tipus de l'actuació en les alineacions 2 i 3.

4.2. CONSTRUCCIÓ DEL NOU MARTELL

Amb l'objectiu de reduir l'agitació interior a la bocana i millorar les condicions d'operativitat del port, es projecta la construcció d'un nou martell a l'extrem exterior del dic de recer ortogonal al fetch costaner. Com es pot veure a la figura les alternatives anteriors no aturaven el fetch.

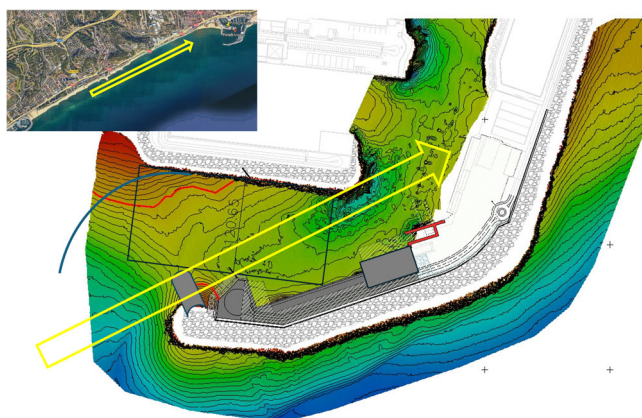


Figura 10 Esquema de direcció del fetch sobre l'actuació proposada i les alternatives.

El nou martell tindrà una longitud de 48.40 m i formarà un angle d'uns 121° respecte la última alineació del dic de recer existent. Aquest tacó protegeix les activitats i amarres del dic deixant una amplada de bocana de més de 120m, una amplada un 50% més gran que altres bocanes de ports propers com Blanes (88), Balís (83), Mataró (83), Premià (60) o Masnou (75).

L'estructura es resol mitjançant un dic en talús 1V:2H format per un nucli d'escullera tot-u sobre el qual es disposarà una capa de filtre d'escullera de 350-500 kg i un mantell exterior d'escullera de 3-5 t.

La cota de coronació del martell serà aproximadament +4,36 m. La seva geometria ha estat dimensionada tant per garantir l'estabilitat de l'estructura davant els temporals de projecte com per facilitar-ne l'execució mitjançant mitjans terrestres. Amb aquesta finalitat, el nucli corona a la cota +1,00 m i disposa d'una amplada de coronació de 6,00 m, que permet l'operació de la maquinària i la col·locació de les diferents capes d'escullera en condicions adequades de seguretat. A l'Annex 07. *Dimensionament martell* es verifica l'estabilitat de les peces que conformen el mantell.

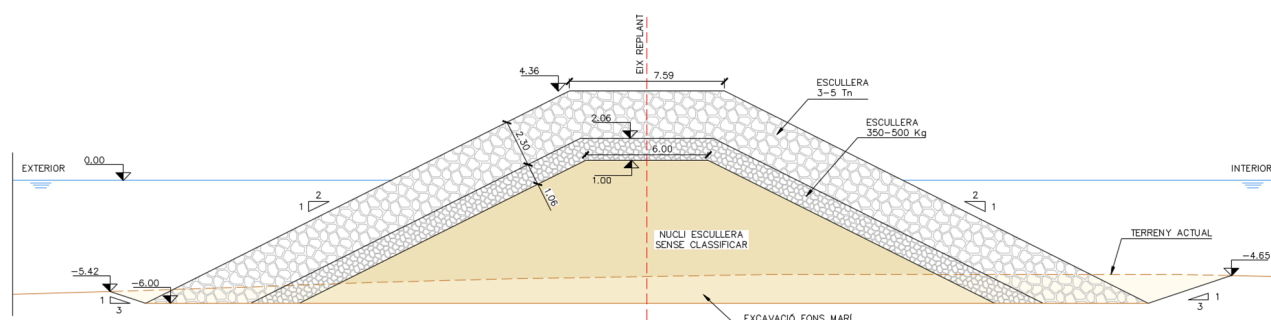


Figura 11 Secció tipus del nou martell.

4.3. APROFITAMENT DEL MOLL

L'aprofitament del moll per amarrament quedarà condicionat a l'amplada de canal lliure disponible per garantir la seguretat i maniobrabilitat. Aquest espai no es podrà ocupar per cap tipus d'element ni fondeig.

El desenvolupament de les instal·lacions d'amarrament i serveis no s'inclouen en aquest document de millora de disseny.

4.4. CONSTRUCCIÓ D'UN PASSEIG-MIRADOR SOBRE EL DIC DE RECER

La modificació de la coronació del dic de recer permet habilitar un itinerari continu per als vianants al llarg de la infraestructura. Amb aquesta finalitat es projecta un nou passeig-mirador que connecta la zona de platja amb l'extrem exterior del dic, generant un espai d'ús públic integrat dins l'àmbit portuari.

Atès que la geometria de l'espallier existent varia al llarg del recorregut, el passeig s'adapta a les diferents configuracions estructurals del dic mitjançant quatre seccions tipus diferenciades. Aquesta adaptació permet aprofitar al màxim les estructures existents, minimitzar les actuacions sobre el dic.

Les quatre seccions tipus projectades són les següents:

- La primera secció (PK-0 – PK-220) presenta un passeig que corona a la +6.60m amb un mur de formigó al costat mar d'1m d'alt, coronant per tant, a la +7.60m.
- En la segona secció (PK-220 – PK-394) la cota del passeig es situa a +7.12m i es protegeix el costat mar amb un mur de formigó que corona a la cota +8.12m
- En la tercer secció (PK-394 – PK-440) el passeig es situa a la cota +7.60m. El mur de protecció del costat mar corona a la cota +8.60m.

- La quarta secció (PK-440 – PK-492) manté la mateixa configuració general que la secció S3, amb el passeig a la cota +7,60 m i el mur coronant a la cota +8,60 m. En aquest tram, el mur incorpora un botaones d'1.00 m d'altura, on els 0.5 m superiors es troben en voladís, generant un angle de 45° amb el mur.

La incorporació del muret de protecció al costat mar respon a la nova funcionalitat del tram com a passeig-mirador i a la necessitat de protegir els usuaris davant possibles episodis d'ultrapassament. Addicionalment, en el tram més proper al Colze es disposa un botaones com a mesura preventiva de seguretat, ja que la protecció que ofereix la platja pot reduir-se puntualment a causa de basculacions o pèrdues de sorra associades als temporals.

D'altra banda, degut a que les diferents tipologies de passeig presenten cotes de coronació diferents, es projecten dues rampes de transició per garantir la continuïtat de l'itinerari de vianants. Les quatre seccions incorporen una barana de protecció al costat moll.

El conjunt de les quatre tipologies permet adaptar el passeig a les diferents condicions geomètriques existents al llarg del dic de recer, mantenint una imatge homogènia de la infraestructura i assegurant la continuïtat del recorregut per als usuaris. Aquest passeig-mirador finalitzarà abans d'arribar al colze del dic de recer.

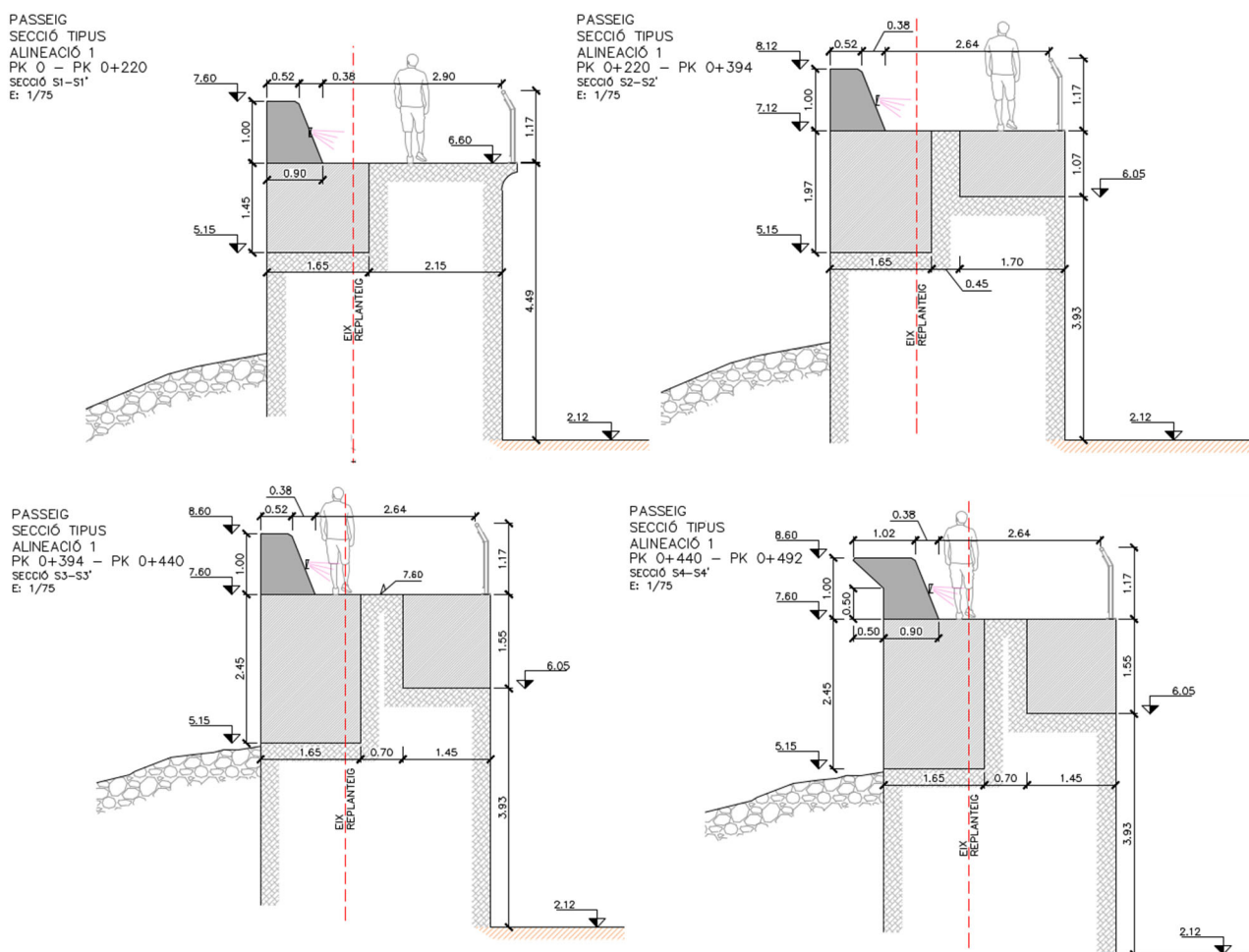


Figura 12 Seccions tipus de les quatre seccions del passeig-mirador.

