

1. INTRODUCCIÓ

En específiques badies del món, ocasionalment es produeixen seixes, oscil·lacions del nivell del mar que poden provocar danys a les zones costaneres, als vaixells i a les construccions del port. Aquestes seixes reben noms locals depenent de la zona on es produeixen; així doncs, a les Illes Balears les coneixem com *rissagues*, al Japó s'anomenen *abiki*, etc.

Aquestes oscil·lacions tenen la mateixa escala temporal i espacial que un *tsunami* i provoquen semblants efectes destructius a la costa; a diferència amb els *tsunamis* però, la generació no és a partir d'un forçament sísmic, sinó que apareixen quan coincideixen de forma extrema determinats factors atmosfèrics i efectes de ressonància; també s'usa el terme *tsunamis meteorològics*.

En determinades zones del món s'observen seixes de forma regular al llarg de la història. En són exemple les badies de *Nagasaki* (Japó), port de *Longkou* (Xina), badia de *Trieste* (Itàlia), el port de *Rotterdam* (Holanda), etc. En particular, una zona relativament propera és la badia de Ciutadella, a Menorca, de la qual se'n té molta informació i esdevé un centre d'estudi mundial del fenomen. Les *rissagues* de Ciutadella es produeixen amb periodicitat gairebé anual, entre els mesos de juny i setembre; són oscil·lacions sobtades del nivell del mar amb períodes de l'entorn dels deu minuts i que arriben fins gairebé els tres metres d'amplitud, sobrepasant-los en alguns casos. Les oscil·lacions a Ciutadella generalment estan relacionades amb una dèbil circulació ciclònica de l'atmosfera en superfície, sobre el Mediterrani occidental i amb una forta baroclinicitat d'aire càlid sobre el mar i fred sobre la Península Ibèrica (Ramis i Jansà, 1987). Posteriorment, l'estudi de Montserrat et al. (1991), de la *rissaga* del 10–11 d'agost de 1989 a Ciutadella, determina que es pot apreciar com les oscil·lacions del nivell del mar s'incrementen al intensificar-se les fluctuacions baromètriques; també s'observa que existeix un increment important de l'energia en la banda de l'espectre associada al període de ressonància de la badia, el que suggereix que l'amplificació de les oscil·lacions pot ser explicada per la ressonància local del port de Ciutadella.

Aquest coneixement exhaustiu i concret dels fenòmens de seixa a les Balears, ha estat utilitzat de base i se'n fa referència en el present estudi.

Així doncs, aquí es tracta l'anàlisi dels fenòmens de seixes en dues zones del Delta de l'Ebre: la Badia dels Alfacs i la Badia del Fangar. La bona situació d'aquestes badies ha comportat la instal·lació d'activitats relacionades amb la pesca i la cria de musclos que intenten fer la competència als de les *Rias Baixas* de Galícia. Tot això situa el port de Sant Carles de la Ràpita com el primer port pesquer de Catalunya i un dels principals ports pesquers d'Espanya. Aquestes activitats però, es veuen sovint interrompudes per la presència de seixes a la zona. No es tracta de fenòmens tan espectaculars ni extrems com els descrits per a la badia de Ciutadella, però sí de fenòmens capaços de provocar danys a les instal·lacions i pèrdues en l'explotació de musclos.

L'objectiu del present estudi és l'anàlisi de les seixes que es produeixen en les dues badies, caracteritzant-les i comparant-les amb resultats obtinguts en altres estudis del fenomen.

2. ANTECEDENTS

Com s'explica a la introducció, són diversos els casos de seixes al llarg de la geografia. Es tracta d'un problema d'àmbit mundial, que interessa estudiar per tal de conèixer les causes i els mecanismes de generació per aportar, posteriorment i si és possible, solucions al respecte.

Per tal de realitzar el present anàlisi, s'ha realitzat una recerca bibliogràfica sobre el fenomen. S'exposen tres casos i com s'ha progressat en els seus estudis, que han servit de base per aquest anàlisi. Primer de tot, es parla de la badia de Ciutadella, a Menorca, un dels llocs on pren més importància el fenomen. Posteriorment es tracta els anàlisis realitzats a *Shikotan Island*, al sud de les illes *Kuril*, Japó i finalment el cas del port de *Rotterdam*.

2.1. Badia de Ciutadella, Menorca

Ciutadella és una ciutat situada al sud-oest de Menorca, Illes Balears; la badia de Ciutadella alberga el port i és freqüent sentir a parlar sobre *rissagues* per part de la gent del poble.



Figura 1. Plànol de situació de l'illa de Menorca



Figura 2. Badia de Ciutadella

Les *rissagues* a la badia de Ciutadella es coneixen des de fa temps. Hi ha referències del segle XV que parlen d'enfonsament de vaixells en el port a causa de mareas extraordinàries i sobtades; la causa de les *rissagues* però, no s'ha conegut fins a èpoques mes recents. Durant molt de temps es pensava que l'origen podia ser astronòmic, és a dir, es tractaria d'un fenomen similar a la marea ordinària, però amplificada per alguna causa desconeguda. També s'apuntava a la possibilitat d'un origen sísmic, causat per terratrèmols submarins que generarien ones que s'amplificarien a l'arribar a port. Tot això però, no explicava perquè es donava el fenomen amb tanta freqüència en aquest port i no en d'altres.

La vertadera causa no va ser exposada fins el 1934, després dels estudis de Fontseré (1934), sobre les oscil·lacions extraordinàries del nivell del mar al port de Barcelona. En l'article de Hodzic (1979), es parla en termes semblants a l'estudiar oscil·lacions similars en cales del mar Adriàtic. Ambdós suggereixen que la causa del fenomen és atmosfèrica, degut que les oscil·lacions brusques del nivell del mar sempre van associades a grans oscil·lacions de la pressió atmosfèrica.

En el cas de les Illes Balears, la interacció entre atmosfera i mar, com a causa de les *rissagues*, no va ser tractada fins els articles de Ramis i Jansà (1987), on es desenvolupa un model matemàtic per a l'estudi. Aquests autors apunten com a novetat la possible influència d'ones gravitatòries generades en nivells mitjans de la troposfera per efecte del vent com a causa de les oscil·lacions de pressió atmosfèrica en superfície.

Així doncs, per tal que es produeixi la *rissaga*, s'ha de tenir unes condicions atmosfèriques favorables. Els treballs realitzats per Ramis et al. (1987), manifesten clarament els mecanismes de generació i com es produeix la interacció entre el mar i l'atmosfera. Els autors observen que hi ha dues condicions atmosfèriques que afavoreixen l'aparició d'aquestes:

- Una presència de vents forts a nivells alts i mitjos de la troposfera, amb diferències importants de velocitat entre unes zones i altres (efecte de cisalla).
- L'existència d'una massa d'aire molt càlida a nivells baixos (1500 m), i per tant una forta inversió tèrmica entre aquest nivell i l'aire més fred sobre la superfície del mar.

Com es pot comprovar, aquestes condicions atmosfèriques a la zona són pròpies del semestre càlid de l'any, i de fet les *rissagues* de Ciutadella s'acostumen a produir en el període comprés entre abril i octubre, no existint referències de casos en altres èpoques de l'any.

Aquests dos efectes comporten la generació de les *rissagues* i la seva propagació. Tot i això, s'ha de tenir molt clar la relació causa-efecte entre variacions de pressió i oscil·lacions del nivell del mar; L'increment de la intensitat de la seixa, correspon a una activitat atmosfèrica important, però el contrari no és cert, sovint es produeixen grans variacions de pressió que no provoquen *rissagues*. La correlació entre pressió atmosfèrica i nivell del mar és significativament alta, per tant es conclou que ha d'existir algun altre paràmetre important que determini l'amplificació de la seixa. Segons Rabinovich i Montserrat (1996), l'alt increment d'energia en la banda de l'espectre associada al període de ressonància lliure de la badia, suggereix que l'amplificació de les oscil·lacions pot ser explicada per la ressonància local del port de Ciutadella.

Així doncs, la configuració física del port sembla ser la clau per acabar d'explicar aquest fenomen.

Per parlar de ressonància però, cal conèixer primer de tot les característiques físiques de la zona.

S'entén per període d'oscil·lació lliure d'una badia (T_n) el temps que transcorre entre dos moments iguals d'altura d'aigua com a resposta a algun estímul a la bocana del port. L'expressió més senzilla que permet calcular-lo resulta ser:

$$T_n = \frac{4 \cdot l}{(2n+1)\sqrt{gh}} \quad (1)$$

sent T_n el període d'oscil·lació natural d'una dàrsena rectangular, estreta, de longitud l i calat constant h ; n és el mode d'oscil·lació, que resulta zero per al fonamental.

El port de Ciutadella es situa a la badia de Ciutadella, ocupant una cala natural d'aproximadament 1 km de longitud, 50 m d'amplada i uns 5 m de profunditat mitjana; això provoca un període d'oscil·lació natural de la badia de:

$$T_n = \frac{4 \cdot l}{(2n+1)\sqrt{gh}} = \frac{4 \cdot 1050}{\sqrt{9,81 \cdot 5}} \cong 600s \cong 10 \text{ min}$$

Així doncs, utilitzant l'expressió per al cas d'una dàrsena rectangular el període T_n resulta ser de 10 min. Si es comprova mitjançant un anàlisi espectral, s'obté un període d'oscil·lació lliure d'aproximadament 10,6 minuts.

Per tant si els augments cíclics de la pressió atmosfèrica coincideixen amb els moments en que l'aigua sobre el port està en el seu mínim nivell a causa de la seva oscil·lació normal, és a dir, si existeix ressonància entre ambdues oscil·lacions, les variacions del nivell d'aigua del port poden veure's amplificades de manera extraordinària, donant lloc a les rissagues.

Es conclou que perquè tingui lloc el fenomen de la *rissaga* no són necessàries grans variacions de la pressió atmosfèrica, si no que aquestes variacions es produeixin amb una freqüència similar a l'oscil·lació natural del port. A més ha d'existir ressonància entre els dos tipus d'oscil·lacions, és a dir, es podria produir que, tot i ser oscil·lacions del mateix període, els màxims de pressió no coincidissin amb els mínims de nivell del mar, amb el que no es produiria amplificació indefinida, si no una amortiguació del fenomen.

Finalment, i després de molts estudis a la zona, el Centre Meteorològic de les Illes Balears ha conseguit suficient informació per conèixer bé el fenomen. Fins ara el centre avisava de la possibilitat que es produís una *rissaga*, però no evitava que es produïssin casos sense previ avís. Aquest any 2007 ha entrat en funcionament un nou sistema d'alertes de *rissaga* molt més fiable i precís que l'anterior, capaç d'avisar amb dues hores d'antelació l'arribada del fenomen, temps suficient perquè el port de ponent pugui tancar i evitar danys.

2.2. Shikotan Island, Japó

Una altra ubicació on es produeixen fenòmens semblants a les rissagues és *Shikotan Island*, al sud de *Kuril Island*, al nord-oest del Pacífic, Japó. En l'estudi de Rabinovich i Montserrat (1996), es determina els paràmetres atmosfèrics responsables de la generació d'aquestes seixes, que en aquest cas, prenen el nom de *abikis*.



Figura 3. Plànol de situació de l'illa de Japó.



Figura 4. Shikotan Island

El *Institute of Marine Geology and Geophysics (IMGG)*, *Yuzhno-Sakhalinsk*, Rússia va dur a terme experiments similars i mateixes conclusions que en el cas de Ciutadella.

En aquest treball es parla de nou de les dues condicions atmosfèriques generalment favorables a la generació de seixes: la presència de vents forts a nivells alts i mitjans de la troposfera, amb diferències importants de velocitat entre unes zones i altres i de l'existència d'una massa d'aire molt càlida a nivells baixos i per tant una forta inversió tèrmica entre aquest nivell i l'aire més fred sobre la superfície del mar. També es parla de la necessitat d'estudiar la ressonància de les badies per tal de poder explicar la gran amplificació del fenomen.

El període d'oscil·lació natural es calcula anàlogament al cas de Ciutadella, utilitzant l'expressió (1), per a les dues badies que entren en ressonància a les Illes *Kuril*. Així doncs, la badia de *Krabovaya* presenta un període de 29,0 minuts i la badia de *Malokurilskaya* un de 18,6 minuts per als nodes fonamentals d'oscil·lació. El fet de tenir dues badies properes que pateixen el mateix problema, suggereix buscar una correlació entre elles. Així doncs un resultat interessant és l'anàlisi de comparació entre les oscil·lacions de les seixes en diferents badies; si les seixes de badies veïnes són generades pel mateix forçament, llavors la intensitat de les oscil·lacions estarà relacionada.

En l'esmentat estudi, es va dur a terme aquest anàlisi comparatiu entre la badia de *Krabovaya* i *Malokurilskaya*. Es volia comprovar si la reacció de les dues badies al mateix forçament era semblant o no, i reafirmar encara més la importància de la topografia i de la ressonància. Mitjançant un anàlisi de regressió, es va comprovar que les dues badies estan correlacionades de forma evident (coeficient de correlació $R^2=0,61$).

2.3. Port de Rotterdam

Una altra zona on es poden observar seixes és el port de *Rotterdam*, Holanda. El port està format per una sèrie de badies i canals enllaçats entre sí, de manera que en bastants d'ells s'acostumen a donar oscil·lacions per ressonància.



Figura 5. Plànol de situació de Rotterdam



Figura 6. Port de Rotterdam

És però, a *Caland Canal*, on es produeixen les seixes més significatives. Es tracta d'un canal bastant tancat, amb una longitud d'aproximadament 20 km i un calat més o menys constant de 20 m. Per tant té un període d'oscil·lació natural d'uns 90 minuts.

Segons De Jong i Battjes (2004), la generació de seixes al port holandès és deguda a les cel·les convectives en l'atmosfera. És a dir, les mesures meteorològiques i l'observació visual d'aquests fenòmens al port de Rotterdam coincideixen amb sistemes de baixa pressió i amb fronts freds creuant des del sud; però no totes aquestes condicions atmosfèriques provoquen seixes. Posteriorment, els estudis i anàlisis mitjançant simulacions numèriques mostren que les seixes a Rotterdam són generades per fluctuacions a la pressió atmosfèrica i per la velocitat del vent, que a la vegada són causades per les esmentades cel·les convectives, cel·les de mesoescala amb una escala espacial horitzontal d'uns 30 – 100 km.

Així doncs es torna a posar de rellevància la importància que tenen les fluctuacions de pressió com a font generadora de les seixes. A partir d'aquí l'estudi es basa en un anàlisi espectral per tal de determinar amb precisió si existeix o no ressonància i en conseqüència una amplificació de les ones llargues.

3. CARACTERITZACIÓ DE L'ESTUDI

3.1. Objectius i Problemàtica

L'objectiu principal d'aquest treball és analitzar els fenòmens de seixes que es produeixen al Delta de l'Ebre i dels que se'n té constància i coneixement, però que no són tant estudiats com els d'altres zones, com pot ser les Illes Balears.

Les seixes són fenòmens d'elevació del nivell del mar amplificats per una certa ressonància. En els últims anys, i degut a la millora del seu coneixement, han cridat cada cop més l'atenció de molts mitjans de comunicació ja que són importants les pèrdues materials i econòmiques que causen.

La zona d'estudi del present anàlisi comprèn les dues grans badies que conformen el Delta de l'Ebre, la badia del Fangar i la dels Alfacs.



Figura 7. Zona d'estudi al Delta de l'Ebre.

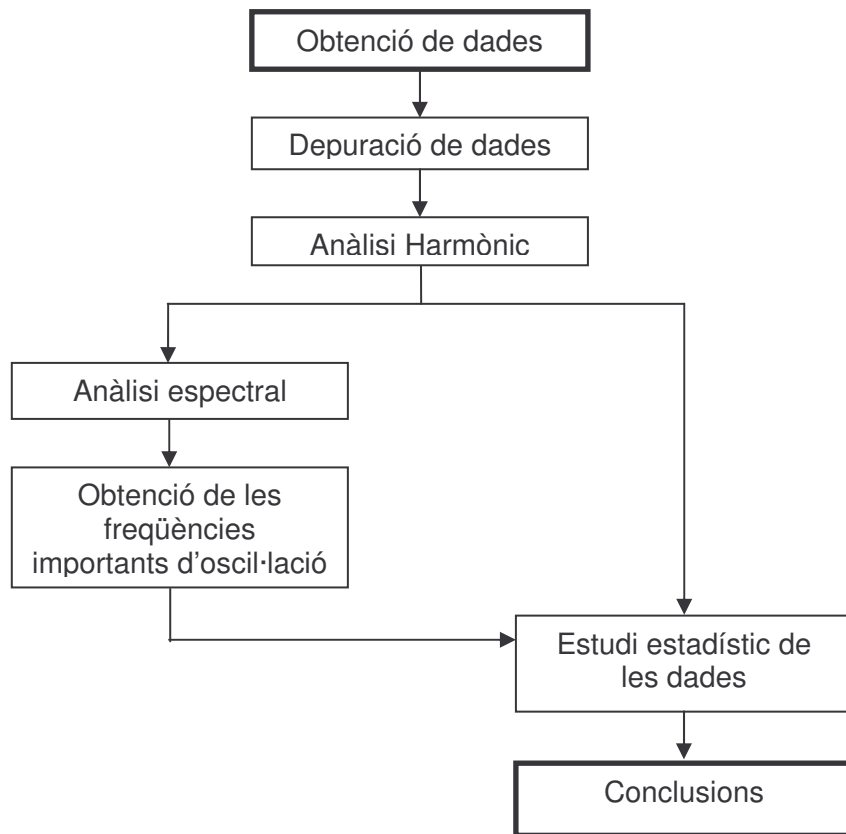
L'agricultura és una de les grans bases econòmiques d'aquesta zona, amb un predomini de l'arròs, seguit pels productes d'horta i dels arbres fruiters. La pesca és també una activitat fonamental, amb els ports de Sant Carles de la Ràpita i l'Ampolla al mateix delta i els propers de les Cases d'Alcanar, l'Atmetlla i Vinaròs. La principal activitat que es desenvolupa en les dues badies esmentades és, junt amb la pesca, la producció musclera. La implantació de grans bases muscleres a l'interior de les

badies, fa possible la cria de musclos i aposta per una constant competència de la zona de Galícia.

Aquesta activitat musclera i la producció agrícola es veuen aturades sobtadament per la presència de seixes que provoquen els esmentats danys i pèrdues. És per això que es planteja aquest estudi, amb la intenció d'analitzar com i perquè es produeixen aquests fenòmens en aquesta zona i intentar buscar solucions; a més serà interessant comparar els resultats obtinguts per aprofundir una mica més en el tema de les sobreelevacions del nivell del mar.

L'objectiu és estudiar les seixes que es produeixen a la badia del Fangar, on es situa el port de l'Ampolla, i a la badia dels Alfacs, dàrsena d'abric del port de Sant Carles de la Ràpita, per tal de caracteritzar-les i comprovar que els resultats obtinguts s'ajusten o no als d'altres estudis realitzats.

Per tal de dur a terme aquest estudi, es planteja la metodologia següent:



3.2. Estudi de la zona

El Delta de l'Ebre és la zona humida més gran de les terres catalanes. Amb els seus 320 km² de superfície, constitueix l'hàbitat aquàtic més important de la Mediterrània occidental, després de la Camarga (Parc Regional Francès), i el segon de l'Estat Espanyol, després del *Parque Nacional de Doñana*.

El Delta de l'Ebre és un exemple de delta creat per influència fluvial i processos costaners. El desenvolupament deltaic està influenciat pels aportos de sediments del riu Ebre i per la força dels corrents marins i temporals de llevant. Això fa que la morfologia deltaica canviï d'una forma constant. L'illa de Buda, tal i com la coneixem avui, no té més de 200 anys. Ha estat una zona de fort creixement actiu durant aquest segle. Les barreres de sorra típiques dels fronts deltaics han possibilitat la formació de Calaixos.

L'harmonia entre els seus valors naturals i l'explotació per part de l'home no ha estat mai fàcil. D'altra banda, el seu considerable paper biològic contrasta amb la profunda humanització d'una gran part de la seva superfície i amb el seu no menys considerable pes agrícola.

A fi de fer possible aquesta harmonia, i a instàncies dels habitants del municipi de Deltebre, la Generalitat va crear, per un decret de 1983, el Parc Natural del Delta de l'Ebre, on es fa constar que el delta de l'Ebre és la primera zona humida de Catalunya i que la seva importància a escala internacional és reconeguda pels màxims organismes especialitzats.

El Parc Natural del Delta de l'Ebre té una superfície total de 7.736 ha de les quals 3.979 corresponen a la comarca del Montsià (hemidelta dret) i 3.757 a la del Baix Ebre (hemidelta esquerre), Compren les llacunes de les Olles, el Canal Vell, el Garxal, l'Alfacada, la Platjola, la Tancada i l'Encanyissada, les illes de Buda, Sant Antoni i Sapinya, les penínsules de la Punta de la Banyà (els Alfacs) i del Fangar, els ullals de Baltasar i els erms de Casablanca.

Des del punt de vista climàtic, l'oscil·lació tèrmica és baixa i la humitat, elevada. Les fortes ventades que originen les depressions atlàntiques a través de la vall de l'Ebre són especialment presents de novembre a abril; són de direcció NW, ratxades, temperades i poc humides. La resta de l'any són característics els vents anomenats marinades, produïts pel major calentament de la terra respecte de la mar, i el vent humit i responsable de bona part de les pluges del delta és el de llevant. Les precipitacions són molt variables segons el anys, amb una mitjana de 536 mm, repartits molt irregularment; Pel que fa a les temperatures, la mitjana enregistrada a l'Aldea és d'uns 18 °C.

Analitzem amb més deteniment les dues badies objecte d'estudi.

Les badies del Fangar i dels Alfacs són dues badies estuàriques situades al Delta de l'Ebre (Mar Mediterrani), les quals donen abrís al port de l'Ampolla i al port de Sant Carles de la Ràpita respectivament. Ambdues tenen una profunditat màxima menor als 6 metres i presenten un hidrodinamisme menor que les demés aigües costaneres.

3.2.1. Badia del Fangar

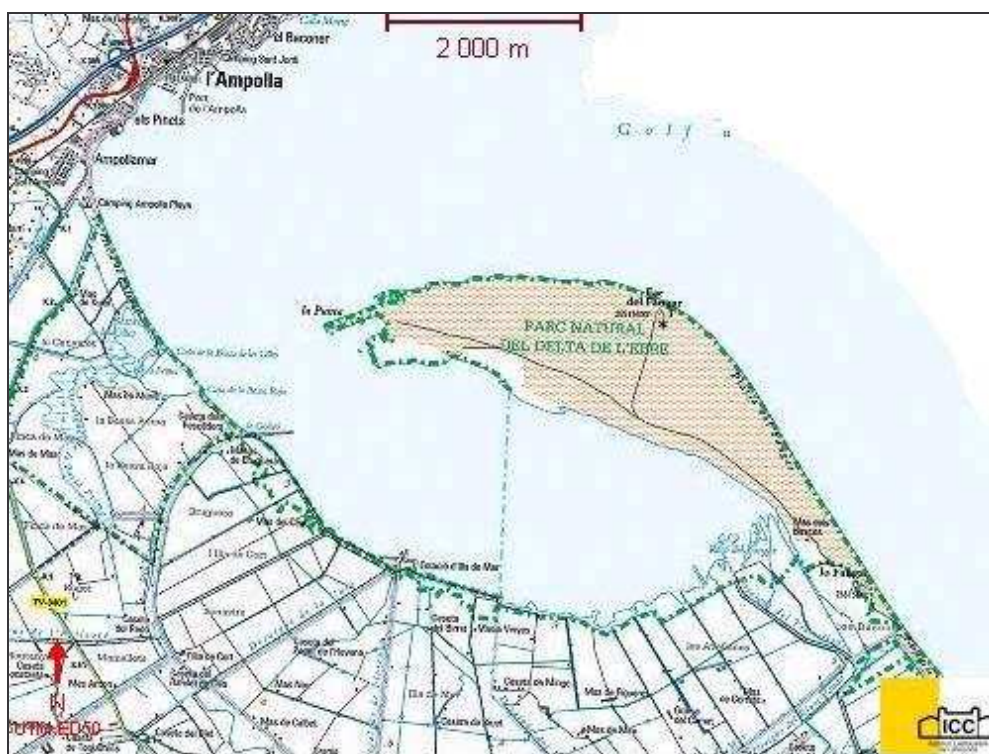


Figura 8. Plànol de situació de la Badia del Fangar

El Fangar és una península de sorra de 410 ha. orientada de NO a SE. Està travessada per una pista de sorra compactada d'uns 3'5 o 4 km per on es pot circular o caminar fins al mirador, el Far o l'extrem nord de la península.

Els sorrals immensos predominen en aquesta zona i el que té més valor ecològic són les formacions de dunes, ja que són de les més ben conservades del litoral català. Constitueixen un important refugi de vida de molts rèptils, insectes, micromamífers i algun amfibi. Hi ha dos tipus de dunes, unes fixades amb vegetació a sobre i unes altres mòbils sense vegetació. No es pot trepitjar cap dels dos tipus a causa de la seva fragilitat. La zona de dunes fixades més important es situa a la platja de la Marquesa, a la dreta de la pista que porta cap al Fangar. També hi ha retalls de salobrar molt interessants en les zones més fondes entre les dunes

També es pot observar el Port del Fangar on proliferen els moluscs; mostra d'això són les muscleres, la resta de cultius marins i marisqueig que es practiquen.

Les característiques de la Badia del Fangar són:

Volum d'aigua	$9,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Longitud*	6050 m
Amplada màxima	2300 m
Amplada boca	1400 m
Superfície de la badia	$9,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
Profunditat mitja	1 m
Profunditat màxima	4 m

A partir d'aquí podem calcular-nos el període teòric d'oscil·lació lliure de la badia segons l'expressió d'una dàrsena rectangular, estreta, de longitud l i calat constant h , mitjançant (1).

$$T_n = \frac{4 \cdot l}{(2n+1)\sqrt{gh}} = \frac{4 \cdot 7000}{\sqrt{9.8 \cdot 1}} = 18944,27 \text{ seg} \cong 2,5h$$

3.2.2. Badia dels Alfacs



Figura 9. Plànol de situació de la Badia dels Alfacs

Es tracta d'una badia amb una superfície de 2.500 ha. comptant la barra del Trabucador. És una zona inundable i en condicions de pluja i vent forts es tracta d'un espai de difícil accés.

El Trabucador, tot i ser una zona molt transformada en l'actualitat, és un bon punt d'observació d'ocells tant per la part de mar obert com interior. L'ambient però més interessant són les salines que encara funcionen, on es poden veure les cubetes de concentració de sal plenes d'ocells marins, limícoles i flamencs quasi tot l'any.

No està permesa la caça en aquesta zona, però el marisqueig es permès, sobretot a la badia; d'aquí l'abundant presència de muscleres.

Pel que fa a les seves dimensions, són de gran interès les següents dades:

Volum d'aigua	$153 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Longitud*	18000 m
Amplada màxima	5200 m

Amplada boca	2500 m
Superfície de la badia	$49 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
Profunditat mitja	3,13 m
Profunditat màxima	6,5 m

A partir d'aquí podem calcular-nos el període teòric d'oscil·lació lliure de la badia segons l'expressió d'una dàrsena rectangular, estreta, de longitud l i calat constant h , mitjançant (1).

$$T_n = \frac{4 \cdot l}{(2n+1)\sqrt{gh}} = \frac{4 \cdot 18000}{\sqrt{9.8 \cdot 5}} = 10285,71 \text{ seg} \cong 3h$$

3.3. Obtenció de dades.

Per tal de portar a terme l'estudi és necessari caracteritzar el nivell del mar i la meteorologia de la zona. Per això s'han de prendre una sèrie de dades que ens ajudin a obtenir un comportament el més semblant possible al real.

