



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS

## INFORME TÉCNICO

para

**Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**  
Secretaría de Estado de Medio Ambiente  
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

### **4.4 - ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL, DEFENSA Y PROPUESTA DE MEJORA EN LAS PLAYAS CON PROBLEMAS:**

### **ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME**

INFORME PARCIAL

Clave CEDEX: 22-410-5-001

Madrid, noviembre de 2013

**Centro de Estudios de Puertos y Costas**





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA,  
ALIMENTACIÓN Y  
MEDIO AMBIENTE

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS

## **INFORME TÉCNICO**

para

**Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**

Secretaría de Estado de Medio Ambiente

Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

### **4.4 - ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL, DEFENSA Y PROPUESTA DE MEJORA EN LAS PLAYAS CON PROBLEMAS:**

### **ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME**

INFORME PARCIAL

Clave CEDEX: 22-410-5-001

Madrid, noviembre de 2013

---

**Centro de Estudios de Puertos y Costas**





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA,  
ALIMENTACIÓN Y  
MEDIO AMBIENTE



TÍTULO:

**4.4 - ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL, DEFENSA Y  
PROPUESTA DE MEJORA EN LAS PLAYAS CON PROBLEMAS:  
ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME**

INFORME PARCIAL

CLIENTE:

Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

EL PRESENTE INFORME CONSTITUYE UN DOCUMENTO OFICIAL DE ESTE TRABAJO Y, DE ACUERDO CON LAS NORMAS GENERALES DEL ORGANISMO, SU ENTREGA SUPONE EL CUMPLIMIENTO DE LAS ACTUACIONES TÉCNICAS DEL MISMO REFERENTES A LA MATERIA OBJETO DEL INFORME.

**VALIDEZ OFICIAL**

VISTO EL CONTENIDO DEL INFORME Y SIENDO ACORDE CON LAS CLAUSULAS DEL CONVENIO DE COLABORACION CORRESPONDIENTE, SE PROPONE AUTORIZAR SU EMISIÓN.

EL DIRECTOR DEL CENTRO  
DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS

Fdo. José María Grassa Garrido.

AUTORIZA LA EMISIÓN DEL INFORME:

Madrid, a 29 de noviembre de 2013

EL DIRECTOR DEL CEDEX

Fdo. Mariano Navas Gutiérrez



SÓLO SON INFORMES OFICIALES DEL CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX) LOS REFRENDADOS POR SU DIRECCIÓN.



## 4.4 - ESTUDIO DE LA DINÁMICA LITORAL, DEFENSA Y PROPUESTA DE MEJORA EN LAS PLAYAS CON PROBLEMAS:

### ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME (Informe parcial)

(CLAVE CEDEX: 22-410-5-001)

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>1.1 Objetivo .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.2 Antecedentes .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| <b>1.3 Bases, fuentes y soporte técnico de este informe .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>1.4 Actuaciones en el tramo de costa .....</b>                  | <b>16</b> |
| 1.4.1 Principales actuaciones.....                                 | 16        |
| 1.4.2 Seguimiento de las actuaciones .....                         | 19        |
| <b>1.5 Estructura del informe técnico .....</b>                    | <b>21</b> |
| <b>2. ESTUDIO MORFOLÓGICO DEL TRAMO DE COSTA DEL MARESME .....</b> | <b>22</b> |
| <b>2.1 Descripción geomorfológica del entorno litoral .....</b>    | <b>22</b> |
| <b>2.2 Unidades fisiográficas-sistemas litorales .....</b>         | <b>23</b> |
| 2.2.1 Unidades fisiográficas .....                                 | 23        |
| 2.2.2 División de las unidades fisiográficas .....                 | 24        |
| <b>2.3 Obras más importantes .....</b>                             | <b>25</b> |
| 2.3.1 Obras portuarias.....  | 25        |
| 2.3.1.1 Puerto de Arenys de Mar.....                               | 25        |
| 2.3.1.2 Puerto de El Balis.....                                    | 25        |
| 2.3.1.3 Puerto de Mataró .....                                     | 26        |
| 2.3.1.4 Puerto de Premià de Mar .....                              | 27        |
| 2.3.1.5 Puerto de El Masnou .....                                  | 27        |
| 2.3.2 Obras costeras .....   | 28        |
| 2.3.2.1 Obras costeras entre Malgrat y Arenys de Mar .....         | 28        |
| 2.3.2.2 Obras costeras entre Arenys de Mar y Mataró .....          | 29        |
| 2.3.2.3 Obras costeras entre Mataró y Mongat.....                  | 29        |
| <b>2.4 Descripción de las playas .....</b>                         | <b>30</b> |
| 2.4.1 Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar .....                  | 32        |
| 2.4.1.1 Playa de Malgrat.....                                      | 33        |
| 2.4.1.2 Playa de Santa Susana .....                                | 33        |
| 2.4.1.3 Playa de Pineda .....                                      | 33        |
| 2.4.1.4 Playa de Calella .....                                     | 33        |
| 2.4.1.5 Playa de La Viñeta .....                                   | 33        |
| 2.4.1.6 Playa de la Roca Grossa .....                              | 34        |
| 2.4.1.7 Playa de El Morés y La Playola .....                       | 34        |
| 2.4.1.8 Playa de Grau .....  | 34        |
| 2.4.1.9 Playa de El Farell .....                                   | 34        |
| 2.4.1.10 Playa de la Mutra y playa de Rocas Blancas .....          | 34        |
| 2.4.1.11 Playa de Canet de Mar.....                                | 34        |
| 2.4.2 Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró .....             | 35        |
| 2.4.2.1 Playa de Cabayó .....                                      | 35        |



CEDEX

|   |           |
|---|-----------|
| 2.4.2.2 Playa de Arenys de Mar, playa Larga y playa La Musclera.....  | 35        |
| 2.4.2.3 Playa de Caldas de Estrach (Caldes d'Estrac) y playa de San Vicente de Montalt (Sant Vicenç de Montalt) ..... | 36        |
| 2.4.2.4 Playa de San Andrés de Llavaneras (Sant Andreu de Llavaneres).....  | 36        |
| 2.4.3 Puerto de Mataró – Mongat.....  | 36        |
| 2.4.3.1 Playa de Mataró .....   | 37        |
| 2.4.3.2 Playa de Cabrera .....  | 37        |
| 2.4.3.3 Playa de Vilassar.....  | 37        |
| 2.4.3.4 Playa de Premia.....  | 38        |
| 2.4.3.5 Playa de Masnou .....   | 38        |
| 2.4.3.6 Playa de Mongat.....  | 38        |
| 2.4.4 Mongat – San Adrián de Besós.....   | 38        |
| 2.4.4.1 Playa de Badalona.....  | 39        |
| 2.4.4.2 Playa de Besós .....  | 39        |
| <b>2.5 Plataforma costera .....</b>   | <b>40</b> |
| <b>2.6 Red fluvial .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>3. CLIMA MARÍTIMO .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>3.1 Oleaje.....</b>  | <b>44</b> |
| 3.1.1 Fuentes de datos de oleaje .....  | 44        |
| 3.1.1.1 Datos de oleaje de los informes técnicos del CEDEX .....  | 44        |
| 3.1.1.1.1 Los datos de oleaje visuales provenientes del N.C.D.C. ....   | 45        |
| 3.1.1.1.2 La red de registros de oleaje de la R.E.M.R.O. ....   | 45        |
| 3.1.1.1.3 La red de registros de oleaje de la Generalitat de Catalunya.....   | 46        |
| 3.1.1.2 Datos de oleaje del estudio de GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria .....                              | 47        |
| 3.1.1.2.1 Datos de las boyas .....  | 47        |
| 3.1.1.2.2 Datos de previsión del programa WANA.....   | 47        |
| 3.1.1.3 Datos de oleaje del estudio de la Estrategia de Sostenibilidad de la Costa .....                              | 48        |
| 3.1.1.4 Datos de oleaje de Puertos del Estado.....  | 48        |
| 3.1.1.5 Datos de oleaje del estudio de la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM) .....                            | 48        |
| 3.1.1.5.1 Datos de las observaciones visuales .....   | 49        |
| 3.1.1.5.2 Datos de los registros de las boyas .....   | 49        |
| 3.1.2 Análisis de los datos de oleaje .....   | 49        |
| 3.1.2.1 Análisis de los datos de los informes técnicos del CEDEX .....  | 49        |
| 3.1.2.2 Análisis de los datos del estudio de GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria .....                        | 51        |
| 3.1.2.3 Análisis de los datos del Estudio de Sostenibilidad de la Costa de PROINTEC.....                              | 53        |
| 3.1.2.4 Análisis de los datos de oleaje de Puertos del Estado .....   | 55        |
| 3.1.2.4.1 Análisis de los datos altura de ola de la rosa de oleaje .....  | 55        |
| 3.1.2.4.2 Análisis de los datos altura vs período .....   | 57        |
| 3.1.2.5 Resumen de los datos de Puertos del Estado.....   | 58        |
| 3.1.2.6 Análisis de los datos del estudio de la Universidad de Catalunya.....   | 58        |
| 3.1.3 Análisis de los datos extremales de oleaje .....  | 59        |
| 3.1.3.1 Análisis de los datos de GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria .....                                    | 59        |
| 3.1.3.2 Análisis de los datos extremales de oleaje de Puertos del Estado .....  | 60        |
| 3.1.3.3 Resumen de las alturas máximas.....   | 61        |
| 3.1.4 Caracterización del oleaje en el tramo de costa .....   | 61        |
| 3.1.4.1 Direcciones de oleaje .....   | 61        |
| 3.1.4.2 Altura de ola significativa .....   | 62        |
| <b>3.2 Viento.....</b>  | <b>62</b> |
| 3.2.1 Datos de viento de los informes técnicos del CEDEX .....  | 62        |
| 3.2.2 Datos de viento de Puertos del Estado .....   | 62        |
| 3.2.2.1 Análisis de los datos de viento de la rosa de oleaje.....   | 63        |
| 3.2.2.2 Análisis de los histogramas de viento .....   | 64        |
| 3.2.3 Análisis de los datos extremales de viento .....  | 66        |
| 3.2.4 Caracterización del viento en el tramo de costa .....   | 67        |





|   |            |
|---|------------|
| <b>3.3 Corrientes .....</b>   | <b>67</b>  |
| 3.3.1 Corrientes generales .....  | 67         |
| 3.3.2 Corrientes locales inducidas por el viento.....   | 67         |
| 3.3.3 Corrientes inducidas por el oleaje.....   | 67         |
| <b>3.4 Variaciones del nivel del mar .....</b>  | <b>68</b>  |
| 3.4.1 Variaciones del nivel del mar de los informes técnicos del CEDEX .....  | 68         |
| 3.4.2 Variaciones del nivel del mar de Puertos del Estado.....  | 68         |
| 3.4.3 Cambio climático .....  | 69         |
| <b>4. DINÁMICA LITORAL .....</b>  | <b>70</b>  |
| <b>4.1 Fuentes y naturaleza de los sedimentos .....</b>   | <b>70</b>  |
| 4.1.1 Fuentes y sumideros de sedimentos .....   | 70         |
| 4.1.2 Caracterización de los sedimentos .....   | 72         |
| 4.1.2.1 Fuentes de datos de los informes técnicos del CEDEX.....  | 72         |
| 4.1.2.1.1 Sedimentos en el sector 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar .....  | 72         |
| 4.1.2.1.2 Sedimentos en el sector 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró.....  | 74         |
| 4.1.2.1.3 Sedimentos en el sector 3: Puerto de Mataró - Mongat .....  | 74         |
| 4.1.2.2 Fuentes de datos de GRECCAT, S.L y la Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria).....               | 77         |
| <b>4.2 Propagación de oleaje .....</b>  | <b>78</b>  |
| 4.2.1 Fuentes de datos para caracterizar la propagación de oleaje .....   | 78         |
| 4.2.2 Modelos de propagación de oleaje .....  | 79         |
| 4.2.2.1 Modelo de propagación empleado en los informes técnicos del CEDEX .....   | 79         |
| 4.2.2.2 Modelo de propagación de oleaje del estudio de GRECCAT, S. L.....   | 79         |
| 4.2.3 Propagación de oleaje.....  | 80         |
| 4.2.3.1 Propagación de oleaje según los informes técnicos del CEDEX.....  | 81         |
| 4.2.3.1.1 Puertos de Arenys de Mar y de El Balís, con dirección Este .....  | 81         |
| 4.2.3.1.2 Puertos de Arenys de Mar, El Balís y Mataró, con dirección Sur 30° Oeste (SSW).....                                 | 83         |
| 4.2.3.1.3 Puertos de Mataró, Premiá y de El Masnou dirección Este .....   | 86         |
| 4.2.3.1.4 Puertos de Premiá y de El Masnou dirección Sur 30° Oeste, SSW.....  | 88         |
| 4.2.3.2 Propagación de oleaje según el estudio de GRECCAT, S.L. y la Fundación Torres Quevedo (U. Cantabria).....             | 90         |
| 4.2.4 Resumen de las propagaciones de oleaje.....   | 92         |
| <b>4.3 Transporte sólido litoral .....</b>  | <b>92</b>  |
| 4.3.1 Fuentes de datos.....   | 92         |
| 4.3.2 Transporte sólido litoral de los informes técnicos del CEDEX.....   | 92         |
| 4.3.2.1 Cálculo teórico del transporte longitudinal.....  | 93         |
| 4.3.2.1.1 Transporte longitudinal: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar .....  | 95         |
| 4.3.2.1.2 Transporte longitudinal: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró .....   | 96         |
| 4.3.2.1.3 Transporte longitudinal: Puerto de Mataró – Mongat.....   | 97         |
| 4.3.2.2 Transporte transversal .....  | 99         |
| 4.3.3 Transporte sólido litoral del estudio realizado por GRECCAT, S.L. y la Fundación Torres Quevedo (U. De Cantabria) ..... | 99         |
| 4.3.4 Transporte sólido litoral del informe realizado por IH Cantabria.....   | 101        |
| 4.3.5 Caracterización del transporte sólido litoral a lo largo de la costa del Maresme.....                                   | 101        |
| <b>4.4 Comportamiento del perfil y profundidad de cierre en las costas del Maresme.....</b>                                   | <b>103</b> |
| 4.4.1 Perfil de playa.....  | 103        |
| 4.4.2 Profundidad de cierre en las costas del Maresme .....   | 103        |
| 4.4.2.1 Profundidad de cierre a largo término: Playa Norte de Mataró .....  | 105        |
| 4.4.2.2 Profundidad de cierre a corto término: Playa de Masnou-Mongat .....   | 106        |
| 4.4.2.3 Profundidad de cierre a corto término: Playa de Pineda de Mar-Santa Susana .....                                      | 108        |
| 4.4.2.4 Profundidad de cierre a corto término: Playa de Malgrat .....   | 110        |
| <b>4.5 Balance sedimentario .....</b>   | <b>111</b> |
| 4.5.1 Concepto de balance sedimentario.....   | 111        |
| 4.5.2 Balance sedimentario según los informes técnicos del CEDEX.....   | 112        |



|   |            |
|---|------------|
| 4.5.2.1 Balance sedimentario en el sector 1 (Malgrat-Arenys de Mar).....                          | 114        |
| 4.5.2.2 Balance sedimentario en el sector 2 (Arenys de Mar-Mataró).....                           | 117        |
| 4.5.2.3 Balance sedimentario en el sector 3 (Mataró-Mongat).....                                  | 119        |
| 4.5.2.4 Balance sedimentario en el sector 4 (Masnou-Sant Adriá de Besos).....                     | 121        |
| 4.5.3 Balance sedimentario según el estudio de GRECCAT S.L. y la Universidad de Cantabria.....    | 122        |
| 4.5.4 Balance sedimentario según el estudio de la Universitat Politecnica de Catalunya (LIM)..... | 123        |
| <b>4.6 Estructura compleja en planta de la costa del Maresme .....</b>                            | <b>124</b> |
| <b>5. EVOLUCIÓN DE LA COSTA DEL MARESME.....</b>  | <b>126</b> |
| <b>5.1 Evolución histórica de la línea de costa del Maresme .....</b>                             | <b>126</b> |
| <b>5.2 Evolución reciente de la costa del Maresme .....</b>                                       | <b>133</b> |
| 5.2.1 Fuentes de información para caracterizar la evolución reciente de la costa .....            | 133        |
| 5.2.2 Fuentes del CEDEX .....   | 133        |
| 5.2.2.1 Planos de evolución de la línea de costa.....   | 133        |
| 5.2.2.2 Seguimiento de las actuaciones realizadas en el Maresme.....                              | 134        |
| 5.2.2.3 Fotografías aéreas verticales de proyección estereoscópica.....                           | 135        |
| 5.2.3 Fuentes de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar .....               | 135        |
| 5.2.4 Fuente del Institut Cartogràfic de Catalunya .....  | 136        |
| 5.2.5 Fuentes de la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM).....                               | 136        |
| 5.2.5 Evolución general de la costa del Maresme .....   | 139        |
| 5.2.6 Evolución en el sector 1: río Tordera – puerto de Arenys de Mar .....                       | 139        |
| 5.2.6.1 Evolución de la playa de Malgrat.....   | 140        |
| 5.2.6.2 Evolución de la playa de Santa Susana .....   | 143        |
| 5.2.6.3 Evolución de la playa de Pineda de Mar .....  | 145        |
| 5.2.6.4 Evolución de la playa de Calella de Mar.....  | 147        |
| 5.2.6.5 Evolución de las playas de San Pol de Mar.....  | 148        |
| 5.2.6.5.1 Playas de Morés y la Playola.....   | 150        |
| 5.2.6.5.2 Playas de San Pol y del Grau.....   | 150        |
| 5.2.6.5.3 Playa de Farell.....  | 151        |
| 5.2.6.5.4 Playa de Murta .....  | 152        |
| 5.2.6.6 Evolución de la playa de Canet de Mar.....  | 152        |
| 5.2.6.7 Evolución de la playa de Arenys de Mar .....  | 154        |
| 5.2.7 Evolución en el sector 2: puerto de Arenys de Mar – puerto de Mataró.....                   | 158        |
| 5.2.7.1 Evolución de las playas de Arenys de Mar .....  | 159        |
| 5.2.7.2 Evolución de las playas de Caldas de Estrach.....   | 161        |
| 5.2.7.3 Evolución de las playas de San Vicente de Montalt.....                                    | 161        |
| 5.2.7.4 Evolución de las playas de San Andrés de Llavaneras.....                                  | 162        |
| 5.2.7.5 Evolución de las playas de Mataró.....  | 166        |
| 5.2.8 Evolución en el sector 3: puerto de Mataró – espigón de Mongat.....                         | 170        |
| 5.2.8.1 Evolución de las playas de Mataró.....  | 171        |
| 5.2.8.2 Evolución de la playa de Cabrera de Mar .....   | 172        |
| 5.2.8.3 Evolución de la playa de San Juan de Vilassar .....                                       | 174        |
| 5.2.8.4 Evolución de las playas de Premiá de Mar.....   | 177        |
| 5.2.8.5 Evolución de las playas de Masnou .....   | 181        |
| 5.2.8.6 Evolución de la playa de Mongat.....  | 186        |
| <b>6. ZONAS CON PROBLEMAS Y VARIABLES QUE LAS DEFINEN .....</b>                                   | <b>189</b> |
| <b>6.1 Fases del análisis y actuaciones futuras.....</b>  | <b>189</b> |
| <b>6.2 Visión global de comportamiento de la costa.....</b>                                       | <b>189</b> |
| <b>7. CONCLUSIONES .....</b>  | <b>195</b> |

## ANEJOS:

A-I: Referencias bibliográficas

## 1. **INTRODUCCIÓN**

### 1.1 **OBJETIVO**

El presente informe técnico se redacta a solicitud de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, dentro del marco de cooperación plasmado en el convenio de colaboración entre la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar y el Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, mediante un acuerdo para la Encomienda de Gestión para la realización de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico.

El objetivo del trabajo se centra en estudiar todo el frente costero del Maresme, costa norte de Barcelona, basándose para ello en todos los trabajos y datos efectuados en la zona. Una vez realizado esto; detectar las zonas con problemas y vislumbrar una solución de alcance, analizando las soluciones que otros trabajos han propuesto, teniendo en cuenta las variables que conforman el problema, incluyendo entre ellas la urbanización que se asienta en la zona y los múltiples valores paisajísticos, ambientales y de todo tipo del área.

Este trabajo se acometería en dos fases:

- En la primera Fase: se abordaría la definición y recopilación de la información existente para identificar el estado y comportamiento de la costa del Maresme; con todas las herramientas necesarias para conocer los problemas costeros que presenta esta costa.
- En segunda Fase: se plantearían las actuaciones, se priorizarían estas y se marcarían los ritmos de ejecución. Proponiendo la elaboración de un programa de seguimiento.

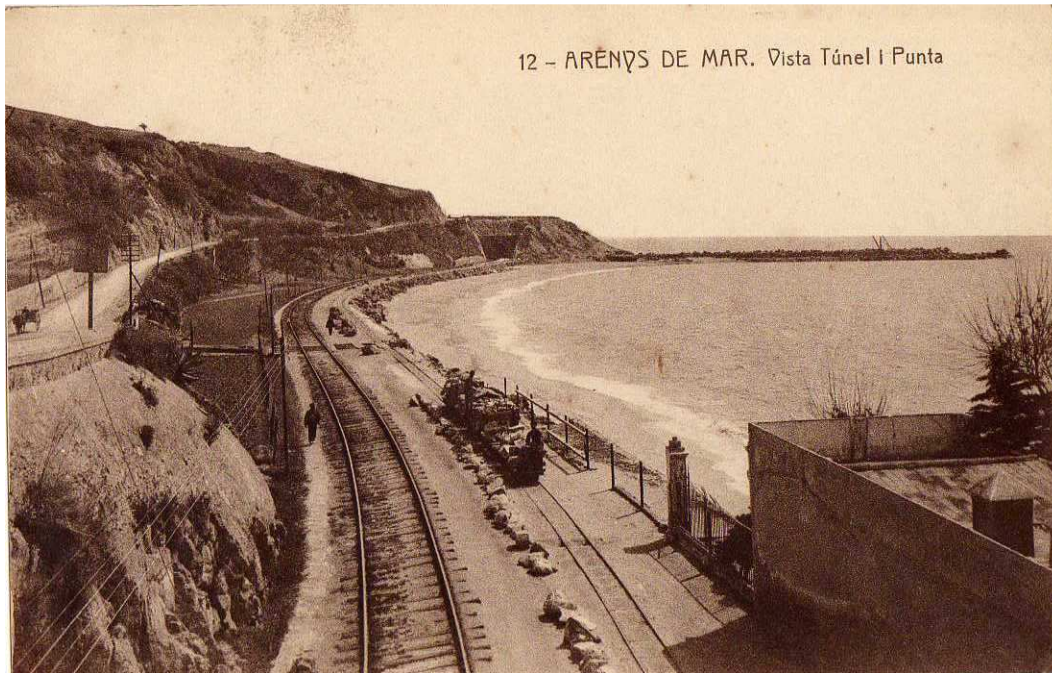
Formalmente, los puntos a desarrollar en este informe que contendría toda la fase I, se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Estudio morfológico de la costa del Maresme
2. Clima marítimo: oleaje, viento y variaciones del nivel del mar
3. Dinámica litoral
4. Evolución de la costa
5. Zonas con problemas y variables que lo definen

### 1.2 **ANTECEDENTES**

La costa del Maresme discurre desde la desembocadura del río Tordera hasta Mongat. A lo largo de la historia este tramo de costa ha ido sufriendo continuas transformaciones. El 28 de octubre de 1848 se construyó la primera línea de ferrocarril en la España peninsular entre Barcelona y Mataró que discurría, y discurre a lo largo de la costa; dejando escasamente la playa original entre las vías y el mar. Esta situación se mantuvo más o menos estable mientras las condiciones del medio costero no se transformaron. En el año 1920 el constructor Francisco Soler y Miró comenzó las obras del puerto de Arenys de Mar; pero las obras se paralizan en 1931 ya que la empresa constructora quiebra.

El estado en que quedaron las obras exteriores era parecido a un espigón costero. Las fotos de la época nos muestran una playa constreñida entre las vías del tren el escollerado de éstas y el mar, apoyándose sobre el comienzo de ese puerto.



*Figura 1.1: Estado del puerto de Arenys de Mar y playa en los años 20 del pasado siglo, según una postal de la época*

En el año 1947 se reanudaron las obras del puerto que finalizaron definitivamente en el año 1961. Entonces ya se había creado el primero de los frenos al transporte sólido litoral proveniente del río Tordera principalmente.

A estas obras portuarias le siguieron las del puerto de Masnou en 1972, el puerto de Premiá de Mar en 1973 y el puerto del Balís en 1972. Todos los puertos iban reteniendo gran cantidad de sedimento.



*Figura 1.2: Estado de las playas inmediatamente al sur del puerto de Arenys en 1976 (PIDU 1976)*



Figura 1.3: Estado de las playas inmediatamente al norte del puerto de Arenys en 1976 (PIDU 1976)



Figura 1.4: Plano esquemático de las barreras al transporte de sedimentos, obras de defensa costera y dirección del transporte litoral de sedimentos (MOPU 1985)

La costa, al sur del puerto de Arenys de mar se fue deteriorando cada vez más, y al norte la falta de aportes del río Tordera hacía que las playas, especialmente de Malgrat se encontrasen en estado erosivo. En ese estado de cosas, el entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo promovió un ambicioso plan de estudio y recuperación de la costa, denominado "Política de Costas. El Plan de Actuaciones 1983-1990" que contemplaba la regeneración de diversas playas del Maresme.

## Regeneración de las playas del Maresme (Barcelona).



Zona sur de Premià de Mar.



Zona sur de Premià de Mar.

160

## Planta de la obra.



## OBJETO DE LA ACTUACION:

La actuación en este tramo de costa consiste en regenerar artificialmente las condiciones naturales que tuvieron estas playas, mediante una aportación inicial masiva de arena y una alimentación periódica permanente, para suplir la arena que el oleaje transporta hasta el S.O.

El resultado final es una playa abierta, con su aspecto natural, y sin obras de escolera que entorpezcan la visión del horizonte.

161

Figura 1.5: Página del libro sobre "Política de Costas. El Plan de Actuaciones 1983-1990" que contemplaba la regeneración de las playas del Maresme (MOPU 1985)

La ejecución de estas actuaciones se llevaron a cabo a lo largo de 1986, vertiendo una cantidad significativa de material en dos zonas del Maresme: Al norte en las playas de Malgrat y Santa Susana, y al sur entre el espigón de Mongat y Premià de Mar –las fechas y cantidades de estas actuaciones se muestran en el apartado 1.4 de este capítulo dedicado específicamente a ello-.

Estas importantes actuaciones implicaron el seguimiento de la evolución que se iba produciendo en ambos frentes costeros del Maresme. Para ello, la entonces Dirección General de Puertos y Costas encargó al CEDEX la realización de diversas campañas batimétricas y evaluación de la evolución que se iba produciendo a lo largo de las playas regeneradas. A continuación se muestra las fichas que hizo esa dirección general para la publicación de actuaciones en 1986.

Costas

Inversiones realizadas

REGENERACION DE LAS PLAYAS DEL MARESME: TRAMO DE MALGRAT (BARCELONA)

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>DESCRIPCION DE LA OBRA</b> | <p>Este tramo situado al sur de la principal fuente de sedimentos de las playas del Maresme sufrió un rápido proceso de degeneración ante la acción de un fuerte temporal que hizo retroceder la costa unos cuantos metros, hace ya bastantes años. En condiciones normales este tipo de erosiones se recuperan, aunque lentamente, con la llegada de los oleajes de largo período y poca altura que tienen lugar en verano. Sin embargo en la costa de Malgrat se adoptaron una serie de medidas (escollero longitudinal, espigones, etc.) que impiden la sedimentación natural de la arena en la costa y provocan la formación de una importante barra sumergida unos cuantos metros mar adentro.</p> <p>La actuación llevada a cabo por el MOPU supone la regeneración de las condiciones naturales de la costa de Malgrat con lo cual las arenas del río Tordera volverán a la playa de Malgrat y a través de Malgrat al resto del Maresme.</p> <p>Las obras consisten en la aportación artificial de 1.073.000 m<sup>3</sup> de arena procedente del fondo marino y el dismantelamiento parcial de un espigón que alteraba la dinámica litoral de la zona.</p> |
| <b>PRESUPUESTO</b>            | 329,8 Millones de pesetas.  |
| <b>PLAZO DE EJECUCION</b>     | 1986.   |

70

Planta esquemática de las obras

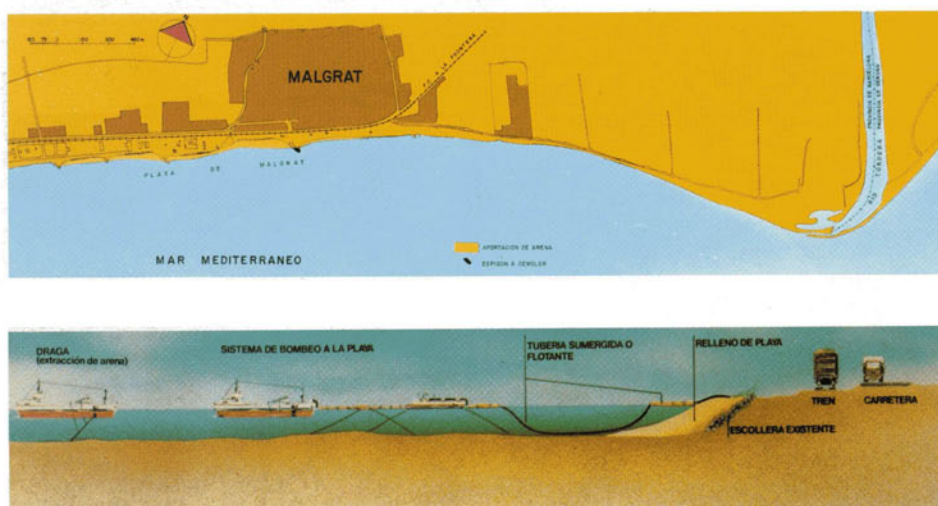


Figura 1.6: Ficha de la publicación de Actuaciones 1986 de la Dirección General de Puertos y Costas



CEDEX

Costas

Inversiones realizadas

Estado inicial



Estado final



71

Figura 1.7: Ficha de la publicación de Actuaciones 1986 de la Dirección General de Puertos y Costas



REGENERACION DE LAS PLAYAS DEL MARESME: TRAMO PREMIA-MONGAT (BARCELONA)

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>DESCRIPCION DE LA OBRA</b> | <p>La costa del Maresme, desde la desembocadura del río Tordera hasta Mongat era, en su estado natural, de tipo arenoso. Las personas de cierta edad de la zona recuerdan cómo jugaban en la playa cuando eran niños.</p> <p>La situación cambió drásticamente con la construcción del puerto de Arenys de Mar, bloqueando la fuente principal de sedimentos de las playas de la zona; los procedentes del río Tordera. Así, mientras al norte del puerto, en líneas generales puede decirse que las playas gozan de buena salud; al sur puede afirmarse no sólo que están enfermas, sino que han muerto. El tramo regenerado con esta acción del MOPU comprende los términos municipales de Mongat, El Masnou, Premiá de Mar y, en menor cuantía, Badalona, y supone devolver a esta costa (unos siete kilómetros aproximadamente) el aspecto natural que tenían hace veinte o treinta años, antes de comenzar su proceso de degeneración. Las obras consisten en la construcción de un espigón para evitar el aterramiento del puerto de Premiá de Mar y en la aportación artificial de 2.045.000 m<sup>3</sup> de arena.</p> |
| <b>PRESUPUESTO</b>            | 509,8 Millones de pesetas.  |
| <b>PLAZO DE EJECUCION</b>     | 1986.   |

72

Planta esquemática de las obras

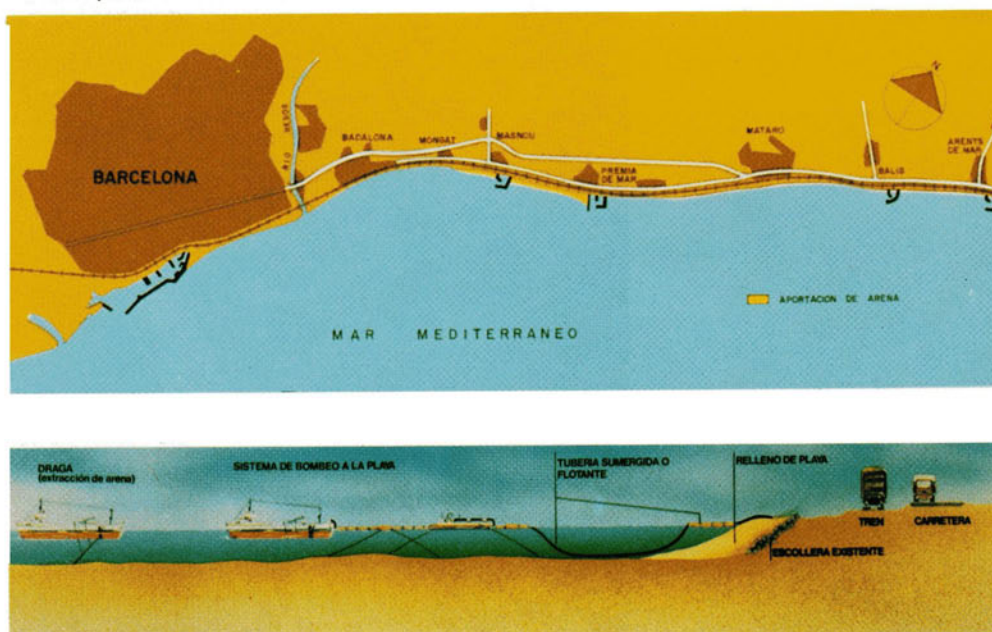


Figura 1.8: Ficha de la publicación de Actuaciones 1986 de la Dirección General de Puertos y Costas



*Figura 1.9: Regeneración de la playa de Mongat de la publicación de Actuaciones 1986 de la Dirección General de Puertos y Costas*

En años posteriores se acometió la regeneración de las playas inmediatamente al sur del puerto de Arenys de Mar y al norte del puerto del Balis.



*Figura 1.10: Playas al sur del puerto de Arenys de Mar en 2002, tras su regeneración (foto: Delta)*



La situación inestable de las playas del Maresme, en especial las situadas al sur del puerto de Mataró, construido en 1989, agravadas por su construcción, hizo que a lo largo de finales del siglo XX y comienzos del XXI se realizasen numerosos estudios para su mejora, no estando ninguno de ellos plasmado en la realidad.

### 1.3 BASES, FUENTES Y SOPORTE TÉCNICO DE ESTE INFORME

Las principales bases o fuentes que se han considerado para la realización de este informe se clasifican en dos tipos. Por un lado los diferentes informes técnicos realizados hasta la fecha, y por otro los trabajos no realizados en el CEDEX, todos ellos relacionados con el tramo de costa catalana que se acomete.

Los principales informes técnicos consultados para el estudio de las playas y los puertos de la zona litoral mediterránea son los siguientes:

1. “Estudio de la dinámica litoral en la costa peninsular mediterránea y onubense. Provincias de: Barcelona y Gerona. (1979): Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico para la Dirección General de Puertos y Costas-MOPU).
2. “Estudio de la influencia en la costa del nuevo puerto deportivo – pesquero de Mataró”. (1983). Autor: Enríquez Fernández, Javier. Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas “Ramón Iribarren”.
3. “Estudio de Dinámica litoral. Plan de Ordenación del tramo de costa comprendido entre el Puerto de El Balís y el Embarcadero de Premia de Mar” (1984). Autor: Enríquez Fernández, Javier. Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas “Ramón Iribarren”.
4. “Análisis de las obras de defensa previstas en el nuevo puerto pesquero-deportivo de Mataró” (1985). Autor: Enríquez Fernández, Javier. Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas “Ramón Iribarren”.
5. “Informe sobre el proyecto de estabilización de las playas afectadas por la construcción del puerto de Mataró” (1986). Autor: Echegoyen Martín, Tomás J.. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico para Port de Mataró S.A.).
6. “Estudio de las playas del Maresme. Tramo Premia de Mar – Mongat” (1988). Autor: Enríquez Fernández, Javier. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-450-9-055).
7. “Informe sobre la influencia del nuevo puerto deportivo de Cabrera de Mar en las playas de su entorno” (1988). Autor: Grassa Garrido, José María. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-550-5-055 para Cabril Mar I Montaña S.A.).
8. “Informe sobre la incidencia en la costa del nuevo puerto deportivo de Vilassar de Mar (Barcelona)” (1988). Autor: Peña Olivas, José Manuel de la. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-550-5-060 para Marítima Catalana S.A.).
9. “Informe sobre el proyecto complementario del de estabilización de las playas afectadas por la construcción del puerto de Mataró S.A.” (1988). Autor: Peña Olivas, José Manuel de la. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-550-5-056 para Port de Mataró S.A.).



CEDEX

10. “Estudio de dinámica litoral en el tramo de costa de los municipios de Mongat, Badalona y S. Adrian de Besos, hasta la desembocadura del río y repercusión en el entorno de las obras marítimas que pueden ejecutarse en el mismo”. (1988). Autor: Peña Olivas, José Manuel de la. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-550-3-001 para la Corporación Metropolitana de Barcelona).
11. “Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda” (1988). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº 22-450-9-057 para la Dirección General de Costas).
12. “Seguimiento de regeneración de las playas del Maresme. Tramo Premia de Mar – Monga, Barcelona” (1988). Autor: Tamayo Prada, Consuelo. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-450-9-055 para la Dirección General de Costas).
13. “Informe sobre la influencia en la costa de la ampliación del puerto deportivo de Premia de Mar (Barcelona)” (1989). Autor: Peña Olivas, José Manuel de la. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-518-5-077 para Club Náutico de Premia de Mar).
14. “Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar-Mongat” (1990). Autor: Tamayo Prada, Consuelo. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-415-9-078 para la Dirección General de Puertos y Costas).
15. “Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda” (1991). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-415-9-095 para la Dirección General de y Costas).
16. “Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar – Mongat” (1991). Autor: Tamayo Prada, Consuelo. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-415-9-094 para la Dirección General de Puertos y Costas).
17. “Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda” (1992). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-491-9-100 para la Dirección General de Costas).
18. Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar-Mongat” (1992). Autor: Tamayo Prada, Consuelo. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-491-9-099 para la Dirección General de Costas).
19. “Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda” (1993). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-492-5-012 para la Dirección General de Costas).
20. “Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar-Mongat. Planos” (1993). Autor: Tamayo Prada, Consuelo. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-492-5-011 para la Dirección General de Costas).
21. “Estudios de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda” (1995). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-493-5-025, 22-494-5-040 para la Dirección General de Costas).
22. “Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar-Mongat” (1995). Autor: Tamayo Prada, Consuelo. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-493-5-026, 22-494-5-039 para la Dirección General de Costas).
23. “Síntesis del estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda” (1996). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-495-5-048, para la Dirección General de Costas).



24. “Estudio sobre la defensa costera de la línea de Ferrocarril C-1. Barcelona – Mataró (p.k. 24+840-p.k. 27+100)” (1998). Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-498-4-002, para la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes).
25. “Estudio de las playas del Maresme Malgrat – Santa Susana: junio 1994 – septiembre 1995” (1998) Autor: Losada Méndez, José. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-497-5-070 para la Dirección General de Costas).
26. “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme (Barcelona)” (2002). Autor: de la Peña, José Manuel. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-401-5-103 para la Dirección General de Costas).

Entre los trabajos no realizados en el CEDEX relacionados con esta zona, cabe citar:

- Dirección General de Puertos y Costas (1987). “Costas y Señales Marítimas. Actuaciones 1986”. Secretaría General Técnica del MOPU.
- Dirección General de Puertos y Costas (1988). “Actuaciones en la Costa”. Secretaría General Técnica del MOPU.
- Dirección General de Costas (1993). “Recuperando la Costa”. Secretaría General Técnica. Ministerio de Obras Públicas del MOPT.
- Gracia, V., Díez, G., Jiménez, José A., Novoa, M., Sánchez-Arcilla, A. y Carlos Peña. (1999). “Análisis del comportamiento de las playas del Maresme. Tramo Tordera-Santa Susana”. V Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos (671-682).
- Gracia, Vicente, José A. Jiménez, Alicia Lo Presti y Agustín Sánchez Arcilla (1994), “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat – Pineda. Balance sedimentario y caracterización morfológica”. Laboratory D'Enginyeria Maritima - Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona (TR-AMC-94-M2).
- Geoteyco, S.A. (1997). Asistencia técnica: “Levantamiento topográfico y batimétrico en la desembocadura del río Tordera (Barcelona- Girona)”. Dirección General de Costas – Ministerio de Medio Ambiente.
- GRECCAT, S.L. y Fundación Leonardo Torres Quevedo (2004). “Estudio de dinámica litoral de la Playa de Badalona”. Dirección General de Costas – Ministerio de Medio Ambiente.
- Falqués, A, Caballería, M., Ribas, F. Y van der Berg, N. (2013). “Shoreline sand waves along the catalán coast”. Coastal Dynamics 2013.
- INTOPSA (1998). “Levantamiento de la playa de Mataró”. Dirección General de Costas – Ministerio de Medio Ambiente.
- Domínguez, A. y Mayans, J. (2004). “Las Rieras del Maresme Sur (Barcelona) y su Catalogación”. Escuela Hamelin –Internacional Laie, Alella, Barcelona.
- Ministerio de Obras Públicas (1976). “Plan indicativo de usos del dominio público litoral – provincia de Barcelona”, Tomo I: Textos, Tomo II: Fotoplanos, Tomo III: Planos.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1985). “Política de Costas. Plan de Actuaciones 1983 – 1990”. Secretaría General Técnica. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.



CEDEX

- PROINTEC (2007). “Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa”. Demarcación Hidrográfica de Cataluña. Dirección General de Costas – Ministerio de Medio Ambiente.
- “Proyecto de regeneración y estabilización de las playas de Mataró y Cabrera de Mar (Barcelona)” (1986). Autores: Torner Peraíta, Juan A., Eduardo Cot de Torres y Ángel Fábregas. Puerto de Mataró S.A.
- Universitat Politècnica de Catalunya e IH Cantabria (2013). “Informe sobre los volúmenes a dragar a levante de los puertos del Maresme”. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (informe técnico para la Dirección general de Costas).
- Universitat Politècnica de Catalunya (1994). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat - Pineda. Evolución costera. Análisis preliminar”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-94-M1 (informe técnico para la Dirección general de Costas).
- Universitat Politècnica de Catalunya (1994). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat - Pineda. Balance sedimentario y caracterización morfológica”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-94-M2 (informe técnico para la Dirección general de Costas).
- Universitat Politècnica de Catalunya (1994). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat - Pineda. Clima de oleaje”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-94-M3 (informe técnico para la Dirección general de Costas).
- Universitat Politècnica de Catalunya (1999). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Blanes – Pineda”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-99-M3 (informe técnico para la Dirección general de Costas).
- Universitat Politècnica de Catalunya (1999). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Blanes – Pineda”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-99-M3 (Anejos) (informe técnico para la Dirección general de Costas).

## 1.4 ACTUACIONES EN EL TRAMO DE COSTA

Este apartado se dedica a la descripción de las actuaciones que la Dirección General de Costas ha ido realizando en el transcurso del tiempo en toda la franja litoral del Maresme, comenzando a partir del Plan de Actuaciones 1983 - 1990 de 1985. A su vez se describen los seguimientos realizados en las distintas playas tras su actuación que sirven como base para el estudio del comportamiento de las playas del Maresme.

### 1.4.1 Principales actuaciones

El plan de actuaciones 1983 – 1990 (MOPU 1985), en su evaluación de las costas del Maresme puso el acento en el mal estado general de sus playas, estando ubicadas las actuaciones llevadas a cabo en puntos localizados y no en toda su franja.

Los puertos existentes en esta comarca litoral han ido condicionando su evolución y transformación a lo largo del tiempo. La fecha de construcción de estos puertos, de norte a sur, son las siguientes:

- |                 |           |
|-----------------|-----------|
| • El Balis      | 1972      |
| • Arenys de Mar | 1920-1961 |



- Mataró 1989
- Premiá de Mar 1971 (ampliado entre 1991 y 1993)
- Masnou 1972 (ampliado entre 1991 y 1993)

Siguiendo el Plan de Actuaciones antes citado, a partir de 1986 comenzaron a regenerar las playas previstas en dicho Plan, esto es: al norte, el tramo Malgrat –Pineda de Mar; y al sur, el tramo comprendido entre el espigón de Mongat y el puerto deportivo de Premiá. Con posterioridad se hicieron dos recargas de arena en ambos tramos. Y se actuó en el tramo central entre los puertos de El Balís y Areyns, y junto al puerto de Mataró. En la siguiente tabla se resume el inventario de las alimentaciones artificiales de arena.

| REGENERACIONES - MARESME |         |                          |              |                           |
|--------------------------|---------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| Año                      | Sector  | Tramo                    | Longitud (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
| 1986                     | 3.2/3.3 | Premiá -Mongat           | 7.800        | 2.228.888                 |
| 1986                     | 1       | Malgrat-Pineda de Mar    | 5.500        | 1.072.000                 |
| 1988                     | 3.2     | Premiá-Masnau            | 4.000        | 100.000                   |
| 1988                     | 3.3     | Masnau-Mongat            | 3.300        | 75.000                    |
| 1991                     | 1       | Malgrat                  | 4.000        | 90.000                    |
| 1991                     | 3.3     | Masnau-Mongat            | 3.300        | 147.000                   |
| 1993                     | 3.2     | Premiá-Masnau            | 4.000        | 500.000                   |
| 1994                     | 2       | El Balís - Areyns de Mar | 4.150        | 3.000.000                 |
| 1994                     | 2       | Mataró                   | 600          | 500.000                   |
| 1994                     | 3.3     | Masnou-Mongat            | 3.300        | 500.000                   |
| 1995                     | 1       | Malgrat – Sta. Susana    | 5.500        | 1.000.000                 |
| 1995                     | 1       | Malgrat                  | 4.000        | 145.000                   |
| <b>TOTAL</b>             |         |                          |              | <b>9.357.888</b>          |



CEDEX

ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME  
(Informe parcial)

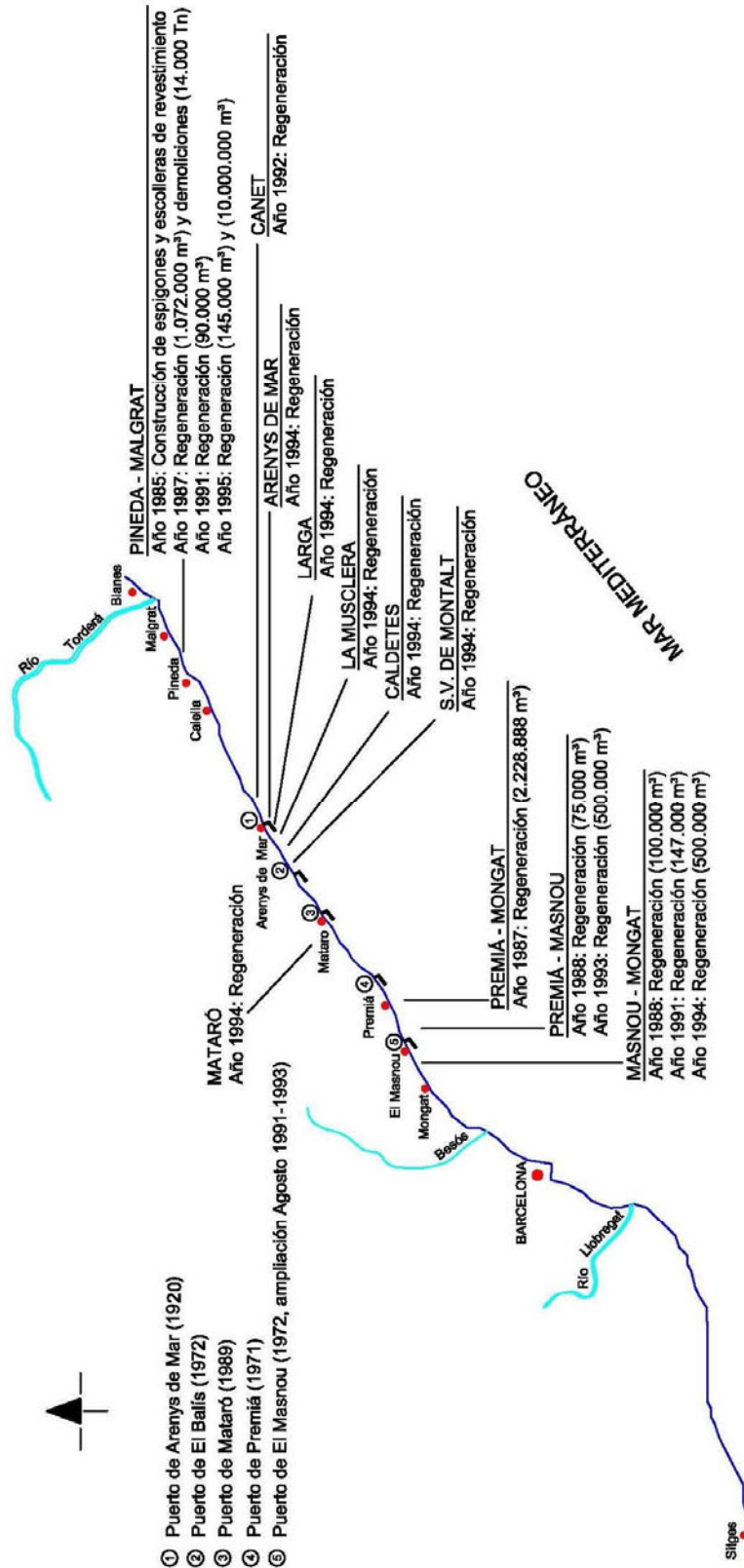


Figura 1.11: Actuaciones en la costa del Maresme entre 1986 y 2002



Por tanto el volumen total vertido en la franja litoral del Maresme fue de aproximadamente 9.4 millones de m<sup>3</sup> entre los años 1987 y 1995.

#### **1.4.2 Seguimiento de las actuaciones**

Nada más finalizar las obras de regeneración de los primeros tramos de playa, la Dirección General de Costas, entonces Dirección General de Puertos y Costas, encargó al CEDEX, el seguimiento de los tramos: Masnou – Premiá y Magrat – Pineda.

El número total de batimetrías realizadas por el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX en estos seguimientos fue de 22, a los que hay que añadir una realizada por la empresa HIDROCARSA en 1997, otra realizada por la empresa INTOPSA en 1998 y 7 realizadas por la empresa EUROPRINCIPIA. En total 31 batimetrías de seguimiento, que se especifican a continuación.

#### **Campañas del CEDEX:**

- Tramo Masnou – Premiá:
  - Mayo de 1987
  - Octubre de 1987
  - Mayo de 1988
  - Octubre de 1988
  - Mayo de 1989
  - Octubre de 1990
  - Mayo – Septiembre de 1991
  - Octubre de 1992
  - Noviembre de 1993
  - Mayo de 1994
- Tramo Malgrat – Pineda:
  - Mayo de 1987
  - Noviembre de 1987
  - Mayo de 1988
  - Noviembre de 1988
  - Junio de 1989
  - Noviembre de 1989
  - Julio de 1990
  - Septiembre de 1991
  - Octubre de 1992
  - Noviembre de 1993
  - Mayo de 1994
  - Septiembre de 1995

#### **Campañas de EUROPRINCIPIA**

- Tramo Arenys de Mar – El Balís (4.150 m):
  - Julio de 1993
  - Febrero de 1995
  - Julio de 1995
- Tramo playa de Arenys y playa Larga (1.750 m):



CEDEX

Octubre de 1993

- Tramo playa de Arenys (550 m):

Noviembre de 1993

Enero de 1994

- Tramo levante del puerto de El Balís (2.420 m):

Marzo de 1994

#### Campañas de HIDROCARSA - GEOTEYCO

- Tramo desembocadura del río Tordera (Blanes a Pineda):

Junio de 1997

#### Campañas de INTOPSA

- Tramo playa de Mataró:

Julio de 1998

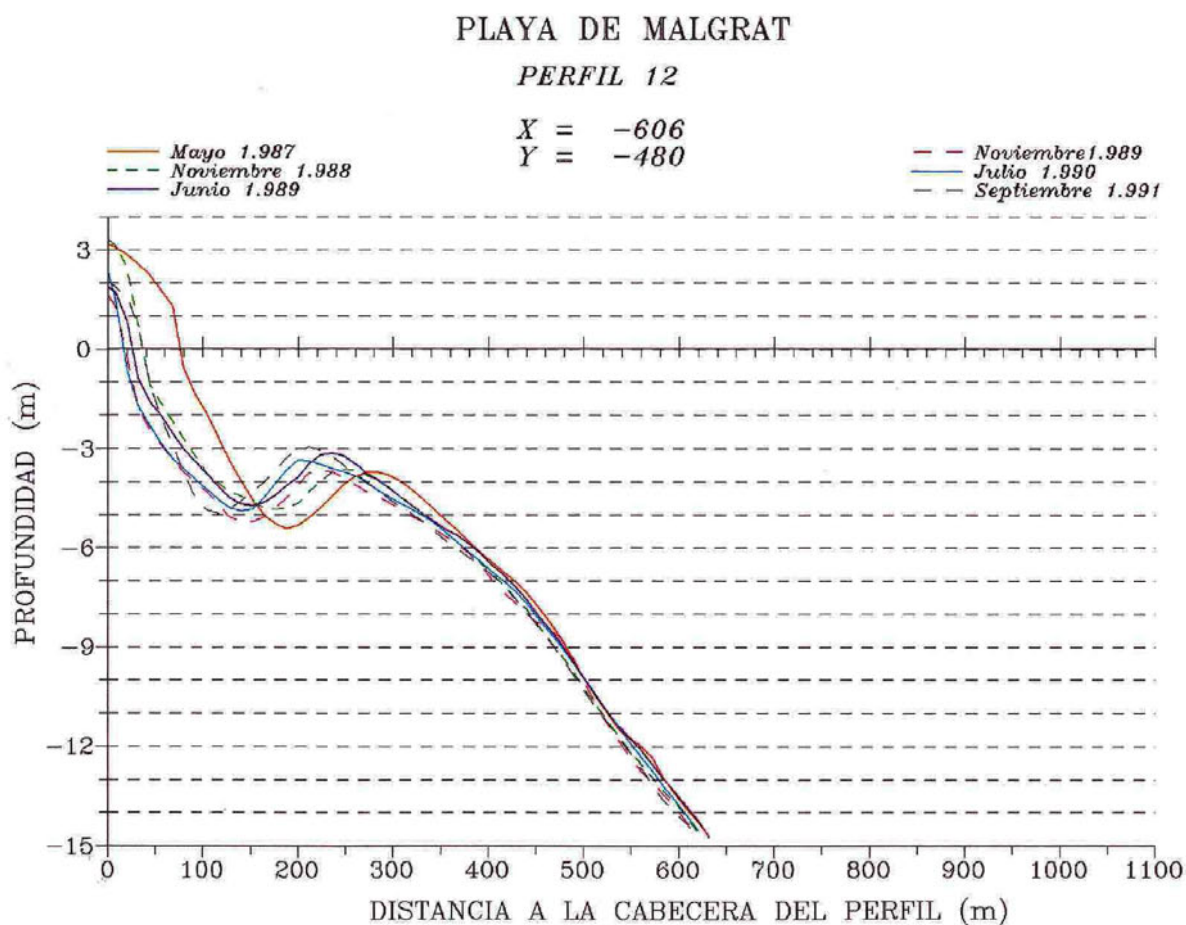


Figura 1.12: Ejemplo de perfil de seguimiento del Maresme



## 1.5 ESTRUCTURA DEL INFORME TÉCNICO

Como se ha indicado en el primer apartado del capítulo, este trabajo se ha dividido en dos fases:

**Fase I:** Definición y recopilación de la información existente con el análisis de las actuaciones que se han realizado, caracterizando morfológicamente la costa, analizando su dinámica litoral y evolución, para identificar el estado y comportamiento de la costa del Maresme; con todas las herramientas necesarias para conocer los problemas costeros que presenta esta costa.

**Fase II:** Planteamiento las actuaciones, su priorización y definición de los ritmos de ejecución. Proponiendo la elaboración de un programa de seguimiento

Para una mayor comprensión del problema abordado en este informe técnico correspondiente a la primera fase, se ha dividido en los siguientes capítulos, junto al presente capítulo introductor:

**Capítulo 1:** Es éste de introducción; en el que se indican los objetivos que se han marcado, los antecedentes y actuaciones llevadas a cabo en la costa del Maresme.

**Capítulo 2:** Dedicado a la descripción física de la zona de estudio; unidades fisiográficas, formaciones costeras singulares, playas, y red fluvial.

**Capítulo 3:** Clima marítimo.

**Capítulo 4:** Dedicado a la dinámica litoral a lo largo de toda la costa del Maresme.

**Capítulo 5:** Se estudia la evolución de la costa.

**Capítulo 6:** Se indican las zonas con problemas, la evolución que se espera de ellos y las variables que los definen.



CEDEX

## 2. ESTUDIO MORFOLÓGICO DEL TRAMO DE COSTA DEL MARESME

Este capítulo está dedicado a describir el frente de costa correspondiente al Maresme, con el fin de determinar los condicionantes del medio, las formas costeras que la dinámica litoral ha ido formando a lo largo del tiempo y las fuentes que lo han ido alimentando. A su vez, se caracteriza la plataforma costera y la red fluvial.

El tramo en estudio, se conoce como comarca litoral barcelonesa del Maresme y se ubica entre la Costa Brava y Barcelona. Presenta una superficie de 396 km<sup>2</sup> y una longitud de costa de 47 km, aproximadamente.