Finalment, per garantir l'accessibilitat al nou passeig es construeix una rampa d'accés a l'inici del dic, en contacte amb la zona de platja. La rampa connecta la cota actual de l'entorn urbà amb la nova cota de coronació del dic, assegurant un accés còmode per als vianants i la integració funcional del passeig dins dels recorreguts existents.

L'estructura es resol mitjançant murs laterals de formigó i rebliments interiors adequadament compactats.

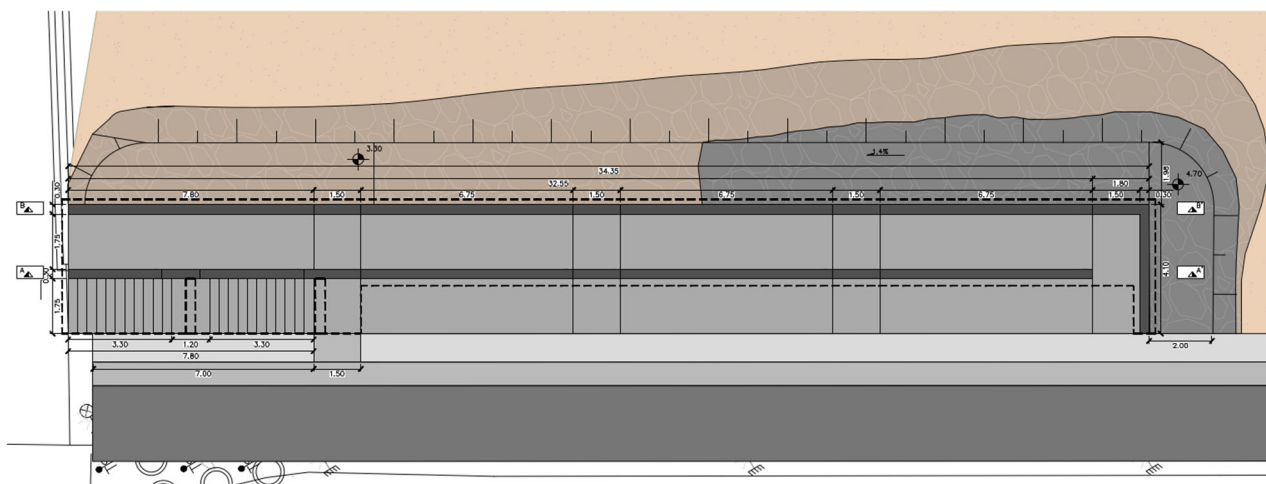


Figura 13 Planta general de la rampa d'accés al passeig-mirador.

5. ESTUDIS REALITZATS PER A LA VALIDACIÓ DE LA SOLUCIÓ

5.1. ESTUDI D'ULTRAPASSAMENT

L'Annex 06. *Estudi d'ultrapassament* analitza el comportament del dic de recer del Port d'Arenys de Mar enfront de l'ultrapassament, en compliment dels criteris de la ROM 1.0-09 i emprant com a referència principal la formulació del Grup EurOtop (2018), amb el suport complementari del Rock Manual (2007) i del Coastal Engineering Manual (2006). L'estudi té un doble objectiu: diagnosticar la situació actual del dic, identificant els trams on els cabals d'ultrapassament superen els valors admissibles, i validar que la solució de reforç projectada compleix els criteris establerts en tots els escenaris de càlcul.

L'anàlisi abasta el dic des de la Secció 2 de l'Alineació 1 fins al Martell. La Secció 1 (tram de platja) queda exclosa, ja que no es considera exposada a l'ultrapassament en no estar en contacte directe amb la làmina d'aigua per la cara interior.

5.1.1. METODOLOGIA

El cabal mitjà d'ultrapassament per metre lineal d'estructura (q) es determina mitjançant la formulació determinista de l'EurOtop (2018) per a dics en talús, que relaciona el cabal adimensional amb el francbord relatiu (R_c/H_{m0}) i incorpora els factors de correcció per rugositat (y_f), obliquïtat de l'onatge (y_β) i presència de mur de coronació, ample de coronació i botaones (y^*). Atesa la tipologia del dic - dues capes d'escullera amb nucli permeable - s'adopta un factor de rugositat $y_f = 0,40$. El càlcul es realitza per a cada punt quilomètric (PK) del dic i per a tots els estats de mar que poden afectar l'alineació corresponent.

Els lindars de cabal admissible s'estableixen a partir dels criteris dels manuals de referència, associats a diferents nivells de risc. A partir d'aquests criteris es defineixen tres escenaris de càlcul:

Escenari	Període de retorn	Nivell mig del mar	Llindar q
Estat Límit de Servei (ELS)	50 anys	0,82 m	0,03 l/s/m
Estat Límit Últim (ELU)	240 anys	0,82 m	1 l/s/m
ELU + Canvi climàtic (ELU+CC)	240 anys	1,18 m	1 l/s/m

Taula 4. Escenaris de càlcul i valors lindars del cabal mig d'ultrapassament.

L'escenari d'ELS busca garantir la seguretat dels vianants i la funcionalitat portuària durant temporals significatius; l'ELU admet la interrupció temporal de l'activitat però limita el risc per a persones, vehicles i equipaments; i l'ELU+CC verifica el comportament davant l'increment del nivell mitjà del mar previst a l'horitzó de projecte.

5.1.2. DIAGNOSI DE L'ESTAT ACTUAL

La taula següent recull el cabal mitjà màxim d'ultrapassament obtingut a cada alineació per als tres escenaris, així com el punt quilomètric i la direcció d'onatge crítica:

Alineació	q màx ELS (l/s/m)	q màx ELU (l/s/m)	q màx ELU+CC (l/s/m)	PK crític	Direcció crítica
Alineació 1	$< 1 \cdot 10^{-5}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	300	E
Colze	2,35	3,52	10,7	320 i 360	E
Alineació 2	2,46	4,58	11,6	485	SSW
Alineació 3	2,06	3,44	9,26	645	SSW

Taula 5. Cabal mig màxim d'ultrapassament per alineació i escenari. Situació actual.

L'Alineació 1 compleix el criteri en tot el seu recorregut en els tres escenaris, gràcies a la batimetria existent en aquesta zona. En canvi, el Colze i les Alineacions 2 i 3 presenten superacions dels lindars admissibles en tots els escenaris de càlcul. Les superacions es concentren al Colze sota onatges de component Est i a les Alineacions 2 i 3 sota onatges de component Sud-Sud-Oest (garbí). Analitzant l'envolupant q-PK, les superacions afecten aproximadament el tram comprès entre el PK 300 i el PK 800, és a dir, de l'ordre del 60 % del dic analitzat, fet que evidencia que la problemàtica no és puntual sinó que afecta una longitud significativa del dic de recer.

5.1.3. VALIDACIÓ DE LA SOLUCIÓ PROPOSADA

La validació de l'estat futur s'ha realitzat comparant l'envolupant del cabal mig q d'ultrapassament de la configuració actual i de la solució proposada. Per a cada punt quilomètric s'ha considerat el valor més desfavorable entre les direccions d'onatge analitzades, de manera que la comparació permet verificar tant la reducció dels punts crítics detectats en l'estat actual com el marge de compliment respecte dels lindars adoptats.

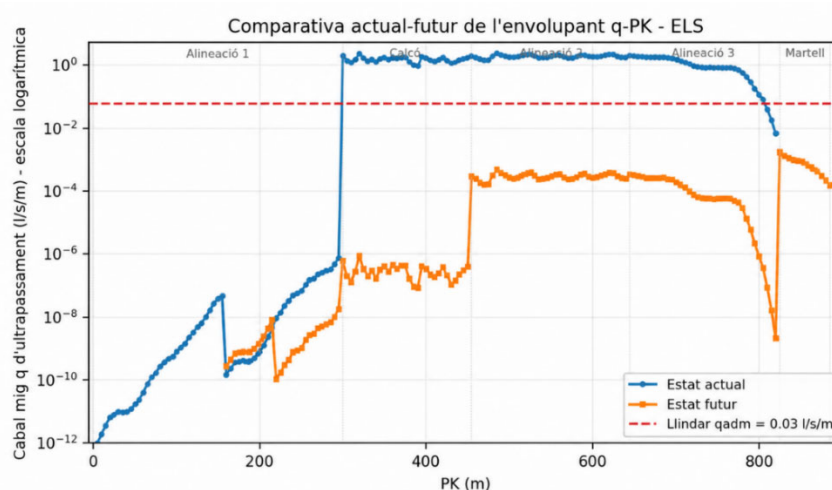


Figura 14 Comparativa actual-futur de l'envolupant del cabal mig q d'ultrapassament sota condicions ELS.

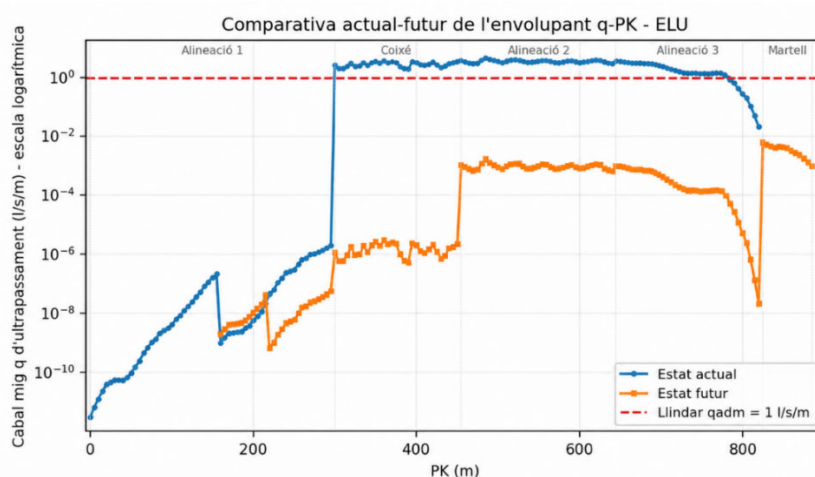


Figura 15 Comparativa actual-futur de l'envolupant del cabal mig q d'ultrapassament sota condicions ELU.