La present tesina s'ha desenvolupat utilitzant les sèries de dades disponibles al LIM (*Laboratorio de Ingeniería Marítima de la UPC*). El LIM és l'encarregat de l'anàlisi i manteniment de les dades que es recullen en la Xarxa d'Instrumentació Oceanogràfica i Meteorològica de la Generalitat de Catalunya (XIOM); aquestes dades es poden consultar al portal digital www.boiescat.org. Aquesta xarxa està composta per un conjunt d'equipaments de mesura de les variables costaneres més significatives mitjançant diferents tipus de boies, estacions meteorològiques i mareògrafs.

Actualment, hi ha boies situades a diversos punts de la costa catalana (golf de Roses, delta de la Tordera, Delta del Llobregat i cap de Tortosa) que proporcionen informació sobre l'onatge. La xarxa es complementa amb la de Ports de l'Estat, que disposa de boies a la bocana dels Ports de Barcelona, Tarragona i Palamós i davant de Tarragona i del cap de Begur.

Les dades de nivell del mar i de pressió atmosfèrica utilitzades en aquest estudi però, s'han obtingut mitjançant els mareògrafs i les estacions meteorològiques de les que es disposa a l'Ampolla, a Deltebre i a Sant Carles de la Ràpita.

Les característiques dels esmentats aparells són les següents:



Figura 10 i 11. Plànols de localització els mareògrafs i de les estacions meteorològiques



Figura 12. Mareògraf de l'Ampolla



Figura 13. Mareògraf de Sant Carles de la Ràpita



Figura 14. Estació meteorològica de l'Ampolla



Figura 15. Estació meteorològica de Sant Carles de la Ràpita



Figura 16. Estació meteorològica de Deltebre

Els mareògrafs mesuren nivells del mar a partir de les dades corregides per pressions atmosfèriques que es recullen en les estacions meteorològiques.

És conegut que a la Mediterrània, fora de mars com ara l'Adriàtic, la marea astronòmica és modesta. Amb tot, la influència conjunta de la marea astronòmica, de la pressió atmosfèrica i de les causades pel vent i per l'onatge pot arribar a produir variacions de prop d'un metre en el nivell de l'aigua. Per tant, no deixa de ser interessant el fet de mesurar-les, particularment en zones d'equilibri precari, com ara les planes al·luvials i els deltes.

És aquest últim, el cas d'una zona deltaica i per tant utilitzarem diverses dades que s'han anat prenent al llarg dels anys; utilitzant les sèries de les que disposa la XIOM des de 1997, s'ha portat a terme l'estudi de la tesina amb les dades de les variables següents, mesurades amb els mareògrafs i estacions meteorològiques indistintament:

RFV	Velocitat de rafaga (m/s)
VVT	Velocitat mitja del vent (m/s)
DIR	Direcció mitja del vent (°)
Temp	Temperatura Atmosfèrica (°C)
Pres	Pressió Atmosfèrica (hPa)
Niv	Nivell del Mar (m)
TH2O	Temperatura de l'Aigua (°C)

Així doncs les dades disponibles són sèries des de l'any 1997 fins el 2006 d'aquestes 7 variables, mesurades cada 10 minuts. El tractament que farem es basarà en distribuir les dades anualment; és a dir, tindrem una sèrie de dades per a cada any, des de 1997 fins a 2006, tant per a la Badia del Fangar com per la dels Alfacs.

Prèviament el LIM fa un tractament de depuració de dades per tal d'assignar un error i considerar les dades correctes i incorrectes. És en aquest punt on s'han extret les dades de la tesina, mitjançant la base de dades que la XIOM fa pública al portal www.boiescat.org.

4. ANÀLISI DE SEIXES

4.1. Tractament i depuració de les dades

Com s'ha comentat al capítol anterior, les sèries de dades que s'han tractat, corresponen a les dades mesurades pels mareògrafs i per les estacions meteorològiques de la zona durant el període comprés entre els anys 1997 i 2006.

Un primer tractament de les dades disponibles, l'ha realitzat el LIM. Aquest tractament es detalla en els informes de mareas que anualment redacta per aquesta zona.

En l'apèndix A es pot consultar l'estructura d'aquests informes.

Un cop les dades estan tractades s'emmagatzemen en els arxius de dades que utilitzarem per a l'anàlisi. Aquests fitxers depurats són de l'estil "*mt_amp05.dep*", que en aquest cas es refereix a les dades de l'any 2005 del mareògraf de l'Ampolla o "*mt_rpt03.dep*", que es referiria a les dades de l'any 2003 del mareògraf de Sant Carles de la Ràpita. D'aquesta manera ordenem en els fitxers les lectures originals dels mareògrafs de l'Ampolla i de Sant Carles.

4.2. Anàlisi d'harmònics i obtenció del residu

Els mareògrafs ens aporten una senyal de dades de nivell del mar cada deu minuts. A cada dada li correspon un nivell, que ve determinat per diversos factors, entre els principals, la marea astronòmica i la variació de pressió atmosfèrica. Això fa que per començar, haguem d'extreure la component de marea astronòmica de la sèrie per tal de treballar només amb la sobrelevació del nivell del mar degut als canvis de pressió.

Per portar a terme aquest tractament de dades, s'ha utilitzat el programa *xiom.m*, un programa en *Matlab*® dissenyat pel LIM, i que usa el programa de lliure distribució *t-tides*, que es pot consultar a *Manual For Tidal Heights Analysis and Prediction (2004)*, que extreu les components de marea astronòmica i ens proporciona l'arxiu *residuo.dat* on tenim tres components: la component del nivell original, la component corresponent a la marea astronòmica i el residu, la resta entre les dues anteriors; aquest últim és la sobrelevació corresponent, entre d'altres, a les variacions de pressió, i és amb el que ens interessa treballar.

Tal com acabem de comentar, caldrà introduir les dades de partida mesurades pel mareògraf per poder filtrar-les.

S'ha muntat un arxiu per a cada sèrie anual de dades. En l'apèndix A es pot veure un exemple de l'organització d'aquests arxius.

El procediment que utilitza el programa *xiom.m* és el següent:

- Lectura de les dades: primer de tot llegeix les dades originals extretes pels mareògrafs.
- Completa amb NaN: per tal de donar un format a l'arxiu que estem estudiant, completa els forats buits amb NaN ("not a number").

- Anàlisi Harmònic: un cop es té l'arxiu preparat, per tal de determinar quins són els harmònics, compara les freqüències obtingudes amb les predeterminades per a cada harmònic de marea i crea un fitxer on es pot consultar els harmònics de cadascuna de les sèries tractades. En l'apèndix B es poden observar les llistes d'harmònics.
- Residu: finalment, un cop extrets els harmònics de marea, promitja les dades a valors horaris i crea el que anomena "*residuo.dat*". S'obtenen així les variables filtrades.

Un cop computat el programa, es faciliten diversos arxius amb la següent informació:

- *prefiltro.dat*: l'extracció de les dades de nivell i la cadena temporal, de l'arxiu inicial, s'emmagatzema en aquest arxiu i s'omplen els buits o errors en les dades, amb "NaN".
- *horapugh.dat*: en aquest segon arxiu s'emmagatzemen les dades de nivells promitjades horàriament. Per tant s'ha passat d'una sèrie de dades reals preses cada deu minuts a una sèrie estructurada cada hora.
- *j_tide.dat*: aquí s'emmagatzemen els harmònics de marea.
- *residuo.dat*: es tracta de la sèrie filtrada on s'han extret tots els harmònics de marea. Dins d'aquest arxiu, es tenen tres variables filtrades:
 - o *marea_astronòmica*: és la component de marea astronòmica que s'ha extret i que correspon a la sobrelevació del nivell del mar provocada per l'esmentada marea.
 - o *nivell_original*: correspon a les dades obtingudes directament del mareògraf. Aquestes dades de nivell contenen la sobrelevació del nivell del mar degut a tots els fenòmens que es puguin donar.
 - o *residu_seixa*: és la diferència entre les dues variables. Per tant es tracta d'una sèrie de dades de sobrelevació degut a diversos fenòmens, descartant la marea astronòmica. Serà amb aquesta sèrie amb la que es treballarà, i s'intentarà identificar les diferents seixes que es puguin tenir.

S'ha aplicat el procediment anterior a les dades originals al llarg dels diversos anys d'estudi de les dues badies. S'observen els següents resultats.

4.2.1. Dades de la Badia del Fangar

Si apliquem el procediment anterior, també a les dades de la badia del Fangar, podem observar el següent:

Els dos gràfics representen els histogrames de les variables *nivell_original* i *residu_seixa* respectivament. Podem observar que la distribució dels residus de seixa és clarament una normal, combinant-se i compensant-se els errors al voltant de la mitjana nul·la; en canvi el nivell del mar es distribueix segons una log-normal.

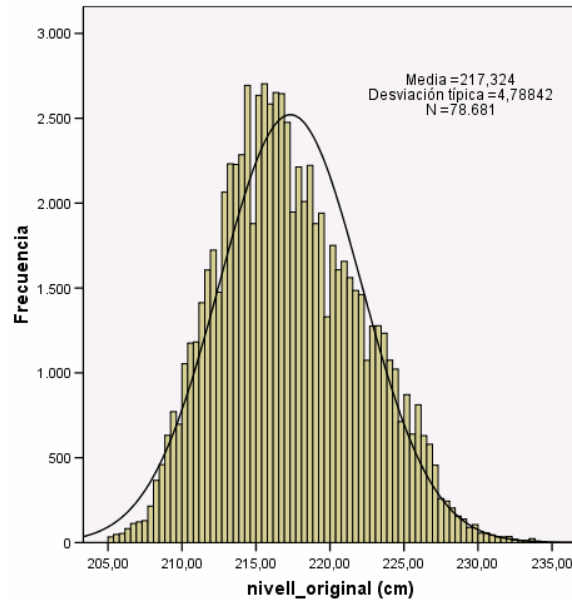


Figura 17. Histograma de nivell del mar a la Badia del Fangar

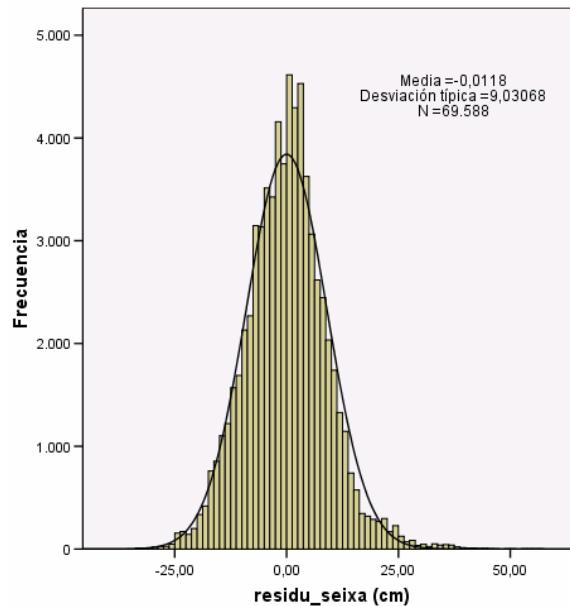


Figura 18. Histograma del residu a la Badia del Fangar

Posem l'énfasi en destacar la mitjana de la variable residu_seixa; es tracta de la variable que ens determina la variació de nivell del mar sense tenir en compte la marea astronòmica. La seva mitjana és nul·la i es distribueix de manera semblant a esquerre i a dreta d'aquesta.

Posteriorment estudiarem el fenomen generador d'aquestes variacions sobre la mitjana.

4.2.2. Dades de la Badia dels Alfacs

De la mateixa manera que a la badia del Fangar, els dos gràfics següents representen els histogrames de les variables nivell_original i residu_seixa respectivament a la badia dels Alfacs. Podem observar que la distribució dels residus de seixa és clarament una

normal, combinant-se i compensant-se els errors al voltant de la mitjana nul·la; en canvi el nivell del mar es distribueix segons una log-normal.

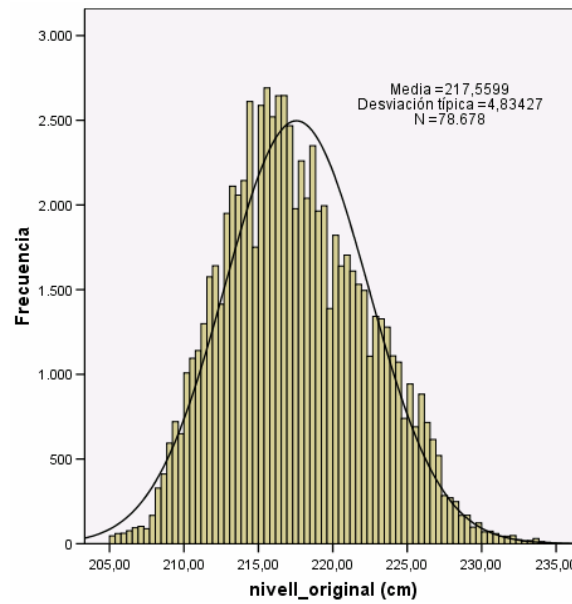


Figura 19. Histograma del nivell del mar a la Badia dels Alfacs

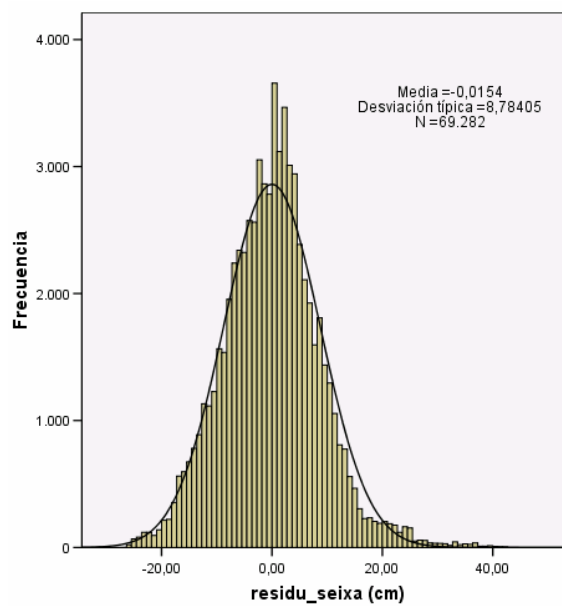


Figura 20. Histograma del residu a la Badia dels Alfacs

Analitzarem també en aquesta badia quin és l'efecte generador d'aquestes variacions de nivell no produïdes per les mareas astronòmiques.

4.3. Anàlisi espectral

L'ús de l'anàlisi espectral és un element important en la manera d'abordar l'estudi de les ones llargues al mar. Es passa d'una descripció ona a ona, a una descripció en la que es considera aquestes ones llargues com una pertorbació aleatòria de la superfície lliure al voltant d'un nivell mig, amb algunes característiques de la seva

distribució preestablertes o conegudes. Aquesta visió fa possible l'ús de la teoria de l'anàlisi de senyals amb totes les eines matemàtiques de l'anàlisi de Fourier que això comporta.

Podem definir l'espectre de les ones llargues com la distribució d'energia associada a aquestes amb la freqüència. De fet la definició formal de l'espectre de les ones és la Transformada de Fourier de la funció d'autocovariància de l'elevació de la superfície lliure. Com hem comentat a l'apartat d'obtenció de dades, el mostreig de la superfície lliure no es realitza de forma continua si no que es fa una mesura cada determinat temps i per tant no podem aplicar la Transformada de Fourier Continua, si no la Transformada Finita de Fourier (TFF).

En l'apèndix C es tracta l'anàlisi de Fourier.

A partir de les dades obtingudes mitjançant l'aplicació xiom.m, en llenguatge Matlab®, s'ha obtingut un arxiu que anomenem *residuo.dat* per a cada sèrie tractada. Degut a que el tractament de les dades s'ha realitzat de forma anual, tant per a la Badia del Fangar com la dels Alfacs, es disposa de diferents arxius.

Així es diferencia la sèrie tractada, anomenant els arxius en funció de l'any estudiat: "*residuo05_alfacs.dat*" conté la sèrie filtrada de nivell del mar a la badia dels Alfacs durant l'any 2005. En el cas de "*residuo03_fangar.dat*" es tractaria de la sèrie filtrada de nivell del mar a la Badia del Fangar durant l'any 2003.

Un cop les dades estan tractades i ordenades, es procedeix a l'anàlisi espectral d'aquestes per tal de determinar la freqüència dominant en la sèrie de nivell del mar a cada badia. Cal però utilitzar un software adequat per a l'anàlisi; és en aquest punt on s'han presentat alguns problemes en el tractament de les dades.

4.3.1. Anàlisi espectral amb el programa SPSS

Inicialment es va utilitzar el complement d'anàlisi de sèries temporals que ofereix el programa estadístic i de tractament de dades SPSS.

L'anàlisi espectral realitzat a les sèries temporals de nivell_original determinaven, tant per a la Badia del Fangar com a la dels Alfacs, unes puntes d'energia en la freqüència exacta associada al període d'oscil·lació natural de la badia. A part però, s'obtenien puntes d'energia associades a diferents freqüències que en desconcertava la seva comprensió.

En el següent gràfic podem observar la primera prova d'anàlisi espectral amb el programa SPSS.

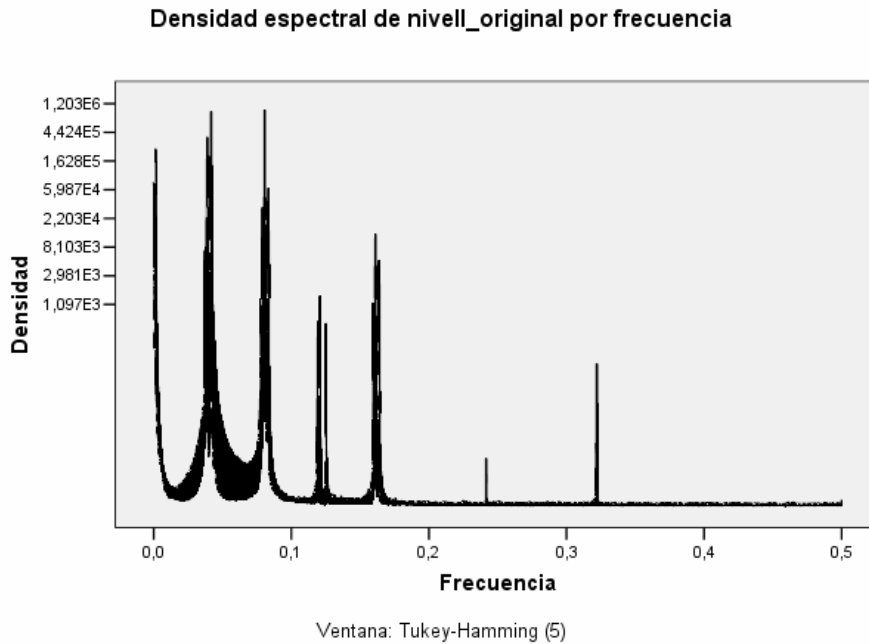


Figura 21. Anàlisi espectral amb SPSS

Com podem observar, obtenim unes puntes de densitat d'energia importants, en determinades freqüències d'oscil·lació, que corresponen a les següents determinacions:

- Marea astronòmica de tipus diürna: observem la densitat d'energia associada a la marea astronòmica sobre la freqüència de $0,0416 \text{ h}^{-1}$, que correspon a un període de 24 hores.
- Marea astronòmica de tipus semidiürna: observem el segon pic d'energia que ve associat a la marea semidiürna, és a dir a la marea amb període la meitat que la marea astronòmica diürna.
- Freqüència d'oscil·lació natural de la badia: es tracta de la freqüència (període) que hem esmentat al començament d'aquesta tesina. La freqüència que obtenim representada, correspon a un període que és molt semblant al període teòric calculat amb la fórmula per a una dàrsena rectangular. Es precisament en aquesta banda de l'espectre on es produiran les seixes, degut a la ressonància d'ones llargues amb aquest període d'oscil·lació. Per tant ens interessarà fer un estudi exclusiu d'aquesta banda de l'espectre.
- Altres períodes: apareixen puntes d'energia associades a altres períodes d'oscil·lació.

Primer de tota cal fixar-se en les puntes de les baixes freqüències, corresponents a la marea astronòmica (diürna i semidiürna); és lògic que apareguin ja que estem realitzant l'anàlisi sobre la variable residu_original, que encara no té extreta la marea.

Observem també que existeix una punta d'energia important sobre la freqüència de $0,33 \text{ h}^{-1}$, que correspon al període de 3 hores (coincident amb el període d'oscil·lació natural de la badia). Inicialment cal pensar doncs que correspon a la seixa.

A primera vista, és difícil identificar les altres puntes.

D'aquesta manera, ja sabem que la informació que ens interessa la trobem en la banda de les altes freqüències de l'espectre, això fa que seguidament analitzem la variable residu de nivell del mar, així traurem la part corresponent a la marea astronòmica.

Per tal d'analitzar aquesta variable, prescindirem del programa SPSS al tractar-se d'un software de tractament estadístic i no especialitzat en anàlisi espectral de sèries temporals; preferirem utilitzar altres mètodes que ens permetin obtenir un espectre molt més clar i nítid en les freqüències que desitgem i a part que no actuïn de "caixa negra" i permetin la modificació dels paràmetres en l'anàlisi espectral.

Utilitzarem una aplicació en llenguatge Fortran© d'aplicació directe en anàlisi espectral.

4.3.2. Anàlisi espectral pel mètode de Burg

Finalment doncs, per realitzar l'anàlisi espectral de les ones llargues de la zona, s'ha procedit amb una aplicació en llenguatge Fortran©, (Egozcue, 1985) per utilitzar el mètode de Burg. Es tracta d'un mètode que ajusta un model autoregressiu (AR) que usa fórmules de recurrència amb les que s'obtenen les autocorrelacions.

Com a resultat de l'anàlisi espectral, el mètode calcula la densitat espectral d'un model AR i la funció de densitat espectral en base a una recurrència de sinus i cosinus.

Així doncs, s'aplica aquest procediment a les dues zones d'estudi.

4.3.3. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar de la Badia del Fangar

Realitzem l'estudi sobre la variable residu, cosa que permet eliminar la presència de marees astronòmiques.

Tal com s'ha comentat a l'apartat de tractament de dades, es realitza l'estudi segons les sèries anuals. Això fa que l'anàlisi espectral l'haguem realitzat per a cada sèrie des de l'any 1997 fins al 2006. Els resultats són semblants i s'obtenen les mateixes conclusions.

Els següents gràfics corresponen a la sèrie temporal de residus de nivell del mar de l'any 2003 per a la Badia del Fangar.

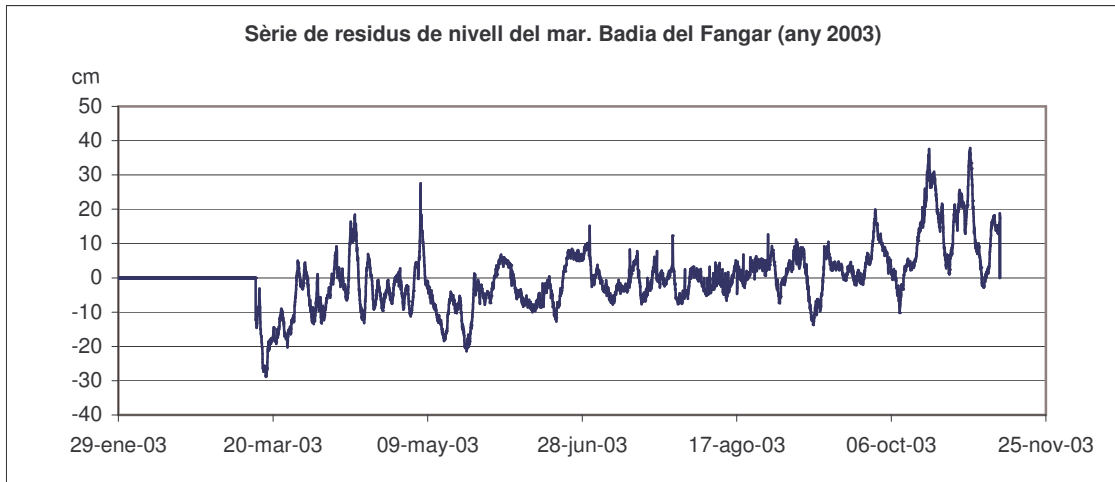


Figura 22. Sèrie de residus de nivell del mar a la Badia del Fangar durant l'any 2003

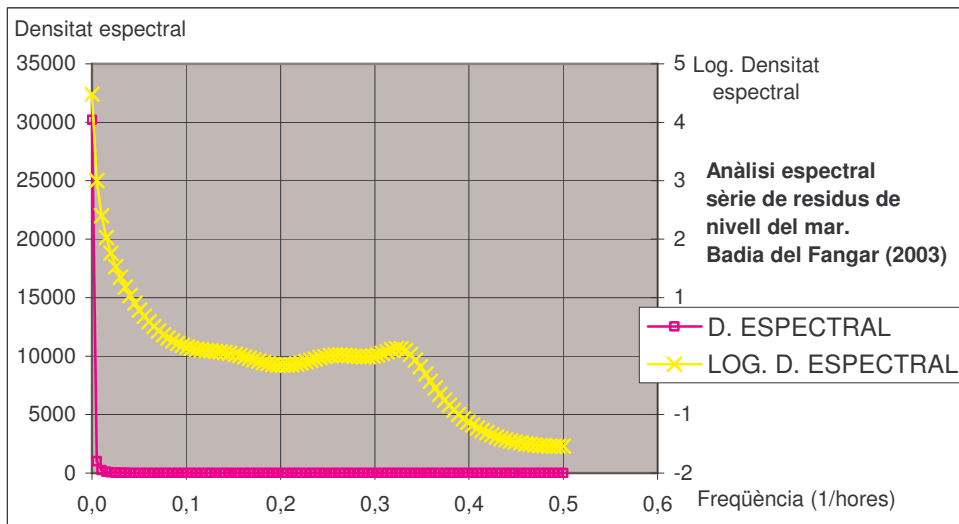


Figura 23. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar a la Badia del Fangar durant l'any 2003

Observem doncs l'espectre a la Badia del Fangar. Podem determinar amb precisió, que existeix una punta d'energia associada a la freqüència de $0,33 \text{ h}^{-1}$. Però això no ens assegura que sigui deguda a una seixa. És probable, degut a que el període d'oscil·lació natural de la badia és un múltiple exacte del període de marea, que confonguem el pic d'energia, amb un harmònic de marea. Per això ens interessarà determinar si observem presència de les components M4 o M8 en l'extracció inicial dels harmònics.

Les components M4 i M8 corresponen als harmònics de marea, amb períodes d'oscil·lació de 6 hores i 3 hores respectivament.

S'haurà de comprovar per a cada any si hi ha presència en l'anàlisi espectral de les components M4 i M8. En el cas que apareguin en el llistat d'harmònics, mitjançant el procés de filtrat les haurem eliminat i sabrem que qualsevol punta associada a la freqüència de $0,33 \text{ h}^{-1}$, és degut a una seixa en la zona; però és possible que no es doni la seixa, amb el qual obtindrem un espectre pla en aquesta freqüència. Per altra banda, si no apareixen en el llistat d'harmònics obtindrem un espectre amb una punta

d'energia, i no sabem si és deguda a la marea o a la presència d'una seixa, ja que durant el procés de filtrat no haurem extret aquestes dues components.