La limitación física del tramo es: Al norte la desembocadura del río Tordera, y al sur el espigón de Mongat. Comprendiendo los siguientes términos municipales (de NE-SW):

|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| Malgrat de Mar  | St Vicen                |
| Santa Susanna   | St Andreu de Llavaneres |
| Pineda de Mar   | Mataró                  |
| Calella         | Cabrera de Mar          |
| San Pol de Mar  | Vilassar de Mar         |
| Canet de Mar    | Premiá de Mar           |
| Arenys de Mar   | El Masnou               |
| Caldes d'Estrac | Montgat                 |

### 2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL ENTORNO LITORAL

El entorno costero está formado por una costa baja arenosa de origen aluvial del cuaternario y limitado por la Cordillera Catalana, con las sierras de Mata, San Mateo, Corredo y Montnegre, que se formaron en su mayoría en el Paleozoico carbonífero wesfaliense o estefoniense con el movimiento orogénico Herciano, constituidas por material de origen plutón granítico, con rocas ígneas ácidas, principalmente granitos y ademellitas.

El material costero que forman las playas proviene principalmente de los aportes sedimentarios del río Tordera y, en menor cuantía, de otros ríos y rieras que desembocan en el tramo. El sedimento que forman las playas está constituida por la sílice, procedente de la degradación del granito, componente fundamental, como se ha dicho, de la cordillera litoral catalana.

La orientación general de la costa es NE-SW, siendo las mayores singularidades costeras naturales los deltas de los ríos Tordera, al norte, y Besós, al sur.

Toda la costa del Maresme ha sufrido profundas modificaciones por la acción del hombre; construyéndose gran cantidad de puertos y espigones que han dado lugar a una serie de subunidades, más o menos aisladas, de la unidad original de transporte sedimentario que discurría entre la desembocadura del río Tordera y Punta Ginesa. Dichas subunidades poseen una mayor o menor interdependencia con las contiguas, dependiendo del grado de rebase que permitan cada una de las obras al paso del sedimento.

La orientación de la costa, en el tramo que abarca la costa del Maresme, comprende las alineaciones siguientes: comenzando por el Norte, desde la protuberancia costera formada por el delta del río Tordera hasta el término municipal de Mataró, presenta una forma rectilínea formando un ángulo con el Norte de 67°; a partir de Mataró hasta el puerto de Masnou, la costa adopta una forma convexa formando la tangente a la misma ángulos, con el Norte, de 45° en Mataró y de 73° en el puerto de Masnou; desde el puerto de Masnou hasta el final del tramo de estudio, la costa gira y adopta una forma prácticamente rectilínea formando un ángulo de 60° con el Norte.

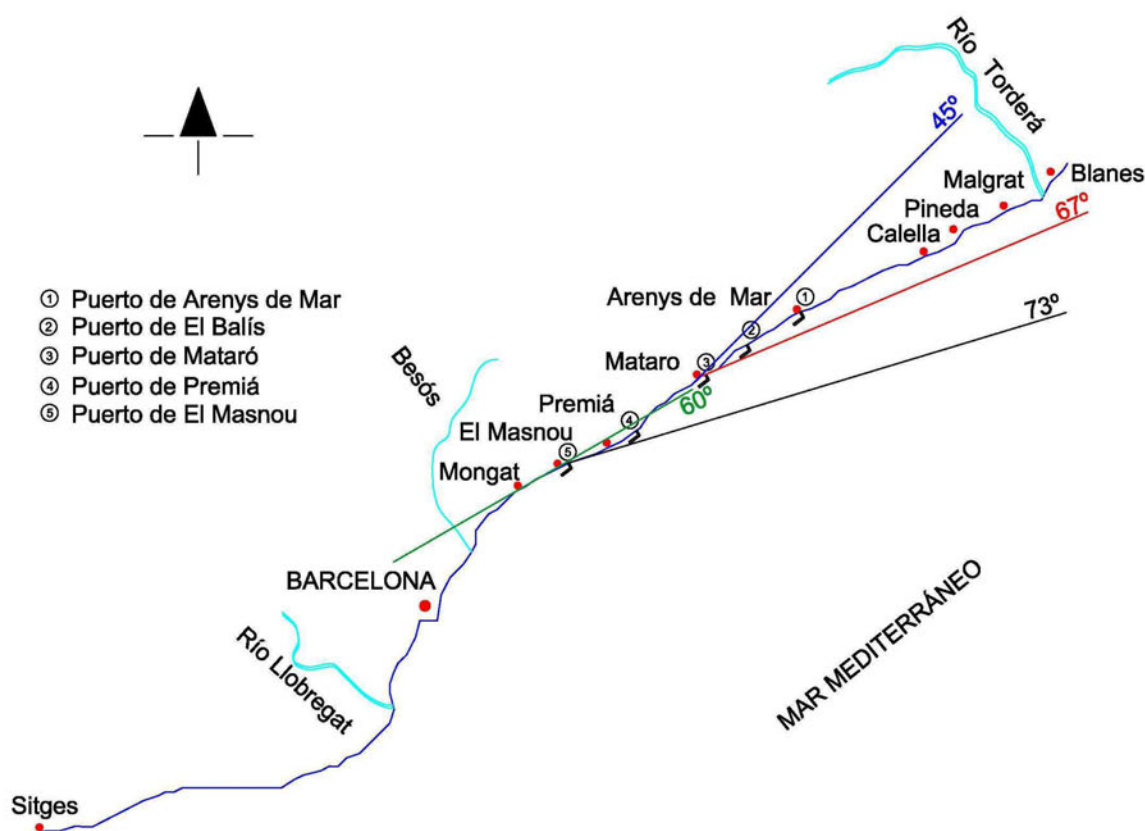


Figura 2.1: Orientación de la costa en el tramo del Maresme

## 2.2 UNIDADES FISIAGRÁFICAS-SISTEMAS LITORALES

Una vez descrita la franja litoral que pudiera verse afectada por la dinámica litoral y por tanto susceptible de variar y evolucionar con ella, se va a dividir todo el tramo de costa que abarca el Maresme para su posterior estudio. Esta división se ha hecho de acuerdo con el comportamiento frente a los agentes climáticos marinos presentes, así como las barreras que los diferentes agentes geográficos y obras suponen al transporte longitudinal de sedimentos.

### 2.2.1 Unidades fisiográficas

Por unidades fisiográficas se entienden, básicamente, aquellos tramos de costa independientes del resto de la costa adyacente respecto a la dinámica litoral. Para que estas condiciones tan estrictas se cumplan debe haber una interrupción del transporte sólido litoral longitudinal como condición de borde para ambos extremos del tramo en cuestión.

La interrupción del transporte longitudinal presupone que la totalidad del sedimento transportado a lo largo de la costa, tanto por arrastre como por suspensión, se vea frenado o interrumpido. Este supuesto estricto de interrupción no suele darse en la práctica, siendo además difícilmente demostrable, dado que determinada cantidad de material en suspensión puede atravesar grandes barreras. Así, en la práctica, se admite que la interrupción del transporte sólido longitudinal sea prácticamente total, especialmente en lo referente al transporte sólido litoral en arrastre.

Desde el último de los aspectos indicados en el párrafo anterior, es desde el cual se ha seguido para separar las unidades fisiográficas del tramo en estudio. Así se han tomado tres zonas, estando cada una de ellas en una unidad fisiográfica diferente, como se observa en la siguiente figura.

- Zona 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar
- Zona 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró
- Zona 3: Puerto de Mataró – Mongat

Tanto el delta del río Tordera como el espigón de Mongat no son barreras totales al paso de sedimentos: el Delta ni tan siquiera es una barrera; y el Espigón es solamente parcial. Pero estos dos límites del Maresme se han tomado como extremos de limitación geográfica, más que como limitación a la dinámica litoral de la zona.

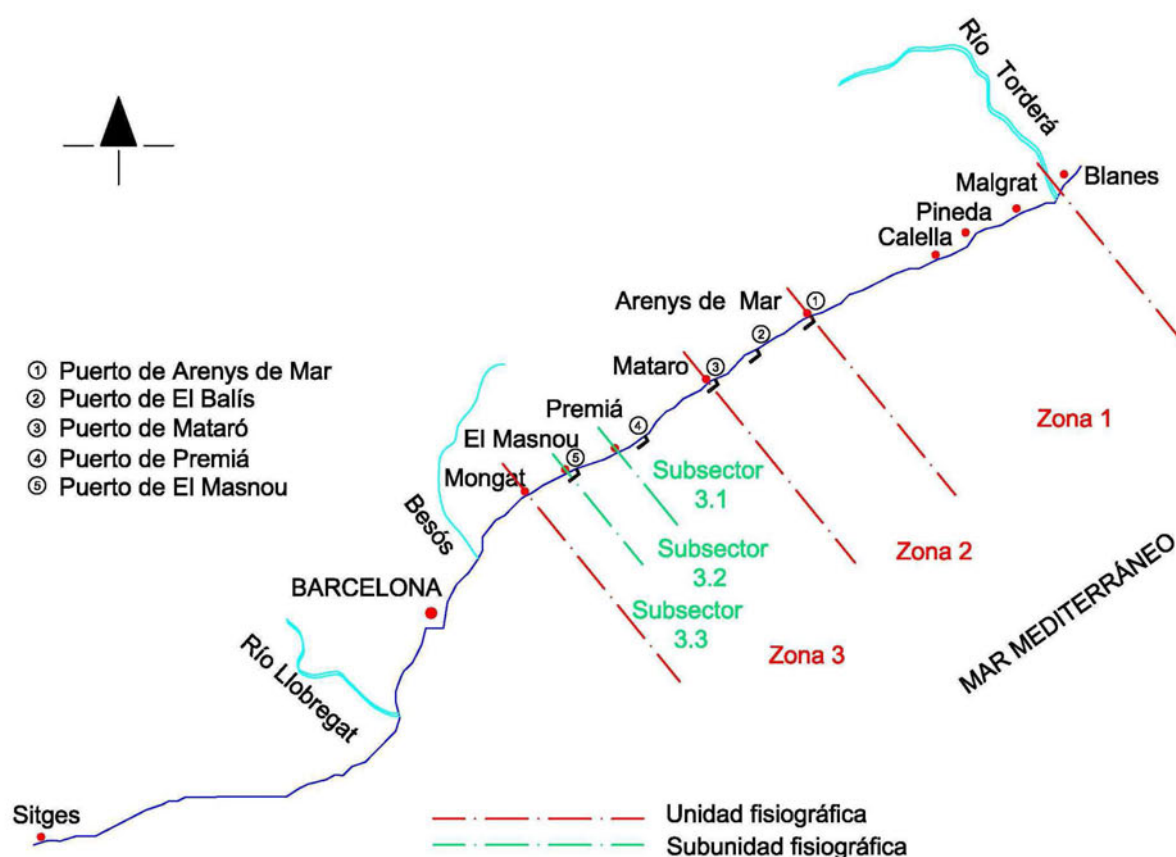


Figura 2.2: Zonificación del tramo de costa del Maresme

### 2.2.2 División de las unidades fisiográficas

Para abordar un estudio de estas características, ha parecido aconsejable la división de la costa en subunidades con un comportamiento, frente a los agentes climáticos marinos, similar. Entre las características que podrían ser distintivas de estas subunidades ha parecido la más lógica la que distingue sus características morfológicas y geográficas. Siguiendo el criterio anterior, se ha dividido cada unidad fisiográfica, sistema litoral, en subunidades con las mismas características, delimitados por obras marítimas.

- Zona 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar
- Zona 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró
- Zona 3: Puerto de Mataró – Mongat
  - Subsector 3.1: Puerto de Mataró – Puerto de Premiá
  - Subsector 3.2: Puerto de Premiá – Puerto de Masnou
  - Subsector 3.3: Puerto de Masnou – Espigón de Mongat

## 2.3 OBRAS MÁS IMPORTANTES

Todo el frente costero objeto de este estudio y que abarca una longitud de costa de 47 km, se encuentra plagado de múltiples obras marítimas y de defensa costera que condicionan el estado actual y el su evolución. A continuación se describirán brevemente cada una de estas obras ubicándolas en las playas correspondientes.

### 2.3.1 Obras portuarias

A lo largo de la costa del Maresme existen cinco puertos, deportivos o pesqueros, de competencia autonómica, siendo éstos de norte a sur: Puerto de Arenys de Mar, Puerto del Balís, Puerto de Mataró, Puerto de Premiá de Mar y Puerto de Masnou. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

#### 2.3.1.1 Puerto de Arenys de Mar

Es uno de los mayores obstáculos con que se encuentra el transporte sólido longitudinal, considerándose que las obras exteriores del puerto no permiten el paso de material significativo. Las obras exteriores constan de dos diques poligonales. El dique norte, formado por tres alineaciones rectas de 240, 330 y 290 m, y el contradique formado por otras tres alineaciones rectas de 180, 150 y 240 m aproximadamente.



Figura 2.3: Puerto de Arenys de Mar (Fuente: Generalitat de Catalunya)

#### 2.3.1.2 Puerto de El Balis

Constituye una barrera importante al transporte longitudinal de sedimentos, pero no llega a tener la importancia del puerto de Arenys de Mar o del de Mataró, los cuales han servido, por

su importancia en la interrupción del transporte de sedimento, para realizar la zonificación en sectores del litoral objeto de este estudio. El dique norte consta de dos tramos: el primero con una alineación curva con un desarrollo de 420 m aproximadamente; y el segundo formado por dos alineaciones rectas de 120 y 60 m, aproximadamente. El contradique consta de tres alineaciones rectas de 100, 180 y 240 m, aproximadamente.



Figura 2.4: Puerto de El Balis (Fuente: Club Náutico El Balis)

### 2.3.1.3 Puerto de Mataró

Es el segundo de los grandes escollos al transporte de sedimentos a lo largo de la costa. Fue el último puerto construido; agravando la situación erosiva que existía anteriormente, como se puso de relieve que sucedería en los diversos informes técnicos que se hicieron previamente a la autorización de la construcción del Puerto. Las obras exteriores del puerto constan de dos diques; el dique norte formado por dos alineaciones rectas de 420 y 600 m, y el contradique, formado por una alineación recta de 330 m aproximadamente. Aguas abajo del puerto existen dos espigones paralelos al contradique y una protección longitudinal de escollera. El primer espigón se encuentra a 120 m del contradique y tiene una longitud de 180 m aproximadamente, permitiendo la existencia de dos playas, una encajada entre ambos diques y otra abrigada por el dique. Después de esta playa abrigada hay una protección longitudinal de escollera de 300 m y al final de esta un dique perpendicular a la costa de 70 m, aproximadamente.



Figura 2.5: Puerto de Mataró (Fuente: Generalitat de Catalunya)



#### 2.3.1.4 Puerto de Premia de Mar

Constituye una importante barrera para el transporte sólido longitudinal; pero no llega a tener la importancia que tienen los puertos de Arenys de Mar y Mataró en cuanto a interrupción de corriente sólida litoral. Las obras exteriores del puerto, constan de dos diques poligonales; el dique abrigo, resultado de la ampliación realizada en el embarcadero de Premia, está formado por tres tramos de 330 m, en tres alineaciones, 385 m y 135 m, con planta curva, y un contradique de dos tramos de 200 y 80 m aproximadamente.



Figura 2.6: Puerto de Premia de Mar (Fuente: [www.morosoucheiron.com](http://www.morosoucheiron.com))

#### 2.3.1.5 Puerto de El Masnou

Con este puerto ocurre lo mismo que con el de Premia y el Balis, es decir: constituyen barreras al transporte longitudinal de sedimentos; pero no tienen la importancia en cuanto a la interrupción de arenas que pueden tener los puertos de Arenys de Mar y Mataró. Las obras exteriores del puerto constan de dos diques poligonales, el dique norte está formado por tres alineaciones prácticamente rectas de 180, 240 y 300 m, y el contradique está formado por dos alineaciones rectas de 240 y 290 m aproximadamente.



Figura 2.7: Puerto de El Masnou (Fuente: [turismoenpueblos.es](http://turismoenpueblos.es))

### 2.3.2 Obras costeras

Para ver todas las obras costeras existentes en la costa del Maresme, se ha dividido en las tres unidades fisiográficas consideradas. De cada una de ellas solamente se enumeran éstas indicando el lugar que ocupan en la costa.

#### 2.3.2.1 Obras costeras entre Malgrat y Arenys de Mar

Son muy escasas las obras costeras en el primero de los subtramos; incrementándose significativamente a partir de Calella. En la figura adjunta se muestra el inventario de obras costeras en este tramo.

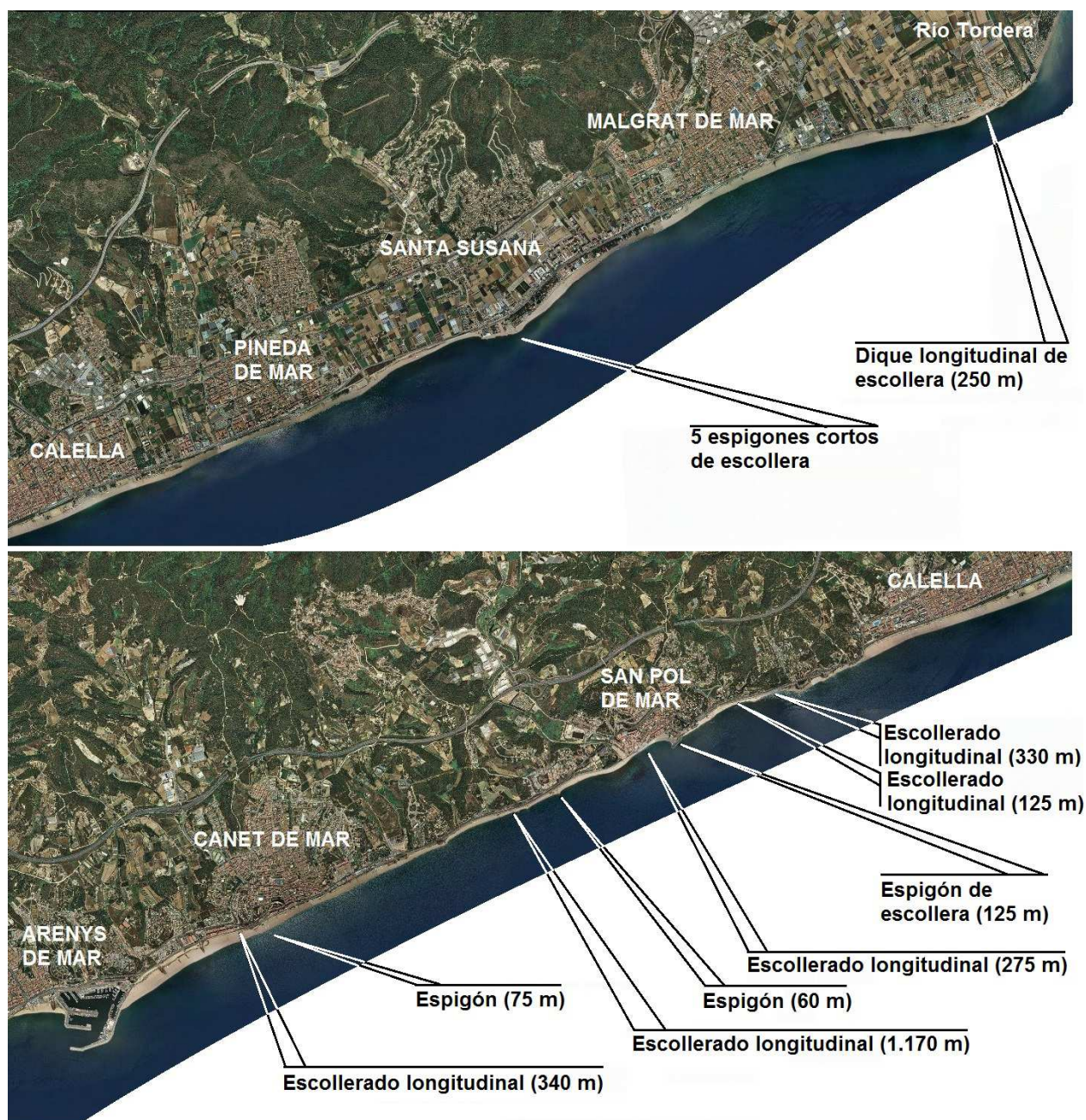


Figura 2.8: Obras costeras entre Malgrat y Arenys de Mar en el Maresme (foto: SIGPAC)

A partir de Calella existen muchos tramos de costa escollerados que, en muchos casos, tienen playa delante; pero sirven para proteger las vías del tren que discurren muy próximas al mar.

En total existen 8 espigones y 2.490 m de escollerado longitudinal.

### 2.3.2.2 Obras costeras entre Arenys de Mar y Mataró

En esta unidad, las obras costeras se van incrementando respecto a la unidad norte debido a que el puerto de Arenys de Mar es una barrera importante al paso de sedimentos.

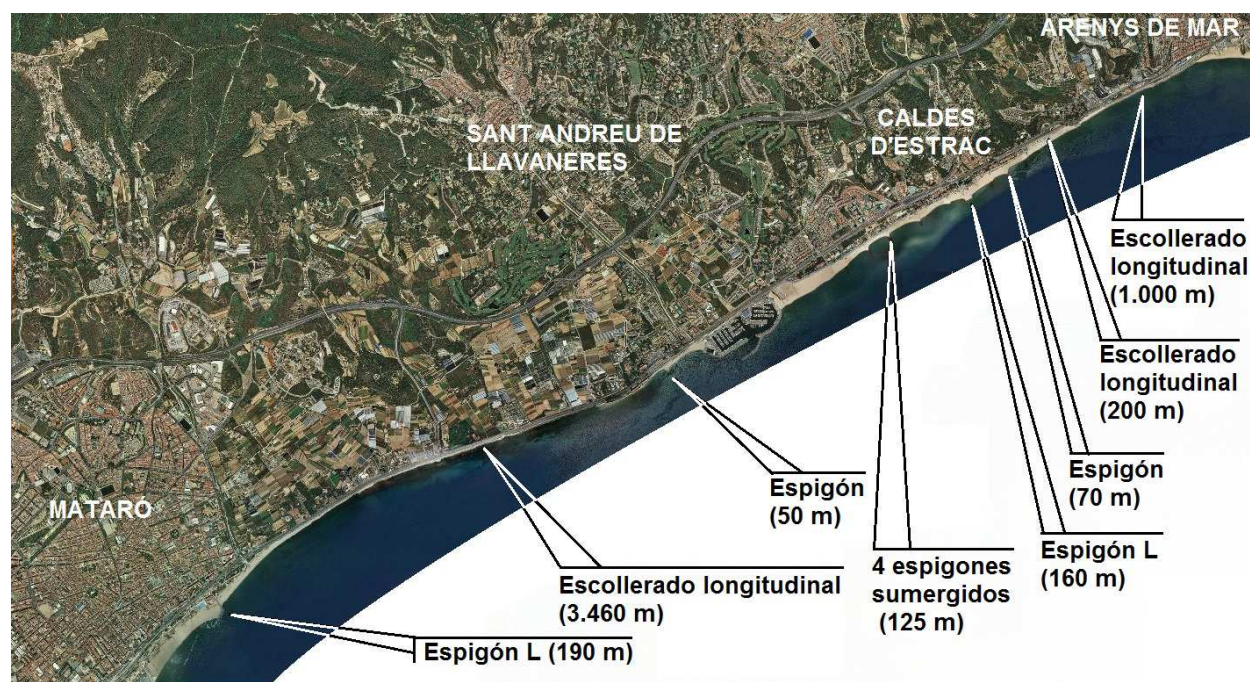


Figura 2.9: Obras costeras entre Arenys de Mar y Mataró en la costa del Maresme (foto: SIGPAC)

Es muy significativo todo el escollerado longitudinal existente tras el puerto de Arenys de Mar. Sustituido por un conjunto de espigones en Caldetas.

Tras el puerto del Balís, los pocos tramos con playa se apoyan en espigones y tras ellos continua el escollerado longitudinal hasta las proximidades de Mataró donde la playa está acotada entre el puerto y el espigón norte.

Las obras existentes en el tramo son en total ocho espigones y 4660 m de escollerado longitudinal.

### 2.3.2.3 Obras costeras entre Mataró y Mongat

El inventario de las obras costeras en este tramo se ha extendido hasta el puerto de Badalona. La tónica general sigue al tramo más al norte, incrementándose dado que las retenciones de sedimento procedente del transporte sólido longitudinal se frenaron en los sucesivos puertos de Arenys de Mar, Balís y Mataró.

El estado tras el puerto de Mataró es de total desaparición de la playa, salvo la formada por dos espigones justo al sur del puerto. Las obras en este tramo se muestran en la figura adjunta.

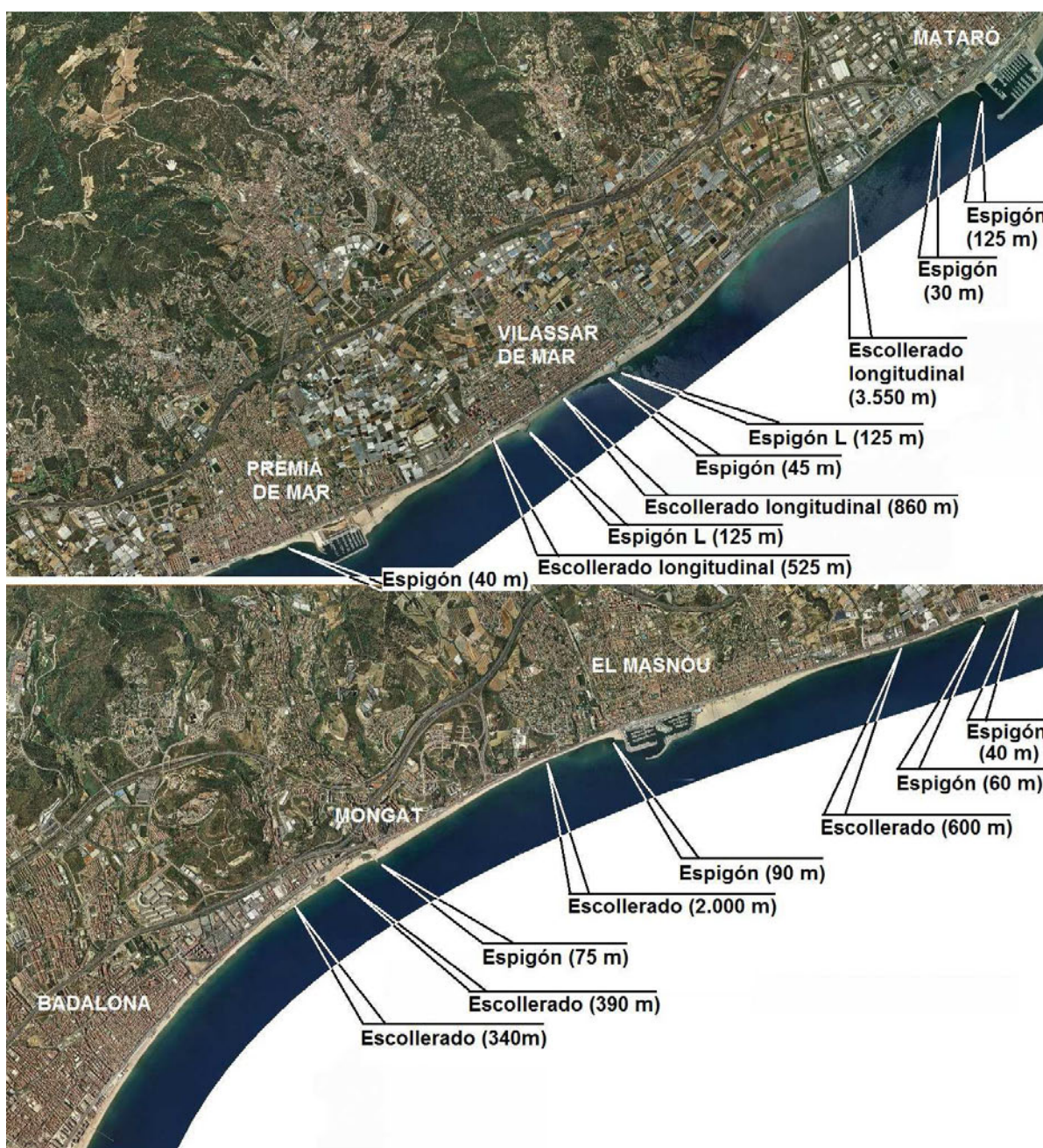


Figura 2.10: Obras costeras entre Mataró y Badalona en la costa del Maresme (foto: SIGPAC)

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS PLAYAS

En todo el frente costero objeto de este estudio y que abarca una longitud de costa de 47 km, se encuentran un total de 27 playas. A continuación se clasifican y describen brevemente las características más importantes de estas playas de norte a sur.

Para hacer una descripción general de las playas que forman el frente costero del Maresme se han considerado los nombres de las playas indicadas en el informe del CEDEX 2002, clasificadas por su situación en las diferentes unidades fisiográficas, divididas por las desembocaduras de los ríos o los puertos.

A su vez, se ha seguido la división que realiza la Guía de Playas del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, por provincias, intentando casar dicha clasificación con la



división realizada por las tres unidades fisiográficas consideradas. La primera unidad comprende el tramo correspondiente a la desembocadura del río Tordera y el puerto de Arenys de Mar, la segunda unidad abarca el tramo de costa entre el puerto de Arenys de Mar y el puerto de Mataró, y la tercera unidad se sitúa entre el puerto de Mataró y Mongat.

| <b>DENOMINACIÓN DE LAS PLAYAS DEL MAREME</b>  |  |
|---|--|
| <b>CEDEX (2002)</b>   | <b>Guía de Playas (MAGRAMA)</b>  |
| Playa de Malgrat  | Playa de la Punta de la Tordera<br>Malgrat de la Conca<br>Malgrat Centre<br>Platja de l'Astiller   |
| Playa de Santa Susana   | Platja de Llevant<br>Platja de les "Caletes"<br>Platja de les Dunes  |
| Playa de Pineda   | Playa del Pins<br>Playa dels Pescadors<br>Playa de La Riera<br>Playa de Poblenou   |
| Playa de Calella<br>Playa de La Viñeta<br>Playa de la Roca Grossa   | Platja Gran<br>Garbí<br>Les Roques<br>La Roca Grossa   |
| Playa de El Morés<br>Playa de La Playola<br>Playa de San Pol<br>Playa de Grau<br>Playa de El Farell<br>Playa de la Murtra<br>Playa de Rocas Blancas | Playa de El Morer<br>Playa de La Platjola<br>Les Escaletes<br>Platja de les Barques<br>San Pol<br>Can Villar<br>La Murtra<br>Roques Blanques |
| Playa de Canet de Mar   | Playa de Canet de Mar  |
| Playa de Cabayo<br>Playa de Arenys de Mar<br>Playa Larga<br>Playa de La Musclera  | El Cavaio<br>La Picardia<br>La Musclera  |
| Playa de Caldas de Estrach  | Platja del Bassiot<br>Platja Els Tres Micos  |
| Playa de San Vicente de Montalt   | San Vicenç de Montalt  |
| Playa de San Andrés de Llavaneras   | El Balis<br>Les Barques<br>L'Estació   |
| Playa de Mataró   | Sant Simó<br>El Callao<br>El Varador<br>De Ponent  |
| Playa de Cabrera de Mar   | Cabrera  |
| Playa de San Juan de Vilasar  | L'Almadrava<br>L'Astiller<br>Platja de Ponent  |
| Playa de Premia   | Platja de Llevant<br>Bellamar<br>Pla de L'Os<br>La Descárrega  |



CEDEX

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 | Platja de Ponent                          |
| Playa de Masnou | Ocata<br>Masnou                           |
| Playa de Mongat | Pla de Mongat<br>Sant Joan<br>Les Moreres |

### 2.4.1 Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar

Las playas comprendidas entre la desembocadura del río Tordera y el puerto de Arenys de Mar son las siguientes, que se muestran también en la figura adjunta:

- Playa de Malgrat
- Playa de Santa Susana
- Playa de Pineda
- Playa de Calella
- Playa de La Viñeta
- Playa de la Roca Grossa
- Playa de El Merés
- Playa de La Playola
- Playa de San Pol
- Playa de Grau
- Playa de El Farel
- Playa de La Murtra
- Playa de Rocas Blancas
- Playa de Canet de Mar



Figura 2.11: Playas de la 1ª unidad fisiográfica (Foto: Google Earth - Institut Cartogràfic de Catalunya)

#### 2.4.1.1 Playa de Malgrat

Al sur del pequeño delta formado por la desembocadura del río Tordera. Abarca un tramo de costa de unos 4.150 m y tiene un ancho de playa de aproximadamente 15 m. Ha sido objeto, junto con otras playas del entorno, de aporte de sedimentos en 1987 y diversas operaciones de recarga en años posteriores. Abarca el tramo de costa perteneciente al término municipal de Malgrat de Mar.

#### 2.4.1.2 Playa de Santa Susana

Abarca el término municipal de Santa Susana, tiene una longitud de unos 2.400 m y, como la playa anterior, también ha sido objeto de aportes sedimentarios. En la mitad sur de la playa, zona conocida como Punta de Santa Susana, hay una zona de unos 400 m de costa protegida con un campo de espigones cortos de escollera, con longitudes medias en torno a 50 m y con una separación media de celdas de unos 60 m.

#### 2.4.1.3 Playa de Pineda

Esta playa es de unos 2.900 m de longitud, abarca el tramo de costa comprendido en el término municipal de Pineda de Mar y como las anteriores, también ha sido objeto de aporte de sedimentos.



Figura 2.12: Playa de Pineda de Mar (Fuente: Guía de Playas. MAGRAMA)

#### 2.4.1.4 Playa de Calella

Se encuentra en el término municipal de Calella, abarca una longitud de costa de unos 2.200 m y se apoya sobre un saliente rocoso.

#### 2.4.1.5 Playa de La Viñeta

Pertenece al término municipal de Calella, tiene una longitud de unos 150 m y se encuentra principalmente encajada en el saliente rocoso anterior.

#### 2.4.1.6 Playa de la Roca Grossa

Comprende un tramo de costa perteneciente al término municipal de Calella, tiene una longitud de unos 400 m y se encuentra parcialmente encajada como la anterior.

#### 2.4.1.7 Playa de El Morés y La Playola

Al Norte del tramo de costa que abarcan estas dos playas se encuentra una zona con protección longitudinal de escollera con una longitud de unos 240 m. Ambas playas, pertenecientes al término municipal de San Pol de Mar, se encuentran una a continuación de otra, tienen una longitud de unos 760 m y se apoyan sobre un espigón de escollera de San Pol de Mar, el cual tiene una longitud de 120 m y es casi paralelo a la costa.

#### 2.4.1.8 Playa de Grau

Es continuación de la playa anterior y tiene una longitud de unos 820 m. La playa se encuentra apoyada sobre un espigón de longitud 50 m y separado del espigón anterior una distancia media de 1.000 m.

#### 2.4.1.9 Playa de El Farell

La playa tiene una longitud de 140 m, en el extremo Norte y está abrigada por el espigón anterior. Entre esta playa y la siguiente existe una protección longitudinal de escollera de unos 130 m.

#### 2.4.1.10 Playa de la Mutra y playa de Rocas Blancas

Tiene una longitud total de unos 800 m y se encuentran una a continuación de la otra.

#### 2.4.1.11 Playa de Canet de Mar

Tiene una longitud de unos 1.640 m y se encuentra apoyada sobre el espigón de Canet, el cual tiene una longitud de 100 m y su alineación forma un ángulo de 45° con la línea de costa.



Figura 2.13: Playa de Canet de Mar (Fuente: Guía de Playas. MAGRAMA)



## 2.4.2 Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró

Las playas comprendidas entre el puerto de Arenys de Mar y el puerto de Mataró son las siguientes, que se muestran también en la figura adjunta:

- Playa de Cabayó
- Playa de Arenys de Mar
- Playa Larga
- Playa de La Musclera
- Playa de Caldas de Estrach (Caldes d'Estrac)
- Playa de San Vicente de Montalt (Sant Vicenç de Montalt)
- Playa de San Andrés de Llanereras (Sant Andreu de Llanereras)



Figura 2.14: Playas entre Arenys de Mar y San Andrés de Llanereras (Foto: SIGPAC)

### 2.4.2.1 Playa de Cabayó

Tiene una longitud de 1.300 m y se encuentra apoyada sobre el dique Norte del puerto de Arenys de Mar.

### 2.4.2.2 Playa de Arenys de Mar, playa Larga y playa La Musclera

Se encuentran una a continuación de otra, tienen una longitud total de unos 2.200 m y la última de ellas se encuentra apoyada sobre un espigón que consta de tres alineaciones rectas de 60 m cada una aproximadamente.

#### 2.4.2.3 Playa de Caldas de Estrach (Caldes d'Estrac) y playa de San Vicente de Montalt (Sant Vicenç de Montalt)

La primera se encuentra abrigada por el espigón anterior y la segunda apoyada sobre el dique norte del puerto de El Balis. Tienen una longitud total de 1.860 m aproximadamente.

#### 2.4.2.4 Playa de San Andrés de Llavaneras (Sant Andreu de Llavaneres)

Tiene una longitud de 360 m, aproximadamente. Se encuentra abrigada por el puerto anterior, y apoyada sobre un espigón recto de unos 60 m, prácticamente perpendicular a la costa. En la mitad de la playa hay una zona casi sin playa que se encuentra protegida por un dique longitudinal de escollera con una longitud de unos 140 m.



Figura 2.15: Playa de San Andrés de Llavaneras (Fuente: Guía de Playas. MAGRAMA)

#### 2.4.3 Puerto de Mataró – Mongat

Las playas entre el puerto de Mataró y Mongat, son las siguientes, que se muestran también en la figura adjunta:

- Playa de Mataró
- Playa de Cabrera de Mar
- Playa de Vilassar
- Playa de Premia
- Playa de Masnou

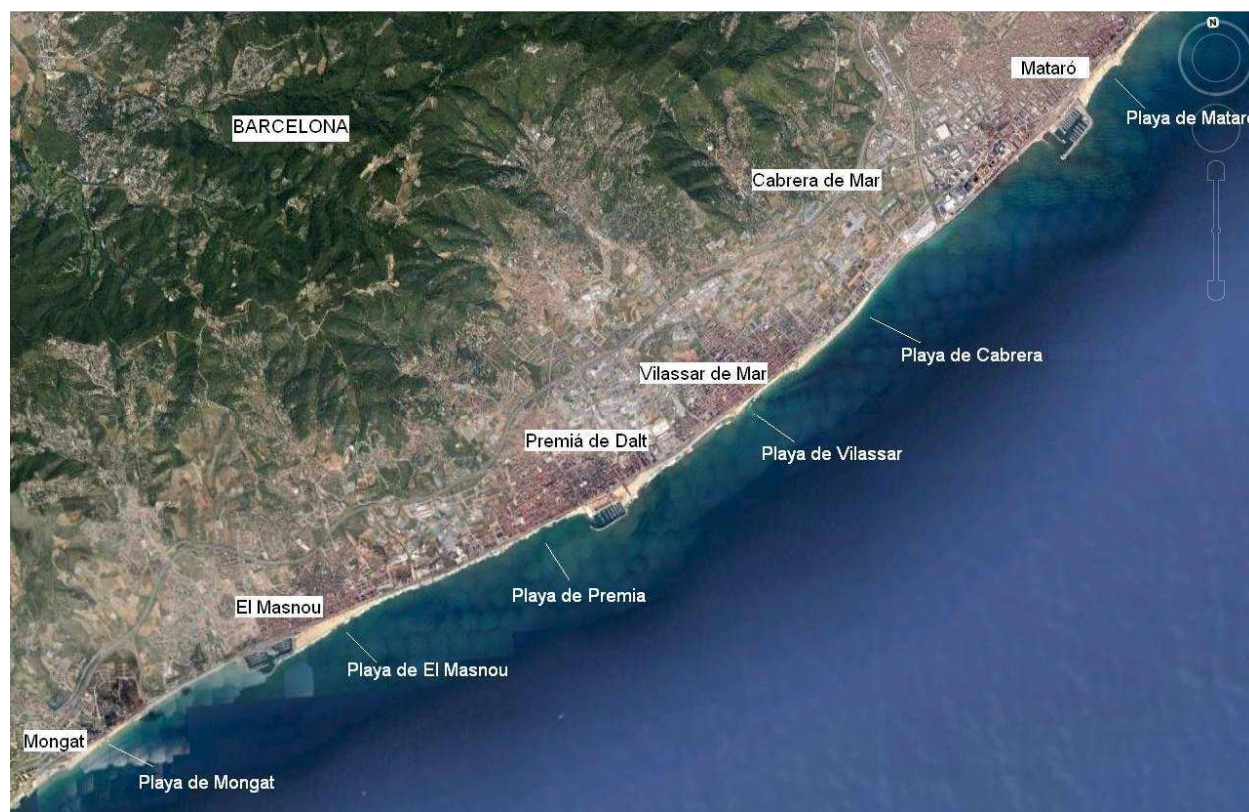


Figura 2.16: Playas entre Mataró y Mongat (Foto: Google Earth- Institut Cartogràfic de Catalunya)

#### 2.4.3.1 Playa de Mataró

Desde la playa anterior hasta el comienzo de la playa de Mataró hay una zona de costa protegida con un escolerado de unos 3.400 m, aproximadamente. A continuación se encuentra la playa de Mataró separada en dos tramos por un espigón formado por dos alineaciones rectas de 130 y 96 m de longitud aproximada: la primera perpendicular a la costa y la segunda paralela a la misma. El primer tramo de playa se encuentra apoyado sobre el espigón anterior y con una longitud de playa de unos 1.400 m, y el segundo tramo de playa se encuentra abrigado por el espigón anterior y apoyado sobre el dique norte del puerto de Mataró, con una longitud de unos 700 m.

#### 2.4.3.2 Playa de Cabrera

La playa se encuentra apoyada sobre un espigón en el núcleo urbano de Vilassar de Mar. Este espigón consta de dos alineaciones rectas de 50 y 100 m aproximadamente; la primera perpendicular a la costa y la segunda formando 45° aproximadamente y orientado hacia el sur.

#### 2.4.3.3 Playa de Vilassar

Se encuentra dividida en dos tramos, el primero apoyado sobre un espigón situado en el núcleo urbano de Vilassar de Mar, a 1.000 m de distancia del espigón sobre el que se apoyaba la playa de Cabrera, y con las mismas características geométricas que este; y el segundo tramo apoyado sobre el dique de abrigo del puerto de Premià de Mar.

#### 2.4.3.4 Playa de Premia

Se encuentra a continuación del puerto de Premia y expuesta por tanto a las erosiones provocadas por éste, en los primeros metros de playa. Para contener la playa existen tres espigones. El primero de ellos situado a 240 m del puerto con una longitud de 50 m, y los otros dos perpendiculares a la costa a distancias de 840 y 1.200 m del puerto y con longitudes de 50 y 85 m respectivamente. Entre el segundo y tercer espigón existe una defensa longitudinal de escollera con una longitud de 150 m. Y a partir del tercero existe una zona prácticamente sin playa protegida longitudinalmente con escollero de unos 1.400 m, para dar paso a continuación a la playa de Masnou.

#### 2.4.3.5 Playa de Masnou

Se encuentra apoyada sobre el dique norte del puerto de Masnou, y ha sido objeto de varios aportes de sedimentos desde 1987, igual que la playa anterior y la de Mongat.

#### 2.4.3.6 Playa de Mongat

Es la última playa del Maresme y una de las que ha sido objeto de diferentes aportes de sedimentos. Comprende desde el puerto de Masnou hasta el espigón de Mongat, que tiene una alineación recta, formando un ángulo de  $70^{\circ}$ , aproximadamente, con la línea de costa y orientado hacia el norte, con una longitud de unos 70 m aproximadamente.



Figura 2.17: Playa de Mongat (Fuente: Guía de Playas. MAGRAMA)

#### 2.4.4 Mongat – San Adrián de Besós

A su vez se amplía la zona de estudio, hasta el término municipal de San Adrián de Besós, debido a que éstas se verán afectadas por cualquier actuación en la zona de estudio. Las playas correspondientes a dicho tramo son:

- La playa de Badalona
- La playa de San Adrián de Besós (Sant Àdria de Besós)

En la siguiente figura se representa la ubicación de ambas playas.



Figura 2.18: Playas desde Mongat hasta el río Besos (Foto: SIGPAC)

#### 2.4.4.1 Playa de Badalona

Situada en el término municipal de Badalona tiene una longitud de aproximadamente 4.370 m y se encuentra apoyada en su costado Sur en el espigón de encauzamiento del río Besós, y al Norte, en el espigón que separa la playa de Mongat.

#### 2.4.4.2 Playa de Besós

Se ubica en el término municipal de San Adrián de Besós, y se encuentra dividida por la desembocadura del río Besós. El primer tramo situado al norte tiene una longitud aproximada de 250 m, mientras que el segundo tramo, situado al sur tiene una longitud de 460 m.



Figura 2.19: Playa de Mongat (Fuente: Guía de Playas. MAGRAMA)

## 2.5 PLATAFORMA COSTERA

La batimetría general de la plataforma continental frente a la costa del Maresme, adopta una forma más o menos uniforme en todo el tramo. Así la batimétrica -5 m se mantiene a una distancia media de 250 m, presentando singularidades en las zonas afectadas por los puertos, en donde se observa que aguas arriba la curva se separa de la costa debido a la acumulación de sedimentos arrastrados por la corriente litoral y aguas abajo se aproxima más a la costa debido a las erosiones que el puerto produce como consecuencia de la interrupción del transporte sólido longitudinal. También se observa una singularidad a la altura de Punta Cabrera, donde la curva se separa de la costa una distancia de 450 m aproximadamente.

La batimétrica -20 m adopta una curva bastante uniforme a lo largo de todo el tramo objeto de este estudio; manteniéndose paralela a la costa a una distancia media de 1.400 m, existiendo una discontinuidad a la altura de la desembocadura de la riera de Argentona en donde la curva se separa de la costa unos 4.700 m aproximadamente.

En cuanto a la batimétrica -100 m, ésta adopta una curva en la que se observa cómo se va separando de la costa desde la desembocadura del río Tordera, en donde la separación es de unos 3.700 m, hasta el espigón de Mongat, en donde la separación de la curva es de casi 17.000 m.

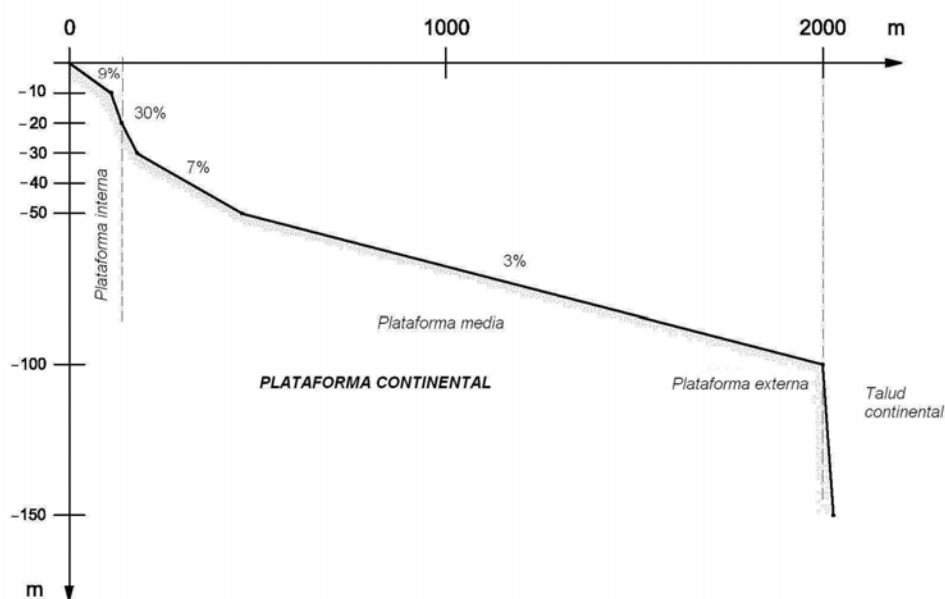


Figura 2.20: Perfil de la plataforma costera tomado en el punto medio entre los puertos de Premià y Masnou

## 2.6 RED FLUVIAL

Todo el litoral del Maresme se ha visto influenciado en su configuración costera por la actividad sedimentaria del río Tordera, principalmente, y de rieras de menor importancia como:

- Riera de Palasolls (Malgrat): con desembocadura en la playa de Malgrat.
- Riera de Santa Susana (Santa Susana): con desembocadura en la playa de Santa Susana.



- Riera de Pineda (Pineda de Mar): con desembocadura en la playa de Pineda.
- Riera de Calella (Calella de Mar): con desembocadura en la playa de Calella.
- Arroyo del Mores (San Pol de Mar): con desembocadura en la playa del Morés.
- Riera de San Cipriano (San Pol de Mar): con desembocadura en la platja de Grau.
- Riera de Canet (Canet de Mar): con desembocadura en la playa de Canet de Mar.
- Riera de Arenys de Mar (Arenys de Mar): con desembocadura en la playa de Arenys.
- Riera del Balis (San Vicente de Montalt): con desembocadura en la playa de San Vicente de Montalt aguas arriba del puerto de El Balis.
- Riera de Caldetas (Caldas de Estrach): con desembocadura en la playa de Caldetas.
- Riera de San Andrés (San Andrés de Llavaneras) con desembocadura en la playa de San Andrés de Llavaneras.
- Riera de Mataró (Mataró): con desembocadura en una zona de costa sin playa con protección longitudinal de escollera.
- Riera de San Simón (Mataró): con desembocadura en la playa de Mataró.
- Riera de Argentona (separa los términos municipales de Cabrera de Mar y Mataró): con desembocadura en una zona de costa sin playa con protección de escollera, entre las playas de Mataró y de Cabrera de Mar.
- Riera de Cabrera (Cabrera de Mar): con desembocadura en la playa de Cabrera de Mar.
- Riera de Cabriils (Cabrera de Mar): con desembocadura en la playa de Cabrera de Mar.
- Riera de Vilasar (San Juan de Vilasar): con desembocadura en la playa de San Juan de Vilasar.
- Riera de Teya (separa los términos municipales de Premiá de Mar y Masnou): con desembocadura en la playa de Premia.
- Riera de Alella (Masnou): con desembocadura en la playa de Mongat, aguas abajo del puerto de Masnou.
- Arroyo de Hoquera (separa los términos municipales de Masnou y Mongat): con desembocadura en la playa de Mongat.
- Riera d'n Font (Mongat): con desembocadura en la playa de Mongat.

El aporte sedimentario de los ríos y rieras anteriores, pertenecientes a la cuenca mediterránea están caracterizados por ser hiperanuales, siendo importantes en épocas con altas precipitaciones, por tanto; no es de extrañar que este aporte de sedimentos no haya sido suficiente como para compensar la corriente litoral ya que su situación, como se observa en los numerosos informes realizados en algunos tramos de costa del Maresme, es claramente regresiva, siendo necesario realizar aporte de sedimentos para regenerar las playas del litoral. A ello hay que añadir la regulación de la cuenca de los ríos y urbanización de las cuencas de arroyos y rieras, que hacen disminuir, en grado sumo, el aporte al mar de sedimentos.

En la siguiente figura se representa las principales rieras de la zona de estudio, en la que se indica su ubicación.



CEDEX

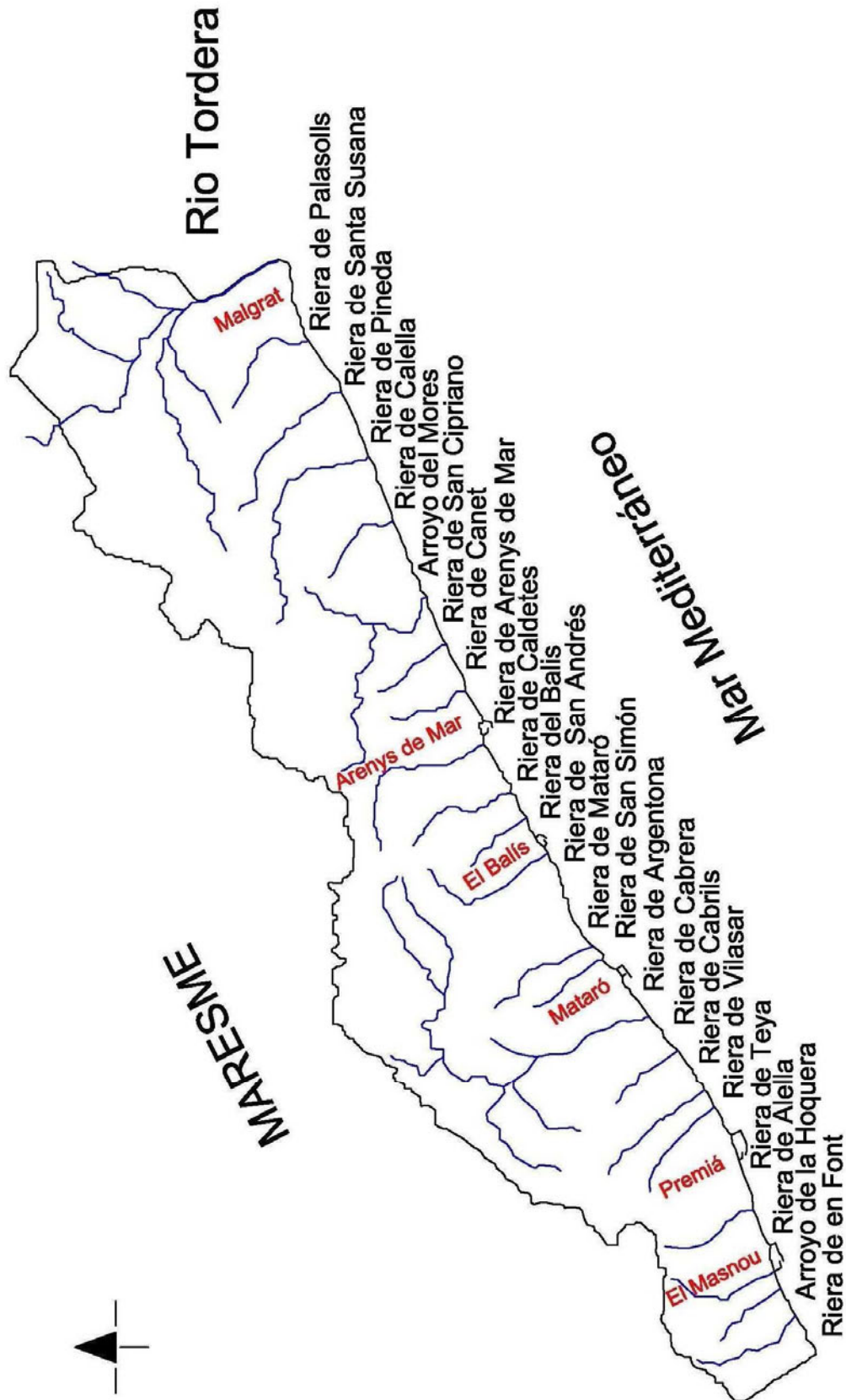


Figura 2.21: Red fluvial del Maresme



Según el documento de Las Rieras del Maresme Sur (Barcelona) y su Catalogación (2004), mientras que el Tordera y algunos tramos de la riera de Pineda y la riera de Argentona son cursos permanentes de agua, el resto presenta una ausencia de la misma la mayor parte del año, mientras que en la primavera y verano, cuando las lluvias son más abundantes, provocan el fenómeno de las avenidas, agravado por el hecho de que éstas se utilizan para colocar diferentes infraestructuras, impermeabilizadas con hormigón o asfalto y para la práctica desaparición de la vegetación de ribera.

La desembocadura del río Tordera se encuentra situada al norte del tramo de costa que comprende el Maresme, y una de las principales fuentes de alimentación de sedimentos para el transporte longitudinal a lo largo de la costa del Maresme. Forma una protuberancia en la costa que sirve de apoyo a la playa de S'Abanell y separa las provincias de Barcelona y Gerona.

Como se indica en el *Estudio de la Dinámica Litoral en la Costa Peninsular Mediterránea y Onubense. Provincias de Barcelona y Gerona* (1979), sus aportes no han sido suficientes para saturar la corriente litoral ya que la situación aguas abajo de la desembocadura del mismo, es claramente regresiva, como además, se puede observar en los diversos informes técnicos realizados por el CEDEX sobre las playas del Maresme.



Figura 2.22 Desembocadura del río Tordera (Fuente: SIGPAC)



CEDEX

### 3. **CLIMA MARÍTIMO**

La caracterización del clima marítimo de todo el frente costero en estudio, se realiza utilizando los datos incluidos en los informes y trabajos a los que se ha hecho referencia en el capítulo 1, y que se han añadido para complementar los datos pertenecientes a Clima Marítimo de Puertos del Estado.

Las principales variables consideradas para analizar y estudiar el comportamiento del clima marítimo frente a las costas del Maresme son:

- El oleaje
- El viento
- Las Corrientes
- Las variaciones del nivel del mar

#### 3.1 **OLEAJE**

El oleaje es el principal agente causante de la dinámica litoral en las playas del Maresme y de su evolución en el tiempo, por lo que su conocimiento es imprescindible para evaluar y estudiar su comportamiento.

La metodología seguida para estudiar el oleaje en el entorno del tramo de costa considerado puede resumirse en:

1. La búsqueda de fuentes de información de datos de oleaje en altamar.
2. El análisis y fiabilidad de los datos.
3. El estudio de las direcciones y características de los datos de oleaje que alcanzan la costa en la zona de estudio.

##### 3.1.1 **Fuentes de datos de oleaje**

Las principales fuentes de datos de oleaje que se han utilizado en este informe provienen básicamente de:

- Los informes técnicos del CEDEX.
- El estudio realizado por GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria.
- El estudio sobre la Estrategia de Sostenibilidad de la Costa (Demarcación Hidrográfica de Cataluña), de PROINTEC.
- Los datos de la red de medidas de Puertos del Estado, tanto los datos de previsión del programa WANA (puntos WANA) como de las boyas de medida (puntos SIMAR).
- Datos de oleaje del estudio de la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM)

##### 3.1.1.1 **Datos de oleaje de los informes técnicos del CEDEX**

El estudio de clima marítimo de los informes técnicos del CEDEX, se realiza utilizando las siguientes fuentes de datos de oleaje:

1. El banco de datos visuales del National Climatic Data Center (N.C.D.C.), situado en Asheville en Carolina del Norte (EE.UU.).