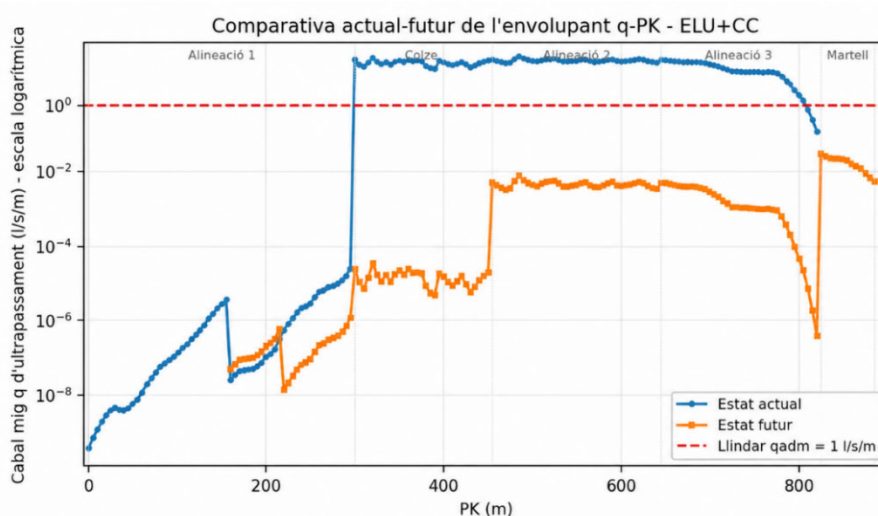


Figura 16 Comparativa actual-futur de l'envolupant del cabal mig q d'ultrapassament sota condicions ELU+CC.

La comparació actual-futur en els tres escenaris de càlcul confirma que la solució proposada no només elimina tots els casos de superació dels lindars admissibles, sinó que redueix el cabal mig q d'ultrapassament en diversos ordres de magnitud als trams crítics identificats en l'estat actual.

5.1.4. CONCLUSIONS

L'estudi conclou que la configuració actual del dic presenta un marge de compliment insuficient enfront de l'ultrapassament al Colze i a les Alineacions 2 i 3, amb superacions en tots els escenaris de càlcul i afectant de l'ordre del 60 % del dic, principalment sota onatges de llevant (al colze) i de garbí (a les Alineacions 2 i 3). La solució de reforç projectada elimina les superacions detectades i redueix els cabals a valors residuals en tots els escenaris, garantint el comportament funcional i de seguretat del dic de recer, fins i tot davant l'escenari de canvi climàtic.

5.2. ESTUDI D'OPERATIVITAT

L'Annex 04. *Estudi d'operativitat* recull l'estudi de l'agitació interior del Port d'Arenys de Mar, realitzat per ECOSOST mitjançant el model numèric AGITA. L'objectiu de l'estudi és determinar les hores d'operativitat actuals a les diferents zones del port i avaluar com les actuacions projectades modifiquen les condicions d'agitació interior, amb especial atenció a la zona del nou moll de gran eslora adossat al dic de recer.

Una de les problemàtiques principals del port està associada als episodis de garbí, que poden generar agitació interior en penetrar per la bocana i afectar especialment les zones més exposades del port. Aquesta situació condiciona l'operativa portuària actual, especialment a l'entorn de la bocana, el dic de recer i els àmbits pròxims al futur moll. La configuració projectada, mitjançant la construcció del nou martell al morrot del dic de recer, té precisament com un dels seus objectius reduir l'entrada directa d'aquest onatge i millorar les condicions d'abric interior.

5.2.1. METODOLOGIA I CRITERIS D'OPERATIVITAT

El model AGITA resol l'equació *mild-slope* (Berkhoff, 1972) sobre una malla d'elements finits triangulars de 3 m de longitud mitjana, i reproduïx els fenòmens de *shoaling*, refracció, difracció, dissipació per fricció, trencament d'onatge i, especialment, la reflexió parcial o total als contorns portuaris. A partir del clima marítim caracteritzat a la bocana s'han propagat 150 clústers representatius cap a les 12 zones en què s'ha dividit el port.

L'anàlisi s'ha realitzat sobre 12 zones representatives del port: bocana exterior (Z1), bocana interior (Z2), dic de recer (Z3), moll varador (Z4), Dalmau (Z5), moll llotja (Z6), la Sibèria (Z7), dàrsena industrial I (Z8), club nàutic (Z9), pantalans de ponent (Z10), moll llotja peix blau (Z11) i dàrsena exterior de pesca (Z12).



Figura 17 Zones interiors on s'avalua la operativitat.

Els criteris d'operativitat s'estableixen d'acord amb la ROM 2.0-11. Per a embarcacions esportives els llinars limitants són $H_s = 0,4$ m per a onatge longitudinal i $H_s = 0,2$ m per a onatge transversal; per a zones de grans eslores aquests llinars poden elevar-se ($0,3$ m i $0,5$ m respectivament), amb un estat límit últim de $0,6$ m. El criteri de parada operativa es fixa en 5 parades anuals de 3 h, equivalent de manera aproximada a 15 hores anuals de superació del llinar.

La valoració de l'operativitat s'ha realitzat a partir del coeficient d'agitació mitjà (K_a) de cada zona, obtingut de la propagació dels clústers cap a cadascuna de les zones d'estudi i considerant el registre complet de l'onatge (des de 1993 fins a l'actualitat). Aquest criteri constitueix la base representativa per calcular les hores anuals de superació dels llinars adoptats i, per tant, per comparar l'operativitat de la situació actual i de la situació futura.

De manera complementària, i atès que el criteri principal —basat en el coeficient d'agitació mitjà i en el registre complet— no permet apreciar amb claredat la millora a les dàrsenes interiors, que es troben força abrigades, s'ha dut a terme una segona valoració centrada en **l'efecte de les garbinades**. Aquesta anàlisi considera únicament els últims 10 anys del registre, període en què els temporals de garbí han pres més rellevància, i adopta el percentil 85 (p_{85}) del coeficient d'agitació per definir els valors de K_a . Aquest segon criteri té un caràcter conservador i comparatiu, i no substitueix el criteri principal d'operativitat, sinó que permet verificar que la configuració futura no genera empitjoraments i que manté o millora les condicions d'abric a l'interior del port.

5.2.2. RESULTATS COMPARATIUS DE L'OPERATIVITAT

La taula següent recull les hores anuals de superació per als lindars operatius clau a les zones d'estudi:

Zona	Llindar Hs > 0.2 m			Llindar Hs > 0.3m			Llindar Hs > 0.4m		
	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció
Z1 – Bocana exterior	959,0	468,3	-51%	378,2	122,8	-68%	143,0	24,3	-83%
Z2 – Bocana interior	983,7	426,1	-57%	374,3	102,6	-73%	155,0	19,6	-87%
Z3 - Dic	289,9	254,9	-12%	60,3	37,0	-39%	20,4	4,4	-78%
Z4 – Moll varador	124,5	21,0	-83%	30,1	6,1	-80%	10,1	0,1	-99%
Z5 - Dalmau	134,4	103,2	-23%	13,1	11,0	-16%	2,2	1,6	-27%
Z6 – Moll Llotja	37,0	2,1	-94%	7,4	0,0	-100%	0,7	0,0	-100%
Z7 – La Sibèria	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z8 – Dàrsena industrial I	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z9 – Club Nàutic	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z10 – Pantalans de ponent	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z11 – Moll llotja peix blau	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z12 – Dàrsena exterior de pesca	8,9	0,0	-100%	0,3	0,0	-100%	0,0	0,0	-

Taula 6. Comparació de les hores anuals de superació dels lindars operatius entre la situació actual i la situació futura (Ka mitjà i registre d'onatge complet) .

En la situació actual, les zones Z1 i Z2 són les més exposades a l'agitació interior del port, amb 959,0 h/any i 983,7 h/any de superació del llindar Hs > 0,2 m, respectivament. Aquestes zones superen àmpliament el llindar orientatiu de 15 h/any associat a les condicions d'operativitat admissibles. També presenten superacions significatives les zones Z3, Z4, Z5 i Z6, tot i que amb valors decreixents a mesura que s'avança cap a l'interior del port. La resta de zones interiors presenten condicions d'abric molt favorables, amb superacions nul·les o pràcticament nul·les per als lindars analitzats.

La configuració futura comporta una millora general de les condicions d'operativitat del port. Les zones més exposades, Z1 i Z2, redueixen les hores de superació del llindar Hs > 0,2 m fins a 468,3 h/any i 426,1 h/any, respectivament, cosa que representa reduccions del 51% i del 57%. Les millores són encara més acusades per

als llindars superiors, amb reduccions del 68% i 73% per a $H_s > 0,3$ m, i del 83% i 87% per a $H_s > 0,4$ m. A les zones directament afectades per les actuacions projectades també s'observen millores rellevants, especialment a la zona Z4 i a la zona Z6. Les zones interiors mantenen les seves bones condicions d'abric, sense que es detectin empitjoraments derivats de la nova configuració portuària.

5.2.3. ANÀLISI COMPLEMENTÀRIA DE L'EFECTE DE LES GARBINADES EN ZONES INTERIORS

De cara a analitzar quin efecte tindran les obres del morrot en les zones interiors, especialment degut a l'augment observat en els últims anys dels temporals de garbí, i donat que l'estudi anterior no permet apreciar la millora en hores operatives, ja que les zones es troben bastant abrigades en l'estadística emprada, que contempla un K_a mig dins de cada zona i un període de registre des de 1993 fins l'actualitat, s'ha dut a terme la valoració de l'operativitat però tenint en compte tan sols els últims 10 anys del registre, que és on els garbins han pres notorietat, i emprant l'estadístic del percentil 85 (o p85) per a definir els valors de K_a .

Aquesta anàlisi se centra en les zones situades a partir de la Z4, que corresponen als àmbits interiors del port i a les dàrsenes actualment operatives. En aquestes zones, els valors de superació obtinguts amb el criteri principal (coeficient d'agitació mitjà sobre el registre complet) són molt reduïts o pràcticament nuls per als llindars principals, fet que dificulta valorar de manera comparativa l'efecte de la nova configuració.

La taula següent resumeix les hores anuals de superació obtingudes amb l'estadístic del 85% per als llindars $H_s > 0,2$ m i $H_s > 0,4$ m:

Zona	Llindar $H_s > 0.2$ m			Llindar $H_s > 0.3$ m			Llindar $H_s > 0.4$ m		
	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció
Z4 – Moll varador	478,8	166,1	-65%	160,2	21,8	-86%	65,4	4,5	-93%
Z5 - Dalmau	455,4	356,3	-22%	84,0	64,3	-23%	19,9	13,3	-33%
Z6 – Moll Llotja	305,6	39,4	-87%	86,6	3,7	-96%	29,0	0,2	-99%
Z7 – La Sibèria	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z8 – Dàrsena industrial I	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-
Z9 – Club Nàutic	10,7	0,2	-98%	0,2	0,1	-50%	0,1	0,1	-
Z10 – Pantalans de ponent	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-
Z11 – Moll llotja peix blau	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-
Z12 – Dàrsena exterior de pesca	57,3	3,0	-95%	13,1	0,1	-99%	0,8	0,1	-88%

Taula 7. Comparació de les hores anuals de superació dels llindars operatius entre la situació actual i la situació futura. (Percentil 85% i últims 10 anys del registre d'onatge) .