Com podem comprovar en els llistats d'harmònics que s'adjunten en l'apèndix B, observem la presència de les components M4 i M8 en totes les sèries temporals. Per tant, podem concloure que els pics observats en els anàlisis espectrals de les diferents sèries de la badia del Fangar, són deguts a seixes.

4.3.4. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar de la Badia dels Alfacs

Tal com s'ha comentat per a la Badia del Fangar, es realitza el mateix procediment per a la Badia dels Alfacs, obtenint resultats semblants.

Els següents gràfics corresponen a la sèrie temporal de l'any 2004 per a la Badia dels Alfacs.

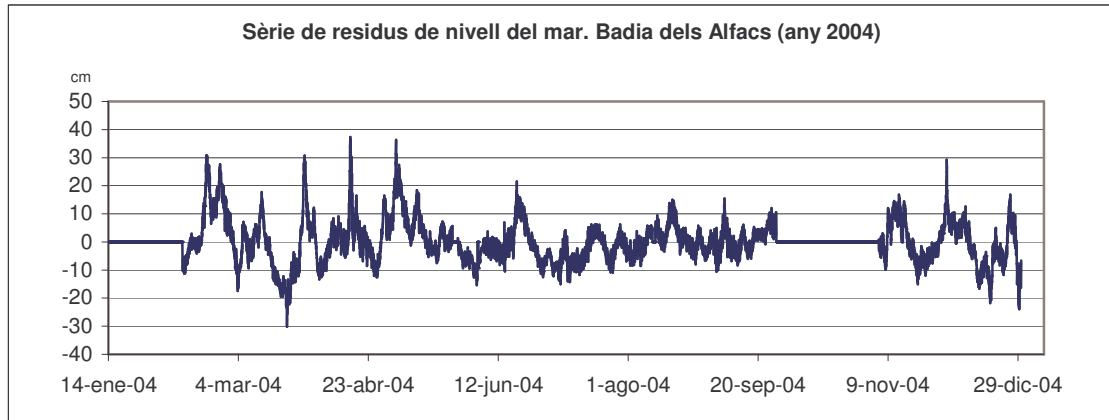


Figura 24. Sèrie de residus de nivell del mar a la Badia dels Alfacs durant l'any 2004

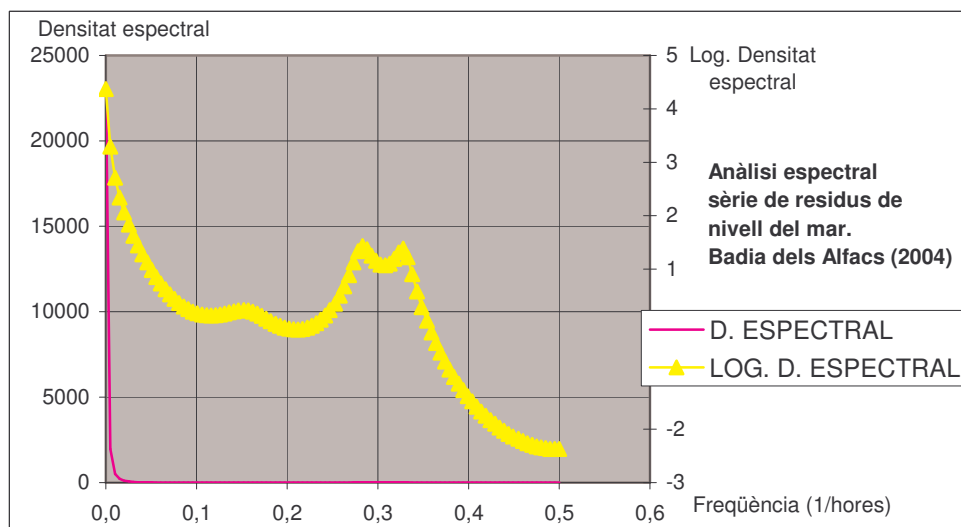


Figura 25. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar a la Badia dels Alfacs durant l'any 2004

Observem en la figura 25 que existeix una punta d'energia important associada a l'interval de freqüència entre $0,28 \text{ h}^{-1}$ i $0,33 \text{ h}^{-1}$. Per tant, i per la mateixa raó que explicàvem abans (localització de les components M4 i M8 als harmònics de marea extrets en el procés de filtrat), podem concloure que aquesta punta d'energia ve associada a la generació d'una seixa.

4.4. Caracterització de seixes

Fins ara hem determinat per a les dues badies, quina és la freqüència dominant en un esdeveniment de seixa mitjançant la realització de l'anàlisi espectral a tota la sèrie temporal de residus de nivell del mar. Ens interessarà però, localitzar exactament el període de temps en que es desenvolupa una seixa i per tant trobar de manera més aproximada la seva energia associada.

En els informes de mareas dels anys 2005 i 2006, realitzats pel LIM, Cateura et al. (2005) i Cateura et al. (2006), es determinen amb exactitud les seixes d'aquests períodes; aprofitant aquesta informació, s'han localitzat i caracteritzat les seixes.

Seguidament es mostren les característiques obtingudes de les diferents seixes; en els següents apartats es parla primer de tot de les seixes sense filtrar, i posteriorment de les seixes filtrades per tal d'extreure les baixes freqüències; els resultats aquí adjunts corresponen a aquest segon cas, en que es tracta de la seixa un cop extretes les baixes freqüències que ens embrutaven l'espectre.

Badia	Any	Període de seixa	Amplitud màxima (cm)	Freqüència d'oscil·lació (h^{-1})	Període d'oscil·lació (h)
Fangar	2005	4/10 a 6/10	14 cm	0,207 – 0,260	3,85 – 4,83
Fangar	2006	31/5 a 1/6	11 cm	0,207 – 0,293	3,41 – 4,83
Fangar	2006	23/12 a 24/12	11 cm	0,207 – 0,232	4,31 – 4,83
Alfacs	2005	13/1 a 20/1	9 cm	0,273 – 0,323	3,10 – 3,66
Alfacs	2005	15/2 a 19/2	12 cm	0,293 – 0,328	3,05 – 3,41
Alfacs	2005	29/3 a 30/3	10 cm	0,293 – 0,328	3,05 – 3,41
Alfacs	2005	13/11 a 14/11	13 cm	0,278 – 0,328	3,05 – 3,60
Alfacs	2006	15/2 a 18/2	9 cm	0,318	3,14
Alfacs	2006	7/3 a 10/3	11 cm	0,278	3,60
Alfacs	2006	16/4 a 25/4	10 cm	0,273 – 0,333	3,00 – 3,66
Alfacs	2006	1/5 a 11/5	8 cm	0,273 – 0,333	3,00 – 3,66
Alfacs	2006	10/7 a 15/7	10 cm	0,273 – 0,323	3,10 – 3,66

A continuació hem escollit dues seixes per a cada badia, per tal d'explicar més detalladament les característiques de cadascuna d'elles. Podrem comprovar, que en determinades ocasions no es té de manera marcada una freqüència d'oscil·lació, sinó un rang de resultats; per això hem cregut convenient parlar d'un interval d'oscil·lació de la badia.

En l'apèndix F i G es poden consultar la resta de resultats per a les Badies del Fangar i dels Alfacs respectivament.

4.4.1. Badia del Fangar

Les seixes que observem a continuació corresponen a les que es van donar a la Badia del Fangar en les dates del 23 al 24 de desembre de 2006 i del 4 al 6 d'octubre de 2005.

Seixa del 23/12 a 24/12 de 2006

A continuació es mostren dues figures importants; La figura 26 és la sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa i la figura 27 és l'anàlisi espectral d'aquesta seixa.

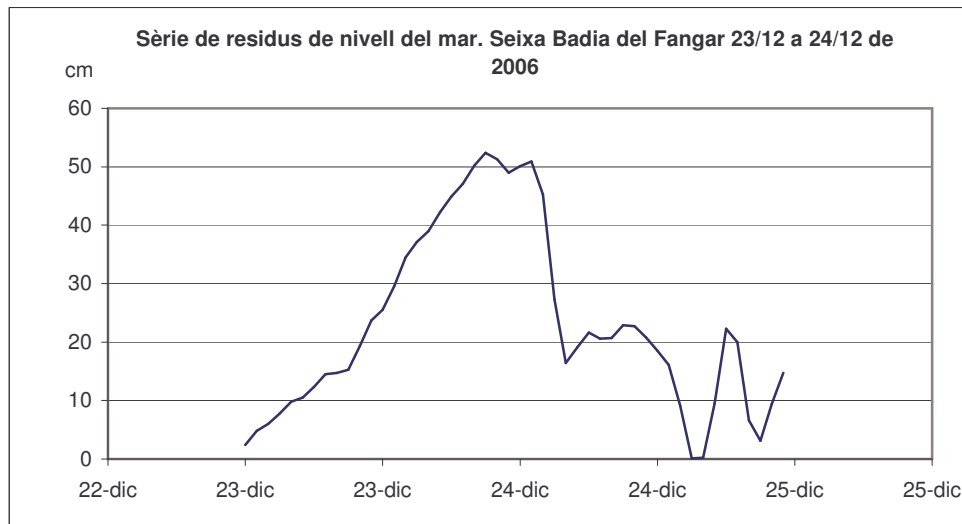


Figura26. Sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 23/12 a 24/12 de 2006 a la Badia del Fangar

Observem que existeix una variació important de nivell durant el període de seixa i que degut a això es produeix una oscil·lació.

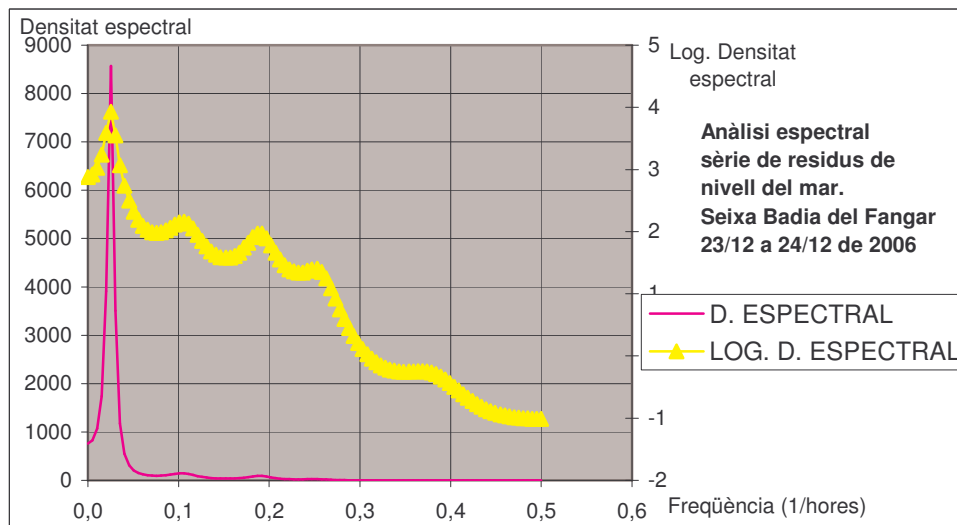


Figura 27. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 23/12 a 24/12 de 2006 a la Badia del Fangar

En l'anàlisi espectral observem diferents puntes d'energia associades a les seves freqüències. En concret veiem que existeix una energia molt alta situada a les baixes freqüències (alts períodes), aproximadament a la freqüència de $0,04 \text{ h}^{-1}$ ($T \sim 24 \text{ h}$); això fa pensar que possiblement tinguem una influència de la marea astronòmica.

Per altra banda observem unes petites puntes al voltant de la freqüència de $0,2-0,3 \text{ h}^{-1}$. Possiblement, i basant-nos amb l'aproximació inicial sobre el període propi de ressonància de la badia trobat al principi d'aquest estudi, aquestes puntes corresponguin a la seixa que estem estudiant. Per tal de determinar-la amb més claredat, posteriorment farem un filtrat per tal d'eliminar les baixes freqüències i quedar-nos amb l'ample de banda que ens interressi per localitzar la punta d'energia associada a la seixa.

Notem també la diferència d'energia de la densitat espectral en el cas de fer l'anàlisi espectral només d'un període de seixa o de tota la sèrie temporal (diferència entre figura 27 i figura 23).

Seixa de 4/10 a 6/10 de 2005

Adjuntem els gràfics de la sèrie de residus de nivell del mar i l'anàlisi espectral per a aquesta seixa:

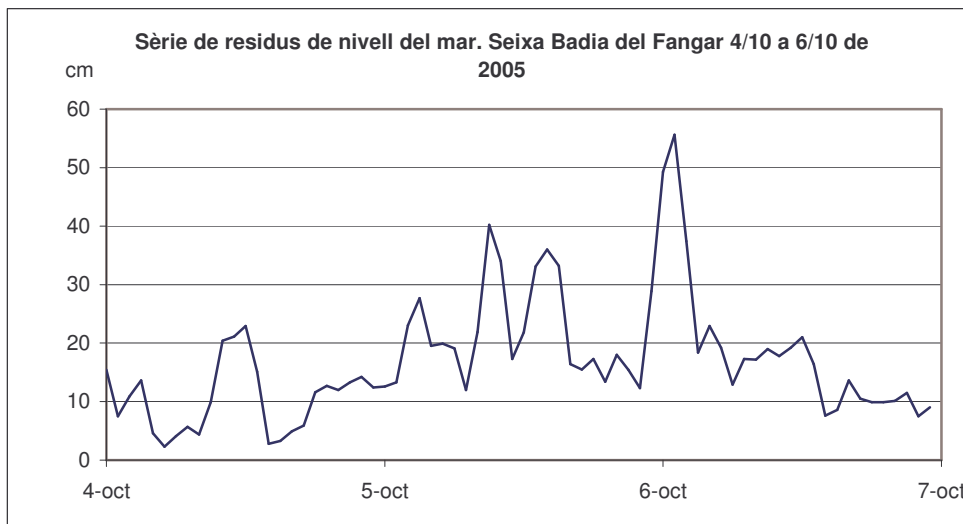


Figura 28. Sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 4/10 a 6/10 de 2005 a la Badia del Fangar

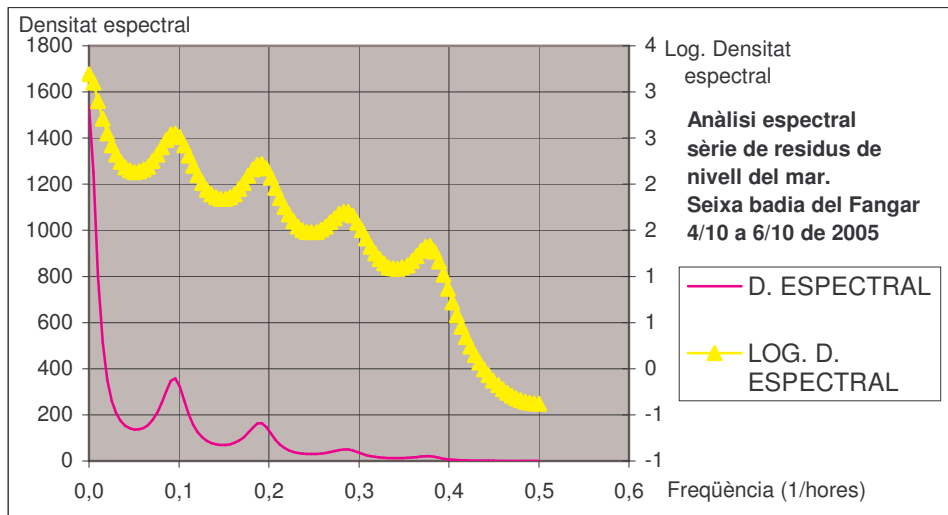


Figura 29. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 4/10 a 6/10 de 2005 a la Badia del Fangar

En aquest cas, igual que en l'anterior seixa, observem una gran variació de nivell del mar (fins a 53 cm). Si a més observem l'anàlisi espectral podem identificar algunes puntes d'energia que possiblement, i a l'espera del posterior filtrat de baixes freqüències, associem a la seixa.

4.4.2. Badia dels Alfacs

Les seixes que observem a continuació corresponen a les que es van donar a la Badia dels Alfacs en les dates del 10 al 15 de juliol de 2006 i del 15 al 19 de febrer de 2005.

Adjuntem els gràfics de residus de variació de nivell del mar per a un període de seixa i d'anàlisi espectral:

Seixa de 10/7 a 15/7 de 2006

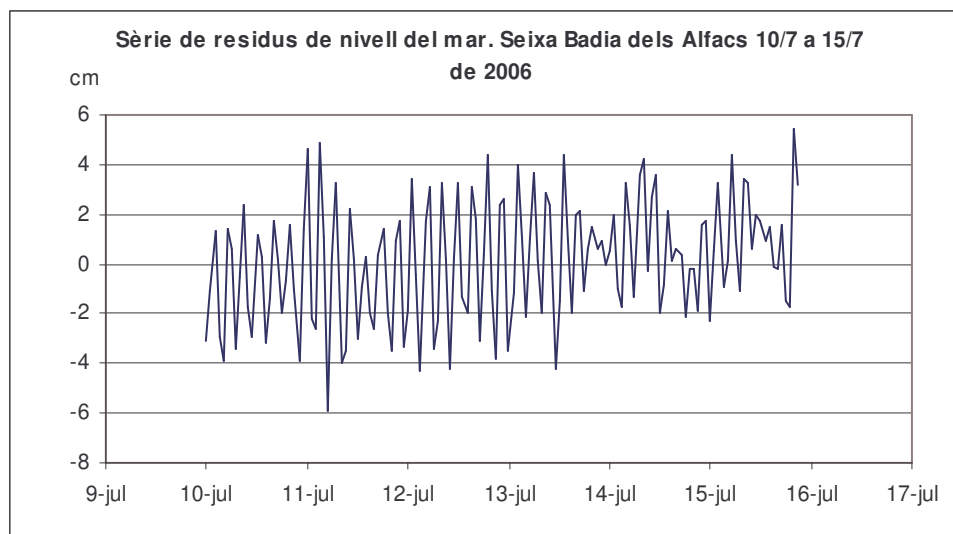


Figura 30. Sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la Badia dels Alfacs

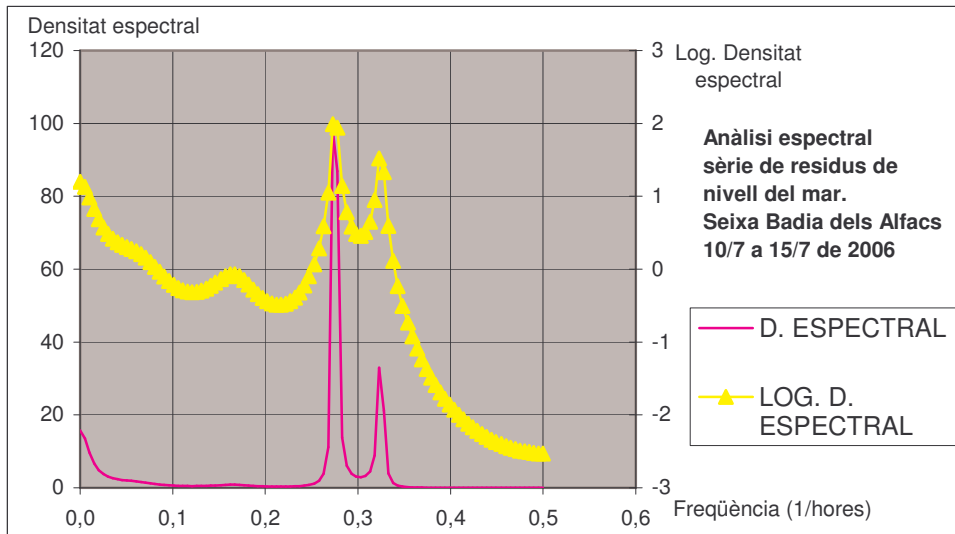


Figura 31. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la badia dels Alfacs.

Tal com hem comentat per a la Badia del Fangar, aquí s'observa la seixa amb una oscil·lació de nivell del mar de gairebé uns 12 cm d'amplitud. Pel que fa al seu espectre, podem localitzar amb més exactitud una energia dominant associada aproximadament a la freqüència de $0,3 \text{ h}^{-1}$, que correspondria a un període d'oscil·lació de ~ 3 hores, semblant al calculat al principi de l'estudi mitjançant l'expressió (1) per a badies rectangulars.

Posteriorment amb el filtrat de baixes freqüències localitzarem millor el període d'oscil·lació natural de la badia i l'energia de la seixa.

Seixa de 15/2 a 18/2 de 2005

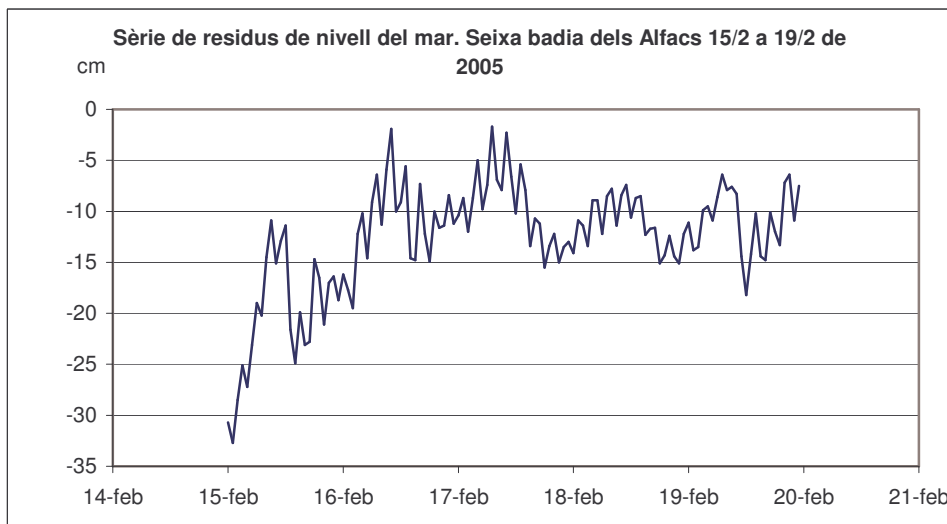


Figura 32. Sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 15/2 a 18/2 de 2005 a la Badia dels Alfacs

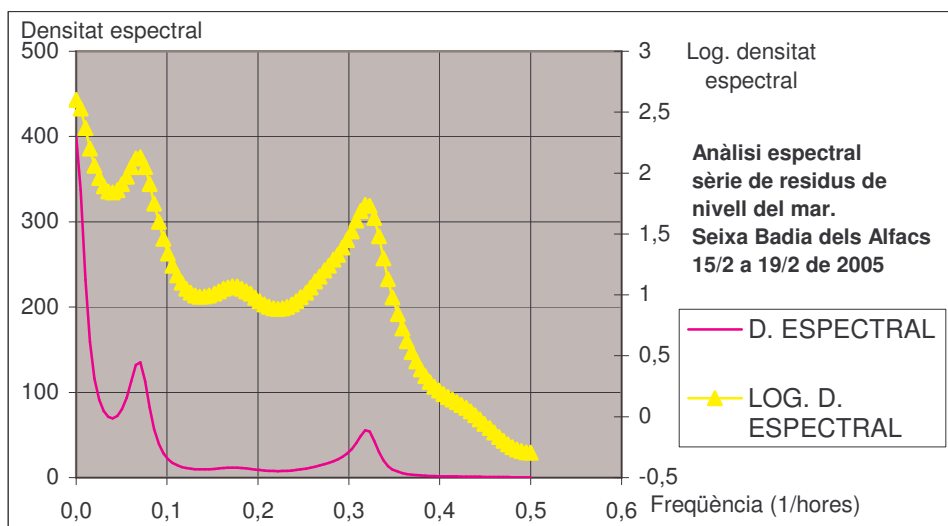


Figura 33. Anàlisi espectral de la sèrie de residus de nivell del mar durant la seixa de 15/2 a 18/2 de 2005 a la Badia dels Alfacs

En aquest cas la oscil·lació de nivell del mar és d'uns 30 cm i l'anàlisi espectral ens ofereix una punta d'energia associada a la freqüència de $0,33 \text{ h}^{-1}$, és a dir un període de 3 hores, molt semblant al d'oscil·lació natural de la badia trobat anteriorment.

Com hem observat, totes les seixes estudiades presenten algunes freqüències dominants; tot i això no podem acabar de determinar amb exactitud quin és el període d'oscil·lació propi de la badia, ja que observem una influència important de les baixes freqüències que ens embruten l'espectre.

Per tal de solucionar aquest problema aplicarem un últim filtre a les dades eliminant les baixes freqüències i per tant aconseguint un espectre net en la freqüència que ens interessa.

4.5. Filtrat de les sèries de residu de nivell del mar

Ens interessarà aconseguir un anàlisi espectral net per a la freqüència dominant de la seixa, per tant aplicarem un filtre que deixi passar les altes freqüències i ens elimini les baixes, aconseguint així un espectre associat a un ample de banda de les freqüències predeterminat.

El funcionament d'aquest programa de filtrat és el següent:

Cal construir un vector on s'emmagatzemi la sèrie de nivells del mar. Seguidament es proporciona l'increment de temps entre una dada i una altra (en aquest punt ja tenim la sèrie horària), la freqüència de tall, la finestra que volem utilitzar i el tipus de filtre que volem aplicar. Els valors són els següents:

Increment de temps	1 h
Freqüència de tall	$0,2 \text{ h}^{-1}$
Tipus de filtre	High*

*Filtre tipus High: filtre que permet el pas de les freqüències altes i elimina les baixes.

El filtre elimina les baixes freqüències i ens proporciona un espectre net sobre la freqüència desitjada.

D'aquesta manera, per a les anteriors seixes localitzades, obtenim els següents resultats:

4.5.1. Badia del Fangar

Seixa del 23/12 a 24/12 de 2006

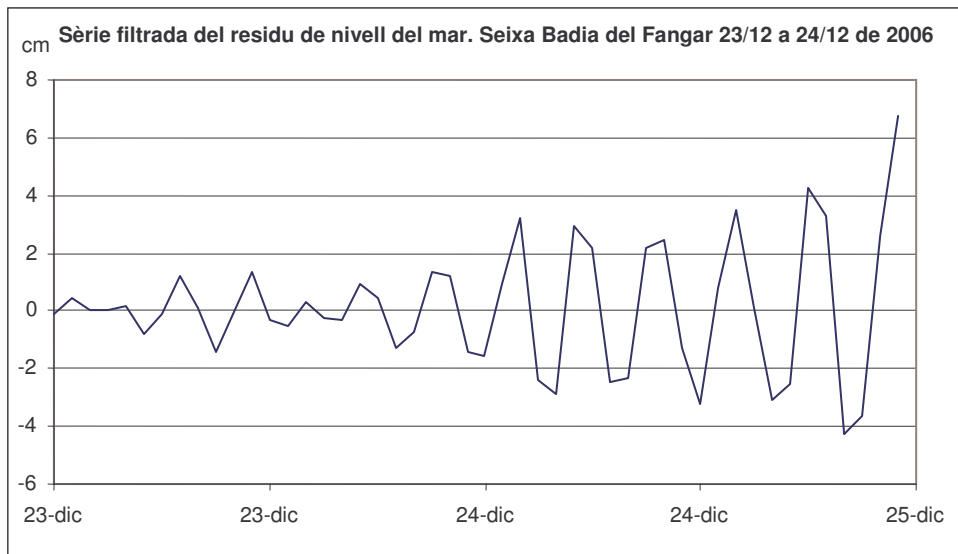


Figura 34. Sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 23/12 a 24/12 de 2006 a la Badia del Fangar

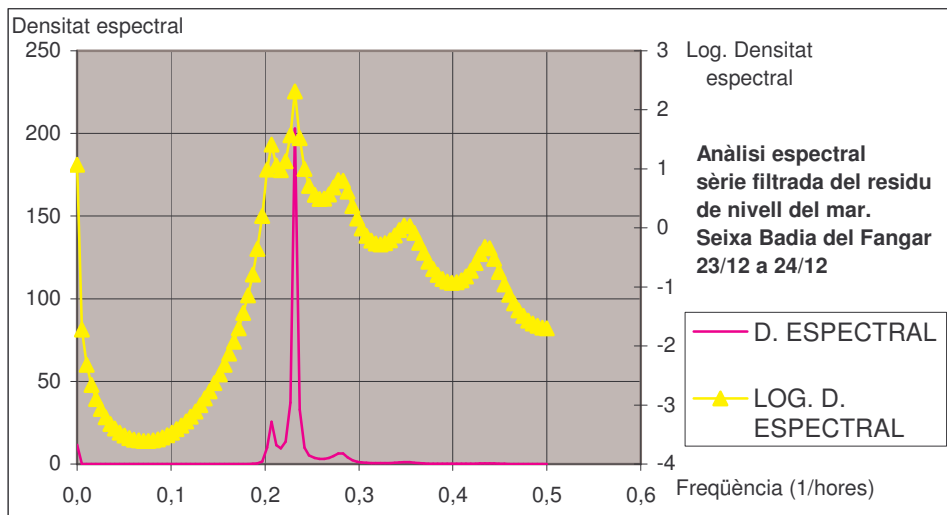


Figura 35. Anàlisi espectral de la sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 23/12 a 24/12 de 2006 a la Badia del Fangar

Un cop filtrada la sèrie de residus de nivell del mar per extreure'n les baixes freqüències observem l'evolució del nivell i l'espectre de la seixa molt més net.