2. El banco de registros de boyas escalares de la Red Española de Medida y Registro de Oleaje (REMRO), situado en el CEDEX.
3. El banco de datos de boyas escalares de la Generalitat de Catalunya.

### **3.1.1.1.1 Los datos de oleaje visuales provenientes del N.C.D.C.**

Los datos de oleaje provenientes del NCDC son observaciones tomadas por diferentes fuentes como: barcos en ruta, barcos meteorológicos, observaciones de boyas, etc. Los instrumentos de toma de datos utilizados han sido muy variados a lo largo de la historia, pues dichos datos comenzaron a tomarse a mediados del siglo XIX. En 1963 la "Internacional Marine" estableció los cánones para disponer la manera en que debían tomarse los datos para una mejor informatización de los mismos.

Los datos vienen diferenciados según el tipo de oleaje, Sea o Swell, proporcionando para cada observación: la altura, el periodo y la dirección de la ola, así como las coordenadas geográficas del punto de observación.

La altura de la ola suministrada por dichos datos, al ser estos visuales, es la altura de ola significativa  $H_{1/3}$ , que por otra parte es la más corrientemente utilizada en los estudios de los procesos litorales.

Las alturas de ola significantes  $H_{1/3}$  vienen agrupadas en intervalos escalonados de 0,5 metros de amplitud, partiendo de 0,5 metros hasta alcanzar los 49,5 metros, las alturas de ola inferiores a 0,25 metros las supone calmas. Los periodos de onda vienen expresados en escalones de 2 segundos; comenzando por valores menores de 5 segundos, hasta el último escalón para valores mayores de 21 segundos. Las direcciones del oleaje se ordenan en 36 husos de  $10^\circ$ . Todas las observaciones vienen separadas según sea el tipo de oleaje, Sea o Swell.

El principal inconveniente achacable a los datos del NCDC tiene dos vertientes: la primera de ellas es la heterogeneidad en la toma de datos; siendo la segunda el procesado de los mismos, dado que pasa por dos escalones, el realizado por el propio NCDC y el efectuado por cada organismo receptor de los datos, no existiendo, muchas veces, criterios homogéneos para su procesado. A su vez la gran ventaja que posee este banco de datos reside en la cantidad y extensión, en espacio y tiempo, de las observaciones, además de proporcionar datos direccionales. Otro de los inconvenientes, aunque este en menor medida, es la densidad de los datos, pues existen zonas de alta concentración de los mismos, coincidiendo generalmente con las rutas marítimas más utilizadas, disminuyendo dicha concentración en zonas poco transitadas por barcos o en las proximidades de la costa.

### **3.1.1.1.2 La red de registros de oleaje de la R.E.M.R.O.**

Las observaciones visuales de oleaje se pueden complementar con los datos de oleaje facilitados por la REMRO de este Centro, hoy en día integrados en las redes de boyas de Puertos del Estado. Como en el apartado siguiente se indicará, las boyas que componían la REMRO tenían como principal inconveniente que los datos que suministraba eran escalares, lo que dificultaba su utilización en estudios costeros, si bien sirvieron como calibrado para los datos visuales.

La REMRO constaba de un conjunto de 19 boyas escalares situadas en distintos puntos de la costa española, a poca distancia de ellas y ancladas, por tanto, a una profundidad no excesiva. Las boyas estaban situadas en: Bilbao, Gijón (I y II), La Coruña, Cabo Silleiro, Sevilla, Cadiz, Ceuta, Málaga, Cabo de Gata, Cabo de Palos, Alicante, Valencia, Capdepera (Mallorca), Tarragona, Palamós, Tenerife y Las Palmas (I y II). La profundidad de las boyas oscila entre 21 y 90 metros.

Los datos suministrados por la boyas se procesaban y uniformizaban en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX en Madrid, proporcionando entre otros, la altura significativa  $H_{1/3}$  y el periodo de la ola.

Los registros obtenidos en las boyas constituyen la mejor fuente de datos para determinar el oleaje en una zona concreta, siempre que los registros se tomen durante un tiempo significativo estadísticamente. Sin embargo, presentaban el inconveniente de proporcionar datos escalares de oleaje, lo que limitaba su utilización en estudios costeros.

La boya que la REMRO, hoy en la red de boyas de Puertos del Estado, está instalada en la bahía de Palamós, está colocada a 90 metros de profundidad, inicialmente en el punto de coordenadas:  $41^{\circ} 49' 24''$  Norte,  $03^{\circ} 10' 42''$  Este, habiendo sido ubicada en otro punto más protegido, en cuanto al tráfico de barcos se refiere, en febrero del año 1992, de coordenadas:  $41^{\circ} 49' 48''$  Norte,  $03^{\circ} 11' 16''$  Este.

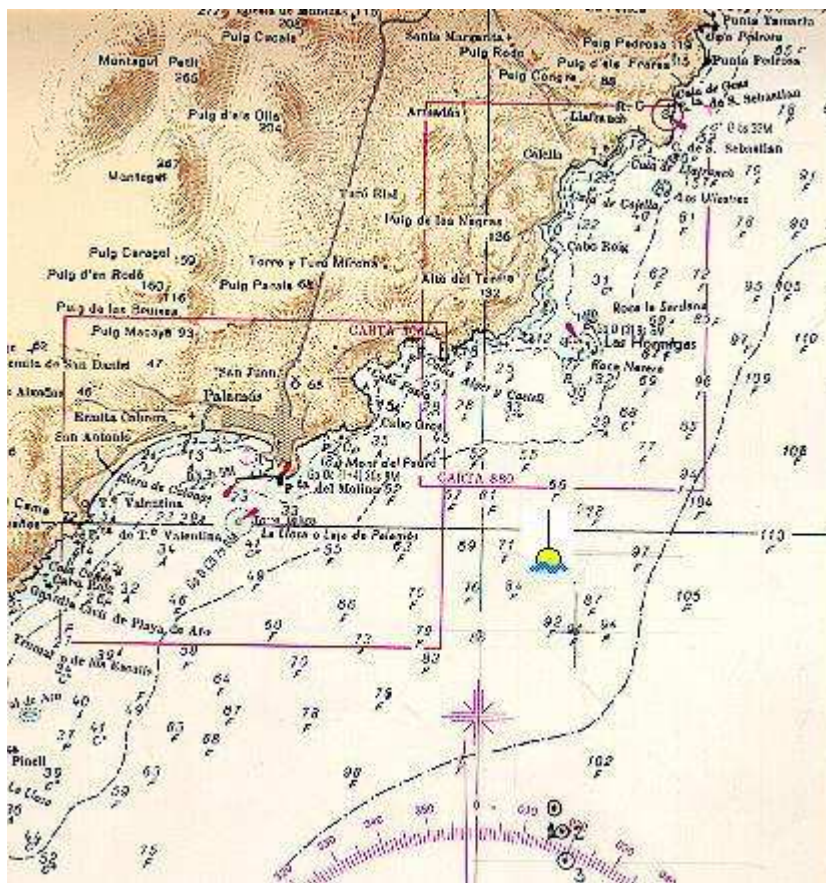


Figura 3.1 Situación de la boya de Palamós (Girona) (Fuente: I.H. de la Marina y CEDEX 2002)

### 3.1.1.1.3 La red de registros de oleaje de la Generalitat de Catalunya

En el entorno del Maresme existen dos boyas pertenecientes a la red de boyas de la Generalitat, situadas frente a las desembocaduras de los deltas de los ríos Tordera y Llobregat. La primera de las boyas, aunque más próxima a la zona de estudio posee pocos datos, por lo que se prefirió utilizar los registros de la boya del Llobregat.

### 3.1.1.2 Datos de oleaje del estudio de GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria

Las fuentes de datos consideradas en el Estudio de Dinámica Litoral de la Playa de Badalona, para estimar el régimen de oleaje, fueron:

- Datos medidos en la boya de la red de oleaje de la Generalitat (Boya de Llobregat).
- Datos de previsión del programa WANA de Puertos del Estado.

#### 3.1.1.2.1 Datos de las boyas

Como sucedía en los informes del CEDEX, en este estudio se considera la boya de Llobregat, de la red de boyas de la Generalitat, por aportar una mayor cantidad de datos.

La boya del Delta del Llobregat se encuentra fondeada a una profundidad de 45 m y se sitúa en las siguientes coordenadas geográficas:

**Latitud: 41° 16,69' N**  
**Longitud: 2° 8,48' W**

#### 3.1.1.2.2 Datos de previsión del programa WANA

Basada en el modelo WAM de generación de oleaje, evalúa la evolución en el tiempo de un espectro bidimensional de energía de oleaje con respecto a la frecuencia y dirección sin hacer ninguna presunción inicial sobre la forma del espectro.

Se utilizan los datos correspondientes al punto WANA 622, ubicado en las coordenadas:

**Latitud: 41,25°**  
**Longitud: 2,12°**

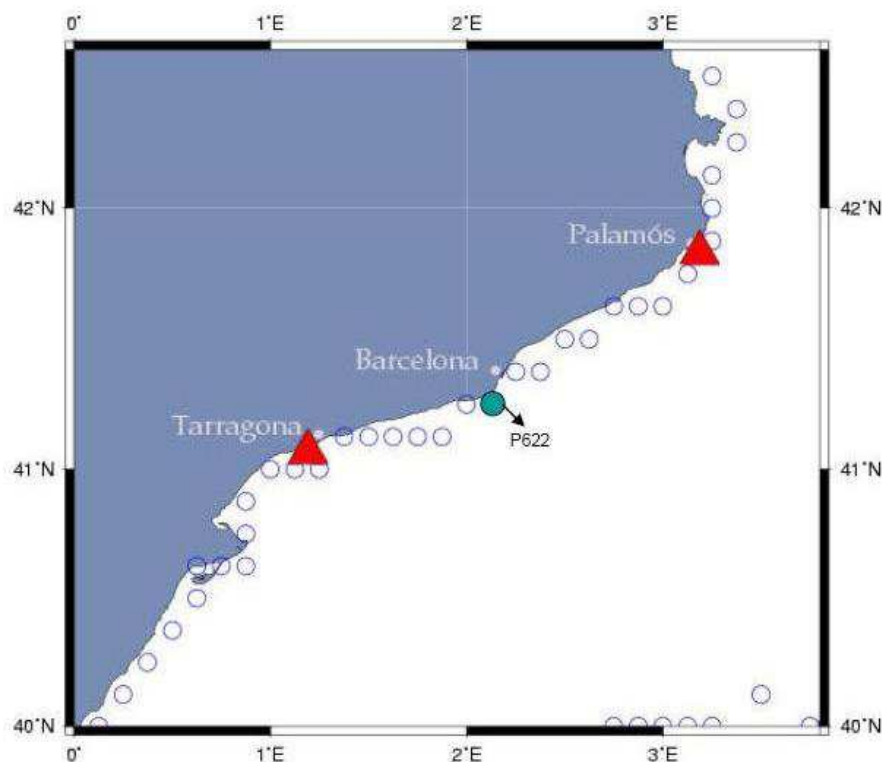


Figura 3.2: Localización del punto WANA utilizado (622)  
(Fuente: GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria)



CEDEX

La información aportada, para cada estado de mar fue, la altura de ola significativa, periodo medio, periodo de pico, dirección media de oleaje, altura de mar de viento y mar de fondo y dirección de mar de viento y de mar de fondo.

### 3.1.1.3 Datos de oleaje del estudio de la Estrategia de Sostenibilidad de la Costa

En el estudio, realizado por la empresa PROINTEC para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, para caracterizar el clima marítimo no se aportan datos de oleaje de cierta importancia, por lo que solamente se menciona a título informativo.

### 3.1.1.4 Datos de oleaje de Puertos del Estado

Puertos del Estado tiene un amplio servicio de datos de clima marítimo de las costas españolas, consistente básicamente en tres tipos:

- Predicciones
- Datos en tiempo real
- Datos históricos

Para este trabajo se han usado los datos provenientes del último de los tipos: Datos Históricos. Que ofrece datos de oleaje, viento y corrientes. Para el tramo en estudio de la costa del Maresme existen las siguientes fuentes:

#### 1. Oleaje:

- Puntos Wana:
  - 2114138
  - 2116138
  - 2117139
  - 2120139
- Puntos Simar-44
  - 2068052
  - 2069052
  - 2070052
  - 2067051
  - 2068051

#### 2. Viento:

- Estación meteorológica de Barcelona I(4750)

#### 3. Niveles del mar

- Mareógrafo de Barcelona 2 (3758)

Los puntos Wana poseen datos desde 1996 hasta la actualidad, mientras que los puntos Simar los datos parten de 1958 hasta el 2001. Ambos datos son complementarios; existiendo solamente un punto en que ambos coincidan Wana 2114138 y Simar-44 2068052, situado en alta mar en la mitad del tramo, por lo que resulta ideal para caracterizar el oleaje de todo en tramo en estudio.

### 3.1.1.5 Datos de oleaje del estudio de la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM)

Las fuentes de datos consideradas en el Estudio del Comportamiento de las playas del Maresme fueron:

- Datos de observaciones visuales
- Datos registrados por las boyas

### 3.1.1.5.1 Datos de las observaciones visuales

Los datos son los correspondientes al British Maritime Technological and Meteorological Office (Bracknell) y a la del National Climatic Data Center (Asheville) de EE.UU.

La cuadrícula de estudio fue la (9263), que abarca desde 2° E a 3° E y desde 41° N a 42° N, con 14.494 observaciones registradas en el período comprendido entre enero de 1959 y diciembre de 1991, ambos incluidos.

### 3.1.1.5.2 Datos de los registros de las boyas

Los datos de la zona de estudio fueron los procedentes de la boya Tordera, fondeada frente al Delta del río Tordera, perteneciente a Direcció General de Ports i Costes del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya.

El emplazamiento y los períodos de operación de la boya fueron:

| Situación                     | Profundidad (m) | Datos     | Periodo               |      |
|-------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|------|
| 2° 48' 15" E<br>41° 38' 09" N | 75              | Boya esc. | 12/5/84 a<br>13/11/84 | (*)  |
| 2° 48' 12" E<br>41° 39' 36" N | 46              | Boya esc. | Desde<br>23/12/84     | (**) |

(\*): Pérdida de la boya

(\*\*): Nueva boya

## 3.1.2 Análisis de los datos de oleaje

Para analizar los datos de oleaje del tramo de costa en estudio, se consideran las cuatro fuentes de información descritas en el apartado anterior:

- Informes técnicos del CEDEX
- Estudio de GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria
- Estudio de Sostenibilidad de la Costa de PROINTEC
- Puertos del Estado
- Estudio de la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM)

### 3.1.2.1 Análisis de los datos de los informes técnicos del CEDEX

La caracterización del clima de oleaje se hizo en función de los datos visuales del NCDC y datos instrumentales registrados por la boya que la REMRO tiene instalada en la bahía de Palamós.

Para definir las características del oleaje en los alrededores del tramo de costa en estudio, se consideró la cuadrícula de observaciones definida por las coordenadas:

**Latitud:** 41.2° 41.8° N  
**Longitud:** 2° 3° E

El número total de observaciones era de 9.881, distribuidas de la siguiente manera:



CEDEX

| OBSERVACIONES VISUALES (Datos N.W.R.C.) |            |              |
|---|------------|--------------|
|   | Oleaje SEA | Oleaje SWELL |
| Número de válidas                       | 4.326      | 2.007        |
| Número de calmas                        | 3.093      | 164          |
| Número de confusas                      | 174        | 117          |
| Total de observaciones                  | 7.593      | 2.288        |

Los oleajes SEA predominantes corresponden al primer y tercer cuadrante. Los principales oleajes eran los provenientes este-nordeste (ENE) y sur-suroeste (SSW), con unos porcentajes del 12,99% y 12,71%, respectivamente. Después vienen los oleajes del norte-nordeste (NNE), 10,36%, oeste-suroeste (WSW), 10,24%, este (E), 9,15%, y sur (S), 7,20%, reduciéndose mucho los porcentajes de presentación para el resto de las direcciones.

Se registraron 3 observaciones de oleaje superiores a los 5 metros, el 0,04% del total del oleaje visual registrado en la cuadrícula considerada. La altura de ola que se presentaba con mayor frecuencia corresponde al escalón entre 0 y 0,5 metros, 37,79%, disminuyendo los porcentajes al aumentar la altura de ola. Las calmas representan el 41,69% de las observaciones.

Los períodos principales eran bajos; predominando los oleajes con período igual o menor de 5 segundos, 53,55% del total. Los períodos iguales o mayores de 10 segundos sólo representaban el 0,08% del total, lo que indicaba lo poco desarrollado del oleaje registrado en esta zona.

Para el oleaje tipo SWELL, los oleajes predominantes correspondían, de nuevo, al primer y tercer cuadrante. Los principales oleajes eran el este-nordeste (ENE) y este (E), con unos porcentajes del 23,52% y 21,38%, respectivamente. Después venían los oleajes del norte-nordeste (NNE), 9,34%, sur-suroeste (SSW), 8,62%, sur (S), 8,72%, este-sureste (ESE), 8,87%, y sur-sureste (SSE) 7,47%. Para el resto de direcciones los oleajes eran menos frecuentes.

Se había registrado 7 oleajes mayores de 5 metros, el 0,32% respecto del total de observaciones. La altura de ola predominante correspondía al escalón entre 0,5 y 1 metros, el 36,57%, seguido por los oleajes de 0 a 0,5 metros con el 31,74% de las observaciones. Las calmas aparecen el 8,17% del total de las observaciones.

El período del oleaje SWELL era mayor que el del SEA, encontrándose más distribuido y aumentando el porcentaje de los períodos altos. El periodo predominante seguía correspondiendo al menor o igual a 5 segundos, 55,23%, aumentando mucho el oleaje entre 6 y 7 segundos, 26,39%. Los períodos iguales o mayores de 10 segundos representan el 4,65% del total de observaciones.

### MARESME (Datos visuales)

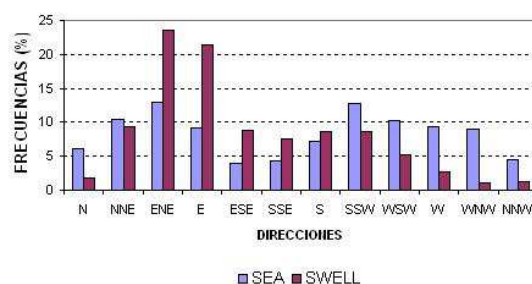


Figura 3.3: Datos visuales en la zona del Maresme (Fuente: CEDEX 2002)



Para la obtención de medida y registro de datos escalares de oleaje se utilizaron los datos registrados por la boya que la REMRO, hoy integrada en la red de boyas de Puertos del Estado, instalada en la bahía de Palamós, según el informe técnico: “REMRO Datos de oleaje 1999. Estación de Gerona (2000)”, elaborado por la REMRO-CEDEX para Puertos del Estado, se observa:

- El mayor porcentaje de olas, registradas en el periodo Febrero de 1988 a Diciembre de 1999, se daba para alturas significativas comprendidas en el intervalo 0,5-1,0 m, siendo este del 38,83% y con un periodo comprendido entre los 4 y 5 s dentro de estas las olas ocupaban el 15,48% seguidas de las de periodo comprendido entre 6 y 7 s con un 13,58% de las olas registradas en el intervalo de tiempo anterior.
- Las olas con una altura significativa menor de 0,5 m ocupaban el 33,79% de los registros, siendo predominantes las olas con periodos comprendidos entre 4 y 5 s con un 14,03%, seguida de las olas con periodos comprendidos entre 3 y 4 s con un 12,53% de los registros.
- Le sigue en orden de importancia las olas con una altura significativa comprendida entre 1,0 y 1,5 m, siendo estas un 17,28% de las olas registradas. De estas las olas con un periodo comprendido entre 5 y 6 s son las que tienen mayor porcentaje siendo este un 7,96%, seguido de las olas con un periodo comprendido entre 6 y 7 s con un 5,44% de las olas registradas.
- Alturas de ola significativa mayor de las anteriores tienen menor porcentaje de registros siendo de un 1,32% el porcentaje de olas con altura significativa comprendida entre 2,5 y 5,5 m. Siendo el resto de los registros del periodo olas con altura significativa comprendida entre 1,5 y 2,5 m.

### 3.1.2.2 Análisis de los datos del estudio de GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria

Del análisis de los datos de la boya del Delta de Llobregat se obtiene la función de distribución media de alturas de ola significativa, que se representa en la siguiente figura.

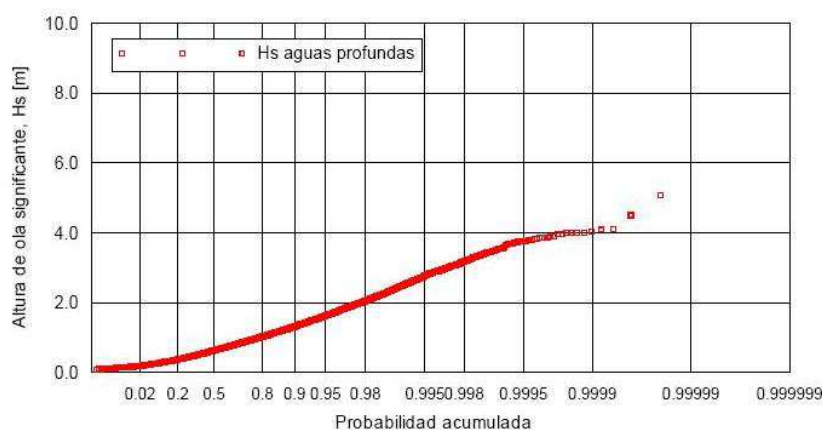


Figura 3.4: Función de distribución media de alturas de ola significativa en la boya de Llobregat (Fuente: GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria)

Del análisis de los datos de previsión del programa WANA se deduce la necesidad de su calibración. Así de los datos WANA corregidos con los datos de la boya de Llobregat, de los datos WANA sin corregir y de los datos de la boya de Llobregat, se obtienen los regímenes escalares de alturas de ola significativa, que se representan a continuación. Determinándose



CEDEX

que la altura de ola significativa media está alrededor de 0,9 m y que la altura de ola significativa que es superada 12 horas al año es aproximadamente de 3 m.

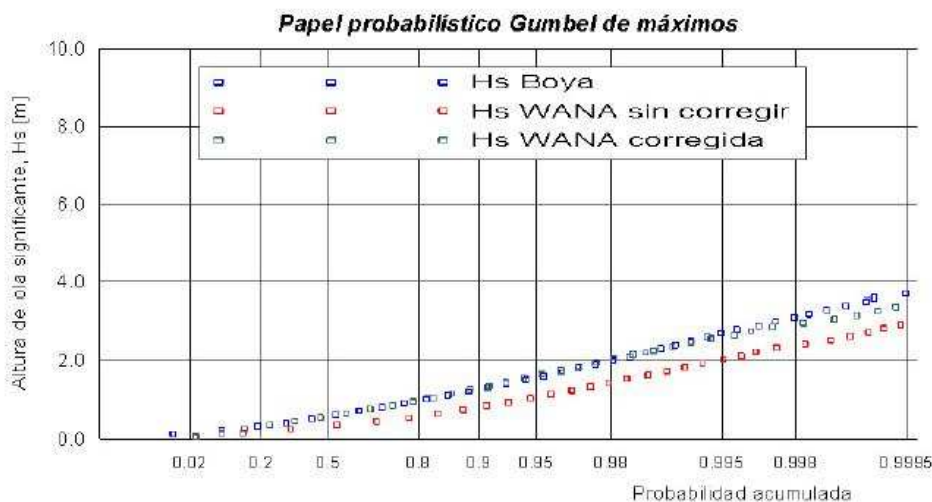


Figura 3.5: Régimen medio escalar de alturas de ola (WANA corregida y boya de Llobregat  
(Fuente: GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria)

A continuación se muestra la distribución direccional de alturas de ola de los datos WANA calibrados, en la que se aprecia que los oleajes dominantes y reinantes de la zona provienen de las direcciones ENE, E, ESE y SSW.

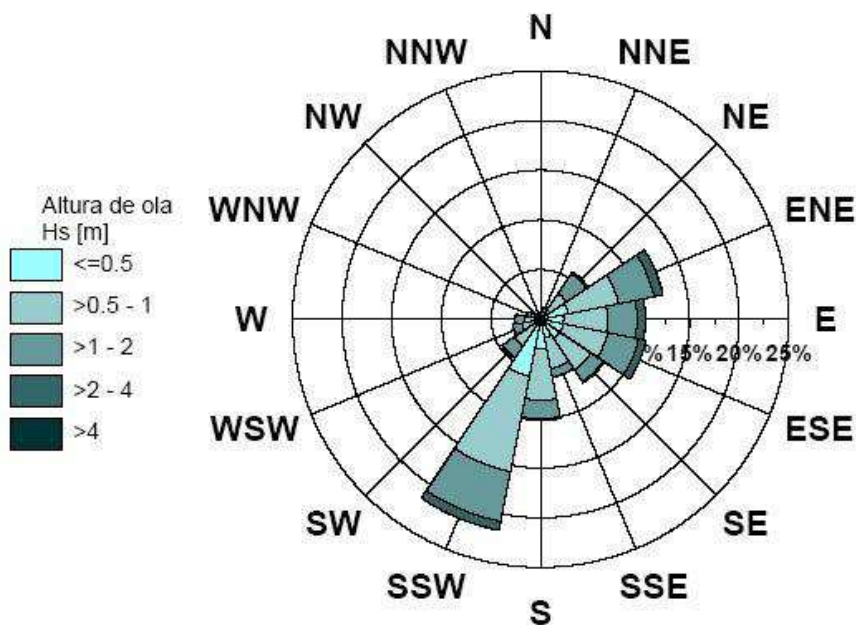


Figura 3.6: Rosas de oleajes medios en profundidades indefinidas  
(Fuente: GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria)

Finalmente se presenta la distribución de los oleajes por alturas de ola y periodos, del que se concluye que los oleajes medios y más frecuentes de la zona son de período de unos 6 segundos, con alturas de ola significativa medio de aproximadamente un metro.

|                |          | H <sub>s</sub> -T |         |         |         |          |        | Total    |
|----------------|----------|-------------------|---------|---------|---------|----------|--------|----------|
|                |          | T                 |         |         |         |          |        |          |
|                |          | >0 - 4            | >4 - 6  | >6 - 8  | >8 - 10 | >10 - 12 | >12    |          |
| H <sub>s</sub> | >0 - 0.5 | 0.057%            | 18.871% | 4.437%  | 0.000%  | 0.000%   | 0.000% | 23.365%  |
|                | >0.5 - 1 | 0.001%            | 30.194% | 15.909% | 0.281%  | 0.000%   | 0.000% | 46.385%  |
|                | >1 - 2   | 0.000%            | 4.280%  | 19.080% | 2.554%  | 0.061%   | 0.000% | 25.975%  |
|                | >2 - 3   | 0.000%            | 0.000%  | 1.580%  | 1.947%  | 0.160%   | 0.000% | 3.687%   |
|                | >3 - 4   | 0.000%            | 0.000%  | 0.001%  | 0.438%  | 0.083%   | 0.001% | 0.522%   |
|                | >4 - 6   | 0.000%            | 0.000%  | 0.000%  | 0.009%  | 0.050%   | 0.002% | 0.061%   |
|                | >6       | 0.000%            | 0.000%  | 0.000%  | 0.000%  | 0.001%   | 0.005% | 0.005%   |
| Total          |          | 0.058%            | 53.345% | 41.007% | 5.229%  | 0.355%   | 0.007% | 100.000% |

Figura 3.7: Distribución los oleajes por alturas de ola y períodos  
(Fuente: GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria)

### 3.1.2.3 Análisis de los datos del Estudio de Sostenibilidad de la Costa de PROINTEC

Los principales datos aportados en el estudio de clima marítimo son:

En el Maresme Norte (Blanes – Canet de Mar):

- Altura de ola significativa: H<sub>s</sub>=0,7 m
- Altura de ola significativa superada 12 horas al año: H<sub>s12</sub>=3,3 m
- Período de pico: T<sub>p</sub>=5,1 s
- Dirección media de oleaje: 62° N

En el Maresme Sur (Arenys de Mar – Mongat)

- Altura de ola significativa: H<sub>s</sub>=0,5 m
- Altura de ola significativa superada 12 horas al año: H<sub>s12</sub>=2,8 m
- Período de pico: T<sub>p</sub>=5,1 s
- Dirección media de oleaje: 107° N



CEDEX

# ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME (Informe parcial)

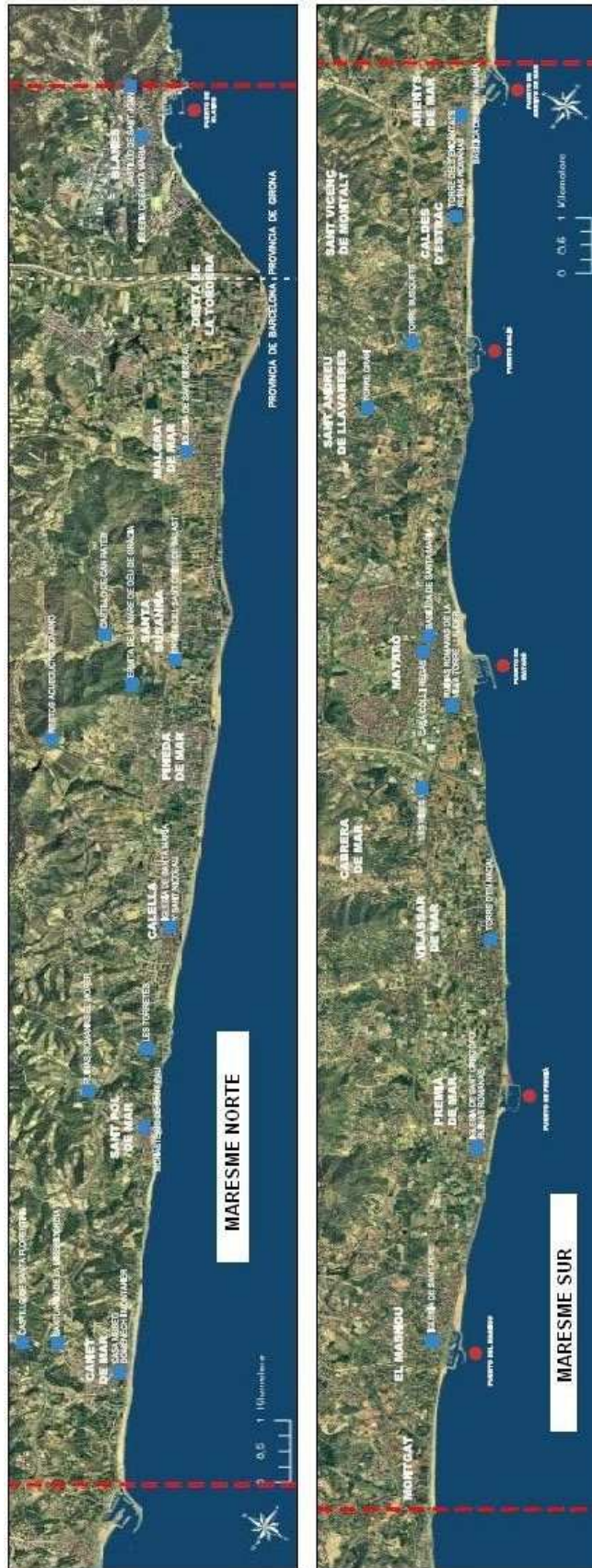


Figura 3.8: Zonificación Maresme (Fuente: Estudio de Sostenibilidad de la Costa. PROINTEC)

### 3.1.2.4 Análisis de los datos de oleaje de Puertos del Estado

Se han tomado los datos históricos de oleaje que posee Puertos del Estado. En la siguiente figura se observa la ubicación de los diferentes puntos WANA y SIMAR-44 de la zona de estudio en la costa del Maresme.

De todos ellos, se han considerado los datos históricos de oleaje del punto SIMAR-44 (2068052), que coincide geográficamente con el punto WANA (2114138) debido a que se encuentra en el centro del tramo en estudio por lo que es el punto que caracteriza mejor todo el tramo en su conjunto. Así pues, a continuación se muestran los datos de oleaje de Puertos del Estado pertenecientes a ambas fuentes, puntos SIMAR-44 y WANA que son complementarios ya que el primero de ellos abarca desde 1958 hasta 2001 mientras que el segundo lo hace desde 1996 hasta la actualidad, solapándose ambos registros desde 1996 hasta 2001.



Figura 3.9: Situación de los puntos SIMAR-44 y WANA (Fuente: Puertos del Estado)

#### 3.1.2.4.1 Análisis de los datos altura de ola de la rosa de oleaje

La altura de ola significativa en el punto SIMAR-44 (2068052), en el período comprendido entre los años 1958 y 2001, presenta cinco direcciones principales de oleaje: sur (S), sureste (SE), este (E), noreste (NE) y suroeste. La dirección principal de presentación es sur (S) con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 20% y una altura de ola significativa entre 2 y 3 metros. Le sigue la dirección sureste (SE), con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 15% y una altura de ola significativa entre 3 y 4 metros. A continuación le sigue la dirección

este (E) con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 15% en menor medida y una altura de ola significativa de entre 4 y 5 metros. Después le sigue en presentación la dirección noreste (NE), con una frecuencia de presentación del 15% y una altura de ola significativa entre 2 y 3 metros. Y, finalmente, la siguiente dirección principal de presentación es la sur-oeste (SW), con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 10% y con una altura de ola significativa de entre 1 y 2 metros.

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA en SIMAR-44 2068052 en el periodo 1958-2001

SIGNIFICANT HEIGHT ROSE at SIMAR-44 Point 2068052 , period 1958-2001

LUGAR/LOCATION: SIMAR-44 2068052 MUESTREO/SAMPLING: 3Hor.  
PERIODO/PERIOD: 1958-2001 INTERVALO/INTERVAL: Global  
EFICACIA/EFFIC.: 100.04 % CALMAS/CALMS,<0.2 (m) : 15.33 %

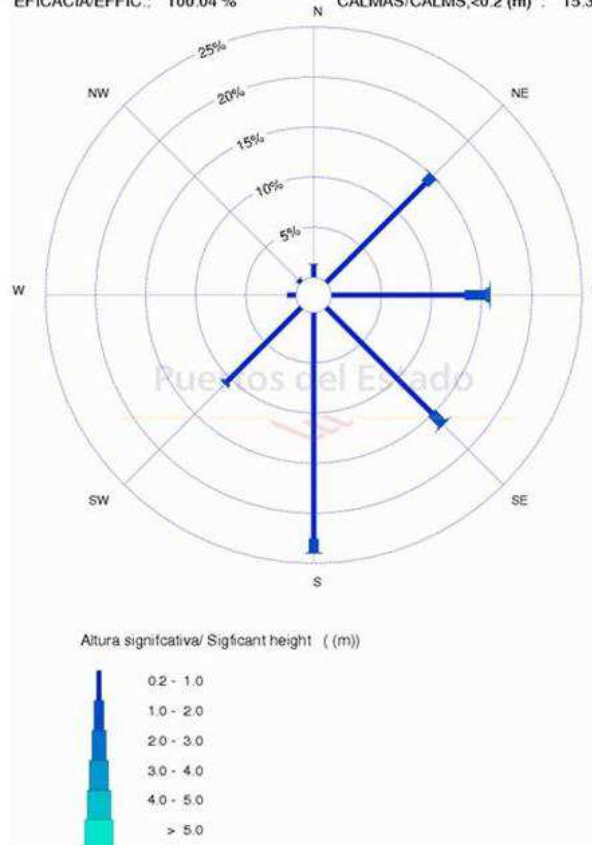


Figura 3.10a: Rosa de oleaje del punto SIMAR-44 (2068052) (Fuente: Puertos del Estado)

La altura de ola significativa en el punto WANA 2114138, en el período comprendido entre los años 1996 y 2013, presenta cinco direcciones predominantes de oleaje: este (E), sur (S), sureste (SE), noreste (NE) y suroeste (SW). En primer lugar predomina la dirección este (E) con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 20% y una altura de ola comprendida entre 3 y 4 metros. Seguidamente predomina la dirección sur (S), con una frecuencia de presentación del 20% y una altura de ola significativa comprendida entre 3 y 4 metros. A continuación predomina la dirección sureste (SE), con una frecuencia de presentación que casi alcanza el 16% y una altura de ola significativa comprendida entre 2 y 3 metros. Le sigue la dirección noreste (NE) con una frecuencia de presentación que supera el 12% y con una altura de ola significativa entre 4 y 5 metros. Y finalmente predomina la dirección suroeste (SW), con una frecuencia de presentación entre el 12 y el 16% y con una altura de ola significativa entre 2 y 3 metros. Como se aprecia en la figura adjunta.

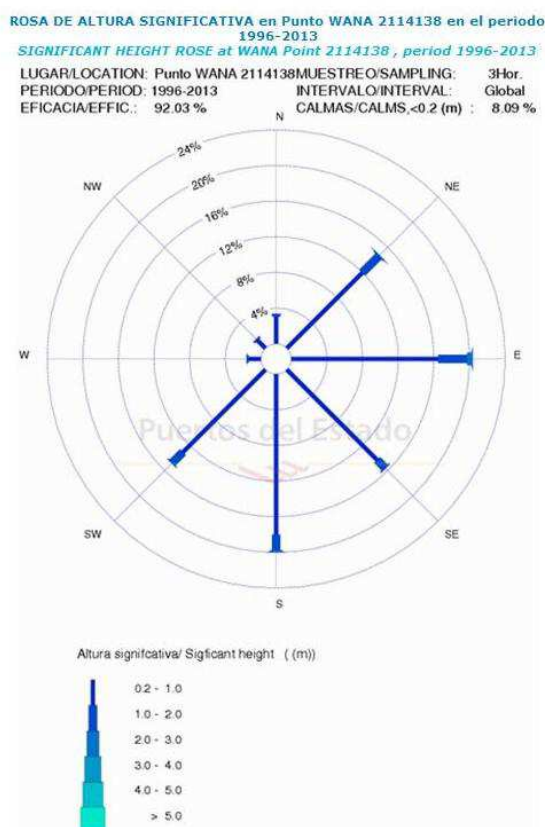


Figura 3.10b: Rosa de oleaje del punto WANA (2114138) (Fuente: Puertos del Estado)

### 3.1.2.4.2 Análisis de los datos altura vs período

Para ello se consideran los datos del punto SIMAR-44 (2068052), que presenta una serie histórica de datos comprendida entre los años 1958 y 2001.

De la siguiente figura se deduce que los mayores porcentajes de presentación de los datos, corresponden a alturas de ola significativa comprendidas entre 0,5 y 3 metros. Alcanzando los mayores porcentajes de presentación para alturas de ola inferiores a 0,5 metros (68,89%) y para alturas de ola significativa de 1 metro (24,11%). A su vez se deduce que los principales períodos de pico están comprendidos entre 4 y 7 segundos.

| EFICACIA: 99.96%<br>AÑO/YEAR: 1958-2001 |       | Tp (s) |       |        |        |        |        |       |       |       |       | TOTAL |        |
|---|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|   |       | <=1.0  | 2.0   | 3.0    | 4.0    | 5.0    | 6.0    | 7.0   | 8.0   | 9.0   | 10.0  |       | >10.0  |
| Hs (m)                                  | <=0.5 | ---    | 0.129 | 8.296  | 25.845 | 13.212 | 9.863  | 7.607 | 2.459 | 1.158 | 0.291 | 0.038 | 68.899 |
|   | 1.0   | ---    | ---   | 0.126  | 0.993  | 2.858  | 6.655  | 7.474 | 2.452 | 1.901 | 1.278 | 0.374 | 24.111 |
|   | 1.5   | ---    | ---   | ---    | 0.003  | 0.011  | 0.261  | 1.669 | 1.228 | 0.849 | 0.474 | 0.358 | 4.853  |
|   | 2.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | 0.002  | 0.158 | 0.384 | 0.468 | 0.273 | 0.165 | 1.450  |
|   | 2.5   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | 0.007 | 0.042 | 0.166 | 0.148 | 0.096 | 0.458  |
|   | 3.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | 0.002 | 0.025 | 0.047 | 0.071 | 0.145  |
|   | 3.5   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | 0.002 | 0.009 | 0.040 | 0.050  |
|   | 4.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | ---   | ---   | 0.014 | 0.015  |
|   | 4.5   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | ---   | ---   | 0.007 | 0.007  |
|   | 5.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | ---   | ---   | 0.006 | 0.006  |
| > 5.0                                   | ---   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | ---   | 0.006 | 0.006 |        |
| TOTAL                                   | ---   | 0.129  | 8.422 | 26.841 | 16.081 | 16.782 | 16.915 | 6.567 | 4.568 | 2.520 | 1.175 | 100%  |        |

Figura 3.11: Tabla altura de ola significativa vs período pico anual en el punto SIMAR-44 (2068052) (Fuente: Puertos del Estado)



CEDEX

Y en este análisis se consideran los datos del punto WANA (2114138), con una serie histórica de datos entre los años 1996 y 2013.

En los que se observa que los mayores porcentajes de presentación pertenecen a alturas de ola significativa de entre 0,5 y 3,5 metros. Destacando los mayores porcentajes de presentación en alturas de ola inferiores a 0,5 metros (54,41%) y en alturas de ola de 1 metro (33,24%). A su vez se observa que los mayores porcentajes de presentación de los periodos pico varían entre 4 y 7 segundos. A igual que en el punto SIMAR-44.

| EFICACIA: 92.22%<br>AÑO/YEAR: 1996-2013 |       | Tp (s) |       |        |        |        |        |       |       |       |       | TOTAL |        |
|---|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|   |       | <=1.0  | 2.0   | 3.0    | 4.0    | 5.0    | 6.0    | 7.0   | 8.0   | 9.0   | 10.0  |       | >10.0  |
| Hs (m)                                  | <=0.5 | ---    | 0.456 | 8.359  | 18.895 | 10.730 | 7.479  | 4.325 | 2.043 | 1.521 | 0.476 | 0.132 | 54.417 |
|   | 1.0   | ---    | ---   | 0.773  | 6.498  | 5.624  | 6.290  | 6.560 | 2.989 | 2.198 | 1.466 | 0.849 | 33.245 |
|   | 1.5   | ---    | ---   | 0.002  | 0.270  | 1.018  | 1.359  | 1.779 | 1.643 | 1.260 | 0.713 | 0.608 | 8.652  |
|   | 2.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | 0.136  | 0.303  | 0.484 | 0.429 | 0.489 | 0.353 | 0.239 | 2.433  |
|   | 2.5   | ---    | ---   | ---    | ---    | 0.004  | 0.025  | 0.124 | 0.142 | 0.165 | 0.115 | 0.159 | 0.734  |
|   | 3.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | 0.004  | 0.023 | 0.064 | 0.068 | 0.070 | 0.091 | 0.320  |
|   | 3.5   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | 0.002 | 0.008 | 0.021 | 0.029 | 0.056 | 0.115  |
|   | 4.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | 0.002 | ---   | 0.008 | 0.008 | 0.035 | 0.054  |
|   | 4.5   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | 0.002 | ---   | ---   | 0.002 | 0.012 | 0.016  |
|   | 5.0   | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | ---   | ---   | 0.004 | 0.004  |
|   | > 5.0 | ---    | ---   | ---    | ---    | ---    | ---    | ---   | ---   | ---   | 0.002 | 0.008 | 0.010  |
| TOTAL                                   | ---   | 0.456  | 9.134 | 25.663 | 17.512 | 15.459 | 13.301 | 7.318 | 5.729 | 3.234 | 2.193 | 100%  |        |

Figura 3.12: Tabla altura de ola significativa vs período pico anual en el punto WANA (2114138)  
(Fuente: Puertos del Estado)

### 3.1.2.5 Resumen de los datos de Puertos del Estado

Tras analizar los datos obtenidos de los puntos SIMAR-44 y WANA. En primer lugar se deduce de la rosa de oleaje, que las principales direcciones de oleaje son la sur (S) y la este (E), respectivamente. Alcanzando las mayores alturas entre 4 y 5 metros. Y en segundo lugar, de las tablas altura – período, se deduce que los mayores porcentajes de presentación corresponden a las alturas de ola inferiores a 0,5 metros y a los periodos pico de entre 4 y 7 segundos.

### 3.1.2.6 Análisis de los datos del estudio de la Universidad de Catalunya

En primer lugar realizaron una relación entre las alturas de ola visuales y las registradas por la boya. Para lo que buscaron una correlación considerando para  $H_v$  la mayor entre las alturas de sea y swell, y para las instrumentales la altura de ola significativa  $H_s$ . El ajuste se limitó a la región central de ambas curvas de distribución y se obtuvo la expresión:

$$H_v = -0.8295 + 1.8403 H_s \quad r=0.997510$$

A su vez, propusieron la siguiente expresión para estimar los correspondientes períodos, que vinculan  $T_z$  con  $H_s$ :

$$T_z = 4.8467 H_s^{0.2794} \quad r=0.647912$$

Definieron las direcciones posibles de incidencia sobre el tramo costero entre Malgrat y Pineda, dada la orientación de la costa y según la sectorización de 30° realizada: E, E30S, E60S, S y S30W.







CEDEX

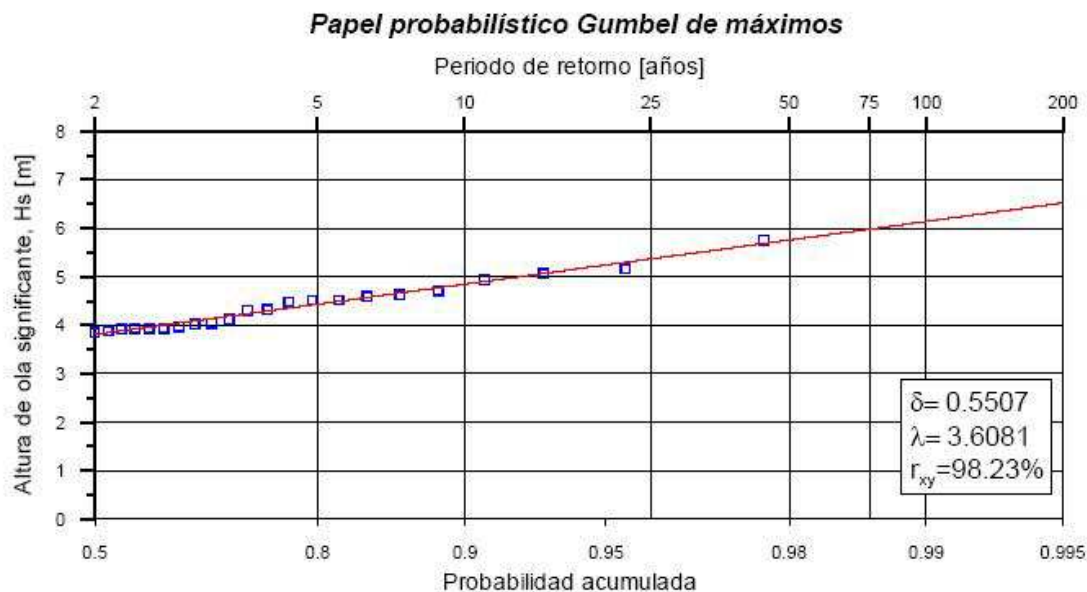


Figura 3.13: Régimen extremal de alturas de ola (WANA – indefinidas)  
(Fuente: GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria)

### 3.1.3.2 Análisis de los datos extremales de oleaje de Puertos del Estado

Para este análisis no se toman los datos de oleaje correspondientes al régimen extremal, sino los datos de oleaje de las alturas máximas mensuales.

En primer lugar se consideran los datos de oleaje del punto SIMAR-44 (2068052) y en concreto la tabla de alturas de ola significativa máxima mensual, de la que se deduce que las mayores alturas de ola sucedieron en noviembre de 2001, diciembre de 1980 y enero de 1973, con unos valores de 7 metros, 4,7 metros y 4,5 metros, respectivamente. A las que les corresponden unos periodos pico de 13,5 segundos, 14,9 segundos y 12,3 segundos.

| Hs: Altura Significante /Significant Height                             |                 | metros/meters                 |     |          |         |           |
|---|-----------------|-------------------------------|-----|----------|---------|-----------|
| Tp: Periodo de Pico/Peak Period   |                 | segundos/seconds;             |     |          |         |           |
| Dir: Direccion media de procedencia/Mean Direction, "coming from"       |                 | 0= Norte/North; 90= Este/East |     |          |         |           |
| Punto SIMAR-44 2068052 1958 - 2001 / SIMAR-44 Point 2068052 1958 - 2001 |                 |                               |     |          |         |           |
| Mes/Month   | Hs Max./Max. Hs | Tp                            | Dir | Año/Year | Dia/Day | Hora/Hour |
| Enero/January   | 4.5             | 12.3                          | 77  | 1973     | 01      | 03        |
| Febrero/February  | 3.4             | 11.2                          | 72  | 1963     | 03      | 03        |
| Marzo/March   | 4.0             | 10.1                          | 129 | 1971     | 13      | 21        |
| Abril/April   | 3.5             | 10.1                          | 82  | 1958     | 13      | 18        |
| Mayo/May  | 2.2             | 9.2                           | 114 | 1959     | 08      | 15        |
| Junio/June  | 2.0             | 8.4                           | 113 | 1992     | 15      | 12        |
| Julio/July  | 1.5             | 7.6                           | 135 | 1984     | 11      | 15        |
| Agosto/August   | 1.2             | 6.3                           | 199 | 1958     | 21      | 18        |
| Septiembre/September  | 2.5             | 9.2                           | 192 | 1999     | 20      | 00        |
| Octubre/October   | 3.5             | 11.2                          | 83  | 1997     | 29      | 09        |
| Noviembre/November  | 7.0             | 13.5                          | 85  | 2001     | 11      | 03        |
| Diciembre/December  | 4.7             | 14.9                          | 83  | 1980     | 28      | 12        |

Figura 3.14: Tabla altura de máxima mensual del punto SIMAR-44 (2068052)  
(Fuente: Puertos del Estado)

En segundo lugar se consideran los datos de oleaje del punto WANA (2114138), en los que se observan las mayores alturas de ola significativa. Éstas sucedieron en noviembre de 2001, diciembre de 2003 y abril de 1997. Alcanzando unos valores de 8 metros, 4,8 metros y 4,1 metros, respectivamente. Con unos periodos pico de 11,2 segundos, 10,2 segundos y 9,2 segundos.

| Hs: Altura Significante /Significant Height                       | metros/meters                 |      |     |          |         |           |
|---|-------------------------------|------|-----|----------|---------|-----------|
| Tp: Periodo de Pico/Peak Period                                   | segundos/seconds              |      |     |          |         |           |
| Dir: Direccion media de procedencia/Mean Direction. "coming from" | 0= Norte/North; 90= Este/East |      |     |          |         |           |
| Punto WANA 2114138 1996 - 2013 / WANA Point 2114138 1996 - 2013   |                               |      |     |          |         |           |
| Mes/Month   | Hs Max./Max. Hs               | Tp   | Dir | Año/Year | Dia/Day | Hora/Hour |
| Enero/January   | 3.9                           | 6.8  | 61  | 2010     | 07      | 18        |
| Febrero/February  | 3.0                           | 8.2  | 102 | 2013     | 28      | 21        |
| Marzo/March   | 4.0                           | 11.3 | 60  | 2010     | 08      | 21        |
| Abril/April   | 4.1                           | 9.2  | 100 | 1997     | 08      | 21        |
| Mayo/May  | 3.8                           | 10.2 | 81  | 2002     | 08      | 03        |
| Junio/June  | 2.4                           | 7.6  | 207 | 1996     | 21      | 21        |
| Julio/July  | 2.6                           | 6.9  | 199 | 1996     | 07      | 15        |
| Agosto/August   | 2.1                           | 5.7  | 181 | 1996     | 10      | 15        |
| Septiembre/September  | 2.1                           | 6.9  | 216 | 1996     | 21      | 15        |
| Octubre/October   | 3.9                           | 10.2 | 86  | 2003     | 18      | 09        |
| Noviembre/November  | 8.0                           | 11.2 | 78  | 2001     | 15      | 12        |
| Diciembre/December  | 4.8                           | 10.2 | 85  | 2003     | 08      | 03        |

Figura 3.15: Tabla altura de máxima mensual del punto WANA (2114138)  
(Fuente: Puertos del Estado)

A su vez, para completar éstos datos, en la página de Puertos del Estado se puede acceder a un informe sobre el régimen medio de oleaje en dicho punto, que amplía la información presentada.

### 3.1.3.3 Resumen de las alturas máximas

En ambos datos de oleaje, el punto SIMAR-44 (2068052) y el punto WANA (2114138), se observa que la máxima altura de ola significativa se alcanzó en la misma fecha, noviembre de 2001. Sin embargo los valores alcanzados fueron de 7 metros y 8 metros, respectivamente.

### 3.1.4 Caracterización del oleaje en el tramo de costa

Con todos los datos de oleaje presentados en apartados anteriores, se caracteriza el oleaje en el tramo de costa en estudio, el Maresme. Para lo que se comparan las principales variables de las diferentes fuentes de información consideradas: las direcciones predominantes de oleaje y la altura de ola significativa.

#### 3.1.4.1 Direcciones de oleaje

De los informes técnicos del CEDEX se obtiene, para el oleaje tipo SEA, las direcciones predominantes. Éstas son la este-noreste (ENE) y sur-suroeste (SSW), con unos porcentajes del 12,99% y 12,71%, respectivamente. Igualmente para el oleaje tipo SWELL, las principales direcciones de oleaje son la este-noreste (ENE) y este (E), con unos porcentajes del 23,52% y 21,38%, respectivamente.



CEDEX

Del estudio realizado por GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria, se deduce que las principales direcciones de oleaje son la este-noreste (ENE), este (E), este-sureste (ESE) y sur-suroeste (SSW).

Del Estudio de Sostenibilidad de la Costa, realizado por la empresa PROINTEC, se deduce que las principales direcciones de oleaje son la este-noreste (ENE) y la dirección este-sureste (ESE).

Y de los datos de Puertos del Estado se concluye que la principal dirección de oleaje es la sur (S) para el punto SIMAR-44 y la (E) para el punto WANA.

Por tanto puede concluirse que las principales direcciones de oleaje se encuentran entre el noreste (NE) y el sureste (SE), siendo la predominante la este-noreste (ENE).

### 3.1.4.2 Altura de ola significativa

De los informes técnicos del CEDEX, se deduce que la altura de ola predominante, para el oleaje tipo SEA corresponde al escalón entre 0 y 0,5 metros. Mientras que para el oleaje tipo SWELL corresponde a l intervalo entre 0,5 y 1 metro.

En el estudio realizado por GRECCAT, S.L. y la Universidad de Cantabria, se deduce que la altura de ola significativa media está alrededor de 0,9 metros.

En el Estudio de Sostenibilidad de la Costa, realizado por la empresa PROINTEC, se determina que la altura de ola significativa se sitúa en el escalón entre 0,5 y 1 metro.

De los datos de Puertos del Estado se concluye que los mayores porcentajes de presentación corresponden a alturas de ola inferiores a 0.5 metros.

Por lo tanto se puede concluir que la altura de ola significativa será inferior a 1 metro, predominando las alturas de ola significativa menores de 0,5 metros.

## 3.2 VIENTO

La descripción del viento en el tramo de costa en estudio, se basa en las principales fuentes de información:

- Los informes técnicos del CEDEX
- Los datos de la red de medidas de Puertos del Estado

### 3.2.1 Datos de viento de los informes técnicos del CEDEX

Considera dos estaciones de referencia. Por un lado, el aeropuerto de Barcelona (Prat de Llobregat), en donde el viento tiene una fuerte componente de dirección norte (N) y aunque aminorada una componente sur-oeste (SO). Y por otro lado, la propia capital de Barcelona, donde los vientos dominantes, son los de componente sur-oeste (SO). Con una velocidad media a lo largo de la costa comprendida entre 6 y 8 km/h.

### 3.2.2 Datos de viento de Puertos del Estado

Al igual que en el apartado de oleaje, para analizar el viento se consideran los datos históricos que posee Puertos del Estado. Así de todos los puntos de información de la zona de estudio,

se considera el punto WANA (2114138), que coincide geográficamente con el punto SIMAR-44 (2068052).

### 3.2.2.1 Análisis de los datos de viento de la rosa de oleaje

La velocidad media de viento en el punto SIMAR-44 (2068052), en el periodo comprendido entre los años 1958 y 2001, presenta sus principales direcciones de viento en el primer y tercer cuadrante. La dirección predominante es la norte (N), a esta le siguen la dirección sur-oeste (SW), norte-noroeste (NNW). En dirección (N) se alcanza una velocidad media mayor de 8 m/s.

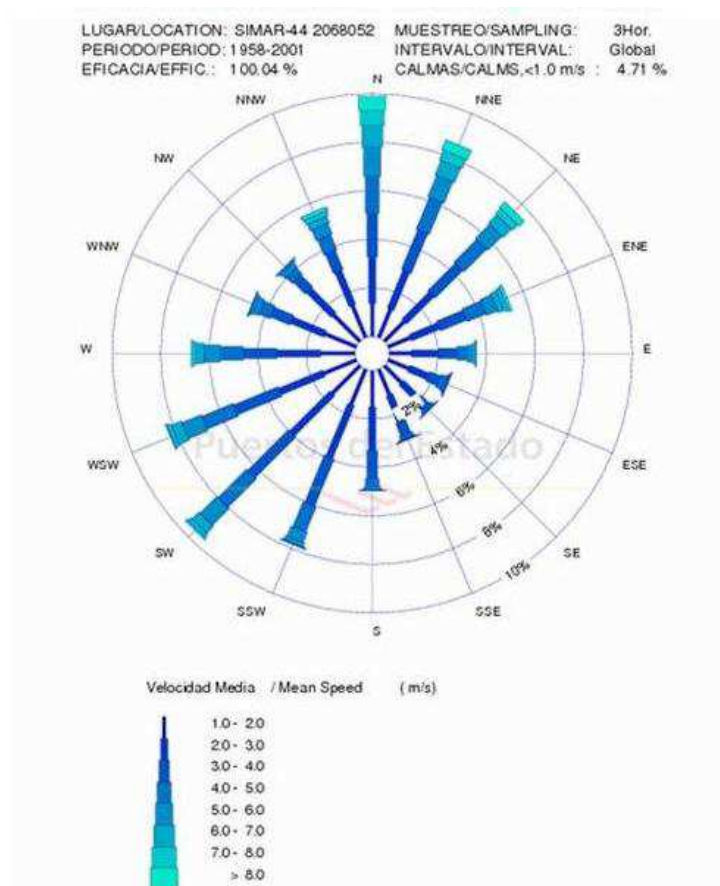


Figura 3.16: Rosa de viento del punto SIMAR-44 (2068052) (Fuente: Puertos del Estado)

La velocidad media de viento en el punto WANA (2114138), en el periodo comprendido entre los años 1996 y 2013, alcanza sus principales direcciones en el primer y tercer cuadrante. En el primer cuadrante, la dirección predominante es la noreste (NE), con una frecuencia de presentación de aproximadamente el 9%. Y en el tercer cuadrante, la dirección predominante es la sur-oeste (SW), con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 8%. En ambas se alcanza una velocidad media mayor de 8 m/s.