Els resultats mostren que, amb aquest criteri més conservador, la configuració futura no genera empitjoraments a les dàrsenes interiors del port. A les zones Z4, Z5 i Z6, situades encara en àmbits relativament

exposats, s'observen reduccions clares de les hores de superació en tots els llindars analitzats. La millora és especialment significativa a la zona Z6, on les hores de superació del llindar $H_s > 0,2$ m passen de 305,6 h/any a 39,4 h/any, i esdevenen pràcticament nul·les per als llindars $H_s > 0,3$ m i $H_s > 0,4$ m.

A les zones més interiors, Z7, Z8, Z10 i Z11, els valors es mantenen nuls o pràcticament nuls tant en la situació actual com en la futura, fet que confirma que la nova configuració no altera les bones condicions d'abric existents. A la zona Z9 s'observa una reducció molt clara per al llindar $H_s > 0,2$ m, que passa de 10,7 h/any a 0,2 h/any, mentre que a la zona Z12 la reducció és també molt significativa, passant de 57,3 h/any a 3,0 h/any per al mateix llindar.

En conjunt, l'anàlisi complementària amb l'estadístic del 85% permet concloure que la solució projectada preserva les condicions d'abric de les dàrsenes interiors i, en diversos àmbits, les millora de manera apreciable.

5.2.4. CONCLUSIONS

L'estudi d'operativitat posa de manifest que, en la configuració actual, les zones més exposades a l'entrada d'onatge per la bocana presenten limitacions significatives d'operativitat. Les zones Z1 i Z2 registren les hores anuals de superació més elevades per al llindar $H_s > 0,2$ m, amb valors clarament superiors al criteri orientatiu de 15 h/any. També es detecten superacions apreciables a les zones Z3, Z4, Z5 i Z6, tot i que amb una incidència decreixent a mesura que s'avança cap a l'interior del port.

La configuració futura comporta una millora general de les condicions d'agitació interior. Les reduccions més rellevants es produeixen a les zones més exposades, especialment Z1 i Z2, on les hores de superació del llindar $H_s > 0,2$ m es redueixen aproximadament a la meitat. Aquesta millora és encara més acusada per als llindars $H_s > 0,3$ m i $H_s > 0,4$ m, fet que confirma l'efectivitat de la nova configuració en la reducció dels episodis d'agitació més limitants.

Cal destacar que les zones Z2 i Z3, corresponents a l'àmbit del nou moll presenten en la situació futura unes condicions d'agitació compatibles amb l'ús previst, especialment si es consideren els llindars associats a embarcacions de major eslora. En aquest sentit, el nou moll pot considerar-se operatiu d'acord amb els criteris adoptats a l'estudi, alhora que la solució projectada permet millorar les condicions generals d'abric del port.

L'anàlisi complementària realitzada amb l'estadístic del 85% confirma, d'una banda, que la nova configuració redueix l'efecte de les garbinades sobre l'agitació interior i, de l'altra, que les dàrsenes interiors mantenen unes condicions d'abric favorables, sense que es detectin empitjoraments derivats de les actuacions projectades.

En conjunt, l'estudi valida la solució proposada des del punt de vista de l'operativitat portuària: redueix significativament l'agitació a les zones més exposades, permet habilitar el nou moll per a futurs amarratges en condicions adequades i preserva les bones condicions d'abric de les dàrsenes interiors.

5.3. ESTUDI DE MANIOBRABILITAT

El present document de millora de disseny incorpora un estudi de maniobrabilitat, realitzat per SIPORT 21 al febrer de 2026. L'estudi es pot consultar a l'*Annex 05. Estudi de maniobrabilitat*.

L'objectiu de l'estudi és avaluar la viabilitat nàutica del trànsit d'embarcacions per la bocana del Port d'Arenys de Mar, comparant la situació actual amb la configuració futura resultant de les obres projectades i verificar que l'espai de maniobra disponible és suficient per garantir un accés segur.

5.3.1. METODOLOGIA I ESCENARIS ANALITZATS

L'estudi utilitza el Model Numèric de Maniobra de Vaixells amb Autopilot (SHIPMA 7.4.2), que reproduïx el comportament dinàmic d'un vaixell específic durant les maniobres d'entrada o sortida de port, sotmès a l'acció dels agents ambientals (vent, corrent, onatge, profunditat limitada, succió de riba, etc.). La metodologia seguida és la descrita a la norma ROM 3.1-99 (*Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación*) i les recomanacions de PIANC (*Report 121 – Harbour Approach Channels. Design Guidelines, 2014*).

Les embarcacions de referència adoptades per a l'estudi són un vaixell pesquer i un veler, ambdós amb una eslora total de 30 m:

Paràmetre	Pesquer	Veler
Eslora total (m)	30	30
Mànega (m)	7	6,7
Calat (m)	2,7	3,2
Desplaçament (t)	270	110
Potència (kW)	1 x 500	1 x 220
Velocitat de servei (nusos)	12,4	11

Taula 8. Característiques dels vaixells de referència adoptats en l'estudi.

Les condicions hidrometeorològiques analitzades combinen els dos règims de vent predominants al port (llevant i garbí) amb l'onatge associat a cada direcció:

Condicció	Vent mig	Onatge exterior
Llevant moderat	E 15 kn	ESE, Hs = 1,5 m
Llevant fort	E 20 kn	ESE, Hs = 2,0 m
Garbí moderat	SW 15 kn	S, Hs = 1,0 m
Garbí fort	SW 20 kn	S, Hs = 1,5 m

Taula 9. Condicions hidrometeorològiques analitzades.

S'han simulat un total de 16 maniobres (entrades i sortides de les dues embarcacions, en configuració actual i futura, sota les condicions esmentades), sense assistència de remolcadors.

5.3.2. RESULTATS DE LES MANIOBRES

En la situació actual, totes les maniobres d'entrada i sortida s'executen amb un nivell de control adequat. Durant l'aproximació, el vent de llevant actua per l'aleta d'estribord generant abatiment cap a babord, que es compensa amb l'ús combinat de màquina i timó. El vent de garbí incideix per popa durant l'aproximació i per l'aleta d'estribord en el trànsit per la bocana, incrementant lleugerament l'exigència de control. Un cop superada la bocana, l'onatge queda pràcticament neutralitzat per l'abric que proporciona el dic de recer.

En la configuració futura, l'estratègia de maniobra és similar a la de la situació actual fins a arribar a la bocana. A partir d'aquest punt, la trajectòria s'ha desplaçat lleugerament cap al nord per mantenir distàncies de seguretat adequades respecte a les embarcacions atracades a la zona interior del dic i al nou martell. Això implica girs una mica més tancats en el pas per la bocana i a l'alçada de l'extrem del dic de ponent. Els angles màxims de timó i els règims de màquina requerits en la configuració futura són similars als de la situació actual, sense que s'observin situacions de control forçat ni increments significatius de l'exigència operativa.

5.3.3. ESPAIS DE NAVEGACIÓ SEGURA

L'anàlisi dels espais de navegació requerits, realitzada conforme a la metodologia ROM 3.1-99, confirma que l'espai disponible en planta és suficient per a les maniobres d'entrada i sortida de totes dues embarcacions, tant en la configuració actual com en la futura. Les taules i figures següents recullen els marges addicionals als punts singulars de la bocana per a les maniobres d'entrada i sortida:

MANIOBRES D'ENTRADA				
Estructura	Pesquer actual (m)	Pesquer futur (m)	Veler actual (m)	Veler futur (m)
Batimètrica – 4 m extrem dic de recer	11,9	20,5	20,8	21,0
Batimètrica – 4 m nord bocana	48,1	9,8	42,1	11,5
Batimètrica – 4 m nord extrem dic de ponent	12,3	7,4	11,7	7,9
Morts de fondeig	-	3,8	-	6,7
Zona sud dic de recer	24,9	19,0	22,0	22,5

Taula 10. Marges addicionals a punts singulars. Maniobres d'entrada.

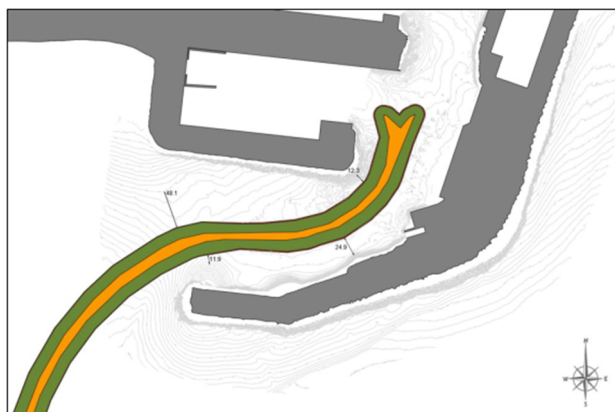


Figura 14. Espacio navegable seguro. Pesquero.
Entrada configuración actual. ABA-1.



Figura 16. Espacio navegable seguro. Velero.
Entrada configuración actual. ABA-5.



Figura 15. Espacio navegable seguro. Pesquero.
Entrada configuración futura. ABA-3.



Figura 17. Espacio navegable seguro. Velero.
Entrada configuración futura. ABA-7.

Figura 18 Espais de navegació segura en maniobres d'entrada.

MANIOBRES DE SORTIDA				
Estructura	Pesquer actual (m)	Pesquer futur (m)	Veler actual (m)	Veler futur (m)
Batimètrica – 4 m extrem dic de recer	19,6	21,1	17,1	25,8
Batimètrica – 4 m nord bocana	40,6	9,9	30,6	7,7
Batimètrica – 4 m nord extrem dic de ponent	13,4	8,6	11,2	11,8
Morts de fondeig	-	2,3	-	3,7
Zona sud dic de recer	29,5	17,9	30,1	18,6

Taula 11. Marges addicionals a punts singulars. Maniobres de sortida.



Figura 18. Espacio navegable seguro. Pesquero.
Salida configuración actual. ABA-2.



Figura 20. Espacio navegable seguro. Velero.
Salida configuración actual. ABA-6.