En aquest cas, pel que fa a la seixa de 23 a 24 de desembre de 2006 a la Badia del Fangar, observem una clara amplificació del nivell degut a l'entrada en ressonància de la badia. Un cop observat que la badia oscil·la, podem concloure mitjançant l'observació de l'anàlisi espectral, que la freqüència pròpia d'oscil·lació de la badia està en un interval entre $0,207 - 0,232 \text{ h}^{-1}$; això correspon a un període d'entre 4,31 i 4,83 hores.

Seixa de 4/10 a 6/10 de 2005

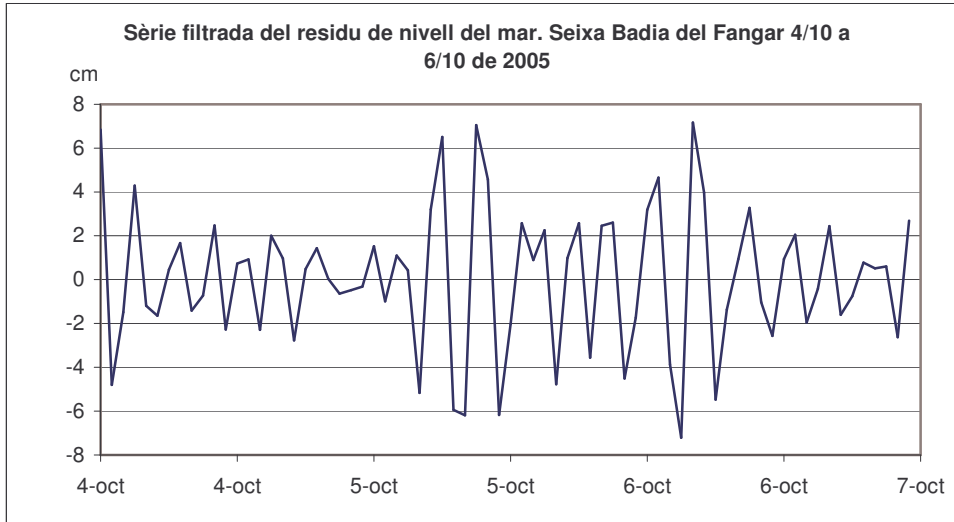


Figura 36. Sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 4/10 a 6/10 de 2005 a la Badia del Fangar

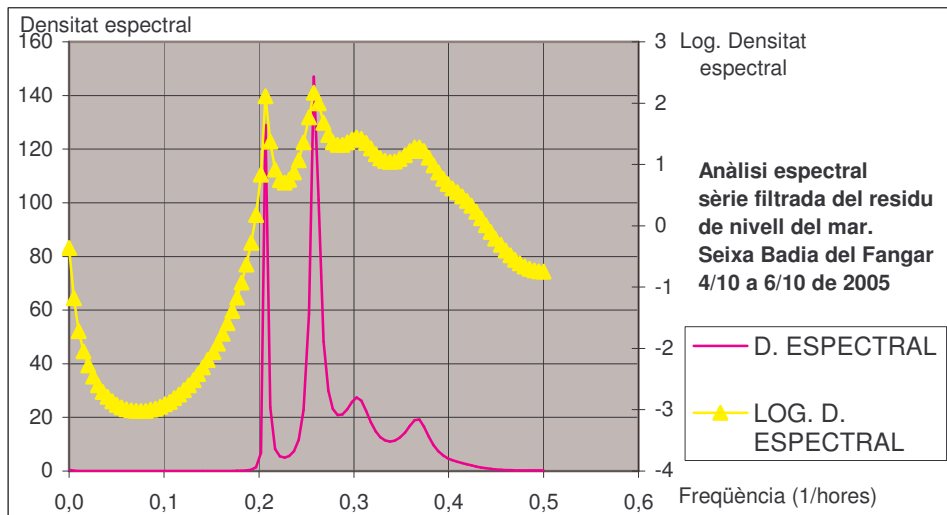


Figura 37. Anàlisi espectral de la sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 4/10 a 6/10 de 2005 a la Badia del Fangar

Pel que fa a aquesta segona seixa de la Badia del Fangar, observem també una clara amplificació de la superfície lliure del nivell del mar, com a conseqüència d'una entrada en ressonància de la badia. En aquest cas però les freqüències d'oscil·lació que ens

revela l'anàlisi espectral es troben en un interval comprés entre $0,207 - 0,26 \text{ h}^{-1}$; corresponen a un període d'entre 3,85 h i 4,83 h.

4.5.2. Badia dels Alfacs

Seixa de 10/7 a 15/7 de 2006

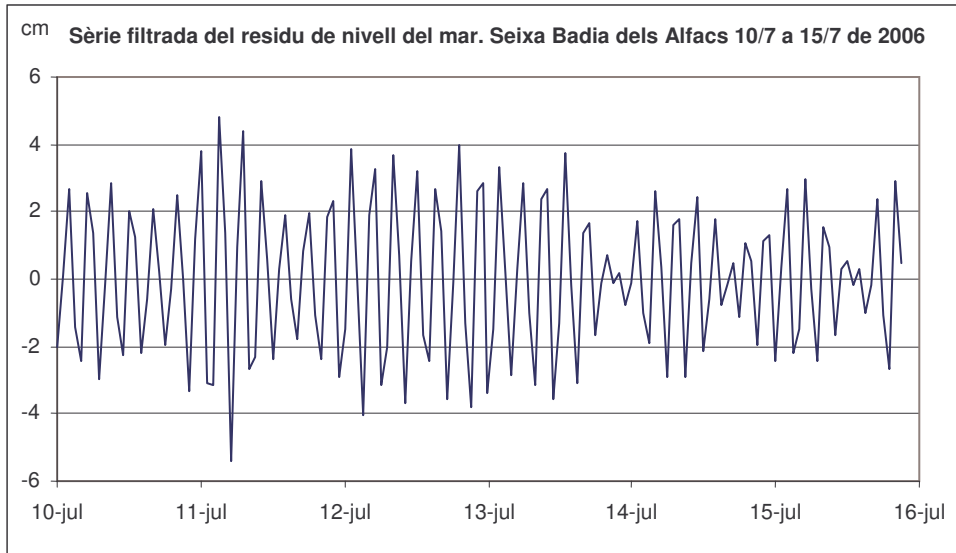


Figura 38. Sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la Badia dels Alfacs

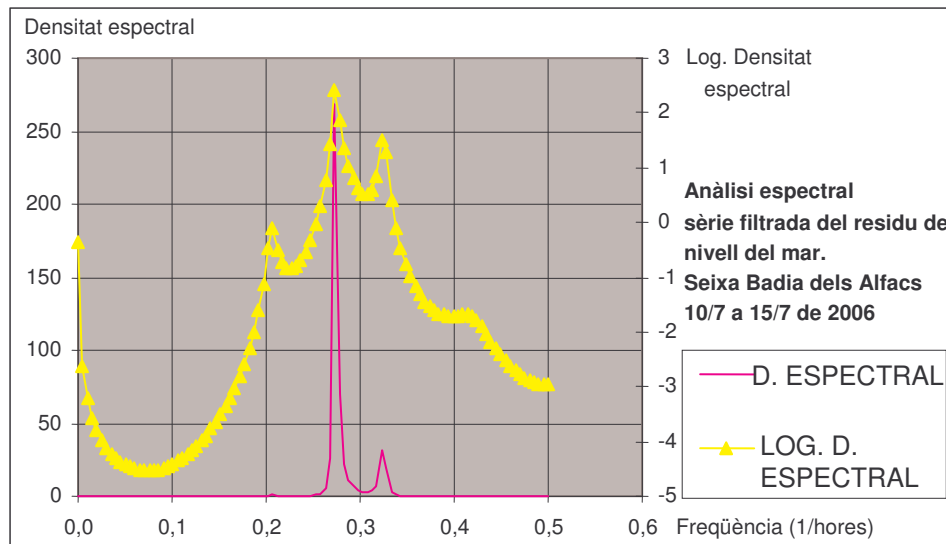


Figura 39. Anàlisi espectral de la sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la badia dels Alfacs.

En aquesta seixa corresponent a la Badia dels Alfacs observem una oscil·lació important forçada per una entrada en ressonància de la badia. La freqüència d'oscil·lació pròpia de la badia, excitada per tal de provocar aquestes oscil·lacions, es troba en l'interval $0,273 - 0,323 \text{ h}^{-1}$; això correspon a un període d'entre 3,10 h i 3,66 h.

Seixa de 15/2 a 18/2 de 2005

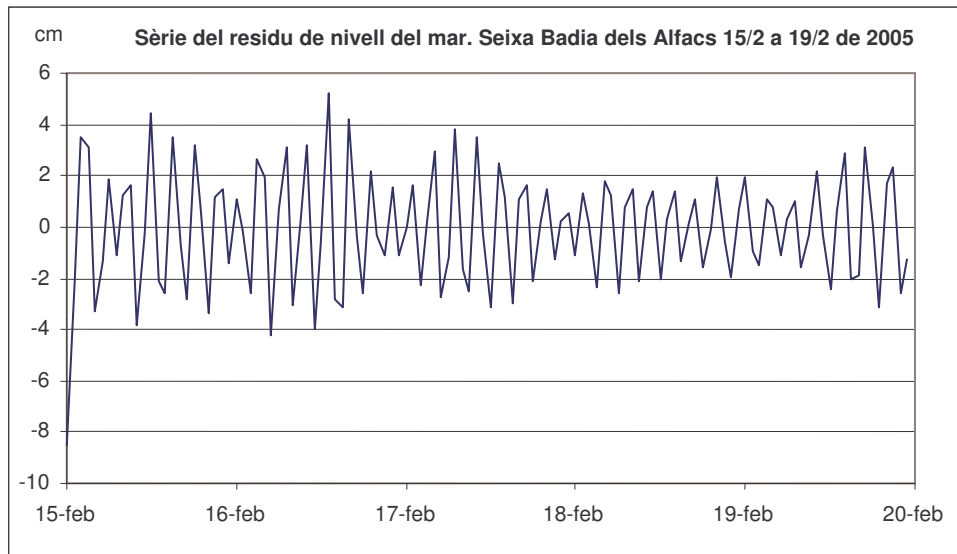


Figura 40. Sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 15/2 a 19/2 de 2005 a la Badia dels Alfacs

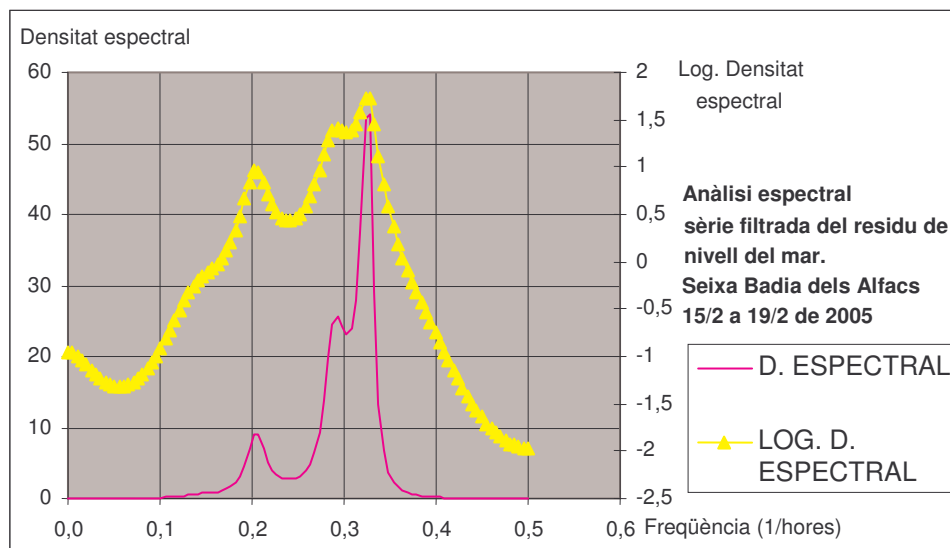


Figura 41. Anàlisi espectral de la sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 15/2 a 18/2 de 2005 a la Badia dels Alfacs

En aquesta segona seixa la freqüència d'oscil·lació es troba en l'interval $0,293 - 0,328 \text{ h}^{-1}$; que correspon a un període d'oscil·lació comprés entre les 3,05 h i 3,41 h.

D'entrada, i a la vista dels resultats anteriors, podem determinar:

- Les dues badies que estem estudiant tenen períodes d'oscil·lació naturals diferents. És un resultat que esperàvem, ja que una geometria diferent ens proporciona oscil·lacions amb diferent període en un lloc i en un altre.
- Per altra banda, hem de dir que l'aproximació utilitzada per al càlcul de període natural d'oscil·lació en dàrsenes rectangulars, estretes, amb una determinada

longitud i un determinat calat, expressió (1), dóna millors resultats a la Badia dels Alfacs que en la del Fangar. Donat que es tracta d'una aproximació matemàtica, els anàlisis espectrals són els que ens determinen els resultats correctes.

4.6. Mecanisme de generació de seixes

Com hem anat explicant al llarg dels anteriors apartats, interessava localitzar les seixes per tal de caracteritzar-les el millor possible i poder contrastar-les finalment amb la variació de pressió atmosfèrica quan es produeixen.

Les dades inicials preses pels mareògrafs s'acompanyen de mesures de pressió atmosfèrica. Com sabem però, a les dades de nivell els hem aplicat una sèrie de procediments que ens han proporcionat al final, a partir d'una sèrie de dades preses cada 10 minuts, una sèrie horària, que és amb la que s'ha treballat.

Ara interessarà comparar les evolucions de pressió amb les generacions de seixes. Per tant el primer que haurem d'aconseguir és una sèrie horària de pressió. Per tal de fer-ho aplicarem el mateix procediment que amb les dades de nivell.

Per tant obtindrem, per a cada seixa localitzada, un parell de valors filtrats de residus de nivell i la seva corresponent pressió atmosfèrica mesurats cada hora. Això ens permet visualitzar com evolucionen conjuntament les dues variables i establir una sèrie de conclusions.

4.6.1. Badia del Fangar

Seguidament podem observar les variacions de residus de nivell del mar filtrats conjuntament amb la ona de pressió atmosfèrica que hem trobat:

Seixa del 23/12 a 24/12 de 2006

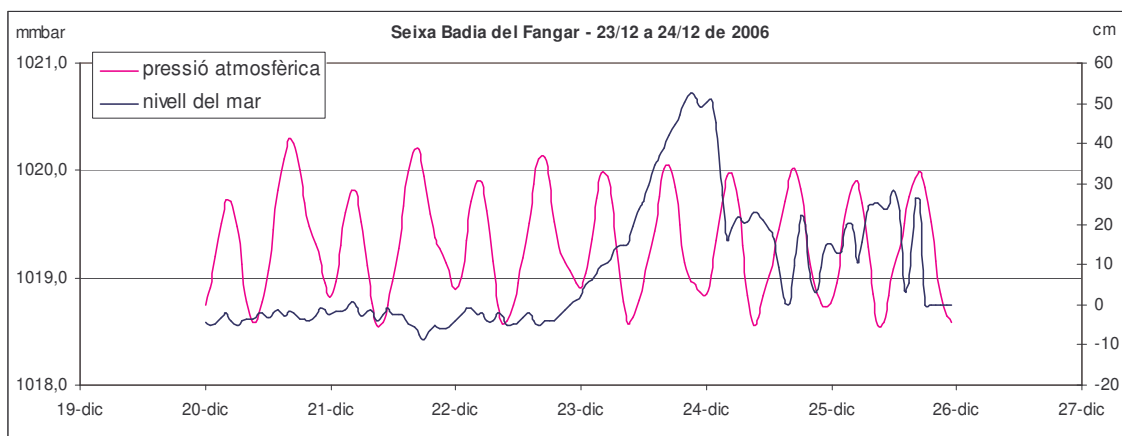


Figura 42. Sèrie filtrada de residus de nivell del mar i de pressió atmosfèrica durant la seixa de 23/12 a 24/12 de 2006 a la Badia del Fangar

Seixa de 4/10 a 6/10 de 2005

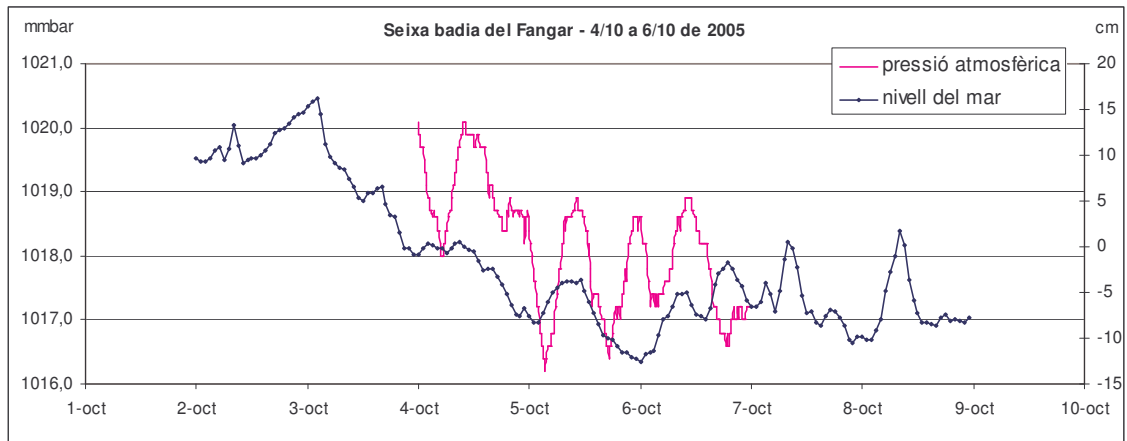


Figura 43. Sèrie filtrada de residus de nivell del mar i de pressió atmosfèrica durant la seixa de 4/10 a 6/10 de 2005 a la Badia del Fangar

4.6.2. Badia dels Alfacs

Seixa de 10/7 a 15/7 de 2006

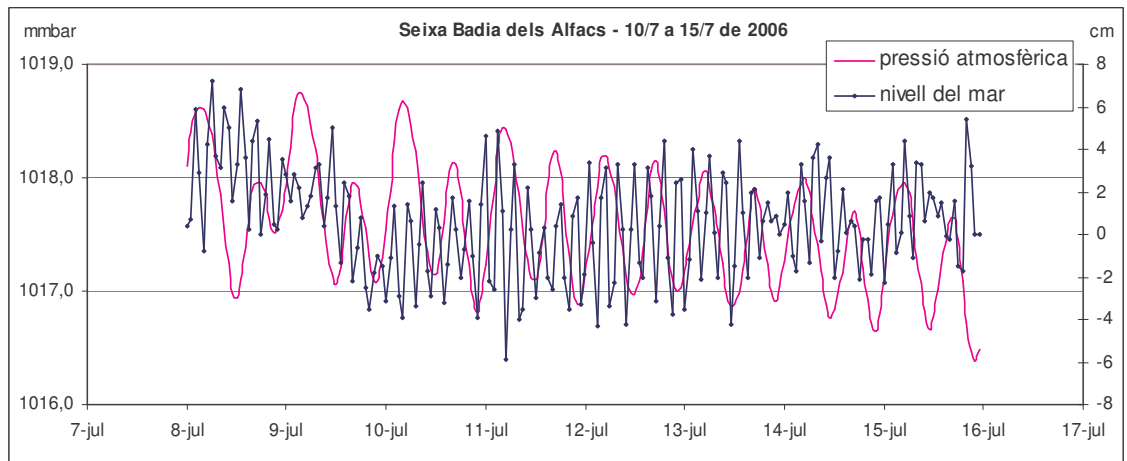


Figura 44. Sèrie filtrada de residus de nivell del mar i de pressió atmosfèrica durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la Badia dels Alfacs

Seixa de 15/2 a 18/2 de 2005

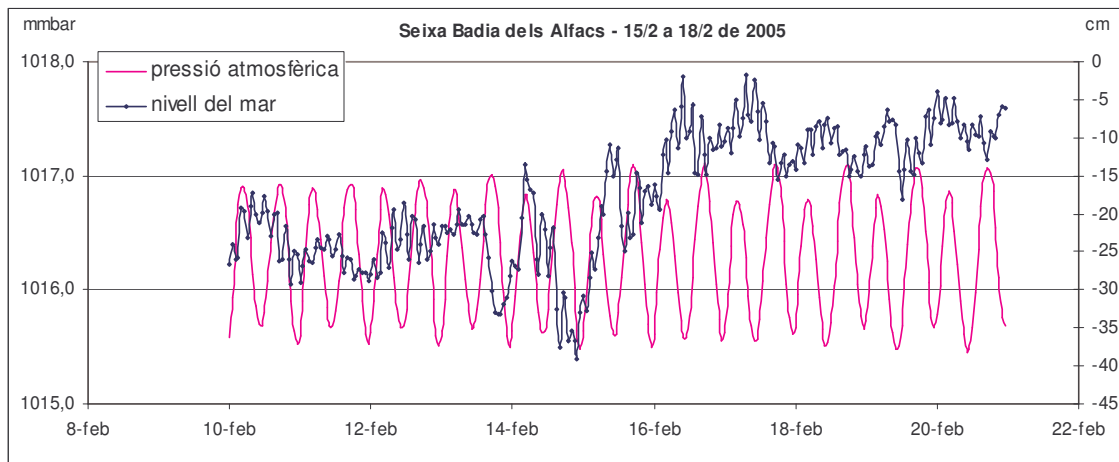


Figura 45. Sèrie filtrada de residus de nivell del mar i de pressió atmosfèrica durant la seixa de 15/2 a 18/2 de 2005 a la Badia dels Alfacs

A la vista dels resultats anteriors en les dues badies, es poden extreure una sèrie de conclusions:

En el moment d'aparició de les seixes s'ha obtingut una ona de pressió atmosfèrica molt marcada, amb un període d'oscil·lació que podem determinar amb exactitud. Al graficar de forma conjunta la ona de pressió i la de residus de nivell filtrats, s'intueix que existeix una relació important entre aquestes dues variables i que segurament sigui la ona de pressió la que exciti el nivell del mar, fent entrar en ressonància a tota la badia.

Es realitza un anàlisi espectral a la ona de pressió per tal de determinar la seva freqüència d'oscil·lació i comprovar quin és el mecanisme de ressonància en cada badia.

Pel que fa a la Badia del Fangar, els resultats de l'anàlisi espectral per a la sèrie de pressió atmosfèrica durant les dues seixes estudiades són:

Seixa del 23/12 a 24/12 de 2006

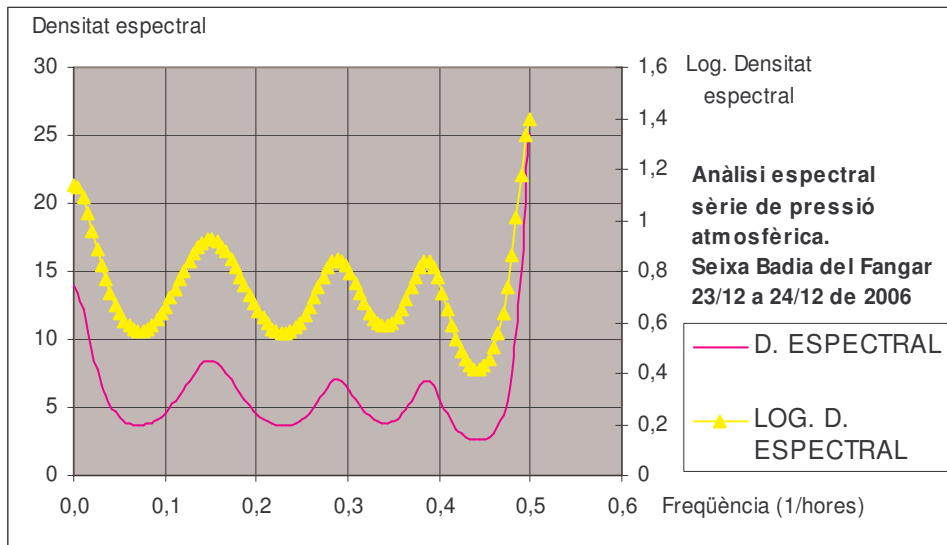


Figura 46. Anàlisi espectral de la sèrie de pressió atmosfèrica durant la seixa de 23/12 a 24/12 de 2006 a la Badia del Fangar

Seixa de 4/10 a 6/10 de 2005

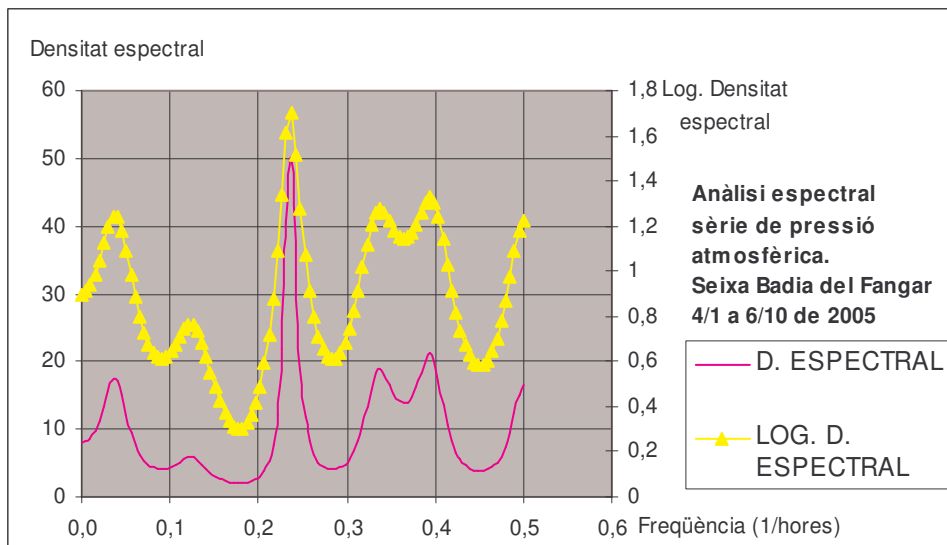


Figura 47. Anàlisi espectral de la sèrie de pressió atmosfèrica durant la seixa de 4/10 a 6/10 de 2005 a la Badia del Fangar

Observem que obtenim diferents puntes d'energia associades a determinades freqüències d'oscil·lació. Sabem que perquè la badia entri en ressonància és necessari que la ona de pressió es presenti amb una freqüència d'oscil·lació igual o múltiple de la freqüència d'oscil·lació natural de la badia. Per tant, encara que no sigui la freqüència amb més energia associada, ens interessa observar si apareix una punta en qualsevol freqüència múltiple de la freqüència trobada anteriorment.