CEDEX

## ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME (Informe parcial)

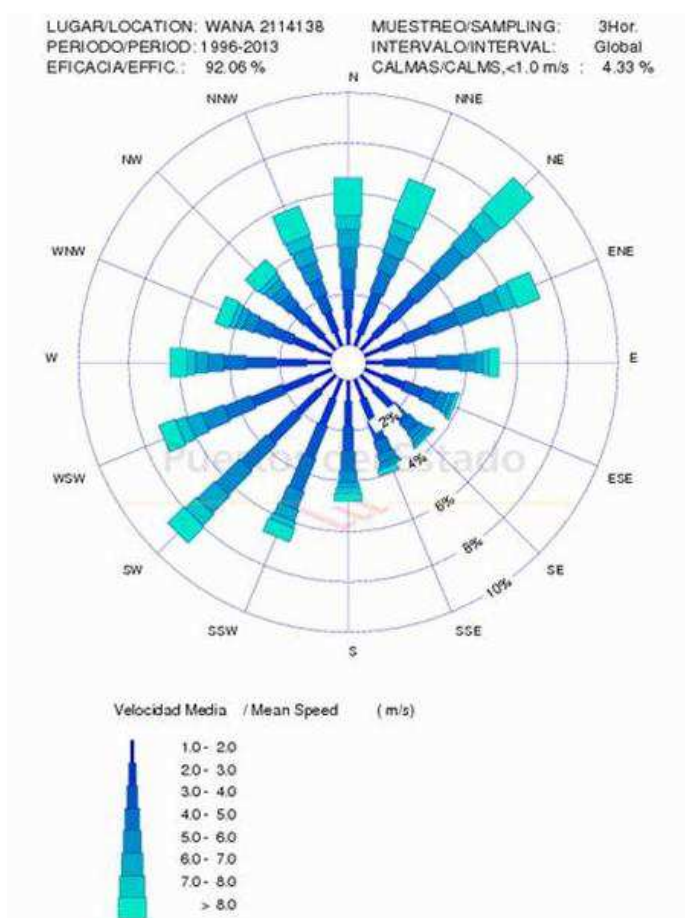


Figura 3.17: Rosa de viento del punto WANA (2114138) (Fuente: Puertos del Estado)

### 3.2.2.2 Análisis de los histogramas de viento

En los datos del histograma de viento para el punto SIMAR-44 (2068052), la mayor velocidad de viento se sitúa en el intervalo comprendido entre los 2 y 3 m/s, con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 24%. Le sigue una velocidad comprendida entre los 3 y 4 m/s, con una frecuencia de presentación de aproximadamente el 21%.

Para una frecuencia de presentación del 18%, las velocidades están comprendidas entre 1 y 2 m/s. Y para una frecuencia de presentación de casi el 4%, la velocidad de viento está comprendida entre 0 y 1 m/s. A partir de velocidades superiores a los 4 m/s, disminuye la frecuencia de presentación.

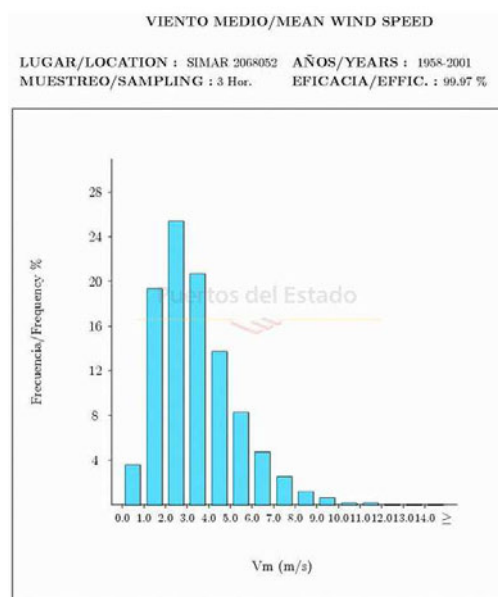


Figura 3.18: Histograma de viento del punto SIMAR-44 (2068052) (Fuente: Puertos del Estado)

De los datos del histograma de viento para el punto WANA (2114138), se deduce que la mayor velocidad de viento se sitúa en el intervalo comprendido entre los 3 y 4 m/s, con una frecuencia de presentación de aproximadamente el 16%. Le sigue una velocidad comprendida entre los 2 y 3 m/s, con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 15%. Y una velocidad comprendida entre los 4 y 5 m/s, con una frecuencia de presentación que sobrepasa el 14%.

Para una frecuencia de presentación de aproximadamente el 11,5%, las velocidades están comprendidas entre los 1 y 2 m/s, y los 5 y 6 m/s. Y para una frecuencia de presentación de casi el 4%, la velocidad de viento está comprendida entre 0 y 1 m/s. Disminuyendo la frecuencia de presentación para velocidades superiores a los 6 m/s.

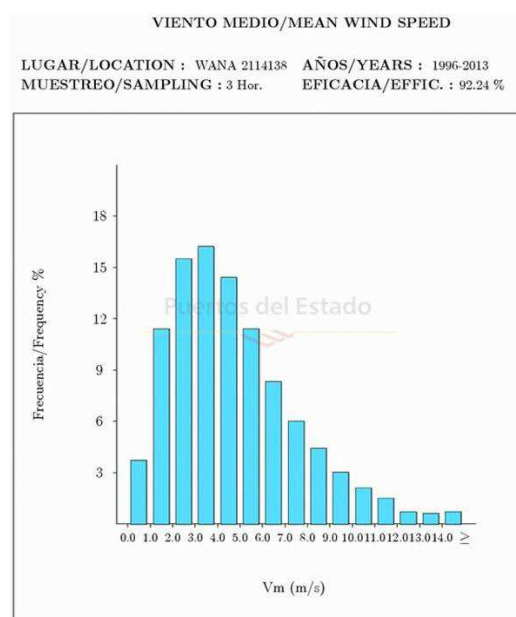


Figura 3.19: Histograma de viento del punto WANA (2114138) (Fuente: Puertos del Estado)



CEDEX

### 3.2.3 Análisis de los datos extremales de viento

Para complementar los datos de viento, se han tomado como fuente los datos de Puertos del Estado, que muestran los valores máximos mensuales.

Partiendo de los datos de viento del punto SIMAR-44 (2068052) y considerando la tabla de velocidades máximas mensuales, se deduce que las mayores velocidades de viento se alcanzaron en noviembre de 2001, diciembre de 1980 y en enero de 1973, alcanzando unos valores de 18,7 m/s, 15,8 m/s y 14,1 m/s, respectivamente.

| Vm: Intensidad del Viento Medio/Mean Wind Speed                         |                 | m/s                           |          |         |           |
|---|-----------------|-------------------------------|----------|---------|-----------|
| Dir: Dirección media de procedencia/Mean Direction, "coming from"       |                 | 0= Norte/North; 90= Este/East |          |         |           |
| Punto SIMAR-44 2068052 1958 - 2001 / SIMAR-44 Point 2068052 1958 - 2001 |                 |                               |          |         |           |
| Mes/Month   | Vm Max./Max. Vm | Dir                           | Año/Year | Día/Day | Hora/Hour |
| Enero/January   | 14.1            | 38                            | 1973     | 01      | 03        |
| Febrero/February  | 12.7            | 18                            | 1963     | 03      | 00        |
| Marzo/March   | 14.0            | 34                            | 1975     | 21      | 15        |
| Abril/April   | 13.0            | 46                            | 1958     | 13      | 21        |
| Mayo/May  | 9.5             | 11                            | 1966     | 14      | 06        |
| Junio/June  | 9.0             | 59                            | 1992     | 15      | 09        |
| Julio/July  | 8.1             | 03                            | 1974     | 20      | 09        |
| Agosto/August   | 8.8             | 04                            | 1975     | 26      | 09        |
| Septiembre/September  | 10.5            | 216                           | 1999     | 19      | 18        |
| Octubre/October   | 12.1            | 17                            | 1978     | 19      | 03        |
| Noviembre/November  | 18.7            | 38                            | 2001     | 11      | 00        |
| Diciembre/December  | 15.8            | 09                            | 1980     | 27      | 18        |

Figura 3.20: Tabla de velocidad máxima mensual del punto SIMAR-44 (2068052)  
(Fuente: Puertos del Estado)

Partiendo de los datos del punto WANA (2114138), de la tabla de velocidades máximas mensuales se deduce que las mayores velocidades de viento se alcanzaron en enero de 2010, noviembre de 2001 y diciembre de 1998, con unos valores de 22,8 m/s, 21,5 m/s y 20,6 m/s.

| Vm: Intensidad del Viento Medio/Mean Wind Speed                   |                 | m/s                           |          |         |           |
|---|-----------------|-------------------------------|----------|---------|-----------|
| Dir: Dirección media de procedencia/Mean Direction, "coming from" |                 | 0= Norte/North; 90= Este/East |          |         |           |
| Punto WANA 2114138 1996 - 2013 / WANA Point 2114138 1996 - 2013   |                 |                               |          |         |           |
| Mes/Month   | Vm Max./Max. Vm | Dir                           | Año/Year | Día/Day | Hora/Hour |
| Enero/January   | 22.8            | 34                            | 2010     | 07      | 18        |
| Febrero/February  | 18.2            | 306                           | 1996     | 20      | 18        |
| Marzo/March   | 18.8            | 15                            | 2010     | 09      | 03        |
| Abril/April   | 18.4            | 72                            | 1997     | 08      | 21        |
| Mayo/May  | 16.3            | 321                           | 1997     | 08      | 00        |
| Junio/June  | 16.3            | 75                            | 1996     | 22      | 21        |
| Julio/July  | 16.7            | 313                           | 1996     | 08      | 00        |
| Agosto/August   | 15.4            | 289                           | 1997     | 28      | 15        |
| Septiembre/September  | 16.2            | 34                            | 2012     | 28      | 23        |
| Octubre/October   | 17.7            | 45                            | 2010     | 12      | 18        |
| Noviembre/November  | 21.5            | 46                            | 2001     | 15      | 12        |
| Diciembre/December  | 20.6            | 326                           | 1998     | 21      | 12        |

Figura 3.21: Tabla de velocidad máxima mensual del punto WANA (2114138)  
(Fuente: Puertos del Estado)



### **3.2.4 Caracterización del viento en el tramo de costa**

Para caracterizar el viento se realiza un resumen entre las fuentes de información aportadas:

- Informes técnicos del CEDEX
- Datos de Puertos del Estado

Con relación a la velocidad de viento de los informes técnicos del CEDEX, se deduce que la velocidad media a lo largo de la costa está comprendida entre 6 y 8 km/h.

Con relación a los datos de viento de los datos de Puertos del Estado, se deduce para el punto SIMAR-44 (2068052), la dirección predominante es la norte (N), mientras que para el punto WANA (2114138), la dirección predominante es la noreste (NE), alcanzando velocidades inferiores a los 8 m/s.

A su vez, de los histogramas de viento, de los datos de Puertos del Estado, se deduce que las mayores velocidades de viento para el punto SIMAR-44 (2068052), se encuentran comprendidas en el intervalo de 2 y 3 m/s, mientras que para el punto WANA (2114138), pertenecen al intervalo de 3 y 4 m/s.

Y de los valores máximos mensuales, se deduce que para el punto SIMAR-44 (2068052), la velocidad máxima de 18,7 m/s se alcanzó en noviembre de 2001. Mientras que para el punto WANA (2114138), la velocidad máxima de 22,8 m/s, se alcanzó en enero de 2010.

## **3.3 CORRIENTES**

Los tres tipos de corrientes de mayor incidencia en las costas del Maresme, estudiadas en los informes del CEDEX, son:

- Corrientes generales
- Corrientes locales inducidas por el viento
- Corrientes inducidas por el oleaje

### **3.3.1 Corrientes generales**

Las corrientes generales tienen su origen en la acción permanente de los vientos y en los desplazamientos de masas líquidas de diferentes temperaturas. Su característica primordial es su casi constancia, tanto en su dirección y sentido, como en su intensidad.

La corriente general que afecta a la zona de estudio y a todo el litoral catalán es la general mediterránea, que entrando por el estrecho de Gibraltar recorre el litoral penibético y levantino español, girando a la altura del Cabo de Palos para tomar las costas norteafricanas, tomando por tanto el sentido anti horario. Vuelve bordeando el sur de Sicilia, toda la costa oeste de la península Itálica, golfo de Génova, golfo de León y entrando en el sentido Sur-oeste en la costa catalana. Su influencia se deja sentir cerca de la costa.

### **3.3.2 Corrientes locales inducidas por el viento**

En el tramo de costa en estudio y en general en todo el litoral catalán, los vientos locales son de gran importancia, afectando de manera considerable al oleaje y a las corrientes de la zona.

Considerando las rosas de viento, se puede apreciar las altas frecuencias de presentación de los vientos, siendo en determinados casos de alta intensidad.

### **3.3.3 Corrientes inducidas por el oleaje**

La acción del oleaje sobre la costa da como resultado unas corrientes inducidas cuya resultante es una componente normal a la costa y otra paralela a ésta.



CEDEX

La primera de ellas, unida a la acción directa del oleaje, es la responsable del perfil transversal costero, así como del transporte que en esta dirección se forme. Y es directamente proporcional a la acción misma del oleaje.

La corriente inducida por el oleaje tiene una misma lectura que la anterior y, por tanto, el estudio de sus acciones, igualmente, se postergan al estudio del oleaje y del transporte sólido litoral.

### 3.4 VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

Según las diversas observaciones y datos registrados en múltiples estudios llevados a cabo por este Centro en el Maresme, la carrera de marea máxima no alcanza los 50 cm, por lo que se deduce la escasa importancia de este dato para el presente estudio.

Las principales fuentes de información utilizadas para analizar las variaciones del nivel del mar son:

- Los informes técnicos del CEDEX
- Los datos de la red de medidas de Puertos del Estado

#### 3.4.1 Variaciones del nivel del mar de los informes técnicos del CEDEX

Según las diversas observaciones y datos registrados en múltiples estudios llevados a cabo por este Centro en el Maresme, la carrera de marea máxima no alcanzan los 50 cm, por lo que se deduce la escasa importancia de este dato para el presente estudio.

#### 3.4.2 Variaciones del nivel del mar de Puertos del Estado

Como se refleja en la figura adjunta, las variaciones del nivel del mar entre 30 y 40 cm son las más frecuentes. Coincidiendo con los datos de los informes técnicos del CEDEX.

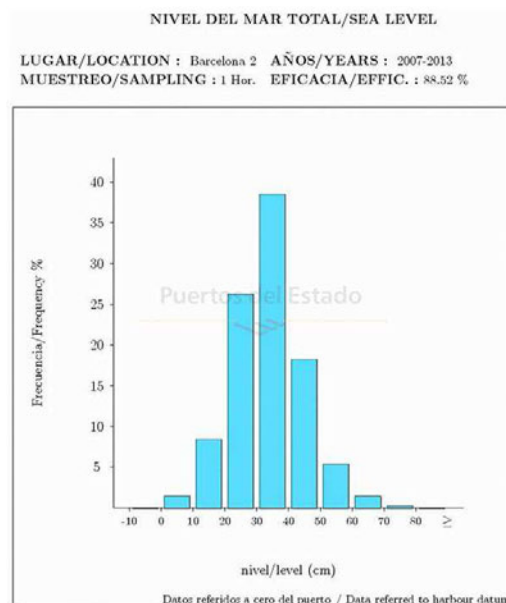


Figura 3.22: Histograma de nivel del mar del mareógrafo de Barcelona (Fuente: Puertos del Estado)

A su vez de los informes anuales facilitados por Puertos del Estado se obtiene la desviación de los valores medios de niveles del mar con relación a los valores obtenidos en el año 2012.

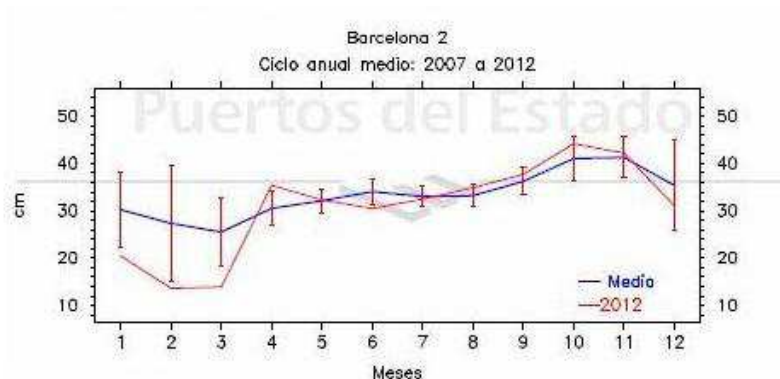


Figura 3.23: Ciclo estacional medio (Fuente: Puertos del Estado)

### 3.4.3 Cambio climático

Las variaciones de nivel del mar debidas al cambio climático pueden considerarse permanentes y en aumento anual; siendo éste diferente dependiendo de los autores: con un valor menor en torno a 0,25 mm/año.

Las predicciones hechas sobre el ascenso que se puede producir en el nivel del mar se resumen en la figura adjunta, tomada del citado Proyecto, proveniente del tercer informe del Panel Intergubernamentales de Cambio Climático (IPCC).

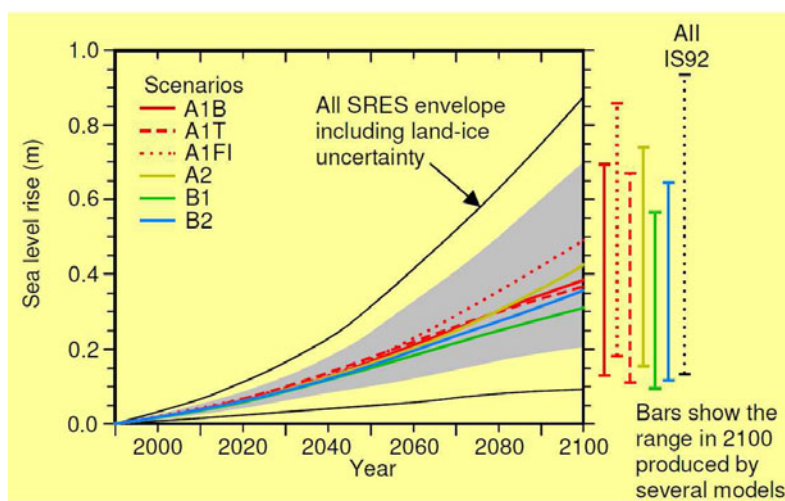


Figura 3.29: Previsiones de subida del nivel del mar según IPPC (2001) (Universidad de Cantabria – Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar)

Según este gráfico, el nivel del mar se elevará entre 0,7 y 0,2 m en 2100; pudiendo alcanzar hasta 0,9 m si se considera el deshielo terrestre. Estas cifras, en 205 serían entre 0,25 y 0,10 m, y 0,32 incluyendo el deshielo continental. Las medidas dadas por el IPPC (2001) para el siglo XX indicaban una tasa de elevación entre 1 y 2 mm/año; aunque esta velocidad podría ser mayor, cifrándola algunos autores en 2,5 mm/año (Marcos et al. 2004).



CEDEX

#### 4. **DINÁMICA LITORAL**

El estudio sobre la dinámica litoral de la costa del Maresme se aborda, con los datos que se posee de los diversos informes técnicos realizados en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, completados con los datos del “Estudio de Dinámica Litoral en la Playa de Badalona”, realizados por GRECCAT, S.L. y Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria).

Se ha seguido la división de la costa realizada anteriormente –apartado 2.2.2 (División de las unidades fisiográficas)- en este informe técnico:

- Zona 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar
- Zona 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró
- Zona 3: Puerto de Mataró – Mongat
  - Subsector 3.1: Puerto de Mataró – Puerto de Premiá
  - Subsector 3.2: Puerto de Premiá – Puerto de Masnou
  - Subsector 3.3: Puerto de Masnou – Espigón de Mongat

##### 4.1 **FUENTES Y NATURALEZA DE LOS SEDIMENTOS**

En este apartado se van a analizar los sedimentos que caracterizan y forman la franja costera en la costa del Maresme, tanto su naturaleza como su posible procedencia, para ello se ha dividido en tres subapartados que describen:

- Las posibles fuentes u origen de los sedimentos
- Las aportaciones a la costa
- La naturaleza y características más relevantes, desde el punto de vista de la dinámica litoral, del material

##### 4.1.1 **Fuentes y sumideros de sedimentos**

Las principales fuentes de aporte de material en este tramo de costa son: el río Tordera, con una superficie de cuenca de 895 Km<sup>2</sup>, el río Besós, a sotamar, con una superficie de cuenca de 1.038 Km<sup>2</sup>, y las numerosas rieras que desembocan en esta costa.

La prominente formación deltaica, formada en la desembocadura del río Tordera, indica que durante un largo tiempo las aportaciones sedimentarias han superado la capacidad del oleaje para transportarlas, provocando, importantes acumulaciones. Las recientes restituciones de la línea de costa muestran, sin embargo, que la eficacia del río Tordera como fuente sedimentaria ha ido en disminución, pasando este cometido al delta, produciéndose importantes disminuciones en él. Además, debe tenerse en cuenta que la desembocadura y delta del río coincide con un cañón submarino, que funcionaría como sumidero de material; habiéndose incrementado su capacidad de absorción a medida que el delta iba progresando hacia el mar.

También, en cauce final de río Tordera ha sido objeto de importantes extracciones de material que han funcionado como sumidero de material que potencialmente debió aportar a la costa.

Tras la construcción del puerto de Arenys de Mar, toda la línea de costa a poniente de él se ha visto privada de alimentación sedimentaria natural, pasando a ser los propios materiales de las playas los que alimentan, en gran medida, la corriente sólida litoral.

Otra de las fuentes sedimentarias del tramo, con mucha menor importancia es la riera de Argentona que limita su actividad al tramo comprendido entre los puertos de El Balís y Premiá de Mar. Su eficacia como fuente sedimentaria es reducida habida cuenta del estado en que se encuentra su propia desembocadura. Sin embargo no es posible concluir que la riera no aporte sedimentos, si bien lo realiza muy puntual y desigualmente.

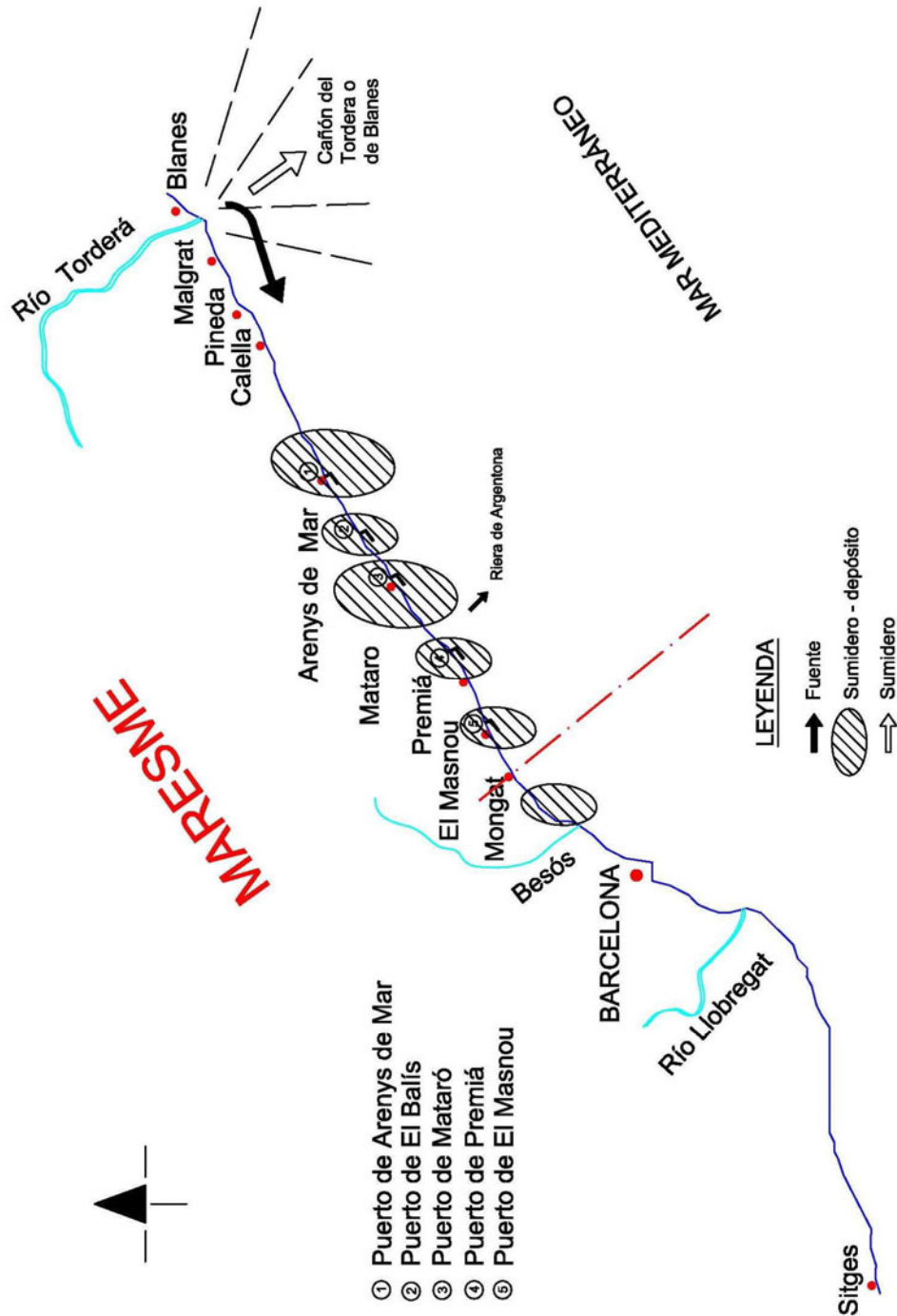


Figura 4.1: Fuentes y sumideros de sedimento en las costas del Maresme



#### 4.1.2 Caracterización de los sedimentos

Para caracterizar los sedimentos se han utilizado las dos fuentes de datos siguientes:

- Informes técnicos de CEDEX
- Estudio de GRECCAT, S,L y la Fundación Leonardo Torres Quevedo (U. Cantabria)

##### 4.1.2.1 Fuentes de datos de los informes técnicos del CEDEX

Es difícil abordar un estudio sobre los sedimentos que conforman la franja litoral del Maresme, especialmente porque ha existido gran cantidad de actuaciones que han supuesto el vertido de más de 8 millones de metros cúbicos de arena. Por ello en una primera fase se caracterizaron los sedimentos a lo largo de la costa utilizando las fuentes de información anteriores a las actuaciones, especialmente basándose en los datos del Plan de Usos del Dominio Público Litoral: Provincia de Barcelona [PIDU] (1976) de la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas del M.O.P.U. Y, posteriormente, se presentan los datos recogidos en los seguimientos realizados tras las regeneraciones de las playas, que normalmente son datos puntuales o de zonas restringidas.

##### 4.1.2.1.1 *Sedimentos en el sector 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar*

Los datos que contiene el PIDU (1976) de los sedimentos de las playas de este sector, correspondiente a su estado antes de las regeneraciones, son los siguientes, teniendo en cuenta que según la clasificación ASTM:

Arena fina = 0,075 – 0,425 mm

Arena media = 0,425 – 2 mm

Arena gruesa = 2 – 4,75 mm

| SEDIMENTOS: datos del PIDU – Provincia de Barcelona<br>Sector: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar |                       |              |              |
|--|-----------------------|--------------|--------------|
| <i>Municipio</i>   | <i>Playa</i>          | <i>Tipo</i>  | <i>Color</i> |
| Malgrat  | Malgrat               | Arena fina   | Blanco       |
| Santa Susana   | Santa Susana          | Arena fina   | Dorado       |
| Pineda   | Pineda                | Arena fina   | Dorado       |
| Calella  | Calella               | Arena fina   | Dorado       |
|  | La Viñeta             | Arena gruesa | Dorado       |
|  | La Roca Grossa        | Arena gruesa | Dorado       |
| San Pol  | La Playola y el Morés | Arena gruesa | Dorado       |
|  | San Pol               | Arena gruesa | Dorado       |
|  | Grau                  | Arena gruesa | Dorado       |
|  | El farell             | Arena fina   | Dorado       |
|  | La Murtra             | Arena fina   | Dorado       |
|  | Rocas Blancas         | Arena gruesa | Dorado       |
| Canet  | Canet                 | Arena gruesa | Dorado       |
|  | Cabayó                | Arena gruesa | Dorado       |
| Arenys   | Cabayó                | Arena gruesa | Dorado       |

Solamente se da el valor de la muestra de sedimento en el estrán, aunque los informes técnicos poseen datos granulométricos de muestras tomadas en otros puntos del perfil.

| <b>SEDIMENTOS SECTOR: Río Tordera – Puerto de Mataró<br/>(procedente de los seguimientos del CEDEX)</b> |                 |              |                            |              |
|---|-----------------|--------------|----------------------------|--------------|
| <i>Nº muestra</i>   | <i>Fecha</i>    | <i>Playa</i> | <i>D<sub>50</sub> (mm)</i> | <i>Tipo</i>  |
| 1 (I)-(III)-(IV)  | Septiembre-1991 | Malgrat      | 0.830                      | Arena media  |
| 2 (I) -(III)-(IV)   | Septiembre-1991 | Malgrat      | 0.611                      | Arena media  |
| 3 (I) -(III)-(IV)   | Septiembre-1991 | Malgrat      | 0.721                      | Arena media  |
| 4 (II)-(III)  | Septiembre-1992 | Malgrat      | 1.675                      | Arena media  |
| 5 (II) -(III)   | Septiembre-1992 | Malgrat      | 0.797                      | Arena media  |
| 6 (II) -(III)   | Septiembre-1992 | Malgrat      | 0.852                      | Arena media  |
| 7 (II) -(III)   | Septiembre-1992 | Malgrat      | 0.828                      | Arena media  |
| 8 (II) -(III)   | Septiembre-1992 | Malgrat      | 1.357                      | Arena media  |
| 9 (II) -(III)   | Septiembre-1992 | Malgrat      | 0.944                      | Arena media  |
| 10 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Malgrat      | 0.850                      | Arena media  |
| 11 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Malgrat      | 0.861                      | Arena media  |
| 12 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 1.383                      | Arena media  |
| 13 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 1.199                      | Arena media  |
| 14 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 1.434                      | Arena media  |
| 15 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 0.966                      | Arena media  |
| 16 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 0.847                      | Arena media  |
| 17 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 0.780                      | Arena media  |
| 18 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 0.650                      | Arena media  |
| 19 (III)  | Noviembre-1993  | Malgrat      | 1.532                      | Arena media  |
| 20 (III)-(IV)   | Noviembre-1994  | Malgrat      | 1.343                      | Arena media  |
| 21 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 0.841                      | Arena media  |
| 22 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 0.810                      | Arena media  |
| 23 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 1.188                      | Arena media  |
| 24 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 0.919                      | Arena media  |
| 25 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 1.134                      | Arena media  |
| 26 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 0.572                      | Arena media  |
| 27 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Malgrat      | 1.213                      | Arena media  |
| 28 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Sta. Susana  | 0.944                      | Arena media  |
| 29 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Sta. Susana  | 0.598                      | Arena media  |
| 30 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Sta. Susana  | 1.040                      | Arena media  |
| 31 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Sta. Susana  | 0.708                      | Arena media  |
| 32 (III)  | Noviembre-1993  | Sta. Susana  | 1.320                      | Arena media  |
| 33 (III)  | Noviembre-1993  | Sta. Susana  | 0.885                      | Arena media  |
| 34 (III)  | Noviembre-1993  | Sta. Susana  | 0.717                      | Arena media  |
| 35 (III)  | Noviembre-1993  | Sta. Susana  | 1.823                      | Arena media  |
| 36 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Sta. Susana  | 1.386                      | Arena media  |
| 37 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Sta. Susana  | 1.821                      | Arena media  |
| 38 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Sta. Susana  | 1.740                      | Arena media  |
| 39 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Sta. Susana  | 1.847                      | Arena media  |
| 40 (I) -(III)-(IV)  | Septiembre-1991 | Pineda       | 3.583                      | Arena gruesa |
| 41 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Pineda       | 2.909                      | Arena gruesa |
| 42 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Pineda       | 0.760                      | Arena media  |
| 43 (II) -(III)  | Septiembre-1992 | Pineda       | 1.758                      | Arena media  |
| 44 (III)  | Noviembre-1993  | Pineda       | 2.403                      | Arena gruesa |
| 45 (III)  | Noviembre-1993  | Pineda       | 2.145                      | Arena gruesa |
| 46 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Pineda       | 2.015                      | Arena gruesa |
| 47 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Pineda       | 2.038                      | Arena gruesa |
| 48 (III) -(IV)  | Noviembre-1994  | Pineda       | 1.987                      | Arena media  |



CEDEX

#### 4.1.2.1.2 Sedimentos en el sector 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró.

Los datos que contiene el PIDU de los sedimentos de las playas de este sector, correspondientes a su estado antes de las regeneraciones, son los siguientes, teniendo en cuenta que según la clasificación ASTM: arena fina = 0,075 – 0,425 mm; arena media = 0,425 – 2 mm; arena gruesa = 2 – 4,75 mm:

| SEDIMENTOS: datos del PIDU – Provincia de Barcelona<br>Sector: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró |                          |              |              |
|---|--------------------------|--------------|--------------|
| <i>Municipio</i>  | <i>Playa</i>             | <i>Tipo</i>  | <i>Color</i> |
| Arenys  | Arenys                   | Arena fina   | Dorado       |
|   | Larga                    | Arena fina   | Dorado       |
|   | La Musclera              | Arena fina   | Dorado       |
| Caldas de Estrach   | Caldas de Estrach        | Arena fina   | Dorado       |
|   | Caldas de Estrach        | Arena gruesa | Dorado       |
| San Vicente de Montalt  | San Vicente de Montalt   | Arena gruesa | Dorado       |
| San Andrés de Llavaneras  | Llavaneras               | Arena gruesa | Tostado      |
|   | San Andrés de Llavaneras | Arena gruesa | Tostado      |
| Mataró  | Mataró                   | Arena gruesa | Dorado       |

De los informes técnicos realizados en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, en la comarca litoral del Maresme no hay ninguno que contenga datos de sedimentos del sector considerado.

#### 4.1.2.1.3 Sedimentos en el sector 3: Puerto de Mataró - Mongat

Los datos que contiene el PIDU de los sedimentos de las playas de este sector, correspondientes a su estado antes de las regeneraciones, son los siguientes, teniendo en cuenta que según la clasificación ASTM: arena fina = 0,075 – 0,425 mm; arena media = 0,425 – 2 mm; arena gruesa = 2 – 4,75 mm:

| SEDIMENTOS: datos del PIDU – Provincia de Barcelona<br>Sector: Puerto de Mataró – Mongat |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|
| <i>Municipio</i>   | <i>Playa</i> | <i>Tipo</i>  | <i>Color</i> |
| Cabrera  | Cabrera      | Arena gruesa | Dorado       |
|  | Vilassar     | Arena gruesa | Dorado       |
| Vilassar   | Vilassar     | Arena gruesa | Blanco       |
|  | Vilassar     | Arena fina   | Blanco       |
| Premia   | Premia       | Arena fina   | Dorado       |
| Masnou   | Masnou       | Arena fina   | Dorado       |
| Mongat   | Mongat       | Arena fina   | Dorado       |



Solamente se da el valor de la muestra de sedimento en el estrán, aunque los informes técnicos poseen datos granulométricos de muestras tomadas en otros puntos del perfil.

| <b>SEDIMENTOS SECTOR: Puerto de Mataró – Mongat (CEDEX)</b> |                 |              |                            |             |
|---|-----------------|--------------|----------------------------|-------------|
| <i>Nº muestra</i>   | <i>Fecha</i>    | <i>Playa</i> | <i>D<sub>50</sub> (mm)</i> | <i>Tipo</i> |
| 49 (V)  | Octubre-1990    | Premia       | 0.827                      | Arena media |
| 50 (V)  | Octubre-1990    | Premia       | 1.586                      | Arena media |
| 51 (V)  | Octubre-1990    | Premia       | 0.453                      | Arena media |
| 52 (V)  | Octubre-1990    | Premia       | 0.739                      | Arena media |
| 53 (V)  | Octubre-1990    | Premia       | 0.660                      | Arena media |
| 54 (VII)  | Octubre-1992    | Premia       | 0.522                      | Arena media |
| 55 (VII)  | Noviembre-1993  | Premia       | 0.969                      | Arena media |
| 56 (VII)  | Noviembre-1993  | Premia       | 0.662                      | Arena media |
| 57 (VII)  | Noviembre-1993  | Premia       | 0.627                      | Arena media |
| 58 (VII)  | Noviembre-1993  | Premia       | 0.518                      | Arena media |
| 59 (VII)  | Mayo-1994       | Premia       | 0.546                      | Arena media |
| 60 (VII)  | Mayo-1994       | Premia       | 0.541                      | Arena media |
| 61 (VII)  | Mayo-1994       | Premia       | 0.499                      | Arena media |
| 62 (VII)  | Mayo-1994       | Premia       | 0.708                      | Arena media |
| 63 (V)  | Octubre-1990    | Masnou       | 0.675                      | Arena media |
| 64 (V)  | Octubre-1990    | Masnou       | 0.756                      | Arena media |
| 65 (VII)  | Octubre-1992    | Masnou       | 0.764                      | Arena media |
| 66 (VII)  | Octubre-1992    | Masnou       | 0.548                      | Arena media |
| 67 (VII)  | Octubre-1992    | Masnou       | 0.650                      | Arena media |
| 68 (VII)  | Noviembre-1993  | Masnou       | 0.660                      | Arena media |
| 69 (VII)  | Noviembre-1993  | Masnou       | 0.835                      | Arena media |
| 70 (VII)  | Noviembre-1993  | Masnou       | 0.926                      | Arena media |
| 71 (VII)  | Mayo-1994       | Masnou       | 1.077                      | Arena media |
| 72 (VII)  | Mayo-1994       | Masnou       | 0.739                      | Arena media |
| 73 (VII)  | Mayo-1994       | Masnou       | 0.565                      | Arena media |
| 74 (V)  | Octubre-1990    | Mongat       | 0.364                      | Arena fina  |
| 75 (V)  | Octubre-1990    | Mongat       | 0.465                      | Arena media |
| 76 (V)  | Octubre-1990    | Mongat       | 0.493                      | Arena media |
| 77 (V)  | Octubre-1990    | Mongat       | 0.506                      | Arena media |
| 78 (V)  | Octubre-1990    | Mongat       | 0.544                      | Arena media |
| 79 (V)  | Octubre-1990    | Mongat       | 0.723                      | Arena media |
| 80 (VI)-(VII)   | Septiembre-1991 | Mongat       | 0.410                      | Arena fina  |
| 81 (VI) -(VII)  | Septiembre-1991 | Mongat       | 0.400                      | Arena fina  |
| 82 (VI) -(VII)  | Septiembre-1991 | Mongat       | 0.651                      | Arena media |
| 83 (VI) -(VII)  | Septiembre-1991 | Mongat       | 0.710                      | Arena media |
| 84 (VI) -(VII)  | Septiembre-1991 | Mongat       | 0.709                      | Arena media |
| 85 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.366                      | Arena fina  |
| 86 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.641                      | Arena media |
| 87 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.538                      | Arena media |
| 88 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.507                      | Arena media |
| 89 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.584                      | Arena media |
| 90 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.608                      | Arena media |
| 91 (VII)  | Octubre-1992    | Mongat       | 0.668                      | Arena media |
| 92 (VII)  | Noviembre-1993  | Mongat       | 0.825                      | Arena media |
| 93 (VII)  | Noviembre-1993  | Mongat       | 0.705                      | Arena media |
| 94 (VII)  | Noviembre-1993  | Mongat       | 1.183                      | Arena media |
| 95 (VII)  | Noviembre-1993  | Mongat       | 0.759                      | Arena media |
| 96 (VII)  | Noviembre-1993  | Mongat       | 0.689                      | Arena media |



CEDEX

| SEDIMENTOS SECTOR: Puerto de Mataró – Mongat (CEDEX) |                |        |                      |             |
|--|----------------|--------|----------------------|-------------|
| Nº muestra   | Fecha          | Playa  | D <sub>50</sub> (mm) | Tipo        |
| 97 (VII)   | Noviembre-1993 | Mongat | 0.722                | Arena media |
| 98 (VII)   | Mayo-1994      | Mongat | 0.685                | Arena media |
| 99 (VII)   | Mayo-1994      | Mongat | 0.588                | Arena media |
| 100 (VII)  | Mayo-1994      | Mongat | 0.617                | Arena media |
| 101 (VII)  | Mayo-1994      | Mongat | 0.577                | Arena media |
| 102 (VII)  | Mayo-1994      | Mongat | 1.034                | Arena media |
| 103 (VII)  | Mayo-1994      | Mongat | 0.691                | Arena media |
| 104 (VII)  | Mayo-1994      | Mongat | 0.639                | Arena media |

En la siguiente figura se representan los tipos tamaños medios de sedimento en las distintas zonas del Maresme.

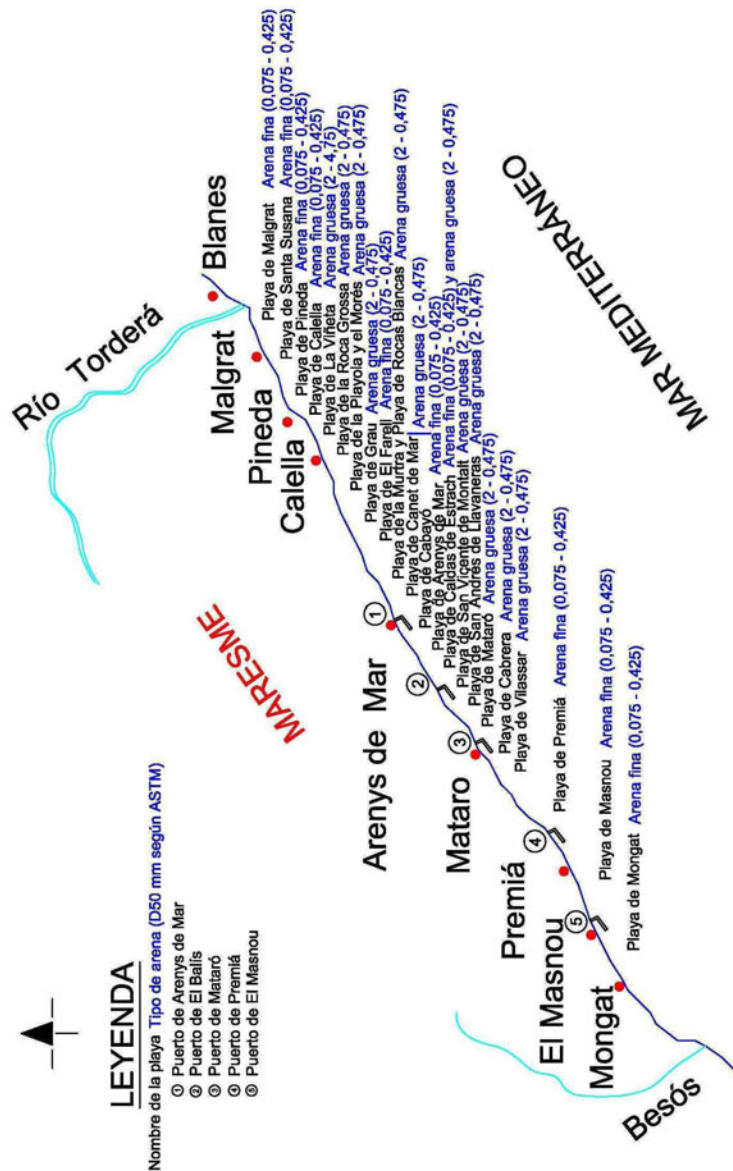


Figura 4.2: Tamaños medios de arena en el Maresme según CEDEX 2002

#### 4.1.2.2 Fuentes de datos de GRECCAT, S.L y la Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria)

En el Estudio de Dinámica Litoral de la playa de Badalona, se muestra un resumen de los tamaños medios de arena para distintas localidades entre el río Tordera y el río Besós, incluyendo también las fechas de la zona de las muestras, de acuerdo con los seguimientos llevados a cabo por el CEDEX. Entre el río Tordera y el espigón de Mongat se contemplan los  $D_{50}$  suministrados en el informe CEDEX 2002. Para la zona de Mongat –Río Besós, las granulometrías se obtuvieron de las muestras de campo recolectadas por GRECCAT y la Universidad de Cantabria (UC) en Junio de 2004.

| Zona o tramo   | Fechas                      | Rango $D_{50}$<br>(mm) | $D_{50}$ (mm) | Fuente  |
|--|-----------------------------|------------------------|---------------|---|
| Tordera - Malgrat  | Después 1987                | -                      | 0,80          | CEDEX, 2002                                   |
| Malgrat - San Pol -<br>Calella - Canet de Mar -<br>Pto. Arenys | 1995 - 2000<br>Octubre 2001 | -<br>1,00 a 2,00       | 0,80<br>1,30  | Rellenos $10^6$ m <sup>3</sup><br>CEDEX, 2002 |
| Arenys - San Vicente -<br>Pta. Balis - Pto. Mataró             | Octubre 2001                | 0,59 a 1,04            | 1,00          | CEDEX, 2002                                   |
| Pto. Mataró - Cabrera -<br>Vilasar - Pto. Premia del<br>Mar    | Octubre 2001                | 0,68 a 0,9             | 0,71          | CEDEX, 2002                                   |
| Pto. Premia Sur  | Oct. 1990 - May<br>1994     | 0,45 a 1,59            | 0,71          | CEDEX, 2002                                   |
| Pto. Masnou  | Oct. 1990 - May<br>1994     | 0,55 a 1,08            | 0,75          | CEDEX, 2002                                   |
| Mongat (Norte)   | Oct. 1990 - May<br>1994     | 0,36 a 1,18            | 0,70          | CEDEX, 2002                                   |
| Mongat (Norte y Sur)   | Junio 2004                  | -                      | 0,80          | GRECCAT                                       |
| Mongat - Pto. Badalona   | Junio 2004                  | 0,8 - 2,0              | 1,10          | GRECCAT                                       |
| Pto. Badalona - Central<br>Térmica                             | Junio 2004                  | 1,0 - 1,7              | 1,40          | GRECCAT                                       |
| Central Térmica - Río<br>Besós                                 | Junio 2004                  | 1,2 - 1,5              | 1,35          | GRECCAT                                       |

Figura 4.3: Tamaños medios de arena ( $D_{50}$ ) entre el río Tordera y el río Besós  
(Fuentes: Informe CEDEX 2002 y Campaña GRECCAT, S.L. Junio 2004)

A su vez en este estudio se muestra la distribución de tamaños medios de la arena de muestras extraídas de la cota cero a lo largo de la línea de costa, entre el río Besós y el espigón de Mongat en Junio de 2004.

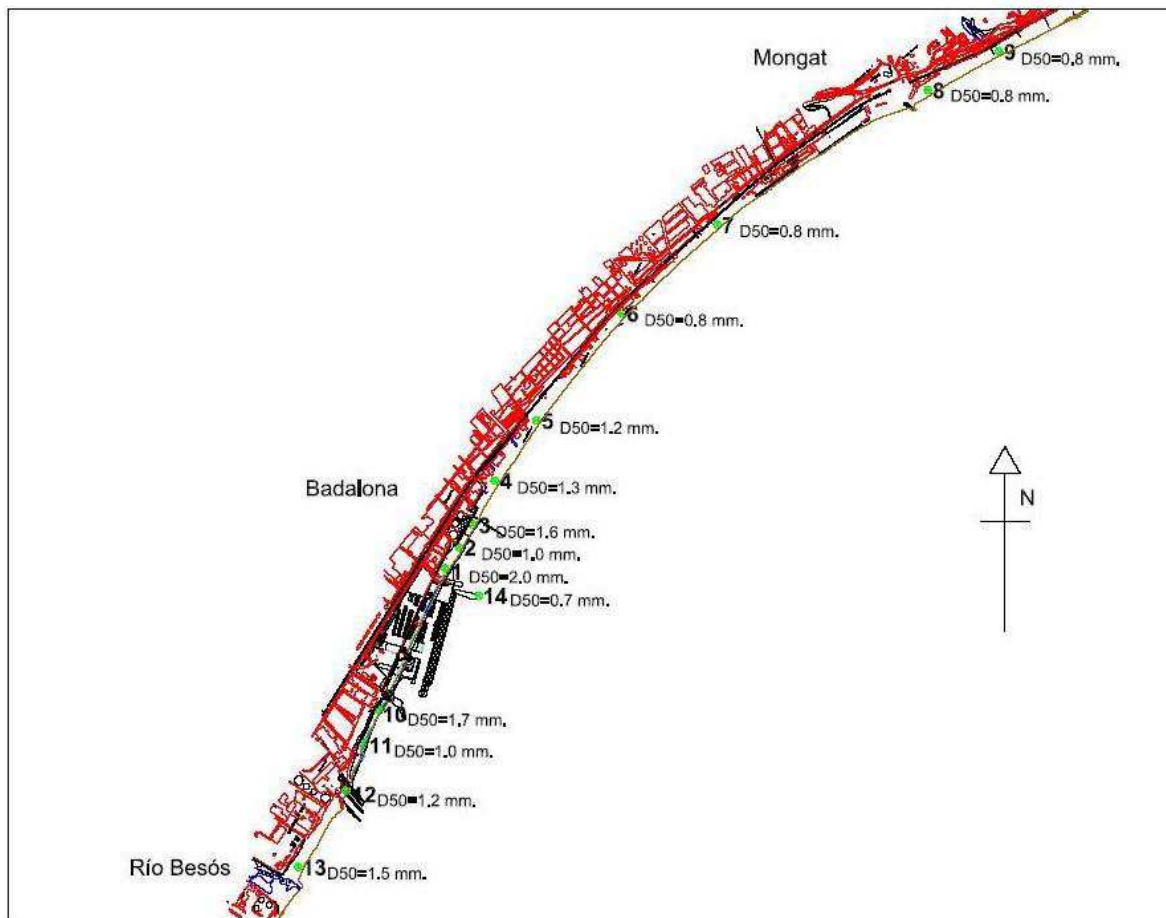


Figura 4.4: Tamaños medios de arena en la Playa de Badalona (Junio 2004)  
(Fuente: GRECCAT, S.L. y la Fundación Leonardo Torres Quevedo, UC)

## 4.2 PROPAGACIÓN DE OLEAJE

En este apartado se va a estudiar y analizar el desarrollo del oleaje desde profundidades indefinidas hasta las proximidades a la costa, esto es; se consideran las propagaciones de oleaje. El objetivo primordial de las propagaciones de oleaje es conocer su evolución desde grandes distancias hasta la costa, y las variaciones o transformaciones que, en altura de ola o dirección, puedan producirse. Para ello, primeramente se muestran las fuentes utilizadas para caracterizar la propagación del oleaje principal que incide en las costas del Maresme. A continuación, se muestran los resultados de la propagación de las distintas fuentes consultadas, y finalmente se presenta un resumen de las características más importantes de esas propagaciones.

### 4.2.1 Fuentes de datos para caracterizar la propagación de oleaje

Las fuentes de información consultadas para el estudio de la propagación de oleaje desde profundidades indefinidas hasta las costas del Maresme, son las siguientes:

- Informes técnicos del CEDEX
- Estudio realizado por GRECCAT, S.L y la Fundación Leonardo Torres Quevedo (UC).

#### **4.2.2 Modelos de propagación de oleaje**

Cada una de las fuentes consideradas ha utilizado un modelo matemático diferente. A continuación se describen los modelos empleados en cada una de las fuentes de información empleadas.

##### **4.2.2.1 Modelo de propagación empleado en los informes técnicos del CEDEX**

El modelo utilizado para la propagación de oleaje en la costa del Maresme ha sido desarrollado en el Centro de Estudios de Puertos y Costas por José María Grassa.

Este modelo matemático, denominado REFDIF, se basa en la aproximación parabólica de la ecuación de Berkhoff, que tiene en cuenta tanto el fenómeno de refracción como el de difracción.

El modelo REFDIF, por tanto, se basa en una serie de ecuaciones diferenciales de tipo parabólico desarrolladas por diferentes autores: Radder, Booij y Kirby. El modelo se puede aplicar, seleccionando, una de estas tres ecuaciones, siendo, según el autor, la ecuación de Booij la más recomendable cuando las oblicuidades del frente de onda simulado son pequeñas y la ecuación minimax de Kirby cuando estas oblicuidades aumentan.

Los contornos laterales del modelo permiten condiciones de contorno abiertas y reflejantes.

Los pasos a seguir para la obtención de las propagaciones de oleaje sobre la costa del Maresme, para cada una de las superficies de propagación utilizadas, se resumen en los siguientes puntos:

- 1) Obtención de una batimetría actualizada e idónea de la zona de estudio, lo que conlleva un tratamiento previo de interpolación de datos batimétricos para crear una densidad lo más uniforme de éstos.
- 2) Elección de las direcciones de oleaje a simular en la propagación, dichas direcciones vienen condicionadas por el estudio de clima marítimo y el estudio de las direcciones de oleaje que pueden incidir sobre la línea de costa.
- 3) Elección del tipo de oleaje a reproducir, regular o irregular, y en cada caso las variables a introducir, espectros, períodos, etc.
- 4) Digitalización de la batimetría elegida.
- 5) Aplicación del modelo con obtención de las fases e isolíneas de agitación.

##### **4.2.2.2 Modelo de propagación de oleaje del estudio de GRECCAT, S. L.**

El modelo utilizado es el Modelo de Propagación de Oleaje y Corrientes (OLUCA), desarrollado inicialmente en la Universidad de Delaware, U.S.A. y mejorado posteriormente entre miembros de la citada Universidad y del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria.

Con el objetivo de caracterizar correctamente la dinámica del oleaje en la zona de estudio, propagan los oleajes existentes en aguas profundas hacia la zona de interés.

Como primer paso para el estudio de la propagación del oleaje, definen una malla de estudio sobre la batimetría de la zona. Por requerimiento del modelo utilizado, una de las alineaciones



de la malla ha de coincidir con la dirección de propagación del oleaje, o estar comprendida en un ángulo no superior a  $\pm 60^\circ$  respecto a dicha dirección. Por este motivo, y dada la configuración del área de estudio, seleccionan algunas mallas generales de propagación con mallas de detalle para la zona global (río Tordera – río Besós) y la zona de estudio (Badalona).

En el estudio de Dinámica Litoral de la playa de Badalona, se analizan las siguientes situaciones:

- Direcciones: ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW
- Alturas de ola (m): 1, 2, 3, 4, 5'5
- Periodos (segundos): 5, 6, 7, 10, 12
- Nivel marea (m): N.M.M.

Y cada espectro propagado queda definido por cinco parámetros:

- Hs: Altura de ola significativa, correspondiente a la altura del momento cero espectral.
- Tp: Período de pico.
- $\theta_m$ : Dirección media.
- $\gamma$ : Factor de ensanchamiento del pico.
- $\sigma_\theta$ : Parámetro de dispersión angular.

#### **4.2.3 Propagación de oleaje**

En ambos estudios se realiza la propagación, con direcciones de oleaje susceptibles de alcanzar la costa.

Según los informes técnicos del CEDEX, de todos los oleajes que pueden alcanzar el litoral de la costa del Maresme; comprendidos entre el ENE y el WSW, los principales que la alcanzan son el E y el SSW, que coinciden con las direcciones de propagación elegidas.

Sin embargo en el estudio realizado por GRECCAT, S.L., las direcciones de propagación elegidas han sido: ENE, E, ESE, SE, SSE, S y SSW.