Figura 19. Espacio navegable seguro. Pesquero.
Salida configuración futura. ABA-4.



Figura 21. Espacio navegable seguro. Velero.
Salida configuración futura. ABA-8.

Figura 19 Espais de navegació segura en maniobres de sortida.

En la configuració futura, el desplaçament de la trajectòria cap al nord redueix els marges al dic de ponent respecte a la situació actual, si bé es mantenen dins de valors segurs. Les profunditats disponibles en tota la zona de trànsit (entre 6,0 i 8,0 m a la bocana, i superiors a 10 m a l'aproximació exterior) resulten suficients per als calats de les embarcacions analitzades, amb una profunditat mínima requerida de 3,0 m per al pesquer i de 3,5 m per al veler.

5.3.4. CONCLUSIONS

L'estudi conclou que les maniobres d'entrada i sortida del pesquer i del veler de 30 m d'eslora resulten viables des del punt de vista nàutic tant en la situació actual com en la configuració futura del port, sota les condicions hidrometeorològiques analitzades. La configuració futura és compatible amb l'operativa de les embarcacions de referència, mantenint marges de seguretat adequats respecte a les estructures, la batimetria i les embarcacions atracades. Es conclou, per tant, que les actuacions projectades no comprometran l'accessibilitat actual al port.

5.4. ESTUDI DE DINÀMICA LITORAL

L'Annex 08. *Dinàmica litoral* recull l'estudi de la dinàmica litoral de l'entorn del Port d'Arenys de Mar, motivat per la presència del nou martell a prop de la bocana i la seva possible afecció sobre les platges adjacents, especialment la platja d'Arenys, adossada al contradic.

L'estudi s'ha realitzat a partir del règim d'onatge a la bocana definit en l'estudi de clima marítim (node SIMAR 2115138 propagat fins la bocana), determinant el flux mig d'energia incident al punt de difracció del morrot del dic de recer. A partir d'aquest flux energètic, s'ha obtingut la forma en planta d'equilibri de la platja mitjançant la formulació de Tan & Chiew (1994), tant per a la situació actual com per a la situació de millora de disseny.

Els resultats indiquen que el flux energètic mig presenta una direcció de $168,9^\circ$ respecte el nord, quedant les obres del nou martell fora de la seva trajectòria. La comparació de les formes en planta d'equilibri en situació actual i de millora de disseny confirma que les noves infraestructures no alteraran el flux d'energia incident a la platja, i per tant la seva forma en planta es mantindrà sense canvis respecte a l'actualitat.



Figura 20 Forma en planta d'equilibri i flux mig.

L'estudi conclou que la platja d'Arenys de Mar queda al marge de possibles canvis en el flux d'energia incident, ja que les obres projectades no alteren aquest paràmetre. Per tant, la forma en planta d'equilibri de la platja es mantindrà com en l'actualitat i es pot concloure que les noves infraestructures no generaran cap impacte sobre les platges de l'entorn del port.

5.5. ESTUDI DE CANVI CLIMÀTIC

L'Annex 09. *Canvi climàtic* recull l'anàlisi de l'efecte del canvi climàtic sobre l'ascens del nivell mitjà del mar en l'àmbit del Port d'Arenys de Mar, a partir de les projeccions del Sisè Informe d'Avaluació de l'IPCC (AR6, 2021) i de l'eina Sea Level Projection Tool de la NASA, que incorpora la resposta particular del Mediterrani occidental.

L'estudi avalua els components global, regional i local de la variació del nivell del mar. A escala global, les projeccions de l'IPCC mostren poc grau de dependència entre escenaris fins a l'any 2050, mentre que a partir d'aquesta data les trajectòries divergeixen significativament. A escala regional, per a la costa mediterrània espanyola s'esperen augments del nivell del mar al voltant de 0,6 m i 0,8 m per als escenaris SSP2-4.5 i SSP5-8.5 a l'horitzó de 2100, valors propers a la mitjana global. Pel que fa al component local, la zona d'Arenys de Mar no presenta efectes significatius de subsidència de l'escorça terrestre, per la qual cosa les projeccions regionals s'apliquen directament.

D'acord amb una vida útil de l'obra de 25 anys (horitzó 2050), s'han considerat dos escenaris: SSP2-4.5 i SSP5-8.5. Els valors d'ascens del nivell mitjà del mar adoptats per al disseny són els següents:

Escenari	Estima central (m)	Banda de confiança 90% (m)
SSP2-4.5	0,26	0,35
SSP5-8.5	0,28	0,38

Taula 12. Increment del nivell mig del mar adoptat en el present document.

L'estudi conclou que, per a la vida útil de projecte (25 anys, horitzó 2050), s'adopta un increment del nivell mitjà del mar associat als escenaris SSP2-4.5 i SSP5-8.5, amb valors de pujada de l'ordre de 0,26–0,28 m per al valor central i de 0,35–0,38 m per a la banda de confiança del 90 %. Aquests valors constitueixen la tendència de canvi climàtic esperada específicament a Port d'Arenys de Mar i s'incorporen com a sobrelevació del nivell del mar en l'anàlisi de propagació, en la verificació del règim extremal i en les comprovacions d'ultrapassament en l'escenari d'Estat Límit Últim amb canvi climàtic, garantint així que el dimensionament del reforç del dic de recer és robust davant els escenaris futurs més exigents.

5.6. ESTUDI AMBIENTAL I COMPATIBILITAT AMB LES ESTRATÈGIES MARINES

L'Annex 10. *Estratègies marines*, redactat per DAC ENVIRO, avalua la qualitat ambiental dels sediments a dragar a la zona de reforç del dic de recer i en defineix la gestió, alhora que verifica la compatibilitat de l'actuació amb els objectius ambientals de l'Estratègia Marina de la demarcació Llevantina-Balear. L'estudi dona compliment a la Llei 41/2010, de protecció del medi marí, i al Reial Decret 218/2022 (que modifica el RD 79/2019), pel qual es regula l'informe de compatibilitat amb les estratègies marines. Per a la caracterització dels sediments i la seva gestió en medi terrestre també es consideren les Directrius DCMD 2021, el RD 9/2005 i la Llei 5/2017 (NGR de Catalunya).

El dragat previst és de 11.592,8 m³ de sorres, sobre una superfície de 5.755,94 m² i fins a la cota –6 m. El material apte es preveu reaprofitar com a reblert de la subbase del paviment del nou moll i la plataforma (capa de 50 cm), i el sobrant per a regeneració de platja; el material no apte es gestionarà en medi terrestre. Els treballs es plantegen per mitjans terrestres (retroexcavadora des de moll), amb el dragat executat per fases durant els primers 8 mesos.

La campanya de camp es va dur a terme el 31 de març de 2026 i va incloure la caracterització fisicoquímica de les aigües (estacions AM-1 i perfils CTD), dels sediments (mostres superficials AMS-1 i AMS-2, i profundes AMS-3 i AMS-4), l'estudi de comunitats bentòniques (AM-1) i transectes per confirmar l'absència de fanerògames

marines. Atès l'aspecte llot d'algunes mostres, es va prendre addicionalment una mostra (AM3, a la ubicació de l'AMS-3) per a analítica NGR segons el RD 9/2005.

Pel que fa a la qualitat de les aigües, els perfils termohalins i de terbolesa són coherents amb el medi (temperatura ~14 °C, salinitat ~37,5 PSU i terbolesa mitjana ~3,2 FTU) i la caracterització fisicoquímica classifica l'aigua com a "Bona", amb tots els paràmetres dins dels criteris de qualitat ambiental.

Pel que fa als sediments, segons les DCMD 2021:

- La mostra AMS-4 (profunda) dona categoria A i és apta per a regeneració de platja o per al seu ús en obra segons projecte (sorres netes, contingut de fins del 3 %, inferior al 5 % que estableix ITEA 2010).
- Les mostres AMS-2 i AMS-3 donen categoria A, però per la presència de llots negres es descarten per a regeneració de platja i per al seu ús en obra.
- La mostra AMS-1 (superficial, la més interior de la zona) dona categoria C — sediment impactat, amb concentracions elevades de coure (1.154 mg/kg), zinc (428 mg/kg), TBT (4.916 µg Sn/kg) i hidrocarburs C10-C40 (1.078 mg/kg), atribuïbles a l'activitat portuària de l'entorn.

Per al material no apte, la caracterització NGR de la mostra AM3 dona valors inferiors als nivells genèrics de referència del RD 9/2005, i atenent el contingut en sals es recomana el tractament en planta de reciclatge de terres amb codi E.

D'altra banda, l'estudi de comunitats bentòniques indica una comunitat dominada per poliquets (~80 % de l'abundància), classificada com a transició entre arenas fines infralitorals ben calibrades i biocenosi d'arenas fangoses en mode calmo, amb un estat ecològic bo segons els índexs MEDOCC i BOPA. Els transectes confirmen que es tracta de fons arenosos desproveïts de vegetació, sense fanerògames marines.

Quant a espais protegits i fauna sensible, la zona no s'inclou en cap espai de la Xarxa Natura 2000 (el més proper a més de 2,26 km) ni alberga hàbitats d'interès comunitari. La fauna marina protegida considerada (dofí mular, rorqual comú, tortuga babaua i gavina d'Audouin) no es veurà afectada, atesa la distància a les seves zones de presència i el caràcter semiconfinat de l'àmbit, dins el recinte portuari.

L'estudi conclou que l'actuació és compatible amb les estratègies marines de la demarcació Llevantina-Balear per a les actuacions F (infraestructures marines portuàries), H (dragats i abocaments) i K (aport de sorres a platges), i incorpora una proposta bàsica de Programa de Vigilància Ambiental amb seguiment de la qualitat de l'aigua (fases preoperacional, operacional i postoperacional), dels sediments, de les comunitats bentòniques i de la terbolesa (disc de Secchi, sonda CTD i, si escau, col·locació de barreres antiterbolesa), així com mesures de prevenció d'abocaments accidentals.

5.7. ESTUDI D'IMPACTE PAISATGÍSTIC

L'Annex 11. *Impacte paisatgístic* analitza l'impacte visual de les actuacions projectades sobre el seu entorn, considerant tant l'àmbit immediat del Port d'Arenys de Mar com el context territorial més ampli del municipi i el litoral del Maresme. L'estudi se centra en la fase definitiva (explotació), atès que els impactes de la fase de construcció són de caràcter temporal i no tenen efecte permanent sobre el paisatge. Cal tenir present que l'actuació es localitza a l'extrem més allunyat de terra del port, en una zona on ja existeix una estructura de dic, de manera que la modificació del territori i del paisatge és, de partida, molt limitada.