A la Badia del Fangar, tal com hem vist anteriorment, la freqüència d'oscil·lació natural es trobava al voltant d'un interval centrat aproximadament sobre les $0,25 \text{ h}^{-1}$; això correspon a un període de 4 hores. Així doncs la presència en l'espectre de pressió

atmosfèrica, de qualsevol punta d'energia igual o múltiple d'aquesta freqüència d'oscil·lació, ens excitarà la ona de nivell del mar, produint que la badia entri en ressonància. Aquests valors múltiples poden ser els períodes de 8 i 16 hores, que corresponen a les freqüències de 0,125 i 0,0625 h⁻¹ respectivament. Com podem observar en les anteriors figures i en la resta de resultats en els apèndix F, existeix presència de puntes d'energia associades a les freqüències de 0,04 h⁻¹ i 0,126 h⁻¹. Tot fa indicar doncs que hem trobat el mecanisme físic de generació de seixes en aquesta badia.

El següent esquema representa una simplificació del que és el mecanisme físic de generació de seixes a la Badia del Fangar.

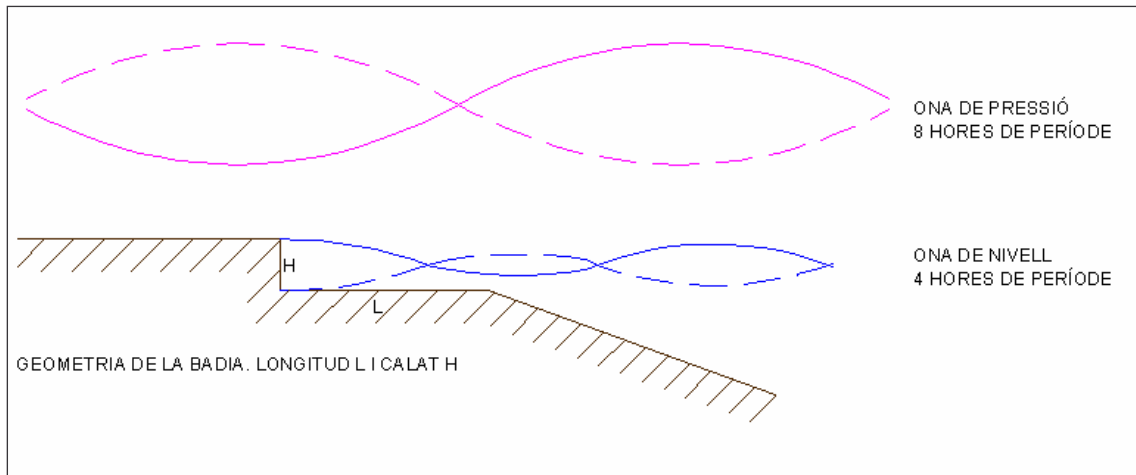


Figura 48. Esquema del mecanisme físic de generació de seixes a la Badia del Fangar

Pel que fa a la Badia dels Alfacs, els resultats de l'anàlisi espectral per a la sèrie de pressió atmosfèrica durant les dues seixes estudiades són:

Seixa de 10/7 a 15/7 de 2006

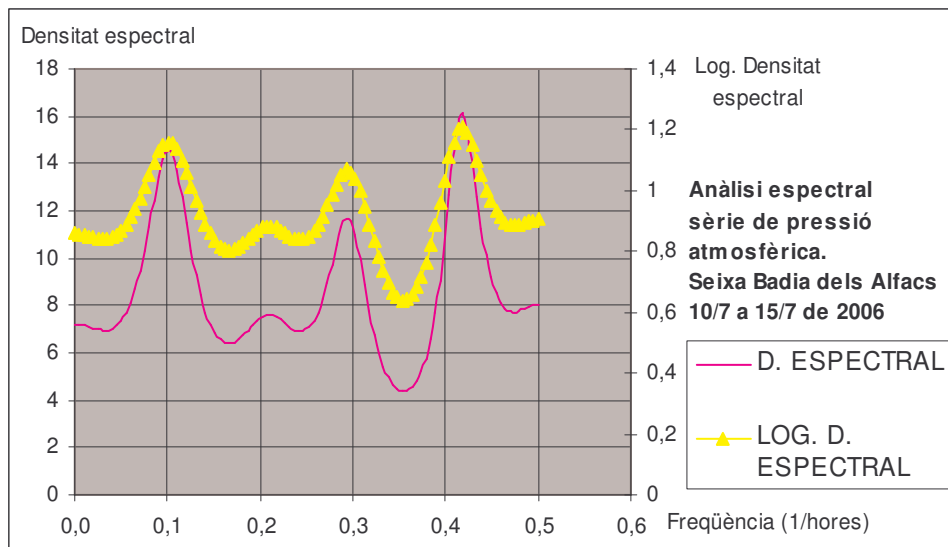


Figura 49. Anàlisi espectral de la sèrie de pressió atmosfèrica durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la Badia dels Alfacs

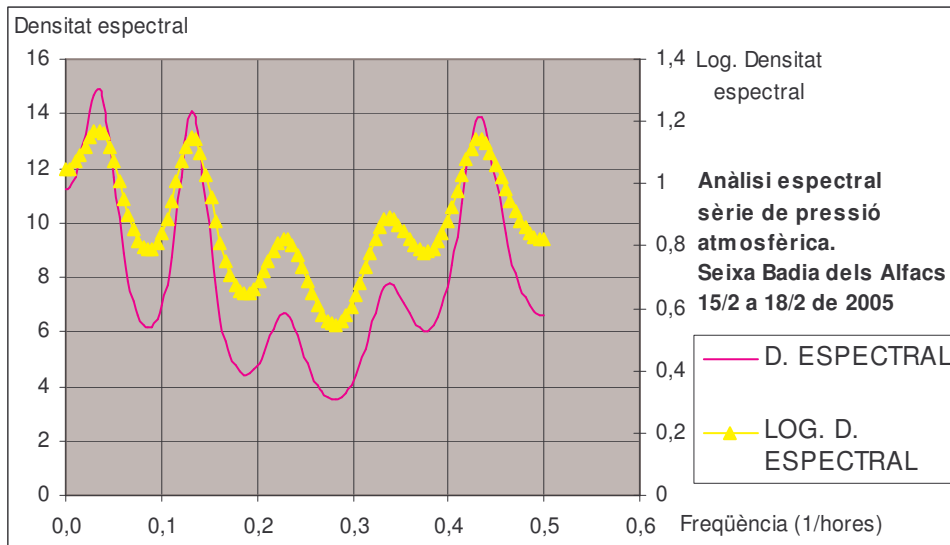


Figura 50. Anàlisi espectral de la sèrie de pressió atmosfèrica durant la seixa de 15/2 a 18/2 de 2005 a la Badia dels Alfacs

Pel que fa referència a la Badia dels Alfacs, el procediment de comprovació per aconseguir determinar el mecanisme físic de generació de seixes, és el mateix.

La freqüència d'oscil·lació d'aquesta badia es troba aproximadament en un interval centrat a les $0,33 \text{ h}^{-1}$; això correspon a un període d'oscil·lació de 3 hores. Per tant, encara que no sigui la freqüència amb més energia associada, ens interessa observar si apareix una punta en qualsevol freqüència múltiple de la freqüència trobada anteriorment, en l'anàlisi espectral de pressió atmosfèrica, per tal de comprovar que efectivament és aquesta ona la que excita la badia i la fa entrar en ressonància. Aquests valors múltiples poden ser els períodes de 6 i 12 hores, que corresponen a les freqüències de $0,16$ i $0,083 \text{ h}^{-1}$ respectivament. Com podem observar en les anteriors figures i en la resta de resultats en l'apèndix G, existeix presència de puntes d'energia associades a les freqüències de $0,07 \text{ h}^{-1}$ i $0,16 \text{ h}^{-1}$. Tot fa indicar doncs que hem trobat el mecanisme físic de generació de seixes en aquesta badia.

El següent esquema representa una simplificació del que és el mecanisme físic de generació de seixes a la Badia dels Alfacs.

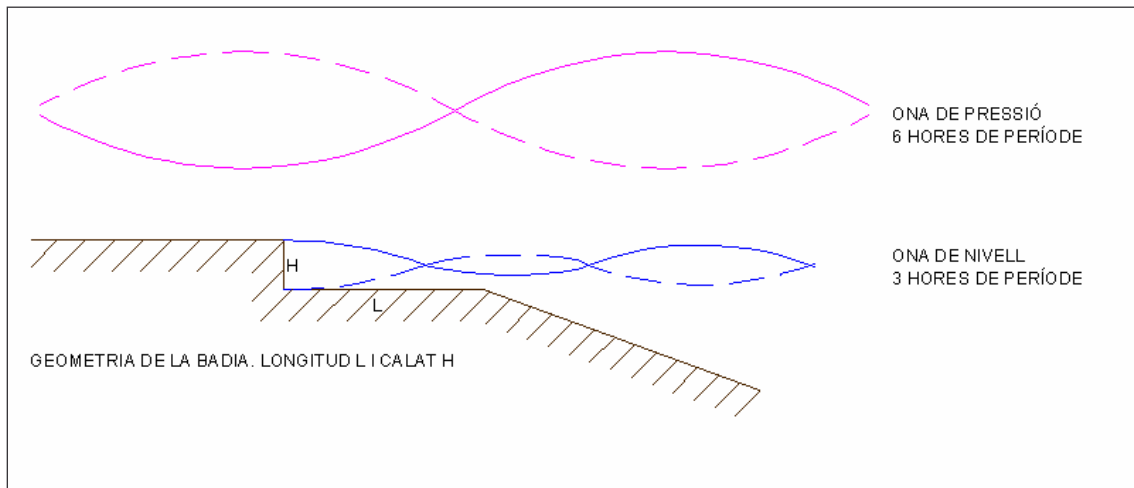


Figura 51. Esquema del mecanisme físic de generació de seixes a la Badia dels Alfacs

És interessant constatar que degut a la diferència de geometria entre les dues badies estudiades, i en conseqüència la diferència de períodes naturals d'oscil·lació, ones de pressió que exciten una badia no ho fan en l'altra i per tant tenim fenòmens de seixa en una o en una altra badia i no en les dues alhora.

És a dir, quan es produeix una seixa, aquesta ve associada a una ona de pressió amb una determinada freqüència d'oscil·lació, però que no qualsevol oscil·lació de pressió produeix sempre una seixa; és a dir que el recíproc no és cert.

Una comprovació d'això la veiem en les següents figures:

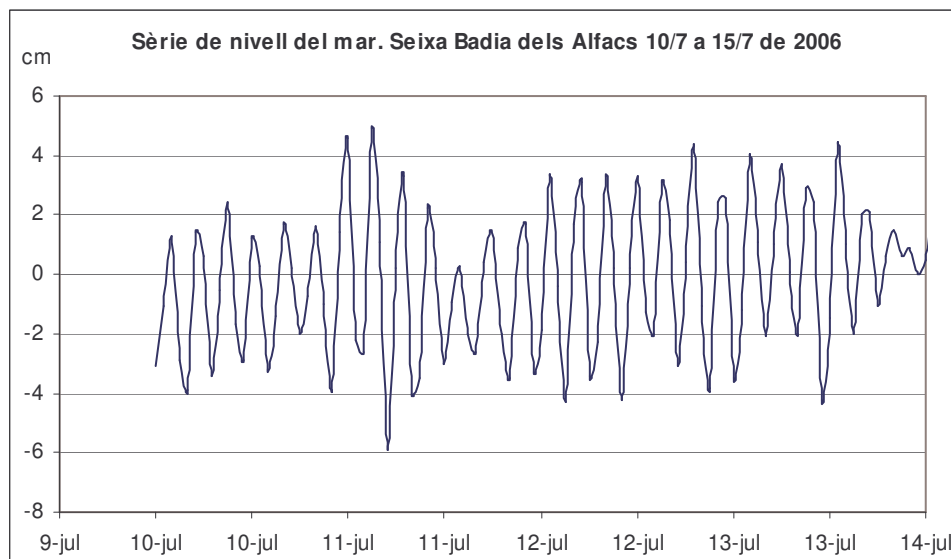


Figura 52. Sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant la seixa de 10/7 a 15/7 de 2006 a la Badia dels Alfacs

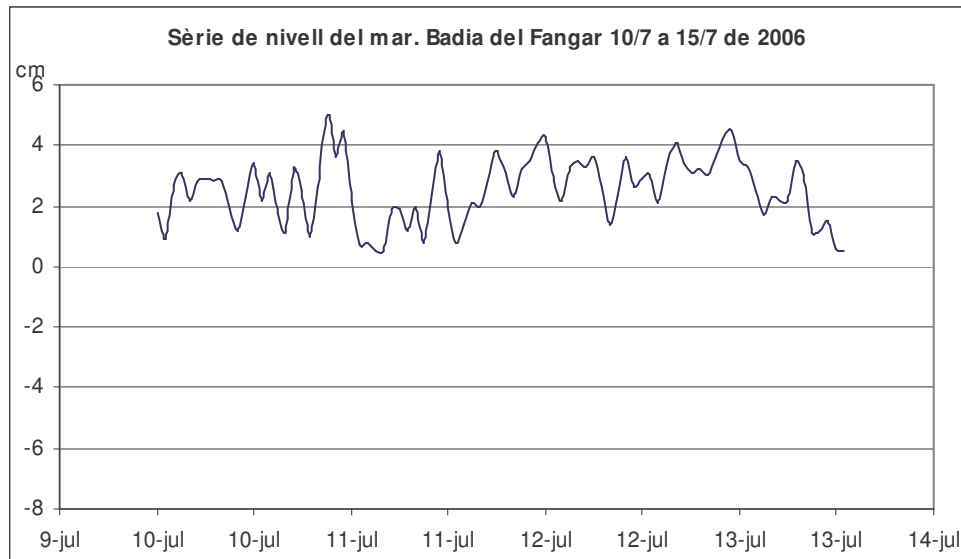


Figura 53. Sèrie filtrada del residu de nivell del mar durant el període de 10/7 a 15/7 de 2006 a la Badia del Fangar

Si observem la figura 52, corresponent a la seixa de 10/7 a 15/7 de 2005 a la Badia dels Alfacs, observem una amplitud de seixa que arriba fins als 11 cm; durant el mateix període i per tant davant el mateix forçament de ones de pressió atmosfèrica, el nivell del mar a la Badia del Fangar no varia més enllà dels 4 cm.

Això corrobora que la diferència de geometries provoca una diferència en els períodes d'oscil·lació lliure i seran necessàries ones de pressió amb diferents freqüències de pas, per excitar les dues badies.

Per tant podem afirmar que no tindrem seixes conjuntes en les dues badies en els mateixos períodes.

4.7. Relació pressió atmosfèrica i residu de nivell del mar filtrat

Tal com ens plantejàvem al principi d'aquest estudi i un cop obtinguts els resultats abans exposats, hem vist que existeix una relació més que evident entre la pressió atmosfèrica i el nivell del mar. A més, hem obtingut la freqüència necessària d'oscil·lació de les ones de pressió en cadascuna de les dues badies per tal que es produeixi una excitació del nivell del mar i en conseqüència una seixa.

Queda, en certa manera, confirmar aquesta relació entre la pressió atmosfèrica i el nivell del mar, tenint en compte que no es tracta d'una relació causa – efecte i que al mecanisme que s'ha descrit al llarg de l'estudi, hi tenen cabuda altres variables que afecten a la generació de seixes i que no s'han tractat aquí.

Serà interessant veure quin grau de relació guarden aquestes dues variables estudiades.

4.7.1. Relació entre pressió atmosfèrica i residu de nivell del mar

Per tal de buscar un primer ajust entre les dues variables, es planteja utilitzar la correlació de Pearson, Canavos, G. C. (1988), per observar si es correlacionen linealment les dues variables que hem estudiat.

Desenvolupant un model de regressió lineal obtenim un coeficient de correlació R^2 de 0,0564. Per tant es pot afirmar que entre les variables pressió atmosfèrica i residu de nivell del mar existeix una relació lineal molt dèbil; en certa manera s'esperava obtenir un resultat d'aquest tipus, ja que al llarg de l'estudi s'ha anat comprovant que, efectivament, la relació que guarden aquestes dues variables no és lineal i molt menys de causa – efecte.

El fet de generar un model lineal d'acció – resposta, implica introduir la totalitat de les variables (accions) que afecten a la generació de les seixes (respostes); d'això no és del que ha tractat aquest estudi. S'han estudiat les seixes des del punt de vista del seu mecanisme de generació, i sabent que no es relacionen linealment les variables pressió atmosfèrica i residu de nivell del mar.

Si volem entendre la correlació que tenim entre el residu del nivell del mar i la pressió atmosfèrica, no ho podem fer de manera sistemàtica buscant un model de predicció que ens determini un nivell del mar donada una pressió atmosfèrica; els efectes de ressonància degut a la geometria de la zona estudiada, provoquen una relació entre les dues variables solsament per a unes determinades freqüències d'oscil·lació de la pressió atmosfèrica.

Per tant un resultat interessant és observar a la pràctica, com les freqüències d'oscil·lació observades anteriorment, per a les ones de pressió atmosfèrica que provoquen seixes en cadascuna de les dues badies, estan del tot relacionades amb les amplituds d'aquestes seixes;

Observem la figura 54. Les freqüències baixes corresponen a ones de pressió que provoquen seixes a la Badia del Fangar; en canvi, les freqüències més elevades corresponen a ones de pressió que exciten la Badia dels Alfacs.

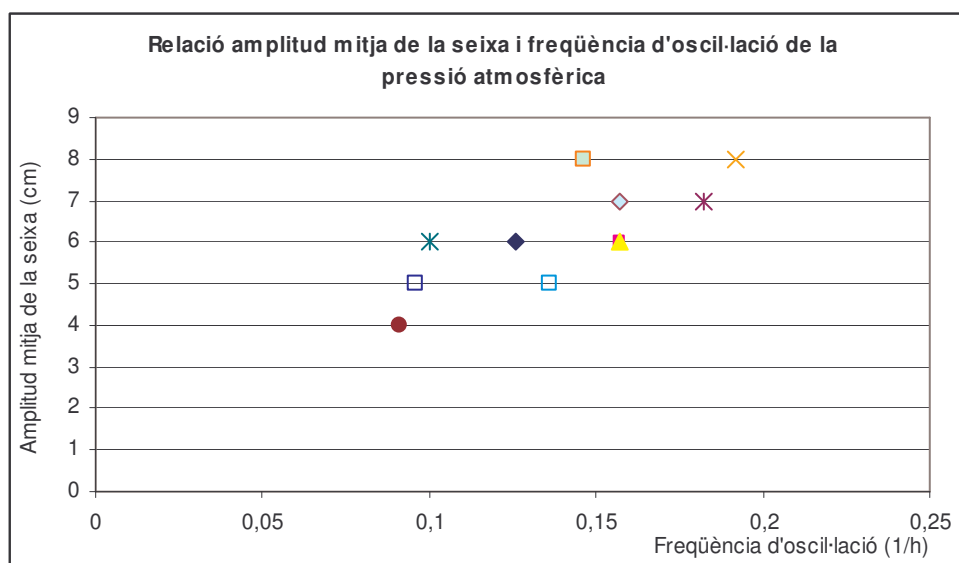


Figura 54. Relació entre la freqüència d'oscil·lació de la ona de pressió que excita la badia i l'amplitud mitjana de la seixa provocada per aquesta.

Tal com s'ha comentat, la badia del Fangar i la dels Alfacs tenen un període d'oscil·lació natural d'aproximadament 4 hores i 3 hores respectivament; així doncs, es normal observar al gràfic que les freqüències baixes excitin la Badia del Fangar i les altes la Badia dels Alfacs.

En certa manera es pot intuir també que l'amplitud mitjana de les seixes que s'obtenen a la Badia dels Alfacs és major que la que s'obté per a la Badia del Fangar.

Ja que no es pot tractar de manera lineal la relació que existeix entre les dues variables esmentades, ens plantegem la possibilitat d'utilitzar altres coeficients que representin aquesta relació.

4.7.2. Correlació per rangs

En contrast amb la correlació de Pearson aplicada anteriorment, s'utilitza el que s'anomena correlació per rangs.

Es tracta de mètodes no paramètrics de mesura de correlació entre dos variables. Per al tractament de les nostres sèries de pressions i de nivell hem escollit el mètode de "Kendall Tau Rank Correlation coefficient", Gibbons, J.D. (1997).

Aquest mètode s'usa per a mesurar el grau de correspondència entre dos rangs de variables i ens proporciona una mesura de la fortalesa de la relació.

S'obtenen valors del coeficient a [-1,1]:

- Si el grau d'associació entre dos rangs de variables és perfecte i directe, el coeficient que n'obtenim val 1.
- Si el grau d'associació entre dos rangs de variables és perfecte i invers, el coeficient que n'obtenim val -1.
- Per altres graus d'associació entre rangs, el coeficient es situa entre -1 i 1. Si els rangs són completament independents el coeficient val 0.

El coeficient es calcula com:

$$K = \frac{4P}{n(n-1)} - 1$$

on n és el nombre de parell de valors i P és la suma.

Si estudiem aquest índex per a cadascuna de les nostre seixes obtenim els següents resultats:

Badia	Seixa	Kendall
Alfacs	15/2 a 18/2 de 2006	0,99781
	7/3 a 10/3 de 2006	0,97149
	16/4 a 25/4 de 2006	0,98954
	1/5 a 11/5 de 2006	0,99087
	10/7 a 15/7 de 2006	0,98252

	13/1 a 20/1 de 2005	0,98658
	15/2 a 19/2 de 2005	0,97592
	29/3 a 30/3 de 2005	0,94326
	13/11 a 14/11 de 2005	0,95390
Fangar	31/5 a 1/6 de 2006	0,95035
	23/12 a 24/12 de 2006	0,95922
	4/10 a 6/10 de 2005	0,95815

A la vista dels valor obtinguts es pot concloure que existeix una relació forta entre les dues variables i per tant es reafirmen els resultats exposats fins ara.

4.8. Comparació amb altres estudis

Tal com s'exposa en els primers apartats d'aquest estudi, s'han utilitzat de base anàlisis realitzats en diverses zones del món per tal de comprovar a posteriori que els resultats obtinguts s'ajusten als que es presenten en altres informes. Els tres estudis més consultats, entre d'altres, han estat els de Rabinovich i Montserrat (1996), Monsó de Prat, José Luis i Escartín García, Francisco Javier (1995) i De Jong, M. P. C. and Battjes, J. A. (2004),

L'estudi però, més significatiu i amb el qual comparem els resultats obtinguts, és el de Rabinovich i Montserrat (1996), on s'exposa el mecanisme de generació de rissagues a les Illes Balears i a les Illes Kuril.

Tal com s'ha realitzat en el present estudi es troba el període d'oscil·lació natural de la badia analíticament i mitjançant l'anàlisi espectral; això determina com han de ser les ones de pressió atmosfèrica perquè facin entrar en ressonància la badia. Es troba que la relació entre la pressió atmosfèrica i el nivell del mar és més que justificada i finalment es comparen les diferents badies entre si.

Aquest és exactament el procediment que s'ha seguit en el present estudi; això ha permès obtenir resultats que s'ajusten a la realitat. S'ha trobat el període d'oscil·lació natural de les dues badies, utilitzant l'aproximació analítica mitjançant l'expressió (1) i s'ha comparat amb els obtinguts mitjançant els anàlisis espectrals realitzats. Això ha permès obtenir els mecanismes de generació de seixes per tal d'entendre la seva formació.

Per tant, tal com es pot observar a la bibliografia consultada, s'arriba a les mateixes conclusions i es corroboren els mecanismes de generació, particularitzant-los per a les Badies del Fangar i dels Alfacs.

5. CONCLUSIONS

Inicialment es plantejava la necessitat d'estudiar la zona de les dues badies del Delta de l'Ebre per tal d'analitzar les seixes que s'hi produeixen i caracteritzar-les.

Les Badies del Fangar i dels Alfacs formen part de la mateixa zona humida que anomenen Delta de l'Ebre, però presenten característiques diferents pel que fa a la dinàmica marítima d'aquestes.

Una part important del nostre estudi, era la caracterització geomètrica de la zona per tal de realitzar un estudi de la ressonància. Hem utilitzat una aproximació analítica per tal d'obtenir el període teòric d'oscil·lació lliure de cada badia. L'expressió (1) és una aproximació per a dàrsenes rectangulars, estretes i de longitud i calat constant. A posteriori s'ha comprovat que els resultats realitzats a través d'un anàlisi espectral s'aproximen més als analítics en la Badia dels Alfacs que en la Badia del Fangar.

Un cop caracteritzades les badies, interessava treballar amb les dades obtingudes mitjançant els mareògrafs i les estacions meteorològiques repartides pel Delta de l'Ebre. Les dades proporcionades pel LIM, defectuoses en alguns casos, han estat tractades i depurades per tal d'obtenir les sèries finals amb les que s'ha treballat.

Amb aquestes dades depurades, s'han obtingut els dos mecanismes físics de generació de seixes a les badies estudiades i s'observa que ofereixen resultats molt d'acord amb la realitat; les seixes tenen el seu origen en la formació d'ones llargues, provocades per canvis bruscs de la pressió atmosfèrica, que es propaguen i dins de les dues badies exciten el seu node fonamental d'oscil·lació natural donant lloc, per ressonància, a les seixes.

La freqüència d'oscil·lació natural d'aquestes ones llargues a la Badia del Fangar es situa sobre les $0,25 \text{ h}^{-1}$, que correspon a un període de 4 hores. Això fa que les possibles seixes que s'hi produeixin s'excitin a través de ones de pressió, la freqüència d'oscil·lació de les quals, serà múltiple de $0,25 \text{ h}^{-1}$. Tal com hem comprovat en els espectres realitzats sobre les ones de pressió observem que apareixen puntes d'energia en aquestes freqüències i per tant confirmen els resultats.

Per altra banda, a la Badia dels Alfacs, la freqüència d'oscil·lació natural és de $0,33 \text{ h}^{-1}$, que correspon a un període de 3 hores. Això fa que les possibles seixes que s'hi produeixin s'excitin a través de ones de pressió, la freqüència d'oscil·lació de les quals, serà múltiple de $0,33 \text{ h}^{-1}$. En els anàlisis espectrals a les ones de pressió s'observen també puntes d'energia en aquestes freqüències i per tant ens avalen el mecanisme exposat.

A més, cal tenir present que la presència d'una seixa en una de les badies, no comporta que també es produeixi en l'altra badia. Tal com s'ha especificat a l'estudi, la diferència de geometria entre les dues zones, fa que les freqüències d'oscil·lació naturals siguin diferents i en conseqüència els mecanismes de generació de seixes també; provocant la impossible aparició de seixes en les dues badies alhora.

Sabem doncs que el funcionament de les seixes no es deu sols a una important variació de pressió que faci oscil·lar el nivell del mar, si no que aquesta oscil·lació de pressió s'ha de produir amb una freqüència determinada associada a cada badia en

concret; això provoca una entrada en ressonància de la badia i en conseqüència la seixa.