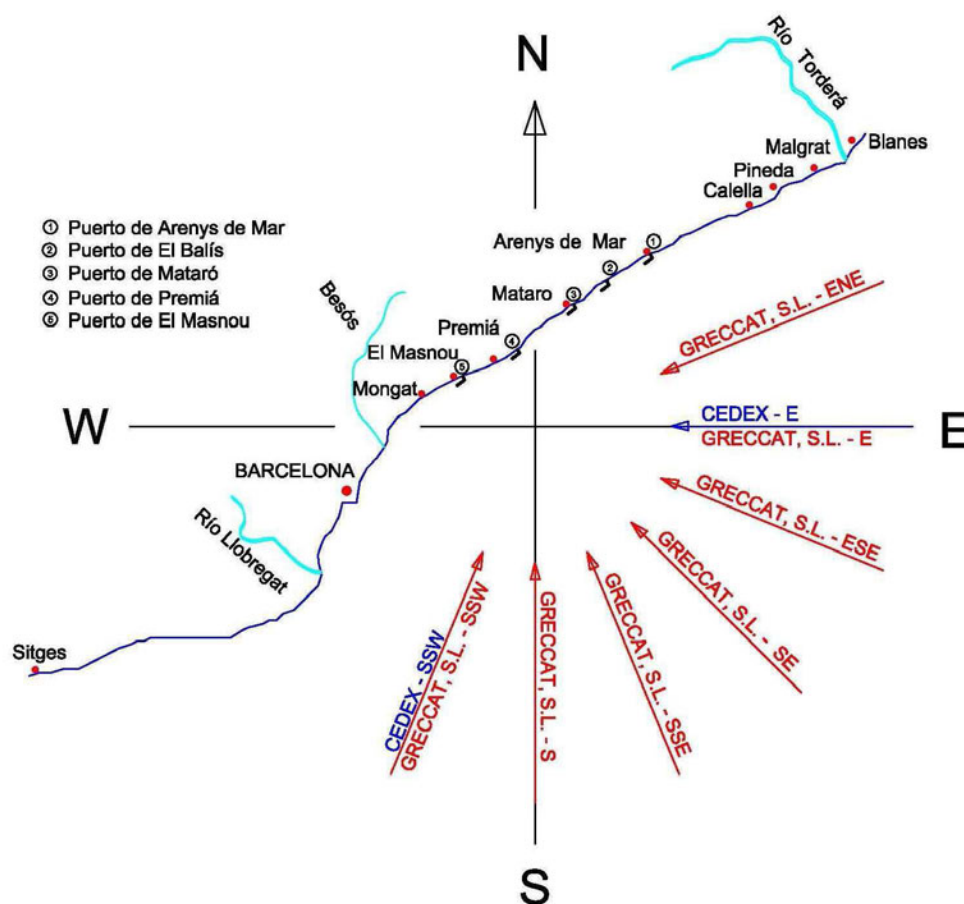


Figura 4.5: Principales direcciones de propagación de oleaje de las fuentes de información

#### 4.2.3.1 Propagación de oleaje según los informes técnicos del CEDEX

Los resultados se obtuvieron en cuatro superficies de propagación diferentes, con las direcciones de propagación elegidas:

- Puertos de Arenys de Mar y de El Balís, con dirección Este
- Puertos de Arenys de Mar, El Balís y Mataró, con dirección Sur 30° Oeste (SSW)
- Puertos de Mataró, Premiá y de El Masnou, con dirección Este
- Puertos de Premiá y de El Masnou, con dirección Sur 30° Oeste (SSW)

A continuación se indican los resultados obtenidos en cada una de las superficies propagadas.

##### 4.2.3.1.1 Puertos de Arenys de Mar y de El Balís, con dirección Este

La batimetría elegida para propagar desde altamar corresponde a la carta náutica del Instituto Hidrográfico de la Marina Española número 491, “Del puerto de Arenys de Mar al puerto de San Feliu de Guixols”.



CEDEX

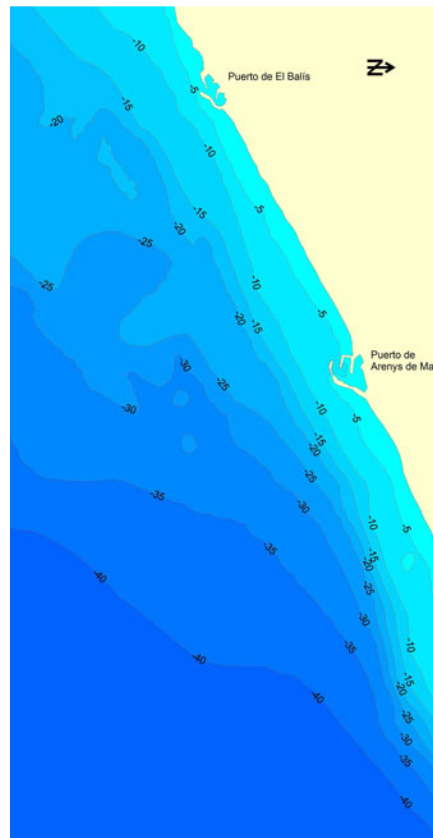


Figura 4.6: Superficie de propagación (sobre la carta Náutica nº 491 del Instituto Hidrográfico de la Marina)

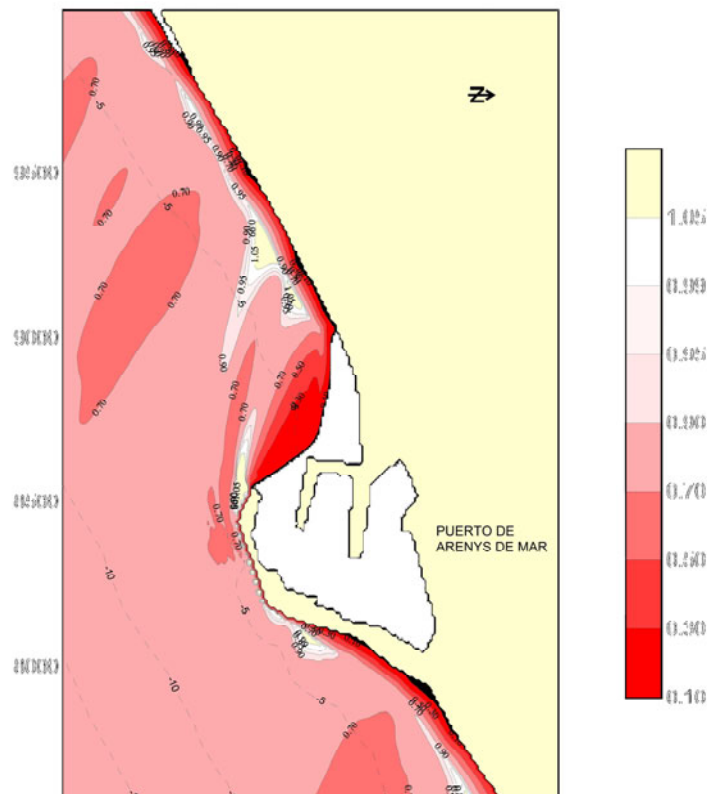


Figura 4.7: Alturas en dirección Este en el puerto de Arenys de Mar (CEDEX 2002).



El oleaje alcanzó el puerto de Arenys de Mar en dirección Este 26° Sur, tras girar 26° respecto a su dirección inicial.

En las alturas de ola relativas obtenidas, predominaron los valores entre 0,7 y 0,9 m, aunque se apreciaron zonas de ligero aumento de concentración de energía aguas arriba y aguas abajo del puerto. El efecto directo del puerto sobre la costa, para la dirección Este, se centró especialmente en los primeros 1.000 m al suroeste del puerto.

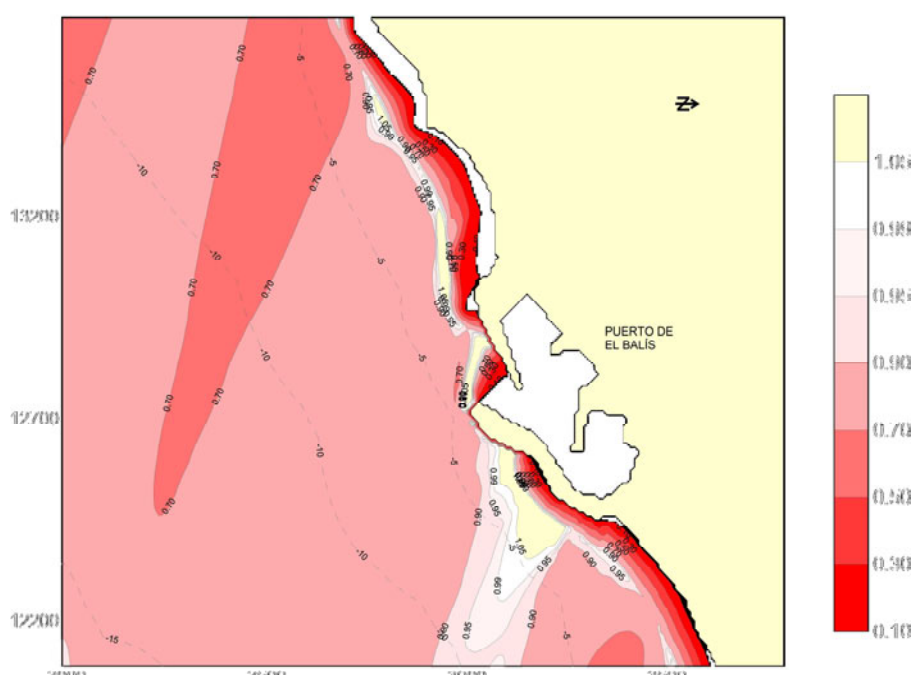


Figura 4.8: Alturas en dirección Este en el puerto de El Balís (CEDEX 2002)..

El oleaje alcanzó el puerto de El Balís en la dirección Este 27° Sur, tras girar 27° respecto a su dirección inicial.

Las alturas de ola relativas obtenidas, predominan sus valores entre 0,7 y 0,9 m, aunque se apreciaron zonas de ligero aumento de concentración de energía junto al dique del puerto y aguas abajo del mismo, antes de reducirse definitivamente en la orilla. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del Este, se centró especialmente en los primeros 600 m al suroeste del puerto.

#### 4.2.3.1.2 Puertos de Arenys de Mar, El Balís y Mataró, con dirección Sur 30° Oeste (SSW)

La batimetría elegida para propagar desde altamar corresponde a la carta náutica del Instituto Hidrográfico de la Marina Española número 489, "Del puerto de Barcelona al puerto Arenys de Mar".

El oleaje del SSW alcanzó el puerto de Arenys de Mar en la dirección Sur 7° Oeste, tras girar 23° respecto a su dirección inicial.



CEDEX

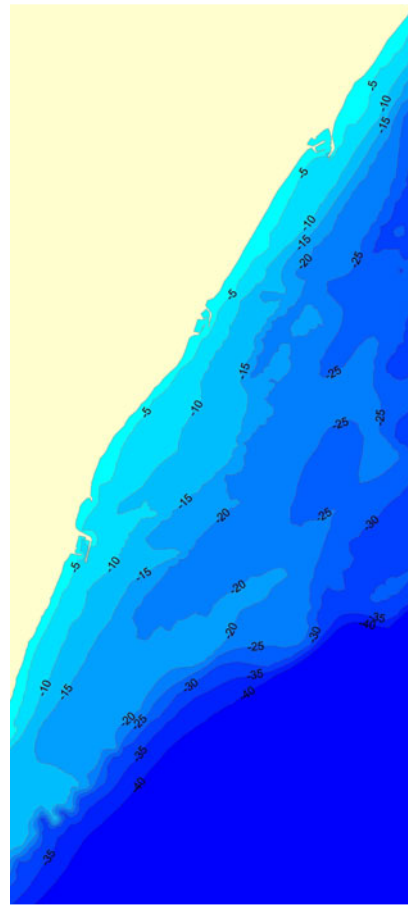


Figura 4.9: Superficie de propagación (sobre lacarta Náutica nº 489 del Instituto Hidrográfico de la Marina)

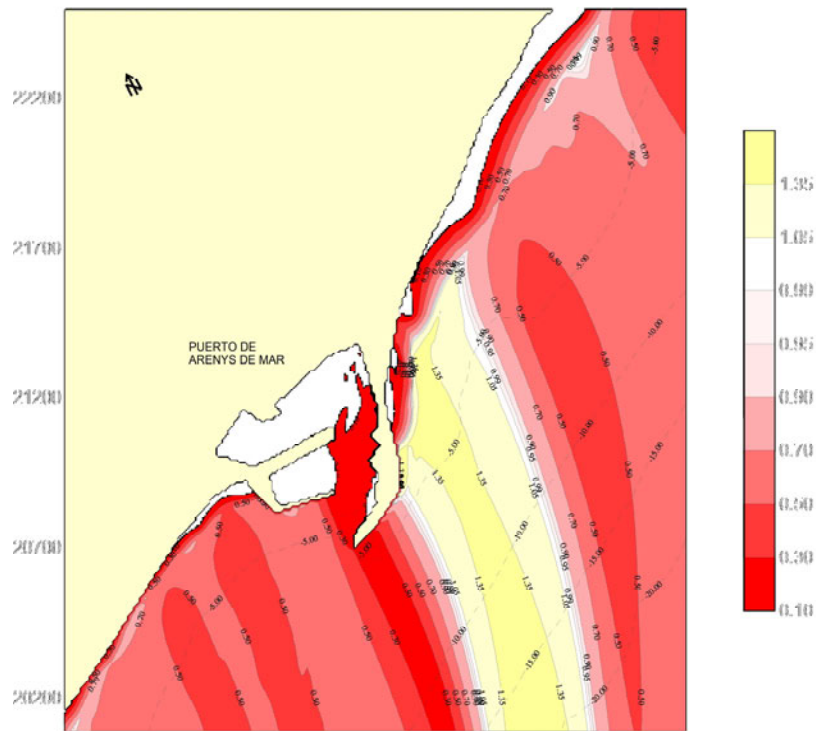


Figura 4.10: Alturas en dirección SSW en el puerto de Arenys de Mar (CEDEX 2002)..

En las alturas de ola relativas obtenidas, predominaron los valores entre 0,5 y 0,7 m a poniente del dique de abrigo del puerto de Arenys, sin embargo, a levante del morro del mismo, existió una zona de aumento de concentración de energía que alcanzó 1,35 m. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del SSW, se centró especialmente en los primeros 600 m al noreste del puerto.

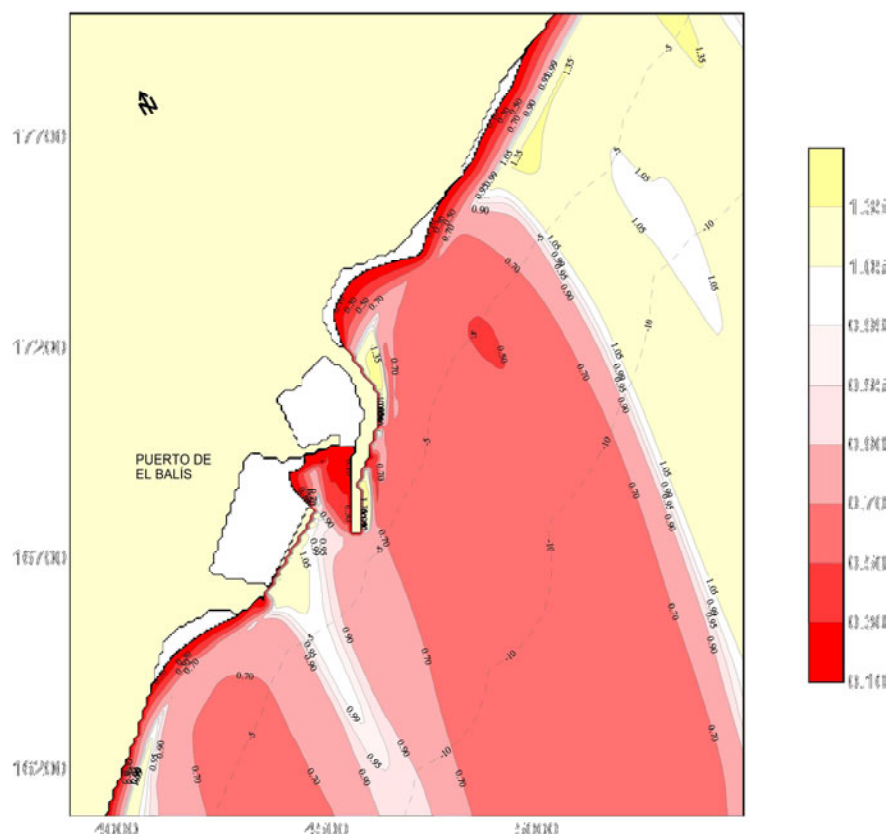


Figura 4.11: Alturas en dirección SSW en el puerto de El Balís (CEDEX 2002)..

El oleaje del SSW alcanzó el puerto de El Balís en la dirección Sur 1º Oeste, es decir, el oleaje giró 29º respecto a su dirección inicial.

A su vez, el oleaje alcanzó el contradique y la bocana del puerto sin variaciones respecto a la altura de ola inicial, reduciéndose a ambos lados de los mismos y tomando un valor situado entre 0,7 y 0,9 m. A 600 m a levante del puerto se apreció una zona de aumento de concentración de energía. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del SSW, se centró especialmente en los primeros 500 m al noreste del puerto.

El oleaje del SSW alcanzó el puerto de Mataró en la dirección Sur 9º Oeste, tras girar 21º respecto a su dirección inicial.

En las alturas relativas de ola predominaron los valores entre 0,7 y 0,9 m, aunque se apreciaron zonas de aumento de concentración de energía a levante del puerto de Mataró. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del SSW, se centró especialmente en los primeros 700 m al noreste del puerto.

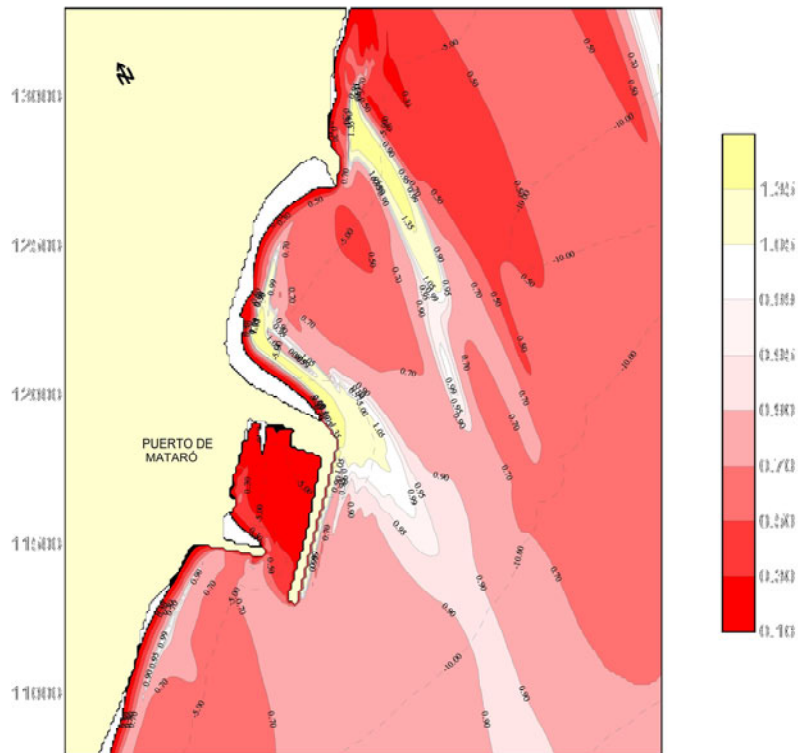


Figura 4.12: Alturas en dirección SSW en el puerto de Mataró (CEDEX 2002)..

#### 4.2.3.1.3 Puertos de Mataró, Premiá y de El Masnou dirección Este

La batimetría elegida para propagar desde altamar correspondió a la carta náutica del Instituto Hidrográfico de la Marina Española número 489, “Del puerto de Barcelona al puerto Arenys de Mar”.

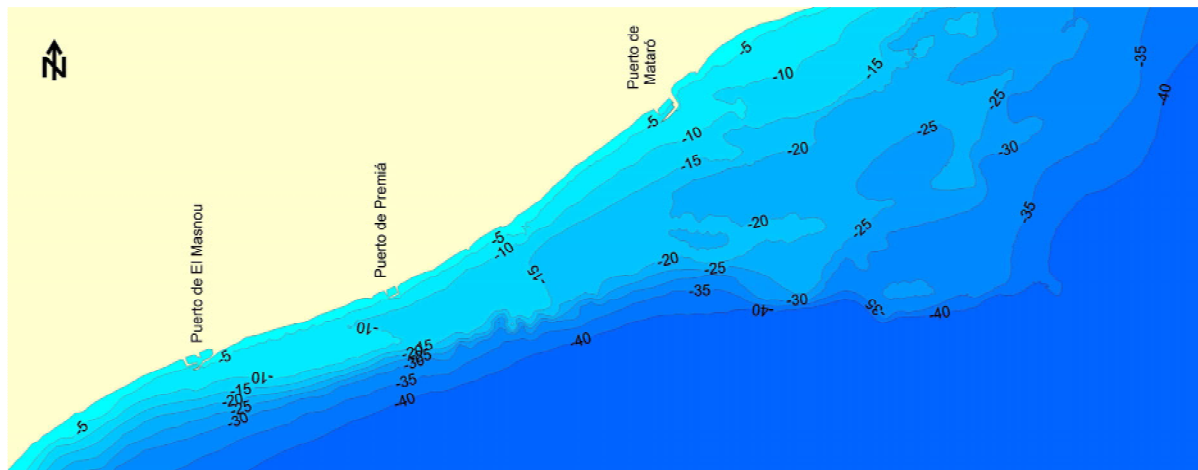


Figura 4.13: Superficie de propagación (sobre la carta Náutica 489 del Puerto de Barcelona al Puerto de Arenys)

El oleaje del Este alcanzó el puerto de Mataró en dirección Este 25° Sur, tras girar 25° respecto a su dirección inicial.

Y respecto a las alturas de ola relativas predominaron los valores entre 0,3 y 0,7 m, aunque se observaron pequeñas áreas de aumento de concentración de energía a ambos lados del puerto de Mataró. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del Este, se centró especialmente en los primeros 500 m al suroeste del puerto.

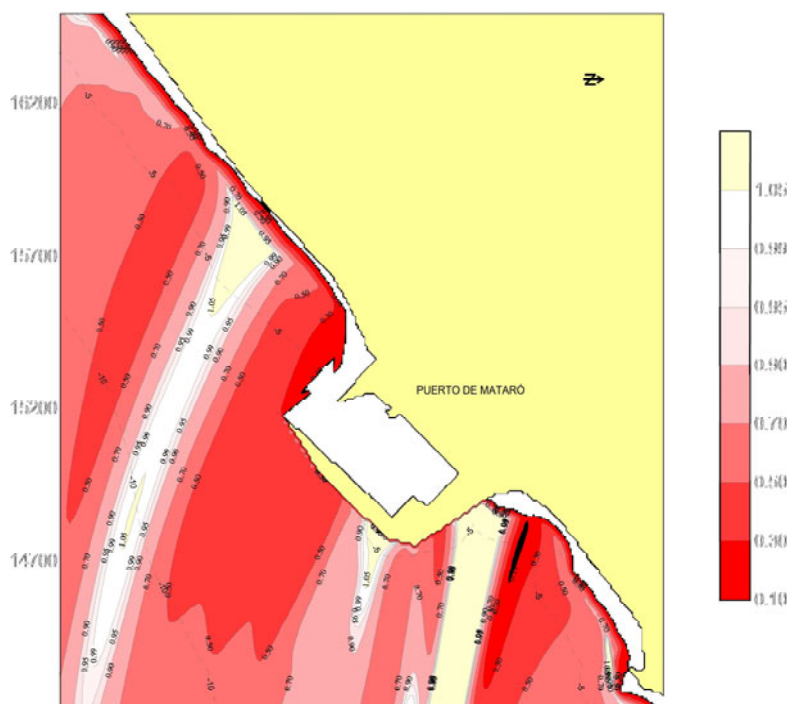


Figura 4.14: Alturas en dirección E en el puerto de Mataró (CEDEX 2002).

El oleaje del Este alcanzó el puerto de Premià en la dirección Este 29° Sur, tras girar 29° respecto a su dirección inicial.

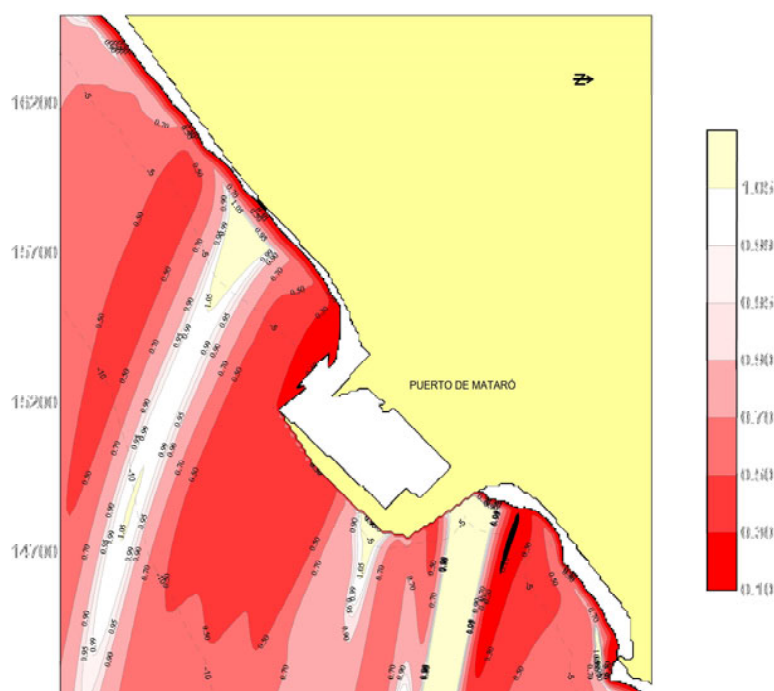


Figura 4.15: Alturas en dirección E en el puerto de Premià (CEDEX 2002).

Los valores predominantes de las alturas de ola se alcanzaron entre 0,5 y 0,7 m, aumentando la altura en una franja que alcanzó el morro del dique y llegó a la playa. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del Este, se centró especialmente en los primeros 400 m al suroeste del puerto.

El oleaje del Este alcanzó el puerto de El Masnou en la dirección Este  $35^\circ$  Sur, tras girar  $35^\circ$  respecto a su dirección inicial.

Con relación a las alturas de ola obtenidas, predominaron los valores entre 0,5 y 0,7 m. En unas estrechas áreas paralelas a la costa, situadas aguas arriba y abajo del puerto, la altura de ola alcanzó 1 m, reduciéndose rápidamente este valor al aproximarse a la línea de orilla. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del Este, se centró especialmente en los primeros 500 m al suroeste del puerto.

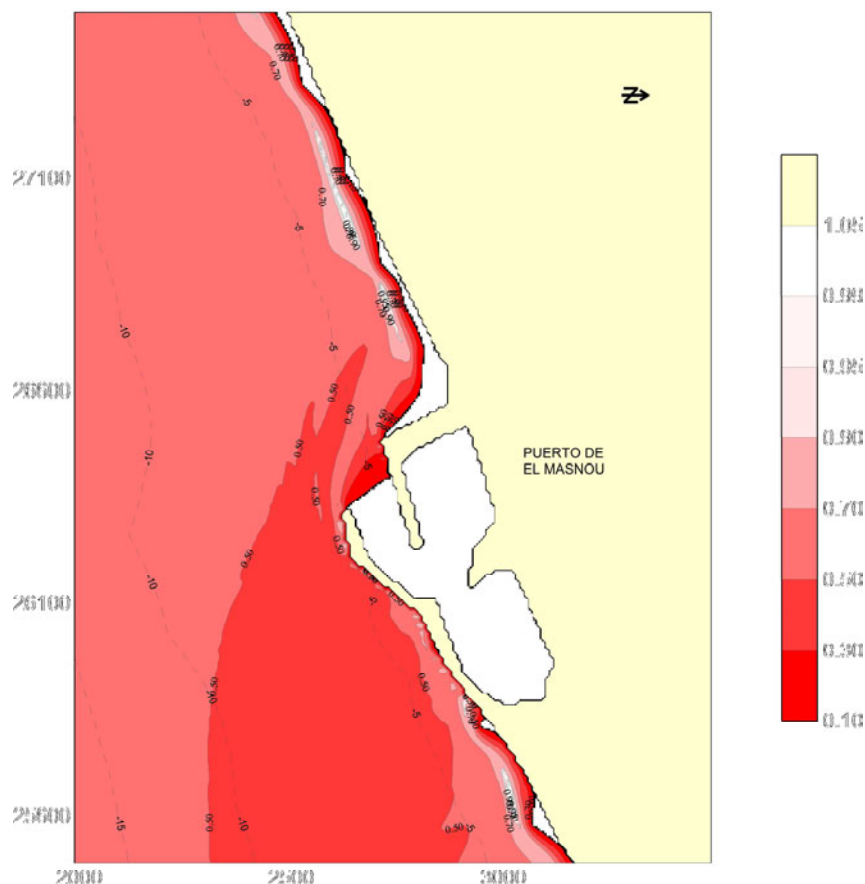


Figura 4.16: Alturas en dirección E en el puerto de El Masnou (CEDEX 2002).

#### 4.2.3.1.4 Puertos de Premiá y de El Masnou dirección Sur $30^\circ$ Oeste, SSW

La batimetría elegida para propagar desde altamar corresponde a la carta náutica del Instituto Hidrográfico de la Marina Española número 489, "Del puerto de Barcelona al puerto Arenys de Mar".

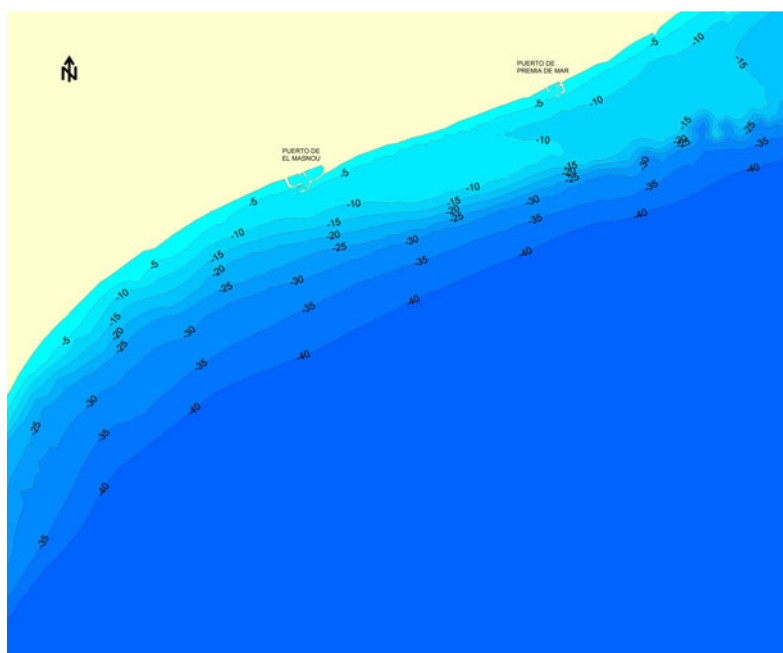


Figura 4.17: Malla de propagación (sobre la carta Náutica nº 489 del Puerto de Barcelona al Puerto de Arenys)

El oleaje del SSW alcanzó el puerto de Premiá de Mar en la dirección Sur 9° Oeste, tras girar 21° respecto a su dirección inicial.

En las alturas de ola relativas, predominaron los valores entre 0,7 y 0,9 m. Además se detectaron tramos de costa, aguas arriba y aguas abajo del puerto, donde el oleaje alcanzó la orilla sin reducción en su altura. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del SSW, se centró especialmente en los primeros 300 m al noreste del puerto.

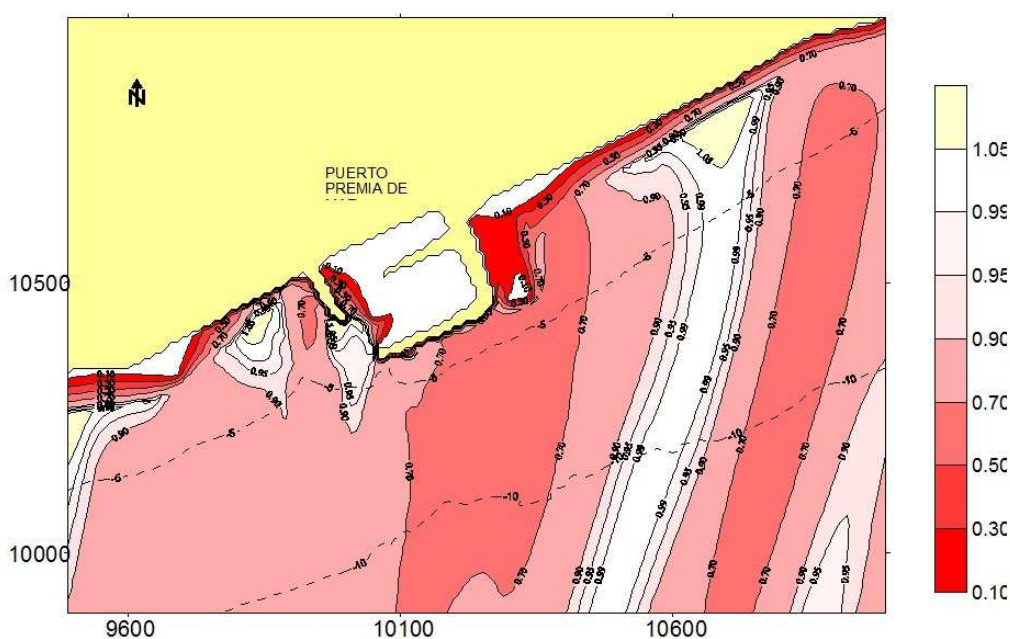


Figura 4.18: Alturas en dirección SSW en el puerto de Premiá de Mar (CEDEX 2002).

El oleaje del SSW alcanzó el puerto de El Masnou en la dirección Sur  $16^\circ$  Oeste, es decir, el oleaje giró  $14^\circ$  respecto a su dirección inicial.

La altura de ola obtenida en las proximidades del puerto de El Masnou una altura media de 0,8 m, si bien, se apreciaron pequeñas zonas; sobre el puerto y en la playa, donde el oleaje no sufrió reducción en su altura de ola. El efecto directo del puerto sobre la costa, para el oleaje del SSW, es pequeño y se centra especialmente en los primeros 300 m al noreste del puerto.

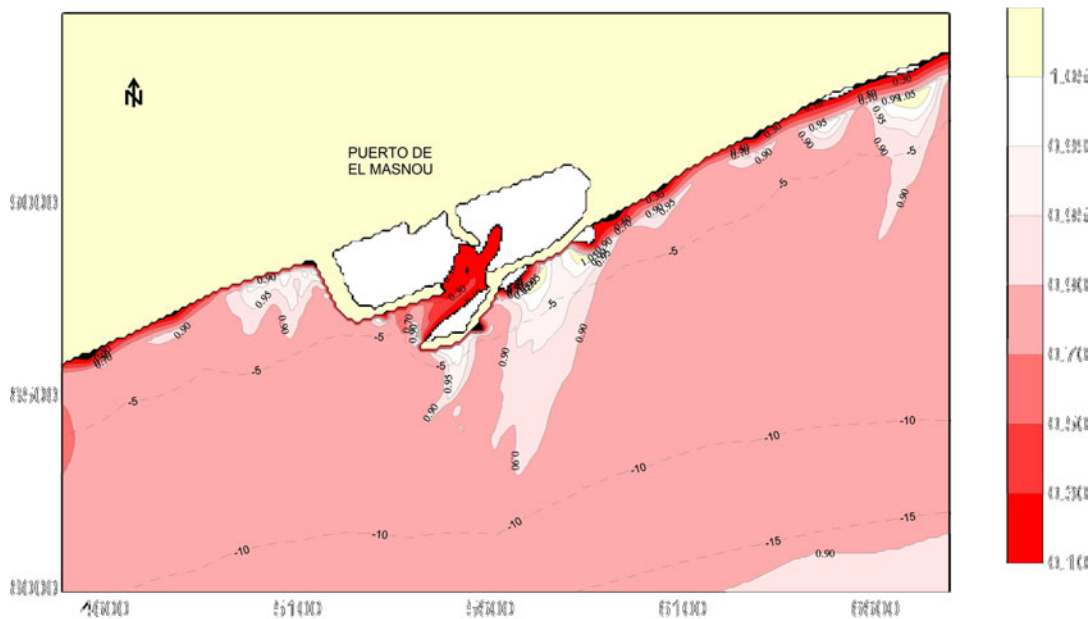


Figura 4.19: Alturas en dirección SSW en el puerto de El Masnou

#### 4.2.3.2 Propagación de oleaje según el estudio de GRECCAT, S.L. y la Fundación Torres Quevedo (U. Cantabria)

Las principales conclusiones respecto a los oleajes de la playa de Badalona, en base a las propagaciones, permitieron afirmar:

- La configuración de la línea de costa y la batimetría exterior, fueron los principales condicionantes del oleaje alcanzado en la Playa de Badalona, especialmente en la zona del nuevo Puerto.
- Las principales direcciones de oleaje provinieron dos sectores muy distintos, del ENE a ESE y del SSW a S.
- Si a lo anterior añadimos el hecho de que los aportes energéticos asociados a los oleajes de estos sectores pueden cambiar de forma drástica de un año al otro, llevó a la conclusión de que el análisis y cálculo del transporte litorales debe llevarse a cabo con base en una serie de oleajes lo suficientemente extensa, del orden de décadas, si se quiere caracterizar adecuadamente dicho transporte.
- En la zona del Puerto de Badalona no existió una dirección de flujo medio de energía claramente que domine entre los oleajes del sector Este y Sur. Desde un punto de vista multianual, se apreció un ligero predominio de los oleajes del sector Sur.



- A su vez se apreció un decrecimiento de la altura de ola desde la zona del Puerto de Badalona, hacia el Norte, hacia la zona de Mongat y el Puerto de Masnou.

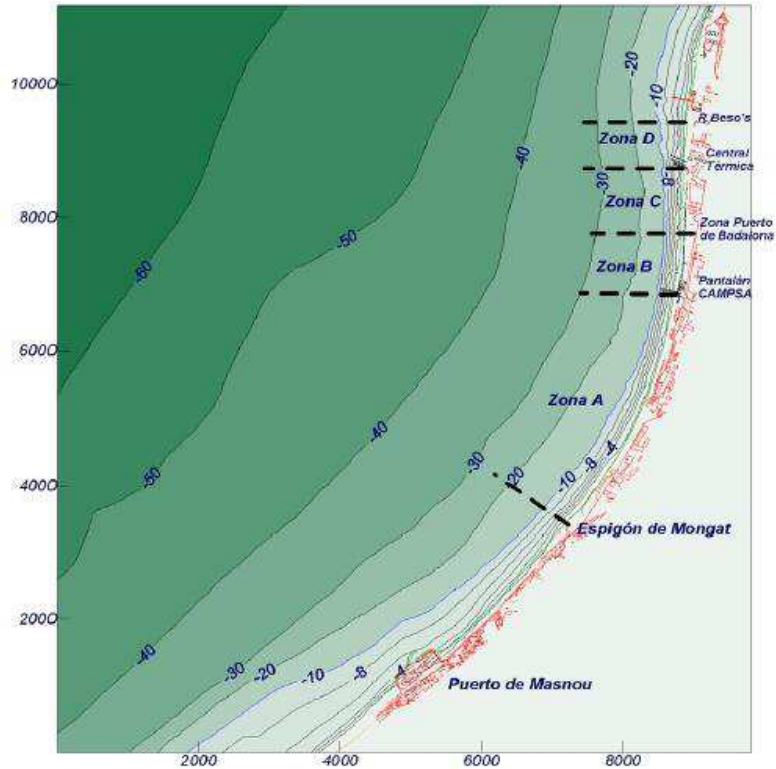


Figura 4.20: Batimetría y zonificación de la playa de Badalona

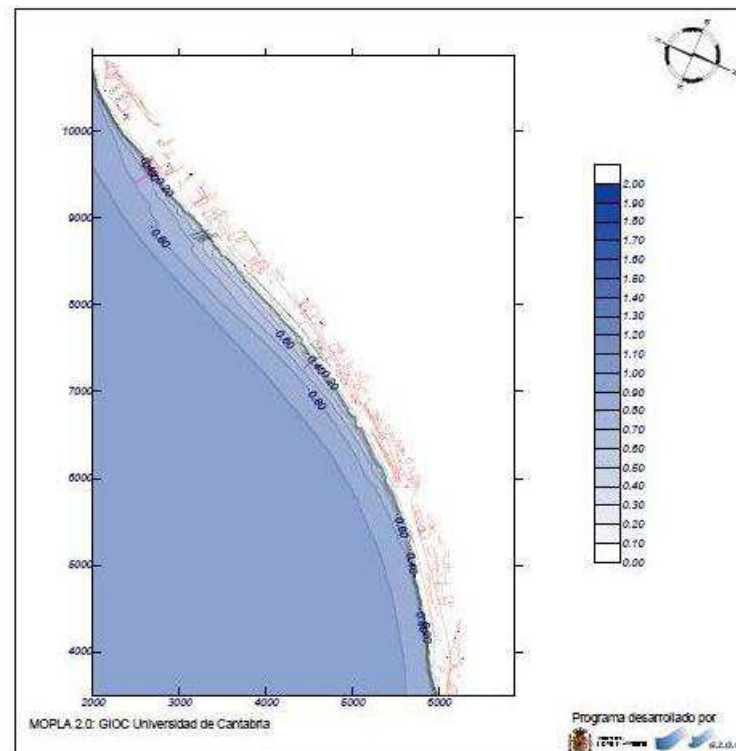


Figura 4.21: Altura de ola significativa del Estudio de Dinámica Litoral de la playa de Badalona



CEDEX

#### **4.2.4 Resumen de las propagaciones de oleaje**

En los informes técnicos del CEDEX, se propagó en las proximidades de los puertos de Arenys de Mar, El Balís, Mataró, Premiá de Mar y El Masnou, con dos direcciones Este y Sur 30º Oeste. Girando el oleaje respecto a su dirección inicial un ángulo inferior a 35º y las alturas de ola predominantes variaron entre 0,3 y 0,9 m.

En el estudio realizado por GRECCAT, S.L., se propagó en las proximidades de los puertos de Badalona y de Masnou, con direcciones comprendidas en dos sectores: del ENE a ESE y del SSW a S. Apreciándose un decrecimiento de la altura de ola desde la zona del puerto de Badalona, hacia el Norte, hacia la zona de Mongat y el puerto de Masnou.

Únicamente se puede realizar una comparación entre los informes del CEDEX y el estudio realizado por GRECCAT, S.L., en la superficie de propagación correspondiente a los puertos de Premiá y El Masnou, por coincidir únicamente las superficies de propagación. Especialmente en las proximidades del puerto de El Masnou y por ser la misma dirección de propagación, SSW.

Como consecuencia se deduce, de ambos estudios que no se aprecian gradientes de altura de ola, a lo largo de la costa y que los oleajes inciden con gran oblicuidad.

### **4.3 TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL**

Para caracterizar el transporte sólido litoral a lo largo de la costa levantina española en la costa del Maresme se ha recurrido a analizar los resultados del movimiento de arena a lo largo de ella que contienen los diferentes informes técnicos realizados para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.

#### **4.3.1 Fuentes de datos**

Las fuentes de información consultadas para analizar el transporte sólido litoral son:

- Los informes técnicos del CEDEX
- Los estudios realizados por GRECCAT, S.L. y la Fundación Leonardo Torres Quevedo (UC)

A continuación se exponen y analizan los datos que contienen cada una de las fuentes y finalmente se expone la caracterización que como resultado se desprende de la exposición y análisis citado.

#### **4.3.2 Transporte sólido litoral de los informes técnicos del CEDEX**

Los informes del CEDEX determinan tanto el transporte sólido longitudinal como el transversal. En el primero de los casos calculan tanto la capacidad de transporte que tiene el oleaje incidente en las costas del Maresme como el transporte real existente en ellas. El segundo de los cálculos se presenta, como en los citados informes del CEDEX de 2002, en el apartado dedicado al balance sedimentario, así mismo; en él también se calcula el transporte transversal en cada uno de los sectores o unidades y subunidades fisiográficas, o sistemas litorales, y para ello fue necesario determinar la profundidad de cierre, que se presenta en el apartado anterior de balance sedimentario.

#### 4.3.2.1 Cálculo teórico del transporte longitudinal

Primeramente, se hace un resumen de la formulación utilizada para el cálculo teórico de la capacidad de transporte de sedimentos en la costa del Maresme y, seguidamente, se presentan los resultados de la aplicación de ésta por tramos o subtramos en los que se ha dividido este tramo de costa, esto es:

- Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar
- Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró
- Puerto de Mataró-Espigón de Mongat
  - Puerto de Mataró – Puerto de Premia
  - Puerto de Premia – Puerto de Masnou
  - Puerto de Masnou – Espigón de Mongat

La capacidad teórica de transporte sólido longitudinal la determinaron usando el método del flujo de energía, esto es; la asunción de que el volumen de sedimento transportado a lo largo de la costa es proporcional al flujo de energía, o potencia, de la ola. Dentro de él se utilizó la fórmula conocida como del CERC, cuya obtención se resume a continuación.

El flujo de energía de la ola por unidad de longitud de la costa viene dado, en la zona de rompientes, por:

$$P_b = (EC_g)_b \cos \alpha_b$$

Siendo  $E_b$  la energía de la ola en rotura y  $C_{gb}$  la celeridad de grupo de la ola que se pueden expresar como:

$$E_b = \frac{\rho g H_b^2}{8}$$
$$C_{gb} = \sqrt{g d_b} = \sqrt{g \frac{H_b}{\kappa}}$$

Dónde:  $\alpha_b$  es el ángulo del frente de ola en rotura con la costa,  $H_b$  al altura de ola en rotura,  $d_b$  la profundidad del agua en rotura,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $\rho$  la densidad del agua y  $\kappa$  el índice de rotura ( $H_b/d_b$ ).

El flujo de energía responsable del transporte longitudinal será la componente paralela a la costa del flujo de energía, esto es:

$$P_l = (EC_g)_b \cos \alpha_b \sin \alpha_b$$

El valor del peso de sedimento sumergido transportado longitudinalmente,  $II$ , es proporcional al flujo de energía paralelo a la costa, o longitudinal:



CEDEX

$$I_l = KP_l$$

Siendo  $K$  un coeficiente adimensional.

La cantidad de material transportado a lo largo de la costa,  $Q_l$ , y la relación existente con el peso de material sumergido transportado viene dado por:

$$I_l = (\rho_s - \rho)g(1-p)Q_l$$

ó

$$Q_l = \frac{I_l}{(\rho_s - \rho)g(1-p)}$$

Donde  $\Delta_s$  es la densidad del sedimento y  $p$  la porosidad del sedimento.

Sustituyendo valores:

$$Q_l = \frac{K}{(\rho_s - \rho)g(1-p)} P_l$$

Y

$$P_l = \frac{\rho g H_b^2}{8} \sqrt{\frac{g H_b}{\kappa}} \sin \alpha_b \cos \alpha_b = \frac{\rho g^{\frac{3}{2}}}{16\sqrt{\kappa}} H_b^{\frac{5}{2}} \sin 2\alpha_b$$

De donde se saca:

$$Q_l = K \frac{\rho \sqrt{g}}{16\sqrt{\kappa}(\rho_s - \rho)(1-p)} H_b^{\frac{5}{2}} \sin 2\alpha_b$$

Que es la llamada fórmula del CERC. El coeficiente  $K$  fue determinado utilizando alturas de ola medias cuadráticas,  $H_{b, rms}$ , esto es usando oleaje regular en rotura. Komar e Inman (1970) lo determinaron para este tipo de oleaje, dando un valor:

$$K_{K\&I,rms} = 0'77$$

Posteriormente, el Shore Protection Manual (1984), introdujo un valor de:

$$K_{SPM, rms} = 0'92$$

Que se convierte al utilizar alturas de ola significante:

$$K_{SPM, m0} = K_{SPM, s} = 0'92 \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^{\frac{5}{2}}$$
$$K_{SPM, m0} = K_{SPM, s} = 0'39$$

Han habido diversos intentos de rectificar el valor de K en función de otras variables (CEM, 1998); pero no parece que estos métodos se encuentren hoy en día suficientemente calibrados.

Esta fórmula del CERC se puede transformar para su cálculo con datos en altamar, para ello no hay nada más que suponerse la conservación del flujo de energía y la ley de Snell.

Los cálculos del transporte longitudinal se han hecho para valores medios de arenas de cuarzo:  $\rho_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho = 1.025 \text{ kg/m}^3$ ,  $p = 0'4$ , y  $\kappa = 0'78$ .

Dando un valor, para el coeficiente del Shore Protection Manual (1984) con altura de ola significante y oleaje en alta mar, de:

$$Q_l = 16'34 \cdot 10^5 H_0^{\frac{5}{2}} (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \text{ sen } 2\alpha_0 \quad (\text{m}^3/\text{año})$$

Y utilizando el coeficiente de Komar e Inman (1970) para las mismas condiciones:

$$Q_l = 13'55 \cdot 10^5 H_0^{\frac{5}{2}} (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \text{ sen } 2\alpha_0 \quad (\text{m}^3/\text{año})$$

Las hipótesis de partida para la determinación de estas fórmulas suponen una serie de limitaciones como son:

- Batimetría rectilínea y paralela
- Validez de la teoría lineal de oleaje hasta las proximidades de rotura
- Existe una capacidad ilimitada de arena
- No existe disipación de energía hasta la rotura
- El oleaje es el único agente climático marítimo actuante

#### **4.3.2.1.1 Transporte longitudinal: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar**

Los resultados del cálculo de la capacidad de transporte longitudinal en este sector, se obtuvieron empleando la fórmula del CERC con los dos coeficientes K que consideraron, indicados anteriormente, Komar&Inman y SPM, y con los datos de oleaje en alta mar correspondientes a los datos visuales.



CEDEX

En las tablas siguientes se recoge el resumen de los resultados obtenidos en los informes del CEDEX para el cálculo de la capacidad de transporte longitudinal de sedimentos utilizando la formulación del CERC y los dos coeficientes considerados:  $K_{SPM_s}=0,39$  y  $K_{K\&I_{rms}}=0,77$ .

| TRANSPORTE SECTOR 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar<br>(m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| CERC ( $K_{SPM_s}=0'39$ )   | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto  | 103.946 | 141.690 | 245.636 |
| Transporte neto   | 11.979  | 45.212  | 57.192  |
| Transporte positivo total   | 57.963  | 93.451  | 151.414 |
| Transporte negativo total   | -45.983 | -48.239 | -94.222 |

| TRANSPORTE SECTOR 1: Río Tordera – Puerto de Arenys de Mar<br>(m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| CERC ( $K_{K\&I_{rms}}=0'77$ )  | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto  | 86.171  | 117.461 | 203.632 |
| Transporte neto   | 9.931   | 37.481  | 47.412  |
| Transporte positivo total   | 48.051  | 77.471  | 125.522 |
| Transporte negativo total   | -38.120 | -39.990 | -78.110 |

Los valores obtenidos del transporte longitudinal, bruto y neto, muestran que éste es considerable, lo que indica que el movimiento del sedimento en la zona es de mucha importancia.

#### 4.3.2.1.2 Transporte longitudinal: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró

Los resultados del cálculo de la capacidad de transporte longitudinal en este sector, se obtuvieron empleando la fórmula del CERC con los dos coeficientes K que consideraron, indicados anteriormente, Komar&Inmam y SPM, y con los datos de oleaje en alta mar correspondientes a los datos visuales.

En las tablas siguientes se recoge el resumen de los resultados obtenidos en el cálculo del transporte con la formulación del CERC y los dos coeficientes considerados:  $K_{SPM_s}=0,39$  y  $K_{K\&I_{rms}}=0,77$ .

| TRANSPORTE SECTOR 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| CERC ( $K_{SPM_s}=0'39$ )   | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto  | 105.227 | 146.238 | 251.465 |
| Transporte neto   | 18.374  | 53.832  | 72.206  |
| Transporte positivo total   | 61.800  | 100.035 | 161.835 |
| Transporte negativo total   | -43.427 | -46.203 | -89.630 |

| TRANSPORTE SECTOR 2: Puerto de Arenys de Mar – Puerto de Mataró (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| CERC (K <sub>K&amp;I rms</sub> =0'77)   | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto  | 87.233  | 121.232 | 208.465 |
| Transporte neto   | 15.232  | 44.626  | 59.858  |
| Transporte positivo total   | 51.233  | 82.929  | 134.162 |
| Transporte negativo total   | -36.001 | -38.803 | -74.303 |

Los valores obtenidos del transporte sólido litoral, bruto y neto, muestran que éste es considerable, lo que indica que el movimiento del sedimento en la zona es de mucha importancia.

#### 4.3.2.1.3 Transporte longitudinal: Puerto de Mataró – Mongat

El sector considerado se dividió en los tres sub-sectores, comentados en puntos anteriores:

- Subsector 3.1: Puerto de Mataró – Puerto de Premia de Mar
- Subsector 3.2: Puerto de Premia de Mar – Puerto de El Masnou
- Subsector 3.3: Puerto de El Masnou – Espigón de Mongat

El cálculo de la capacidad del transporte longitudinal, así como sus antecedentes de cálculo se realizaron teniendo en cuenta esta división en subsectores.

##### 4.3.2.1.3.1 Subsector 3.1: Puerto de Mataró – Puerto de Premia

Los resultados del cálculo de la capacidad de transporte longitudinal en este sector, se obtuvieron empleando la fórmula del CERC con los dos coeficientes K que consideraron, indicados anteriormente, Komar&Inmam y SPM, y con los datos de oleaje en alta mar correspondientes a los datos visuales.

En las tablas siguientes se recoge el resumen de los resultados obtenidos en el cálculo del transporte con la formulación del CERC y los dos coeficientes considerados:  $K_{SPM s}=0,39$  y  $K_{K&I rms}=0,77$ .

| TRANSPORTE SUBSECTOR 3.1: Puerto de Mataró – Puerto de Premia de Mar (m <sup>3</sup> /año) |          |         |         |
|--|----------|---------|---------|
| CERC (K <sub>SPM s</sub> =0'39)  | SEA      | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto   | 121.168  | 173.684 | 294.852 |
| Transporte neto  | 43.690   | 90.368  | 134.058 |
| Transporte positivo total  | 82.429   | 132.026 | 214.455 |
| Transporte negativo total  | -38.739* | -41.658 | -80.397 |

| TRANSPORTE SUBSECTOR 3.1: Puerto de Mataró – Puerto de Premia de Mar (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|
| CERC (K <sub>K&amp;I rms</sub> =0'77)  | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto   | 100.449 | 143.984 | 244.432 |
| Transporte neto  | 36.219  | 74.915  | 111.134 |
| Transporte positivo total  | 68.334  | 109.449 | 177.783 |



CEDEX

|                           |         |         |         |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| Transporte negativo total | -32.115 | -34.534 | -66.649 |
|---------------------------|---------|---------|---------|

Los valores obtenidos del transporte sólido litoral, bruto y neto, muestran que éste es considerable, lo que indica que el movimiento del sedimento en la zona es de mucha importancia.

#### 4.3.2.1.3.2 Subsector 3.2: Puerto de Premia – Puerto de Masnou

Los resultados del cálculo de la capacidad de transporte longitudinal en este sector, se obtuvieron empleando la fórmula del CERC con los dos coeficientes K que consideraron, indicados anteriormente, Komar&Inmam y SPM, y con los datos de oleaje en alta mar correspondientes a los datos visuales.

En las tablas siguientes se recoge el resumen de los resultados obtenidos en el cálculo del transporte con la formulación del CERC y los dos coeficientes considerados:  $K_{SPM_s}=0,39$  y  $K_{K\&I_{rms}}=0,77$ .

| TRANSPORTE SUBSECTOR 3.2: Puerto de Premia de Mar – Puerto de Masnou (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|
| CERC (K <sub>SPM<sub>s</sub></sub> =0'39)  | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto   | 91.053  | 126.530 | 217.583 |
| Transporte neto  | 16.700  | 46.460  | 63.160  |
| Transporte positivo total  | 53.876  | 86.495  | 140.372 |
| Transporte negativo total  | -37.177 | -40.035 | -77.211 |

| TRANSPORTE SUBSECTOR 3.2: Puerto de Premia de Mar – Puerto de Masnou (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|
| CERC (K <sub>K&amp;I<sub>rms</sub></sub> =0'77)  | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto   | 75.483  | 104.893 | 180.376 |
| Transporte neto  | 13.844  | 38.516  | 52.360  |
| Transporte positivo total  | 44.663  | 71.705  | 116.368 |
| Transporte negativo total  | -30.819 | -33.189 | -64.008 |

Los valores obtenidos del transporte sólido longitudinal, bruto y neto, muestran que éste es considerable, lo que indica que el movimiento del sedimento en la zona es de mucha importancia.

#### 4.3.2.1.3.3 Subsector 3.3: Puerto de Masnou – Espigón de Mongat

Los resultados del cálculo de la capacidad de transporte longitudinal en este sector, se obtuvieron empleando la fórmula del CERC con los dos coeficientes K que consideraron, indicados anteriormente, Komar&Inmam y SPM, y con los datos de oleaje en alta mar correspondientes a los datos visuales.

En las tablas siguientes se recoge el resumen de los resultados obtenidos en el cálculo del transporte con la formulación del CERC y los dos coeficientes considerados:  $K_{SPM_s}=0,39$  y  $K_{K\&I_{rms}}=0,77$ .



| TRANSPORTE SUBSECTOR 3.3: Puerto de Masnou – Espigón de Mongat (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|
| CERC (K <sub>SPMS</sub> =0'39)   | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto   | 93.338  | 141.454 | 234.792 |
| Transporte neto  | 31.847  | 72.057  | 103.903 |
| Transporte positivo total  | 63.466  | 107.836 | 171.301 |
| Transporte negativo total  | -31.619 | -35.779 | -67.398 |

| TRANSPORTE SUBSECTOR 3.3: Puerto de Masnou – Espigón de Mongat (m <sup>3</sup> /año) |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|
| CERC (K <sub>K&amp;I rms</sub> =0'77)  | SEA     | SWELL   | TOTAL   |
| Transporte bruto   | 93.338  | 141.454 | 234.792 |
| Transporte neto  | 31.847  | 72.057  | 103.903 |
| Transporte positivo total  | 63.466  | 107.836 | 171.301 |
| Transporte negativo total  | -31.619 | -35.779 | -67.398 |

Los valores obtenidos del transporte sólido litoral, bruto y neto, muestran que éste es considerable, lo que indica que el movimiento del sedimento en la zona es de mucha importancia.

#### 4.3.2.2 Transporte transversal

El transporte transversal se determinó cuando se analizó el balance sedimentario. Aunque, en realidad, las determinaciones fueron las pérdidas que se producían por transporte transversal de los sistemas litorales que forman todo el frente costero del Maresme.

El movimiento de sedimentos a lo largo del perfil, modificándolo según las sollicitaciones que el oleaje produce en él, debe restringirse desde la parte superior de la playa hasta la profundidad de cierre. Todo material que rebasa esta profundidad es difícil que vuelva al sistema, pudiendo considerarlo, en primera aproximación como pérdidas trasversales del sistema. Por tanto, es imprescindible conocer ese límite teórico de movimiento de sedimento conocido como profundidad de cierre, del que tratan los diversos informes del CEDEX (2002 y 2012).

