

Treball de final de grau

Grau en Enginyeria Civil

**Anàlisi a escala regional de l'impacte de la pujada del nivell del mar sobre els molls i pantalans dels ports de Catalunya.**



Estudiant: Alexandre Boquet Wauters

Tutor: Joan Pau Sierra Pedrico

Setembre 2020



## Agraïments

Agrair a Joan Pau Sierra, professor i investigador del Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA) de la UPC i tutor d'aquest treball, per l'ajut, implicació i dedicació dipositats en aquest treball, per al correcte desenvolupament i facilitació de les dades utilitzades.

També donar les gràcies a:

El Club Nàutic Arenys de Mar, Club de Pesca Mar Sport, Drassanes Dalmau, Club Nàutic El Balís, Consorci Port Mataró, Marineria del Port de Mataró, els pescadors del Port de Premià i d'El Masnou, Marina de Badalona, el BISC del Fòrum, a l'equip de seguretat del Port Olímpic i a Varadero2000, per la facilitació de l'obtenció de les dades i de l'accés a les diferents zones dels ports estudiats.

## Resum

El canvi climàtic és un fet que molts tatxen ja d'irreversible. L'impacte de l'escalfament global serà cada cop més visible en el clima, però sobretot en les grans masses d'aigua, com els mars i oceans. Aquest impacte afectarà directament a les costes de tot el món, sent les infraestructures costaneres una zona sensible, que ha de ser estudiada de cara al futur, per prevenir qualsevol tipus de desgràcia. Les infraestructures portuàries són l'epicentre de l'impacte a les construccions costaneres, degut majoritàriament al augment del nivell del mar, ja que són sensibles a aquest fenomen per dues raons, la inoperativitat dels ports degut a la falta d'alçada dels seus molls o el que és pitjor, la inundació parcial o total d'aquests. En aquest treball s'estudien certs ports de la costa catalana, situada al Nord-Oest del Mar Mediterrani, amb diferents escenaris projectats, gràcies als quals es pot fer una estimació de la quantitat de molls i dics que seran inoperatius o inundats a mitjans i finals del segle XXI. Després de recórrer 8 ports i de prendre prop de 304 mesures, s'han pogut crear mapes senzills on apareixen les diferents zones del port amb la seva cota corresponent i, aplicant la pujada del nivell del Mar Mediterrani s'han creat mapes amb tots els molls i pantalans indicant si aquests seran inoperatius o directament inundats segons els diferents escenaris de cara al 2050 i al 2100. Els resultats més pessimistes, al 2100, mostren un increment del nivell del mar de 1,45m (en condicions de mareas extremes) que deixarien a aquest tram de costa amb una mitja de només un 3% de molls i pantalans operatius.

## Abstract

Climate change is a fact that many call irreversible. The impact of global warming will be increasingly visible on the climate, but especially on large water masses, such as seas and oceans. This impact will directly affect the coasts around the globe, with coastal infrastructure being a sensitive area, which must be studied for the future, to prevent any kind of hazard. Port infrastructures are the epicenter of the impact on coastal constructions due to rising sea levels, as they are sensitive to this phenomenon for two reasons: the inoperability of ports due to the lack of height of their docks, or what is worse, the partial or total flooding of such berthing structures. This work studies certain ports on the Catalan coast, located in the northwest of the Mediterranean Sea, considering different scenarios projected. Based on these scenarios an estimate of the number of docks and quays that will be inoperative or flooded in the middle and end of the 21st century can be made. After analyzing 8 ports and taking about 304 measurements, maps showing the different areas of the port with their corresponding elevation over the sea have been built. Then,, applying the rise in the level of the Mediterranean Sea, maps have been created with all the docks and piers indicating whether these will be inoperative or directly flooded according to the different scenarios for 2050 and 2100. The most pessimistic results, in 2100, show a total rise of sea level of 1.45 meters (considering the extreme tides and storm surges) that would leave this stretch of coast with an average of only 3% of operating docks.

## Índex

<b>1. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJECTIU.....</b>	<b>2</b>
<b>3. CANVI CLIMÀTIC.....</b>	<b>3</b>
3.1  Impacte sobre el nivell del mar.....	4
3.2  Diferents casos i projeccions.....	5
3.2.1  Projeccions.....	6
3.3  Marees.....	9
3.3.1  Projeccions marees.....	11
3.4  Increment del nivell del mar.....	14
<b>4. NORMATIVA.....</b>	<b>14</b>
<b>5. COTES DELS MAPES ANALITZATS.....</b>	<b>15</b>
5.1  Port Olímpic.....	16
5.2  Port Fòrum.....	17
5.3  Port de Badalona.....	18
5.4  Port El Masnou.....	19
5.5  Port de Premià.....	20
5.6  Port de Mataró.....	21
5.7  Port Balís.....	22
5.8  Port d'Arenys.....	23
5.9  Resum de les dades dels mapes.....	25
<b>6. Mapes i resultats.....</b>	<b>26</b>
6.1  Port Olímpic.....	27
6.2  Port Fòrum.....	28
6.3  Port de Badalona.....	29
6.4  Port El Masnou.....	30
6.5  Port de Premià.....	31
6.6  Port de Mataró.....	32
6.7  Port Balís.....	33
6.8  Port d'Arenys.....	34
6.9  Anàlisis dels resultats.....	35
6.9.1  Gràfiques comparatives.....	36

6.9.2 Taules comparatives.....	37
<b>7. CONCLUSIONS.....</b>	<b>40</b>
<b>8. REFERÈNCIES.....</b>	<b>41</b>
<b>9. ANNEXOS.....</b>	<b>44</b>

# 1. INTRODUCCIÓ

El canvi climàtic és cada dia més en el punt de mira de les grans institucions, governs i països en general, ja que les conseqüències tenen un impacte directe en la societat i economia de cada país. Un estudi de la ONU dut a terme per experts en el tema assegura que els efectes del canvi climàtic son irreversibles, però encara estem a temps de reduir-ne les conseqüències.

Les costes marítimes de tot el món son un front molt vulnerable als possibles canvis a la climatologia. El transport de sediments de les platges, els seus ecosistemes, les infraestructures costaneres, ja siguin de protecció, contenció, o per comerç com ara ports, estan en un equilibri amb les condicions climatològiques i marítimes del seu entorn, unes condicions que, com presenten certs estudis del Grup Intergovernamental de Experts en el Canvi Climàtic, IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) per les seves sigles en anglès, poden canviar lleugerament fins a dràsticament al llarg d'aquest segle i per tant desestabilitzar les costes.

Catalunya té aproximadament un terç del seu perímetre banyat per les costes del Mediterrani, un mar que registre una pujada de 3mm a l'any, els últims anys. La població catalana de més de 7 milions d'habitants, es concentra en un 45% als 500 metres adjacents a les platges. A més a més, l'economia de Catalunya també s'intensifica en el litoral, una economia que depèn en gran part del turisme d'estiu que ve en busca d'activitats nàutiques i per gaudir de les platges i l'oci costaner. Ficant a una banda el turisme, Catalunya també consta de grans ports comercials i pesquers que formen un pilar econòmic important d'aquest territori.

En aquest context, aquest estudi tracta sobre l'impacte que té l'escalfament global sobre la costa catalana degut a la pujada del nivell de les aigües del Mar Mediterrani, en concret sobre vuit ports d'aquesta, tot analitzant l'impacte en molls i pantalans d'aquestes infraestructures, que juguen un paper molt important econòmic i socialment en la població catalana.



## 2. OBJECTIU

L'objectiu d'aquest estudi es determinar l'estat actual d'operativitat dels ports escollits per a l'anàlisi i, tenint en compte les dades dels possibles escenaris de la pujada del nivell mig del mar al 2050 i al 2100, saber l'estat final d'aquestes infraestructures. D'aquesta manera serà possible estimar l'impacte de la pujada de les aigües sobre els molls i pantanans i en certa manera poder anticipar qualsevol mena de pèrdua d'operativitat. Això permetria planificar i implementar les mesures correctores necessàries amb suficient antelació.

Els Ports de la Generalitat de Catalunya del Barcelonès i el Maresme seran fruit d'aquest estudi. Es troben a la zona més cèntrica de la costa catalana i en total sumen vuit ports, tres a la comarca del Barcelonès i cinc a la comarca del Maresme. La seva situació es mostra a la Figura 1.

Per ordre de Sud-Oest a Nord-Est els ports són els següents:

### Barcelonès

- Port Olímpic
- Port Fòrum (Sant Adrià de Besòs)
- Port de Badalona

### Maresme

- Port El Masnou
- Port de Premià
- Port de Mataró
- Port Balís
- Port d'Arenys



Figura 1: Situació dels ports analitzats a aquest estudi.

### 3. CANVI CLIMÀTIC

Entrant més en detall a la problemàtica que suposa el canvi climàtic a les infraestructures portuàries de la costa, el principal problema es la pujada del nivell del mar, que afecta directament a aquest tipus de construccions.

Com mostra la següent gràfica (Figura 2) de la Organització Mundial Meteorològica OMM: la quantitat de CO<sub>2</sub> emesa a l'atmosfera no ha deixat de pujar en l'últim segle i això genera l'anomenat efecte hivernacle que es el responsable de la pujada de la temperatura mitja de l'ambient, degut a les enormes quantitats de diòxid de carboni emeses a tot el món, que s'estimen en 36,8 gigatonelades l'any 2019, una xifra que s'ha quadruplicat en els últims 60 anys, com informa *Global Carbon Project*.

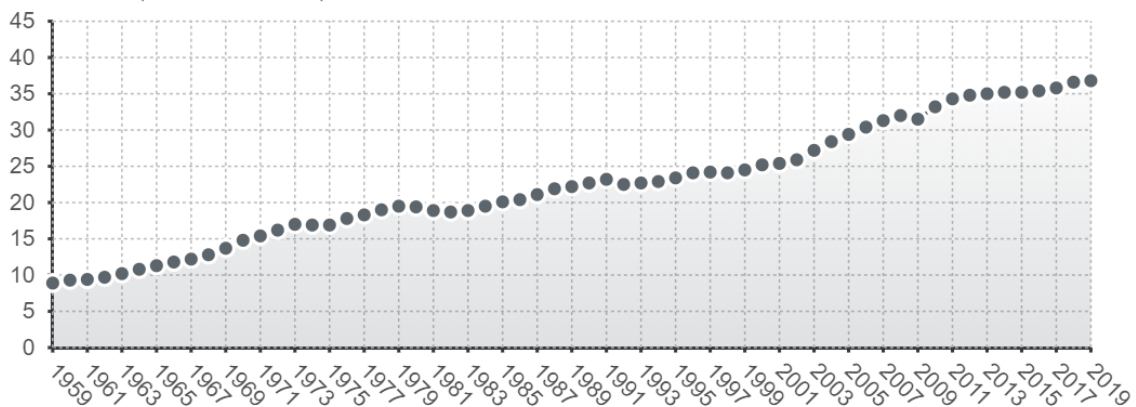


Figura 2: Gigatonelades de CO<sub>2</sub> emeses per any (Font: OMM).

El pacte de París firmat al 2015, ficava en acord a tots els països de la ONU en fer el màxim esforç per reduir les emissions de CO<sub>2</sub> per no superar els 2 graus d'increment de temperatura a finals del segle, cosa que després de les dades registrades per la OMM al 2019, on les emissions registraven nivells record, deixant l'any com el més calorós mai registrat, anuncia que possiblement es pugui arribar a incrementar fins a tres graus la temperatura mitja a finals del segle XXI, si no es fa res en contra.

Per analitzar els potencials impactes del canvi climàtic, l'IPCC (2013) planteja una sèrie d'escenaris que analitzen com variarà el clima de la terra, incloent-hi temperatura de l'atmosfera, precipitacions, pujada del nivell del mar, etc., en funció de les emissions de CO<sub>2</sub> durant el segle XXI. Aquest escenaris són: RCP2.6\* (que considera una reducció de les emissions), RCP4.5\* i RCP6.0\* (que assumeixen una estabilització de les emissions) i RCP8.5 (que preveu un manteniment de les emissions al ritme actual).

La Figura 3 mostra, a l'esquerra el cas RCP2.6 més optimista i a la dreta el cas RCP8.5\* més pessimista, l'increment de temperatura a escala mundial des de finals del segle XX fins a finals del segle XXI, segons l'estudi dut a terme per el IPCC (2013).

\*RCP: Representative Concentration Pathway (Explicat més endavant)

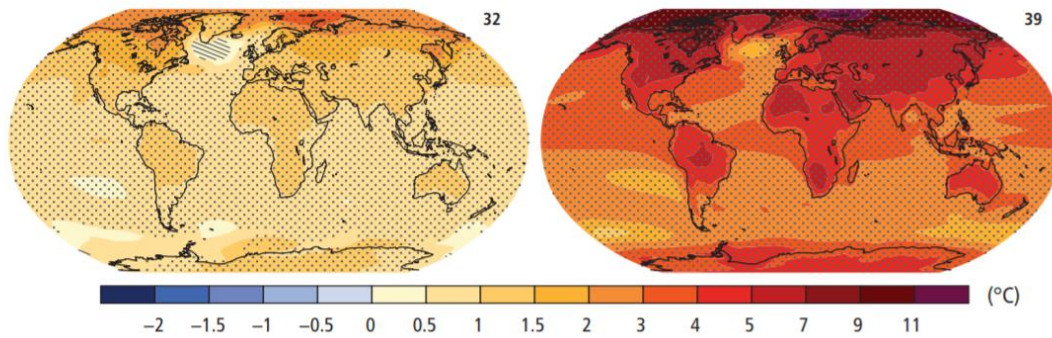


Figura 3: Increment de temperatura a finals del S.XXI, RCP2.6 i RCP8.5 respectivament (Font: IPCC).

### 3.1 IMPÀCTE SOBRE EL NIVELL DEL MAR

L'impacte que té l'augment de la temperatura a l'atmosfera i als mars i oceans es proporcional a l'augment del nivell del mar per dues raons principals:

La primera i més coneguda es l'enorme quantitat de gel que es fon cada dia al pol nord i al pol sud a l'hora que a grans glaciers.

La Figura 4, feta per la NASA, mostra imatges de satèl·lit del pol nord al 1987 a l'esquerra i al 2019 a la dreta:

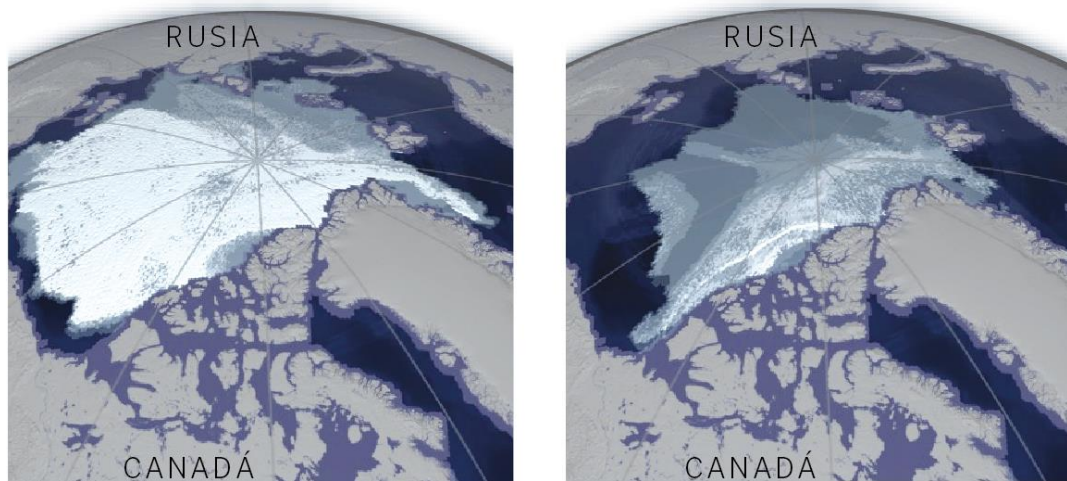


Figura 4: Pol nord al 1987 i 2019 respectivament (Font: NASA).

La segona, i més important en volum, és conseqüència de la física de materials, que indica que l'augment de la temperatura d'un element com ara l'aigua, genera un augment en el seu volum, és a dir que s'expandeix amb la calor. Aquest fenomen és conegut com efecte estèric i l'increment associat del volum de la massa d'aigua als oceans, al estar limitada pels continents, es tradueix en una elevació del nivell del mar.

A la Figura 5 es presenta un estudi de l'IPCC (2013) on s'hi reflecteix la pujada mitja del nivell mig del mar dels últims 100 anys a nivell global. El nivell mig anual s'ha elevat des de principis del segle XX, sent de 1mm fins els anys, '60-'70 i augmentant 3mm per any fins a inicis del segle XXI. A la Figura 6 és pot veure la distribució regional de les projeccions de la variació del nivell del mar fins a final de segle.

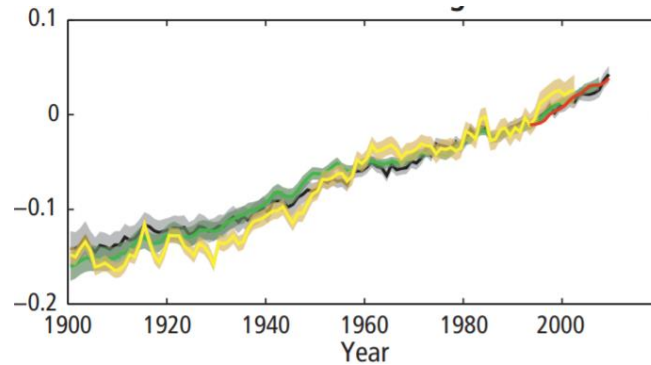


Figura 5: Pujada del nivell mig del mar en metres, 1900-2005 (Font: IPCC).

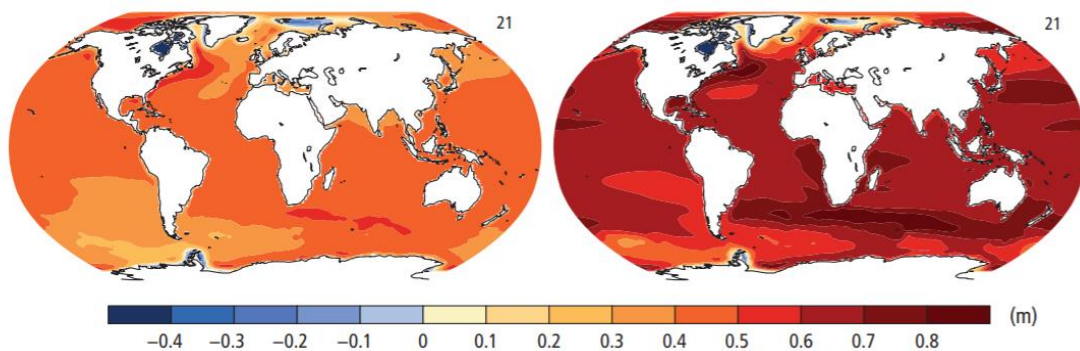


Figura 6: Augment del nivell del mar en metres a finals del S.XXI, RCP2.6 i RCP8.5 respectivament (Font: IPCC).

### 3.2 DIFERENTS ESCENARIS I PROJECCIONS

L'objectiu d'aquest estudi es esbrinar segons les diferents projeccions del canvi climàtic quin serà l'impacte en les infraestructures portuàries catalanes, en concret als molls i pantalanans.

Aclarim doncs primer en que consisteixen les projeccions, proposades per l'IPCC, que es refereixen als diferents escenaris en quatre possibilitats segons les emissions de CO<sub>2</sub> generades.

El IPCC anomena les Trajectòries de Concentració Representatives les RCP, per les seves sigles en anglès (Representative Concentration Pathway), com a les diferents projeccions de concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera, tal com s'ha indicat anteriorment. Com es mostra en la Figura 7 duta a terme per al mateix grup per al canvi climàtic, hi ha quatre escenaris estudiats, de més optimistes a més pessimistes, respectivament: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 i RCP8.5.

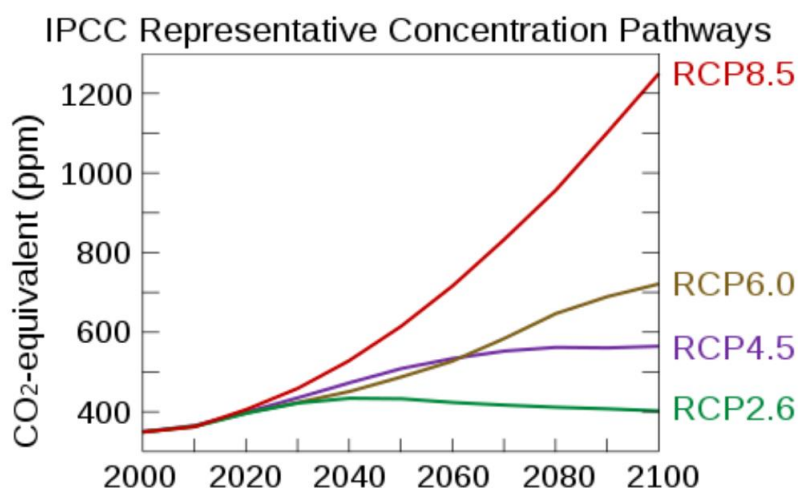


Figura 7: Les 4 Trajectòries de Concentració de CO<sub>2</sub> Representatives 2000-2100 (Font: IPCC).

Trajectòria de Concentració Relativa	Concentració de CO <sub>2</sub> al 2100 (ppm)
RCP2.6	400
RCP4.5	565
RCP6.0	720
RCP8.5	1245

Taula 1: Les 4 Trajectòries de Concentració de CO<sub>2</sub> Representatives al 2100 (Font: IPCC).

En el pitjor dels casos (RCP8.5) l'any 2100 un 0,125% de l'atmosfera serà de partícules de diòxid de carboni, que és 3 cops la xifra actual de 0,04% de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

La Taula 1 emmarca els diferents RCP amb les projeccions de concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera, el màxim responsable de l'efecte hivernacle, la qual cosa ens permet relacionar directament aquestes dades amb les dades de la pujada del nivell mig del mar, tot usant els mateixos RCP, ja que la quantitat de CO<sub>2</sub> augmenta la temperatura mitja i aquesta provoca la pujada del nivell mig del mar.