5.7.1. CONCA VISUAL I PUNTS DE VISTA

La conca visual presenta una forma asimètrica, amb dues components. La component marina és la de major amplitud: com que l'extrem del dic es projecta cap al mar obert sense ocultacions, la intervenció és visible en un arc d'aproximadament 180° en orientació est, amb un abast superior als 2 km (fins a 5 km en condicions de visibilitat excel·lent). La component terrestre és més limitada i heterogènia, condicionada per l'edificació i les infraestructures (N-II i ferrocarril), amb visibilitat de qualitat des del passeig marítim i la platja de ponent i visions parcials des de la trama urbana i els turons del municipi.

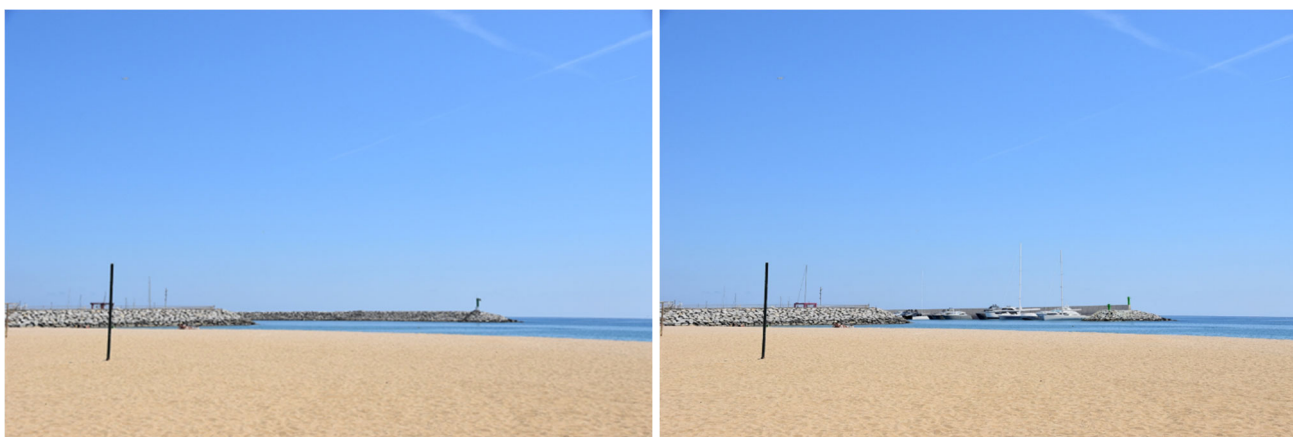
A partir d'aquesta anàlisi es van seleccionar quatre punts de vista per a les simulacions: PV01 – Turó del cementiri (punt elevat de ponent), PV02 – Platja de ponent (cota baixa i alta freqüentació), PV03 – Contradic (la percepció més directa i detallada de l'obra, però baixa freqüentació) i PV04 – Urbanització Portimar (punt elevat de llevant).



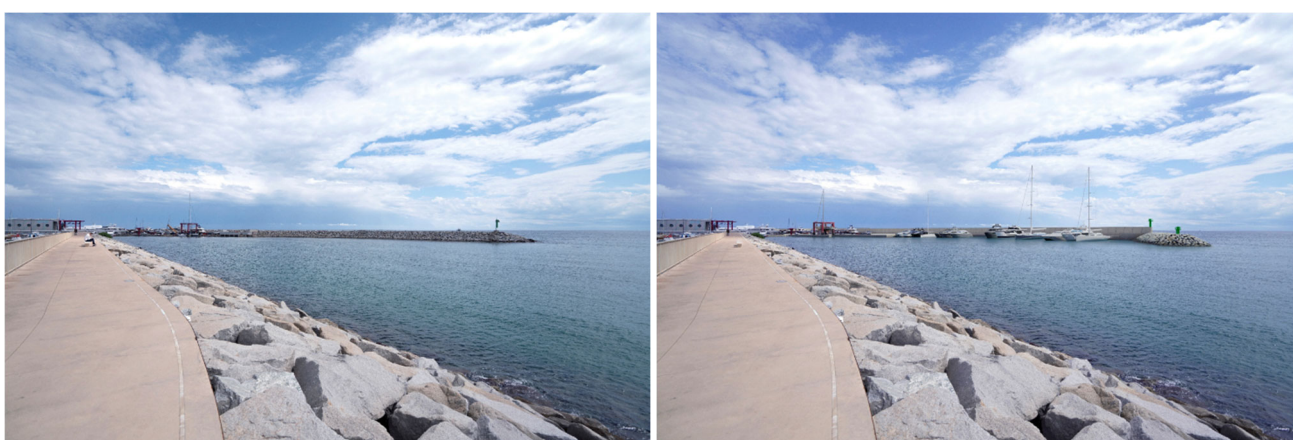
Figura 21. Vista en planta dels 4 punts de vista seleccionats per a realitzar el fotomuntatge i analitzar l'actuació.

5.7.2. SITUACIÓ FUTURA I ANÀLISI PER PUNTS DE VISTA

La nova línia de moll ocupa el mateix emplaçament que el dic existent, sense modificar la planta general del port ni la cota de coronació del dic, que es manté equivalent a la situació prèvia. Els nous elements (façana vertical de moll, llosa de coronació, elements d'atracada i instal·lacions auxiliars) s'integren en el volum general del dic sense generar cap element emergent que sobrepassi significativament la coronació existent. Les simulacions des dels quatre punts de vista confirmen que la nova infraestructura és identificable —pel canvi de textura i el cromatisme del formigó nou— però que la percepció del canvi és reduïda i s'integra de manera coherent en el conjunt portuari, sense introduir discontinuïtats visuals ni contrastos cridaners en la silueta del port.



Imatge 2 Vista de l'estat actual (esquerra) i de l'estat futur (dreta) des del punt de vista PV02 – Platja de ponent.



Imatge 3 Vista de l'estat actual (esquerra) i de l'estat futur (dreta) des del punt de vista PV03 – Contradic.

5.7.3. ANÀLISI I VALORACIÓ DELS IMPACTES

La valoració s'ha realitzat segons els criteris habituals (magnitud, fase, reversibilitat i significança). Els impactes de la fase d'obra (maquinària, alteració temporal de la silueta) són temporals, reversibles i de significança Compatible. Els impactes de la fase d'explotació es resumeixen a la taula següent:

Impacte identificat	Àmbit	Magnitud	Reversibilitat	Significança
Canvi de textura i cromatisme de l'extrem del dic	Tots els PV	Baixa	Irreversible	Compatible
Presència de vaixells de gran eslora atracats	Tots els PV	Mitjana	Reversible	Compatible
Modificació de la silueta del dic (cota mantinguda)	Tots els PV	Baixa	Irreversible	Compatible
Percepció del canvi des de punts elevats	PV01, PV04	Baixa	Irreversible	Compatible
Impacte sobre el paisatge nocturn (si s'il·lumina)	Tots els PV	Baixa-Mitjana	Reversible	Compatible

Taula 13. Increment del nivell mig del mar adoptat en el present document.

El conjunt dels impactes en fase d'explotació es valora com a Compatible, sobre la base de tres factors determinants: el manteniment de la cota de coronació del dic existent (que evita qualsevol alteració de la

silueta visible des de l'exterior), la similitud tipològica i volumètrica entre la nova infraestructura i les instal·lacions portuàries existents, i els resultats de les simulacions visuals.

5.7.4. CONCLUSIONS

L'estudi conclou que l'actuació, situada en un àmbit de qualitat visual alta i fragilitat elevada, presenta un impacte paisatgístic Compatible i un grau d'integració en el paisatge litoral i portuari satisfactori. El factor paisatgístic determinant és el manteniment de la cota de coronació del dic, que garanteix que la intervenció no alteri la silueta del port percebuda des dels punts d'observació exteriors. La presència eventual d'embarcacions de gran eslora atracades és l'element de major presència visual potencial, però es considera inherent i coherent amb la identitat d'un port actiu. D'acord amb els criteris del Decret 343/2006 i del Catàleg de paisatge del Maresme, l'actuació pot considerar-se paisatgísticament integrada, i l'estudi no identifica cap impacte que requereixi mesures correctores específiques més enllà de les bones pràctiques constructives habituals en obres portuàries.

5.8. COMPLIMENT DE LA NORMATIVA URBANÍSTICA VIGENT

L'Annex 12. *Compatibilitat urbanística* analitza la compatibilitat de la solució projectada amb el planejament urbanístic vigent, comparant la planta proposada amb la prevista al planejament i quantificant les superfícies dels diferents usos de la zona afectada per les obres.

L'instrument de planejament general del municipi és el Pla d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM) d'Arenys de Mar, d'octubre de 2013. L'àmbit portuari disposa, a més, del seu propi instrument derivat: el Pla Especial del Port d'Arenys de Mar, en vigor des del juny de 2013. A la zona d'actuació, el Pla Especial preveu l'ampliació de la zona tècnica (amb una subzona de terra i una d'amarraments) i l'execució d'un tacó d'escullera perpendicular al contradic com a sistema de defensa marítima.

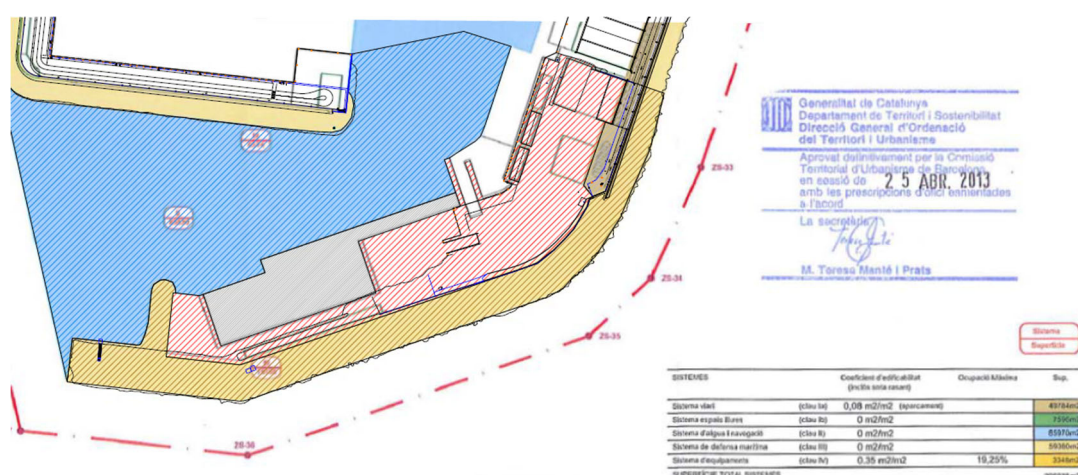


Figura 22 Plànol d'ordenació amb les trames de cadascun dels Sistemes a la zona del projecte.