#### 4.3.3 Transporte sólido litoral del estudio realizado por GRECCAT, S.L. y la Fundación Torres Quevedo (U. De Cantabria)

En dicho estudio se analiza el transporte medio neto multianual entre los años 1958 y 2001, considerando el transporte positivo en sentido de Norte a Sur y negativo en sentido de Sur a Norte.

Se detecta la existencia de un transporte neto positivo (de Norte a Sur) a lo largo del tramo litoral entre el río Tordera y el río Besós.

No se consideró una tasa de transporte global y continua para toda la zona, pues el transporte neto varía de forma importante a lo largo del litoral.

Igualmente se mostró la variación del transporte neto, en función de: La orientación local de la costa, el D<sub>50</sub> y el oleaje local, muy afectado por la batimetría exterior.

Los máximos transportes netos se presentaron en la zona de Premiá de Mar – Masnou, seguidos del tramo Masnou – Mongat, debido a que los transportes hacia el Norte fueron muy

reducidos y a que el  $D_{50}$  era más fino que en otras zonas. Las menores tasas de transporte neto se presentaron en la zona de las Playas de Badalona.

Los transportes negativos (de Sur a Norte), fueron muy importantes en el tramo Premiá de Mar – Mataró debido a la orientación de la costa en dicha zona.

La zona de Badalona se dividió a su vez en cuatro sectores, teniendo en la primera de ellas una capacidad de transporte muy baja como se aprecia en la siguiente figura.

En esta zona, la tasa media neta de transporte hacia el Sur fue alrededor de  $16.000 \text{ m}^3/\text{año}$ , con una tasa media positiva de  $37.000 \text{ m}^3/\text{año}$  y negativa de  $21.000 \text{ m}^3/\text{año}$ .

A su vez, en la primera zona la capacidad de transporte fue muy baja debido a la presencia de rellenos que no permitieron la existencia de la playa seca, y por tanto, de una zona de rotura para condiciones medias de oleaje.

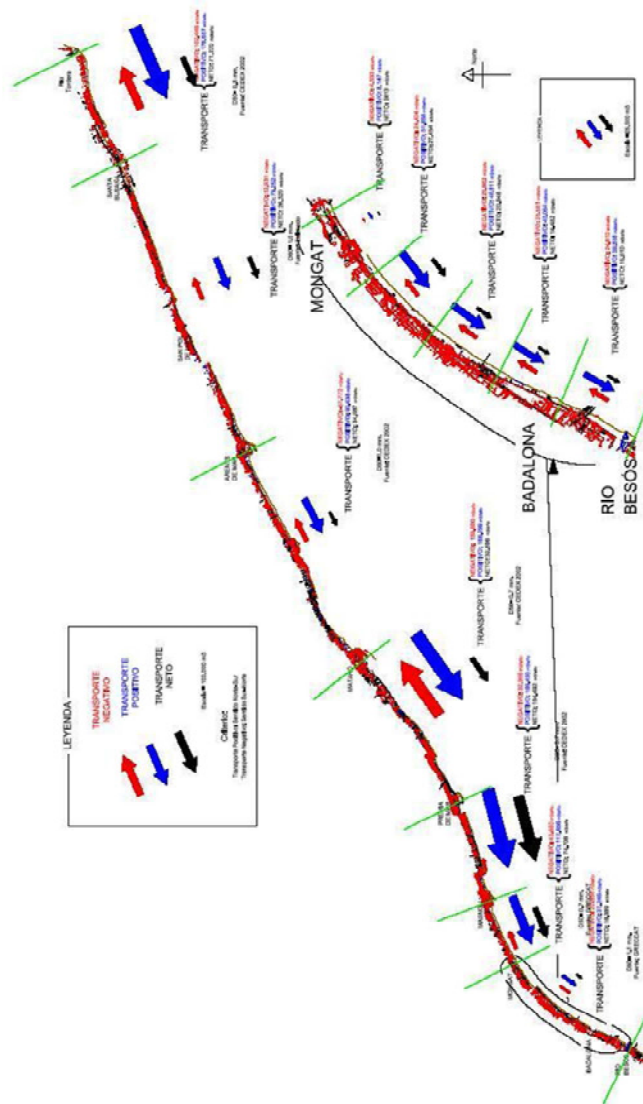


Figura 4.22: Transporte medio neto entre 1958 y 2001 (Fuente GRECCAT, S.L. y la Fundación Torres Quevedo (U. De Cantabria))

#### **4.3.4 Transporte sólido litoral del informe realizado por IH Cantabria**

En el informe sobre volúmenes a dragar a levante de los puertos del Maresme, se estimaron las tasas de transporte neto litoral entre Arenys de Mar y Mongat en la costa del Maresme.

| <b>Tramo de costa</b> | <b>Tasa de transporte neto (m<sup>3</sup>/año)</b> |
|-----------------------|--|
| Arenys - Balís        | 75.000   |
| Balís - Mataró        | 75.000   |
| Mataró - Premiá       | 150.000  |
| Premiá - Masnou       | 150.000  |
| Masnou - Mongat       | 75.000   |

Determinando que dichas tasas no pueden considerarse constantes sino que presentan variaciones tanto espaciales como temporales.

#### **4.3.5 Caracterización del transporte sólido litoral a lo largo de la costa del Maresme**

Del cálculo teórico realizado en los estudios del CEDEX se obtuvieron los siguientes resultados, divididos en los siguientes sectores:

- Para el sector 1 (entre el río Tordera y el puerto de Areyns de Mar), el transporte longitudinal neto fue de aproximadamente 60.000 m<sup>3</sup>/año dirigido hacia el sur.
- Para el sector 2 (entre el puerto de Areyns de Mar y el puerto de Mataró) el transporte longitudinal neto fue de aproximadamente 72.000 m<sup>3</sup>/año dirigidos hacia el sur.
- Para el sector 3 (entre el puerto de Mararó y el espigón de Mongat) el transporte longitudinal neto fue de aproximadamente 134.000 m<sup>3</sup>/año en el subsector 3.1, de 63.000 m<sup>3</sup>/año en el subsector 3.2 y de 104.000 m<sup>3</sup>/año en el subsector 3.3, dirigidos hacia el sur.

Del estudio realizado por la empresa GRECCAT, S.L. y la Fundación Torres Quevedo (U. De Cantabria), se obtuvieron como resultados:

- Para el sector 1 (entre el río Tordera y el puerto de Areyns de Mar), el transporte longitudinal neto fue de aproximadamente 48.770 m<sup>3</sup>/año dirigido hacia el sur.
- Para el sector 2 (entre el puerto de Areyns de Mar y el puerto de Mataró) el transporte longitudinal neto fue de aproximadamente 34.000 m<sup>3</sup>/año dirigidos hacia el sur.
- Para el sector 3 (entre el puerto de Mararó y el espigón de Mongat) el transporte longitudinal neto fue de aproximadamente 32.698 m<sup>3</sup>/año en el subsector 3.1, de 154.492 m<sup>3</sup>/año en el subsector 3.2 y de 74.708 m<sup>3</sup>/año en el subsector 3.3, dirigidos hacia el sur.

Y del informe realizado por IH Cantabria, los resultados se muestran en la tabla anterior.

Tanto de los estudios realizados por el CEDEX, como por la empresa GRECCAT, S.L., se deduce que el transporte sólido litoral se dirige de Norte a Sur y es de mucha importancia.



CEDEX

Si se comparan los resultados obtenidos en los informes técnicos del CEDEX entre los valores teóricos y los valores reales, se aprecia que los valores teóricos son sensiblemente superiores a los valores reales.

A su vez, si comparamos las tres fuentes de datos, los informes del CEDEX, el estudio de GRECCAT, S.L. y el informe de IH Cantabria, se aprecia cierta similitud entre los valores teóricos del CEDEX y del informe de IH Cantabria en el sector 2 y subsector 3.1. Sin embargo en los subsectores 3.2 y 3.3 se aprecian similitudes en los valores de transporte sólido litoral obtenidos en el estudio de GRECCAT, S.L. y en el informe de IH Cantabria.

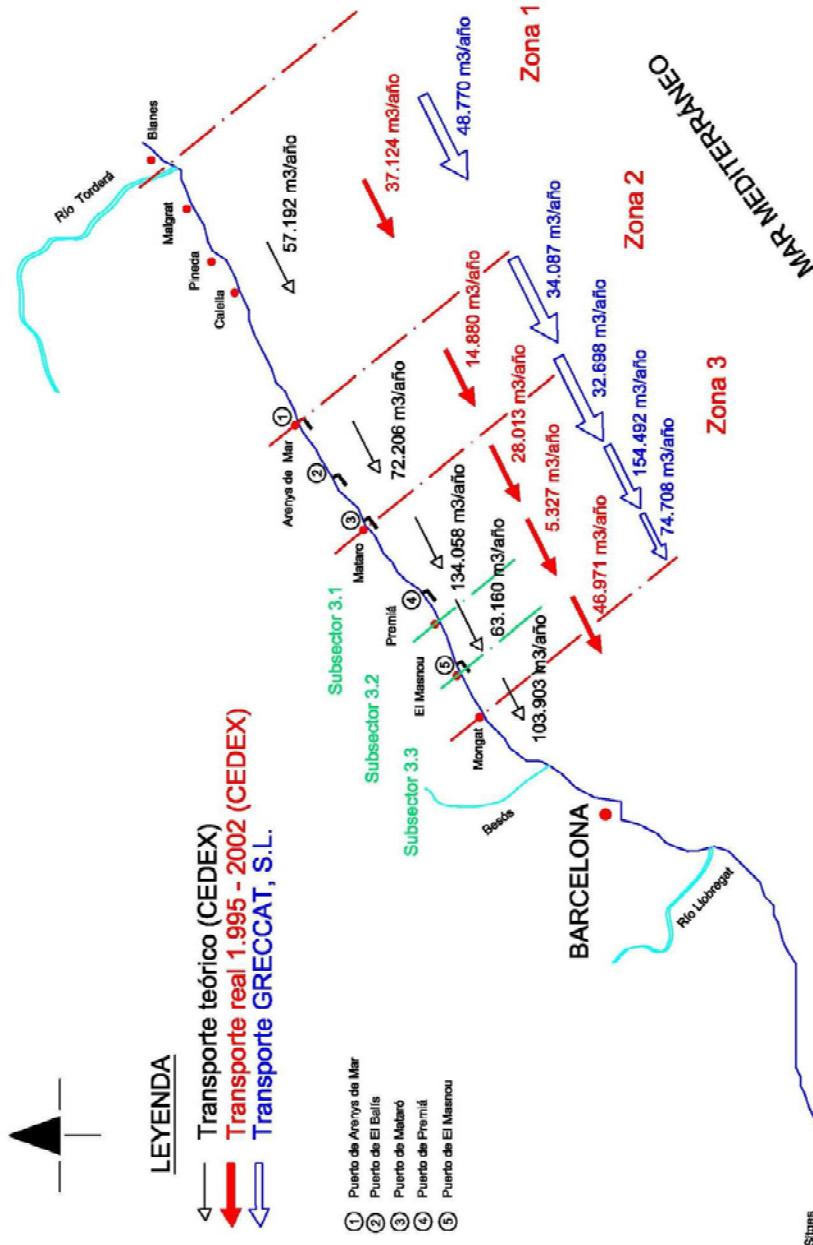


Figura 4.23: Transporte neto de estudios del CEDEX y GRECCAT, S.L.- la Fundación Torres Quevedo (U. De Cantabria)

#### 4.4 COMPORTAMIENTO DEL PERFIL Y PROFUNDIDAD DE CIERRE EN LAS COSTAS DEL MARESME

El estudio del perfil de playa en este tramo de costa es importante, especialmente, a la hora de abordar soluciones. Para ello se ha analizado el perfil teórico de playa en dos vertientes: la forma del perfil de playa y su estado dinámico; y la profundidad de cierre que debe considerarse a la hora de abordar una regeneración de playa o conocer hasta donde se mueve significativamente el material transversalmente a la playa.

Por tanto, a continuación se afronta cada uno de los dos aspectos concernientes al perfil de playa, forma y comportamiento, para las costas del Maresme.

##### 4.4.1 Perfil de playa

El informe técnico realizado por el CEDEX en 2009 sobre “Estudio de perfiles de playa y su adaptación a las costas españolas” analizó la adaptación de los perfiles teóricos a diversas playas españolas cuyo seguimiento se había realizado por el CEDEX para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. Para ello el informe toma dos perfiles característicos en la playa de Malgrat. Una vez analizado y estudiado, el informe concluye que no se adapta a los prototipos teóricos de perfil que se considera: Parabólico, bipolarabólico, exponencial y racional, debido a que las barras sumergidas costeras modifican estas formas de perfil.

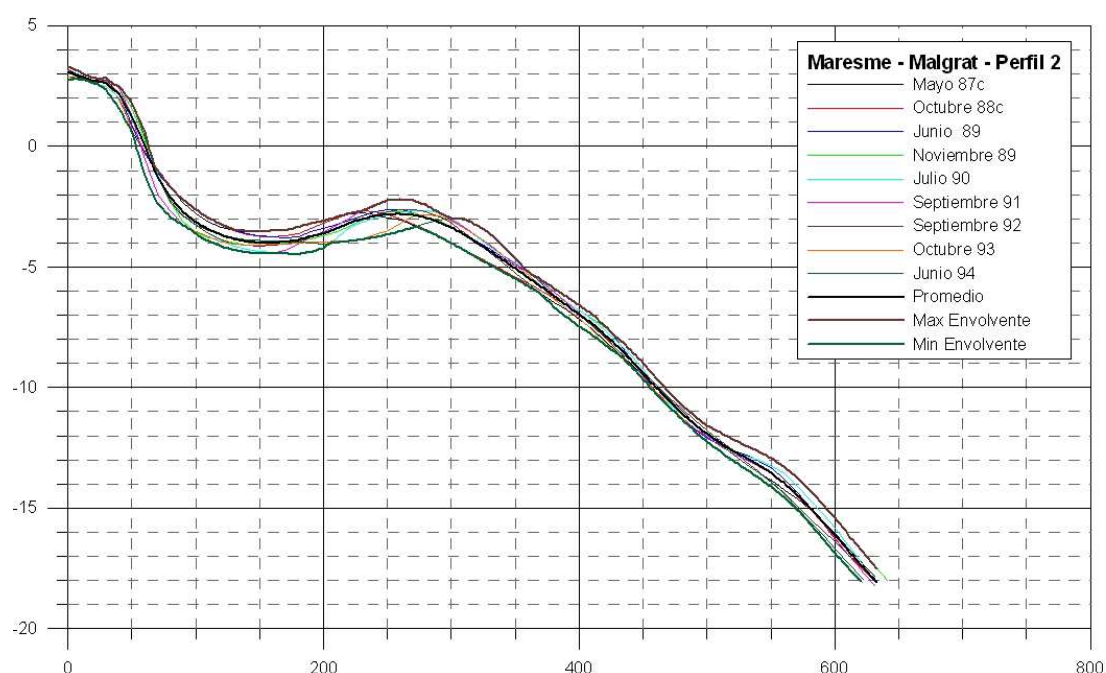


Figura 4.24: Forma del perfil de la playa de Malgrat (CEDEX 2009)

##### 4.4.2 Profundidad de cierre en las costas del Maresme

Recientemente se ha realizado un informe técnico (CEDEX 2011) para caracterizar la profundidad de cierre a lo largo de las costas españolas; elemento muy importante para conocer la profundidad a la cual se mueve significativamente el material a lo largo de la costa.

El primer punto que debe tenerse en cuenta es el concepto de profundidad de cierre y su evolución en el tiempo. Para ello se seguirán los criterios adoptados por Nicholls et al (1998) en el programa PACE. Esto es se analizará en las diversas escalas de tiempo. Siendo  $D_c$  la PdC real,  $a$  es el coeficiente de regresión, y  $d_{l,t}$  es la profundidad de cierre según la fórmula de Hallermeier (1981), Birkemeier o CUR en su caso:

**1 - Pequeña escala**, para eventos de temporada, con la fórmula teórica de comparación:

$$D_c = k H^{0,67}$$

Donde  $H$  es la media de alturas de oleaje de 12 horas de excedencia, y  $k$  es una constante que toma los siguientes valores, dependiendo de la diferencia entre perfiles que consideramos para determinar la profundidad de cierre: 2,1 para 20 cm; 2,8 para 10 cm; y 3,4 para 5 cm.

**2 – Media escala**, con periodos de tiempo entre un año y una década, con la fórmula teórica de comparación:

$$D_c = a d_{l,t}$$

**3 – Gran escala**, con periodos de tiempo que van desde una década a un siglo. Al no indicar fórmula alguna de comparación, ésta se tomará, en primera instancia igual que la anterior:

$$D_c = a d_{l,t}$$

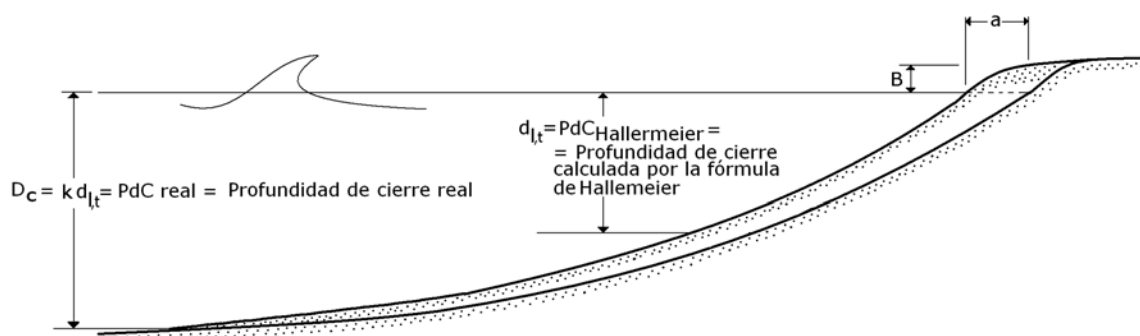


Figura 4.25: Concepto de profundidad de cierre

De las costas del Maresme se tomaron:

- Profundidad de cierre a largo término:
  - Playa Norte de Mataró
- Profundidad de cierre a corto término:
  - Playa de Masnou-Mongat
  - Playa de Pineda de Mar-Santa Susana
  - Playa de Malgrat

#### 4.4.2.1 Profundidad de cierre a largo término: Playa Norte de Mataró

La playa Norte de Mataró se halla justo al norte del puerto construido en 1989. Desde su construcción parece que los diques del puerto han retenido una parte importante de sedimento, aunque el perfil que aquí se ha tomado, frente a la ermita de San Simón en su conjunto, desde finales del siglo XIX no había experimentado aumento. El punto de control del perfil característico elegido para determinar la profundidad de cierre a gran escala, largo término, en esta zona es la mencionada ermita y se ha hecho usando las cartas náuticas:

- Nº 301 A, levantada entre 1884, por la Comisión Hidrográfica
- Nº 4893, levantada en 1992 por el Instituto Hidrográfico de la Marina

Lo que supone una diferencia de años máxima de 108 entre las batimetrías. En este caso, al no tener la carta primera coordenadas, solamente se ha podido tomar como punto de control la ermita de San Simón.

La comparación de ambos perfiles muestra que la profundidad de cierre se sitúa a 11 m. La playa en su conjunto se podría considerar abierta.

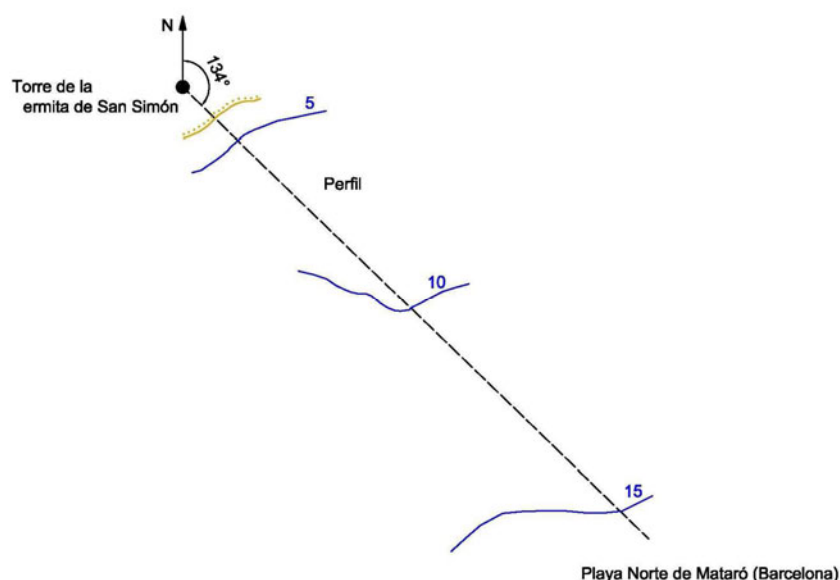


Figura 4.26: Situación del perfil y punto de referencia utilizados en la playa Norte de Mataró, para determinar la PdC a gran escala, largo término (CEDEX 2012)



CEDEX

#### PLAYA NORTE DE MATARÓ (BARCELONA)

Carta Náutica -301A Batimetría año 1884

Carta Náutica - 4893 Batimetría año 1992

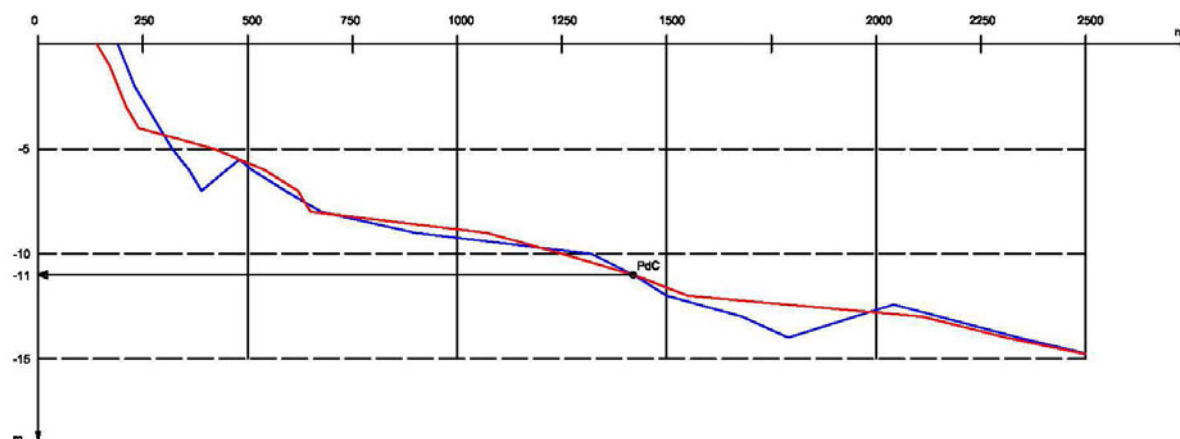


Figura 4.27: Perfil característico de la playa Norte de Mataró, de 1884 y 1992, para caracterizar la PdC a gran escala, largo término (CEDEX 2012)

#### 4.4.2.2 Profundidad de cierre a corto término: Playa de Masnou-Mongat

La primera de las playas utilizadas para determinar la profundidad de cierre a corto término, media escala, fue la playa comprendida entre el espigón de Mongat y el puerto deportivo de Masnou. Formalmente este frente, de una playa continua, está formado por las playas de Mongat y Monsolis en el término municipal de Mongat, y la playa de Alella en el término municipal de Masnou. El perfil que se ha tomado como representativo de este tramo, el número 16 se encuentra en la mitad, playa de Monsolis. Los perfiles comparados provienen de los seguimientos batimétricos realizados en:

- Septiembre de 1991
- Octubre de 1992
- Noviembre de 1993
- Mayo de 1994

En total el número de años fue de 2,67 años. La cabeza del perfil 16 tiene unas coordenadas geográficas: 41° 28' N y 2° 17' E.

La profundidad de cierre que se detectó se encuentra a 10,3 m y se puede considerar representativa de este tramo, según los datos que muestran los informes del CEDEX del 2002 que analizaron todos los perfiles realizados para el seguimiento de las playas del Maresme para la entonces Dirección General de Costas y hoy de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. El resumen del estudio y análisis de la PdC de todos los perfiles se contempla en la siguiente tabla:



| ANÁLISIS DE LA PdC ACTIVA Y MÁXIMA EN LAS PLAYAS DEL MARESME<br>(CEDEX 2002) |      |           |           |           |              |                 |
|--|------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------------|
| SECTOR Y PERIODO   | AÑOS | $d_i$ (m) | $d_l$ (m) | $d_i/d_l$ | $\sigma$ (m) | $PdC_{max}$ (m) |
| <b>Sector 1: Malgrat</b>   |      |           |           |           |              |                 |
| V-1987 a XI-1988   | 1'5  | > 7       | -         | -         | -            | 8               |
| V-1987 a VII-1990  | 3'17 | > 7       | -         | -         | -            | 8               |
| VII-1990 a IX-1991   | 1'17 | 8         | 9         | 1'355     | 0'235        | 10              |
| IX-1991 a IX-1992  | 1    | 8         | 11        | 1'43      | 0'455        | 12              |
| V-1987 a VI-1994   | 7'08 | 9'5       | 12        | 1'52      | 0'32         | 15              |
| <b>Sector 1: Pineda</b>  |      |           |           |           |              |                 |
| V-1987 a XI-1988   | 1'5  | > 5       | -         | -         | -            | 6               |
| V-1987 a VII-1990  | 3'17 | > 6'5     | -         | -         | -            | 7'3             |
| VII-1990 a IX-1991   | 1'17 | >10       | -         | -         | -            | 10              |
| IX-1991 a IX-1992  | 1    | 7'5       | 10        | 1'36      | 0'315        | 12              |
| V-1987 a VI-1994   | 7'08 | 7'5       | 13        | 1'76      | 0'42         | 15              |
| <b>Sector 3: Masnou-Mongat</b>   |      |           |           |           |              |                 |
| V-1987 a V-1988  | 1    | 6'5       | -         | -         | -            | 8               |
| X-1988 a V-1989  | 0'58 | > 8'5     | -         | -         | -            | 9               |
| X-1988 a X-1990  | 2    | >8        | 11'5      | 1'43      | 0'05         | 8'5             |
| X-1990 a X-1991  | 1    | 9'3       | 10        | 1'68      | 0'71         | 11'5            |
| X-1991 a V-1994  | 2'5  | 9'5       | 10        | -         | -            | 10'5            |
| <b>Sector 3: Premiá-Masnou</b>   |      |           |           |           |              |                 |
| V-1987 a V-1988  | 1    | 6'8       | -         | -         | -            | 7'5             |
| X-1988 a V-1989  | 0'58 | > 9       | -         | -         | -            | 9               |
| X-1988 a X-1990  | 2    | >9'5      | -         | -         | -            | 10              |
| X-1990 a V-1991  | 0'58 | 10        | -         | -         | -            | 11'8            |
| V-1991 a V-1994  | 3    | 8         | -         | -         | -            | 11'2            |

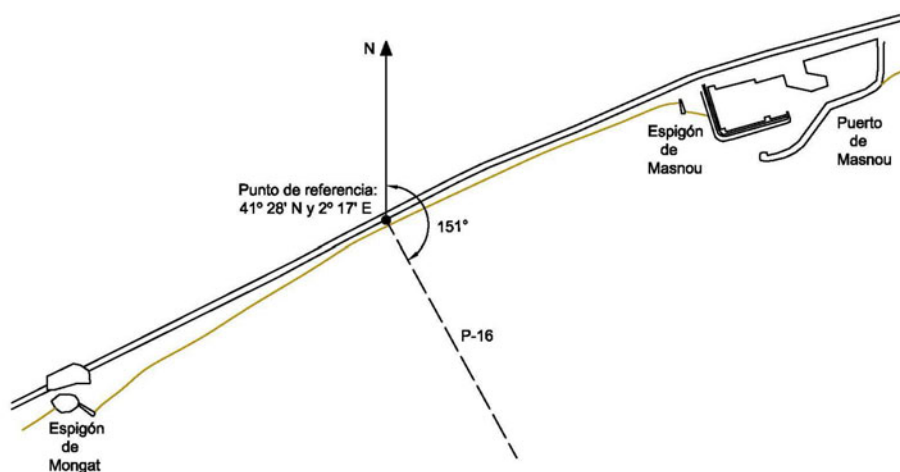


Figura 4.28: Situación en planta del perfil utilizado entre Mongat y Masnou, playa de Monsolis de Mongat (Barcelona), para determinación de la profundidad de cierre (CEDEX 2012)



CEDEX

TRAMO MASNOU - MONGAT

PERFIL P.16

$X = -1.680 \text{ m}$   
 $Y = 236 \text{ m}$

— Septiembre 1991  
— Octubre 1992  
— Noviembre 1993  
— Mayo 1994

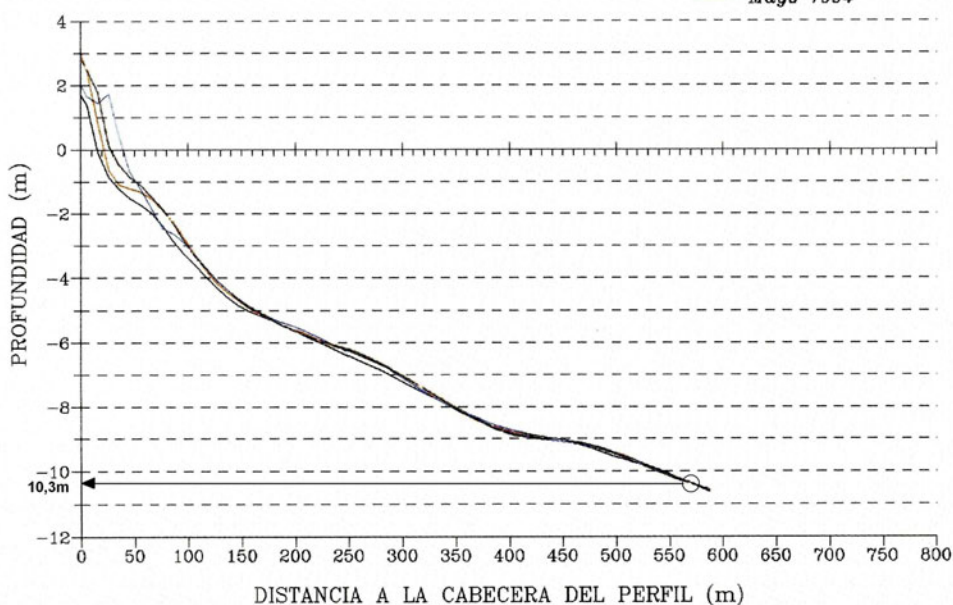


Figura 4.29 Perfil característico de la playa entre Mongat y Masnou, playa de Monsolis de Mongat (Barcelona), periodo 1991 a 1994, para caracterizar la PdC, corto término (CEDEX 2009)

#### 4.4.2.3 Profundidad de cierre a corto término: Playa de Pineda de Mar-Santa Susana

El segundo tramo de la costa del Maresme donde el CEDEX realizó seguimiento de sus playas para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar es el comprendido entre Pineda de Mar y la desembocadura del río Tordera en Malgrat.

En este tramo se han tomado dos perfiles característicos en dos playas diferentes: La situada entre los términos municipales de Pineda de Mar y Santa Susana, más al sur, de la que se ocupa este apartado y la playa de Malgrat de la que se tratará en el apartado siguiente. Aunque es una playa continua, formalmente está formado por dos playas: la de Pineda y la de Santa Susana. El perfil tomado, el número 41, se halla en la playa de Santa Susana. Los perfiles comparados provienen de los seguimientos batimétricos realizados en:

- Mayo de 1987
- Septiembre de 1991
- Junio de 1994

En total el número de años fue de 7,1 años. La cabeza del perfil 41 tiene unas coordenadas geográficas: 41° 37' N y 2° 42' E.

La profundidad de cierre que se detectó se encuentra a 13 m y se puede considerar representativa de este tramo, según los datos que muestran los informes del CEDEX.

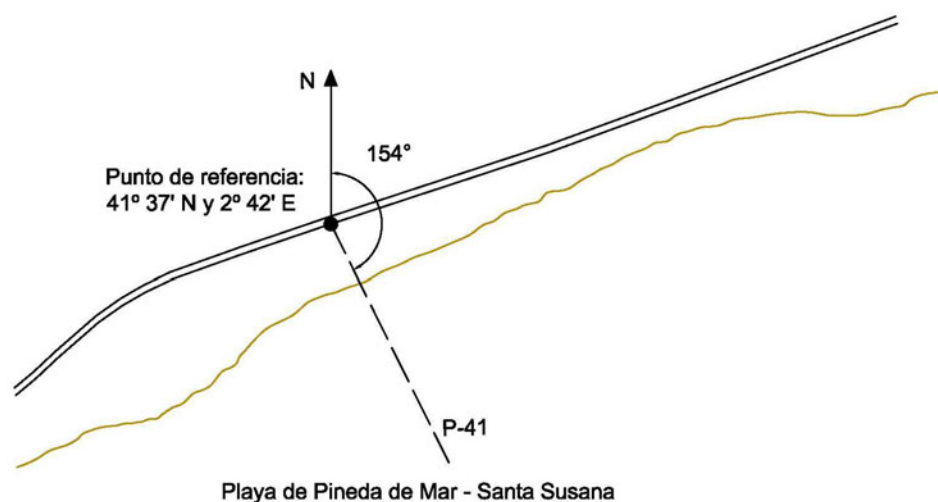


Figura 4.30: Situación en planta del perfil utilizado entre Pineda y Santa Susana (Barcelona), para determinación de la profundidad de cierre (CEDEX 2012)

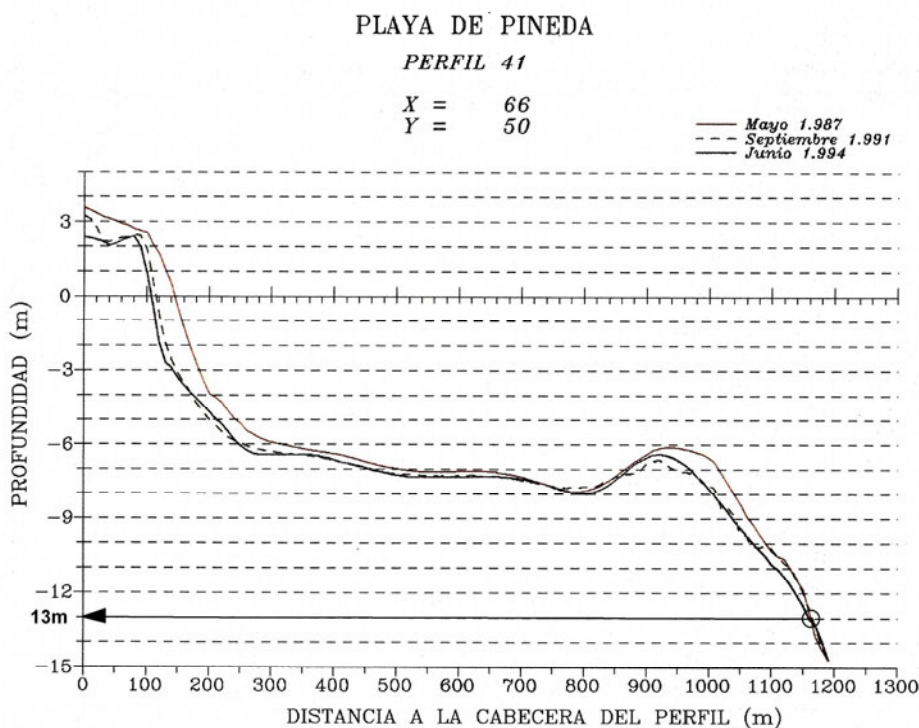


Figura 4.31 Perfil característico entre Pineda y Santa Susana (Barcelona), periodo 1987 a 1994, para caracterizar la PdC, corto término (CEDEX 2012)

#### 4.4.2.4 Profundidad de cierre a corto término: Playa de Malgrat

La segunda de las playas del segundo tramo de la costa del Maresme, donde el CEDEX realizó seguimiento de sus playas para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, es la situada entre Santa Susana y Malgrat.

En este tramo se tomaron dos perfiles característicos en dos playas diferentes: La situada entre los términos municipales de Santa Susana, más al norte, de Malgrat. Aunque es una playa continua hasta la desembocadura del río Tordera, formalmente está formado por dos playas: la de Santa Susana y la de Malgrat. El perfil tomado, el número 28, se halla entre media de ambas. Los perfiles comparados provienen de los seguimientos batimétricos realizados en:

- Mayo de 1987
- Septiembre de 1991
- Junio de 1994

En total el número de años fue de 7,1 años. La cabeza del perfil 28 tiene unas coordenadas geográficas:  $41^{\circ} 38' N$  y  $2^{\circ} 43' E$ .

La profundidad de cierre que se detectó se encuentra a 12 m y se puede considerar representativa de este tramo, según los datos que muestra los informes del CEDEX.

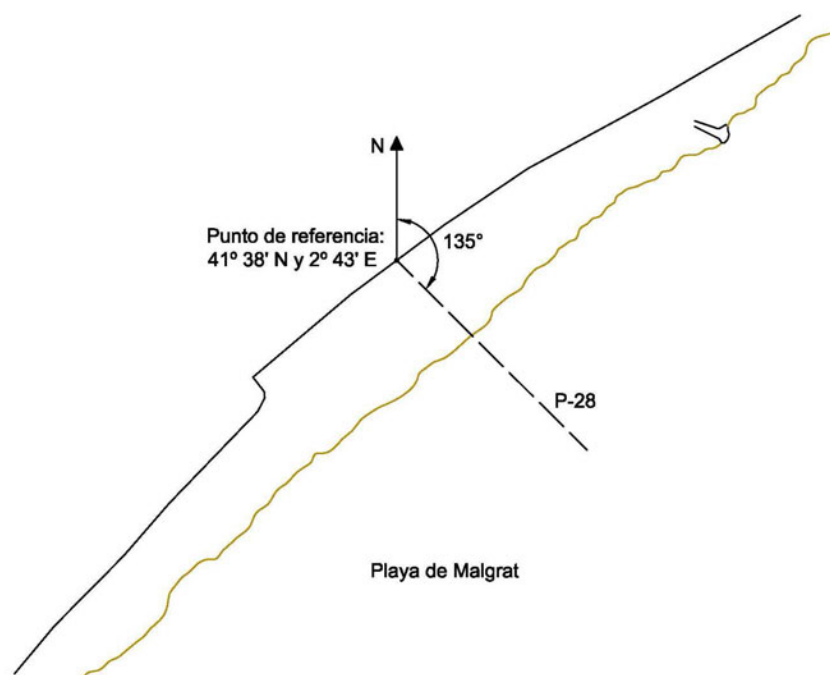


Figura 4.32: Situación en planta del perfil utilizado entre Santa Susana y Malgrat (Barcelona), para determinación de la profundidad de cierre (CEDEX 2012)

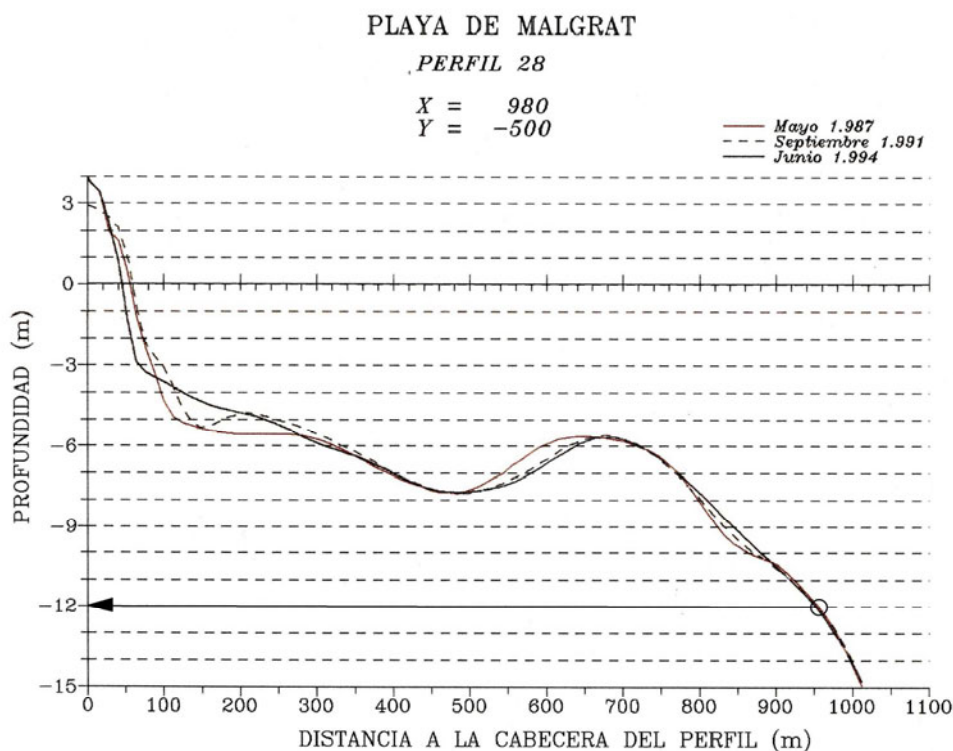


Figura 4.33 Perfil característico entre Santa Susana y Malgrat (Barcelona), periodo 1987 a 1994, para caracterizar la PdC, corto término (CEDEX 2009)

## 4.5 BALANCE SEDIMENTARIO

Para caracterizar el balance sedimentario en la costa del Maresme se analizan básicamente los informes técnicos del CEDEX, los estudios realizados por GRECCAT, S.L. y la Fundación Leonardo Torres Quevedo (Universidad de Cantabria), y los estudios efectuados por la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM).

### 4.5.1 Concepto de balance sedimentario

El concepto de balance sedimentario lo introdujeron Bowen e Inman en 1966 (“bugge of sediments”) como metodología de aplicación a los estudios de la costa sur de California (Komar, 1996). El estudio sedimentario de un tramo de costa es conveniente extenderlo a la unidad fisiográfica, cuyo ejemplo más sencillo puede ser una playa encajada o de bolsillo limitada por dos apoyos laterales (Komar, 1996). Aunque en muchas ocasiones la unidad fisiográfica resulta demasiado extensa, teniéndose que limitar a estudiar el balance sedimentario a la sub unidad o a un tramo de costa.

Si se supone un tramo de costa general, los principales componentes que intervienen en el balance sedimentario se podrían clasificar en aquellos que introducen sedimento en el sistema y los que lo sacan. Siguiendo la clasificación clásica de Bowen e Inman (1996), se separan los componentes que hacen aumentar y perder sedimento, y su balance.



CEDEX

| BALANCE SEDIMENTARIO<br>(Bowen e Inman, 1966) |                                     |                  |
|---|-------------------------------------|------------------|
| AUMENTO                                       | PÉRDIDAS                            | BALANCE          |
| Transporte longitudinal entrante              | Transporte longitudinal saliente    | Playa en erosión |
| Aporte fluvial                                | Transporte transversal hacia el mar | Playa en aumento |
| Transporte transversal hacia tierra           | Transporte eólico hacia tierra      |                  |
| Erosión de acantilados                        | Disolución y abrasión               |                  |
| Depósitos biogénicos                          | Extracción                          |                  |
| Depósitos hidrogénicos                        | Cañones submarinos                  |                  |
| Transporte eólico hacia el mar                |                                     |                  |
| Alimentación artificial                       |                                     |                  |

La ecuación general que rige la variación de la playa, del balance sedimentario de un tramo de costa, por el cambio de perfil se deriva de la ecuación de conservación de la masa de sedimento (Horikawa, 1988), que se expresa como:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y}$$

Donde  $h$  es la profundidad del agua,  $t$  es el tiempo, y  $q_x$  y  $q_y$  son las componentes de la media en el tiempo del transporte litoral neto en volumen en las direcciones  $x$  e  $y$ , respectivamente. La tasa de sedimento transportada viene en volumen/longitud/tiempo.

Si se considera que el perfil de playa se encuentra en equilibrio, el volumen elemental del perfil puede ponerse (CEM, 1998). Igualando volúmenes y transformándolos en incrementos:

$$\Delta x \Delta y (D_B + D_C) = \Delta Q \Delta t \pm q \Delta x \Delta t$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} + \frac{1}{D_B + D_C} \left( \frac{\Delta Q}{\Delta x} \pm q \right) = 0$$

Donde  $D_B$  es la altura de la berma,  $D_C$  es la profundidad de cierre del perfil,  $Q$  es el transporte longitudinal, y  $q$  representa el resto de las fuentes de sedimentos, aportes fluviales, acantilados...

#### 4.5.2 Balance sedimentario según los informes técnicos del CEDEX

Para realizar el balance sedimentario de las costas del Maresme se procedió siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

Con los planos de evolución de la línea de costa que contenía las líneas de orilla de los vuelos fotogramétricos restituidos de 1947, 1983, 1995 y 2002, se calculó el balance sedimentario en tres periodos diferentes:

- Primer periodo: 1.947 – 1.983
- Segundo periodo: 1.983 – 1.995
- Tercer periodo: 1.995 – 2.002

Para cada uno de los periodos anteriores se superфициó entre líneas de costa. Debido a la longitud del Maresme y de los sectores en que este fue dividido, se midió la superficie de playa seca ganada o perdida en una longitud de costa que era la comprendida en un término municipal, en el periodo considerado.

Una vez superфициado se estimaron los m<sup>3</sup> correspondientes a una determinada superficie de playa seca en función del sector. Así para cada uno de los sectores se obtuvo una relación entre los m<sup>2</sup> de playa seca y los m<sup>3</sup> de arena correspondientes. Con este valor y conociendo las variaciones de superficie producidas por periodos y por términos municipales se pudo obtener un análisis de los m<sup>3</sup> ganados o perdidos en un tramo determinado.

Según el perfil considerado por el CUR (1987), se calculó el volumen de arena por metro lineal de costa:

$$V = a h_l + \frac{1}{2} a (h_i - h_l)$$

Teniendo en cuenta que la relación entre las PdC máxima y activa es una constante que no depende del período de retorno y que se sitúa en torno a 1,5:

$$\frac{h_i}{h_l} = 1,5$$

Sustituyendo en la ecuación anterior, se obtiene:

$$V = a h_l + \frac{1}{2} a \left( \frac{3}{2} h_l - h_l \right) = a h_l + \frac{1}{2} a \cdot \frac{1}{2} h_l = a h_l \left( \frac{5}{4} \right) = a h_f$$

De esta manera se obtuvo una profundidad de cierre ficticia comprendida entre las PdC máxima y activa, y que sirvió para estimar los m<sup>3</sup> que corresponden a una determinada variación superficial medida entre líneas de costa, incluida en los apartados siguientes y para cada sector y subsector.

Una vez obtenida la variación volumétrica producida en todos los tramos de costa (longitud de costa comprendida por término municipal) se realizó un balance sedimentario sabiendo que para realizar el mismo y según la siguiente figura se cumple:

$$Q_e = Q_s - T_s + V_{acumulado}$$

$Q_e$ : Caudal de entrada al tramo (M<sup>3</sup>/año)  
 $Reg$ : Volumen de regeneración (M<sup>3</sup>)  
 $T_s$ : Transporte transversal (M<sup>3</sup>/año)  
 $Q_s$ : Caudal de salida del tramo (M<sup>3</sup>/año)  
 $Vol$ : Volumen acumulado o erosionado en el tramo (M<sup>3</sup>)

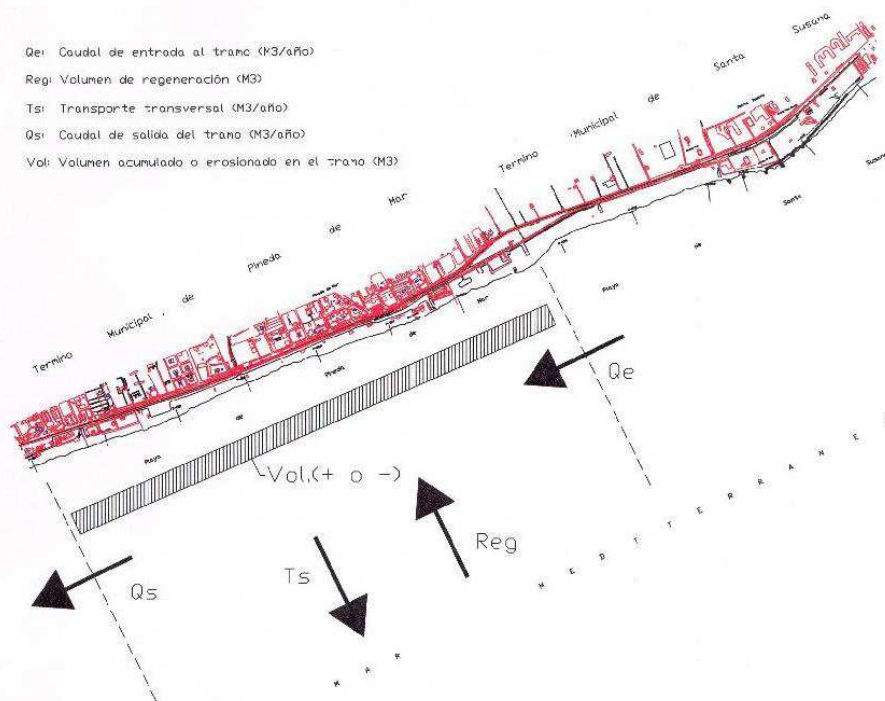


Figura 4.34: Balance sedimentario en el Maresme (CEDEX 2002)

Los datos conocidos son los volúmenes acumulados o erosionados en el tramo considerado, por tanto se planteó la necesidad de imponer unas condiciones de contorno, que fueran específicas para cada sector, en función de las barreras totales o parciales existentes al transporte de sedimentos. Estas fueron:

$$Q_e = 0 \quad \text{ó} \quad Q_s = 0$$

Como hipótesis general se consideró que los puertos actúan como barrera total al transporte de sedimentos y que por tanto la cantidad de material que rebasó los puertos fue nula.

Finalmente para obtener el transporte transversal, debido a la dificultad de conocer la distribución del mismo por tramos, se consideró el global del transporte transversal, es decir, la suma de todas las pérdidas repartidas posteriormente a lo largo de todo el sector o subsector de costa considerado, haciendo un tratamiento especial a las zonas en las que la escasez de arena impedía la existencia de un movimiento transversal equivalente al de otras, en las que sí que existía suficiente arena.

#### 4.5.2.1 Balance sedimentario en el sector 1 (Malgrat-Arenys de Mar)

El sector 1 abarca el tramo de costa comprendido entre la desembocadura del río Tordera, extremo norte, y el puerto deportivo de Arenys de Mar, al sur. Comprende a su vez, los términos municipales de Malgrat de Mar, Santa Susana, Pineda de Mar, Calella, San Pol de



Mar, Canet de Mar y el tramo de playa perteneciente al término municipal de Arenys de Mar que se encuentra apoyada sobre el dique de abrigo del puerto deportivo del mismo nombre.

Para realizar el balance, se supuso que el extremo sur del sector 1, el puerto deportivo de Arenys de Mar, era barrera total al transporte de sedimentos, es decir, que la cantidad de material que sobrepasó dicho puerto era despreciable y se consideró nula.

A su vez, como las pérdidas producidas en el sector fueron mayores que las acumulaciones, se supuso que los aportes del río Tordera fueron nulos, ya que en caso contrario se obtendrían unas pérdidas transversales mayores debido a los aportes del río.

Los volúmenes de aportación alcanzaron un total de 2.307.000 m<sup>3</sup>, realizándose la última aportación en el año 1995.

En la siguiente tabla se indican los movimientos de material ocurridos en los términos municipales y periodos considerados.

| <b>BALANCE SEDIMENTARIO DEL SECTOR 1 (m<sup>3</sup>/año)</b> |                  |                 |                   |                 |                  |                 |
|--|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| PERIODO  | 1947-1983        |                 | 1983-1995         |                 | 1995-2002        |                 |
| TRAMO  | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal) | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal |
| Malgrat  | 52.313           | -3.888          | 74.172            | -2.688          | 39.770           | -50.049         |
| Sta.Susana   | 69.690           | -1.996          | 77.514            | -1.380          | 55.197           | -25.691         |
| Pineda   | 59.438           | -2.581          | 87.419            | -1.784          | 47.286           | -33.227         |
| Calella  | 48.298           | -2.504          | 75.394            | -1.731          | 37.725           | -32.232         |
| San Pol  | 38.183           | -3.478          | 52.060            | -2.404          | 25.633           | -44.773         |
| Canet  | 9.576            | -1.925          | 17.838            | -1.331          | 17.138           | -24.776         |
| Arenys   | 0                | -820            | 0                 | -567            | 0                | -10.552         |

Siendo:

El transporte longitudinal [ $Q_i$  (m<sup>3</sup>/año)]:

+: Volumen de material que entra longitudinalmente por poniente.

-: Volumen de material que sale longitudinalmente por poniente.

El transporte transversal [ $T_i$  (m<sup>3</sup>/año)]:

+: Volumen de material que entra transversalmente en el tramo.

-: Volumen de material que sale transversalmente del tramo.

Destacando el importante aumento de transporte transversal producido en el tercer periodo de estudio. Además se observó que el efecto de las dos grandes regeneraciones efectuadas en la zona fue diferente; aunque estas se produjeron dentro del mismo periodo, 1983-1995.



La primera regeneración provocó un aumento considerable del transporte longitudinal mientras que el transporte transversal permaneció más o menos constante. Sin embargo, la segunda regeneración favoreció un importante aumento del transporte transversal.

Para calcular los movimientos longitudinales, una vez conocidas las pérdidas transversales, se comenzó por una condición de contorno; la condición en este sector la impuso el puerto de Arenys en el que se consideró que la cantidad de material de salida del sector por el extremo de poniente era nula, las pérdidas transversales del tramo de Arenys fueron conocidas y, por tanto se pudo despejar la cantidad de material de entrada al tramo por el extremo norte.

En la siguiente figura se muestra por un lado, la variación del transporte longitudinal a lo largo del tramo comprendido en el sector 1, la variación del transporte transversal por períodos y del mismo modo la tasa de transporte transversal.

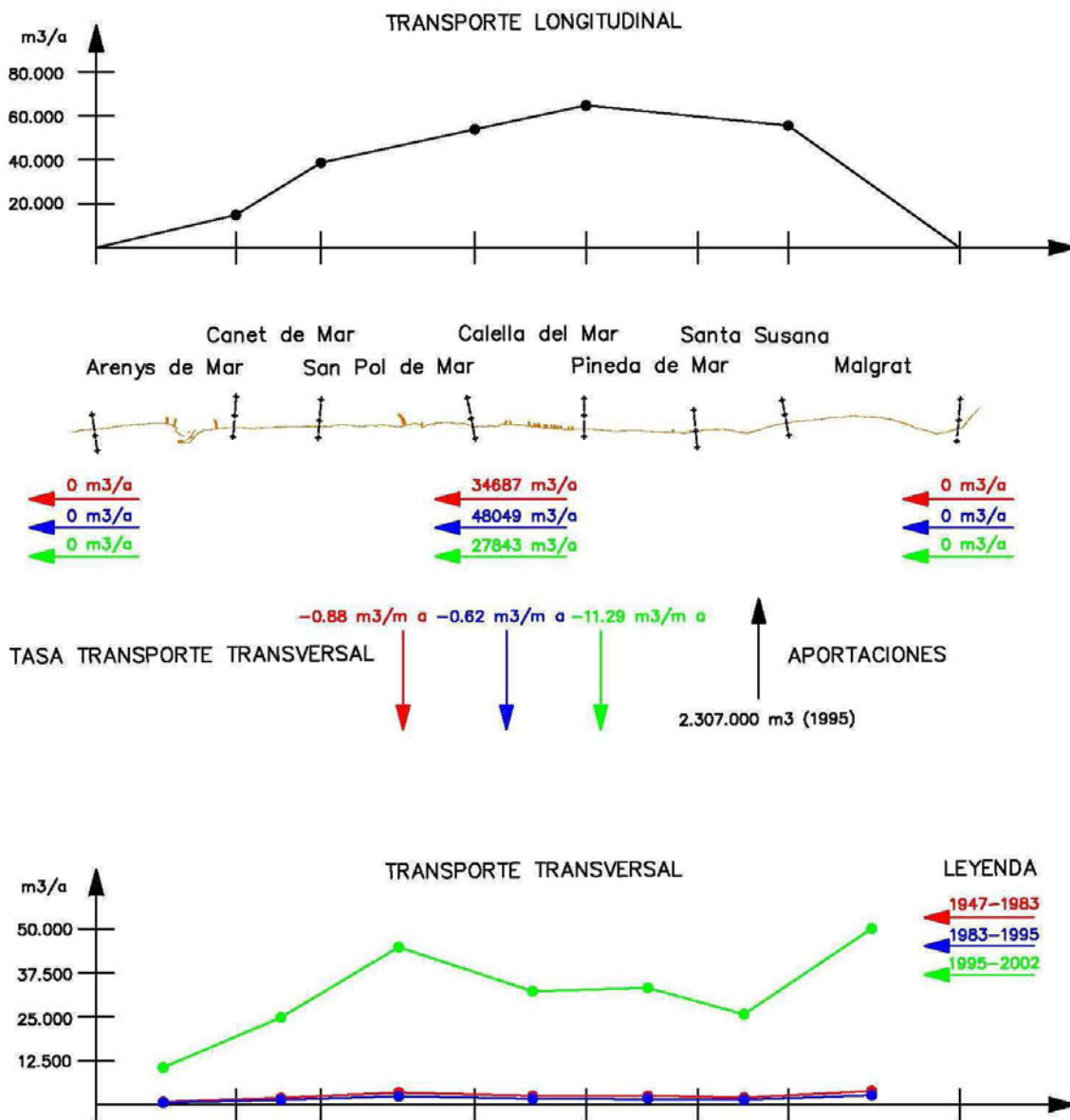


Figura 4.35: Balance sedimentario entre 1947 y 2002 en el Sector 1.