### 3.2.1 PROJECCIONS

A continuació s'analitzen les projeccions per a la pujada del nivell del mar, tot usant per a l'escenari intermedi RCP4.5 la mitja de les projeccions i per a l'escenari pessimista RCP8.5 el cas més desfavorable (banda superior de confiança), per incloure el cas més desfavorable possible. Els altres dos escenaris no seran considerats en aquest estudi, per correspondre a projeccions massa optimistes (RCP2.6) o a mig camí entre les dues considerades (RCP6.0).

La Figura 8 mostra la pujada del nivell mig del mar fins a l'any 2100 per als escenaris RCP4.5 i RCP8.5.

La corba negra és la que marca la pujada en metres i deixa unes bandes de confiança en ambdós casos, ja que no deixen de ser projeccions. En l'eix vertical hi trobem l'increment en metres i en l'eix horitzontal els anys.

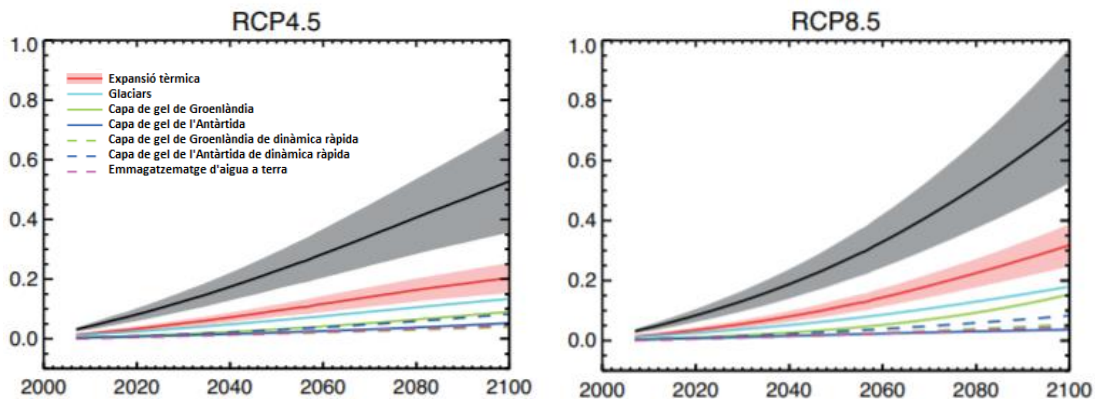


Figura 8: Gràfiques de la pujada del nivell mig del mar i els efectes que ho causen 2000-2100 (Font: IPCC).

Analitzant les dues gràfiques es tenen les dades de la Taula 2.

	Increment mig del nivell mig del mar (metres)	Bandes de confiança (metres)
RCP4.5	0,53	+0,175
RCP8.5	0,73	+0,225

Taula 2: Pujada mitja del nivell del mar i bandes de confiança per als dos escenaris considerats.

Aquest estudi es centra en una projecció mitjana i en la projecció més desfavorable. Per tant, en el cas del RCP4.5 s'usarà la mitja de les dades, 0,53m i en el cas del RCP8.5 s'usarà la màxima projecció desfavorable, és a dir, sumant la banda de confiança a l'alça, 0,98m.

El Mar Mediterrani, per les seves característiques geogràfiques no s'ajusta exactament al nivell mig global (Figura 8 i Taula 2) de pujada de les aigües. Les projeccions per aquest mar es redueixen al voltant d'un 10% (Sierra et al., 2016, 2017; Gracia et al., 2019), per l'augment en l'evaporació de les seves aigües degut a l'augment de la temperatura i, pel fet de ser un mar quasi aïllat, que farà que la realimentació de les aigües sigui massa lenta per pal·liar la disminució d'aigua que marxa a l'atmosfera per evaporació. En la Figura 9 es presenta la pujada del nivell del mar aplicada al Mar Mediterrani, considerant aquesta disminució del 10%. A les Taules 3 i 4 es recullen, respectivament, els valor globals i regionals d'elevació del nivell del mar per als dos escenaris i els dos horitzons considerats.

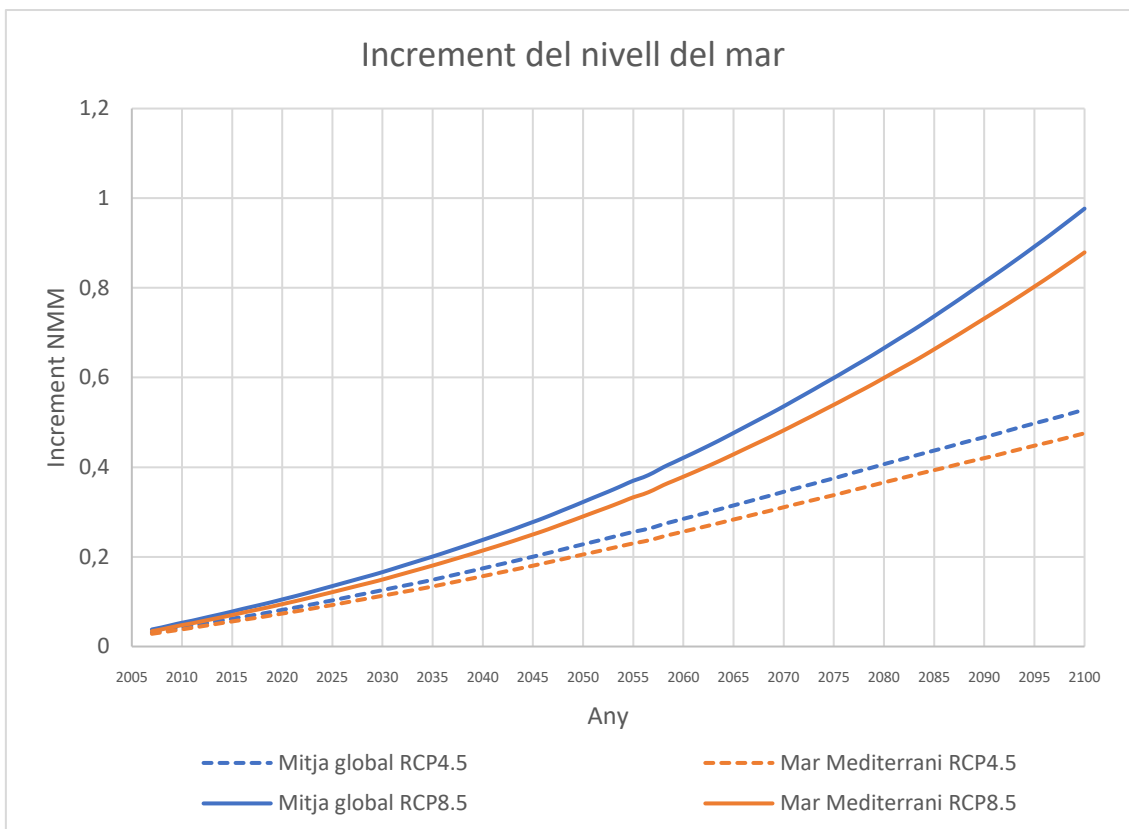


Figura 9: Gràfica de l'increment del nivell mig del mar (NMM) global i del nivell mig del Mediterrani.

### Projecció mitja global

Projecció/Any	2050	2100
RCP4.5	0,23m	0,53m
RCP8.5	0,32m	0,98m

Taula 3: Projecció mitja global de l'increment del nivell mig del mar.

### Projecció corregida per al Mar Mediterrani

Projecció/Any	2050	2100
RCP4.5	0,21m	0,48m
RCP8.5	0,29m	0,88m

Taula 4: Projecció de l'increment del nivell mig del mar al Mar Mediterrani

### 3.3 MAREES

Per últim cal afegir, amb un valor molt més reduït que la pujada mitja del nivell del mar deguda al canvi climàtic, però encara així amb una magnitud significativa, la variació del nivell del mar per l'efecte de les mareas.

Al Mar Mediterrani, en comparació amb la resta de grans masses marines, les mareas que s'hi generen són de poques desenes de centímetres, en els casos més extrems.

Les mareas es desglossen en dues parts, segons el fenomen que la provoca.

1. Marea astronòmica

Generada a causa de la força d'atracció gravitatòria generada per la Lluna i el Sol, alhora que el moviment de la terra respecte aquests astres, anomenada força centrífuga.

2. Marea meteorològica

Es tracta de les oscil·lacions en el nivell del mar degut, en primer lloc, a la pressió atmosfèrica, que pot generar més pressió sobre la superfície del mar, disminuint l'alçada o viceversa. En segon lloc, de les tempestes que porten vents, a més a més de baixes pressions, que empenyen la superfície de l'aigua fins a la costa, com mostren les imatges de la Figura 10; a l'esquerra, la fricció entre fluids on el vent empeny la superfície cap a la costa i en fa pujar el nivell i a la dreta, la baixa pressió atmosfèrica que es troba sobre la costa a l'hora que l'alta pressió que es troba a l'interior fa que el conjunt de la massa del mar es desplaci cap a la costa.

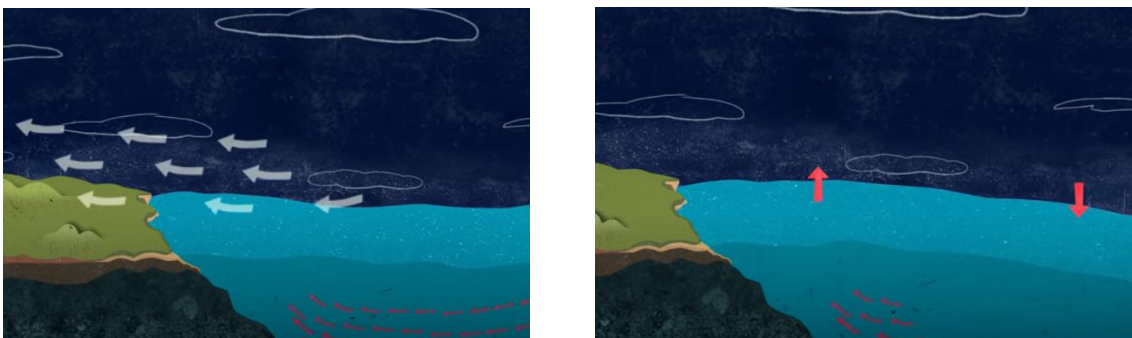


Figura 10: Imatges sobre les causes de la marea meteorològica

A la Figura 11 es mostra un diagrama, facilitat per *Puertos del Estado* on s'indica, al Port de Barcelona, la variació del mar per efecte de la marea astronòmica i meteorològica registrada (de color blau), del 31 d'agost al 6 de setembre del 2020, sent lluna plena, i per tant accentuant la variació de la marea astronòmica.



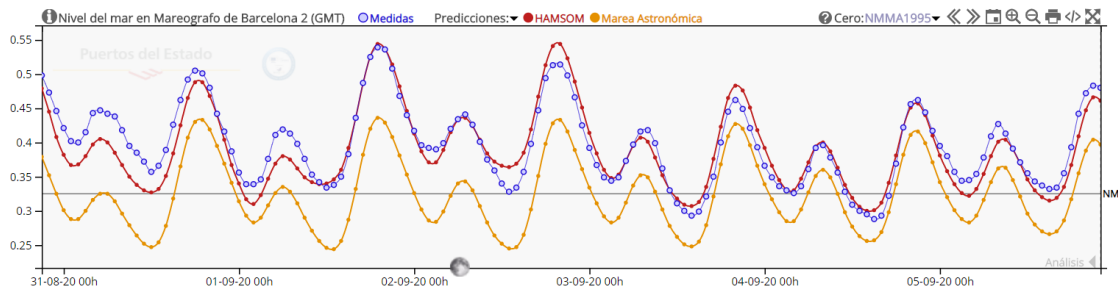


Figura 11: Nivell del mar registrat (color blau) al mareògraf de Barcelona del 31/8 al 6/9 del 2020 (Font: Puertos del Estado).

Com es pot veure, l'amplitud màxima en marees vives arriba a ser de quasi 30cm, que poden accentuar-se més en èpoques de tormentes que disminueixen la pressió atmosfèrica i afavoreixen la pujada de les aigües. Aquesta última es dona més sovint a l'hivern, quan la pressió atmosfèrica mitja és més baixa i augmenten les tempestes i els fronts freds.

Pel que fa als registres màxims degut a la suma de les dues marees al Port de Barcelona, l'alçada màxima obtinguda en els últims trenta anys va ser al 2003 amb un nivell de 99cm respecte el zero d'Alacant, és a dir de 69cm en el seu moment en relació al nivell mig del Port de Barcelona (Figura 12).

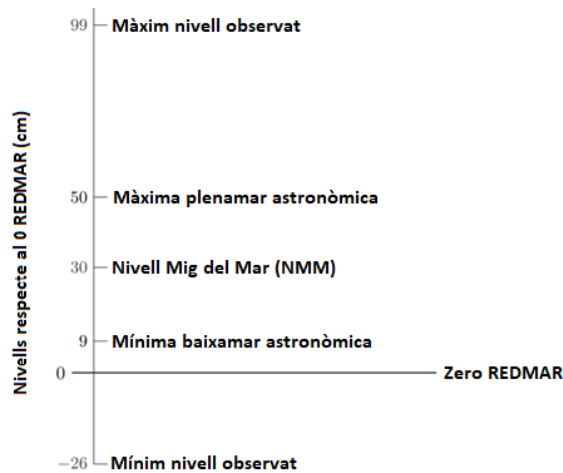


Figura 12: Nivells registrat pel mareògraf del Port de Barcelona respecte el 0 hidrogràfic, REDMAR (Font: Puertos del Estado).

### 3.3.1 PROJECCIONS DE LES MAREES

Les mareas en el futur venen determinades per les dues mateixes condicions d'avui en dia, la marea astronòmica i la marea meteorològica.

La marea astronòmica depen de la Lluna, del Sol i del moviment de la Terra respecte aquests dos astres i per tant la variació d'aquestes oscil·lacions no representa un canvi important de cara al futur, depen només de la quantitat de massa d'aigua a desplaçar, i tenint en compte que el Mediterrani seguirà sent un mar tancat, no pot variar molt. Per tant, en aquest estudi, es tindrà en compte el registre dels últims anys de cara a les projeccions.

Per altra banda, la marea meteorològica si que ha d'experimentar canvis, una vegada més a conseqüència del canvi climàtic, els científics estimen que les properes dècades, en el clima mediterrani, hi haurà una disminució en la quantitat de tormentes però un augment de l'intensitat d'aquestes. Aquest fet fa que, de cara al futur, la mitja de pujades del nivell del mar degut a les perturbacions meteorològiques disminueixi, com es mostra més endavant.

A la Figura 13 es presenta una mostra de les dades obtingudes pel mareògraf de Barcelona, on hi figura la distribució de les diferents alçades ateses als últims 30 anys. La variació total de la marea sobrepasa per poc el metre d'alçada, i si desglocem les dades en marea astronòmica i meteorològica (residu) veiem que el principal responsable del ventall més ampli de dades és degut a la marea meteorològica; en canvi, l'astronòmica per poc sobrepasa els 60 centímetres d'amplada (respecte al zero d'Alacant).

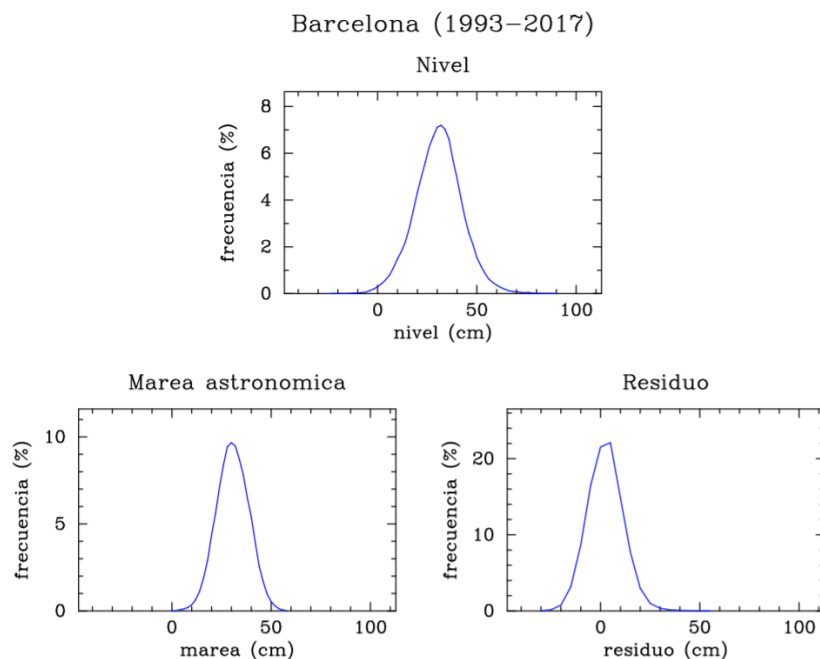


Figura 13: Corbes de distribució dels nivells de marea registrats pel mareògraf del Port de Barcelona (Font: Puertos del Estado).

Un cop vistes les distribucions anteriors, per poder fer les projeccions amb les mesures pertinents de mareas, el que es busca és que els ports a analitzar siguin operatius la gran majoria del temps. D'aquesta manera, es pot permetre un temps molt reduït a l'any, on degut a la marea màxima, les instal·lacions portuàries quedin inoperatives.

Per atendre aquesta demanda, ja que el ventall de màxims meteorològics és reduït però bastant elevat, s'aplicarà un percentil del 99,9%, per prescindir de les dades registrades màximes que es poden donar cada certs anys i que per tant es poden permetre els ports sense haver d'assumir uns costos de habilitació per aquests casos tant extrems i poc probables, o si mes no amb un període de retorn més elevat. Aquest percentil del 99.9% és el recomanat per la norma ROM (2012), que apareix a la Normativa, (veure apartat 4).

L'estudi de *Puertos del Estado* on s'hi registren les dades del mareògraf, conté una gràfica amb els percentils dels nivells obtinguts des de l'any 1993 fins al 2017 (Figura 14). La taula obtinguda mostra, per a un percentil del 99,9%, un nivell del mar de 0,92m (respecte al zero d'Alacant), i és per tant la dada que utilitzarem per a la marea total, amb una correcció que es mostra posteriorment.

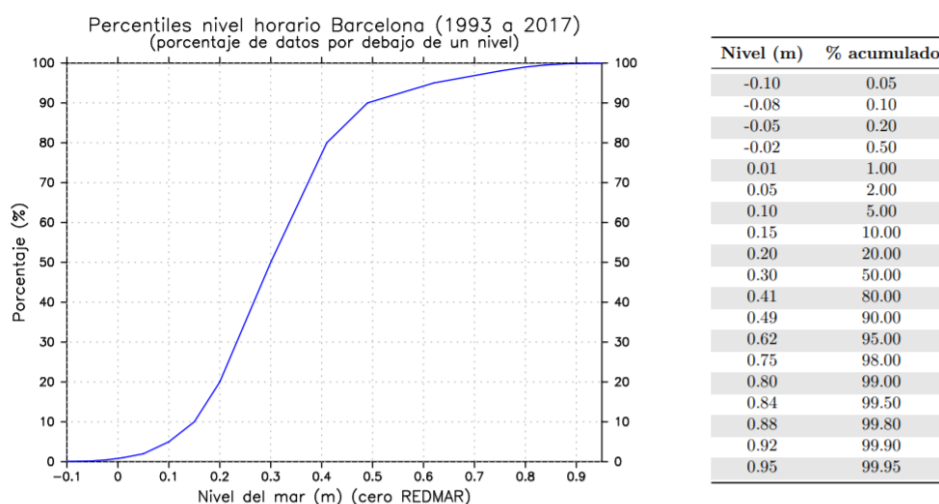


Figura 14: % dels nivells horaris per sota del nivell donat, gràfica i percentils (Font: Puertos del Estado).

A la Taula 5 es mostren les dades actuals desglossades de la marea astronòmica i meteorològica, extretes de la Figura 14. El Nivell Mig del Mar a Barcelona amb el percentil 99,9 (NMMB 99,9%) és l'alçada màxima corresponent al percentil 99,9 respecte el 0 de Barcelona, que és 33cm superior al Nivell Mig del Mar d'Alacant (NMMA).

	Alçada (metres)
NMMT 99,9%	0,92
NMMA mig	0,33
NMMB 99,9%	0,59

Taula 5: Dades històriques de marea total. NMMT99.9%: percentil 99.9% del nivell mig del mar total; NMMA: nivell mig del mar a Alacant; NMMB 99.9%: percentil 99.9% del nivell mig del mar total a Barcelona.

Com ja s'ha indicat, si bé la marea astronòmica experimentarà variacions insignificants en el futur, les projeccions indiquen que la variació de la marea meteorològica serà negativa de cara al futur, essent diferent per a cada any i RCP. La Taula 6 mostra les dades obtingudes per un estudi de la Universitat de Cantàbria, per a les projeccions desitjades:

	RCP4.5		RCP8.5	
	2050	2100	2050	2100
Barcelona	-0,0203m	-0,0065m	-0,0047m	-0,0339m
Vilassar	-0,0196m	-0,0062m	-0,0054m	-0,0339m
Calella	-0,0185m	-0,0055m	-0,0029m	-0,0313m
Mitja utilitzada	-0,02m	-0,0m	-0,0m	-0,03m

Taula 6: Dades de variació de la marea meteorològica (Font: <https://c3e.ihcantabria.com>).

Per a simplificar el procés la mitja utilitzada per a tots els ports serà la mateixa en cada cas. Destacar que per als escenaris RCP4.5 al 2100 i RCP8.5 al 2050 el decrement del nivell de la marea meteorològica és tant petit que no es tindrà en compte.

Tenint en compte les dades de les Taules 5 i les correccions a futur de la marea meteorològica de la Taula 6, s'obté la Taula 7, que mostra els valor totals de marea màxima que s'han considerat a aquest estudi, per a cada escenari i cada horitzó analitzat.