L'estudi compara tres configuracions: la prevista al Pla Especial, la del Projecte de 2021 i la del present document de millora de disseny. Respecte al Pla Especial, el Projecte de 2021 ja proposava un moll recte en lloc del retranqueig previst, amb superfícies de terra pràcticament equivalents però millor maniobrabilitat (orientació de la cubeta del travel paral·lela al canal de navegació, evitant interferències amb el trànsit

marítim) i més longitud de moll. El present document de millora de disseny millora encara la solució de 2021: desplaça el tacó a l'extrem del dic actual amb una orientació i longitud que redueixen sensiblement l'agitació interior, incrementa la longitud de moll i augmenta l'amplada lliure de bocana.

La comparativa de superfícies per sistemes (en m²) entre les tres configuracions és la següent:

Sistema	Pla Especial	Projecte 2021	Millora del disseny
Zona tècnica	18.273	16.568	13.732
Sistema viari	1.247	2.559	3.160
Aigua de navegació	42.202	41.700	44.021
Defensa marítima	14.173	13.862	14.192
Nous amarraments	6.400	6.312	6.934
Total	82.295	81.001	82.038

Taula 14. Comparativa de superfícies dels diferents sistemes (m²).

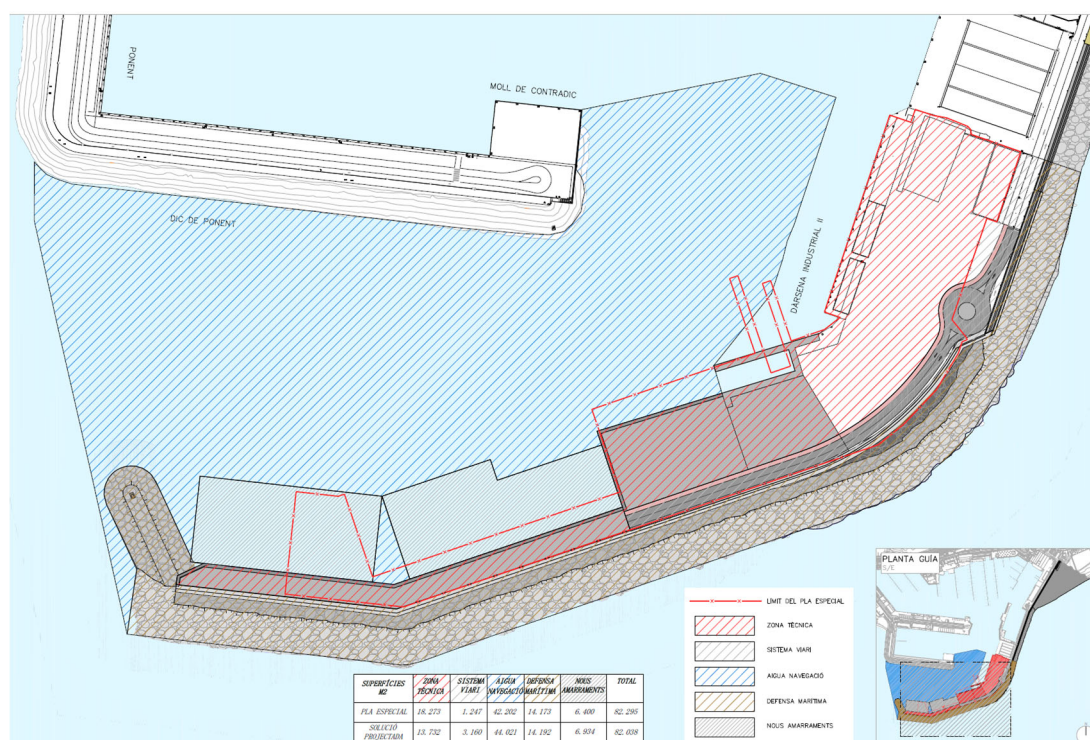


Figura 23 Planta de la solució projectada amb indicació del límit del Pla Especial del Port d'Arenys de Mar (en vermell) .

La superfície total de la solució projectada (82.038 m²) és pràcticament idèntica a la prevista al Pla Especial (82.295 m²). Pel que fa a la superfície de terra, la suma de zona tècnica i sistema viari passa dels 19.520 m² del Pla Especial a 16.892 m² en el present document de millora de disseny: es manté l'esplanada a continuació de l'actual zona tècnica tal com preveia el Pla Especial, però es redueix l'amplada del nou moll i s'elimina l'esplanada del final del moll. Les diferències per sistemes són menors i es compensen entre si, amb un lleuger increment de la superfície d'aigua de navegació i de nous amarraments.

A més de l'orientació adequada de la cubeta del travel, la nova disposició del tacó incrementa l'amplada lliure de bocana, que passa dels 120 m del Pla Especial i els 116 m del Projecte de 2021 als 126 m de la solució projectada. Pel que fa a l'operativa, la solució projectada permet disposar de 200 m de moll i d'un moll d'espera de 60 m davant del travel.

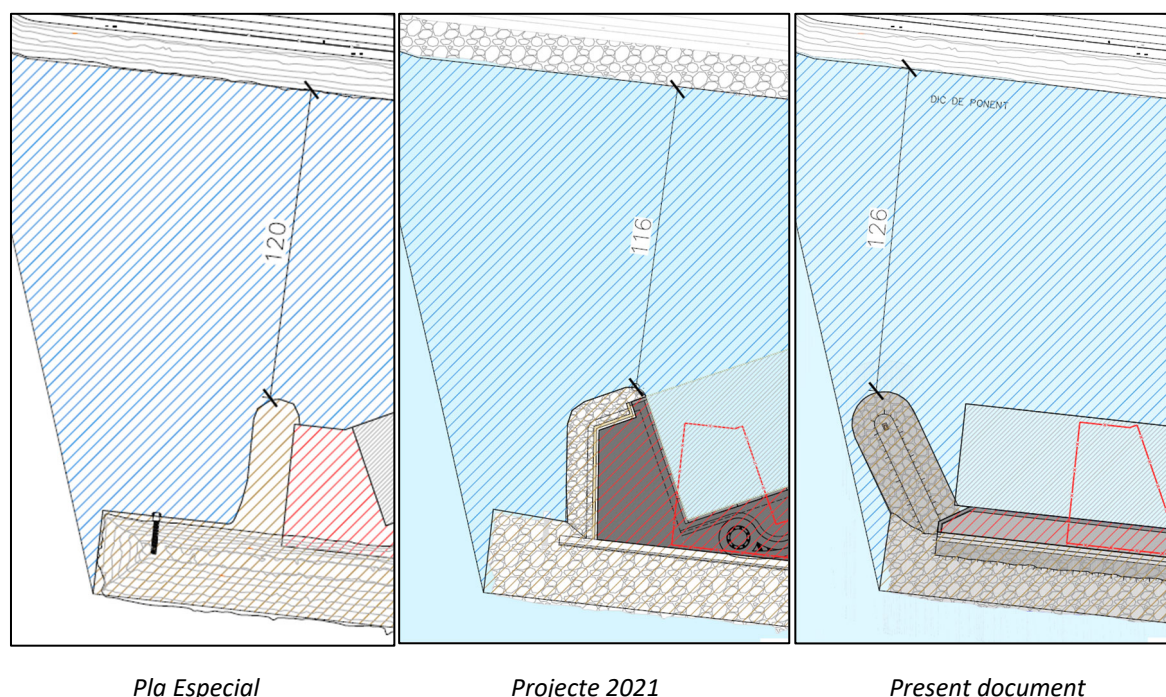


Figura 24 Amples de bocana en: Pla Especial – Projecte 2021 – present document .

En conjunt, la solució projectada resulta compatible amb el planejament urbanístic vigent: manté la superfície total i la distribució per sistemes previstes al Pla Especial del Port d'Arenys de Mar, amb diferències menors que es compensen entre si i que no alteren l'ordenació ni desvirtuen els usos definits pel planejament. A més, millora la solució del Pla Especial i la del Projecte de 2021 en aspectes funcionals rellevants -reducció de l'agitació interior, increment de la longitud de moll i ampliació de l'amplada lliure de bocana-, sense incrementar l'ocupació global de l'àmbit portuari.

6. NORMATIVA D'APLICACIÓ

Les tasques i actuacions definides en aquest document de millora es desenvolupen d'acord a les següents normatives i recomanacions:

- Codi Estructural, aprovat pel Reial Decret 470/2021 de Novembre de 2021
- Instrucció per a la recepció de ciments (RC-08).
- Orden de 10 de febrero de 1975, por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación. NTE-ADD/1975: Acondicionamiento del terreno. Desmontes. Demoliciones
- ROM 0.2-90, Acciones para Proyecto de Obra Marítimo-Portuaria
- Guía de Buenas Prácticas para la ejecución de Obras Marítimas” de Puertos del Estado

- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. REBT 2002.
- Orden de 6 de febrero de 1976 por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).
- Orden FOM/1382/2002 de 16 de mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones (PG-3).
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Corrección de errores del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- ITC SP 139:2019 – Mesures de seguretat en cas d'incendi en els ports esportius.
- Resolució de 22 de març de 1995, de designació del laboratori general d'assaigs i investigacions com a organisme de control per la certificació de productes, d'acord amb el Reial Decret 1942/1993, que aprova el reglament CPI.
- Real Decret 105/2008, de 1 de febrer, por el que es regula la producció i gestió dels residus de construcció i demolició.
- Ordre MAM/304/2002, de 8 de febrer, por la qual es publiquen les operacions de valorització i eliminació de residus i la llista europea de residus.
- Correcció d'errors de l'Ordre MAM/304/2002, de 8 de febrer, per la que es publiquen les operacions de valorització i eliminació de residus i llista europea de residus.
- Llei 8/2008, del 10 de juliol, de finançament de les infraestructures de gestió dels residus i dels cànon sobre la disposició del rebuig dels residus.
- Decret 89/2010, de 29 de juny, pel qual s'aprova el Programa de gestió de residus de la construcció de Catalunya (PROGROC), es regula la producció i gestió dels residus de la construcció i demolició, i el cànon sobre la deposició controlada dels residus de la construcció.
- Normes UNE vigents de l'Institut Nacional de Racionalització i Normalització, que afectin als materials i obres del present document.