Finalment cal comentar que les variacions sobtades de nivell del mar tenen una relació important amb les variacions de pressió atmosfèrica; els mecanismes de generació de seixes així ho reafirmen. A part però, s'ha realitzat un anàlisi estadístic per tal de concloure que la relació nivell del mar – pressió atmosfèrica és més que evident, tenint en compte que no es tracta d'una relació causa – efecte pel que fa a la generació de seixes i que s'han de tenir en compte altres variables.

Aquest resultat obtingut en les Badies del Fangar i dels Alfacs, reafirma els resultats d'altres estudis, que han servit de base per al present i que determinen per a cada zona estudiada una freqüència pròpia i un mecanisme per excitar aquestes freqüències.

Així doncs podríem dir que s'ha creat un model capaç de determinar i predir la presència d'una seixa a la Badia del Fangar i la Badia dels Alfacs; si som capaços de caracteritzar amb relativa exactitud la ona de pressió atmosfèrica que travessa el Delta de l'Ebre, podrem determinar les característiques de la seixa que es pugui produir en alguna de les dues badies. La diferent geometria de les dues badies assegurarà la presència de seixa solsament en una d'elles.

Veiem doncs, que la geometria juga un paper clau pel que fa a la detecció de la freqüència pròpia d'oscil·lació de la badia i en conseqüència a la detecció de la seixa. Caldrà doncs tenir present que l'estudi s'ha realitzat al Delta de l'Ebre, una de les zones litorals amb una dinàmica costanera més canviant que pot provocar la variació dels anteriors resultats; petites modificacions en les aportacions de sediments, intrusions d'aigua marina, cabal d'aigua, etc. pot desencadenar una modificació de la geometria i per tant una modificació de la freqüència d'oscil·lació natural del port. Així doncs l'actuació antròpica és clau per entendre la variabilitat de la zona i en conseqüència la presència de més o menys fenòmens de seixa, i de més o menys intensitat.

Aquest estudi significa una primera base del problema de generació de seixes al Delta de l'Ebre i, donada la seva importància socioeconòmica, es deixa una línia oberta per tal de realitzar altres estudis a posteriori que aprofundeixin sobre un model de predicció de seixes, basant-se en els resultats obtinguts.

6. REFERÈNCIES

Les referències utilitzades al llarg de l'estudi són les següents:

BIBLIOGRAFIA:

- Camp, J.: 1994, Aproximaciones a la dinámica ecológica de una bahía estuárica mediterránea. Tesis doctoral. *Universidad de Barcelona*.
- Canavos, George C.: 1988, Probabilidad y estadística: aplicaciones y métodos. Ed. *Mc Graw – Hill*, cop. 1988. 651 p. 23 cm.
- Cateura et al.: 2006, Xarxa d'instrumentació oceanogràfica i meteorològica de la Generalitat de Catalunya (XIOM), Mareògrafs, dades obtingudes l'any 2005. *Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM)*.
- Cateura et al.: 2007, Xarxa d'instrumentació oceanogràfica i meteorològica de la Generalitat de Catalunya (XIOM), Mareògrafs, dades obtingudes l'any 2006. *Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM)*.
- De Jong, M. P. C. and Battjes, J. A.: 2004, Seiche characteristics of Rotterdam Harbour, *Coastal Engineering* **51**, 373 - 386.
- Duchon, Claude E.: 1979, Lanczos Filtering in One and Two Dimensions. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. **18**.
- Egozcue, J.J.: 1986, Temas de procesos estocásticos y Análisis Espectral. MOPU, *Dirección General de Puertos y Costas*.
- Egozcue, J.J.: 1985, Programa Burg. Dept. Matemàtica Aplicada III, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gibbons, J. D.: 1997, Nonparametric Methods for Quantitative Analysis. Ed. *American Series in Mathematical and Management Sciences*.
- Ivica Vilibic, Nenad Dominan, Mirko Orlic, Nenad Leder and Miroslava Pasaric: 2004, Resonant coupling of a traveling air pressure disturbance with the east Adriatic coastal waters, *Journal of Geophysical Research*, Vol. **109**. C10001.
- Manual For Tidal Heights Analysis and Prediction: 2004, Pacific Marine Science Report **77 – 10**. *Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay*.
- Monsó de Prat, Jose Luís i Escartín García, Francisco Javier: 1995, Fenómenos de ondas largas en el puerto de Ciutadella (Menorca), *Revista de Obras Públicas*, Vol. **3**, 347.
- Rabinovich, A. B. and Montserrat, S.: 1996, Meteorological tsunamis near the Balearic and Kuril Islands: Descriptive and statistical analysis, *Natural Hazards* **13**, 55 - 90.

- Rabinovich, A. B. and Montserrat, S.: 1998, Generation of Meteorological Tsunamis (Large Amplitude Seiches) Near the Balearic and Kuril Islands, *Natural Hazards* **18**, 27 - 55.
- William J. Emery and Richard E. Thomson: 1998, Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Ed. Pergamon.

WEBGRAFIA

- Portal www.boiescat.org Xarxa d'instrumentació Oceanogràfica i Meteorològica de la Generalitat de Catalunya (XIOM). Consulta d'octubre de 2006 a juny de 2007.
- www.earth.google.es Google Earth. Consulta d'octubre de 2006 a juny de 2007.
- www.icc.cat Institut Cartogràfic de Catalunya. Consulta d'octubre de 2006 a juny de 2007.
- www.maps.google.es/maps Google Maps. Consulta d'octubre de 2006 a juny de 2007.
- <http://www.meteored.com/ram/numero14/larissaga.asp> Revista del Aficionado a la Meteorología. Consultat l'octubre i el novembre de 2006.

APÈNDIX

APÈNDIX A. OBTENCIÓ DE DADES

Com s'explica al punt 3.3. *Obtenció de dades*, hem utilitzat els mareògrafs de l'Ampolla i de Sant Carles de la Ràpita per obtenir les dades de nivell del mar i les estacions meteorològiques de l'Ampolla, Sant Carles de la Ràpita i Deltebre per obtenir les dades de pressió atmosfèrica.

Les dades obtingudes es divideixen per badies (Badia del Fangar i dels Alfacs) i s'estructuren per anys (des de 1997 a 2006).

Mitjançant una classificació per anys i afegint una validació de les dades, s'ha aconseguit crear una base de dades òptima, amb una dada de cada variable cada deu minuts.

S'han definit 6 nivells de classificació:

Nivell 0	dades en format correcte i ben adquirides
Nivell 1	límits físics rígids i flexibles
Nivell 2	coherència temporal de la dada
Nivell 3	coherència entre variables
Nivell 4	coherència temporal de la sèrie
Nivell 5	coherència espacial comparant amb altres estacions de la zona

I es defineixen 10 marcadors per a cada dada:

0	Dada sense validar
1	Dada que ha superat el nivell 1
2	Dada que ha superat el nivell 2
3	Dada que ha superat el nivell 3
4	Dada que ha superat el nivell 4
5	Dada que ha superat el nivell 5
6	Dada NO vàlida
7	Dada SOSPITOSA
8	Dada que ha superat tots els nivells, fins i tot el visual
9	Dada no registrada

Un cop està definit, s'emmagatzemen les dades en l'arxiu de dades depurades en format ASCII. El format del fitxer és el següent:

```
AA MM DD HH MN REF RF VVT DIR TEMP. PRES. NIV TH2O REFM ERROR
```

On el significat de cada camp és:

AA MM DD HH MN	Any, mes, dia, hora i minuts
REF	Valor de referència de les mesures meteorològiques
RF	Velocitat de la ràfega màxima de vent durant el període de 10 minuts (m/s)
VVT	Velocitat mitjana del vent durant el període de 10 minuts(m/s)
DIR	Direcció mitjana del vent durant el període de 10 minuts (°)
TEMP	Temperatura mitjana de l'aire durant el període de 10 minuts (°C)

PRES	Pressió atmosfèrica (hPa)
NIV	Elevació de la superfície lliure del mar durant el període de 10 minuts (m)
TH2O	Temperatura de l'aigua (°C)
REFM	Valor de referència de les mesures del mareògraf
ERROR	Número de 9 xifres, de l'1 al 9, en què cada xifra fa referència al grau de depuració de cada un dels camps. La primera xifra correspon a la referència i la darrera a la temperatura de l'aigua.

Seguidament adjuntem un llistat tipus de dades per a cadascuna de les badies.

Llistat de dades de la Badia del Fangar

Adjuntem un llistat tipus de les dades que s'obtenen dels mareògrafs i de les estacions meteorològiques de la Badia del Fangar. Degut que la presa de dades es fa cada deu minuts i organitzem un fitxer per a cada any, la longitud dels fitxers és molt gran; per això hem adjuntat només les dades corresponents al primer dia de mostreig, en aquest cas des de les 6:00 fins les 12:30 del dia 1 de gener de 2006.

Les variables mesurades s'organitzen per columnes amb un primer encapçalament que determina de quina variables es tracta.

Llistat de dades de la Badia dels Alfacs

Adjuntem un llistat tipus de les dades que s'obtenen dels mareògrafs i de les estacions meteorològiques de la Badia dels Alfacs. Degut que la presa de dades es fa cada deu minuts i organitzem un fitxer per a cada any, la longitud dels fitxers és molt gran; per això hem adjuntat només les dades corresponents al primer dia de mostreig, en aquest cas des de les 0:10 fins les 9:00 del dia 1 de gener de 2006.

Les variables mesurades s'organitzen per columnes amb un primer encapçalament que determina de quina variables es tracta.

Llistat de dades de la Badia del Fangar

Any	mes	dia	hora	minut	ref	rfv	vvt	dir	temp.	pres.	niv	TH2O	refm	error
6	1	1	6	0	822	9.3	4.7	304	10.2	1011.5	2.1343	11.867	845	144442441
6	1	1	6	10	822	7.2	2.8	280	10.1	1011.3	2.1736	11.867	845	144442441
6	1	1	6	20	822	8.1	4.8	322	10.0	1011.3	2.2425	11.867	845	144442441
6	1	1	6	30	822	13.7	7.6	304	10.1	1010.7	-99.9999	11.831	845	144446641
6	1	1	6	40	822	14.3	9.2	304	10.1	1010.7	2.1850	11.831	845	144441741
6	1	1	6	50	822	16.7	9.1	314	10.2	1010.1	-99.9999	11.760	845	144446641
6	1	1	7	0	822	17.6	10.4	292	10.3	1009.7	2.2093	11.760	845	144441741
6	1	1	7	10	822	21.2	13.1	288	10.4	1008.9	-99.9999	11.796	845	144446641
6	1	1	7	20	822	22.4	12.9	314	10.4	1009.1	2.2728	11.796	845	144441441
6	1	1	7	30	822	22.7	13.2	300	10.5	1009.1	2.2055	11.724	845	144442441
6	1	1	7	40	822	18.8	12.6	292	10.6	1009.9	-99.9999	11.724	845	144446641
6	1	1	7	50	822	18.8	11.1	281	10.6	1010.3	2.2329	11.689	845	144441741
6	1	1	8	0	822	23.3	10.2	307	10.5	1011.9	-99.9999	11.653	845	144446641
6	1	1	8	10	822	12.2	5.4	315	10.6	1012.7	2.2782	11.653	845	144441441
6	1	1	8	20	822	12.2	6.4	298	10.7	1012.9	2.2406	11.724	845	144442441
6	1	1	8	30	822	15.2	8.1	303	11.0	1012.9	2.2112	11.689	845	144442441
6	1	1	8	40	822	14.6	7.3	323	11.1	1012.5	2.2541	11.724	845	144447441
6	1	1	8	50	822	15.2	7.2	319	11.2	1011.9	2.2361	11.796	845	144441441
6	1	1	9	0	822	15.5	8.5	314	11.3	1011.7	2.2313	11.867	845	144442441
6	1	1	9	10	822	15.8	9.3	316	11.3	1012.1	2.2433	11.867	845	144447441
6	1	1	9	20	822	20.9	11.0	284	11.4	1012.7	2.2166	11.796	845	144441441
6	1	1	9	30	822	16.4	9.6	328	11.5	1013.3	-99.9999	11.724	845	144446641
6	1	1	9	40	822	16.7	9.3	270	11.6	1013.5	2.1885	11.618	845	144741441
6	1	1	9	50	822	11.9	6.1	312	11.7	1013.8	2.1564	11.796	845	144347441
6	1	1	10	0	822	14.3	7.3	286	11.8	1013.6	2.1827	11.902	845	144341441
6	1	1	10	10	822	12.2	7.4	277	11.9	1013.5	2.2258	11.902	845	144342441
6	1	1	10	20	822	16.7	10.1	315	12.0	1013.6	2.2296	11.796	845	144742441
6	1	1	10	30	822	17.9	10.7	281	12.0	1013.5	2.2162	11.831	845	144342441
6	1	1	10	40	822	15.2	9.3	309	12.2	1013.6	2.1974	11.760	845	144342441
6	1	1	10	50	822	19.1	8.5	309	12.3	1013.6	2.1951	11.938	845	144342441
6	1	1	11	0	822	14.9	7.8	321	12.4	1013.8	2.2039	11.796	845	144342441
6	1	1	11	10	822	14.3	6.8	317	12.5	1013.8	2.2084	11.902	845	144442441
6	1	1	11	20	822	14.3	7.6	269	12.6	1013.6	2.1861	11.902	845	144442441
6	1	1	11	30	822	11.9	6.4	324	12.8	1013.8	2.1734	11.902	845	144444441
6	1	1	11	40	822	12.2	6.5	180	12.8	1013.8	2.1293	11.902	845	144744441
6	1	1	11	50	822	14.6	6.6	338	13.1	1013.8	2.1276	11.938	845	144344441

Anàlisi de seixes a les Badies del Fangar i dels Alfacs al Delta de l'Ebre.

Any	mes	dia	hora	minut	ref	rfv	vvt	dir	temp.	pres.	niv	TH2O	refm	error
6	1	1	12	0	822	15.8	6.3	355	13.1	1013.6	2.1375	11.938	845	144344441
6	1	1	12	10	822	15.8	8.1	323	13.1	1013.1	-99.9999	11.974	845	144346641
6	1	1	12	20	822	14.3	7.5	348	13.2	1013.5	2.1529	12.009	845	144341441
6	1	1	12	30	822	14.3	6.9	299	13.2	1013.5	2.1218	12.009	845	144442441

Llistat de dades de la Badia dels Alfacs

Any	mes	dia	hora	minut	ref	rfv	vvt	dir	temp.	pres.	niv	TH2O	refm	error
5	1	1	0	10	257	1.5	0.6	297	11.1	1026.9	2.2854	9.853	315	144444141
5	1	1	0	20	257	2.1	0.9	272	11.1	1026.9	2.2571	9.818	315	144444141
5	1	1	0	30	257	2.1	1.3	273	11.2	1026.9	2.2355	9.783	315	144444141
5	1	1	0	40	257	2.1	1.0	256	11.2	1026.8	2.2311	9.818	315	144444141
5	1	1	0	50	257	3.0	2.1	260	11.4	1026.6	2.2424	9.818	315	144444141
5	1	1	1	0	257	2.7	1.6	271	11.4	1026.6	2.2565	9.783	315	144444141
5	1	1	1	10	257	1.8	0.5	270	11.3	1026.6	2.2497	9.783	315	144444141
5	1	1	1	20	257	1.5	1.2	271	11.2	1026.6	2.2441	9.818	315	144444141
5	1	1	1	30	257	1.5	0.8	271	11.1	1026.6	2.2469	9.818	315	144444141
5	1	1	1	40	257	1.8	1.0	287	11.0	1026.8	2.2588	9.818	315	144444441
5	1	1	1	50	257	1.8	1.2	294	11.2	1026.8	2.2724	9.783	315	144444441
5	1	1	2	0	257	2.1	0.9	38	10.4	1026.8	2.2911	9.783	315	144444441
5	1	1	2	10	257	3.6	1.6	15	8.5	1026.9	2.2922	9.783	315	144444441
5	1	1	2	20	257	3.3	2.0	353	9.0	1026.9	2.2843	9.679	315	144444441
5	1	1	2	30	257	1.5	0.4	348	9.7	1026.8	2.2804	9.714	315	144444441
5	1	1	2	40	257	1.2	0.4	293	9.6	1026.9	2.2945	9.749	315	144444441
5	1	1	2	50	257	1.2	0.8	283	10.0	1026.8	2.2962	9.714	315	144444441
5	1	1	3	0	257	2.1	1.1	264	10.5	1026.8	2.2985	9.783	315	144444441
5	1	1	3	10	257	1.2	0.7	287	10.9	1026.9	2.2888	9.783	315	144444441
5	1	1	3	20	257	4.2	2.7	25	7.3	1026.8	2.2577	9.783	315	144474441
5	1	1	3	30	257	4.5	2.8	11	8.0	1026.8	2.2475	9.888	315	144414741
5	1	1	3	40	257	2.7	1.9	333	9.7	1026.8	2.2526	9.818	315	144424441
5	1	1	3	50	257	1.8	0.9	314	10.4	1026.8	2.2549	9.853	315	144424441
5	1	1	4	0	257	1.2	0.7	293	10.3	1026.8	2.2441	9.922	315	144424441
5	1	1	4	10	257	0.9	0.3	284	10.1	1026.6	2.2497	9.922	315	144424441
Any	mes	dia	hora	minut	ref	rfv	vvt	dir	temp.	pres.	niv	TH2O	refm	error

Anàlisi de seixes a les Badies del Fangar i dels Alfacs al Delta de l'Ebre.

5	1	1	4	20	257	0.6	0.1	284	9.4	1026.6	2.2407	9.749	315	144424441
5	1	1	4	30	257	1.8	0.5	85	9.4	1026.8	2.2481	9.749	315	144424441
5	1	1	4	40	257	2.1	1.3	25	9.2	1026.8	2.2537	9.679	315	144424441
5	1	1	4	50	257	1.8	1.2	22	9.7	1026.8	2.2469	9.644	315	144424441
5	1	1	5	0	257	3.3	1.3	28	7.7	1026.9	2.2639	9.749	315	144444441
5	1	1	5	10	257	3.0	2.3	11	8.0	1026.9	2.2854	9.610	315	144444441
5	1	1	5	20	257	3.0	2.2	353	9.0	1026.9	2.2854	9.644	315	144444441
5	1	1	5	30	257	3.3	2.5	355	9.4	1026.9	2.3138	9.957	315	144444441
5	1	1	5	40	257	2.7	1.5	23	8.6	1026.9	2.3279	9.610	315	144444441
5	1	1	5	50	257	1.8	1.3	344	9.4	1027.1	2.3195	9.888	315	144444441
5	1	1	6	0	257	1.8	1.3	338	10.1	1027.1	2.3234	9.992	315	144444441
5	1	1	6	10	257	1.5	0.7	337	10.1	1027.1	2.3495	10.062	315	144444441
5	1	1	6	20	257	1.8	0.4	338	9.3	1027.3	2.3501	10.166	315	144444441
5	1	1	6	30	257	2.7	1.0	356	9.4	1027.3	2.3115	9.992	315	144444441
5	1	1	6	40	257	1.8	1.0	314	9.7	1027.5	2.3235	9.818	315	144444441
5	1	1	6	50	257	2.7	1.8	335	10.7	1027.5	2.3314	10.062	315	144444441
5	1	1	7	0	257	2.7	1.8	327	10.3	1027.3	2.2911	9.922	315	144444741
5	1	1	7	10	257	1.8	0.9	309	9.7	1027.5	2.2878	9.818	315	144444441
5	1	1	7	20	257	0.9	0.2	304	9.6	1027.5	2.3251	10.027	315	144444441
5	1	1	7	30	257	1.8	0.5	210	9.4	1027.6	2.2934	9.992	315	144444441
5	1	1	7	40	257	2.4	1.6	227	9.1	1027.6	2.3602	10.027	315	144444441
5	1	1	7	50	257	2.7	2.0	225	9.1	1027.6	2.3257	9.888	315	144444441
5	1	1	8	0	257	2.1	1.6	218	9.3	1027.6	2.3234	9.818	315	144444441
5	1	1	8	10	257	1.2	0.3	218	9.6	1027.8	2.3251	9.714	315	144444441
5	1	1	8	20	257	0.9	0.2	218	9.7	1027.8	2.3467	9.749	315	144444441
5	1	1	8	30	257	0.9	0.4	263	9.9	1027.8	2.3711	9.714	315	144444441
5	1	1	8	40	257	1.5	0.7	349	8.9	1027.8	2.4096	9.783	315	144444441
5	1	1	8	50	257	1.5	0.8	353	9.4	1027.8	2.4107	9.818	315	144444441
5	1	1	9	0	257	0.9	0.3	352	10.9	1028.0	2.4074	9.818	315	144444441

APÈNDIX B. ANÀLISI D'HARMÒNICS

L'anàlisi harmònic de les marees està basat e la hipòtesis que les variacions de nivell del mar poden ser descrites en funció d'un número finit de contribucions harmòniques de la forma:

$$A_{ij} \cos (w_j - g_{ij})$$

on A_{ij} és l'amplitud de cada component (i) en el punt geogràfic considerat (j), g_{ij} és el desfasament amb respecte al màxim de marea d'equilibri en Greenwich i w_j és la freqüència angular de l'harmònic. Aquestes freqüències no tenen valors aleatoris, si no que venen determinades pels cicles de les forces astronòmiques que donen origen a les marees.

Si l'òrbita de la lluna i la terra entorn al seu centre de masses comú fos circular i el seu pla coincidís amb el de l'equador de la terra, les oscil·lacions es podrien descriure en funció d'un únic component harmònic denominat M2, de període 12 hores i 25 minuts (en el cas d'incloure el sol en el mateix pla, podria influir per mitjà de l'harmònic S2, amb un període associat de mig dia). El fet però, que el pla de rotació de la lluna i l'equador de la terra no coincideixin provoca que els dos màxims pels que travessa un punt de la superfície no siguin idèntics, generant una desigualtat diürna.

Com que existeixen multitud de variables que influeixen en la forma de l'elipsoide i que sofreixen continus canvis, com la distància de la terra al sol o la lluna, es necessiten una gran quantitat d'harmònics per explicar la oscil·lació periòdica de nivell del mar denominada marea.

En el present estudi s'ha utilitzat el programa Tides per realitzar l'anàlisi harmònic de la sèrie de nivell del mar per tal d'extreure'n la component de marea. Es tracta d'una subrutina implementada directament en Matlab© i amb la que hem treballat per tal de passar de les dades originals, a unes dades que hem anomenat residu i que ja no compten amb la influència de les ones de marea.

El funcionament del programa d'anàlisi d'harmònics, està totalment explicat al "*Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction*", publicat per "*Institute of Ocean Sciences, Pacific Marine Science Report 77 – 10*".

Seguidament podem consultar els llistats d'harmònics de les sèries de nivell del mar, tant per a la Badia del Fangar com per la dels Alfacs, durant els anys 2005 i 2006.

HARMÒNICS SÈRIE DE NIVELL DEL MAR BADIA DEL FANGAR 2005

```
file name: C:\Documents and Settings\JOAN\Escritorio\j_tide.dat
date: 14-Mar-2007
nobs = 8745, ngood = 8004, record length (days) = 364.38
start time: 01-Jan-2005 15:00:00
rayleigh criterion = 1.0
Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \n and phase relative to center
time

x0= 215, x trend= 0

var(x)= 130.8727 var(xp)= 20.0871 var(xres)= 110.7513
percent var predicted/var original= 15.3 %
```

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
SSA	0.0002282	3.1674	3.009	95.05	77.16	1.1
MSM	0.0013098	0.8096	2.954	276.19	169.31	0.075
MM	0.0015122	1.4031	2.919	260.00	138.36	0.23
MSF	0.0028219	0.8164	2.776	98.68	199.70	0.086
MF	0.0030501	1.4111	2.990	148.41	153.30	0.22
ALP1	0.0343966	0.0820	0.183	298.68	134.42	0.2
2Q1	0.0357064	0.0643	0.170	160.43	171.57	0.14
SIG1	0.0359087	0.0832	0.163	268.75	134.25	0.26
*Q1	0.0372185	0.3462	0.226	64.25	39.28	2.3
RHO1	0.0374209	0.0971	0.191	187.86	121.58	0.26
*O1	0.0387307	2.4051	0.208	101.89	5.48	1.3e+002
TAU1	0.0389588	0.1065	0.261	202.86	131.45	0.17
BET1	0.0400404	0.1913	0.216	108.18	65.21	0.79
*NO1	0.0402686	0.3655	0.215	113.01	36.83	2.9
CHI1	0.0404710	0.0815	0.160	79.41	133.05	0.26
*P1	0.0415526	1.1067	0.243	143.48	12.79	21
*K1	0.0417807	3.6655	0.230	159.38	3.62	2.5e+002
PHI1	0.0420089	0.2371	0.267	214.15	78.92	0.79
THE1	0.0430905	0.1091	0.175	213.86	124.16	0.39
J1	0.0432929	0.1801	0.209	177.49	78.35	0.74
SO1	0.0446027	0.0657	0.143	15.07	167.54	0.21
OO1	0.0448308	0.0927	0.117	317.31	94.24	0.63
UPS1	0.0463430	0.0722	0.120	76.42	118.08	0.36
OQ2	0.0759749	0.0743	0.166	283.17	175.07	0.2
EPS2	0.0761773	0.0641	0.179	305.53	167.53	0.13
2N2	0.0774871	0.2130	0.247	214.00	70.24	0.75
MU2	0.0776895	0.0569	0.163	275.38	184.27	0.12
*N2	0.0789992	0.7402	0.212	177.54	17.39	12
NU2	0.0792016	0.1499	0.167	155.60	79.85	0.8
*M2	0.0805114	3.5370	0.209	194.12	3.66	2.9e+002
MKS2	0.0807396	0.1486	0.165	81.95	64.68	0.82
LDA2	0.0818212	0.0813	0.167	327.47	127.11	0.24
L2	0.0820236	0.0739	0.145	143.41	132.73	0.26
*S2	0.0833333	1.1660	0.223	209.05	10.49	27
*K2	0.0835615	0.4758	0.157	216.89	18.65	9.2
MSN2	0.0848455	0.1619	0.215	4.59	78.58	0.57
ETA2	0.0850736	0.0558	0.119	356.16	154.83	0.22
*MO3	0.1192421	0.1523	0.106	216.87	38.90	2
M3	0.1207671	0.1492	0.110	133.02	46.80	1.8
SO3	0.1220640	0.0399	0.071	286.05	113.88	0.32
MK3	0.1222921	0.0292	0.072	4.73	177.59	0.16
SK3	0.1251141	0.0059	0.062	16.39	234.92	0.0091
MN4	0.1595106	0.1454	0.108	277.56	45.14	1.8
*M4	0.1610228	0.4939	0.105	325.52	13.37	22
SN4	0.1623326	0.0798	0.101	313.81	85.30	0.62
*MS4	0.1638447	0.3562	0.109	31.70	18.97	11
MK4	0.1640729	0.0891	0.077	20.84	55.96	1.3
S4	0.1666667	0.0683	0.088	209.54	89.39	0.6
SK4	0.1668948	0.0515	0.068	156.66	84.53	0.57
2MK5	0.2028035	0.0320	0.060	167.72	122.32	0.29
2SK5	0.2084474	0.0405	0.055	210.67	99.40	0.54
2MN6	0.2400221	0.0075	0.046	36.66	229.46	0.026
M6	0.2415342	0.0082	0.047	229.80	219.35	0.03
2MS6	0.2443561	0.0445	0.065	165.13	102.72	0.47
2MK6	0.2445843	0.0170	0.039	234.57	134.03	0.19
2SM6	0.2471781	0.0158	0.044	138.47	193.70	0.13
MSK6	0.2474062	0.0145	0.036	294.18	150.73	0.16
3MK7	0.2833149	0.0305	0.053	274.76	121.13	0.33
M8	0.3220456	0.0227	0.031	151.85	105.61	0.54