	RCP4.5		RCP8.5	
	2050	2100	2050	2100
Marea astronòmica NMMB (99,9%)	0,59m	0,59m	0,59m	0,59m
Marea meteorològica	-0,02m	-0,0m	-0,0m	-0,03m
Nivell màxim marea total	0,57m	0,59m	0,59m	0,56m

Taula 7: Taula resum dels valors obtinguts de la marea

### 3.4 INCREMENT DEL NIVELL DEL MAR

Un cop obtingudes les dades dels màxims dels nivells de mareas, a la Taula 8, juntament amb l'increment del nivell mig del mar degut al canvi climàtic ( $\Delta\text{NM}$ ), obtingut a la Taula 4, es fa la correcció total que s'aplicarà en cada cas a tots els ports que s'estudien en aquest projecte:

	RCP4.5		RCP8.5	
	2050	2100	2050	2100
Marea astronòmica NMMB (99,9%) + $\Delta\text{MareaMeteorològica}$	0,57m	0,59m	0,59m	0,56m
$\Delta\text{NM}$	0,21m	0,48m	0,29m	0,88m
<b>Increment NIVELL DEL MAR TOTAL</b>	<b>0,78m</b>	<b>1,07m</b>	<b>0,88m</b>	<b>1,44m</b>

Taula 8: Nivells del mar totals considerats en aquest estudi per a cada escenari i cada horitzó.

## 4. NORMATIVA

Aquest treball analitza els diferents molls i pantalans de cada port amb l'objectiu de determinar si aquests estaran inundats a mitjans i finals del segle i també, no menys important si les infraestructures seran operatives.

Aquest apartat analitza la normativa citada a la **ROM 2.0-11** (ROM 2012) de *Puertos del Estado*, on figura el francbord necessari perquè, en funció de l'activitat que s'hi dugui a terme, el moll o pantalà sigui operatiu.

El francbord és la distància vertical entre el nivell del mar i la superfície horitzontal (d'un moll o pantalà) directament utilitzable des d'una embarcació amarrada al moll. Aquesta alçada no pot ser mai inferior ni superior a les dades que figuren a la següent taula, respecte al que diu la norma (Taula 9).

Ús de l'obra d'amarratge	Francbord (en metres)
Industrial, comercial o militar	+1,50 ~ +2,50
Pesquer	+0,50 ~ +1,00
Nàutic i esportiu	+0,15 ~ +1,00

Taula 9: Normativa per al francbord dels molls i pantalans portuaris (Font: Puertos del Estado)

Donat que el 70% dels molls i pantalans a estudiar són nàutics o esportius, en la majoria dels casos, com dicta la norma, el francbord mínim necessari és de 15 centímetres.

## 5. COTES DELS MAPES ANALITZATS

L'Annex 1, citat al final del document, mostra la lectura de totes les mesures de tots els ports, sobre el nivell mig del mar a Alacant .

Els mapes que venen a continuació se'ls hi ha aplicat ja la correcció de 0,33cm que és la diferència d'alçada entre el nivell mig del mar a Alacant (NMMA) i el nivell mig del mar a Barcelona (NMMB). Com bé mostren els mapes de l'Annex 1 les mesures en un mateix moll poden variar unes unitats de centímetres, la cota adjudicada per cada moll és la mínima de totes les mostres recopilades, essent un moll d'accés a un altre, també el determinant de la cota del segon de cara a l'estudi d'operativitat.

A continuació apareixen els mapes dels vuit ports analitzats amb la cota de cada moll en centímetres, la qual s'usarà per fer els càlculs pertinents en els apartats següents.

Les dades de les distàncies en metres dels molls i pantalans que apareixen a les taules per a cada port, han estat mesurades amb l'eina de Google Earth Pro. Aquest mètode és probable que arrossegui algun error, però a l'escala de l'ordre de centenars de metres d'aquestes mesures, l'error és tolerable i no es tindrà en compte.

El lector pot detectar que els nivells de francbord dels port en els mapes siguin superiors a un metre, essent això fora de la normativa prèviament descrita. Aquest estudi només es fa càrrec d'analitzar les projeccions a futur i determinar si estan dins de la normativa respecte la distància mínima. L'incompliment actual i/o superior a la normativa no és l'objectiu d'aquest document.

**\*LLEGENDA:** els molls que apareixen en els mapes de color blau (línia blava), són molls flotants, que per tant no presentaran cap mena de canvi, ni d'impacte respecte a la pujada del nivell del mar.

## 5.1 PORT OLÍMPIC

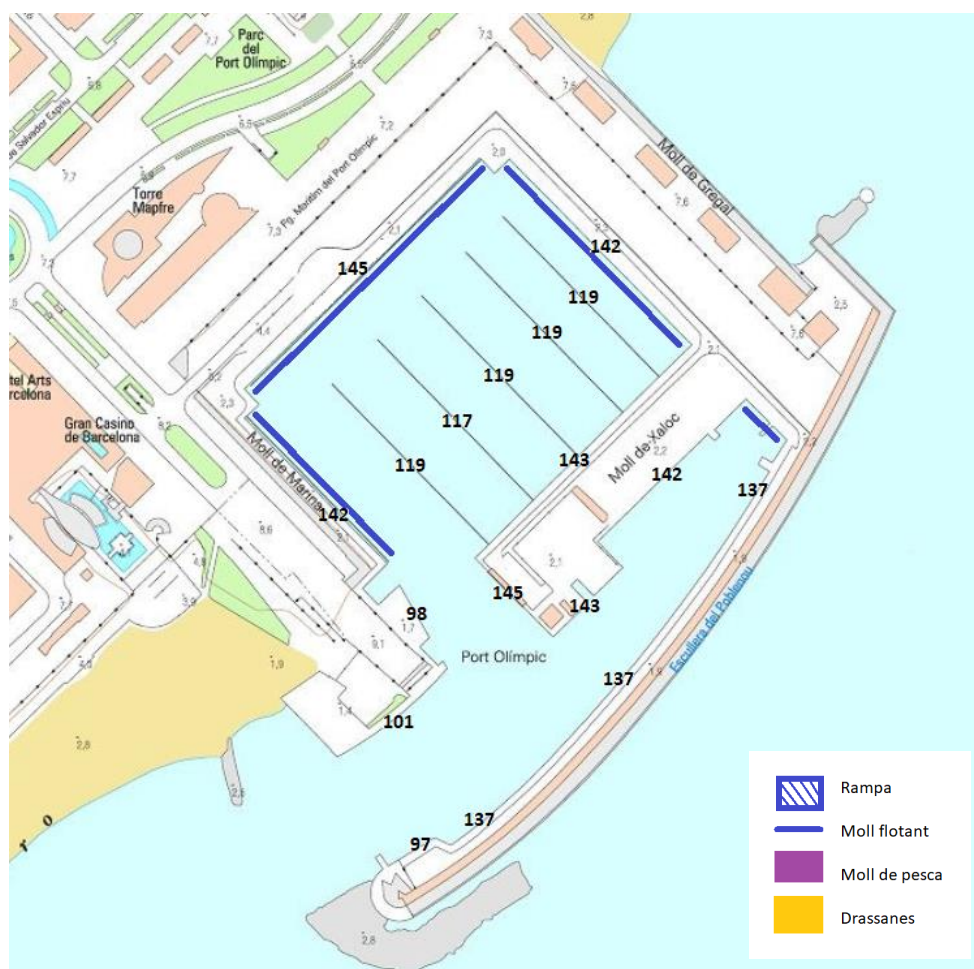


Figura 15: Mapa amb cotes en centímetres del Port Olímpic

Molls analitzats: 15

Dades en el mapa: 17

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	145cm	86cm
Alçada mínima	97cm	38cm
Alçada mitja	135,4cm	76,4cm

Taula 10: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port Olímpic

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	3.220m <b>(100%)</b>	2.592m	628m
Pesca	0m <b>(0%)</b>	0m	0m
Total	3.220m	2.592m <b>(80%)</b>	628m <b>(20%)</b>

Taula 11: Metres de molls i pantalans, Port Olímpic

## 5.2 PORT FORUM

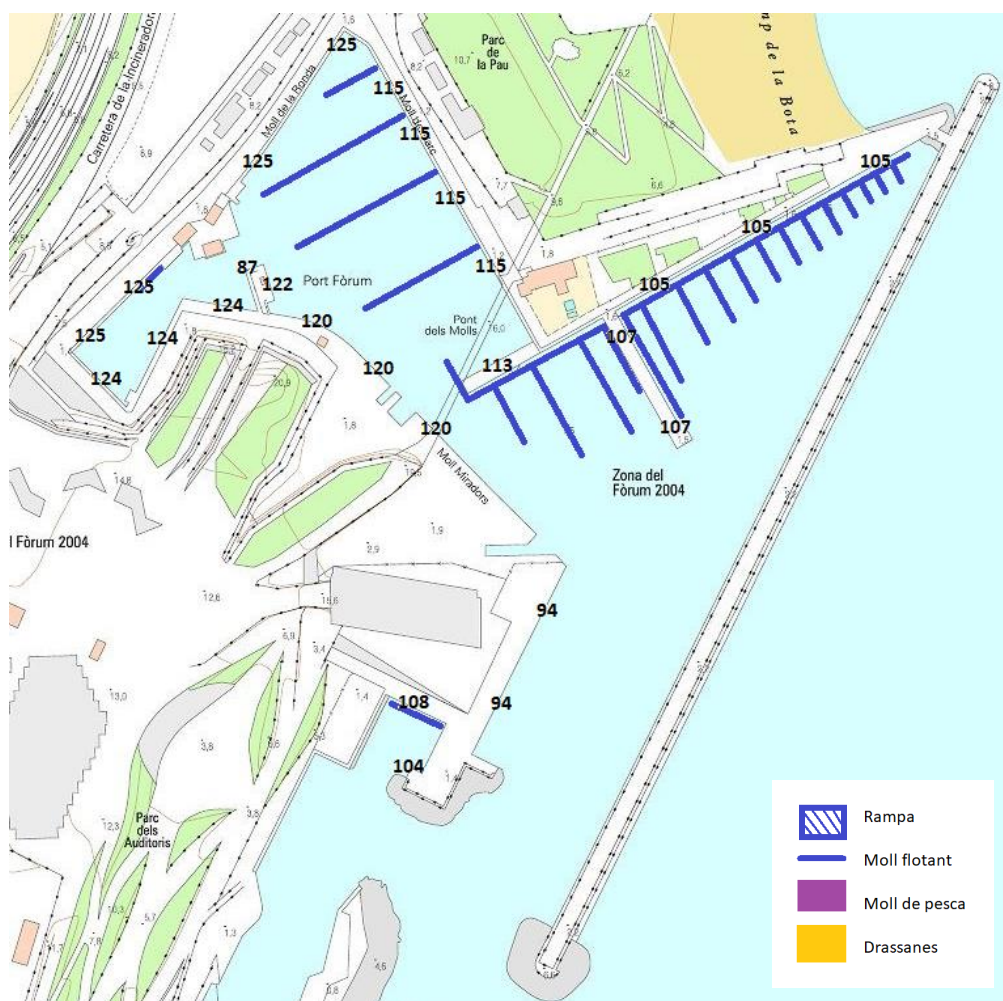


Figura 16: Mapa amb cotes en centímetres del Port Fòrum

Molls analitzats: 14

Dades en el mapa: 26

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	125cm	66cm
Alçada mínima	87cm	28cm
Alçada mitja	113,2cm	54,2cm

Taula 12: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port Fòrum

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	3.928m <b>(100%)</b>	1.207m	2.721m
Pesca	0m <b>(0%)</b>	0m	0m
Total	3.928m	1207m <b>(31%)</b>	2.721m <b>(69%)</b>

Taula 13: Metres de molls i pantalans, Port Fòrum



## 5.3 PORT DE BADALONA

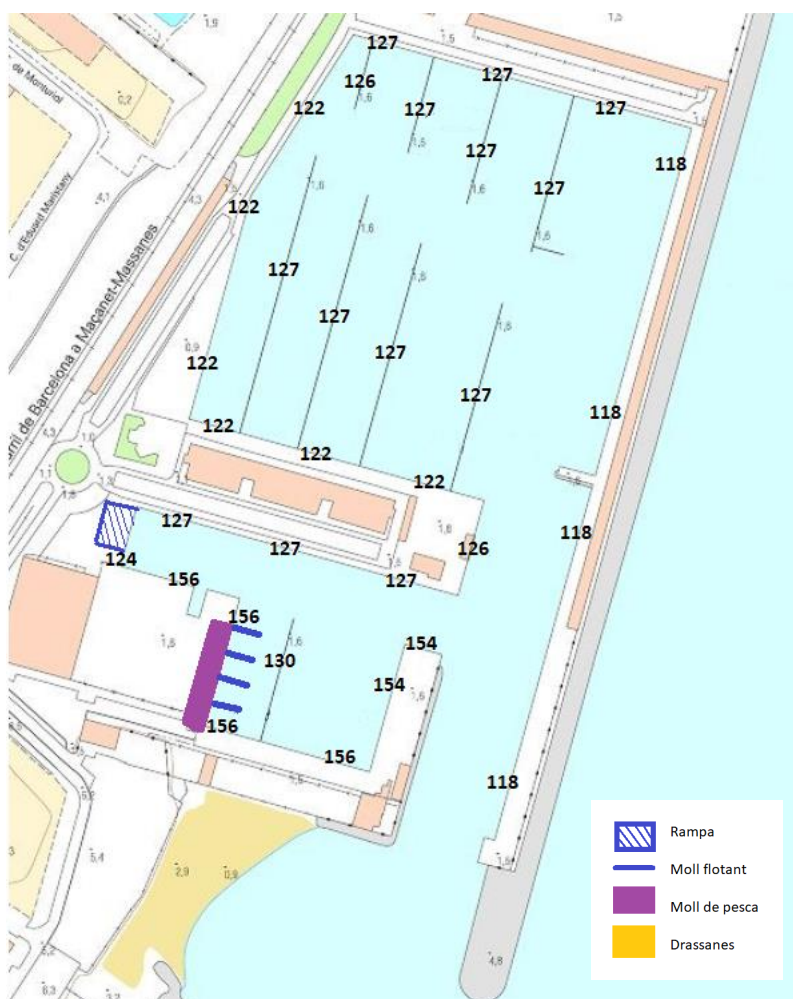


Figura 17: Mapa amb cotes en centímetres del Port de Badalona

Molls analitzats: 19

Dades en el mapa: 33

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	156cm	97cm
Alçada mínima	118cm	56cm
Alçada mitja	126,4cm	67,4cm

Taula 14: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port de Badalona

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	3.942m (95%)	3.942m	0m
Pesca	197m (5%)	77m	120m
Total	4.139m	4.019m (97%)	120m (3%)

Taula 15: Metres de molls i pantalans, Port de Badalona

## 5.4 PORT EL MASNOU

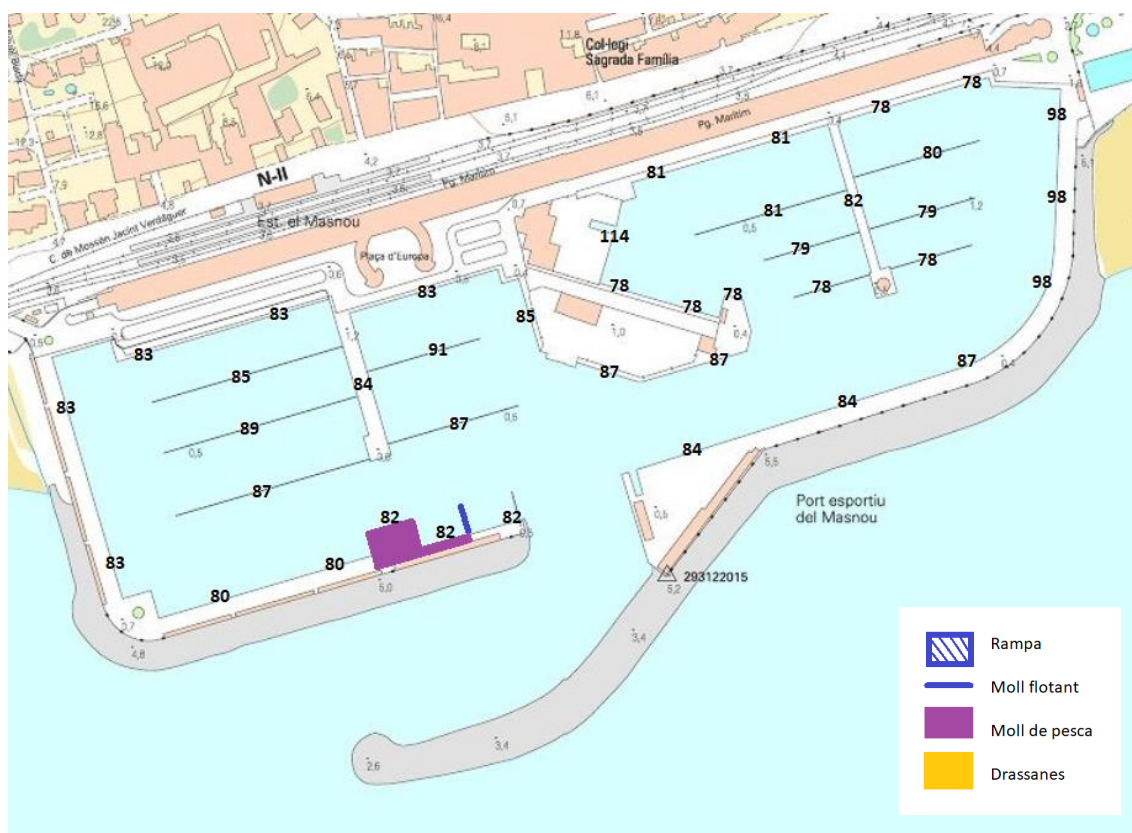


Figura 18: Mapa amb cotes en centímetres del Port El Masnou

Molls analitzats: 28

Dades en el mapa: 41

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	114cm	55cm
Alçada mínima	78cm	19cm
Alçada mitja	82,3cm	26,4cm

Taula 16: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port El Masnou

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	4.268m <b>(95%)</b>	4.268m	0m
Pesca	207m <b>(5%)</b>	167m	40m
Total	4.475m	4.435m <b>(99%)</b>	40m <b>(1%)</b>

Taula 17: Metres de molls i pantalans, Port El Masnou

## 5.5 PORT DE PREMIÀ DE MAR

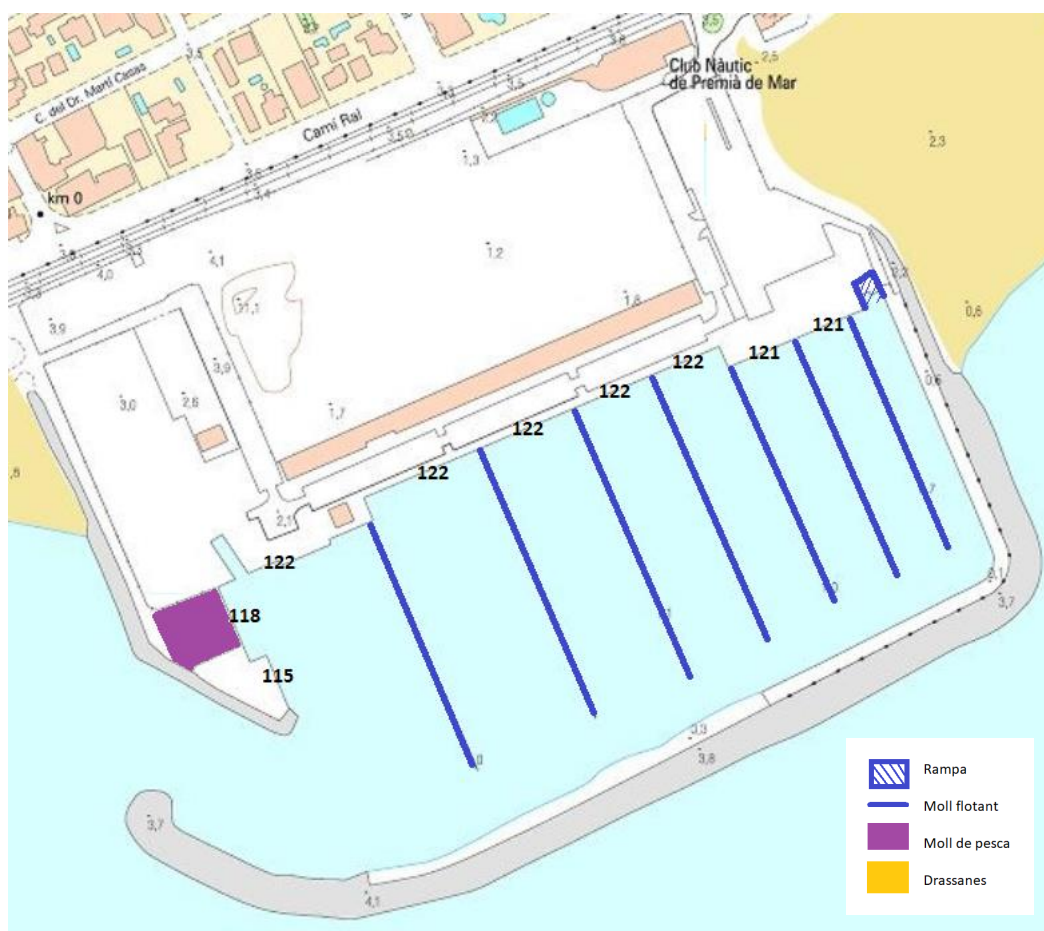


Figura 19: Mapa amb cotes en centímetres del Port de Premià

Molls analitzats: 5

Dades en el mapa: 9

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	122cm	63cm
Alçada mínima	115cm	56cm
Alçada mitja	120,5cm	61,5cm

Taula 18: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port de Premià

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	2.553m <b>(98%)</b>	429m	2.124m
Pesca	45m <b>(2%)</b>	45m	0m
Total	2.598m	474m <b>(18%)</b>	2.124m <b>(82%)</b>