7. EQUIP REDACTOR DELS ESTUDIS I MILLORA DEL DISSENY DEL PROJECTE

L'equip de treball que ha estat involucrat en el present document ha sigut el següent:

- Enginyeria Reventós SL:
 - Oriol Garcia Arribas
 - Josep Maria Prió Peralba

Alba Jiménez Moreno

Maria Antonia Tarancon Melià

Jordi Guerrero Liria

Pau Puiggalí i Òdena

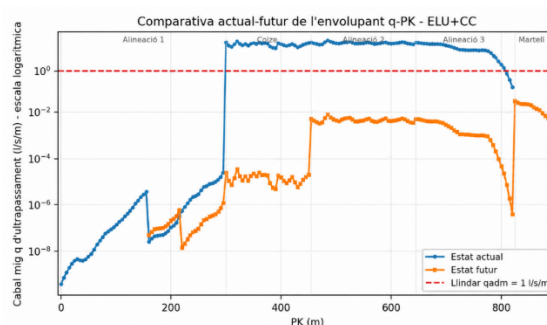
Amb les col·laboracions de:

- ECOSOST S.L.U – Estudi de clima marítim i propagacions, estudi d'operativitat, estudi de dinàmica litoral i estudi de canvi climàtic
- DAC Enviro, S.L – Memòria ambiental
- SIPORT21 S.L – Estudi de maniobrabilitat
- SOTASOL-AT, Serveis de Geologia, SLP – Estudi geotècnic

8. CONCLUSIÓ

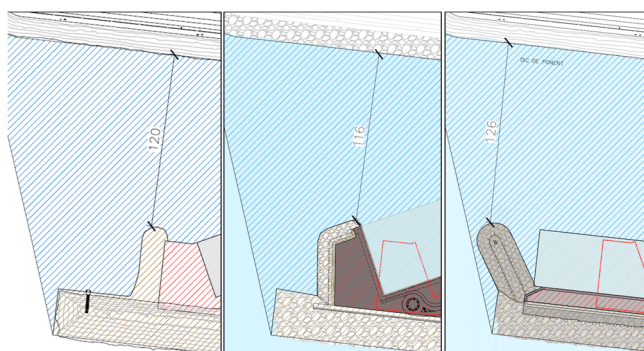
Dels estudis i alternatives analitzades es conclou:

1. L'estudi **d'ultrapassament** conclou que la configuració actual del dic presenta un marge de compliment insuficient enfront de l'ultrapassament al Colze i a les Alineacions 2 i 3, amb superacions en tots els escenaris de càlcul i afectant de l'ordre del 60 % del dic, principalment sota onatges de llevant (al Colze) i de garbí (a les Alineacions 2 i 3). La solució de reforç projectada elimina les superacions detectades i redueix els cabals a valors residuals en tots els escenaris, garantint el comportament funcional i de seguretat del dic de recer, fins i tot davant l'escenari de canvi climàtic.



2. Els estudis de **canvi climàtic** preveuen un escenari per l'horitzó 2050 d'increment del nivell mitjà del mar amb valors de pujada mig de l'ordre de 0,26–0,28 m i de 0,35–0,38 m per a la banda de confiança del 90 %.
3. L'estudi de **funcionalitat** conclou que:

La solució final deixa un ample de bocana major, **126 m** respecte els 116 del projecte inicial. Continua essent la bocana més gran de tot el Maresme i un 50% major que Blanes.



La nova solució redueix considerablement les hores sense funcionalitat, especialment al varador, Dalmau i moll de la llotja. La taula següent recull les hores anuals de superació per als llindars operatius clau a les zones d'estudi:

Zona	Llindar Hs > 0.2 m			Llindar Hs > 0.3m			Llindar Hs > 0.4m		
	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció
Z4 – Moll varador	124,5	21,0	-83%	30,1	6,1	-80%	10,1	0,1	-99%
Z5 - Dalmau	134,4	103,2	-23%	13,1	11,0	-16%	2,2	1,6	-27%
Z6 – Moll Llotja	37,0	2,1	-94%	7,4	0,0	-100%	0,7	0,0	-100%
Z9 – Club Nàutic	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Z12 – Dàrsena exterior de pesca	8,9	0,0	-100%	0,3	0,0	-100%	0,0	0,0	-

L'anàlisi complementària realitzada amb l'estadístic del 85% confirma, d'una banda, que la nova configuració redueix l'efecte de les garbinades sobre l'agitació interior i, de l'altra, que les dàrsenes interiors mantenen unes condicions d'abric favorables, sense que es detectin empitjoraments derivats de les actuacions projectades.

Zona	Llindar Hs > 0.2 m			Llindar Hs > 0.3m			Llindar Hs > 0.4m		
	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció	Actual	Futura	Reducció
Z4 – Moll varador	478,8	166,1	-65%	160,2	21,8	-86%	65,4	4,5	-93%
Z5 - Dalmau	455,4	356,3	-22%	84,0	64,3	-23%	19,9	13,3	-33%
Z6 – Moll Llotja	305,6	39,4	-87%	86,6	3,7	-96%	29,0	0,2	-99%
Z9 – Club Nàutic	10,7	0,2	-98%	0,2	0,1	-50%	0,1	0,1	-
Z12 – Dàrsena exterior	57,3	3,0	-95%	13,1	0,1	-99%	0,8	0,1	-88%

4. La **maniobrabilitat** s'ha verificat amb simuladors de navegació tant per velers com pesquers de fins a 30m. L'estudi conclou que les maniobres d'entrada i sortida del pesquer i del veler de 30 m d'eslora resulten viables des del punt de vista nàutic tant en la situació actual com en la configuració futura del port, sota les condicions hidrometeorològiques analitzades. La configuració futura és compatible amb l'operativa de les embarcacions de referència, mantenint marges de seguretat adequats respecte a les estructures, la batimetria i les embarcacions atracades. Es conclou, per tant, que les actuacions projectades no comprometran l'accessibilitat actual al port.
5. L'estudi de **dinàmica litoral** conclou que la platja d'Arenys de Mar queda al marge de possibles canvis en el flux d'energia incident, ja que les obres projectades no alteren aquest paràmetre. Per tant, la forma en planta d'equilibri de la platja es mantindrà com en l'actualitat i es pot concloure que les noves infraestructures no generaran cap impacte sobre les platges de l'entorn del port.



6. L'**estudi ambiental** conclou que l'actuació és compatible amb les estratègies marines de la demarcació Llevantina-Balear per a les actuacions F (infraestructures marines portuàries), H (dragats i abocaments) i K (aport de sorres a platges), i incorpora una proposta bàsica de Programa de Vigilància Ambiental amb seguiment de la qualitat de l'aigua (fases preoperacional, operacional i postoperacional), dels sediments, de les comunitats bentòniques i de la terbolesa (disc de Secchi, sonda CTD i, si escau, col·locació de barreres antiterbolesa), així com mesures de prevenció d'abocaments accidentals.
7. L'estudi d'**impacte visual** conclou que l'actuació, situada en un àmbit de qualitat visual alta i fragilitat elevada, presenta un impacte paisatgístic Compatible i un grau d'integració en el paisatge litoral i portuari satisfactori. El factor paisatgístic determinant és el manteniment de la cota de coronació del dic, que garanteix que la intervenció no alteri la silueta del port percebuda des dels punts d'observació exteriors. La presència eventual d'embarcacions de gran eslora atracades és l'element de major presència visual potencial, però es considera inherent i coherent amb la identitat d'un port actiu. D'acord amb els criteris del Decret 343/2006 i del Catàleg de paisatge del Maresme, l'actuació pot considerar-se paisatgísticament integrada, i l'estudi no identifica cap impacte que requereixi mesures correctores específiques més enllà de les bones pràctiques constructives habituals en obres portuàries.

8. La solució projectada resulta **compatible amb el planejament urbanístic vigent**: manté la superfície total i la distribució per sistemes previstes al Pla Especial del Port d'Arenys de Mar, amb diferències menors que es compensen entre si i que no alteren l'ordenació ni desvirtuen els usos definits pel planejament. A més, millora la solució del Pla Especial i la del Projecte de 2021 en aspectes funcionals rellevants -reducció de l'agitació interior, increment de la longitud de moll i ampliació de l'amplada lliure de bocana-, sense incrementar l'ocupació global de l'àmbit portuari.

<i>SUPERFÍCIES M2</i>	<i>ZONA TÈCNICA</i>	<i>SISTEMA VIARI</i>	<i>AIGUA NAVEGACIÓ</i>	<i>DEFENSA MARÍTIMA</i>	<i>NOUS AMARRAMENTS</i>	<i>TOTAL</i>
<i>PLA ESPECIAL</i>	18.273	1.247	42.202	14.173	6.400	82.295
<i>SOLUCIÓ PROJECTADA</i>	13.732	3.160	44.021	14.192	6.934	82.038

L'equip redactor del document de millora de disseny creu haver definit suficientment els criteris per a millorar el projecte del dic de recer del 2021 i té l'honor d'adreçar-lo a qui li feu l'encàrrec, perquè li'n doni el curs que cregui més adient.

Barcelona, Juny de 2026



Oriol Garcia Arribas

Enginyer de camins, canals i ports

9. ANNEXES

Annex 01 – Topografia i batimetria.

Annex 02 – Geotècnia.

Annex 03 – Clima marítim i propagacions.

Annex 04 – Estudi d'operativitat.

Annex 05 – Estudi de maniobrabilitat.

Annex 06 – Estudi d'ultrapassament.

Annex 07 – Dimensionament martell.

Annex 08 – Dinàmica litoral.

Annex 09 – Estudi de canvi climàtic.

Annex 10 – Estratègies marines.

Annex 11 – Impacte paisatgístic.

Annex 12 – Compatibilitat urbanística.

ANNEX 01 – TOPOGRAFIA I BATIMETRIA

ANNEX 02 – GEOTÈCNIA

ANNEX 03 – CLIMA MARÍTIM I PROPAGACIONS

ANNEX 04– ESTUDI D’OPERATIVITAT

ANNEX 05 – ESTUDI DE MANIOBRABILITAT

ANNEX 06 – ESTUDI D’ULTRAPASSAMENT

ANNEX 07 – DIMENSIONAMENT MARTELL

ANNEX 08 – DINÀMICA LITORAL

ANNEX 09 – ESTUDI DE CANVI CLIMÀTIC

ANNEX 10 – ESTRATÈGIES MARINES

ANNEX 11 – IMPACTE PAISATGÍSTIC

ANNEX 12 – COMPATIBILITAT URBANÍSTICA