HARMÒNICS SÈRIE DE NIVELL DEL MAR BADIA DEL FANGAR 2006

file name: C:\Documents and Settings\JOAN\Escritorio\j_tide.dat

date: 10-May-2007

nobs = 8755, ngood = 7455, record length (days) = 364.79

start time: 01-Jan-2006 05:00:00

rayleigh criterion = 1.0

Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \n and phase relative to center time

x0= 216, x trend= 0

var(x)= 114.4601 var(xp)= 28.4985 var(xres)= 86.9279

percent var predicted/var original= 24.9 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*SSA	0.0002282	4.4887	2.869	37.01	39.57	2.4
MSM	0.0013098	2.2807	2.643	183.22	87.34	0.74
MM	0.0015122	2.3342	2.583	328.74	87.18	0.82
MSF	0.0028219	1.8413	2.672	137.64	96.47	0.47
MF	0.0030501	0.2692	2.125	100.37	216.19	0.016
*ALP1	0.0343966	0.2585	0.168	249.86	43.17	2.4
2Q1	0.0357064	0.1875	0.167	16.23	53.46	1.3
SIG1	0.0359087	0.0808	0.150	234.88	108.59	0.29
*Q1	0.0372185	0.5249	0.162	39.54	21.34	11
RHO1	0.0374209	0.1421	0.178	72.20	79.52	0.64
*O1	0.0387307	2.5022	0.177	97.78	4.54	2e+002
TAU1	0.0389588	0.3379	0.261	11.85	43.93	1.7
BET1	0.0400404	0.1750	0.172	107.26	58.70	1
NO1	0.0402686	0.1306	0.120	75.75	64.48	1.2
CHI1	0.0404710	0.2310	0.182	132.67	48.82	1.6
*P1	0.0415526	1.2434	0.207	148.30	9.32	36
*K1	0.0417807	3.5121	0.207	153.74	3.17	2.9e+002
*PHI1	0.0420089	0.4018	0.223	109.51	34.86	3.2
THE1	0.0430905	0.1986	0.175	145.66	50.26	1.3
J1	0.0432929	0.1927	0.193	260.37	58.33	1
SO1	0.0446027	0.0918	0.144	137.15	115.77	0.41
OO1	0.0448308	0.1006	0.106	277.21	60.22	0.91
UPS1	0.0463430	0.0844	0.102	124.76	80.76	0.69
OQ2	0.0759749	0.0793	0.107	302.78	96.68	0.55
EPS2	0.0761773	0.0473	0.091	189.67	139.76	0.27
2N2	0.0774871	0.0808	0.102	217.60	92.55	0.63
*MU2	0.0776895	0.1951	0.113	124.89	35.86	3
*N2	0.0789992	0.6807	0.111	187.80	11.94	37
*NU2	0.0792016	0.2079	0.107	189.83	32.67	3.8
*M2	0.0805114	3.5683	0.122	196.18	1.93	8.6e+002
MKS2	0.0807396	0.0453	0.077	151.14	106.91	0.35
LDA2	0.0818212	0.0878	0.110	269.20	68.05	0.63
*L2	0.0820236	0.2879	0.166	180.57	36.33	3
*S2	0.0833333	0.9103	0.108	216.40	8.11	71
*K2	0.0835615	0.3952	0.084	200.42	11.17	22
MSN2	0.0848455	0.0900	0.109	66.40	74.70	0.68
ETA2	0.0850736	0.0922	0.079	177.26	56.62	1.4
*MO3	0.1192421	0.1450	0.072	240.25	30.78	4.1
M3	0.1207671	0.0973	0.081	158.02	44.27	1.4
SO3	0.1220640	0.0180	0.047	145.32	145.51	0.14
MK3	0.1222921	0.0307	0.062	349.21	121.74	0.24
SK3	0.1251141	0.0418	0.057	78.46	101.83	0.54
*MN4	0.1595106	0.1974	0.077	282.81	23.10	6.6
*M4	0.1610228	0.4572	0.075	328.15	8.75	37
SN4	0.1623326	0.0751	0.070	29.72	57.70	1.1
*MS4	0.1638447	0.3090	0.074	8.23	14.28	17
*MK4	0.1640729	0.0910	0.059	45.33	34.37	2.4

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
S4	0.1666667	0.0384	0.055	11.79	103.34	0.48
SK4	0.1668948	0.0607	0.048	138.05	50.68	1.6
2MK5	0.2028035	0.0427	0.045	229.49	70.86	0.89
2SK5	0.2084474	0.0436	0.048	35.64	64.60	0.82
2MN6	0.2400221	0.0286	0.038	124.49	84.28	0.56
M6	0.2415342	0.0062	0.030	341.70	225.20	0.041
2MS6	0.2443561	0.0242	0.042	138.85	103.63	0.33
2MK6	0.2445843	0.0085	0.026	283.14	141.64	0.11
2SM6	0.2471781	0.0379	0.036	234.40	62.71	1.1
MSK6	0.2474062	0.0280	0.028	144.98	59.86	1
3MK7	0.2833149	0.0233	0.042	86.90	131.34	0.31
M8	0.3220456	0.0219	0.028	259.53	85.25	0.6

HARMÒNICS SÈRIE DE NIVELL DEL MAR BADIA DELS ALFACS ANY 2005

nobs = 8742, ngood = 7698, record length (days) = 364.25

start time: 02-Jan-2004 18:00:00

rayleigh criterion = 1.0

Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \n and phase relative to center time

x0= 217, x trend= 0

var(x)= 100.2164 var(xp)= 28.0222 var(xres)= 72.3203

percent var predicted/var original= 28.0 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
SSA	0.0002282	2.7668	2.891	36.12	60.73	0.92
*MSM	0.0013098	4.1916	2.669	352.78	41.62	2.5
MM	0.0015122	1.1244	2.188	247.30	130.08	0.26
MSF	0.0028219	0.8081	2.181	168.21	184.12	0.14
MF	0.0030501	0.4484	2.040	256.39	195.86	0.048
ALP1	0.0343966	0.1318	0.156	159.58	59.37	0.71
2Q1	0.0357064	0.0518	0.116	121.33	143.55	0.2
SIG1	0.0359087	0.0442	0.112	1.03	167.93	0.16
*Q1	0.0372185	0.3645	0.136	31.69	23.08	7.1
RHO	1 0.037420	0.0505	0.111	318.15	136.42	0.21
*O1	0.0387307	2.4208	0.143	101.82	3.27	2.9e+002
TAU1	0.0389588	0.1199	0.193	108.32	92.02	0.39
BET1	0.0400404	0.0261	0.105	111.36	226.07	0.062
*NO1	0.0402686	0.3264	0.206	138.62	33.12	2.5
CHI1	0.0404710	0.0334	0.103	251.77	196.78	0.1
*P1	0.0415526	1.2180	0.166	149.32	7.91	54
*K1	0.0417807	3.4152	0.147	159.31	2.47	5.4e+002
PHI1	0.0420089	0.1611	0.164	174.28	77.07	0.96
THE1	0.0430905	0.0381	0.098	116.11	198.92	0.15
J1	0.0432929	0.1714	0.144	110.66	51.37	1.4
SO1	0.0446027	0.1062	0.120	75.25	79.85	0.78
OO1	0.0448308	0.1480	0.107	122.16	45.45	1.9
UPS1	0.0463430	0.0475	0.084	250.58	122.99	0.32
OQ2	0.0759749	0.0432	0.070	232.33	96.85	0.38
EPS2	0.0761773	0.0044	0.042	200.86	260.48	0.011
*2N2	0.0774871	0.1116	0.067	168.60	41.13	2.8
*MU2	0.0776895	0.1503	0.066	139.26	24.06	5.1
*N2	0.0789992	0.8025	0.060	184.00	3.98	1.8e+002
*NU2	0.0792016	0.1652	0.062	187.08	20.79	7.1
*M2	0.0805114	3.6490	0.057	196.05	0.98	4.1e+003
MKS2	0.0807396	0.0094	0.033	253.79	204.81	0.082
LDA2	0.0818212	0.0224	0.050	170.63	131.69	0.2
*L2	0.0820236	0.0723	0.042	207.93	36.28	3
*S2	0.0833333	1.1708	0.055	218.24	2.81	4.6e+002

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*K2	0.0835615	0.4261	0.049	211.47	6.57	76
MSN2	0.0848455	0.0405	0.055	26.94	85.31	0.55
ETA2	0.0850736	0.0330	0.048	207.29	82.49	0.48
*MO3	0.1192421	0.0913	0.036	215.85	23.14	6.6
*M3	0.1207671	0.1631	0.048	147.51	14.68	11
SO3	0.1220640	0.0130	0.030	303.14	145.01	0.18
MK3	0.1222921	0.0212	0.031	234.60	122.29	0.47
*SK3	0.1251141	0.0876	0.034	98.52	26.28	6.6
*MN4	0.1595106	0.1952	0.041	285.09	12.41	23
*M4	0.1610228	0.5155	0.041	324.36	4.53	1.6e+002
SN4	0.1623326	0.0265	0.032	341.22	87.28	0.67
*MS4	0.1638447	0.3303	0.040	30.88	6.82	68
*MK4	0.1640729	0.1147	0.031	36.98	17.32	14
S4	0.1666667	0.0465	0.038	235.84	51.66	1.5
SK4	0.1668948	0.0187	0.025	241.29	104.68	0.54
2MK5	0.2028035	0.0139	0.019	162.12	91.88	0.53
2SK5	0.2084474	0.0207	0.020	256.77	65.58	1.1
2MN6	0.2400221	0.0078	0.021	201.41	157.68	0.14
M6	0.2415342	0.0318	0.026	134.94	41.41	1.5
2MS6	0.2443561	0.0056	0.018	186.40	188.76	0.095
2MK6	0.2445843	0.0040	0.013	40.21	205.43	0.1
2SM6	0.2471781	0.0084	0.020	99.39	146.68	0.18
MSK6	0.2474062	0.0170	0.017	289.47	65.16	0.95
3MK7	0.2833149	0.0067	0.022	87.32	183.21	0.094
*M8	0.3220456	0.0566	0.022	147.17	26.29	6.9

HARMÒNICS SÈRIE DE NIVELL DEL MAR BADIA DELS ALFACS 2006

file name: C:\Documents and Settings\JOAN\Escritorio\j_tide.dat

date: 10-May-2007

nobs = 8754, ngood = 4497, record length (days) = 364.75

start time: 01-Jan-2006 05:00:00

rayleigh criterion = 1.0

Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \n and phase relative to center time

x0= 239, x trend= 0

var(x)= 69.3563 var(xp)= 19.1201 var(xres)= 50.3954

percent var predicted/var original= 27.6 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
SSA	0.0002282	2.2701	2.246	306.36	55.46	1
MSM	0.0013098	1.0435	1.917	351.72	120.43	0.3
MM	0.0015122	2.7209	2.257	336.21	49.65	1.5
MSF	0.0028219	1.7183	2.241	151.02	71.85	0.59
MF	0.0030501	0.1402	1.784	181.00	228.59	0.0062
*ALP1	0.0343966	0.3689	0.171	278.93	31.14	4.6
2Q1	0.0357064	0.2955	0.218	341.11	40.74	1.8
*SIG1	0.0359087	0.3152	0.212	47.99	33.53	2.2
*Q1	0.0372185	0.4200	0.177	59.81	28.44	5.6
RHO1	0.0374209	0.1693	0.194	46.89	65.65	0.76
*O1	0.0387307	2.5663	0.194	96.08	3.96	1.7e+002
TAU1	0.0389588	0.2140	0.269	38.05	79.27	0.64
BET1	0.0400404	0.2281	0.188	103.67	43.89	1.5
*NO1	0.0402686	0.3425	0.122	175.57	24.32	7.9
CHI1	0.0404710	0.2387	0.177	50.16	43.45	1.8

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*P1	0.0415526	1.4144	0.212	129.52	9.58	45
*K1	0.0417807	3.1115	0.192	154.40	3.44	2.6e+002
*PHI1	0.0420089	0.3929	0.230	128.55	29.73	2.9
THE1	0.0430905	0.0840	0.150	134.75	116.95	0.32
J1	0.0432929	0.1084	0.176	232.06	96.03	0.38
SO1	0.0446027	0.0723	0.151	7.05	144.03	0.23
OO1	0.0448308	0.0518	0.095	91.04	134.29	0.3
UPS1	0.0463430	0.0727	0.105	168.75	83.94	0.48
OQ2	0.0759749	0.0767	0.071	5.32	57.40	1.2
*EPS2	0.0761773	0.1110	0.069	100.44	36.97	2.6
*2N2	0.0774871	0.1796	0.063	175.83	25.13	8.2
*MU2	0.0776895	0.1832	0.075	155.75	19.89	5.9
*N2	0.0789992	0.7284	0.075	189.85	5.51	95
*NU2	0.0792016	0.1234	0.069	232.76	32.80	3.2
*M2	0.0805114	3.2152	0.068	197.28	1.31	2.3e+003
*MKS2	0.0807396	0.0775	0.053	141.50	34.94	2.1
LDA2	0.0818212	0.0559	0.061	232.21	78.17	0.85
*L2	0.0820236	0.1492	0.100	170.78	45.03	2.2
*S2	0.0833333	0.8736	0.078	211.46	4.43	1.3e+002
*K2	0.0835615	0.2777	0.045	199.40	10.53	38
MSN2	0.0848455	0.0936	0.072	212.91	45.39	1.7
ETA2	0.0850736	0.0317	0.045	151.45	90.25	0.5
*MO3	0.1192421	0.2354	0.070	223.69	18.53	11
*M3	0.1207671	0.1903	0.083	157.88	25.85	5.3
SO3	0.1220640	0.0130	0.048	315.53	211.84	0.074
MK3	0.1222921	0.0121	0.050	24.97	177.92	0.059
*SK3	0.1251141	0.1084	0.071	101.40	43.72	2.3
*MN4	0.1595106	0.2543	0.048	281.31	9.29	28
*M4	0.1610228	0.6230	0.046	333.21	4.97	1.9e+002
SN4	0.1623326	0.0543	0.051	21.56	53.13	1.1
*MS4	0.1638447	0.3914	0.048	36.17	7.05	67
*MK4	0.1640729	0.1004	0.038	35.81	20.27	6.8
S4	0.1666667	0.0296	0.042	309.70	97.13	0.49
SK4	0.1668948	0.0318	0.030	169.71	63.02	1.1
2MK5	0.2028035	0.0331	0.034	75.19	64.17	0.95
2SK5	0.2084474	0.0356	0.034	156.11	60.81	1.1
2MN6	0.2400221	0.0211	0.049	242.33	152.81	0.19
*M6	0.2415342	0.0989	0.064	205.99	34.60	2.4
*2MS6	0.2443561	0.0880	0.051	266.85	36.38	3
2MK6	0.2445843	0.0262	0.035	281.28	101.10	0.55
2SM6	0.2471781	0.0238	0.046	321.00	149.08	0.27
MSK6	0.2474062	0.0385	0.037	176.23	61.81	1.1
3MK7	0.2833149	0.1867	0.228	79.98	72.25	0.67
*M8	0.3220456	0.1597	0.092	86.92	36.12	3

Com podem comprovar en els llistats d'harmònics de les dues badies apareixen remarcats els M4 i M8, que són les components de marea amb període 6 hores i 3 hores respectivament.

Això, tal com s'explica al llarg de l'estudi ens assegura que les puntes d'energia associades a una freqüència múltiple de la freqüència d'oscil·lació de la marea, vindran donades per fenòmens no relacionats amb aquestes, ja que les hem eliminat quan el programa veu la presència de les esmentades components en el llistat d'harmònics.

APÈNDIX C. ANÀLISI DE FOURIER

Es defineix la transformada de Fourier d'una senyal com:

$$F(w) = \int_{\Re} f(t) \exp(-iwt) dt$$

i la seva inversa com:

$$f(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{\Re} F(w) \exp(iwt) dw$$

La senyal es mostreja (o es simula) normalment de manera discreta a intervals constants. Si anomenem T al període de mostreig, i $f(T_k)$ és tal que

$$\sum_{k=-\infty}^{+\infty} |f(T_k)|^2 < +\infty$$

definim la transformada discreta de Fourier (TDF) com:

$$\tilde{F}(w) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} f(T_k) \exp(-iwT_k), w \in \left(-\frac{\pi}{T}, \frac{\pi}{T}\right)$$

i la inversa (TDFI) com:

$$\tilde{f}(T_k) = \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \tilde{F}(w) \exp(iwT_k) dw, k \in \mathbb{Z}$$

Com es pot observar, amb un període de mostreig T no podem distingir successos que tinguin pulsacions superiors en mòdul a π/T .

Desafortunadament no tenim sèries de dades infinitament llargues, per tant hem de definir el que anomenem la Transformada Finita de Fourier (TFF):

$$\hat{F}_N(\Omega_j) = \sum_{k=0}^{N-1} f(T_k) \exp(-i\Omega T_{jk}), j = 0, 1, \dots, N-1, \Omega = \frac{2\pi}{NT}$$

i la seva inversa:

$$f(T_k) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \hat{F}(\Omega_j) \exp(i\Omega T_{jk}), k = 0, 1, \dots, N-1, \Omega = \frac{2\pi}{NT}$$

Es pot demostrar que la Transformada de Fourier compleix que:

$$f \text{ real} \longrightarrow F \text{ hermítica}$$

$$f \text{ hermítica} \longrightarrow F \text{ real}$$

Definim ara la funció d'autocovariança d'una senyal $X(t)$ com:

$$C(t, s) = E((X(t) - \mu(t))(\overline{X(s) - \mu(s)}))$$

Si el procés és estacionari

$$E[X(t)] = \mu$$

$$C(t, s) = C(t, -s)$$

$$C(t) = \overline{C(-t)}$$

Finalment, definim la densitat espectral d'un procés estacionari, com la Transformada de Fourier de la funció d'autocovariança de la senyal.

$$S(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C(k) \exp(-i\omega T_k)$$

Com ja hem comentat la funció d'autocovariança és hermítica i real, per tant la seva Transformada de Fourier $S(\omega)$ és real i simètrica. Per comoditat es sol representar només la part positiva de l'espectre.

Aquesta eina matemàtica és la que s'utilitza en l'anàlisi espectral de sèries temporals.

APÈNDIX D. FILTRE DE LANCZOS

El filtre de Lanczos utilitzat en el tractament de la sèrie de nivell del mar, a posteriori dels primers anàlisis espectrals realitzats, respon a la necessitat d'estudiar sols una part de l'espectre obtingut.

La situació que tenim inicialment, abans d'aplicar el filtre, és la d'un espectre de la seixa embrutat per la presència d'altres ones, amb freqüències d'oscil·lació més baixes i que no ens permeten obtenir amb precisió la freqüència d'oscil·lació natural de la badia. Per tant ens interessarà eliminar la presència d'aquestes ones i quedar-nos només amb la part de l'espectre corresponent a la seixa.

Això s'aconsegueix centrant l'espectre en la freqüència que ens interessi aplicant el filtre de Lanczos.

Es pot consultar el funcionament del filtre de Lanczos en l'article de *Claude E. Duchon, Lanczos Filtering in One and Two Dimensions, Journal of Applied Meteorology Volume 18*.

En aquest estudi les característiques del filtrat que hem realitzat són les següents:

Increment de temps	1 h
Freqüència de tall	0,2 h ⁻¹
Tipus de filtre	High**

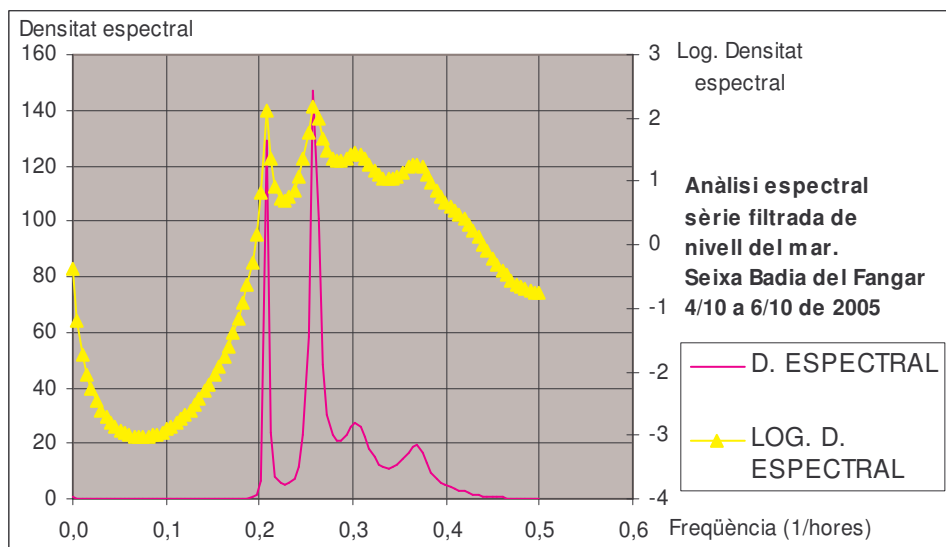
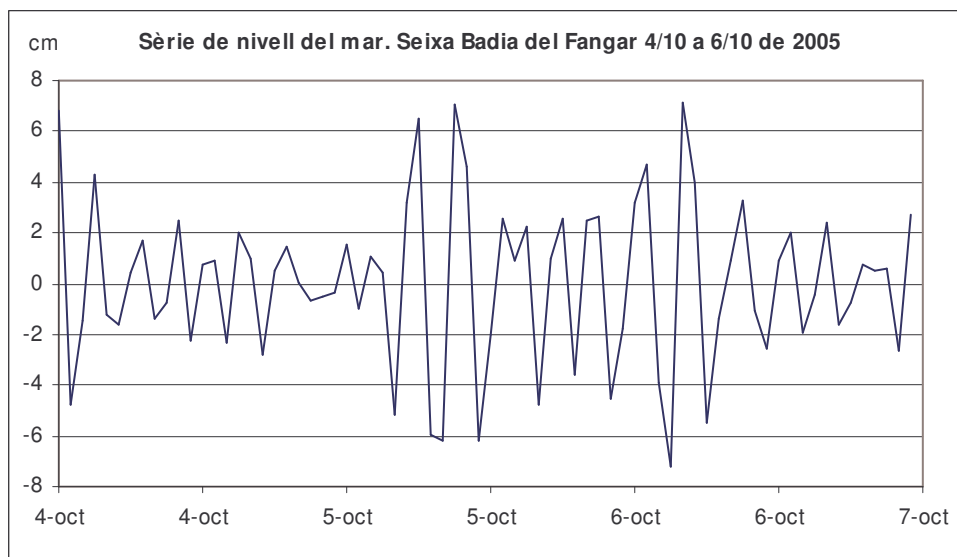
- Tenim una sèrie temporal de nivell del mar amb un interval de temps entre dada i dada, d'una hora.
- Observant els anàlisis espectrals sobre la variable no filtrada, hem arribat a la conclusió que la freqüència de tall per tal d'eliminar les baixes freqüències havia de ser de 0,2 h⁻¹. D'aquesta manera i aplicant un tipus de filtre "high", que permet el pas de les altes freqüències, hem netejat l'espectre.
- Finalment hem obtingut la sèrie filtrada sobre la que hem realitzat els anàlisis definitius.

APÈNDIX E. SEIXES A LA BADIA DEL FANGAR

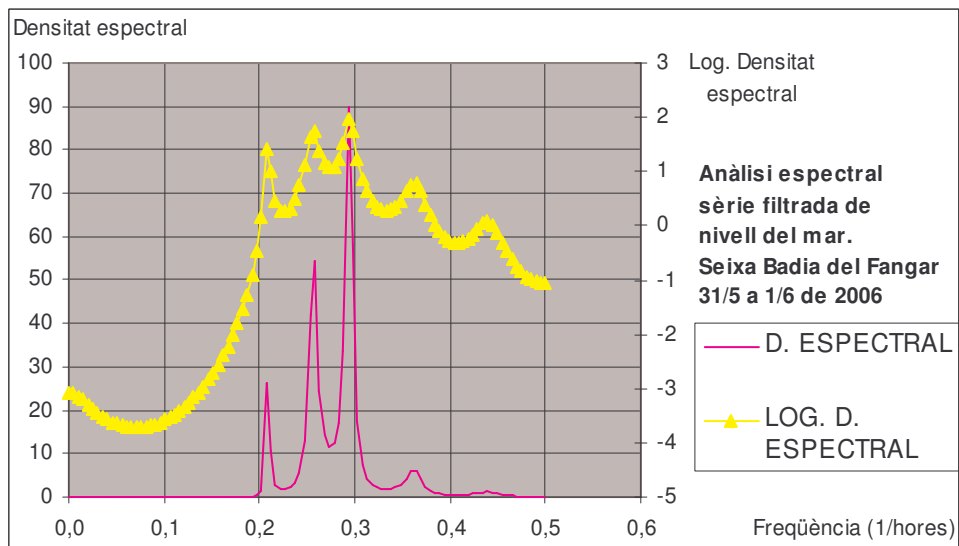
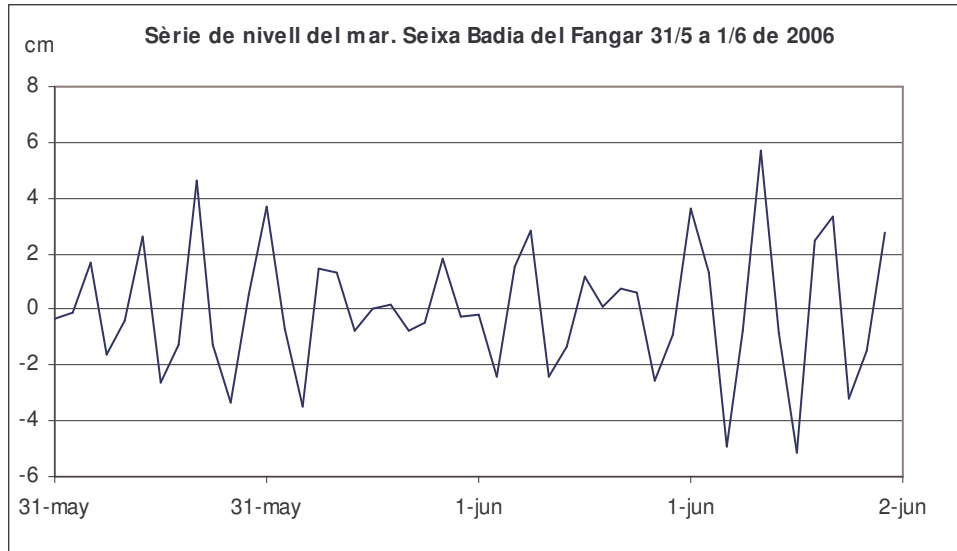
Seguidament s'adjunten els resultats de l'estudi de les sèries de nivell del mar realitzats a totes les seixes localitzades a la Badia del Fangar durant els anys 2005 i 2006.

El primer gràfic correspon a la variació del nivell del mar durant el període de seixa i el segon es tracta de l'anàlisi espectral realitzat al nivell del mar per localitzar el període d'oscil·lació natural de la badia.