Taula 19: Metres de molls i pantalans, Port de Premià

## 5.6 PORT DE MATARÓ

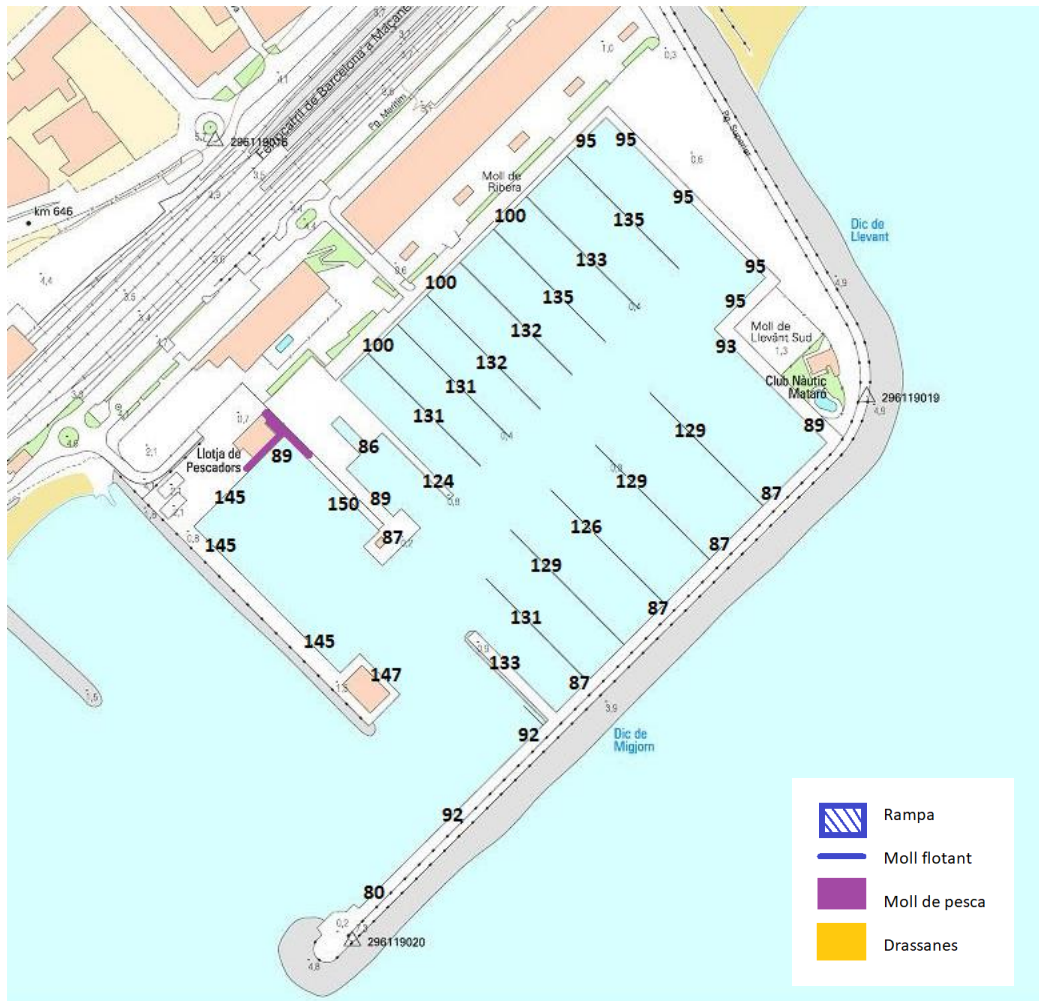


Figura 20: Mapa amb cotes en centímetres del Port de Mataró

Molls analitzats: 27

Dades en el mapa: 40

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	150cm	91cm
Alçada mínima	86cm	27cm
Alçada mitja	114,4cm	55,4cm

Taula 20: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea s, Port de Mataró

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	4.738m (99%)	4.738m	0m
Pesca	62m (1%)	62m	0m
Total	4.800m	4.800m (100%)	0m (0%)

Taula 21: Metres de molls i pantalans, Port de Mataró

## 5.7 PORT BALÍS

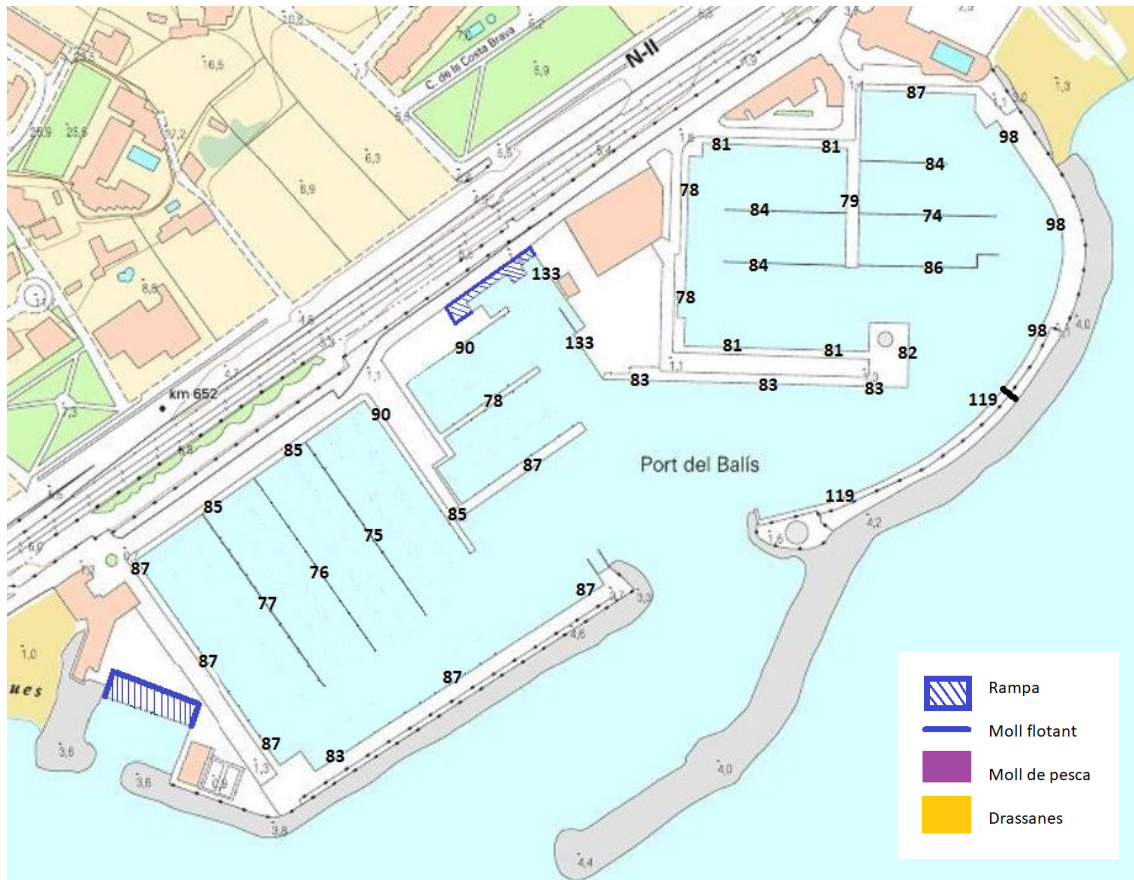


Figura 21: Mapa amb cotes en centímetres del Port Balís

Molls analitzats: 24

Dades en el mapa: 39

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	133cm	74cm
Alçada mínima	74cm	15cm
Alçada mitja	88,3cm	29,3cm

Taula 22: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port Balís

Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	3.980m ( <b>100%</b> )	3.980m	0m
Pesca	0m ( <b>0%</b> )	0m	0m
Total	3.980m	3.980m ( <b>100%</b> )	0m ( <b>0%</b> )

Taula 23 Metres de molls i pantalans, Port Balís

## 5.8 PORT D'ARENYS DE MAR

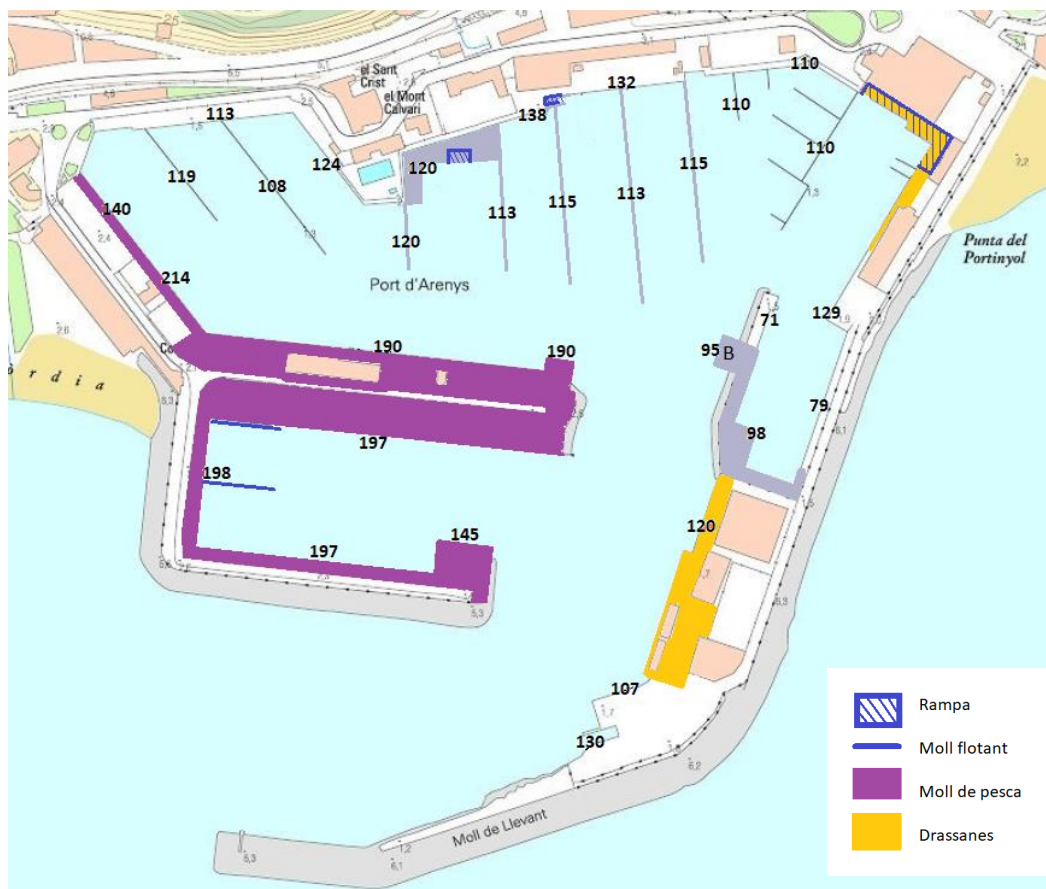


Figura 22: Mapa amb cotes en centímetres del Port d'Arenys de Mar.

\*Aquest mapa ha estat modificat (Veure Annex 2)

### Port esportiu

Molls analitzats: 23 / Dades en el mapa: 23

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	138cm	79cm
Alçada mínima	71cm	12cm
Alçada mitja	112,6cm	53,6cm

Taula 24 Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port d'Arenys de Mar (zona esportiva).

### Port pesquer

Molls analitzats: 6 / Dades en el mapa: 8

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	214cm	155cm
Alçada mínima	190cm	131cm
Alçada mitja	183,9cm	124,9cm

Taula 25: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Port d'Arenys de Mar (zona pesquera).

## Metres de molls i pantalans

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	3.158m <b>(70%)</b>	3.158m	0m
Pesca	1.086m <b>(24%)</b>	1.000m	86m
Drassanes	250m <b>(6%)</b>	250m	0m
Total	4.494m	3.980m <b>(100%)</b>	0m <b>(0%)</b>

*Taula 26: Metres de molls i pantalans, Port d'Arenys de Mar.*

## 5.9 RESUM DE LES DADES DELS MAPES

A les taules 27 i 28 es resumeixen el total de les dades registrades en aquest apartat. D'aquesta manera s'aconsegueix tenir una visió global aproximada de les cotes i distàncies dels molls dels vuit ports analitzats:

Taules de cotes totals

	Sobre NMM	Sobre NMaxMarea 99,9%
Alçada màxima	214cm	155cm
Alçada mínima	71cm	56cm
Alçada mitja	119,6cm	60,6cm

Taula 27: Alçades respecte al nivell mig del mar (NMM) i al percentil 99.9% de la marea, Total dels 8 ports.

Metres de molls i pantalans totals

Metres de moll	Totals Port	Formigó	Flotants
Lleure	29.787m <b>(94%)</b>	24.314m	5473m
Pesca	1.597m <b>(5%)</b>	1351m	246m
Drassanes	250m <b>(1%)</b>	250m	0m
Total	31.634m	25.915m <b>(82%)</b>	5.719m <b>(18%)</b>

Taula 28: Metres de molls i pantalans totals.

Un breu anàlisi d'aquestes dues taules ens permet veure, primerament, que una petita part (18%) dels molls són flotants, és a dir que en si mateixos no es veuran afectats per la pujada del nivell del mar.

La primera taula, a més a més, reflecteix les diferents alçades dels vuit ports, dels molls de formigó. Un indicador, no infal·lible, però bastant premonitori sobre la quantitat de molls que quedaran afectats al futur es l'alçada mitja. Amb l'ajut de la següent taula, en el cas mitjà del RCP4.5, al 2100, la mitja de cota ja queda inoperatiu ja que:

$$60,6\text{cm} < 48\text{cm} + 15\text{cm}$$

En el cas més desfavorable RCP8.5, al 2100, la mitja de cotes ja queda inundada:

$$60,6\text{cm} < 88\text{cm}$$

Recordem que l'increment del nivell mig del mar és:

$\Delta$ MMB	2050	2100
RCP4.5	18cm	48cm
RCP8.5	29cm	88cm

Taula 29: Increment del nivell mig del mar



## 6. MAPES I RESULTATS

Un cop recollides totes les dades i estudiades totes les projeccions sobre l'increment del nivell mig del mar i de les marees es presenten a continuació els resultats per a cada port. La idea es mostrar si el francbord de cada moll serà operatiu, inoperatiu o directament inundat al 2050 i al 2100, utilitzant el cas mitjà i més desfavorable de les possibles situacions, RCP4.5 i RCP8.5 respectivament.

El criteri, per a la inoperativitat, utilitzat per als mapes de resultats és, en base a la ROM (2012):

- <15cm per a lleure
- <50cm per a pesca

Això s'aplica als molls de formigó; mentrestant, els molls flotants seran operatius sempre i quan l'accés a aquests no estigui inundat, (és a dir que pot romandre inoperatiu l'accés, essent operatiu el moll flotant).

De la mateixa manera, s'aplica als pantalans connectats a molls que estan inundats, aquests romandran inoperatius, ja que l'accés a aquests també es fa impossible.

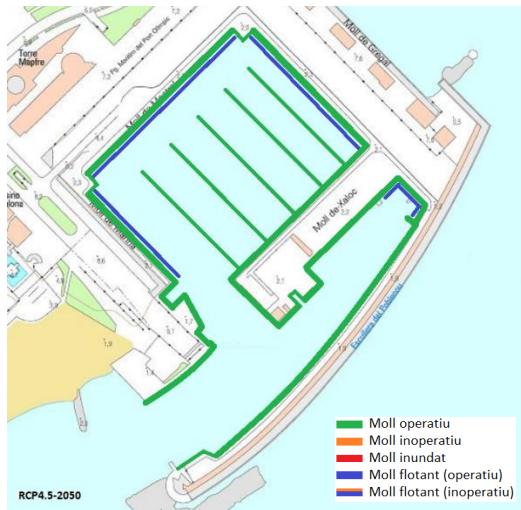
Els increments totals del nivell del mar per a cada escenari RCP i cada horitzó temporal considerat es resumeixen a continuació:

	RCP4.5		RCP8.5	
	2050	2100	2050	2100
<b>Increment NIVELL DEL MAR TOTAL</b>	<b>0,78m</b>	<b>1,07m</b>	<b>0,88m</b>	<b>1,44m</b>

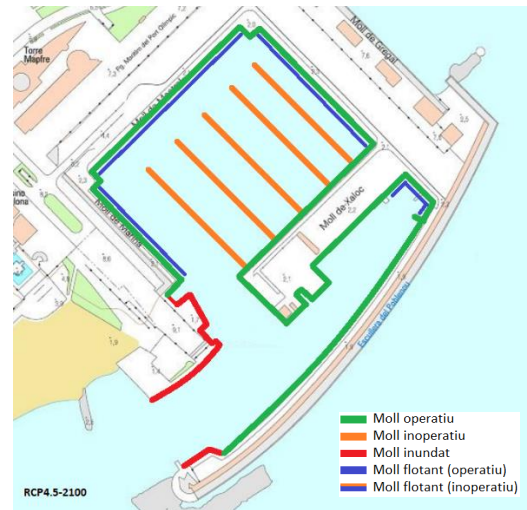
*Taula 30: Increment del nivell del mar total*

## 6.1 PORT OLÍMPIC

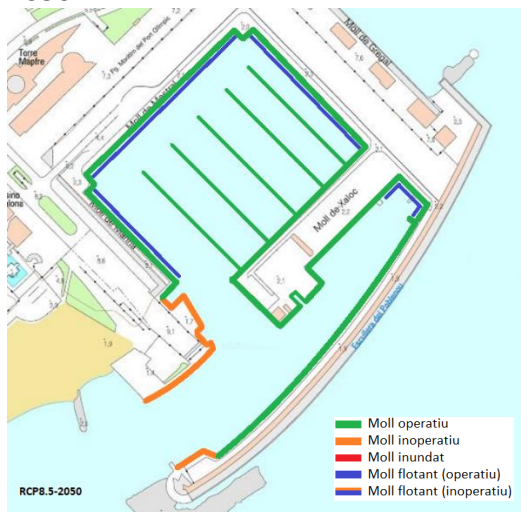
RCP4.5  
2050



2100



RCP8.5  
2050



2100

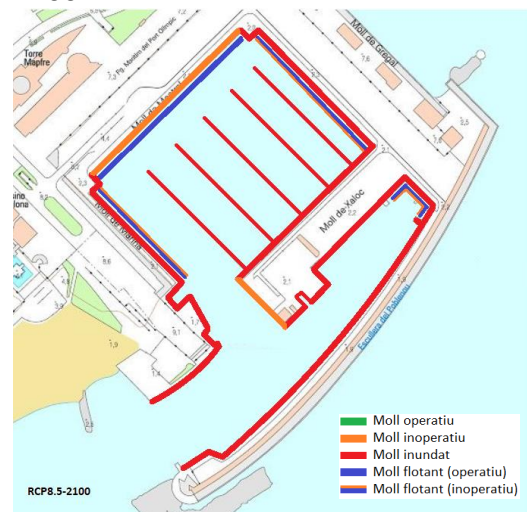


Figura 23: Projeccions d'operativitat, Port Olímpic

**Total molls: 3.220m**

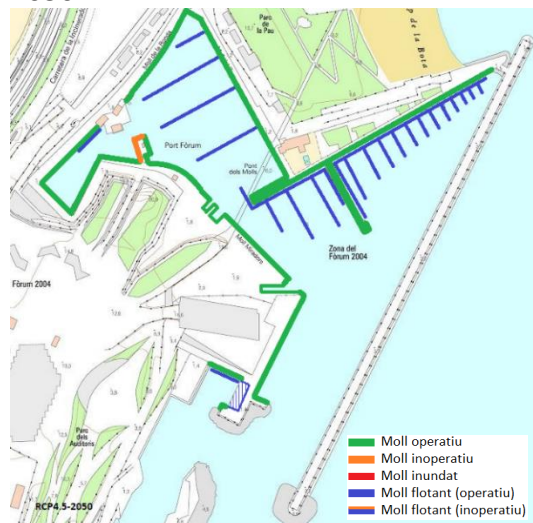
RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	3.220m <b>(100%)</b>	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	1.477m <b>(45%)</b>	1.500m <b>(47%)</b>	243m <b>(8%)</b>
8.5	2050	2.977m <b>(92%)</b>	243m <b>(8%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	225m <b>(7%)</b>	478m <b>(15%)</b>	2.517m <b>(78%)</b>

Taula 31: Operativitat, Port Olímpic

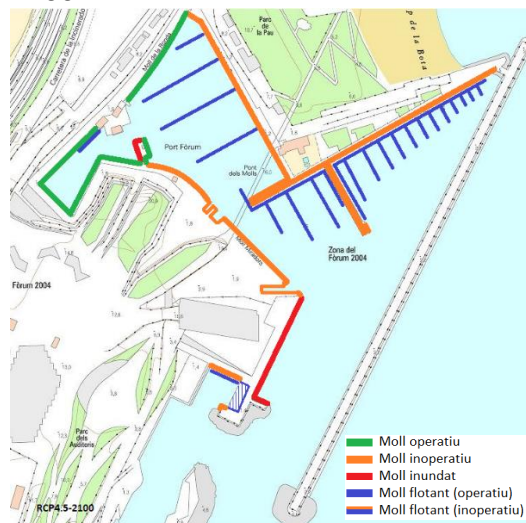
## 6.2 PORT FORUM

RCP4.5

2050

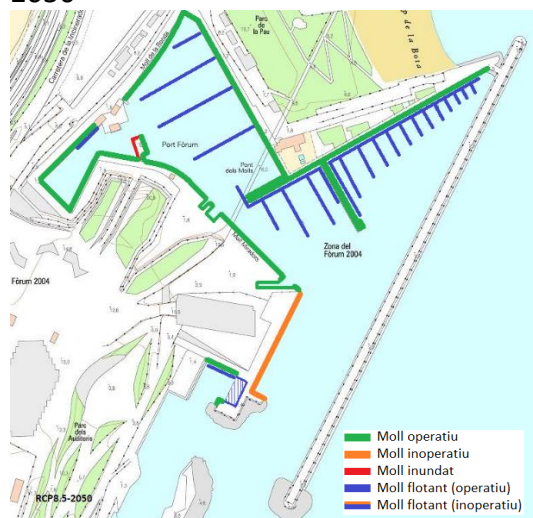


2100



RCP8.5

2050



2100

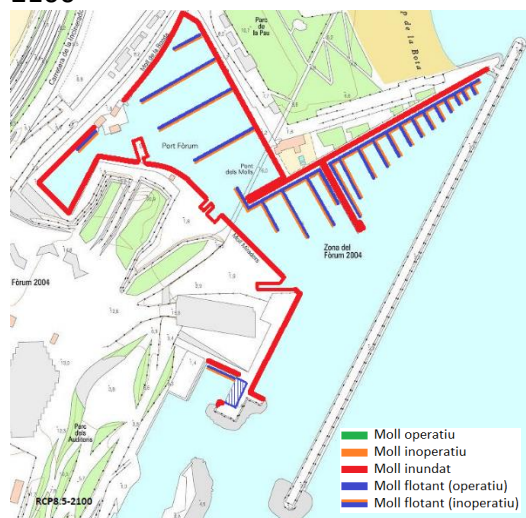


Figura 24: Projeccions d'operativitat, Port Fòrum

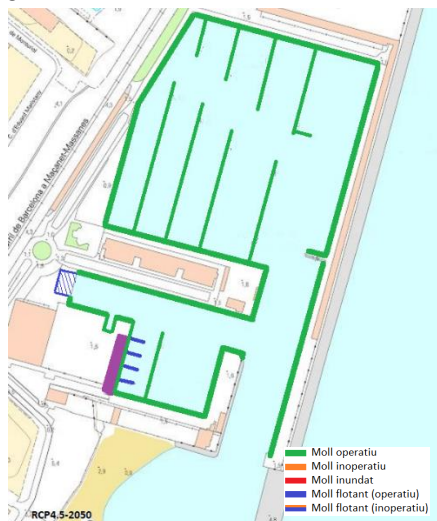
**Total molls: 3.928m**

RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	3.890m <b>(99%)</b>	38m <b>(1%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	3.016m <b>(77%)</b>	714m <b>(18%)</b>	198m <b>(5%)</b>
8.5	2050	3.730m <b>(95%)</b>	160m <b>(4%)</b>	38m <b>(1%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	2.721m <b>(69%)</b>	1.207m <b>(31%)</b>