#### 4.5.2.2 Balance sedimentario en el sector 2 (Arenys de Mar-Mataró)

El sector 2 del Maresme incluye como límite superior el puerto de Arenys de Mar y como límite inferior el puerto de Mataró. En este sector se encuentran comprendidos los términos municipales de Caldas de Estrach, San Vicente de Montalt, San Andrés de Llavaneras y en los extremos del sector, las playas a sotamar del puerto de Arenys de Mar y a barlomar del puerto de Mataró, que se encuentra apoyada en su dique de abrigo.

Se supuso que tras la construcción y ampliación de los puertos de El Balís y Mataró, éstos constituían una barrera total al paso de sedimentos.

Los volúmenes de aportación se realizaron en el año 1994, alcanzando un volumen de 3.500.000 m<sup>3</sup>.

El balance sedimentario del sector en los periodos de estudio dio lugar a los siguientes valores de transporte longitudinal y transversal.

| BALANCE SEDIMENTARIO DEL SECTOR 2 (m <sup>3</sup> /año) |                  |                 |                  |                 |                  |                 |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| PERIODO   | 1947-1983        |                 | 1983-1995        |                 | 1995-2002        |                 |
| TRAMO   | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal |
| Arenys de Mar   | 2.802            | -1.060          | 8.483            | -8.943          | -20.943          | -78.889         |
| Caldas de Estrach                                       | 1.755            | -447            | 7.514            | -3.770          | -19.921          | -23.968         |
| S. Vicente de Montlat                                   | -3.095           | -621            | (*)              | -5.238          | 0                | -33.303         |
| San Andrés de L.  | -8.559           | -765            | (*)              | -1.017          | -3.817           | -1.017          |
| Mataró Regenerada                                       | -19.518          | -1.829          | -21.721(**)      | -2.497          | -14.840          | -2.028          |
| Mataró  |                  |                 |                  |                 | 0                | -32.575         |

(\*) En estos puntos se conoce el sentido pero no se puede cuantificar

(\*\*) Este transporte se refiere al periodo antes de la construcción del puerto de Mataró

Siendo:

El transporte longitudinal [Q<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>/año)]:

+: Volumen de material que entra longitudinalmente por poniente.

-: Volumen de material que sale longitudinalmente por poniente.

El transporte transversal [T<sub>i</sub> (m<sup>3</sup>/año)]:

+: Volumen de material que entra transversalmente en el tramo.

-: Volumen de material que sale transversalmente del tramo.

Igualmente, en la siguiente figura se muestra la evolución del transporte longitudinal antes y después de la construcción del puerto de Mataró. La variación del transporte transversal por periodos y del mismo modo la tasa de transporte transversal.



CEDEX

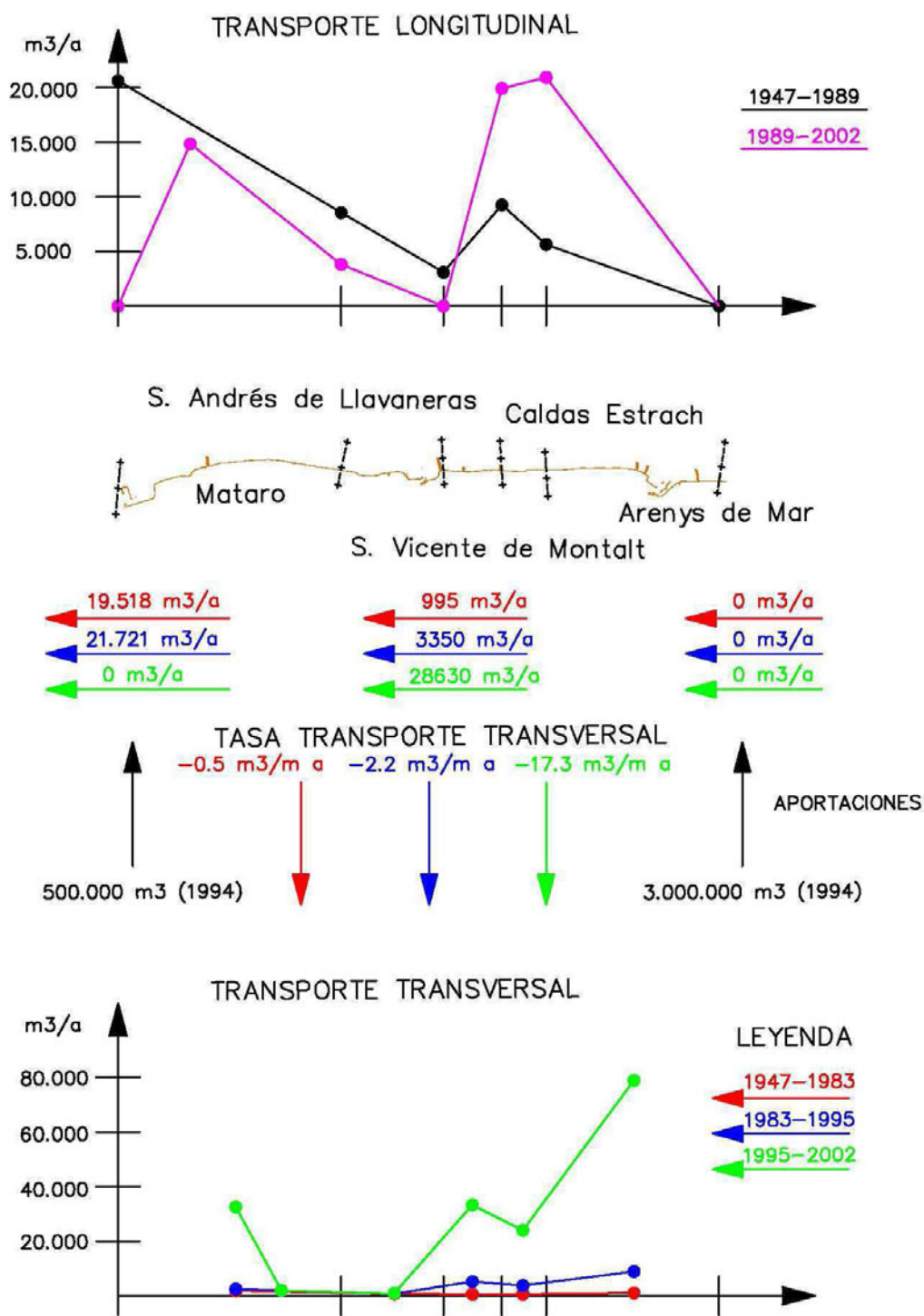


Figura 4.36: Balance sedimentario entre 1947 y 2002 en el Sector 2.

#### 4.5.2.3 Balance sedimentario en el sector 3 (Mataró-Mongat)

El tercer y último sector dentro del Maresme tiene como límite superior el puerto de Mataró y como límite inferior el espigón de Mongat. Los términos municipales que comprenden este tramo son Cabrera de Mar, San Juan de Vilassar, Premiá, Masnou y en los extremos del sector, parte de los municipios de Mataró y Mongat.

Dentro del sector, el cálculo del balance se realizó por sub tramos, definidos según las secciones que constituyeron una barrera para el sedimento. Estas secciones de barrera fueron los puertos según se fueron construyendo o ampliando.

Los puertos de Mataró, Premiá de Mar y Mongat, constituyeron una barrera total al paso de sedimentos.

Los volúmenes de aportación fueron de 1.929.852 m<sup>3</sup> en el tramo Premiá – Masnou, siendo el último año de aportación 1993. En el tramo Masnou – Mongat el volumen de aportación fue de 1.621.036 m<sup>3</sup>, realizándose la última aportación en el año 1994.

El balance sedimentario del sector en los periodos de estudio dio lugar a los siguientes valores de transporte longitudinal y transversal.

| BALANCE SEDIMENTARIO DEL SECTOR 3 (m <sup>3</sup> /año) |                  |                 |                  |                 |                  |                 |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| PERIODO   | 1947-1983        |                 | 1983-1995        |                 | 1995-2002        |                 |
| TRAMO   | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal |
| Mataró (sur)  | -24.495          | -890            | -27.691          | -1.183          | -775             | -1.183          |
| Cabrera de Mar  | -22.292          | -1.086          | -43.051          | -1.443          | -49.132          | -1.443          |
| S. Juan de Vilassar                                     | -16.692          | -1.192          | -28.495          | -1.584          | -34.133          | -41.166         |
| Premiá (norte)  | -14.216          | -361            | -8.293           | -480            | 0                | -2.578          |
| Premiá (sur)  | -18.168          | -1.197          | -13.941          | -36.485         | -5.327           | -51.834         |
| Masnou (norte)  | -14.190          | -802            | -8.278           | -24.448         | 0                | -34.725         |
| Masnou (sur)  | -14.849          | -519            | -14.393          | -2.801          | -35.172          | -18.142         |
| Mongat (norte)  | -19.047          | -770            | -25.759          | -4.157          | -58.771          | 26.920          |

Siendo:

El transporte longitudinal [ $Q_i$  (m<sup>3</sup>/año)]:

+: Volumen de material que entra longitudinalmente por poniente.

-: Volumen de material que sale longitudinalmente por poniente.

El transporte transversal [ $T_i$  (m<sup>3</sup>/año)]:

+: Volumen de material que entra transversalmente en el tramo.

-: Volumen de material que sale transversalmente del tramo.

A continuación, en la siguiente figura se muestra la evolución del transporte longitudinal antes y después de la construcción del puerto de Mataró. La variación del transporte transversal por periodos y del mismo modo la tasa de transporte transversal.



CEDEX

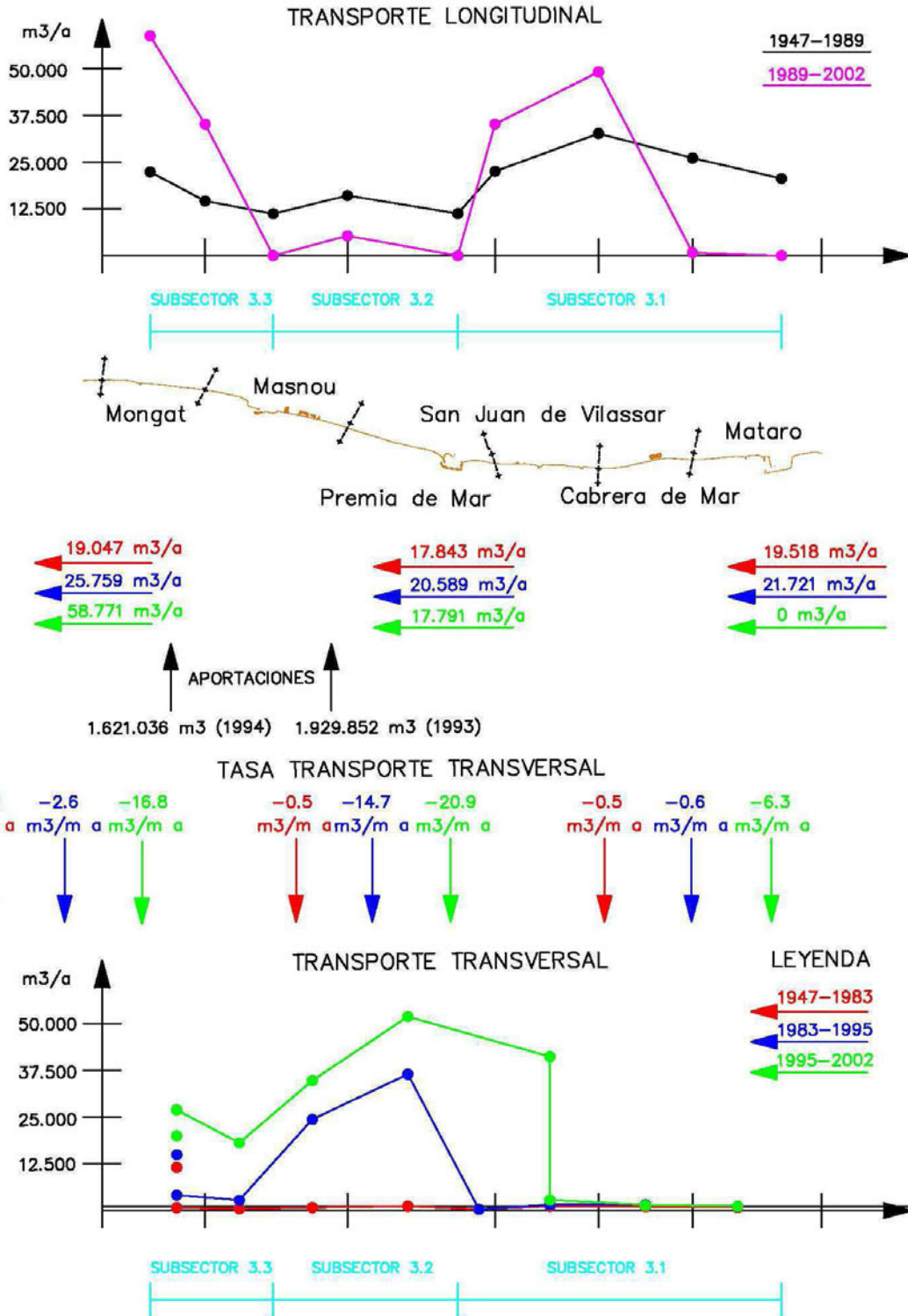


Figura 4.37: Balance sedimentario entre 1947 y 2002 en el Sector 3.

#### 4.5.2.4 Balance sedimentario en el sector 4 (Masnou-Sant Adriá de Besos)

El sector 4 comprende el tramo de costa situado entre el espigón de Mongat y San Adrián de Besós. En éste se sitúan los términos municipales de Badalona, San Adrián de Besós y parte de Mongat. Aunque este sector no se ha considerado en el estudio sobre el Maresme, es necesario su análisis porque su comportamiento está ligado y condicionado con los sectores anteriores.

En este caso en concreto no existían obras en el interior del sector que constituirían un obstáculo al paso de sedimentos. Ni tampoco se realizaron aportaciones.

El balance sedimentario del sector en los periodos de estudio dio lugar a los siguientes valores de transporte longitudinal y transversal.

| BALANCE SEDIMENTARIO DEL SECTOR 4 (m <sup>3</sup> /año) |                  |                 |                  |                 |                  |                 |
|---|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| PERIODO   | 1947-1983        |                 | 1983-1995        |                 | 1995-2002        |                 |
| TRAMO   | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal | Tte longitudinal | Tte Transversal |
| Mongat (sur)  | -20.489          | -444            | -16.272          | -2.398          | -54.732          | -15.527         |
| Badalona  | -14.081          | -2.224          | 1.642            | -11.999         | -48.384          | -45.328         |
| Sant Adriá de Besós                                     | 0                | -773            | 0                | -4.173          | 0                | -27.022         |

Siendo:

El transporte longitudinal [ $Q_i$  (m<sup>3</sup>/año)]:

- +: Volumen de material que entra longitudinalmente por poniente.
- : Volumen de material que sale longitudinalmente por poniente.

El transporte transversal [ $T_i$  (m<sup>3</sup>/año)]:

- +: Volumen de material que entra transversalmente en el tramo.
- : Volumen de material que sale transversalmente del tramo.

Para calcular los movimientos longitudinales, una vez conocidas las pérdidas transversales, se comenzó por una condición de contorno; que solía ser una de las barreras al paso de sedimentos producidas por las obras, en caso de existir. Procediendo de esta manera en todos los términos municipales, se obtuvieron los movimientos de material en todo el sector.

Al igual que en los anteriores sectores, en la siguiente figura se muestra la variación del transporte longitudinal a lo largo del tramo, la variación del transporte transversal por periodos y del mismo modo la tasa de transporte transversal.



CEDEX

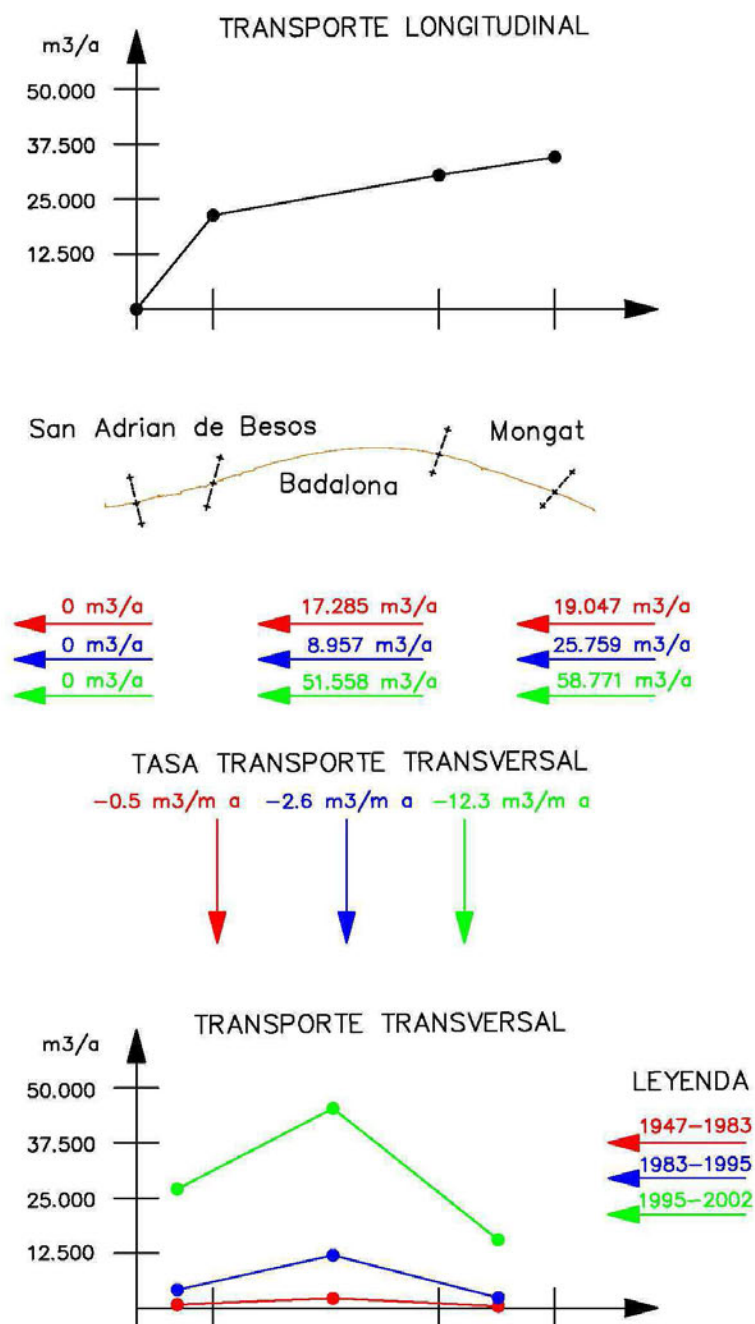


Figura 4.38: Balance sedimentario entre 1947 y 2002 en el Sector 4.

#### 4.5.3 Balance sedimentario según el estudio de GRECCAT S.L. y la Universidad de Cantabria

En el estudio de dinámica litoral de la playa de Badalona no se realizó el balance sedimentario, al no realizarse el cálculo del transporte transversal. Únicamente se realizó el cálculo del transporte sólido litoral indicado en el apartado anterior.



#### **4.5.4 Balance sedimentario según el estudio de la Universitat Politecnica de Catalunya (LIM)**

El estudio se realizó de forma sectorizada, sobre una serie de perfiles de cálculo teóricos definidos para cada uno de los tramos, sobre los que se obtuvieron los distintos perfiles topobatimétricos a partir de una interpolación de tipo Kriging de los datos obtenidos en las distintas campañas.

En el cálculo del balance sedimentario utilizaron dos métodos, el primero en el que se consideró la totalidad del perfil y el segundo, en el que se eliminó su parte más distal.

##### **Balance sedimentario en el Tramo Malgrat obtenido por el método 1:**

El tramo experimentó a lo largo del período entre 1987 y 1992 una erosión media de  $-470 \text{ m}^3/\text{m}$ , con una tasa neta de erosión de  $-88 \text{ m}^3/\text{m/a}$  y una tendencia evolutiva media de  $-84 \text{ m}^3/\text{m/a}$ . Extendiendo estos valores a la totalidad del tramo, se obtuvo una erosión total de  $1.615.000 \text{ m}^3$ , durante el período de estudio analizado, con una tasa media de  $3.030.000 \text{ m}^3/\text{a}$ .

##### **Balance sedimentario en el Tramo Malgrat obtenido por el método 2:**

El tramo experimentó una erosión media de  $-196 \text{ m}^3/\text{m}$  a lo largo del periodo de estudio, con una tasa neta de erosión de  $-37 \text{ m}^3/\text{m/a}$  y una tendencia evolutiva media de  $-33 \text{ m}^3/\text{m/a}$ . La pérdida total de sedimento para este periodo fue de  $-650.905 \text{ m}^3$  con una tasa media de  $-122.000 \text{ m}^3/\text{a}$ .

##### **Balance sedimentario en el Tramo Pineda obtenido por el método 1:**

La pérdida de sedimento para todo el tramo durante el período entre 1987 y 1992 se estimó en  $-881.700 \text{ m}^3$ , con un incremento de volumen medio de  $-560 \text{ m}^3/\text{m}$ , lo que equivalió a unas tasas de  $-165.300 \text{ m}^3/\text{a}$  y  $-105 \text{ m}^3/\text{m/a}$  respectivamente. La tendencia evolutiva media para el tramo en su totalidad fue de  $-97 \text{ m}^3/\text{m/a}$ .

##### **Balance sedimentario en el Tramo Pineda obtenido por el método 2:**

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta una parte del perfil fueron similares cualitativamente a los obtenidos por el método anterior, aunque con valores mucho menores. Por ello, el tramo presentó un carácter netamente erosivo, con una erosión media para el período de estudio, que se estimó en  $-287 \text{ m}^3/\text{m}$  con una tasa de  $-54 \text{ m}^3/\text{m/a}$  y una tendencia evolutiva de  $-48 \text{ m}^3/\text{m/a}$ . Extendiendo los cálculos a la totalidad del tramo, significó una pérdida de sedimento de  $-461.000$  con una tasa anual de  $-86.400 \text{ m}^3/\text{a}$ .

##### **Balance sedimentario en el Tramo Tordera obtenido por el método 1:**

El tramo experimentó una pérdida total de sedimento de  $-102.400 \text{ m}^3$  con un incremento de volumen medio de  $-81 \text{ m}^3/\text{m}$ , lo que significó una tasa media de  $-47.300 \text{ m}^3/\text{a}$  y una tendencia neta de  $-37 \text{ m}^3/\text{m/a}$ .

##### **Balance sedimentario en el Tramo Tordera obtenido por el método 2:**

Las tasas obtenidas al sólo tener en cuenta una parte del perfil, mostraron que para el período entre 1990 y 1992, el tramo experimentó una acumulación de sedimentos de  $350 \text{ m}^3$  con una tasa estimada en  $160 \text{ m}^3/\text{a}$ . El incremento de volumen medio así obtenido, para la totalidad del tramo se estimó en  $2 \text{ m}^3/\text{m}$ , lo que representó una tasa neta anual de  $1 \text{ m}^3/\text{m/a}$ .

En los tres tramos, las tendencias evolutivas y las tasa netas fueron muy parecidas, lo que pudo interpretarse como la existencia de un comportamiento sistemático de la costa, debido a la acción de un agente impulsor que produjo una respuesta poco influenciada por fenómenos de corto plazo.

Finalmente a lo largo de los distintos tramos se diferenciaron un número máximo de dos sistemas surco/barra: un sistema continuo que se extendió desde el tramo de Tordera hasta Pineda y una barra interior, que sólo se localizó desde la parte sur de Malgrat hasta Pineda y que presentó algunas discontinuidades.

#### 4.6 ESTRUCTURA COMPLEJA EN PLANTA DE LA COSTA DEL MARESME

Un fenómeno ligado al frente de costa del Maresme es el que se produce debido al grado de oblicuidad con que llegan los oleajes más frecuentes. Según algunos autores (Falqués, 2013) cuando el oleaje, en condiciones medias, alcanza la costa con ángulos inferiores a  $40^\circ$  se producen “inestabilidades” que dan lugar a ondas de arena de longitudes de onda muy grandes, del orden del km. Este fenómeno lo ha estudiado Falqués (2013) que muestra cómo la costa del Maresme, entre la desembocadura del río Tordera y Arenys de Mar está afectada por ello.

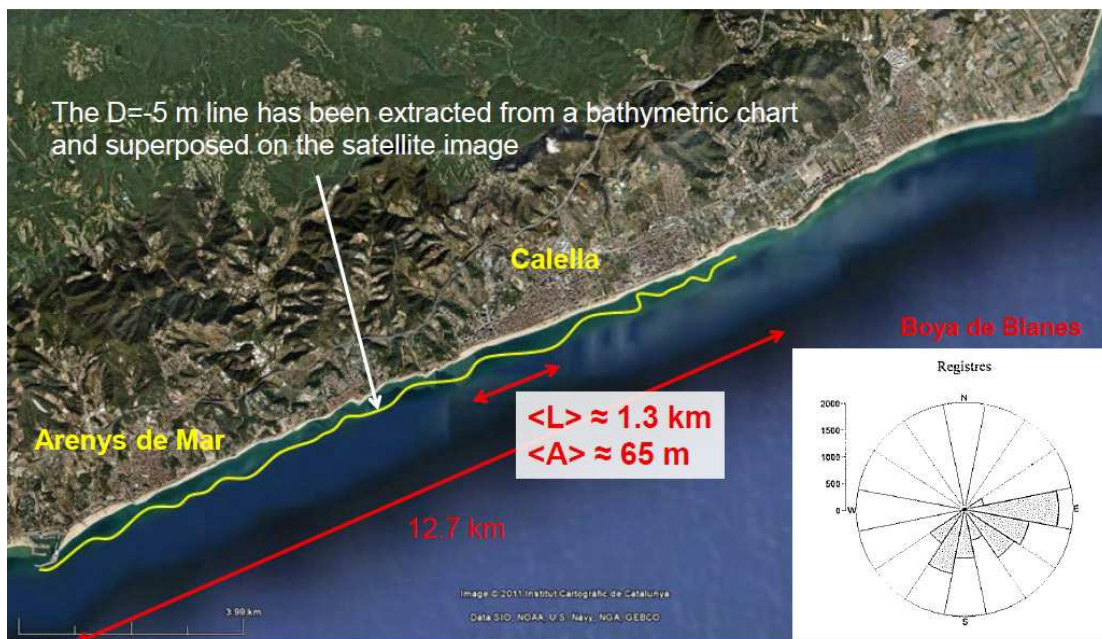


Figura 4.37: Zona de estudio y característica de las ondas de arena en la zona norte del Maresme, según Falqués et al (2013)

Para su estudio Falqués et al (2013) han desarrollado un modelo de 1D asentado solamente en tener en cuenta el transporte longitudinal, basado en el flujo de energía, pero no explícitamente el transporte transversal, cuyo resumen se muestra en las figuras siguientes, facilitadas por el autor.

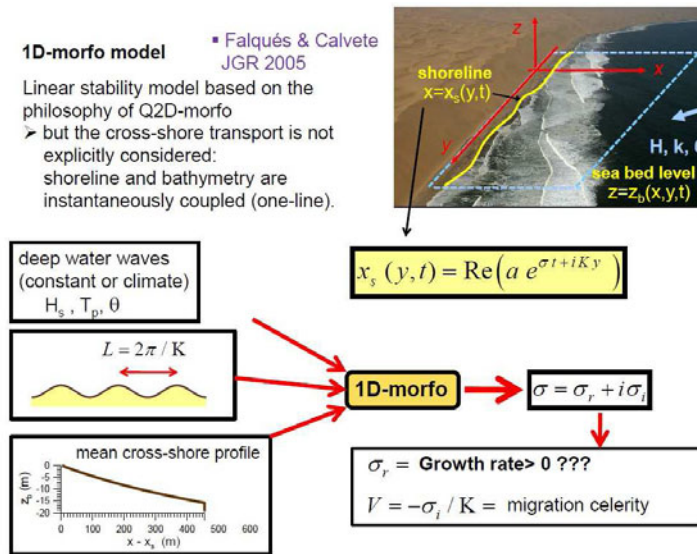


Figura 4.38: Esquema del modelo de una línea desarrollado por Falqués y Cavete (2005) para analizar los fenómenos de ondulación de la costa debido a la incidencia oblicua del oleaje (Falqués et al 2013)

Las conclusiones a las que llega este trabajo son que las ondas de arena por inestabilidad debido a la acción del oleaje se situarían entre 1 y 1,4 k de longitud de onda.

Este fenómeno puede ser el responsable de determinadas formas de acumulación de sedimento que se aprecian a lo largo de la costa del Maresme, como sucede en el espigón norte de Vilassar y que explicarían la diferencia de comportamiento entre éste y el espigón sur.

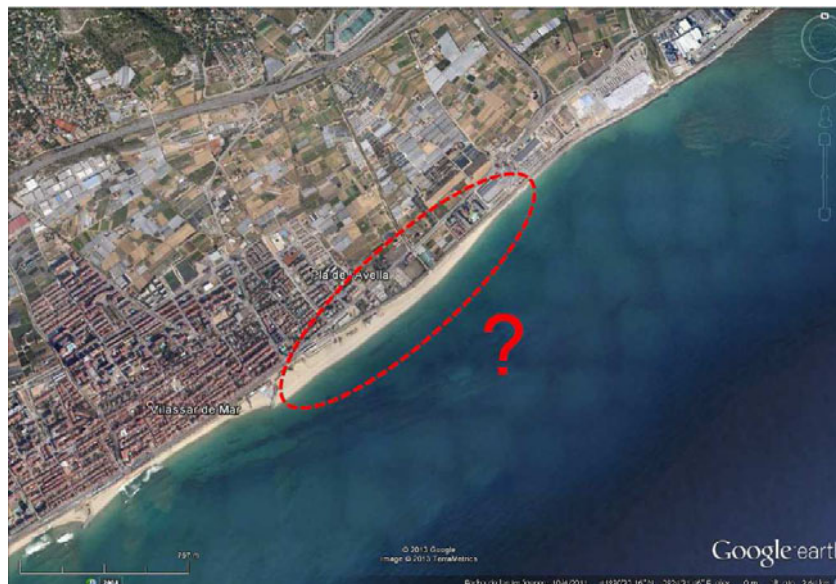


Figura 4.39: Obsérvese la diferencia de comportamiento de los espigones de Vilassar respecto al apoyo del sedimento, posiblemente debido a una onda de arena debido a la acción de una oblicuidad grande del oleaje respecto de la costa (Foto: Google Earth)

## 5. EVOLUCIÓN DE LA COSTA DEL MARESME

La consecuencia directa de la acción continuada en el tiempo de la dinámica litoral y su interacción con los diversos agentes costeros, naturales o artificiales, es la evolución que el litoral experimenta a lo largo del tiempo. Para estudiar esas transformaciones que se han ido produciendo a lo largo del tiempo se puede realizar en diferentes períodos: Los más alejados, evolución histórica, nos dirán cómo esta costa ha ido evolucionando de manera natural hasta alcanzar un estado tal que ha condicionado el comportamiento actual de la costa, evolución reciente.

Cada uno de los estados necesitan datos de diferentes características: Cuanto más alejado en el tiempo la exactitud se va reduciendo, aunque la necesidad de ella también; mientras que cuanto más nos aproximamos al periodo actual requerimos las mayores exactitudes, bien geo referenciadas y con los mínimos errores. Estos dos estadios de tiempo son los que se van a utilizar para estudiar la evolución de la costa del Maresme.

### 5.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA DEL MARESME

Habitualmente, la evolución histórica de la costa se estudia en dos escenarios (Rambaud et al. 2001, Peña 2002): Uno lejano o en la antigüedad, donde no existen planos con cierta exactitud que abarcaría hasta el siglo XVII; y otro más cercano, en el pasado, donde existiendo planos no se hallan lo suficientemente bien geo referenciados, que alcanzarían hasta finales del siglo XVIII o comienzos del XIX cuando aparecen las primeras cartas náuticas.

Para este trabajo se ha preferido cambiar los hitos de estos escenarios históricos: Primeramente, agrupándolos y seguidamente extenderlos hasta mediados del siglo XX que, con la construcción del puerto de Arenys de Mar, cambia toda la estructura y escenario evolutivo de la costa del Maresme; ayudado con la construcción de la línea férrea a lo largo de la costa, en el borde litoral, y reducida la aportación sedimentaria del primitivo sistema litoral.

Las fuentes de información históricas utilizadas son muy variadas, dado que el espacio de tiempo que estamos tratando es amplísimo.

Para conocer el estado de la costa existente en el pasado se ha recurrido a trabajos históricos que lo recogiesen; solamente hallando el reciente de Peña (2011), cuya imagen más significativa se recoge en la figura adjunta.

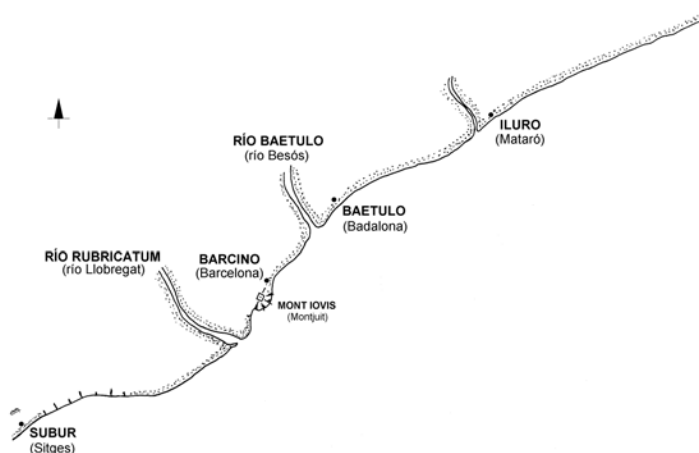


Figura 5.1: Costa del Maresme a comienzos de nuestra era (Peña 2011)

Entonces, toda la costa desde el río Tordera hacia el sur era un conjunto de playas encajadas que se sucedían unas con otras; alimentadas por los sedimentos de río y por las numerosas rieras que desembocaban allí, con un corto recorrido desde los montes cercanos que en ocasiones se precipitan al mar.

El mapa Civitates Orbis Terrarum de Georg Braun y Franz Hogenberg, volumen 1 mapa I-5, de 1572 de Barcelona, muestra una costa al norte de la Ciudad Condal plagada de cantiles rocosos, entre los cuales se ocultaban calas. El mapa de Pedro Texeira del siglo XVII, 1634, muestra la costa del Maresme también abrupta.



Figura 5.2: Mapa I-5 del volumen I del Civitates Orbis Terrarum de Georg Braun y Franz Hogenberg de Barcelona (fuente: Universidad Hebrea de Jerusalén)

A lo largo del tiempo esta costa abrupta y tortuosa se fue suavizando; formándose una franja costera más rectilínea con playas más largas. Este tramo de costa llana fue prontamente usado por la actividad humana; con especial relevancia de la primera de las líneas férreas construidas en la España peninsular: la línea Barcelona-Mataró, inaugurada el 28 de octubre de 1848, que utilizó como plataforma la playa que casi continuamente ya entonces discurría entre Mongat y Mataró, como se puede apreciar en una de las ilustraciones de la época.



Figura 5.3: Ilustración antigua en la que se muestra la situación del ferrocarril (Fuente: pueblos-espana.org)



CEDEX

Ya el plano de Francisco Coello de Portugal y Quesada, primer plano topográfico español, de 1851 muestra la línea de ferrocarril a su paso por Mataró y su situación respecto a la costa.

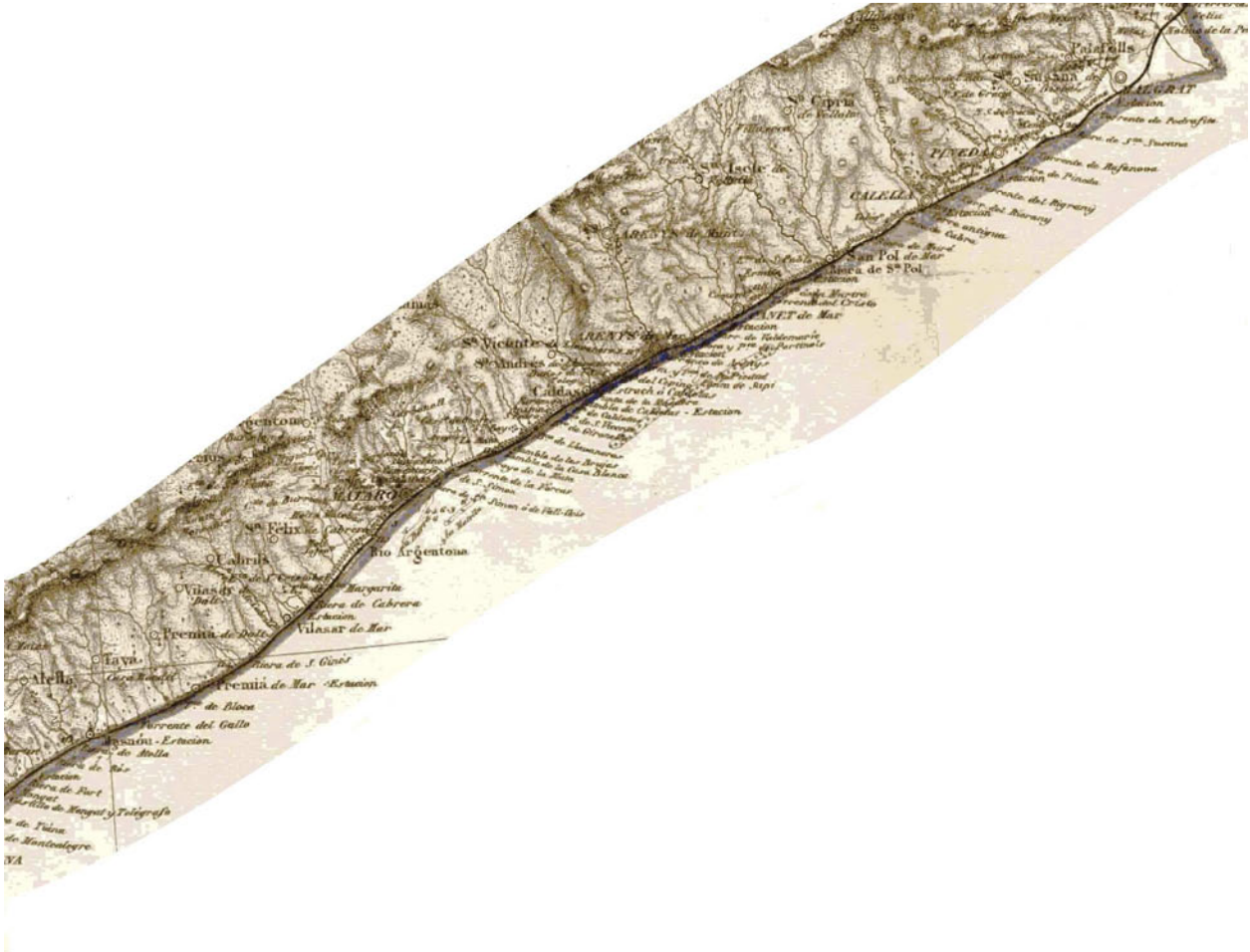


Figura 5.4: Franja costera en el mapa de Coello de 1851, en la que se aprecia la situación de la línea del ferrocarril respecto a la costa (Fuente: cartotecadigital.icc.cat)



Figura 5.5: Mataró en el mapa de Coello de 1851 (Fuente: cartotecadigital.icc.cat)

Para conocer el estado de la costa del Maresme previo a la construcción de los puertos, especialmente de Arenys de Mar se ha acudido a las primeras cartas náuticas realizadas en este tramo de costa de 1884 y 85, cuando la costa se hallaba todavía virgen de obras portuarias. Se han tomado tres cartas náuticas de los tres sistemas litorales actuales:

- Carta náutica 869 “Plano del fondeadero de Calella”, levantada en 1885, de la Dirección de Hidrografía
- Carta náutica 858 “Plano del surgidero de Arenys de Mar”, levantada en 1885, de la Dirección de Hidrografía
- Carta náutica 488 “Plano de la rada de Masnou”, levantada en 1884, de la Dirección de Hidrografía

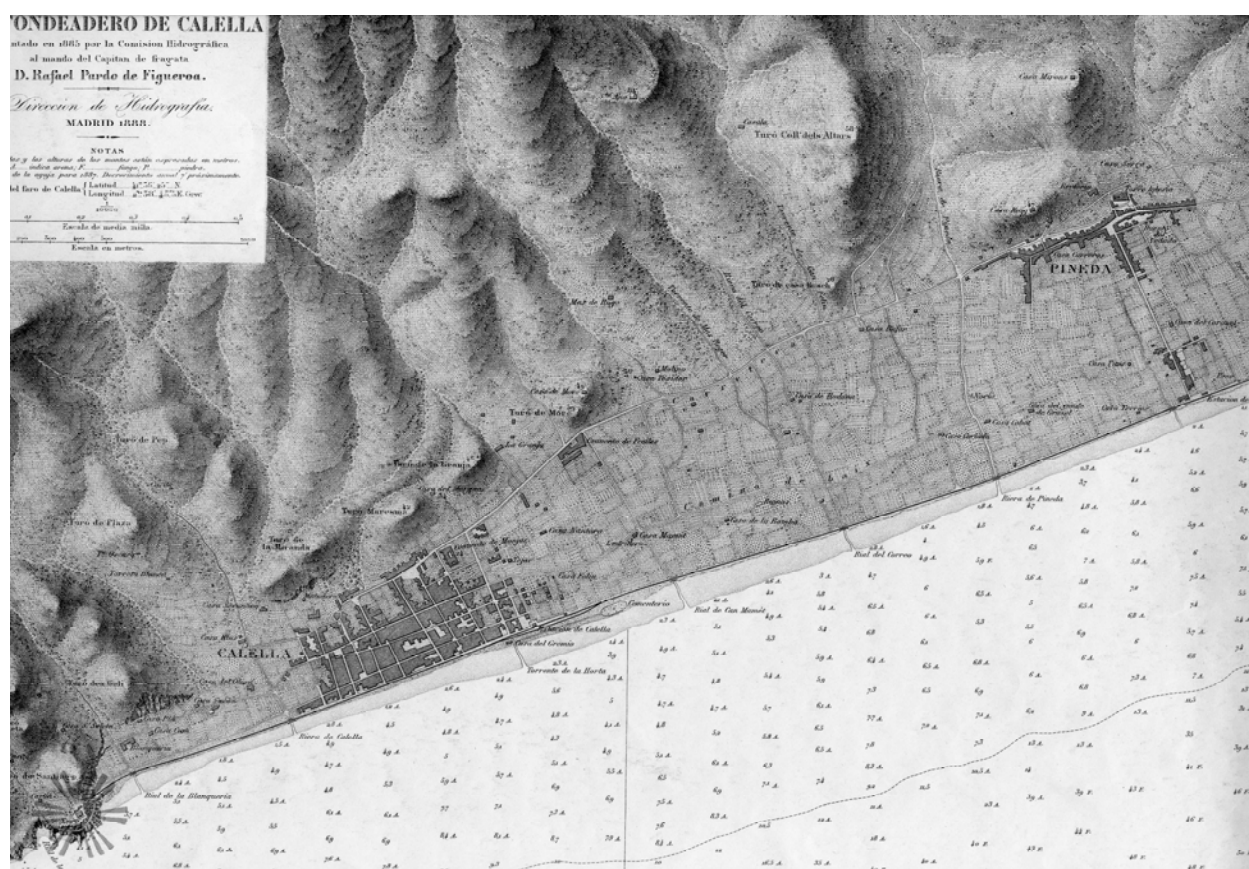


Figura 5.6: Costa del Maresme entre Pineda de Mar y Calella en 1885 (Dirección de Hidrografía)

La costa entre Pineda y Calella era una playa continua como lo es en la actualidad, estando la línea de orilla algo más retranqueada hacia tierra entonces y con una serie de arroyos que desembocaba, y desembocan, en ella probablemente con mayor actividad que en la actualidad debido a que entonces no existía un desarrollo urbanístico tan importante como en la actualidad. La línea del tren sigue siendo un separador, como entonces, entre la ciudad y el mar.



Figura 5.7: Costa del Maresme en el entorno de Arenys de Mar en 1885 (Dirección de Hidrografía)

En la carta náutica se aprecia cómo Arenys de Mar, obedeciendo a su nombre, se había formado por el relleno de la desembocadura de la riera de Arenys. La costa formaba tres conjuntos bien diferenciados: La playa norte encajada entre la punta del Portiñol y la punta del Calvario; a continuación se extendía la playa que formaba el frente de la desembocadura de la riera, que finalizaba en la punta de la Piedad; y finalmente se abría una playa ancha y continua en la que desembocaban, al menos cuatro rieras.

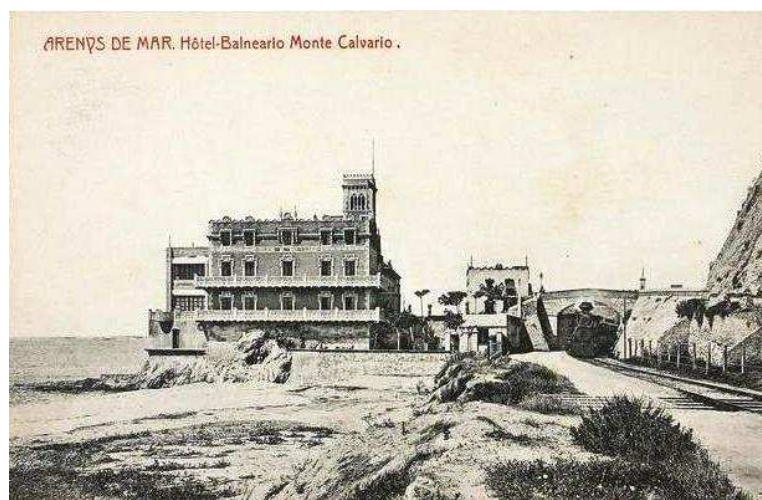


Figura 5.8: Playa apoyada en la punta del Calvario en Arenys de Mar, postal de comienzos del siglo XX



La construcción del puerto de Arenys de Mar, comenzada en 1920, supuso toda una transformación de la costa al sur, aparte de desaparecer las playas y puntas que la cerraban, referidas anteriormente. La playa al sur, de Caldetas, poco a poco fue perdiendo anchura, hasta quedar su frente como un escollerado continuo; pero, además, este tramo de costa

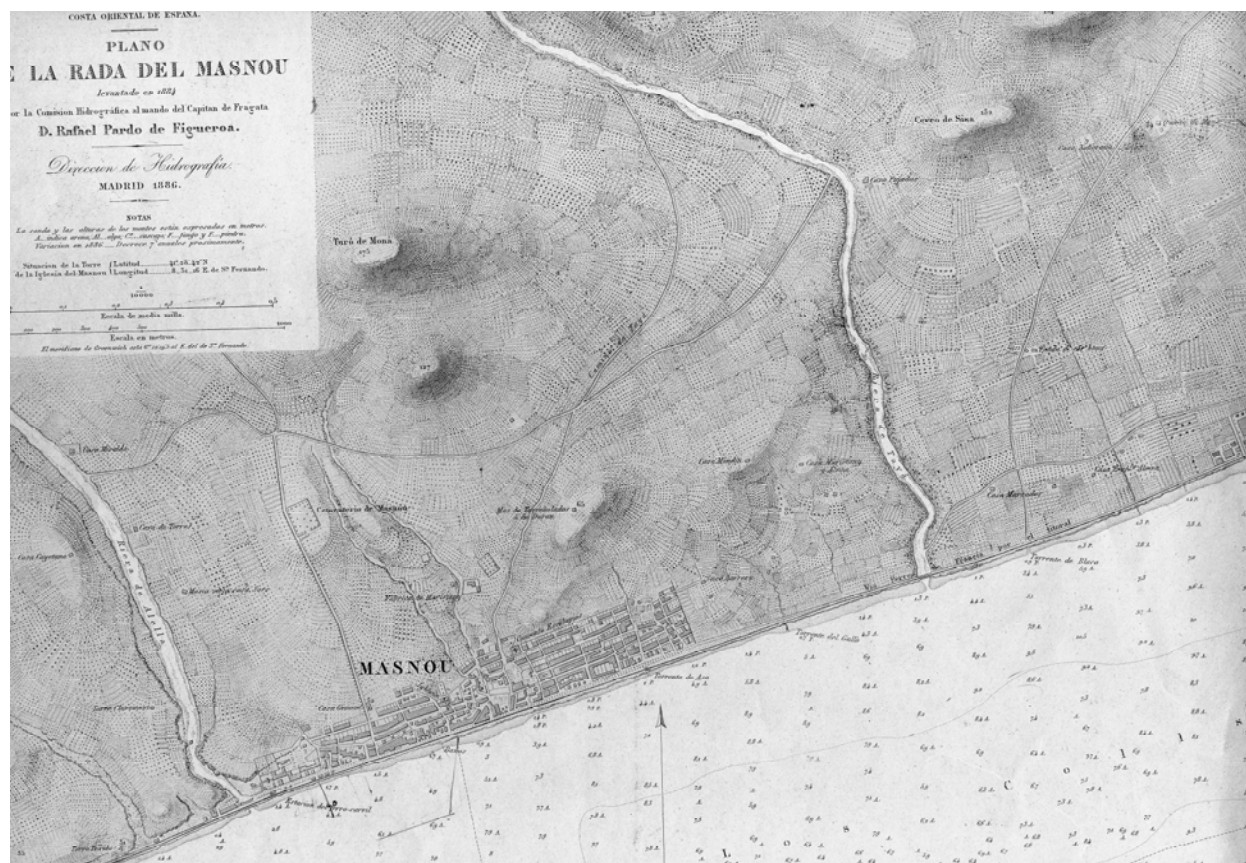


Figura 5.9: Costa del Maresme en el entorno de Masnou en 1884 (Dirección de Hidrografía)

La costa que nos muestra la carta náutica de 1884 en el entorno de Masnou está formada por una playa continua y estrecha en la que desembocan las rieras de Tayá al norte y de Alella al sur, que según el dibujo debían ser entonces de cierta importancia. Cómo afectó la construcción del puerto de Arenys de Mar no puede verse aquí ya que es anterior; pero sí se puede hacer una idea recurriendo, de nuevo, a postales de la época de la que se insertan dos del tramo norte, premia de Mar, una de la primera mitad de siglo XX y otra de la segunda mitad.



Figura 5.10: Postal de Premiá de Mar en la primera mitad del siglo XX



Figura 5.11: Postal de Premiá de Mar en los años cincuenta del siglo XX

Como puede apreciarse en ambos casos la playa era estricta y obedecía a cánones parecidos a los que muestra la carta náutica de 1884. Las construcciones de los puertos deportivos de Premiá de Mar y Masnou en 1971 y 1972, y su ampliación en 1991-93 supuso una nueva alteración de esta frágil línea de costa; pero esta fase se recoge en el siguiente apartado dedicado a la evolución costera reciente del Maresme.

## 5.2 EVOLUCIÓN RECIENTE DE LA COSTA DEL MARESME

El análisis y estudio de la evolución reciente de la costa del Maresme se ha realizado utilizando básicamente dos fuentes: La primera de ellas se ha efectuado utilizando los planos de evolución de la costa española; la segunda se ha efectuado usando los datos de evolución de un reciente trabajo de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. Ambos aplican similares metodologías y se complementan secuencialmente en el tiempo.

Así pues, primeramente se presenta un breve resumen de las fuentes de información utilizadas para caracterizar la evolución reciente de la costa. A continuación, usando ambas fuentes, se va analizando la costa en dos estadios espaciales: Primeramente de manera global, igual que se ha hecho con las cartas náuticas en el apartado anterior, y posteriormente se analiza playa por playa la evolución que ha ido teniendo hasta la actualidad.

En la evolución de la línea de costa se va a tener en cuenta este trabajo, pero básicamente integrada en los datos del CEDEX, aunque se han tenido en cuenta los datos individuales de los trabajos del LIM para la evolución de la costa del tramo Malgrat – Pineda.

### 5.2.1 Fuentes de información para caracterizar la evolución reciente de la costa

Las dos fuentes principales que se han utilizado para estudiar la evolución reciente de la costa del Maresme son:

#### 1- CEDEX:

- Planos de evolución de la línea de costa
- Seguimiento de las actuaciones realizadas en el Maresme
- Fotografías aéreas verticales de proyección estereoscópica

#### 2- Dirección general de Sostenibilidad de la Costa y del Mar:

- Evolución de la Costa

#### 3- Institut Cartogràfic de Catalunya:

- Fotografías aéreas verticales (Google Earth)

A ambos hay que añadirle la serie fotográfica que contiene Google Earth para esta costa de: 23 de junio de 2012, 12 de mayo de 2009, 15 de diciembre de 2007, 31 de octubre de 2004, y 5 de octubre de 2002. Que complementa las anteriores fuentes.

### 5.2.2 Fuentes del CEDEX

A continuación se enumeran las características más generales de las fuentes de información utilizadas en los informes de CEDEX, que han servido para caracterizar la evolución de la costa del Maresme más reciente que se presenta en este informe técnico.

#### 5.2.2.1 Planos de evolución de la línea de costa.

Los planos de evolución de la línea de costa se obtienen a partir de la restitución fotogramétrica de fotografías aéreas estereoscópicas. En estos planos se incluye la línea de orilla de diferentes



CEDEX

años, de tal forma, que se puede estudiar la evolución de la costa y de las obras marítimas con el tiempo.

La obtención de la línea de costa por este procedimiento resulta eficaz, aunque presenta algunos inconvenientes. La realización de los vuelos no corresponde al mismo período estacional, con lo cual la línea de costa de invierno está en situación desfavorable respecto a las estivales. Lo mismo puede decirse de la hora del vuelo y el estado del mar en dicho momento. En cuanto a la restitución, se realiza sin tener en cuenta factores como las mareas meteorológicas, presión atmosférica... A su vez, la restitución lleva consigo errores propios que van en función directa de la escala del vuelo. Tampoco pueden obtenerse las variaciones sufridas por el perfil de playa. En cualquier caso, aún con los inconvenientes señalados anteriormente, la restitución fotogramétrica de vuelos aéreos estereoscópicos es un método importante y fiable para el estudio de la evolución de la línea de costa.

En la tabla siguiente, aparece la relación de los vuelos fotogramétricos existentes en los planos de evolución de la costa del Maresme, pertenecientes al Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX.

| RELACIÓN DE VUELOS DE LOS PLANOS DE EVOLUCIÓN DE LA COSTA DEL CEDEX |                |
|---|----------------|
| ESCALA DEL VUELO  | FECHA EL VUELO |
| 1/44.000  | Junio 1947     |
| 1/33.000  | Junio 1957     |
| 1/20.000  | Junio 1965     |
| 1/18.000  | Julio 1973     |
| 1/18.000  | Noviembre 1977 |
| 1/12.000  | Junio 1983     |
| 1/12.000  | Febrero 1995   |
| 1/12.000  | Febrero 2002   |

### 5.2.2.2 Seguimiento de las actuaciones realizadas en el Maresme.

La segunda de las fuentes de información con la que se contó fueron los seguimientos de las actuaciones realizadas en el Maresme. En el capítulo 1 del presente informe técnico se recogen las actuaciones que la Dirección General de Costas, o la antigua Dirección General de Puertos y Costas, ha ido realizando en el transcurso del tiempo en toda la franja litoral del Maresme, comenzando a partir del Plan de Actuaciones 1983 – 1990 de 1985. En dicho capítulo también se describen los seguimientos realizados en las distintas playas tras su actuación, constituyendo una de las bases fundamentales para estudiar la evolución histórica de las playas del Maresme.

Los seguimientos realizados en las distintas playas, además de definir la línea de orilla, como con los planos de evolución de la costa, definen las variaciones de los perfiles y de las batimetrías, por lo que, pueden tener una importancia capital para establecer el balance sedimentario de la costa.

El principal inconveniente que presentan los seguimientos es que las actuaciones que se han ido llevando a cabo en la costa, se han hecho en puntos localizados y no en toda su franja, por lo que existen tramos importantes donde no hay actuaciones, ni por tanto seguimientos. Otro inconveniente sería la diferente duración en el tiempo de los mismos; en las zonas más estudiadas, los tramos Malgrat–Pineda y Masnou–Premiá, el inicio de los seguimientos es de 1987, terminando en 1997 y 1994, según se trate del primer o segundo tramo; mientras que, en el tramo Areyns de Mar–El Balís el inicio del seguimiento es de 1993, terminando en 1995.

### 5.2.2.3 Fotografías aéreas verticales de proyección estereoscópica.

La tercera fuente de información utilizada fueron las fotografías aéreas verticales de proyección estereoscópica. Para la costa del Maresme se contó con un total de siete vuelos fotográficos verticales, complementados con tres más, de junio de 1947, junio de 1965 y de noviembre de 1977, de los que no se tienen sus fotografías, pero sí sus restituciones fotogramétricas, como se indicó en la relación de vuelos de los planos de evolución de la costa dado anteriormente. El vuelo de 2002 se obtuvo posteriormente al informe del CEDEX, por lo que en el no aparece.

Las fotografías aéreas utilizadas directamente corresponden a los años y escalas siguientes:

| FOTOGRAFÍAS AÉREAS VERTICALES |                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| ESCALA DEL VUELO              | FECHA DEL VUELO                       |
| 1/33.000                      | Agosto/Sept. 1.956 Abril/Agosto 1.957 |
| 1/18.000                      | Enero 1973                            |
| 1/12.000                      | Junio/Julio 1983                      |
| 1/18.000                      | Marzo/Octubre 1986                    |
| 1/12.000                      | Febrero/Marzo 1995                    |
| 1/12.000                      | Diciembre 2001                        |
| 1/12.000                      | Febrero 2002                          |

### 5.2.3 Fuentes de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar

La Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar ha elaborado un plano evolutivo de la costa catalana utilizando para ello una serie de vuelos fotogramétricos de proyección estereoscópica. A partir de ellos se elabora la ortoimagen de la costa en diferentes momentos y de ella se extrae la línea de orilla. Los vuelos utilizados son básicamente los mismos que el CEDEX añadiéndole dos vuelos más:

- Junio de 1947
- Junio de 1956
- Junio de 1965
- Julio de 1973
- Noviembre de 1977
- Junio 1983
- Febrero de 1995
- 2003
- 2005

Esta coincidencia de uso de vuelos sirve para poder generar un nuevo plano de evolución de la línea de costa del Maresme introduciendo el último de los vuelos, de 2005, de la Dirección general de Sostenibilidad de la Costa y del Mar en los planos del CEDEX.