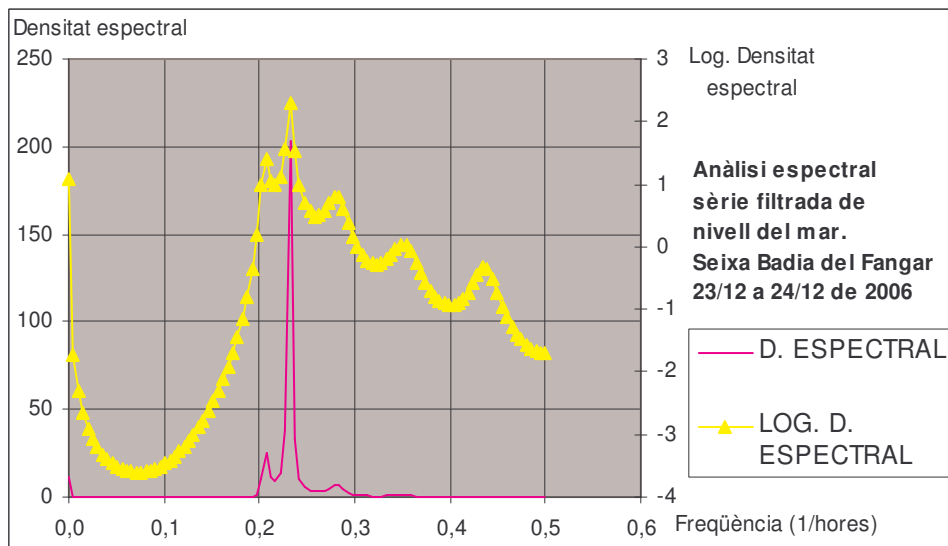
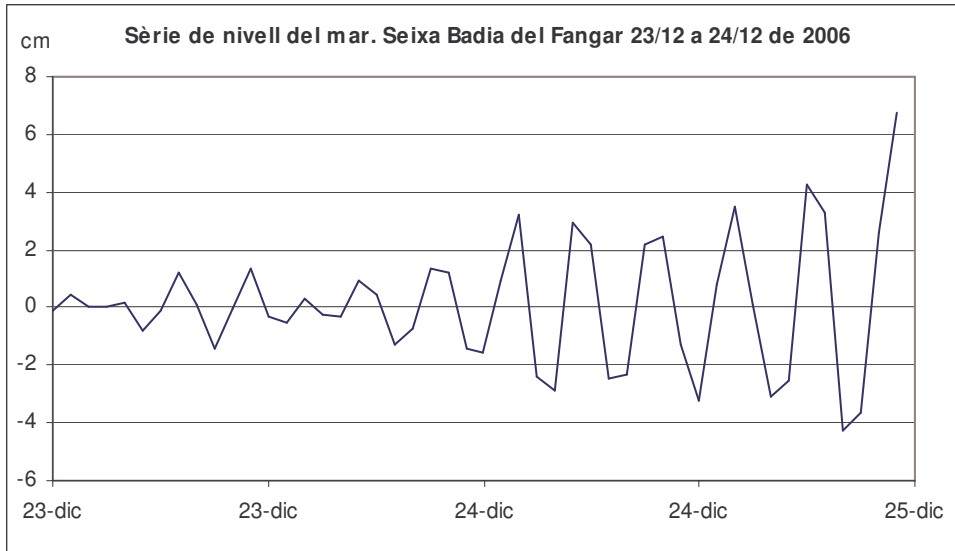
Seixa de 4/10 a 6/10 de 2005



Seixa de 31/5 a 1/6 de 2006



Seixa de 23/12 a 24/12 de 2006

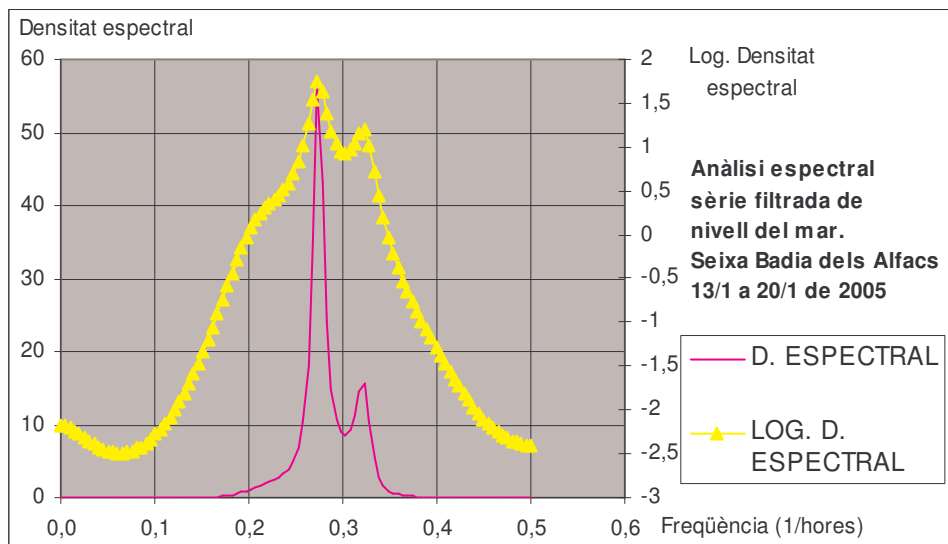
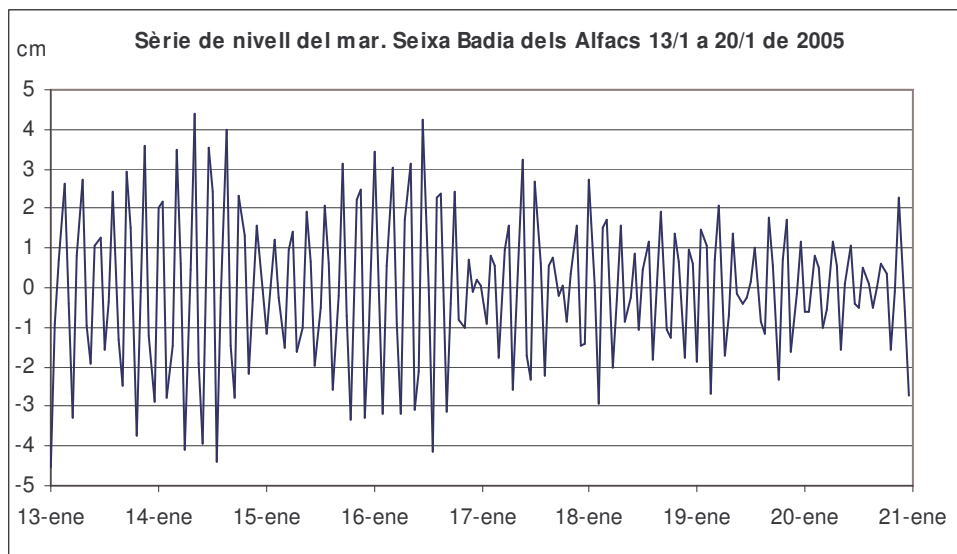


APÈNDIX F. SEIXES A LA BADIA DELS ALFACS

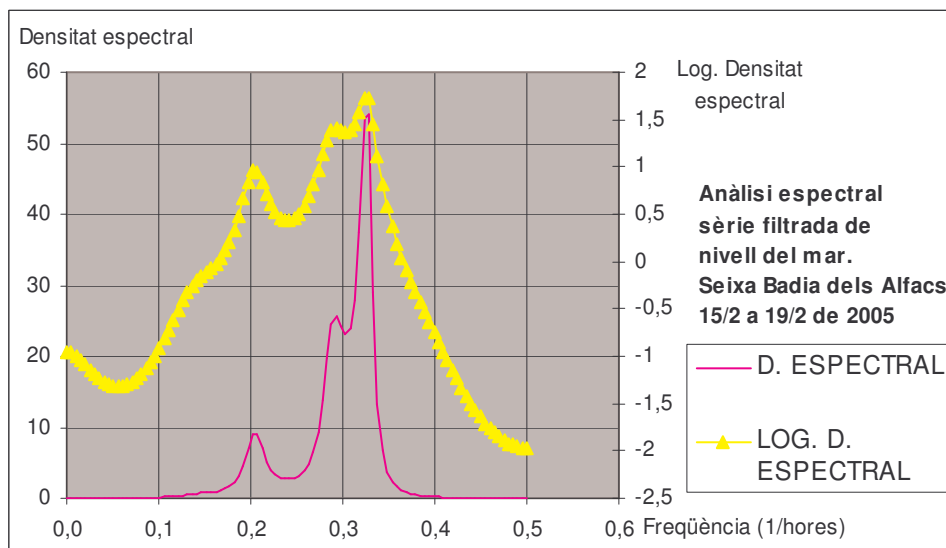
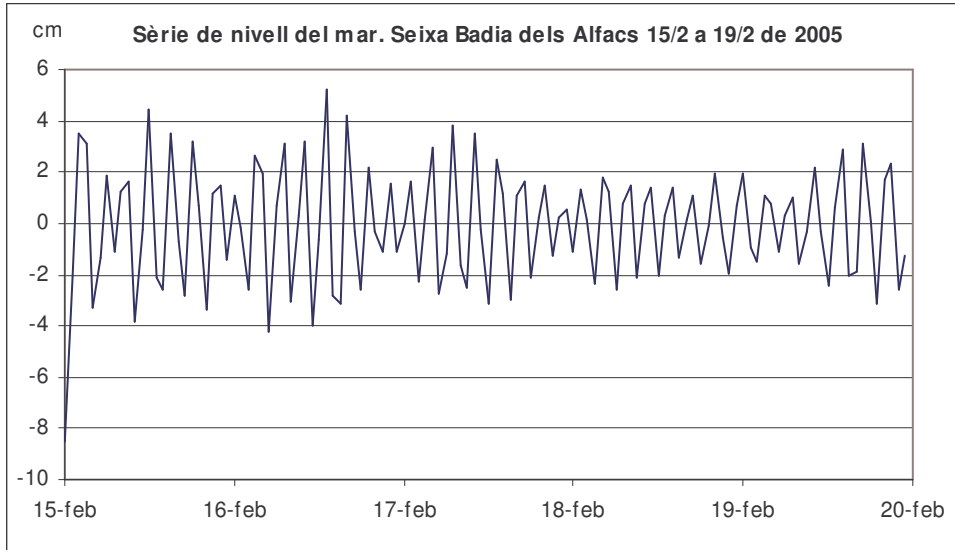
Seguidament s'adjunten els resultats de l'estudi de les sèries de nivell del mar realitzats a totes les seixes localitzades a la Badia dels Alfacs durant els anys 2005 i 2006.

El primer gràfic correspon a la variació del nivell del mar durant el període de seixa i el segon es tracta de l'anàlisi espectral realitzat al nivell del mar per localitzar el període d'oscil·lació natural de la badia.

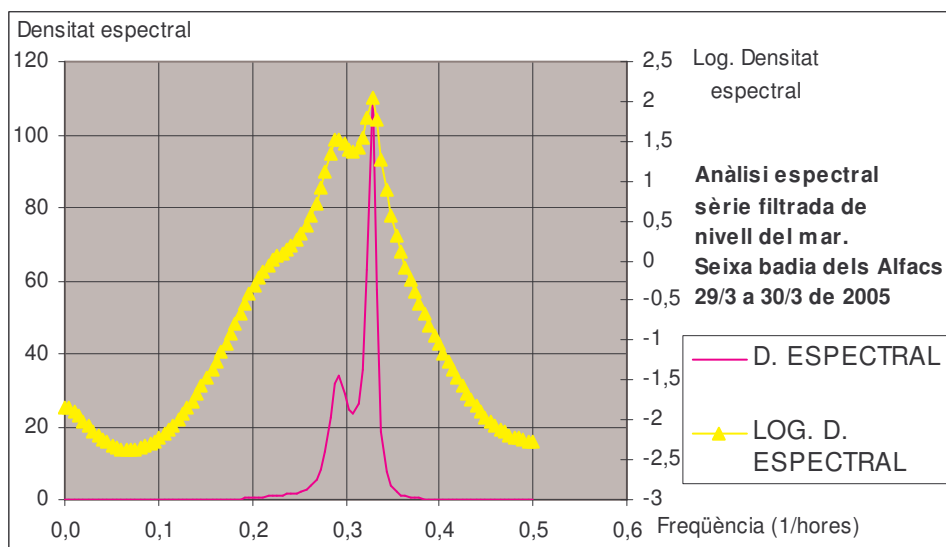
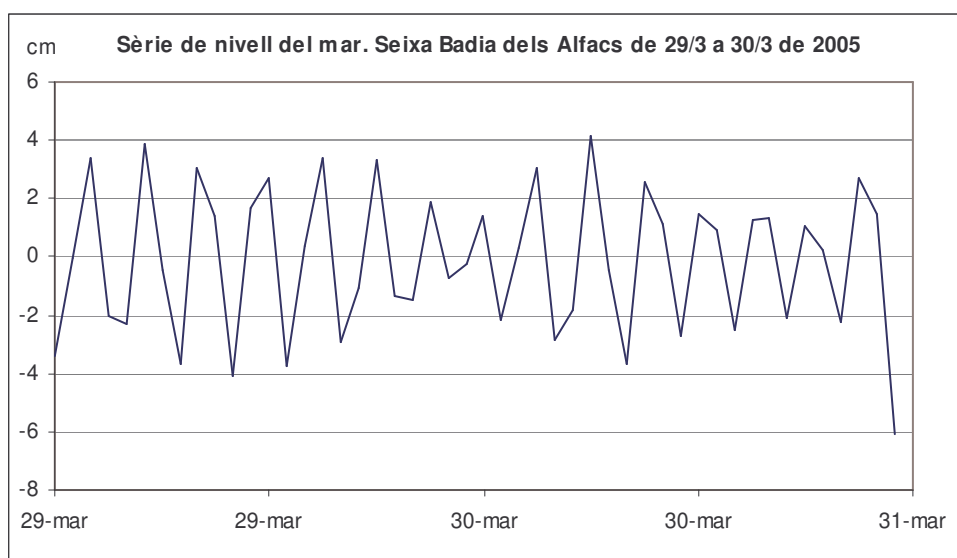
Seixa de 13/1 a 20/1 de 2005



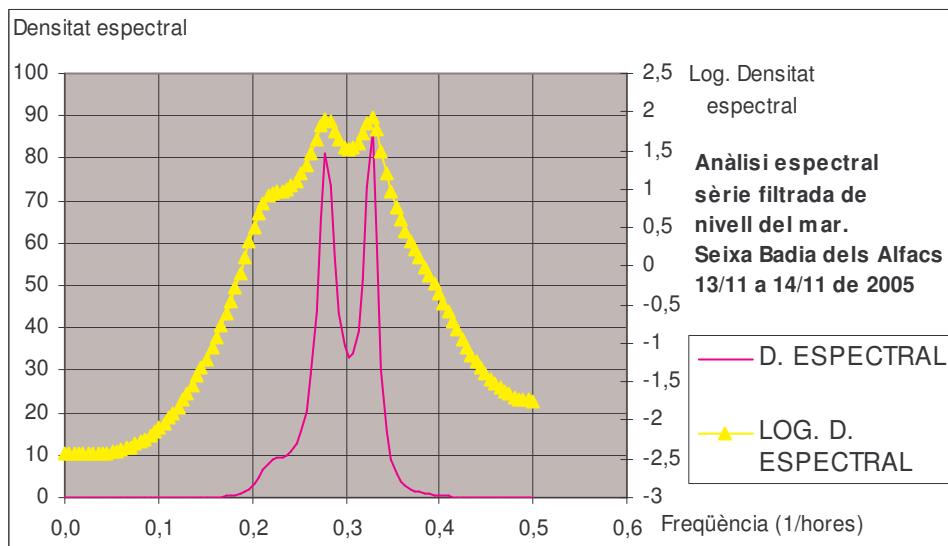
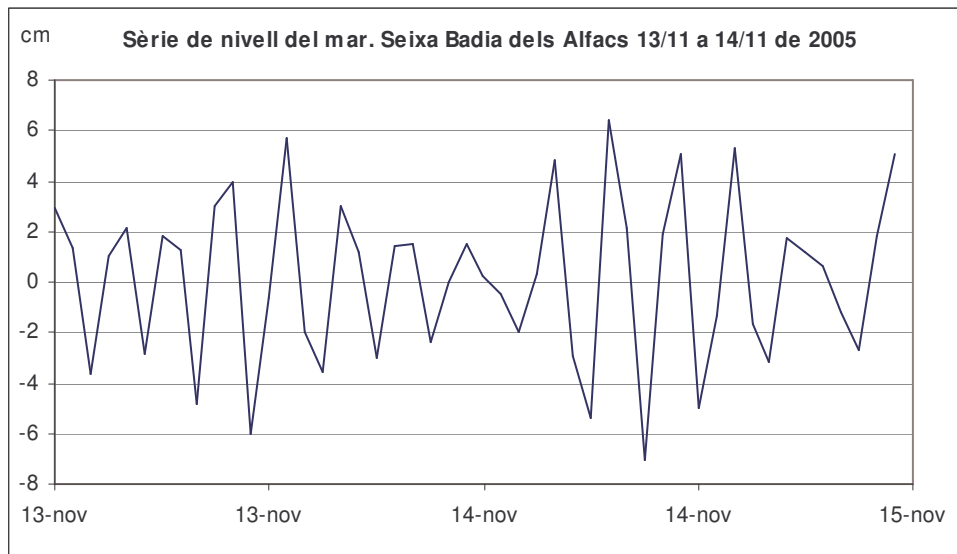
Seixa de 15/2 a 19/2 de 2005



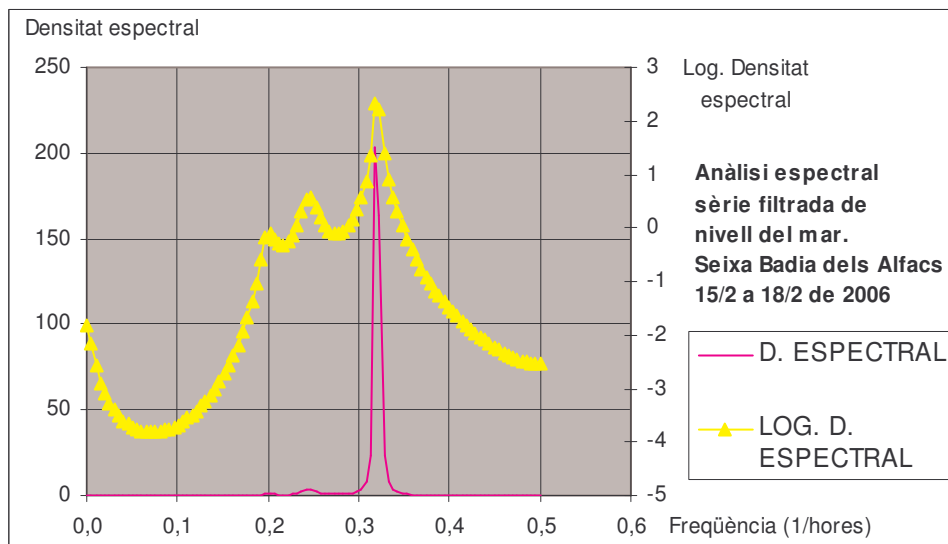
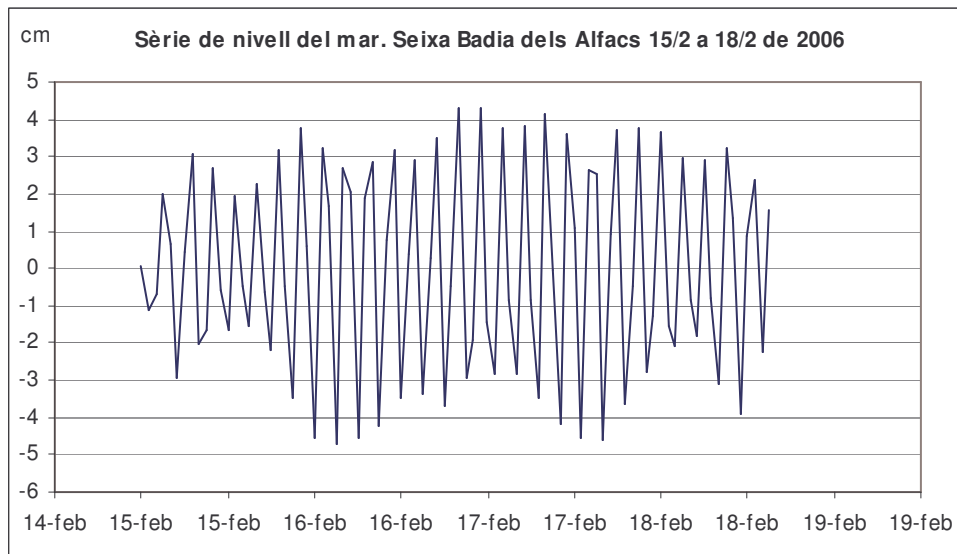
Seixa de 29/3 a 30/3 de 2005



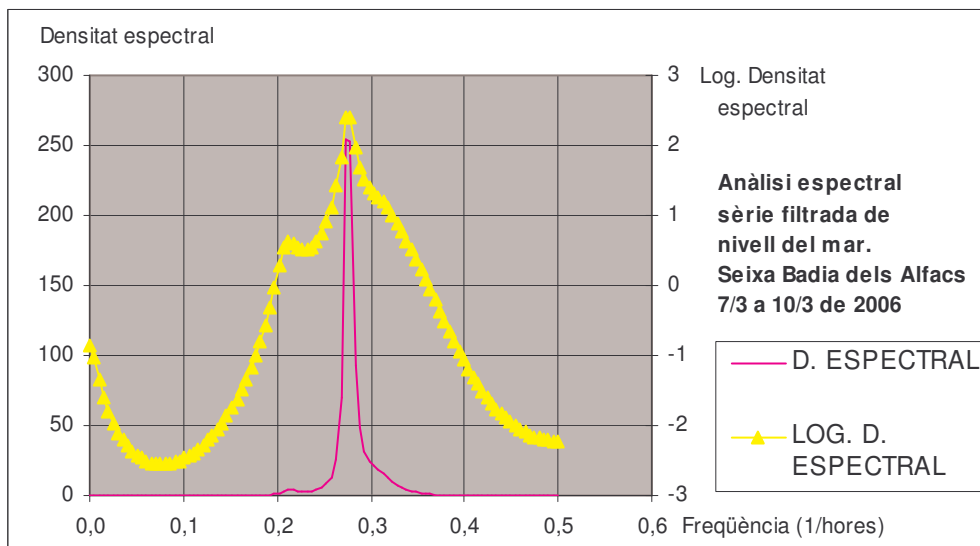
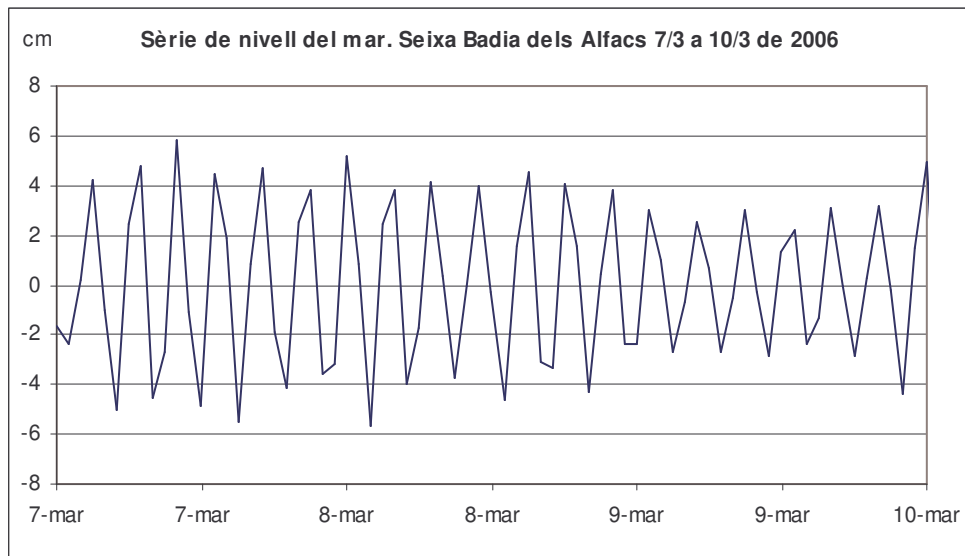
Seixa de 13/11 a 14/11 de 2005



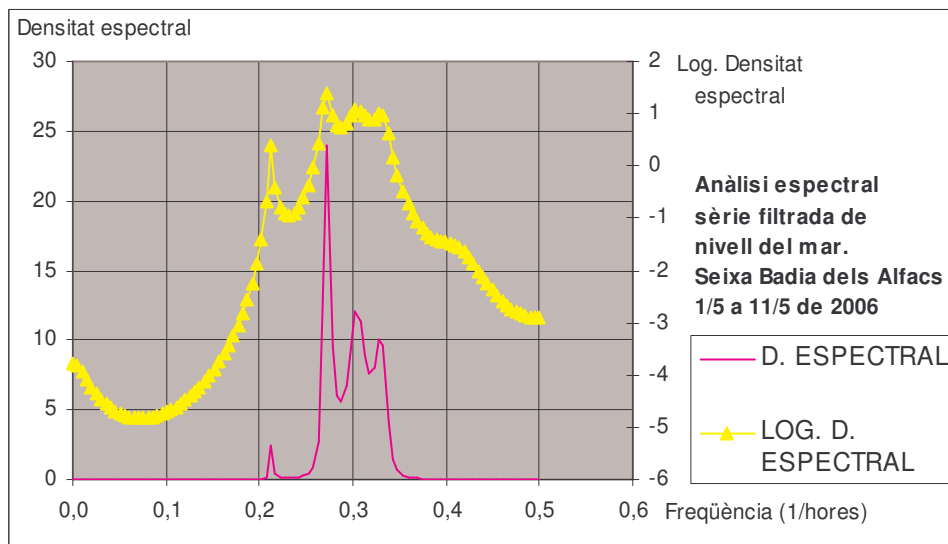
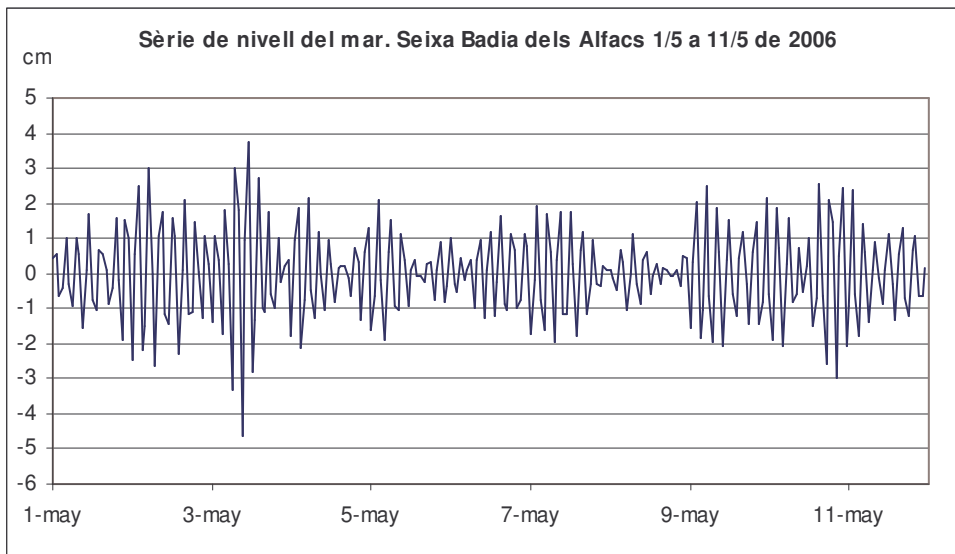
Seixa de 15/2 a 18/2 de 2006



Seixa de 7/3 a 10/3 de 2006



Seixa de 1/5 a 11/5 de 2006



Seixa de 10/7 a 115/7 de 2006