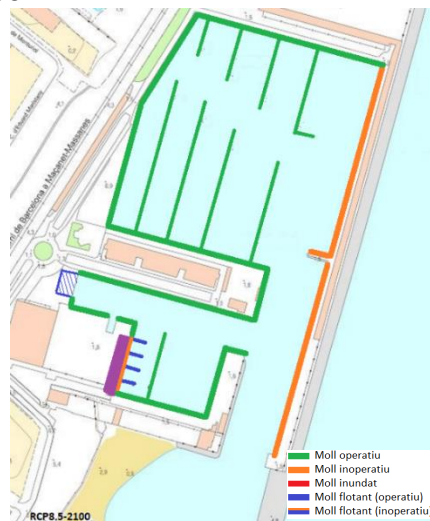
Taula 32: Operativitat, Port Fòrum

## 6.3 PORT DE BADALONA

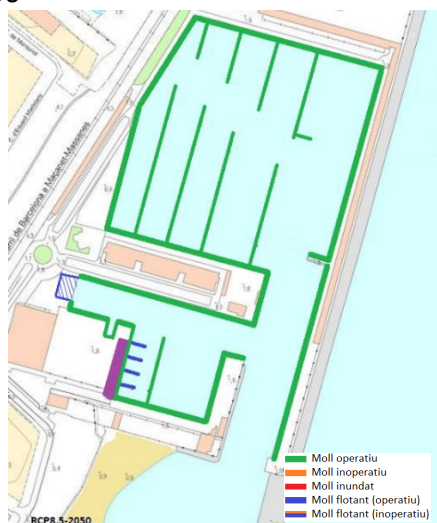
RCP4.5  
2050



2100



RCP8.5  
2050



2100

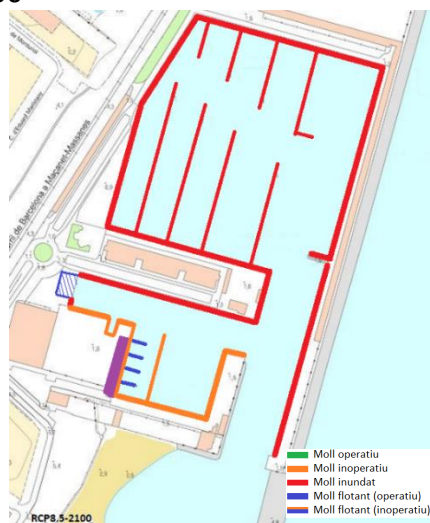


Figura 25: Projeccions d'operativitat, Port de Badalona

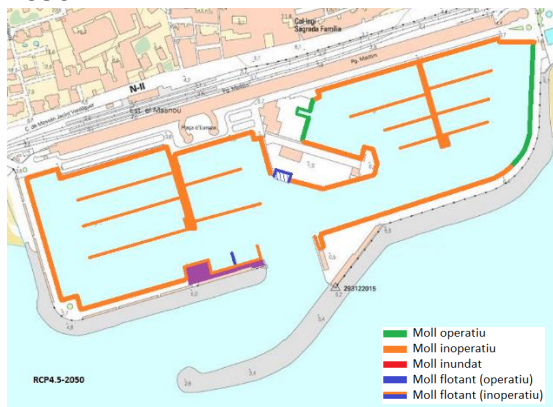
**Total molls: 4.139**

RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	4.139m <b>(100%)</b>	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	3.556m <b>(86%)</b>	583m <b>(14%)</b>	0m <b>(0%)</b>
8.5	2050	4.139m <b>(100%)</b>	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	120m <b>(3%)</b>	471m <b>(11%)</b>	3.548m <b>(86%)</b>

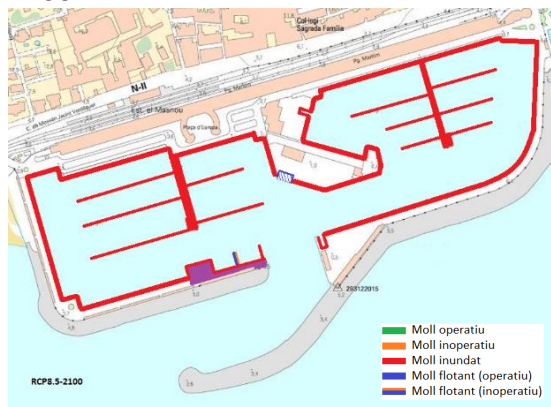
Taula 33: Operativitat, Port de Badalona

## 6.4 PORT EL MASNOU

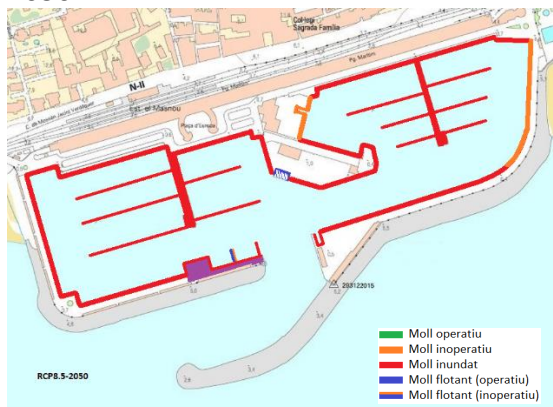
RCP4.5  
2050



2100



RCP8.5  
2050



2100

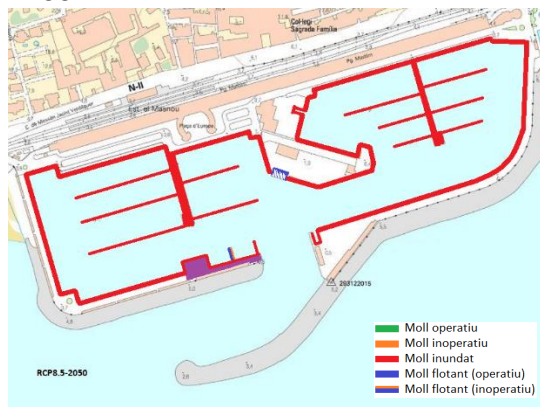


Figura 26: Projeccions d'operativitat, Port El Masnou

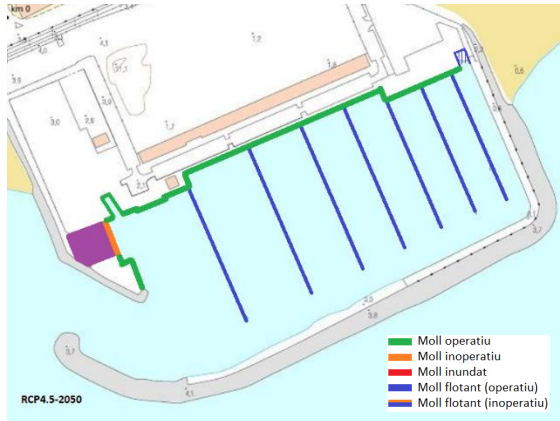
**Total molls: 4.475m**

RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	290m <b>(6%)</b>	4.185m <b>(94%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	40m <b>(1%)</b>	4.435m <b>(99%)</b>
8.5	2050	0m <b>(0%)</b>	250m <b>(6%)</b>	4.225m <b>(94%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	40m <b>(1%)</b>	4.435m <b>(99%)</b>

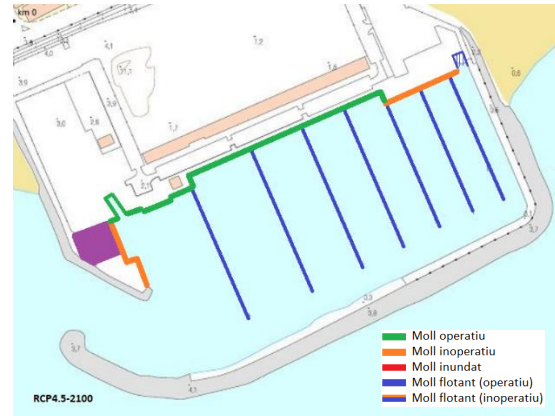
Taula 34: Operativitat, Port El Masnou

## 6.5 PORT DE PREMIÀ

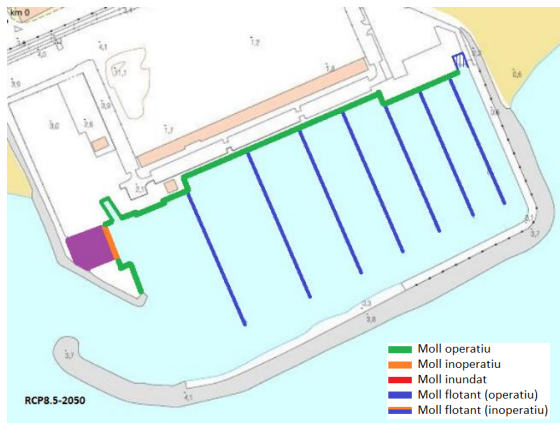
RCP4.5  
2050



2100



RCP8.5  
2050



2100

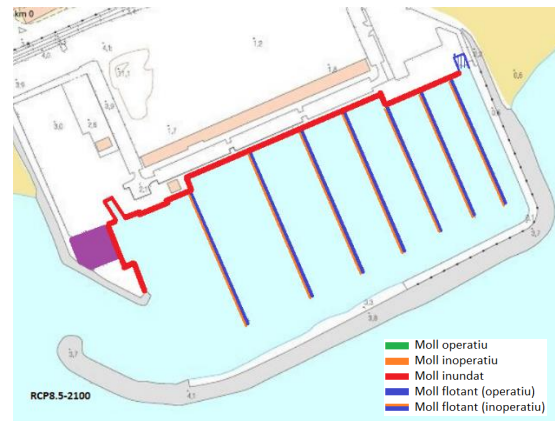


Figura 27: Projeccions d'operativitat, Port de Premià

**Total molls: 2.598m**

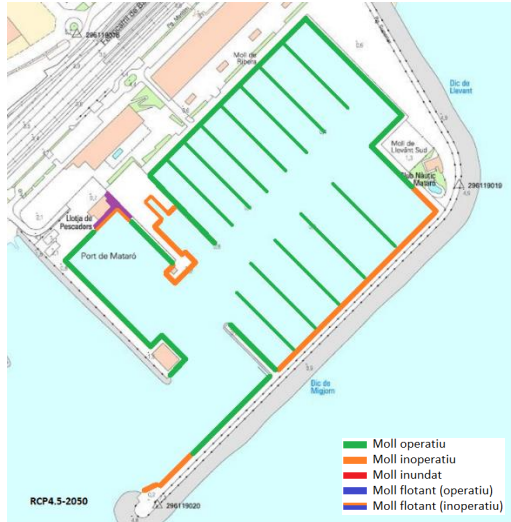
RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	2.553m <b>(98%)</b>	45m <b>(2%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	2.437m <b>(94%)</b>	161m <b>(6%)</b>	0m <b>(0%)</b>
8.5	2050	2.553m <b>(98%)</b>	45m <b>(2%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	2.124m <b>(82%)</b>	474m <b>(18%)</b>

Taula 35: Operativitat, Port de Premià

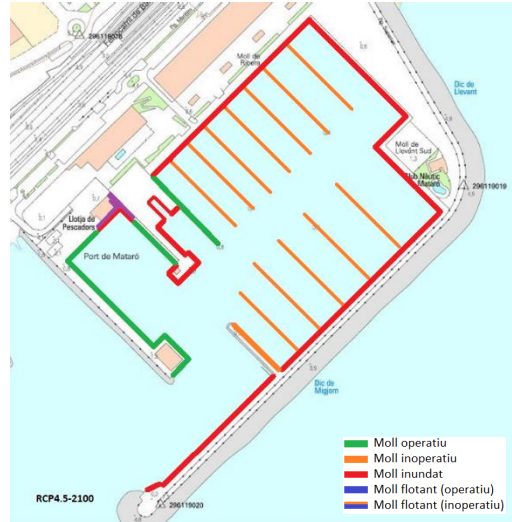
## 6.6 PORT DE MATARÓ

RCP4.5

2050

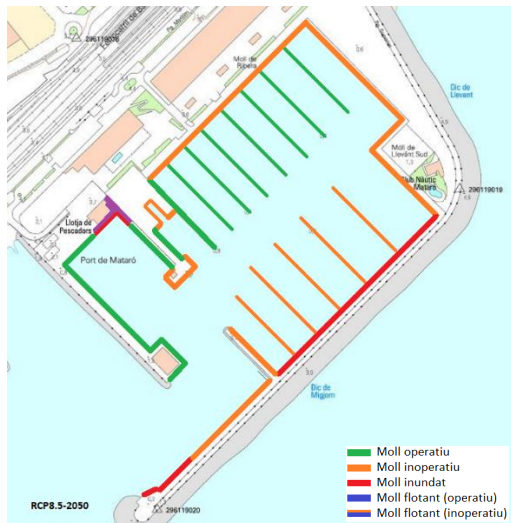


2100



RCP8.5

2050



2100

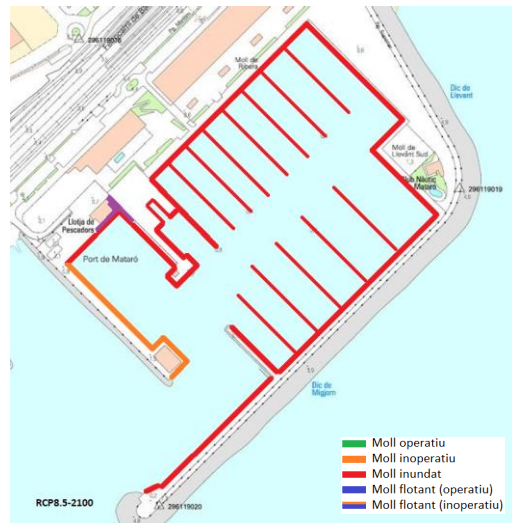


Figura 28: Projeccions d'operativitat, Port de Mataró

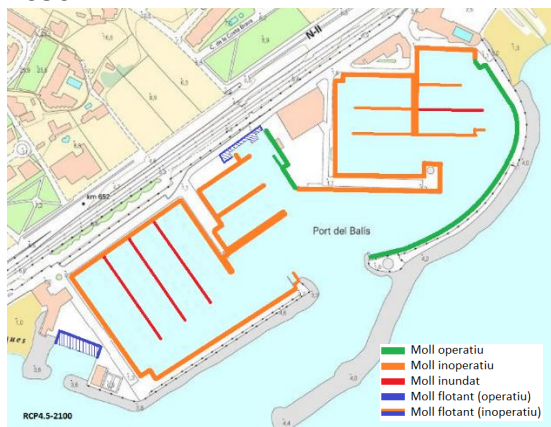
**Total molls: 4.800m**

RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	4.180m <b>(87%)</b>	620m <b>(13%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	2100	541m <b>(11%)</b>	2.916m <b>(60%)</b>	1.343m <b>(29%)</b>
8.5	2050	2.265m <b>(47%)</b>	2.117m <b>(44%)</b>	418m <b>(9%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	244m <b>(5%)</b>	4.556m <b>(95%)</b>

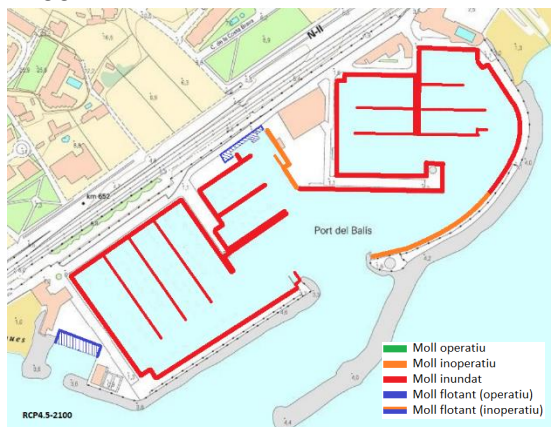
Taula 36: Operativitat, Port de Mataró

## 6.7 PORT BALIS

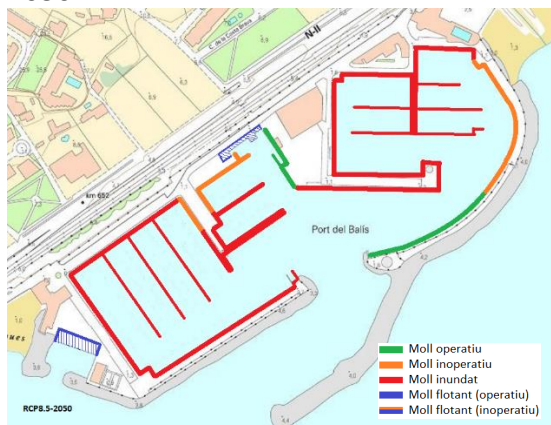
RCP4.5  
2050



2100



RCP8.5  
2050



2100

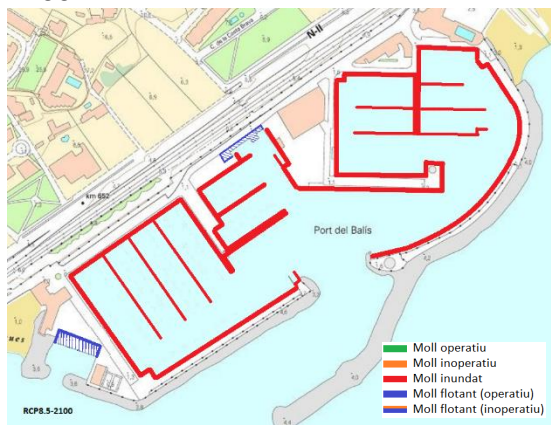


Figura 29: Projeccions d'operativitat, Port Balís

**Total molls: 3.980m**

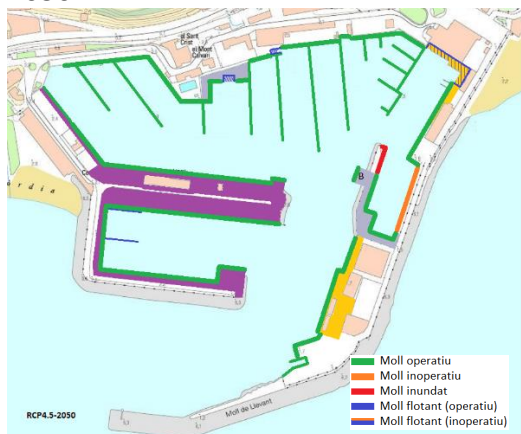
RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	451m <b>(11%)</b>	2.595m <b>(66%)</b>	934m <b>(23%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	198m <b>(5%)</b>	3.782m <b>(95%)</b>
8.5	2050	198m <b>(5%)</b>	375m <b>(9%)</b>	3.407m <b>(86%)</b>
	2100	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>	3.980m <b>(100%)</b>

Taula 37: Operativitat, Port Balís

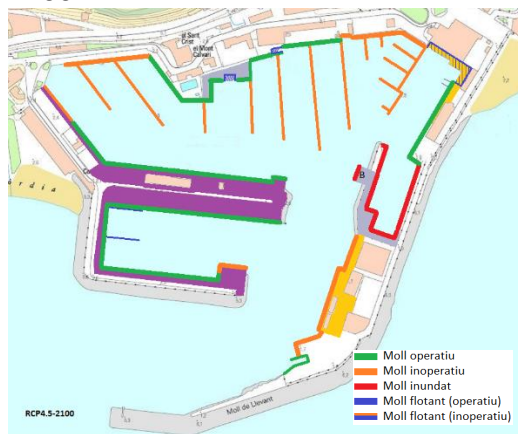


## 6.8 ARENYS DE MAR

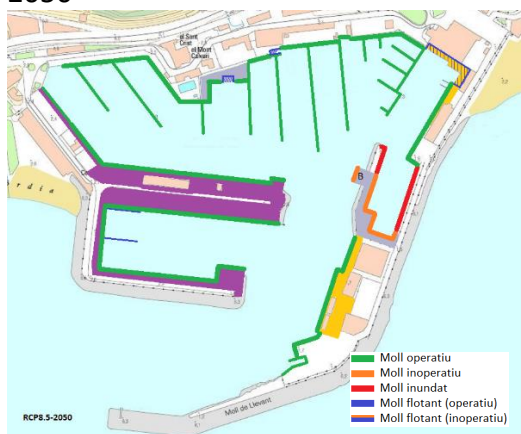
RCP4.5  
2050



2100



RCP8.5  
2050



2100

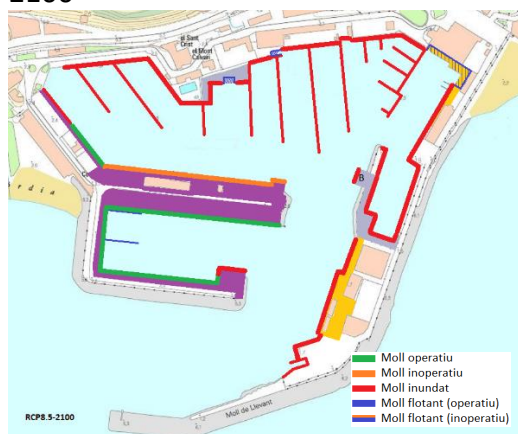


Figura 30: Projeccions d'operativitat, Port d'Arenys

**Total molls: 4.494m**

RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	4.329m <b>(96%)</b>	115m <b>(3%)</b>	50m <b>(1%)</b>
	2100	1.444m <b>(32%)</b>	2.694m <b>(60%)</b>	356m <b>(8%)</b>
8.5	2050	4.138m <b>(92%)</b>	191m <b>(4%)</b>	165m <b>(4%)</b>
	2100	664m <b>(15%)</b>	282m <b>(6%)</b>	3.548m <b>(79%)</b>

Taula 38: Operativitat, Port d'Arenys

## 6.9 ANALISIS DELS RESULTATS

Un cop vists els mapes amb les diferents parts, segons operativitat i inundació, a la Taula 38 es mostra un resum dels resultats, que engloben els molls dels vuit ports.

**Total molls: 31.634m**

RCP	Any	Operatius	Inoperatius	Inundats
4.5	2050	23.052m <b>(73%)</b>	7.598m <b>(12%)</b>	984m <b>(3%)</b>
	2100	12.471m <b>(39%)</b>	8.806m <b>(28%)</b>	10.357m <b>(33%)</b>
8.5	2050	20.000m <b>(63%)</b>	3.381m <b>(11%)</b>	8.253m <b>(26%)</b>
	2100	1.009m <b>(3%)</b>	6.360m <b>(20%)</b>	24.265m <b>(77%)</b>

*Taula 39: Operativitat total dels 8 ports*

Al 2050 ja es notaran els efectes de la pujada del nivell del mar, essent en el millor dels dos casos estudiats (RCP4.5), un 17% del total dels molls inutilitzables, augmentant fins a un 37% en el pitjor cas (RCP8.5).

Al 2100 les coses empitjoren significativament, i en el cas mitjà (RCP4.5) de les projeccions, un terç dels molls quedaran inundats, i quasi bé un terç més inoperatius. En el pitjor dels casos (RCP8.5) al 2100, només un 3% dels molls seran operatius, una xifra quasi insignificant, si a més a més tenim en compte que tres quarts d'aquest percentatge és de la zona pesquera del port d'Arenys i de Badalona. És a dir que al 2100, en el cas més desfavorable, només hi haurà 225 metres de pantalans operatius en el referent a vaixells recreatius. És important destacar que d'aquest 3% de molls operatius a finals del segle XX en el pitjor dels escenaris, la meitat són pantalans flotants, que gràcies a aquesta característica és la única part de tota la infraestructura portuària del propi port que segueix sent operativa. Aquestes últimes dades es veuen reflectides en les Taules 40 i 41 i en les Figures 31 i 32, on es mostra una comparativa entre els vuit ports estudiats.

### 6.9.1 GRÀFIQUES COMPARATIVES DELS 8 PORTS

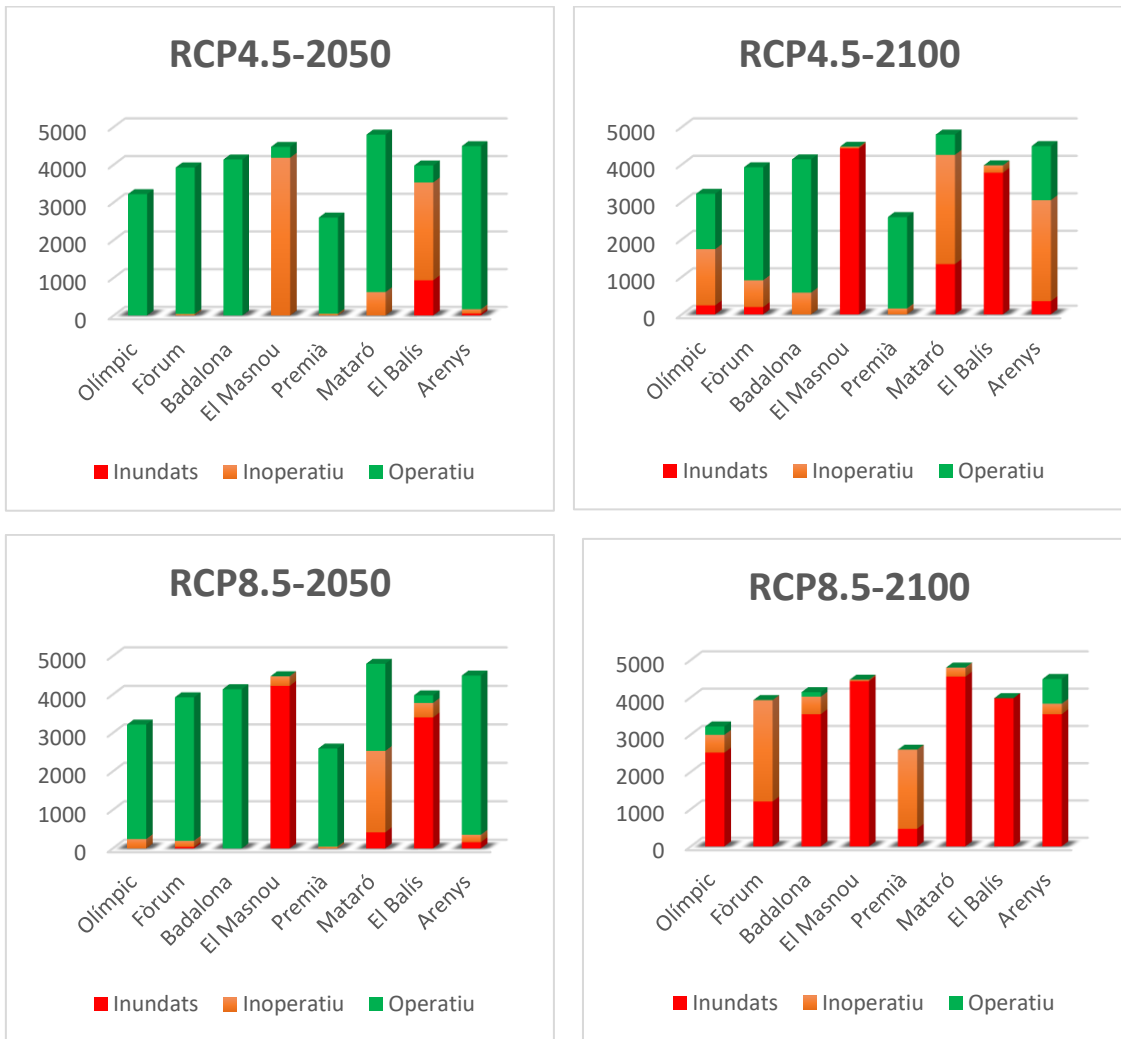


Figura 31: Gràfiques comparatives de metres de molls, operatius, inoperatius i inundats dels 8 ports

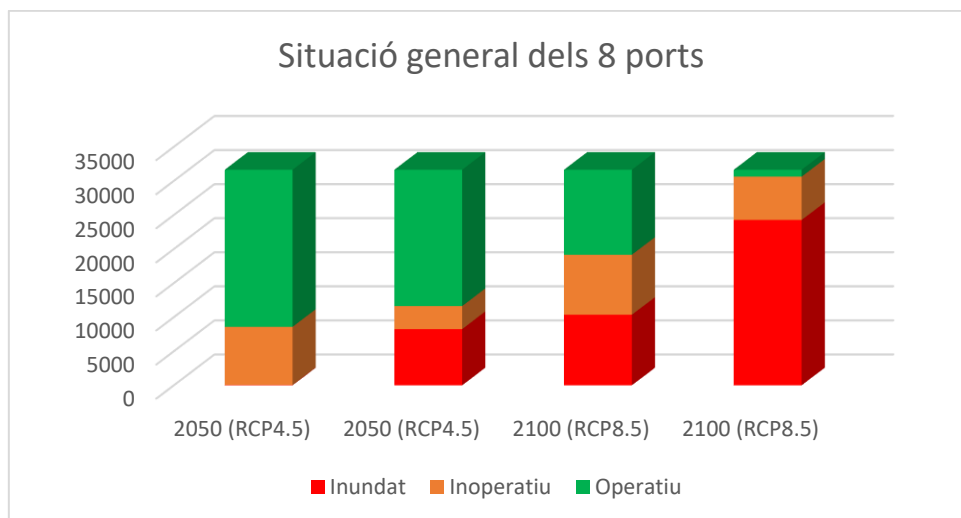


Figura 32: Gràfica comparativa dels 4 escenaris estudiats.

## 6.9.2 TAULA COMPARATIVA DELS 8 PORTS

### RCP4.5

Any	Port	Operatius	Inoperatius	Inundats
2050	Olímpic	3.220m <b>(14%)</b>	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Fòrum	3.890m <b>(17%)</b>	38m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Badalona	4.139m <b>(18%)</b>	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	El Masnou	290m <b>(1%)</b>	4.185m <b>(49%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Premià	2.553m <b>(11%)</b>	45m <b>(1%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Mataró	4.180m <b>(18%)</b>	620m <b>(7%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	El Balís	451m <b>(2%)</b>	3.529m <b>(41%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Arenys	4.329m <b>(19%)</b>	115m <b>(1%)</b>	50m <b>(100%)</b>
	<b>Total</b>	<b>23.052m</b>	<b>8.532m</b>	<b>50m</b>
2100	Olímpic	1.477m <b>(12%)</b>	1.500m <b>(17%)</b>	243m <b>(2%)</b>
	Fòrum	3.016m <b>(24%)</b>	714m <b>(8%)</b>	198m <b>(2%)</b>
	Badalona	3.556m <b>(28%)</b>	583m <b>(7%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	El Masnou	0m <b>(0%)</b>	40m <b>(0%)</b>	4.435m <b>(43%)</b>
	Premià	2.437m <b>(20%)</b>	161m <b>(2%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Mataró	541m <b>(4%)</b>	2.916m <b>(33%)</b>	1.343m <b>(13%)</b>
	El Balís	0m <b>(0%)</b>	198m <b>(2%)</b>	3.782m <b>(37%)</b>
	Arenys	1.444m <b>(12%)</b>	2.694m <b>(31%)</b>	356m <b>(3%)</b>
	<b>Total</b>	<b>12.471m</b>	<b>8.806m</b>	<b>10.357m</b>

Taula 40: Taula comparativa dels 8 ports, RCP4.5

## RCP8.5

Any	Port	Operatius	Inoperatius	Inundats
2050	Olímpic	2.977m <b>(15%)</b>	243m <b>(7%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Fòrum	3.730m <b>(18%)</b>	160m <b>(5%)</b>	38m <b>(1%)</b>
	Badalona	4.139m <b>(21%)</b>	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	El Masnou	0m <b>(0%)</b>	250m <b>(7%)</b>	4.225m <b>(51%)</b>
	Premià	2.553m <b>(13%)</b>	45m <b>(1%)</b>	0m <b>(0%)</b>
	Mataró	2.265m <b>(11%)</b>	2.117m <b>(63%)</b>	418m <b>(5%)</b>
	El Balís	198m <b>(1%)</b>	375m <b>(11%)</b>	3.407m <b>(41%)</b>
	Arenys	4.138m <b>(21%)</b>	191m <b>(6%)</b>	165m <b>(2%)</b>
	<b>Total</b>	<b>20.000m</b>	<b>3.381m</b>	<b>8.253m</b>
2100	Olímpic	225m <b>(22%)</b>	478m <b>(8%)</b>	2.517m <b>(10%)</b>
	Fòrum	0m <b>(0%)</b>	2.721m <b>(43%)</b>	1.207m <b>(5%)</b>
	Badalona	120m <b>(12%)</b>	471m <b>(7%)</b>	3.548m <b>(15%)</b>
	El Masnou	0m <b>(0%)</b>	40m <b>(1%)</b>	4.435m <b>(18%)</b>
	Premià	0m <b>(0%)</b>	2.124m <b>(33%)</b>	474m <b>(2%)</b>
	Mataró	0m <b>(0%)</b>	244m <b>(4%)</b>	4.556m <b>(19%)</b>
	El Balís	0m <b>(0%)</b>	0m <b>(0%)</b>	3.980m <b>(16%)</b>
	Arenys	664m <b>(55%)</b>	282m <b>(4%)</b>	3.548m <b>(15%)</b>
	<b>Total</b>	<b>1.009m</b>	<b>6.360m</b>	<b>24.265m</b>

Taula 41: Taula comparativa dels 8 ports, RCP8.5

Aquesta comparativa remarca quins són els ports més crítics i, per tant, més urgents de remodelar. El Port Balís i el Port d'El Masnou són els més afectats, inclús en el cas mitjà (RCP4.5) al 2050, ja que entre els dos sumen només un 3% dels molls operatius totals, que respectivament són un 11% i un 6% de molls operatius de la pròpia infraestructura portuària de cadascun.

El Port Olímpic per la seva banda és l'únic port amb molls per a vaixells recreatius operatius al 2100 que, en el pitjor dels escenaris, un 7% dels pantalans serà operatiu; cal remarcar que es tracta d'un pantalà flotant.

De la mateixa manera el Port de Premià i Badalona són dels que menys patiran la pujada del nivell del mar. Com es mostra en apartats anteriors, son els dos ports amb més pantalans flotants, sent aquesta xifra de 82% (2124m de 2598m) i 69% (2721m de 3928m) respectivament. A conseqüència d'això, el Port de Premià no supera en cap cas més d'un 6% d'inoperativitat fins al pitjor dels casos al 2100, on la xifra augmenta fins al 82%, exclusivament a causa de la inundació dels accessos a aquest percentatge de pantalans flotants. Per altra banda, al Port del Fòrum les conseqüències seran similars al de Premià, però amb un percentatge d'inundacions més elevat degut a la seva més extensa exposició de molls no flotants. Així doncs, al 2100 en el cas més desfavorable, el 100% dels molls flotants seran inaccessibles (no operatius), degut a la inundació de la infraestructura no flotant del port.

De la resta de ports destaquen el de Badalona i Arenys de Mar, que gràcies a les seves zones pesqueres, principalment la del port del Maresme, aconseguen mantenir, encara que en una xifra poc elevada, molls operatius al 2100 en el cas més pessimista (RCP8.5). Tanmateix aquest dos ports amb la gran majoria de molls de formigó aconseguen mantenir molls operatius en la majoria dels escenaris gràcies al francbord elevat que tenen, degut a que són obres més recents.

Per últim, el Port de Mataró, té diferents zones bastant distingides entre elles. La zona de pantalans, que es compon de 14 pantalans adjacents als molls principals, tenen una cota superior a aquests últims, els quals influeixen en la seva operativitat un cop estan inundats. D'aquesta manera es perden molts metres, tenint en compte que els metres operatius d'un pantalà es multipliquen per dos, ja que s'utilitzen les dues bandes. La Figura 33 mostra com augmenta considerablement la cota del pantalà, a partir de la unió amb el moll de terra (just a la popa del veler amarrat).



*Figura 33: Diferents cotes entre moll i pantalà, Port de Mataró*

## 7. CONCLUSIONS

Aquest estudi realitza una projecció del que passarà, al llarg del segle, a vuit ports catalans, en relació a l'operativitat de molls i pantalans, com a conseqüència del canvi climàtic. Tanmateix, les conclusions obtingudes, es podrien extrapolar a la resta d'infraestructures portuàries i costaneres de Catalunya, ja que la majoria presenten característiques morfològiques molt similars. El canvi climàtic és un fet i, com afirmen les principals institucions sobre aquest camp, ja no és reversible, però encara som a temps de disminuir l'impacte que tindrà sobre la nostra costa. Per tant, totes les infraestructures costaneres, i en concret els ports, haurien de disposar de les dades i projeccions com s'ha tingut en compte en aquest estudi per poder preparar-se de cara al futur i plantejar les possibles solucions per a mantenir totes les zones operatives de cara a finals del segle XXI. Hi ha masses coses en joc com per poder deixar passar aquesta situació fins trobar-se de cara amb el problema sense temps de reacció. El treball realitzat per l'IPCC (que depèn de l'ONU) i altres institucions és de gran ajut, però resta la feina de camp i de les pròpies autoritats portuàries, nacionals i territorials de fer els pertinents estudis per prevenir mals majors que, com bé mostren les dades obtingudes en aquest treball, poden ser de mitjanes a molt crítiques amb prop d'un 3% d'operativitat portuària dels port estudiats de cara al 2100 en l'escenari més pessimista.

Un cop fets els estudis cal remarcar que les infraestructures de pantalans flotants són la solució a aquests tipus de fenòmens, com ja queda demostrat a les zones del planeta amb grans mareas de varies unitats de metres, on aquests pantalans permeten un accés ininterromput als vaixells. Els exemples en aquest cas són el Port del Fòrum, el Port de Premià i el Port Olímpic, que són els que disposen de més metres de pantalans flotants i els que sortiran més ben parats en qualsevol de les projeccions estudiades i, per tant, la inversió per a pal·liar l'efecte de la pujada de les aigües dins del port serà bastant inferior. Així mateix, qualsevol obra de remodelació portuària hauria de seguir l'exemple d'aquests ports per prevenir aquests tipus de contratemps, no només en aquest segle sinó els que estan per venir.

Pel que fa als molls de formigó, l'única solució és elevar la seva cota, de manera que quedin per sobre del llindar d'operativitat. El coneixement amb anticipació de les zones afectades mitjançant estudis com aquest, permetrà a les autoritats planificar amb suficient temps les actuacions necessàries per prevenir els impactes del canvi climàtic sobre l'operativitat dels ports.

## 8. REFERÈNCIES

- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Gracia, V., J.P. Sierra, M. Gómez, M. Pedrol, S. Sampé, M. García-León & X. Gironella (2019). Assessing the impact of sea level rise on port operability using Lidar-derived digital elevation models. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111318.
- ROM (2012). ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución en obras de atraque y amarre. Puertos del Estado, Madrid, 613 pp.
- Sierra, J.P., I. Casanovas, C. Mösso, M. Mestres & A. Sánchez-Arcilla (2016). Vulnerability of Catalan (NW Mediterranean) ports to wave overtopping due to different scenarios of sea level rise. *Regional Environmental Change*, 16, 1457-1468.
- Sierra, J.P., A. Genius, P. Lionello, M. Mestres, C. Mösso & L. Marzo (2017). Modelling the impact of climate change on harbour operability: The Barcelona port case study. *Ocean Engineering* 141, 64-78.

### **Pàgines web consultades**

#### Puertos del Estado

<http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

<http://www.puertos.es>

[https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/cap04\\_inudabilitat\\_maritima-20180227.pdf](https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/cap04_inudabilitat_maritima-20180227.pdf)

#### IPCC

[https://archive.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml#:~:text=alberga%20el%20IPCC.-,El%20Grupo%20Intergubernamental%20de%20Expertos%20sobre%20el%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20\(IPCC,la%20evaluaci%C3%B3n%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.&text=El%20IPCC%20es%20un%20%C3%B3rgano,Unidas%20y%20de%20la%20OMM.](https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#:~:text=alberga%20el%20IPCC.-,El%20Grupo%20Intergubernamental%20de%20Expertos%20sobre%20el%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20(IPCC,la%20evaluaci%C3%B3n%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.&text=El%20IPCC%20es%20un%20%C3%B3rgano,Unidas%20y%20de%20la%20OMM.)

<https://www.ipcc.ch/about/preparingreports/>

<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)



[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

### Dades sobre el calentament global i CO<sub>2</sub>

[https://www.elespanol.com/ciencia/medio-ambiente/20191205/ano-desastre-cierra-record-historico-emisiones-co2/449456033\\_0.html](https://www.elespanol.com/ciencia/medio-ambiente/20191205/ano-desastre-cierra-record-historico-emisiones-co2/449456033_0.html)

<https://m.europapress.es/andalucia/autonomos-01091/noticia-nuevo-record-emisiones-co2-2018-graficos-20191125125824.html>

[https://elpais.com/elpais/2017/10/30/ciencia/1509359304\\_347557.html](https://elpais.com/elpais/2017/10/30/ciencia/1509359304_347557.html)

<https://www.rtve.es/noticias/20191204/emisiones-dioxido-carbono-siguen-aumentando-marcaran-nuevo-record-2019/1993128.shtml>

<http://www.sidmar.es/RedMar.html>

<https://www.lavozdeasturias.es/noticia/actualidad/2019/09/27/nasa-descubierto-inquietante-artico/00031569600745253950873.htm>

### Generalitat de Catalunya

[https://territori.gencat.cat/ca/01\\_departament/05\\_plans/02\\_plans\\_sectorials/mobilitat/pla\\_de\\_ports\\_de\\_catalunya/](https://territori.gencat.cat/ca/01_departament/05_plans/02_plans_sectorials/mobilitat/pla_de_ports_de_catalunya/)

### Imatges

<https://www.lavanguardia.com/vida/20170122/413592999134/olas-ocho-metros-barcelona-temporal-maritimo.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Representative\\_Concentration\\_Pathway](https://en.wikipedia.org/wiki/Representative_Concentration_Pathway)

[https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/cap04\\_inudabilitat\\_maritima-20180227.pdf](https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/cap04_inudabilitat_maritima-20180227.pdf)

### Marees

[https://bancodatos.puertos.es/BD/informes/globales/GLOB\\_2\\_3\\_3758.pdf](https://bancodatos.puertos.es/BD/informes/globales/GLOB_2_3_3758.pdf)

### Mapes

<http://www.icc.cat/vissir3/>

<https://www.google.es/maps/preview>

Programes:

*Google Earth Pro*

Documentals:

*La subida del mar, DW Documental*

## ANNEX 1. RECOPILOCACIÓ DE DADES

L'obtenció de les dades de l'alçada dels molls sobre el nivell del mar és una part fonamental d'aquest projecte que requereix d'una exactitud prou acurada, amb un marge d'error molt petit, de l'ordre de 1 o 2 centímetres. La dificultat d'obtenir una cota real sobre el nivell del mar a través de plataformes a la xarxa que ofereixen aquest tipus de servei, impedeix tenir una mesura amb tant poc error de l'alçada de les diferents zones d'un port sobre el nivell del mar. La recopilació de les dades per a la correcta execució d'aquest projecte, per tant, s'ha dut a terme sobre el terreny, mitjançant cinta mètrica.

El *modus operandi* de l'obtenció de les cotes ha estat, sobre el terreny, accedint a tots els molls de cada un dels 8 ports a estudiar. Les mesures, fetes amb cinta mètrica, s'han pres dues vegades amb una distància d'un metre l'una de l'altra, per minimitzar qualsevol tipus d'error que pot comportar l'operari, la cinta mètrica, o les condicions de l'aigua i del port. A més a més,

les mesures s'han fet a cada moll de cada port, però, en el cas d'ésser aquest molt llarg aquest, a criteri de l'operari, s'han pres més mesures en cada un d'ells, sent uns 30 a 50 metres suficients per prendre més d'una mesura, en la majoria dels casos.

Per últim, cal corregir les mesures obtingudes a l'emplaçament, sumant o restant en cada cas la marea registrada en el moment de la lectura de la cota. S'ha fet recurs de les dades de registre de marea en el Port de Barcelona, ja que el seu mareògraf és el més proper a tots els ports estudiats, per fer aquesta correcció. La Figura 11 mostrada a l'apartat 3.3, sobre les marees, es la taula on s'hi registren les marees i es d'allà d'on s'ha obtingut aquesta informació. Cal remarcar, que aquesta correcció ens permet saber l'alçada del NMMA, (Nivell Mig del Mar sobre Alacant), considerada la cota 0 a tota la península. El NMMB en aquest cas és el Nivell Mig del Mar sobre Barcelona amb una cota de 33cm sobre el NMMA.

Un cop ja tenim clar tot aquest procés, a continuació es mostren els 8 ports estudiats, 5 de la comarca del Maresme i 3 del Barcelonès:



Figura A.1: Mesura d'un moll del Port Balís

## PORT OLÍMPIC

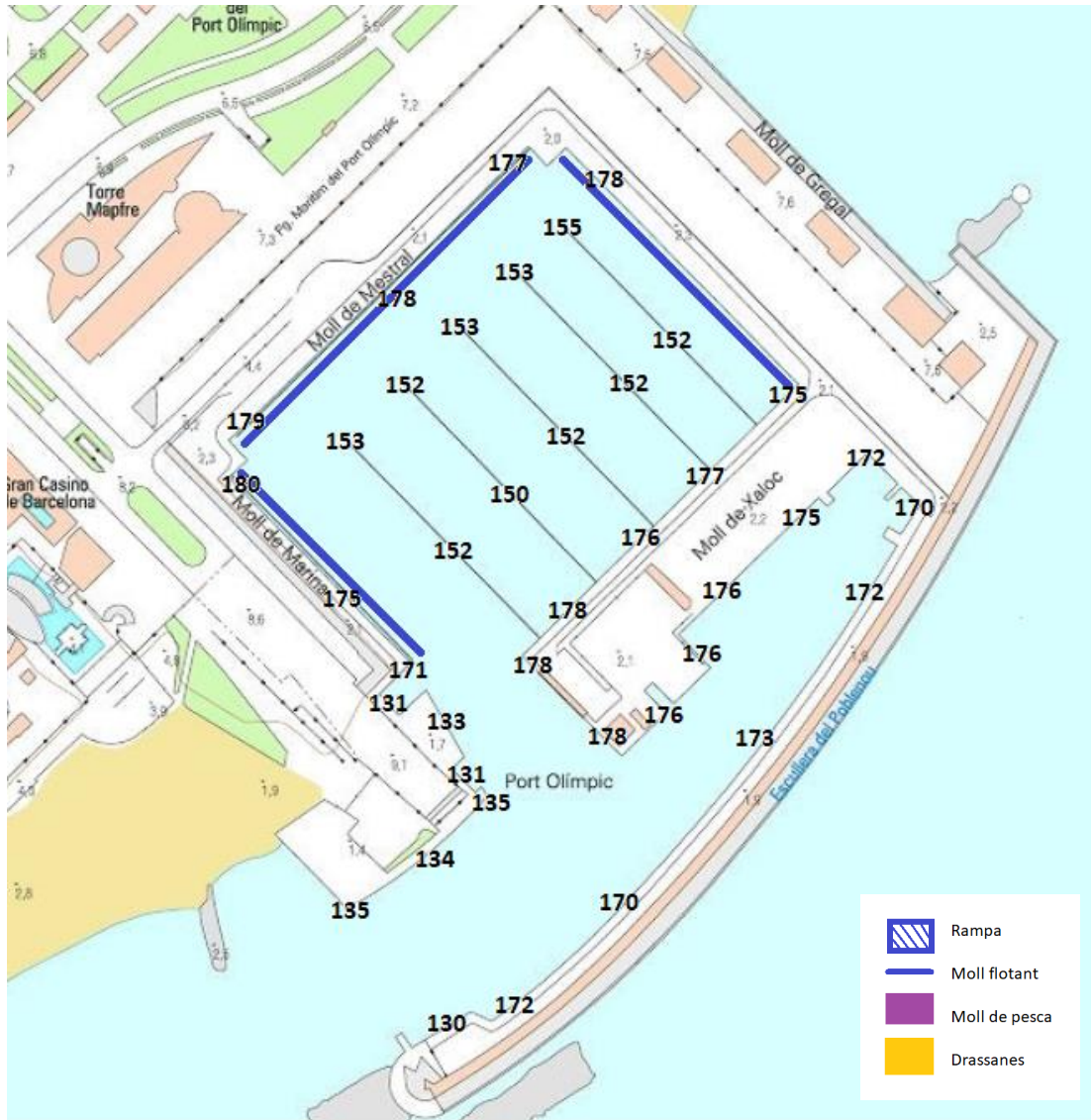


Figura A.2: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port Olímpic

Nombre de mostres	40	
	Sobre NMMA	Sobre NMMB
Alçada màxima	180cm	147cm
Alçada mínima	131cm	98cm
Alçada mitja	166,5cm	133,5cm

Taula A.1: Alçades dels molls i pantanans del Port Olímpic

## PORT FORUM (SANT ADRIÀ)

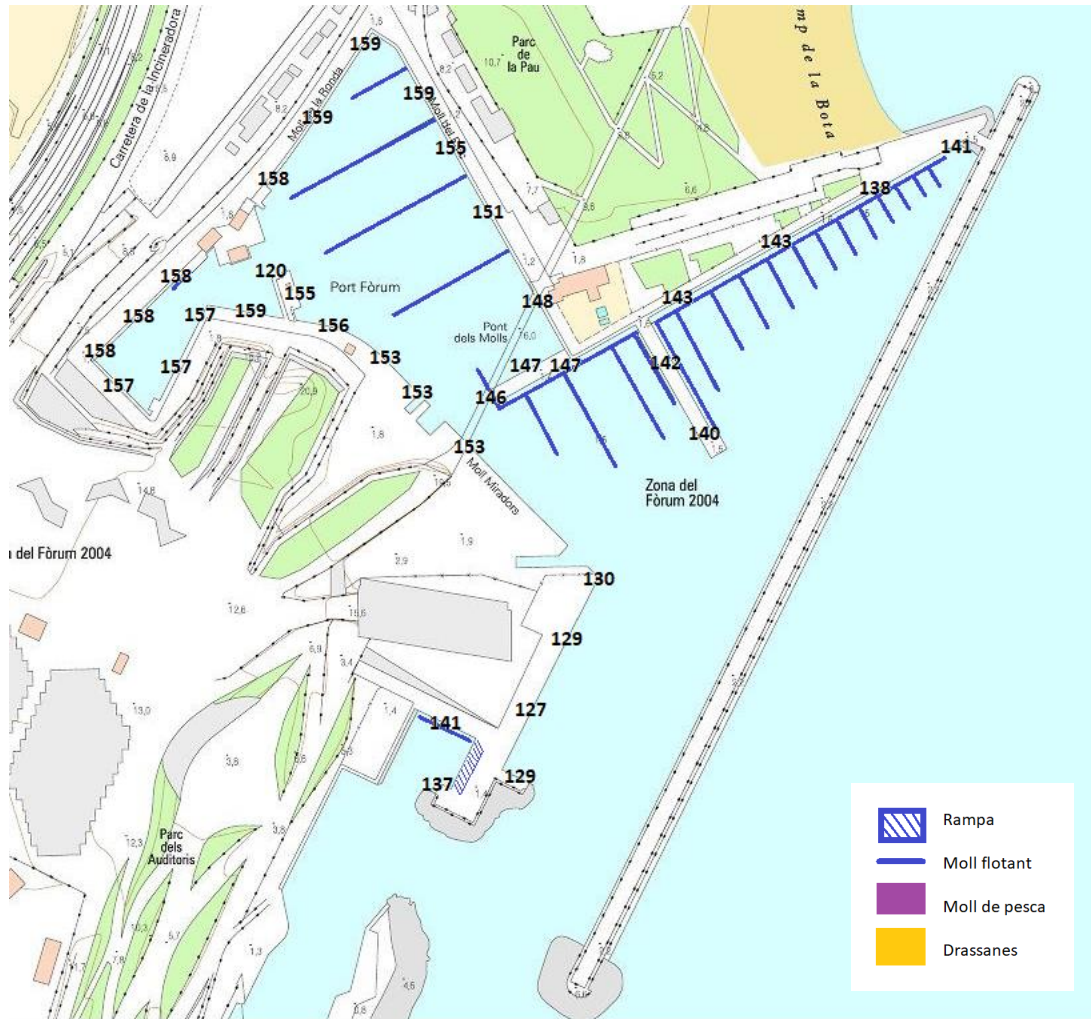


Figura A.3: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port Fòrum

Nombre de mostres	35	
	Sobre NMMA	Sobre NMMB
Alçada màxima	159cm	126cm
Alçada mínima	120cm	87cm
Alçada mitja	147,5cm	114,5cm

Taula A.2: Alçades dels molls i pantanans del Port Fòrum

## PORT DE BADALONA

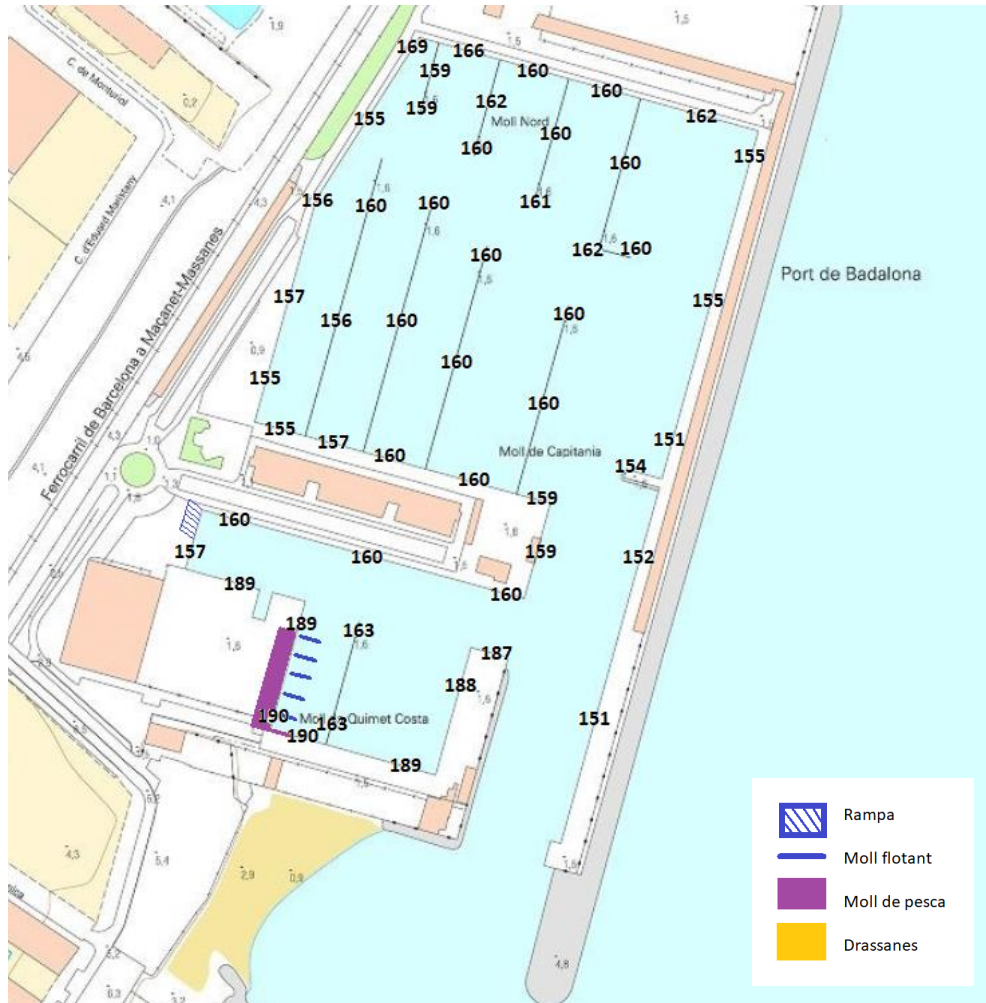


Figura A.4: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port de Badalona

Nombre de mostres	51	
	Sobre NMMA	Sobre NMMB
Alçada màxima	190cm	157cm
Alçada mínima	151cm	118cm
Alçada mitja	163cm	130cm

Taula A.3: Alçades dels molls i pantalans del Port de Badalona

## PORT EL MASNOU

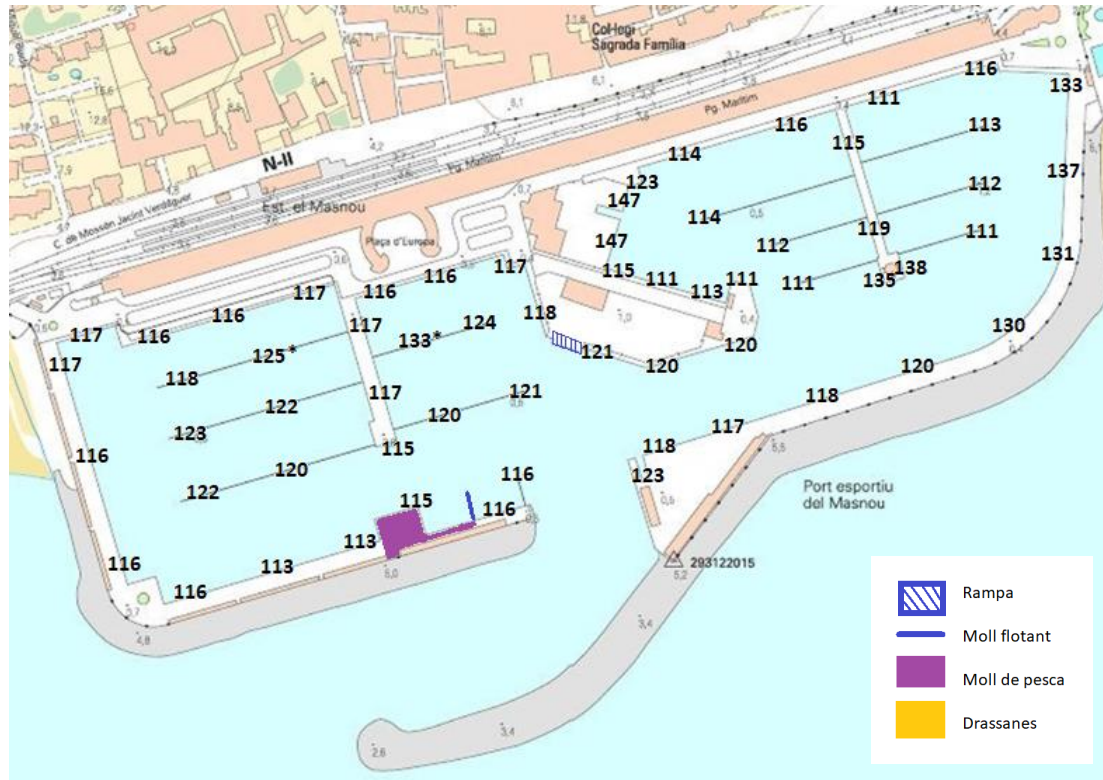


Figura A.5: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port El Masnou

Nombre de mostres	63	
	Sobre NMMA	Sobre NMMA
Alçada màxima	147cm	114cm
Alçada mínima	111cm	78cm
Alçada mitja	119,6cm	186,6cm

Taula A.4: Alçades dels molls i pantalans del Port El Masnou

## PORT DE PREMIÀ DE MAR

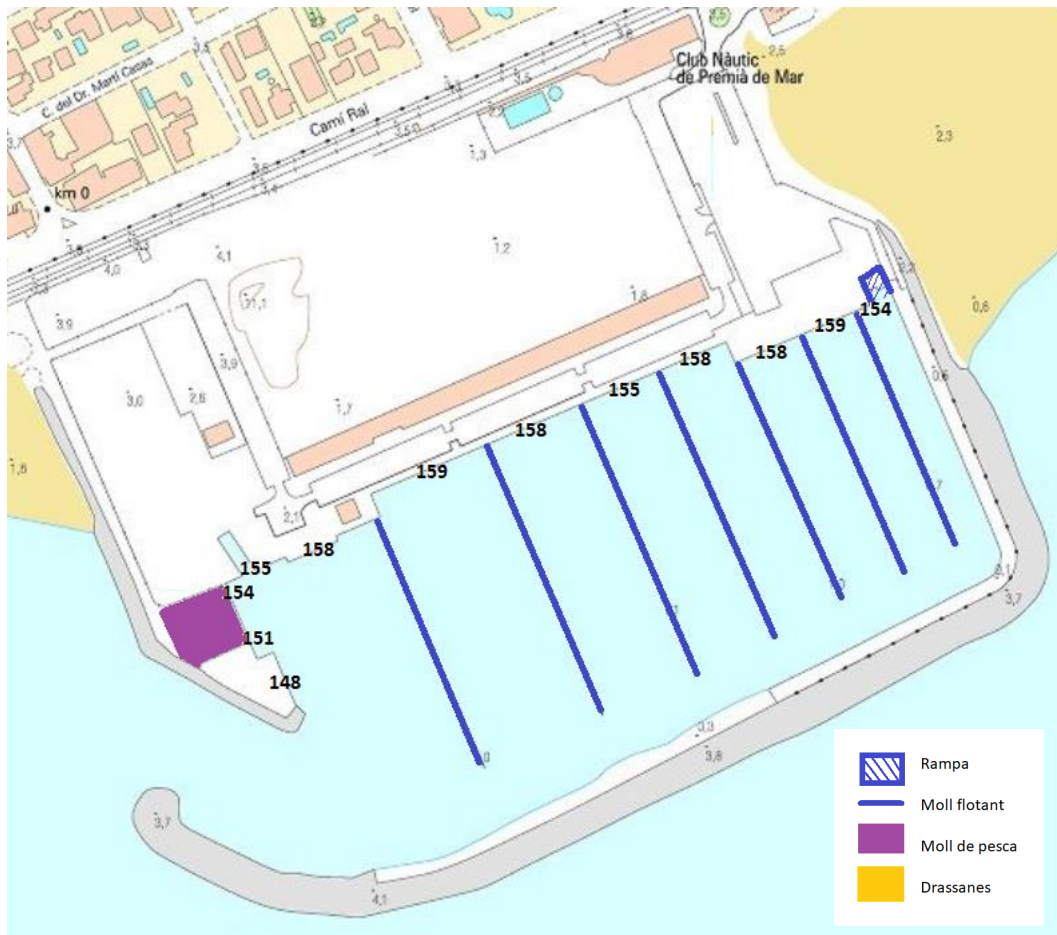


Figura A.6: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port de Premià

Nombre de mostres	12	
	Sobre NMMA	Sobre NMMB
Alçada màxima	159cm	126cm
Alçada mínima	148cm	115cm
Alçada mitja	155,6cm	122,6cm

Taula A.5: Alçades dels molls i pantalans del Port de Premià



## PORT DE MATARÓ

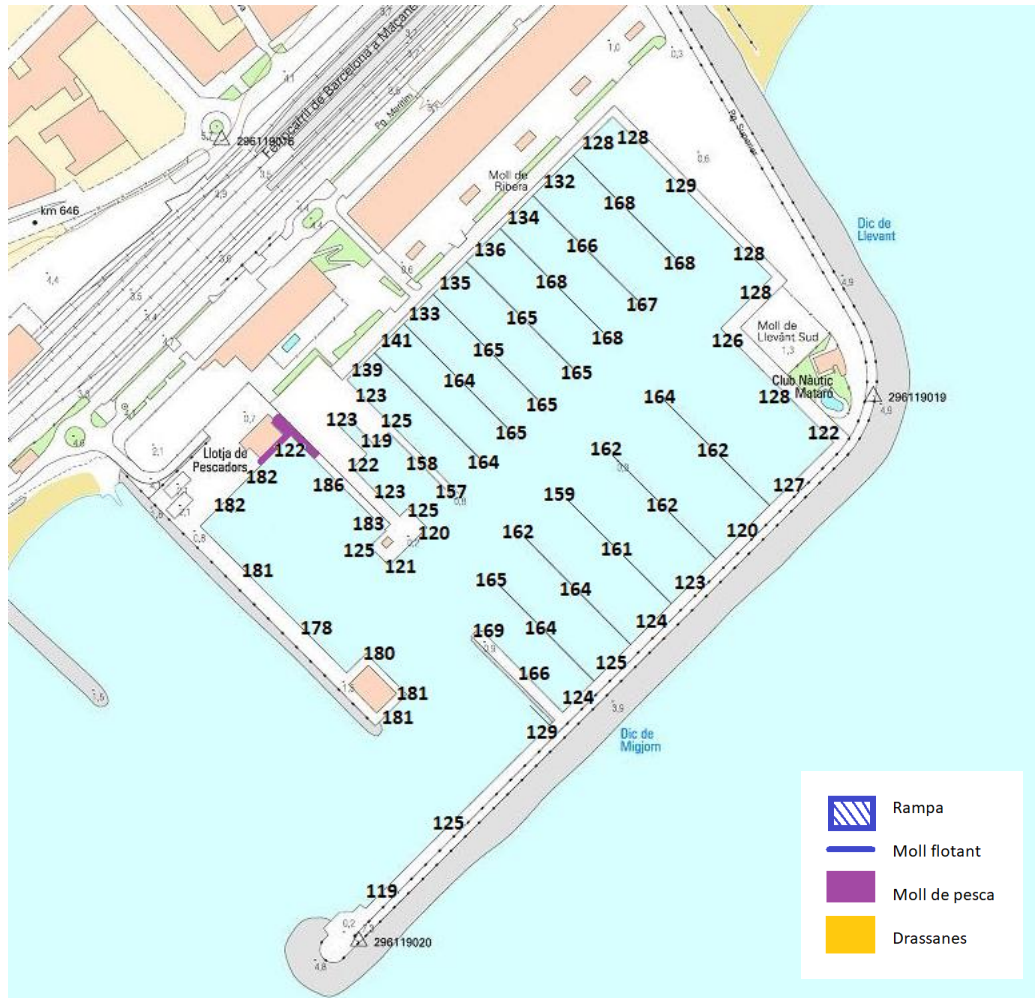


Figura A.7: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port de Mataró

Nombre de mostres	71	
	Sobre NMMA	Sobre NMMA
Alçada màxima	186cm	153cm
Alçada mínima	119cm	86cm
Alçada mitja	147,9cm	114,9cm

Taula A.6: Alçades dels molls i pantalans del Port de Mataró

## PORT BALÍS

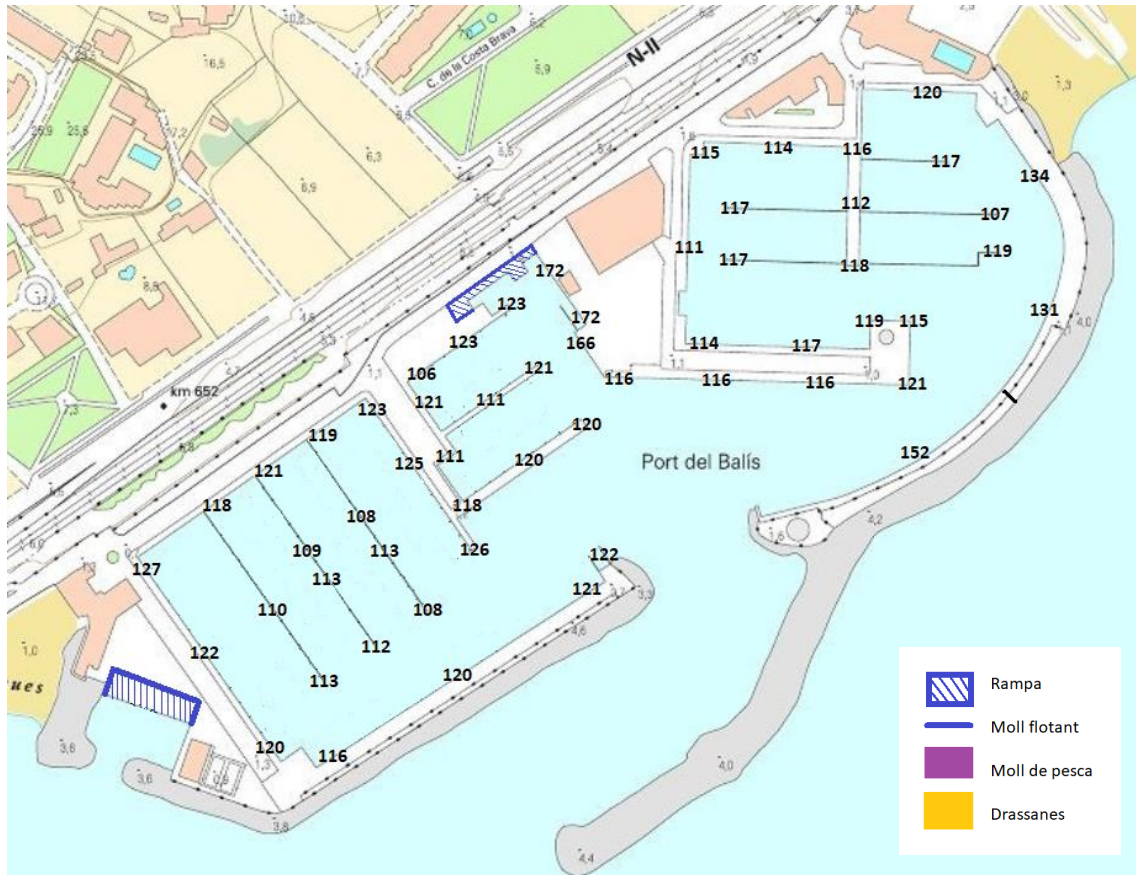


Figura A.8: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port Balís

Nombre de mostres	57	
	Sobre NMMA	Sobre NMMB
Alçada màxima	172cm	139cm
Alçada mínima	107cm	74cm
Alçada mitja	120,8cm	87,8cm

Taula A.7: Alçades dels molls i pantalans del Port Balís

## PORT D'ARENYS DE MAR

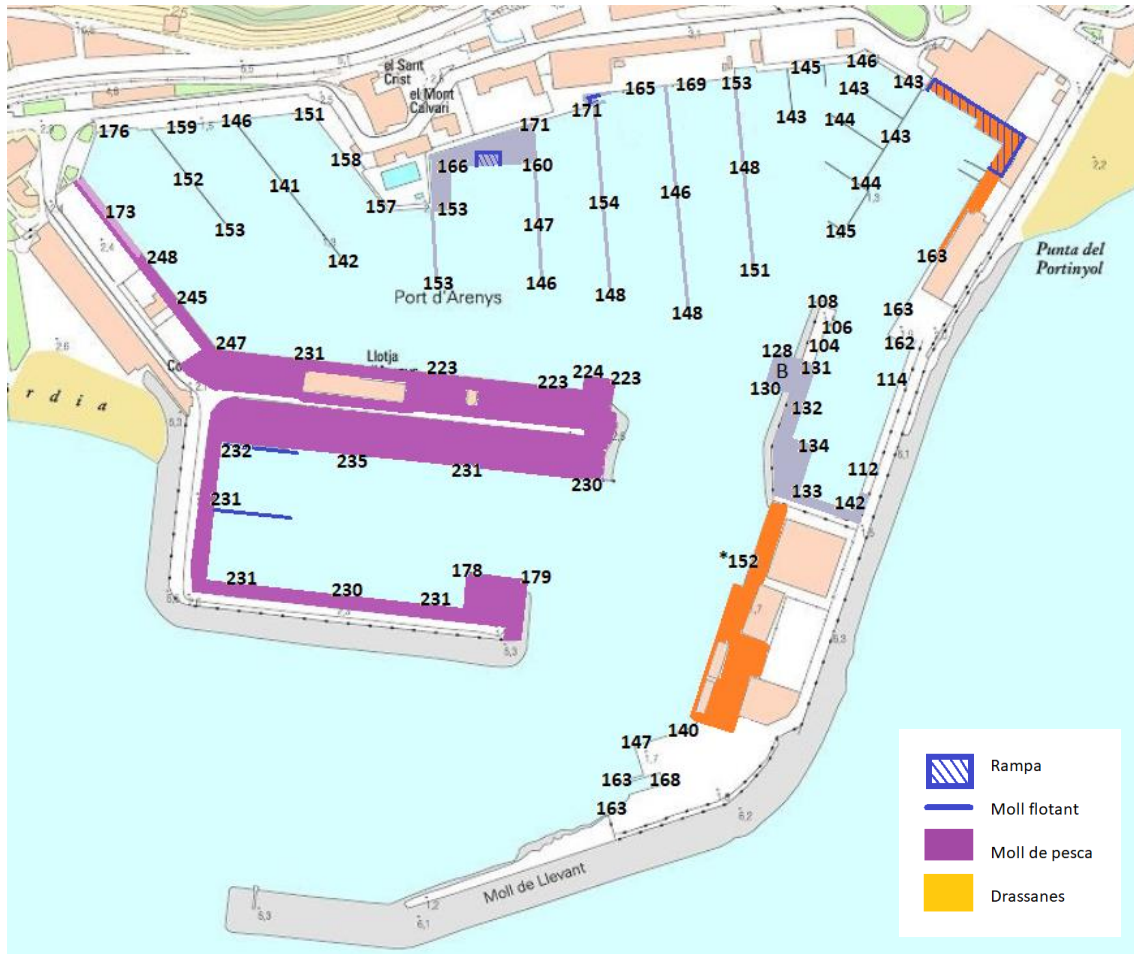


Figura A.9: Dades en centímetres recopilades sobre NMMA, Port d'Arenys

	Pesca		Resta (Lleure i Varadero)		Total Port	
Nº de mostres	19		56		75	
	NMMA	NMMB	NMMA	NMMB	NMMA	NMMB
Alçada màxima	247cm	<b>214cm</b>	176cm	<b>143cm</b>	247cm	<b>214cm</b>
Alçada mínima	173cm	<b>140cm</b>	104cm	<b>71cm</b>	104cm	<b>71cm</b>
Alçada mitja	223,4cm	<b>190,4cm</b>	152,6cm	<b>119,6cm</b>	170,6cm	<b>137,6</b>

Taula A.8: Alçades dels molls i pantalans del Port d'Arenys

## ANNEX 2. PORT D'ARENYS DE MAR

Aquest apartat es tracta d'un breu comentari sobre la modificació del Port d'Arenys de Mar.

A la Figura A.10 apareix una imatge satèl·lit, extreta de *Google Earth*, que no està actualitzada. Aquesta es l'antiga disposició del port, que es va modificar gràcies a la nova concessió que inicià les obres la tardor del 2018 i ara ja estan quasi finalitzades.



Figura A.10: Antiga distribució del Port d'Arenys

La Figura A.11 mostra de manera aproximada un mapa de la distribució actual del port:

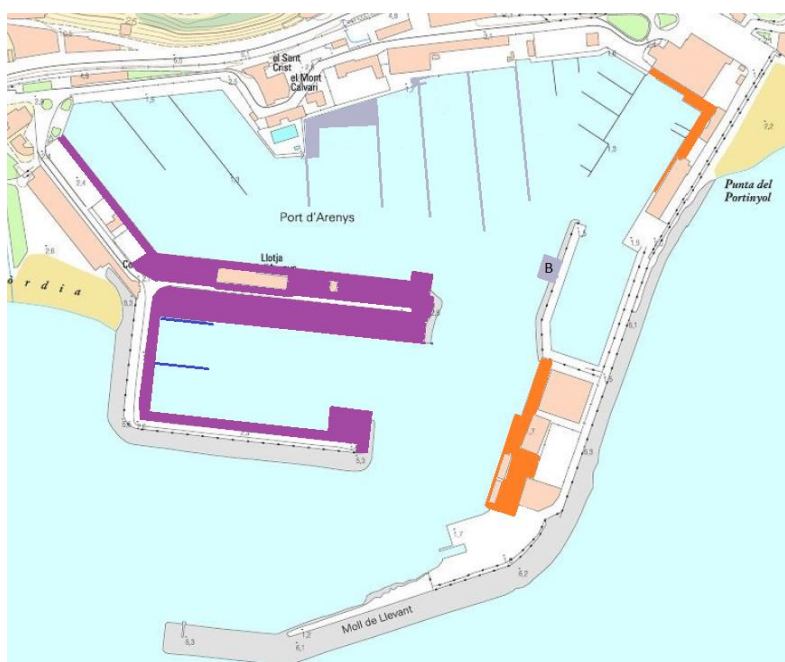
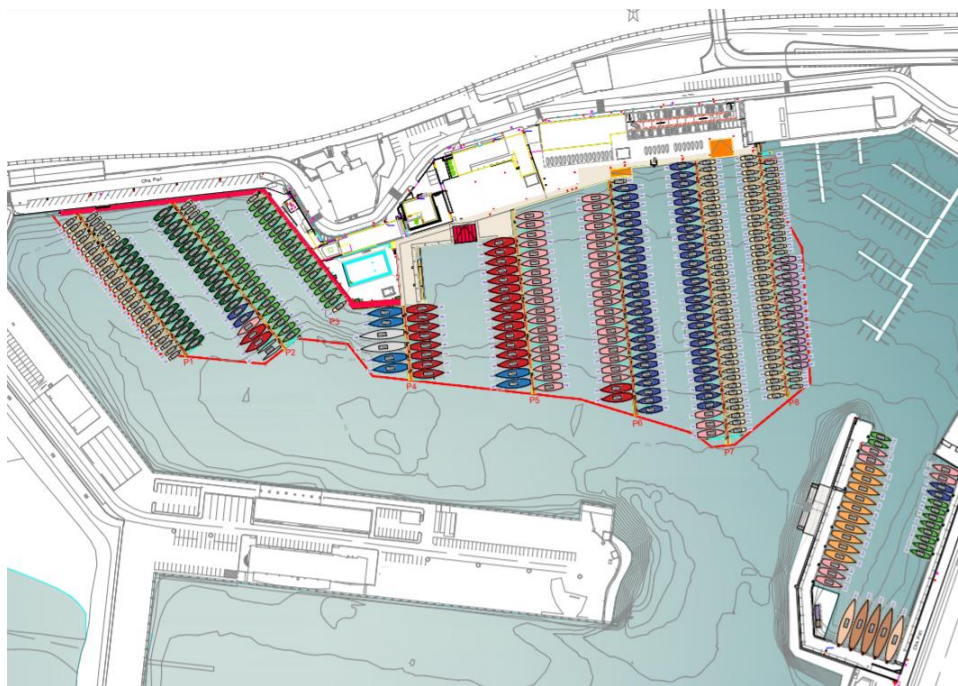


Figura A.11: Distribució actual del Port d'Arenys

A la Figura A.12 apareix la part del Port d'Arenys de la remodelació de la nova concessió del club Nàutic Arenys. Aquest mapa ha estat facilitat pel propi Club Nàutic Arenys de Mar.



*Figura A.12: Mapa distribució dels pantalans de la nova concessió del Club Nàutic Arenys de Mar*

Les següents imatges han estat fotografiades durant la presa de cotes, a l'estiu de 2020.

La primera (Figura A.13) és una fotografia panoràmica dels nous pantalans paral·lels que s'han allargat.

La segona foto (Figura A.14) apareix la plataforma de formigó de la nova benziner, que s'ha guanyat al port sobrepasant una part de trencaones intern, la qual a setembre de 2020 segueix en construcció.

La tercera foto (Figura A.15) és la situació actual de l'última part a remodelar de la nova concessió. És la part de port que apareix abaix a la dreta de la Figura A.12. S'hi pot apreciar la nova plataforma de formigó on s'hi ha instal·lat una grua. També, de color groc, es veuen els encofrats per pujar l'alçada del moll 30cm respecte a l'antic. A setembre de 2020 aquesta zona segueix en procés de construcció.



*Figura A.13: Panoràmica Club Nàutic Arenys de Mar*



*Figura A.14: Nova benzinera*



*Figura A.15: Moll en construcció*

Les dades utilitzades en el Port d'Arenys per a l'execució d'aquest treball han estat les noves i en el cas de la zona en construcció s'han utilitzat les cotes finals un cop hagin acabat la remodelació.

## ANNEX 3: PANTALANS FLOTANTS

Aquest Annex tracta de donar una ullada als pantalans flotants dels ports analitzats.

Gràcies a aquest estudi, s'ha confirmat que la millor solució per pal·liar els efectes adversos del canvi climàtic en els ports es la disposició de pantalans flotants. Els dos ports principals on s'han detectat aquests tipus d'infraestructures han estat el Port de Premià i el Port Fòrum. El Port Olímpic, a l'ombra d'aquests dos ports, també suma una moderada quantitat de molls flotants.

L'únic perill que tenen aquestes infraestructures, en el referent a aquest estudi, és que les piles de suport del pantalà no siguin prou altes com per permetre la pujada d'aquests. Per aquesta raó, l'alçada dels pilars també s'ha mesurat amb l'objectiu de determinar si necessiten ser reemplaçats.

Les dues imatges de la Figura A.16 corresponen al Port Fòrum:



Figura A.16: Fotografies dels molls flotants del Port Fòrum

Es tracta de la zona més externa del port, on es disposen les embarcacions més grans. Aquí les piles de suport per als pantalans són de més de 2,20m, és a dir, que per a les projeccions estudiades en aquest treball, aquests pantalans es troben dins de la seguretat.

La Figura A.17 correspon a un dels pantalans que es troben a la zona més interna del port, n'hi ha quatre com aquest:



Figura A.17: Moll flotant del Port Fòrum

Aquí les piles són menys altes, però l'alçada sobrant mesura quasi 1,5m i per tant continua sent operatiu en el pitjor dels casos el 2100.

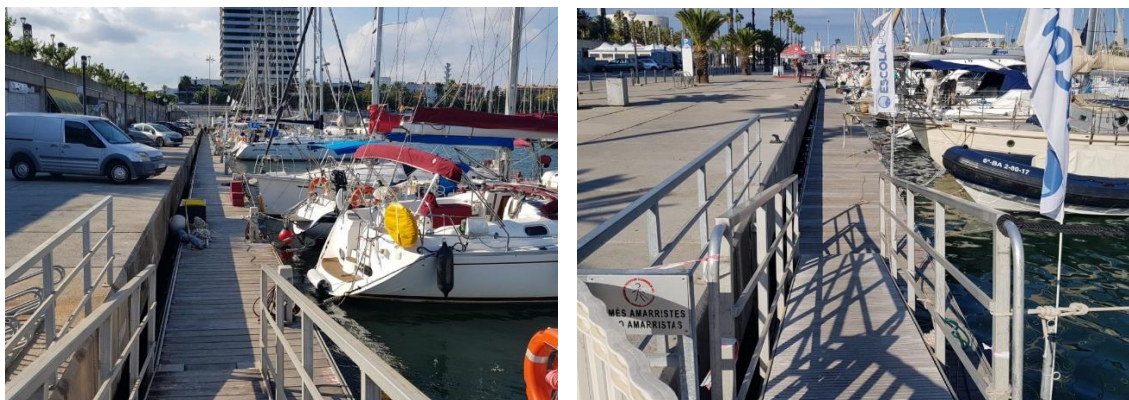
A la Figura A.18 es mostra una imatge d'un exemplar dels set pantalans corresponents al Port de Premià.



*Figura A.18: Fotografia d'un moll flotant del Port de Premià*

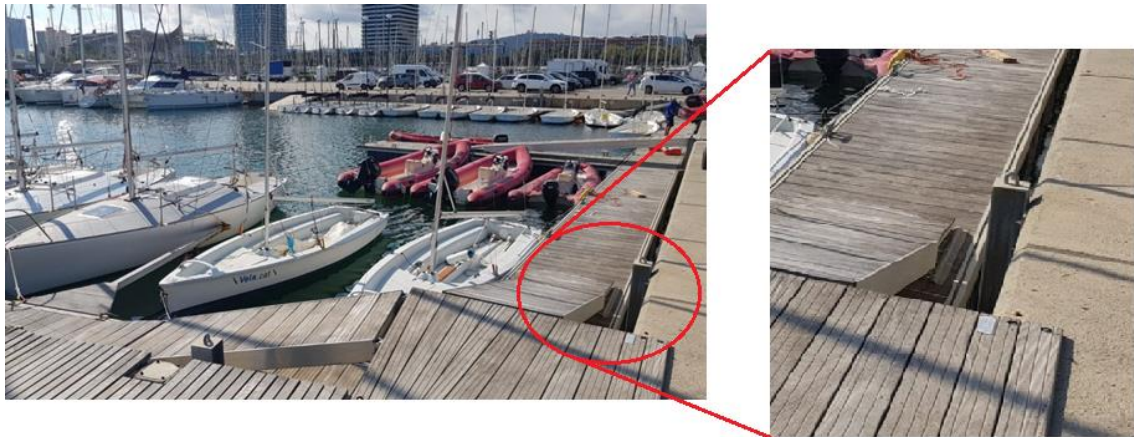
L'alçada mesurada a plenamar, (0,54m sobre NMM), de les piles és de 1,47m, per tant en el cas més extrem del 2100 es garanteix el funcionament d'aquests pantalans.

Les imatges de la Figura A.19 i la Figura A.20 corresponen al Port Olímpic. És una altra manera de d'implementar pantalans flotants, en aquest cas són paral·lels al moll i no disposen de piles per subjectar-se, sinó que ho fan directament al moll amb uns rails (veure Figura A.20). Això permet disposar dels pantalans operatius, encara que el moll de formigó estigui fora de l'alçada mínima o màxima d'operativitat.



*Figura A.19: Pantalans flotants del Port Olímpic*

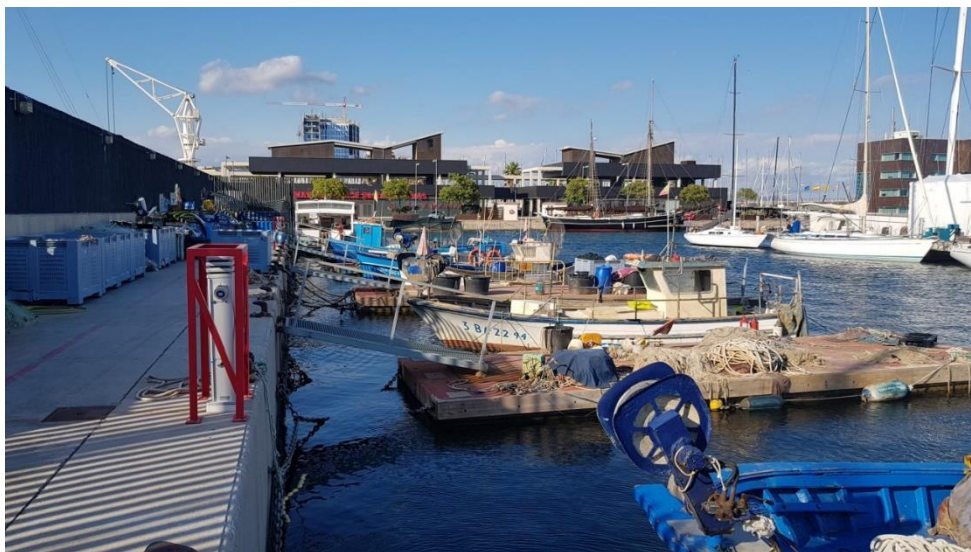




*Figura A.20: Moll flotant amb ampliació del rail de subjecció*

Aquest tipus d'estructures afavoreixen un bon ajustament de la plataforma d'amarrament per a les embarcacions. En aquest cas, surt a compte, ja que independentment de l'alçada del nivell del mar el moll funcionarà fins que el moll de formigó s'inundi, que per tant l'accés als pantalans serà impracticable i queda inoperatiu.

Per últim, una darrera ullada als tipus de pantalans flotants que existeixen en els ports estudiats, es tracta de pantalans amarrats, principalment amb cadenes d'acer inoxidable al moll i amb uns "morts" del cantó del canal portuari. La Figura A.21 es tracta d'una fotografia del moll de pesca del Port de Badalona que disposa de 6 pantalans flotants amarrats a terra. Aquest tipus d'infraestructures és la més versàtil de les analitzades en aquest apartat, però no són tant fermes com les altres.



*Figura A.21: Zona pesquera del Port de Badalona*