CEDEX

#### **5.2.4 Fuente del Institut Cartogràfic de Catalunya**

La penúltima de las fuentes consultadas y utilizadas corresponde a las fotografías aéreas del Institut Cartogràfic de Catalunya tomadas del servidor Google Earth que han servido para generar unos planos aproximados de evolución de la costa de puntos significativos del Maresme –Masnou, Premiá de Mar, puerto del Balís y Arenys de Mar- desde 2002 o 2004 hasta 2011 que complementan las fuentes anteriores. Las fechas de los vuelos tomadas de Google Earth son:

- 21 agosto 2002
- 1 junio 2004
- 1 enero 2005
- 15 noviembre 2007
- 1 enero 2008
- 10 julio 2009
- 1 enero 2010
- 10 abril 2011

#### **5.2.5 Fuentes de la Universitat Politècnica de Catalunya (LIM)**

En el Estudio del Comportamiento de las playas del Maresme se realizó un análisis de forma sectorizada según los tramos de costa elegidos durante las campañas de toma de datos. Los sectores utilizados fueron los denominados Malgrat, Pineda y Tordera, que coincidían con los descritos en los informes sobre los datos del CEDEX.

Los parámetros analizados fueron: la variación de la línea de orilla y los cambios de superficie de playa seca. El período de seguimiento fue de Mayo de 1987 a Septiembre de 1992 para los sectores de Malgrat y Pineda, mientras que para el sector Tordera, el período de control fue de Julio de 1900 a Septiembre de 1992.

Las variaciones de la línea de orilla fueron estimadas a partir de los datos topográficos, reconstruyendo la línea de orilla de cada tramo mediante interpolación lineal.

#### **Tramo Malgrat**

Se observó la presencia de tres sectores con un comportamiento evolutivo diferenciado: el sector norte, de unos 800m de longitud, en el que se estimó un avance medio de la línea de orilla de unos 10 metros, un tramo central de unos 2100 metros, que experimentó un retroceso medio de 32 metros, y el sector más al sur, de unos 200 metros de longitud, que experimentó un avance medio de 4 metros.

Si se caracterizase la evolución media del sector en un solo valor, se obtendría un valor de retroceso medio durante el período de estudio de 16 metros.

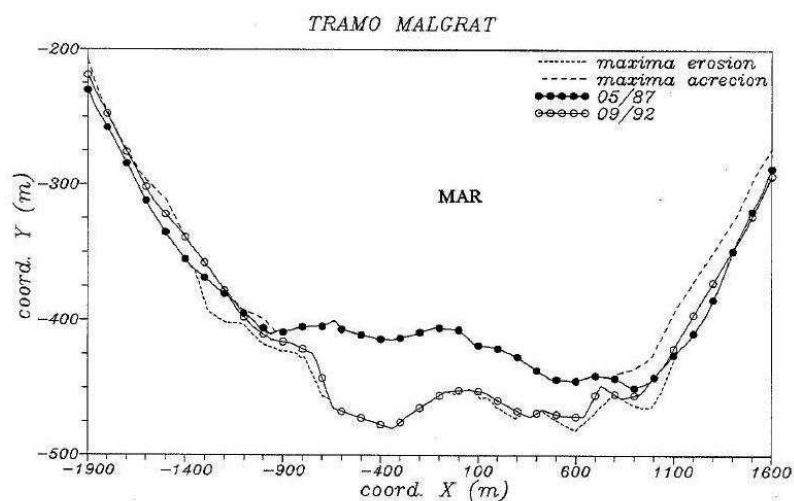


Figura 5.11A: Evolución línea de orilla en la zona de Malgrat (Fuente: Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM) de la Universitat Politecnica de Catalunya)

### Tramo Pineda

En dicho tramo se pudieron identificar dos sectores en función del comportamiento de la línea de orilla: un sector de unos 300 metros de longitud, situado al norte del tramo, que prácticamente se encontró en equilibrio, que experimentó un avance medio de la línea de orilla de 0,3 metros, aunque a lo largo del período de control se produjeron fluctuaciones de mayor magnitud, y el resto del tramo, de unos 1200 metros de longitud, claramente erosivo que experimentó un retroceso medio de 18,5 metros.

Si se caracterizase la evolución media del sector en un solo valor, se obtendría un valor de retroceso medio durante el período de estudio de 14 metros.

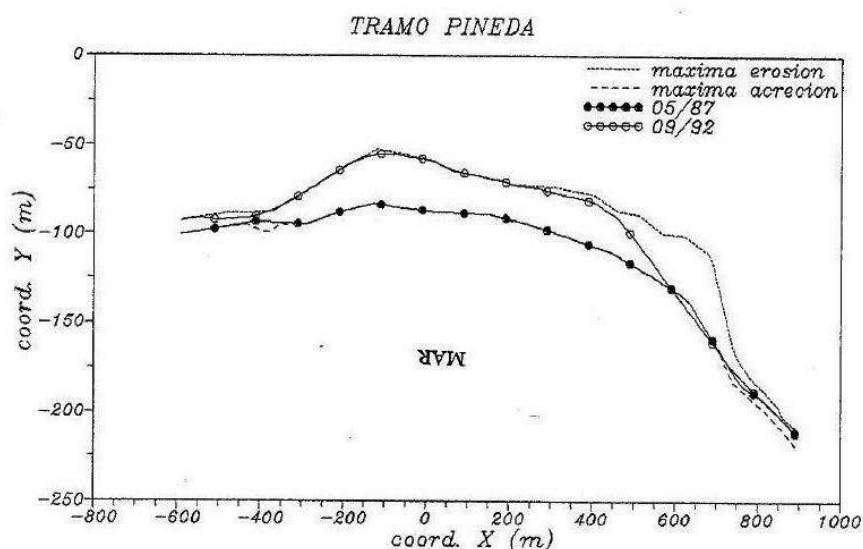


Figura 5.11B: Evolución línea de orilla en la zona de Pineda (Fuente: Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM) de la Universitat Politecnica de Catalunya)

### Tramo Tordera

Aunque se dispuso de poca cantidad de datos, ya que la toma de datos de dicha zona comenzó en la campaña de julio de 1990, se siguió la misma aproximación que para los dos tramos anteriores. Por tanto, los resultados obtenidos no deben considerarse como equivalentes a los anteriores ya que el período de comparación es menor.

A lo largo de dicho tramo se observó la existencia de sectores en los que observaron comportamientos erosivos en cuanto a la línea de orilla, los cuales decrecieron en magnitud hacia el sur.

Si se representase la evolución del tramo por un valor medio, se obtendría que experimentó un avance medio de 4,8 metros.

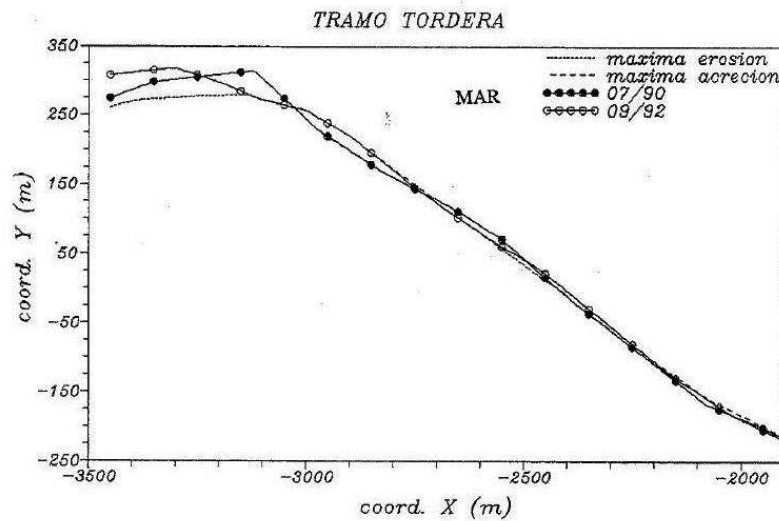


Figura 5.11C: Evolución línea de orilla en la zona de Tordera (Fuente: Laboratori d'Enginyeria Marítima de la Universitat Politècnica de Catalunya)

A su vez analizaron el desplazamiento de la línea de orilla en el tramo Blanes – Pineda, durante el periodo de Mayo de 1995 a Junio de 1997, que experimentó un retroceso medio de 4 metros.

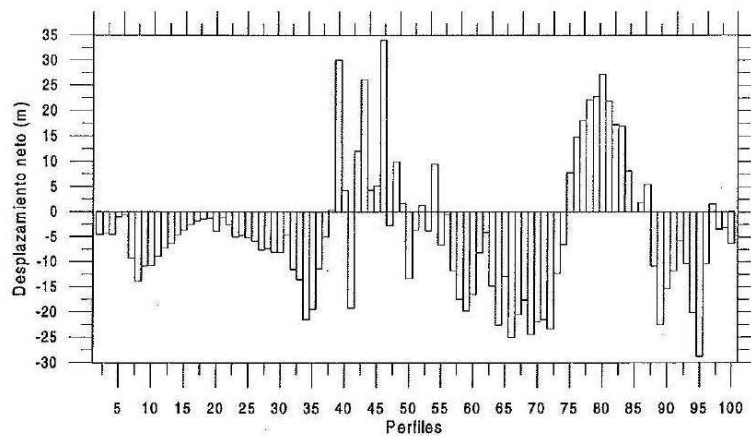


Figura 5.11D: Desplazamiento neto de la línea de orilla entre Mayo de 1995 y Junio de 1997 (Fuente: Laboratori d'Enginyeria Marítima de la Universitat Politècnica de Catalunya)





### **5.2.5 Evolución general de la costa del Maresme**

El comportamiento general de toda la costa del Maresme se ha visto afectada principalmente por la alteración debido a la actividad humana que se ha ido produciendo, principalmente, en dos variables: Cantidad de sedimento que se incorpora a la costa; y la transformación de un sistema litoral a otro fragmentado en tres sistemas, y el más al sur, a su vez, con una fragmentación importante.

A ello hay que unir la transformación de la actividad humana en la franja litoral: El sector más al norte, con un vocación especialmente turística; el sector intermedio con un uso periurbano; y el sector más al sur con un desarrollo netamente urbano suburbial de la capital Barcelona. A ello hay que unir la fragmentación lineal de la costa que supone la existencia de la línea férrea con un uso masivo e intenso; especialmente desde Mataró hasta Barcelona.

Esa diferencia de usos y presiones ha hecho que la costa se comporte de forma diferente y con necesidades distintas en cada uno de los sectores.

Los aportes del río Tordera se han ido viendo mermados especialmente por tres circunstancias: La regulación de la cuenca, con el embalse de Santa Fe; Las extracciones de sedimento de la cuenca, especialmente en su tramo más cercano al mar; La presencia del cañón submarino frente a su desembocadura.

Todas estas circunstancias hacen que la costa tenga una tendencia general erosiva que va incrementándose a medida que lo hacen el número de barreras que el flujo sedimentario se encuentra en su camino hacia el sur. Así grandes tramos de costa se han visto en la necesidad de ser rigidizados y otros de ser regenerados mediante el aporte de sedimentos. Son, por tanto, en general, las playas más al norte las que se encuentran en un mejor estado y las más al sur las que peor estado se hallan.

Pero, en los siguientes apartados se describe esta evolución más específicamente por sectores o sistemas litorales en los que se ha zonificado la costa del Maresme.

### **5.2.6 Evolución en el sector 1: río Tordera – puerto de Arenys de Mar**

El sector 1 abarca desde la desembocadura del río Tordera hasta el puerto de Arenys de Mar. En este tramo de costa la evolución de la costa se va a analizar utilizando las fuentes de información anteriormente indicadas: En un primer escalón se utilizan los resultados de los Planos de Evolución de la Línea de Costa realizados a partir de la fusión de las líneas de costa que contienen las fuentes del CEDEX y de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM). Además, para la zona norte del sector; los términos municipales de Malgrat, Santa Susana y el extremo de levante de Pineda, se añaden los resultados de los seguimientos de las playas realizado por el CEDEX a lo largo de 12 campañas batimétricas entre los años 1987 y 1995 y la campaña batimétrica realizada por Hidrocarsa en junio de 1997, tras las actuaciones realizadas por la Dirección General de Costas, hoy DGSCM.

En las zonas donde existen seguimientos, en una primera fase, se va a estudiar la evolución desde el año 1947 hasta 1983 en función de los planos de evolución y de las fotografías aéreas. Posteriormente, la evolución hasta nuestros días se va a hacer teniendo en cuenta la restitución y el vuelo de los años siguientes.

Finalmente, se toman los resultados de la comparación de fotografías aéreas del Institut Cartogràfic de Catalunya, obtenidas de Google Earth.



### 5.2.6.1 Evolución de la playa de Malgrat

Es una playa que abarca unos 4.000 m, está situada en el extremo norte del Maresme y ocupa todo el tramo de costa limitado por el término municipal de Malgrat. La playa es rectilínea, aunque se va curvando al aproximarse al delta del río Tordera, límite con Girona.

1947 a 1957: La playa de Malgrat sufrió una ligera erosión a lo largo de su longitud, con valores medios de 10 m y máximos de 20.

1957 a 1965: La playa tuvo una importante erosión en los 2 km. situados más al norte, en la zona apoyada en el delta del río Tordera; el retroceso de la línea de orilla osciló entre 40 y 50 m. Para el resto de la playa, la línea de orilla avanzó o retrocedió entre 10 y 15 m, centrándose la erosión en la zona situada más al sur.

1965 a 1973: La playa sufrió una erosión generalizada en toda su longitud; el retroceso medio fue de 20 m, estando, de nuevo, máxima la erosión, en la parte de la playa apoyada en el delta del río; 50 m. La única parte de la costa que avanzó, y de forma notable, fue la desembocadura del Tordera; 60 m.

1973 a 1977: La playa de Malgrat, en los 2 km. de su zona norte, tuvo una evolución contraria a la mostrada en el periodo anterior; se recuperó la playa con avances máximos de 60 m y un avance medio de 40 m, aunque, justo en la desembocadura del Tordera, se produjo una erosión que la dejó en parecida situación al año 1965. El resto de la playa de Malgrat siguió con su tendencia erosiva, por lo que, fue necesario la construcción de pequeños espigones a lo largo de la misma que la rigidizaron.

1977 a 1983: La playa se mantuvo más o menos estable, con una ligera pero constante tendencia a la erosión a lo largo de su toda su longitud; el retroceso medio fue de 5 a 10 m. En este período se reforzaron algunos de los espigones existentes.

1983 a 1995: La playa de Malgrat tiene un avance generalizado que alcanza los 25 m en su zona norte y hasta más de 50m en su tramo sur.

1995 a 2002: La playa frena su avance; solamente en un tramo pequeño del centro sigue avanzando con un crecimiento cercano a 30 m, mientras que en el resto la línea de orilla se estabiliza.

2002 a 2005: La línea de orilla no sufre variaciones importantes; solamente en el centro de la playa se producen retrocesos en torno a 20 m, pero solamente en zonas puntuales.

A continuación se resume la evolución de la costa de Santa Susana, sobre la base de las campañas batimétricas que se hicieron tras su regeneración (desde el término municipal de Pineda, en una zona situada a 200 m de Santa Susana, hasta la playa de Santa Susana). Con las siguientes regeneraciones entre medias:

- Regeneración en marzo de 1987 de 1.072.000 m<sup>3</sup> de arena
- Regeneración entre Malgrat y Pineda en 1995 de 1.072.000 m<sup>3</sup> de arena

1983 a 1987: La playa de Malgrat tuvo una mejora considerable, aumentando su superficie de playa en 70.000 m<sup>2</sup> entre el límite municipal de Santa Susana la playa de Malgrat; no se incluye el delta del Tordera. El avance medio de este tramo de playa fue superior a 27 m por m de playa. El avance máximo de la línea de orilla fue de 60 m.



1987 a 1989: La playa de Malgrat tuvo una evolución muy erosiva. Se perdieron 42.000 m<sup>2</sup> de playa y tan solo la playa avanzó en los 500 m situados más hacia el norte. El máximo retroceso fue de 50 m y el máximo avance de 20 m.

1989 a 1991: La playa de Malgrat se comportó de forma ligeramente erosiva, se perdieron 10.000 m<sup>2</sup> de playa. El retroceso se centra en los 1.200 m de playa situados más al sur, donde la situación es igual o peor que en año 1983, en el resto de la playa predomina la acumulación de arena. El máximo retroceso fue de 30 m y el máximo avance de 28 m.

En total, desde el límite de Santa Susana hasta el perfil P-582, en el periodo comprendido entre 1983 y 1991, se produjo un aumento de superficie de 18.000 m<sup>2</sup>, incluyendo la regeneración de 1987 donde la superficie de playa aumentó en 70.000 m<sup>2</sup> respecto a 1983. Es decir se perdieron 52.000 m<sup>2</sup> desde la regeneración de la playa hasta 1991. Si se comparan las líneas de costa del delta del río de junio de 1983 y septiembre de 1991, desde el perfil P-582 al P-594, se observa que se había producido un avance generalizado de la línea de orilla. El aumento de superficie fue de 35.000 m<sup>2</sup>, lo que implicaba un avance medio en el delta de 28 m por m de playa, que se distribuyó de una forma bastante uniforme.

1991 a 1993: Se produjo una erosión casi generalizada, aunque no demasiado intensa, en la costa de Malgrat, que venía a intensificar la erosión existente en la zona. Desde Santa Susana hasta el perfil P-582 se perdieron 9.500 m<sup>2</sup> y hasta el perfil P-594 otros 2.500 m<sup>2</sup> más.

1993 a 1995: (vuelo restituído en los planos de evolución de la costa del CEDEX y realizado tras la segunda gran regeneración de la costa de Malgrat) La playa de Malgrat aumentó en 74.000 m<sup>2</sup> de superficie entre Santa Susana y el perfil P-582, aumentando en otros 5.000 m<sup>2</sup> hasta el perfil P-594. El máximo avance de la línea de costa fue de 60 m. El avance medio, hasta el perfil P-582, fue superior a 28.5 m por m de playa.

1995 a 1997: (vuelo realizado por Hidrocarsa - Geoteyco, S.A) La playa de Malgrat se erosionó en 12.000 m<sup>2</sup> entre Santa Susana y el perfil P-582, mientras que, entre los perfiles P-582 y P-594, la playa aumentó en 23.000 m<sup>2</sup>, por lo que, en el balance final, la playa de Malgrat aumentó en 11.000 m<sup>2</sup>. La erosión máxima de la línea de costa fue de 24 m y el avance máximo de 42 m.



CEDEX

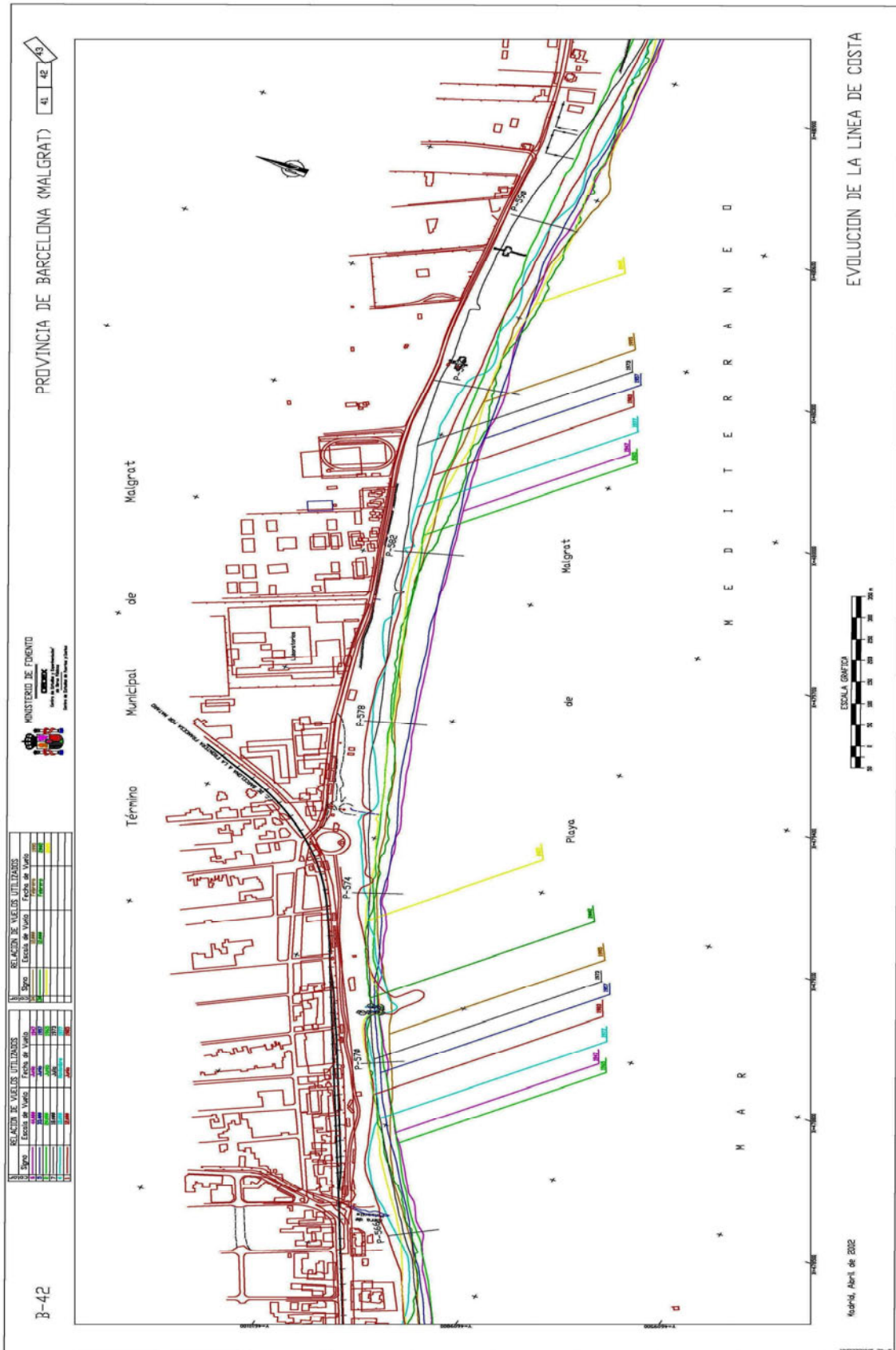


Figura 5.12: Planos de evolución 1947-2005 de la playa de Malgrat

### 5.2.6.2 Evolución de la playa de Santa Susana

La playa de Santa Susana ocupa todo el frente costero del término municipal de Santa Susana y abarca unos 2500 m de playa. Los 400 m primeros, situados al norte, son la continuidad de la playa de Malgrat. A continuación, frente a una zona de camping, la costa está avanzada, de tal forma que constituye el apoyo sur de la playa de Malgrat; esta zona está protegida por una serie de espigones cortos y 2 tramos con escollerado longitudinal. La última parte de la playa de Santa Susana es de nuevo rectilínea.

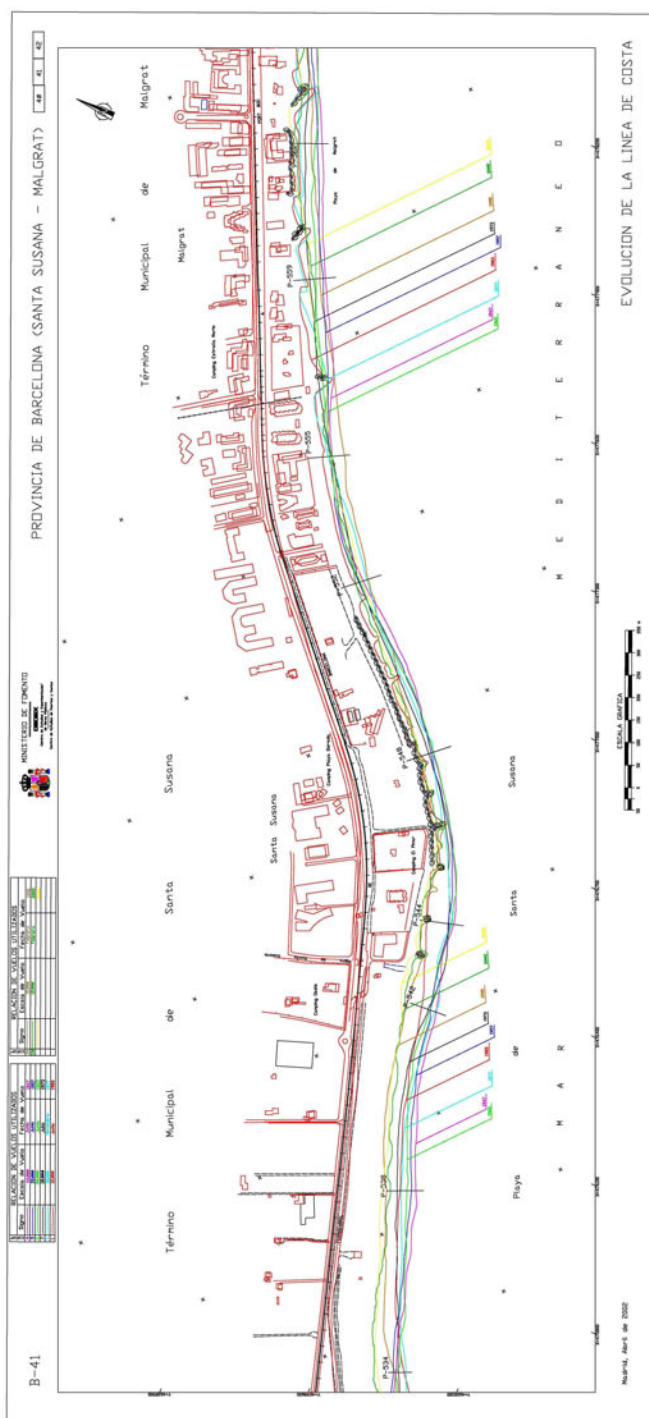


Figura 5.13: Plano de evolución 1947-2005 de la playa de Malgrat y Santa Susana



CEDEX

1947 a 1957: La playa de Santa Susana tuvo una ligera erosión continua a lo largo de toda ella. El retroceso máximo fue de 14 m, estando comprendido el valor medio entre 5 y 10 m; la mayor erosión corresponde a la zona situada más al sur.

1957 a 1965: La parte media y norte de la playa se mantuvo más o menos estable, con avances y retrocesos de la línea de costa inferior a 10 m. En la parte sur, estas oscilaciones fueron superiores, alcanzando los 15 m; las erosiones se centraron en la zona próxima a la playa de Pineda.

1965 a 1973: La playa sufrió una erosión generalizada en casi toda su longitud, continuación de la que tuvo la playa de Malgrat en el mismo período. Los 400 m situados más al norte tuvieron un ligero avance, máximo de 10 m, a continuación toda la playa retrocedió: la zona intermedia alcanzó un retroceso máximo de 19 m, mientras que la erosión en la zona sur alcanzó un valor máximo de 25 m y medio de 15 m. El retroceso acumulado entre 1947 y 1973 en la parte sur de la playa de Santa Susana osciló de 30 a 40 m.

1973 a 1977: La playa, en general, mejoró, avanzando la línea de costa en gran parte de su longitud. Al norte, por influencia de los espigones construidos en Malgrat en este mismo período de tiempo, la playa se erosionó en 200 m, cambiando después la tendencia evolutiva. En la zona intermedia, frente a los campings, el avance medio fue de 7 m y el máximo de 17 m. Por último en la zona sur, los avances medio y máximo fueron de 22 y 12 m, respectivamente.

1977 a 1983: Se produjo una importante erosión en toda la playa de Santa Susana. La erosión fue especialmente intensa en la zona norte e intermedia de la playa, entre los perfiles P-555 y P-540 de la hoja nº40 del Plano de Evolución. El retroceso máximo fue de 58 m y el medio de 30 m. Esta importante erosión hizo que en el año 1.983 ya estuviera construido el campo de espigones de la zona intermedia de la playa de Santa Susana, para intentar frenar el avance de la erosión. En la parte sur la erosión fue menor, con valores máximos de 10 m, e incluso con zonas donde la playa permaneció estable.

1983 a 1995: La playa continuó erosionándose con retrocesos medios en torno a 40 m en la zona norte, reduciéndose paulatinamente en la zona sur hasta prácticamente seguir la misma línea en la playa de Pineda de Mar.

1995 a 2002: La playa continuó erosionándose, especialmente en el tramo norte, alcanzando retrocesos de 50 m; con pérdidas acumuladas desde 1983 de más de 75 m. La mitad de la playa, con los espigones cortos no varía en este ni en el anterior periodo; pero la playa sur vuelve a retroceder con pérdidas que alcanzan 35 m.

2002 a 2005: No existen variaciones significativas; pero existen puntos en la playa norte que recupera cerca de 20 m, si bien ello no es generalizado. El centro y sur de la playa no existen variaciones apreciables.

A continuación se resume la evolución de la costa de Santa Susana, sobre la base de las campañas batimétricas que se hicieron tras su regeneración (desde el término municipal de Pineda, en una zona situada a 200 m de Santa Susana, hasta la playa de Santa Susana).

1983 a 1987: Tras la primera gran regeneración de esta zona del Maresme, la playa de Santa Susana aumentó en su zona norte, continuación de la playa de Malgrat, en 4.000 m<sup>2</sup>; el avance máximo fue de 20 m. La parte sur de la playa, tras la punta donde se sitúan los campings del término municipal, se erosionó en 14.000 m<sup>2</sup>; el retroceso máximo fue de 40 m.

1987 a 1989: La playa norte de Santa Susana mejoró su situación, en contra de la evolución tenida por la playa de Malgrat. El aumento de superficie de playa fue de 16.000 m<sup>2</sup>; el avance máximo de la línea de orilla fue de 36 m. La playa sur se comportó de una manera erosiva,

perdiéndose 8.000 m<sup>2</sup>, aunque de una forma uniforme; el retroceso medio fue de casi 9 m y el máximo se situó en 14 m.

1989 a 1991: La playa de Santa Susana se erosionó en toda su longitud. En la playa norte la pérdida de sedimento fue de 7.000 m<sup>2</sup>, que se distribuyó de una forma uniforme, siendo el retroceso medio de 8 m. En la playa sur la erosión fue de 21.000 m<sup>2</sup> y el retroceso máximo alcanzó los 30 m.

1991 a 1993: La playa de Santa Susana continuó erosionándose en toda su longitud. La playa norte perdió 12.000 m<sup>2</sup>, de tal forma, que la situación del año 1993 es equivalente a la del año 1983, antes de la primera gran regeneración de la zona; el retroceso máximo fue de 30 m. La playa sur perdió 9.000 m<sup>2</sup> y el máximo retroceso fue de 13 m.

1993 a 1995: (vuelo restituído en los planos de evolución de la costa del CEDEX y realizado tras la segunda gran regeneración de esta costa) La playa norte de Santa Susana aumentó en 27.000 m<sup>2</sup> su superficie, el avance medio de la playa fue de 33 m y máximo de 45 m. La playa sur aumentó su superficie en 16.000 m<sup>2</sup>, el avance medio de la playa fue de 12 m y el máximo de 25 m.

1995 a 1997: (vuelo realizado por Hidrocarisa - Geoteyco, S.A) La playa norte de Santa Susana mejoró su situación y se acumularon 13.000 m<sup>2</sup>; el avance máximo fue de 30 m y el medio de casi 14 m. Sin embargo, la playa sur de Santa Susana se erosionó y se perdieron 10.500 m<sup>2</sup> de playa; el retroceso máximo fue de 20 m y el medio de 11 m.

### 5.2.6.3 Evolución de la playa de Pineda de Mar

La playa de Pineda de Mar ocupa todo el frente costero del término municipal de Pineda de Mar y tiene una longitud de 2900 m. Esta playa es la continuación de la playa de Santa Susana. En la hoja nº 40 de los Planos de Evolución se recoge la evolución de esta playa.

1947 a 1.957: La playa de Pineda de Mar se caracterizó por una ligera erosión; entre los perfiles nos P-512 a P-534, que sin embargo no es general, existiendo zonas donde se ha mantenido estable y otras donde incluso ha avanzado la línea de orilla; entre los perfiles nos P-512 a P-504, junto a la playa de Calella de Mar. El retroceso máximo es de 25 m y el valor medio, teniendo en cuenta las variaciones que tienen estas 2 líneas de orilla, de 5 m.

1957 a 1965: La línea de orilla de la playa avanzó en la mayoría de su longitud; destacando los avances entre los perfiles P-528 a P-534 en la zona norte; 14 y 23 m para los valores medios y máximos. Para el resto de la playa los avances de la línea de orilla fueron de 0 a 10 m.

1965 a 1973: La playa volvió a crecer, teniendo, por tanto, una evolución de signo contrario a la de las playas situadas aguas arriba; Santa Susana y Malgrat. El máximo avance de la línea de orilla fue de 18 m y el medio de 10 m. La zona con mayor avance la norte.

1973 a 1977: La playa siguió creciendo ligeramente. La parte comprendida entre los perfiles P-504 a P-511 se mantuvo estable. El resto de la playa predominó el avance de la línea de orilla; el mayor avance fue de 15 m y el medio de 7m. Si se comparan las líneas de orilla de 1947 y 1977 se aprecia que la playa de Pineda de Mar ha tenido un aumento en estos 30 años; el máximo avance de la línea de orilla fue de 35 m y su valor medio de 10 a 15 m.

1977 a 1983: Predomina la erosión en la playa. Las principales erosiones ocurren en la parte central de la playa, con retrocesos máximos de 20 m, que disminuyen al avanzar hacia los extremos norte y sur, donde la playa crece. El retroceso medio se puede situar en 5 m.

1983 a 1995: La playa es estable en la mayoría de su longitud; entre los perfiles P-504 a P-524 la costa no varía o avanza entre 0 y 8 m. En la zona norte de Pineda, entre los perfiles P-524

a P-534, la playa se erosiona, con retroceso máximo en el perfil P-528 de 30 m, a partir de aquí el retroceso va disminuyendo al avanzar hacia ambos extremos del tramo. La erosión que sufrió la playa de Pineda es pequeña comparada con la que ocurrió en la parte sur de la playa de Santa Susana en el mismo período de tiempo.

1995 a 2002: No existe variación significativa de la línea de orilla de la playa.

2002 a 2005: No existe variación significativa de la línea de orilla de la playa.



Figura 5.14: Plano de evolución 1947-2005 de la playa de Pineda de Mar



#### 5.2.6.4 Evolución de la playa de Calella de Mar

Al sur de Pineda se encuentra el tramo costero perteneciente al término municipal de Calella de Mar. En primer lugar está la playa de Calella, continuación de la de Pineda, de 2.100 m de longitud y apoyada sobre un saliente rocoso situado al sur. Tras ella, la costa restante de Calella está definida por una zona de acantilado donde se encuentran encajadas las calas de La Viñeta, de 150 m de longitud, y de la Roca Grossa, de unos 400 m. En la hoja 39 Los Planos de Evolución se recoge la evolución de Calella de Mar.



Figura 5.15: Plano de evolución 1947-2005 de la playa de Calella



CEDEX

1947 a 1957: La playa de Calella aumentó su anchura de forma general a lo largo de toda su longitud. El máximo avance correspondió a la parte central, 30 m, reduciéndose éste en el extremo norte. El avance medio de la línea de orilla fue de 18 m. Las calas de La Viñeta y de Roca Grossa cambiaron su forma en planta y se apoyaron hacia poniente, además esta última avanzó una media de 10 m.

1957 a 1965: La playa se erosionó de forma general, aunque sin llegar a la situación de 1947. La máxima erosión ocurrió en la parte sur de la playa, 20 m, reduciéndose el retroceso medio a 10 m en el resto. Las dos calas del sur de Calella se erosionaron una media de 9 m.

1965 a 1973: La playa vuelve a recuperarse y alcanza posiciones cercanas a las de 1947; se queda a una distancia media de 5 m de la línea de costa de ese año. El máximo avance se produce en la zona sur, 20 m, y el avance medio se sitúa entre 5 y 10 m. La cala de La Viñeta avanza un valor medio de 8 m y la de Roca Grossa avanza ligeramente, aunque se queda en una situación parecida a la de 1965.

1973 a 1977: La playa siguió la tendencia acumulativa. El mayor avance se produce entre los perfiles P-490 a P-494, 20 m. El avance medio de la playa se sitúa entre 5 y 10 m. La cala de La Viñeta es estable, mientras que la de Roca Grossa retrocede 10 m.

1977 a 1983: Predomina el carácter erosivo de la playa, al igual que ocurrió en la de Pineda. La erosión fue general, menos en los 500 m de playa situados más al norte donde se estabilizó. El máximo retroceso fue de 16 m, en el perfil P-483, y el medio de 8 m. Las dos calas del sur de Calella se erosionaron una media de 5 m.

1983 a 1995: La evolución de la costa se caracteriza por la acumulación de sedimentos, si bien, éstos no se distribuyeron uniformemente. Los 300 m situados más al norte de la playa fueron estables. Los 400 m situados más al sur tuvieron erosión, alcanzando un retroceso máximo de 25 m, que disminuyó rápidamente al avanzar hacia el norte. El resto de la playa, toda la zona central, aumentó, con avances máximos de 15 m y medios de 5 a 10m. Las dos calas del sur de Calella tuvieron la misma tendencia que la playa de Calella, acumulaciones a levante y erosiones a poniente.

1995 a 2002: Se produce una ligera erosión en la zona centro de la playa con retrocesos que alcanzan 15 m. Las calas permanecen estables.

2002 a 2005: No existe variación apreciable entre estos dos años en toda la playa.

### 5.2.6.5 Evolución de las playas de San Pol de Mar

La costa del término municipal de San Pol de Mar tiene una longitud total de 3.900 m. Está formada por una alternancia de playas rectilíneas, apoyadas y abrigadas; con la existencia de varios espigones y zonas de protección costera longitudinal con escolleras. De norte a sur la costa se compone de: Una zona con escollera longitudinal, que tiene pie de playa según el año; Las playas de la Playola y el Morés; El espigón de San Pol; La playa de San Pol; La playa de Grau; Un espigón corto y la playa del Farell, con escollera longitudinal; Un espigón corto, la playa de Murtra y la playa de Rocas Blancas. En las hojas 37 y 38 de los Planos de Evolución se recoge la evolución que se ha producido en las playas de San Pol de Mar desde 1947 a 2005.

A continuación se describe la evolución de cada uno de los tramos de playa que conforman el frente de costa del municipio costero de San Pol de Mar.

La costa de San Pol situada más al norte está formada por un escollera longitudinal con un pie de playa, la longitud aproximada es de 300 m y desde junio 1947 a 2005 se ha mantenido estable con oscilaciones de medias de 5 m, en uno y otro sentido. La situación más favorable,

en la zona de poniente fue en 1957, mientras que el mayor avance a levante se produjo en 1995.

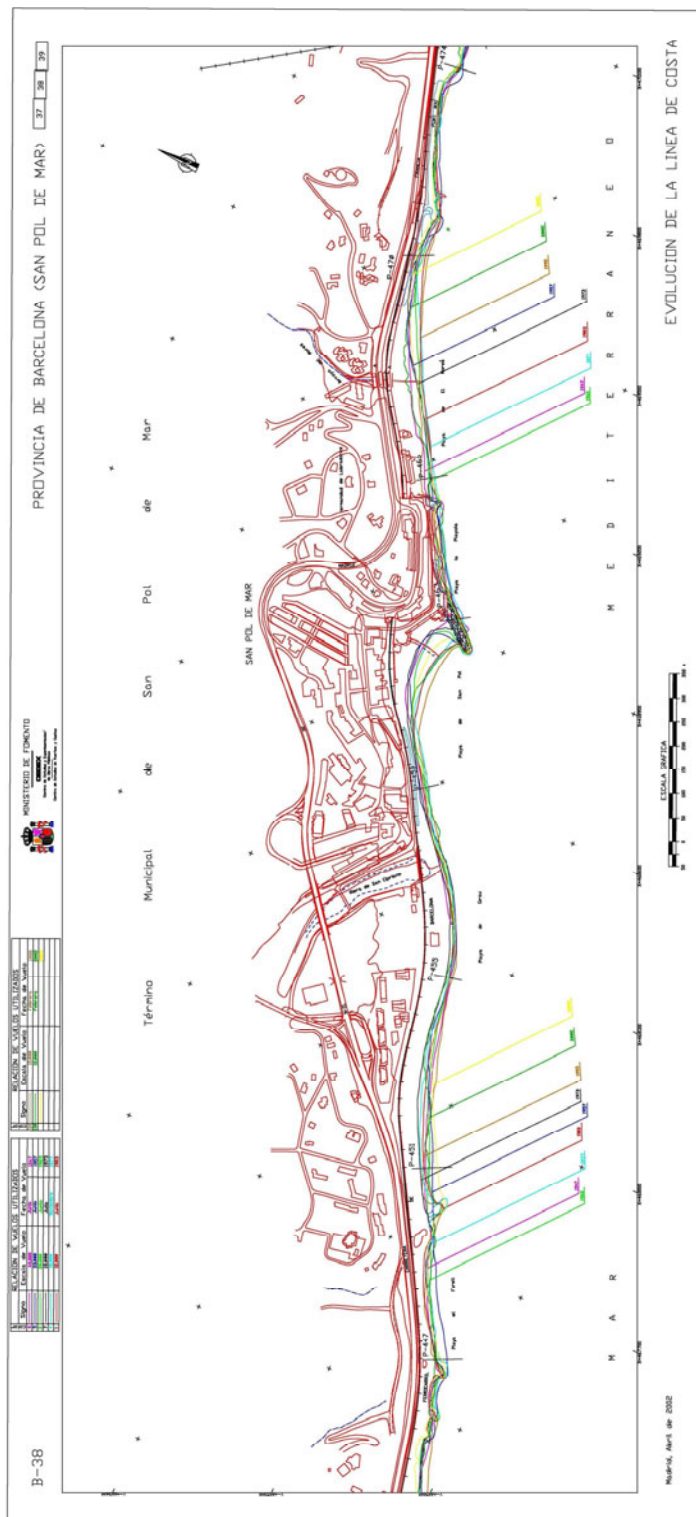


Figura 5.16: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de San Pol de Mar



CEDEX

#### **5.2.6.5.1 Playas de Morés y la Playola**

Las playas de la Playola y el Morés están situadas entre Calella y el espigón de San Pol, que ya existía en el año 1947.

1947 a 1957: Las playas experimentaron un avance generalizado de la línea de orilla, con valores máximos de 20 m y medios de 6 m, que no fueron uniformes, predominando las acumulaciones a poniente y las erosiones a levante.

1957 a 1965: La playa de El Morés avanzó en la parte media y de levante, con valores máximos de 20 m, mientras que la playa de la Playola, situada al sur se erosionó 10 m de media. Es decir, se produjo el proceso contrario al período anterior, con acumulaciones a levante y erosiones a poniente.

1965 a 1.973: Las playas volvieron a bascular. En la zona norte la playa se erosionó, situándose la línea de orilla en la posición de 1957, mientras que en la zona central y en la playa de la Playola la costa avanzó un valor medio de 8 m.

1973 a 1977: Las playas presentan un avance generalizado en toda su longitud. El avance máximo corresponde a la playa de El Morés, 20 m, siendo el avance medio, al menos de 5 m.

1977 a 1983: La playa de la Playola se erosiona 15 m, a continuación la playa se mantiene estable y ya, en la parte norte, la costa avanza 10 m.

1983 a 1995: Las playas basculan, adelantándose en la zona norte, 5 m, y erosionándose en la zona central y sur, con retrocesos máximos de 25 m en el perfil P-466; que marca la máxima erosión de la playa desde el año 1947.

1995 a 2002: La playa de El Morés presenta una erosión importante en su zona norte alcanzando un retroceso de unos 20 m, mientras la playa de la Playola no se aprecian cambios significativos.

2002 a 2005: No se aprecian cambios significativos en la playa de la Playola, en cambio se aprecia una cierta recuperación en la de El Morés, avanzando en torno a 15 m en el centro.

#### **5.2.6.5.2 Playas de San Pol y del Grau**

La costa continúa en las playas de San Pol y del Grau, de 1.200 m de longitud. Este tramo se inicia en el espigón de San Pol y termina en el siguiente espigón que hay en el término municipal.

1947 a 1957: La evolución de la costa no fue uniforme y se caracterizó por los continuos avances y retrocesos de la línea de orilla, con valores máximos de 15 m.

1957 a 1965: La playa siguió con la misma tendencia alternante, con valores máximos de 10 m.

1965 a 1973: Las playas de San Pol y del Grau se erosionaron de forma general, alcanzándose la situación más desfavorable hasta la fecha. En la playa de San Pol el retroceso medio fue de 10 m, mientras que en la de Grau fue de 20 m.

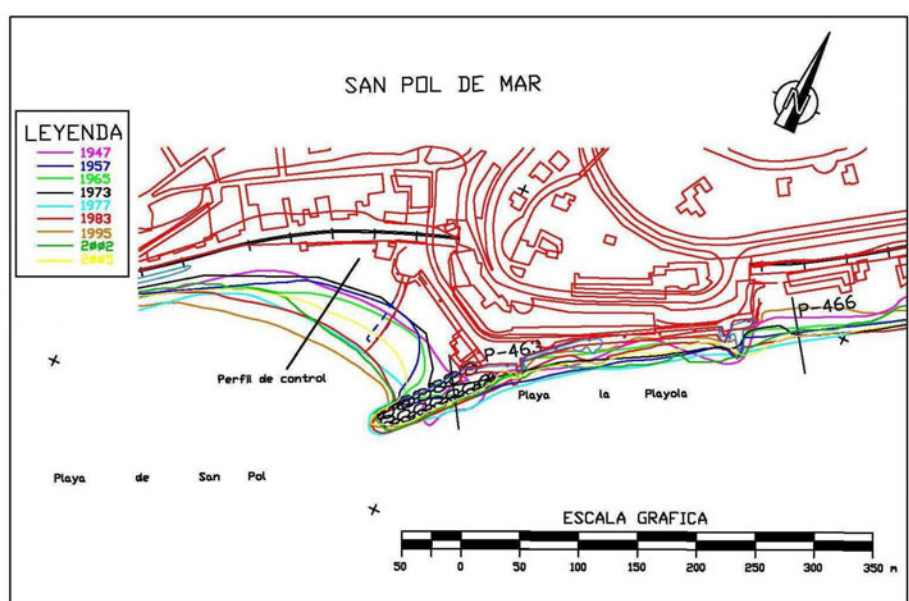
1973 a 1977: Se construyó el espigón de la playa del Grau para frenar la importante erosión del período anterior. En este período la costa avanzó de forma general en toda su longitud. El avance medio de la playa de Grau fue de 10 m. En la playa de San Pol el avance fue máximo tras el espigón, 45m.

1977 a 1983: La playa de San Pol se mantuvo estable, la parte central de la costa se erosionó una media de 10 m y, por último, la parte sur de la playa del Grau avanzó una media de 6 m.

**1983 a 1995:** Se produjo un avance generalizado de la línea de orilla. En la playa de San Pol la playa avanzó una media de 17 m, con lo que su situación representa la máxima anchura de playa hasta la fecha. La parte central de la costa también avanzó, 8 m. En la zona sur la anchura volvió a aumentar, 19 m de máxima.

**1995 a 2002:** La Playa de San Pol se erosiona retrocediendo en su zona sur hasta casi 30 m, mientras que la playa del Grau se mantiene estable, con ligeros aumentos cerca del espigón.

**2002 a 2005:** La playa de San Pol se erosiona en la zona norte pegada al espigón, cerca de 20 m, mientras que la playa del Grau aumenta esa misma cantidad cerca, también del espigón.



### PERFIL SAN POL DE MAR

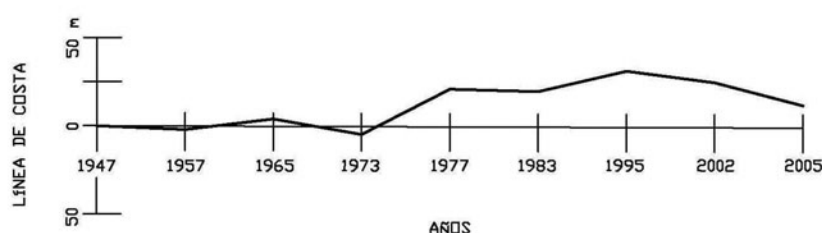


Figura 5.17: Playa de San Pol y perfil de control de su evolución

#### 5.2.6.5.3 Playa de Farell

La playa de Farell, de 300 m de longitud, está limitada entre dos pequeños espigones; el primero es el situado al sur de la playa de Grau y tiene, en su parte posterior, un escollerado longitudinal que protege la línea del ferrocarril. Después la costa continúa en una cala de 100 m.



CEDEX

La evolución de la playa de Farell muestra que entre los años 1947, 1965, 1973 y 1977 han ocurrido pocas variaciones, inferiores a 10 m. El máximo avance de la línea de orilla sucedió en 1957. Las máximas erosiones se produjeron en 1983 y 1995, siendo en ambos casos los retrocesos inferiores a 9 m respecto al año 1947, en los años posteriores 2002 y 2005 la playa se recuperó aunque esos avances hicieron que se volviese a la situación previa a 1983. En la cala contigua a la playa de Farell, la evolución se caracteriza por continuos avances y retrocesos de la costa. En cualquier caso, entre la situación más desfavorable, 1983, y la más favorable, 1957, la distancia entre ambas es 17 m.

#### **5.2.6.5.4 Playa de Murta**

La playa de Murta tiene 700 m de longitud.

1947 a 1957: La playa se mantuvo estable en su mitad superior; si bien no de forma uniforme, mientras que, en la mitad inferior, la orilla fue avanzando progresivamente en dirección al sur, siendo máximo en las rocas que constituyen el apoyo de poniente de la playa, 28 m. El avance medio de esta zona fue de 17 m.

1957 a 1965: La playa se mantuvo estable, con pocas variaciones.

1965 a 1973: La playa tuvo una pequeña tendencia a la erosión en la mitad sur, con retrocesos medios de 5 m. En la mitad norte la playa se comportó de forma estable.

1973 a 1977: La playa continuó estable, con la excepción de 240 m situados alrededor del perfil P-442, donde retrocedió una media de 7 m.

1977 a 1983: La playa se erosionó de forma importante en su mitad sur, el retroceso máximo fue de 25 m y el medio de 13 m. El resto de la playa no tuvo oscilaciones importantes.

1983 a 1995: Se produjo una acumulación importante en toda la playa, especialmente en la mitad norte. El avance máximo fue de 18 m y el medio de 13 m.

1995 a 2002: Se produce un ligero avance en la zona de la playa apoyada en el espigón, en torno a 15 m y un retroceso en la zona norte de similar cuantía.

2002 a 2005: No se aprecian diferencias significativas.

La última playa de San Pol de Mar, la playa de Rocas Blancas, se estudiará conjuntamente con la playa de Canet de Mar, ya que ambas forman parte de la misma unidad morfológica y de la misma playa.

#### **5.2.6.6 Evolución de la playa de Canet de Mar**

En el término municipal de Canet de Mar se encuentran las playas de Canet de Mar y Cabayó. La playa de Canet de Mar tiene una longitud de 1.600 m y es continuación de los 300 m de la playa de Rocas Blancas de San Pol de Mar, además se encuentra apoyada en el espigón de Canet. La playa de Cabayó tiene una longitud de 1.400 m y comprende parte del término municipal de Canet y parte de Arenys de Mar, donde se apoya en el dique del puerto deportivo de Arenys, por lo que la descripción de su evolución se hace conjuntamente con la de la playa de Arenys. En la hoja n37 de los Planos de Evolución se muestra la evolución de Canet de Mar.

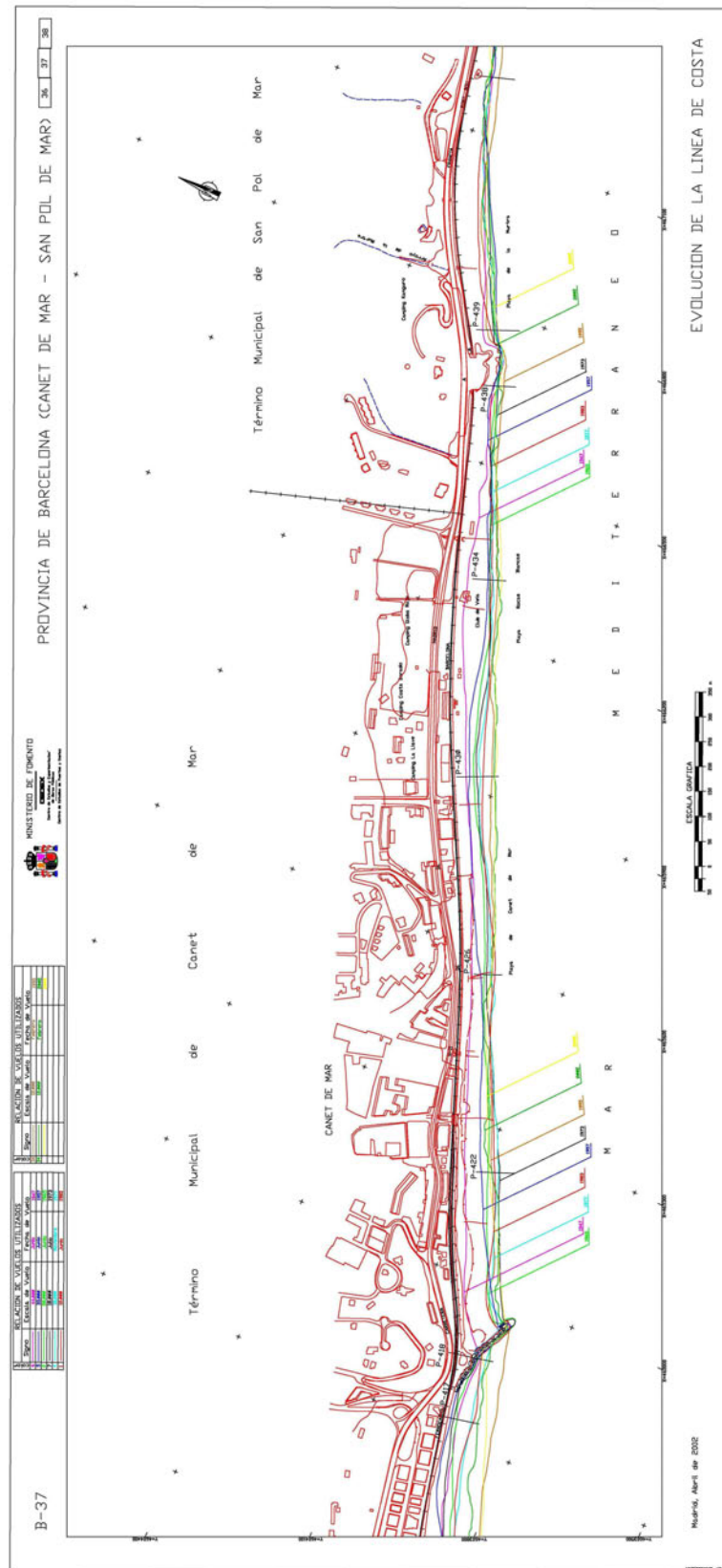


Figura 5.18: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de San Pol de Mar y Canet de Mar



CEDEX

1947 a 1957: Se caracteriza por un avance importante de la línea de orilla en la zona norte y sur de la playa. En la parte norte, entre los perfiles nos P-430 a P-437, la máxima acumulación fue de 46 m y la media de 25 m. En la parte sur, la gran acumulación producida se debió a la construcción del espigón de Canet; junto a él el avance llegó a 60 m y luego fue reduciéndose paulatinamente en dirección al norte. El avance medio de la línea de orilla entre los perfiles nos P-428 a P-427 fue de 30 m.

1957 a 1965: En las playas predominó la tendencia acumulativa, aunque de forma más suave y sin ser general. Los avances correspondieron a su zona central; 20 m de máxima y 11 de media entre los perfiles nos P-421 a P-434.

1965 a 1973: Las playas siguieron con su tendencia acumulativa, siendo máximo el avance cerca del espigón de Canet, 25 m, y con un avance medio que varía de 5 a 10 m.

1973 a 1977: Las playas tuvieron avances y retrocesos de la línea de orilla que, en general, no fueron de mucha importancia, si bien el período resultó acumulativo, con avances medios de 5 m. La mayor erosión ocurrió en las proximidades del espigón, 23 m de máxima.

1977 a 1983: Predominó la tendencia erosiva, con pequeños intervalos de avance de la orilla que no fueron mayores de 10 m. El mayor retroceso fue de 16 m junto al espigón de Canet y el medio de 5 m.

1983 a 1995: Predomina el avance de la costa en la mitad norte de la playa, con valores máximos de 20 m en su extremo norte y medios de 10 m. En la parte sur de la playa la tendencia fue ligeramente erosiva, con retrocesos medios de 5m.

1995 a 2002: En el primero de los tramos, playa de Rocas Blancas existe una ligera erosión, pero le resto de esta playa y de Canet de Mar hay una tendencia acumulativa, salvo pequeños tramos en la zona sur.

2002 a 2005: No hay variaciones significativas en la posición de la línea de costa.

### 5.2.6.7 Evolución de la playa de Arenys de Mar

La playa de Cabayó pertenece a los términos de Canet y de Arenys y está incluida dentro del Sector 1, ya que la playa se encuentra apoyada en el dique del puerto de Arenys, que constituye una barrera importante en la dinámica litoral de la costa del Maresme y el límite entre los dos primeros Sectores en que se ha dividido el litoral. En las hojas 36 y 37 se muestra la evolución de la playa de Cabayó.

Además, se ha extraído de los Planos de Evolución un detalle para ver el efecto directo antes y después del puerto, realizándose dos perfiles característicos.

Esta evolución se complementa con las fotografías del Institut Cartogràfic de Catalunya que contiene el Google Earth y con toda la serie histórica se ha efectuado un plano, aproximado, de la evolución reciente producida en las playas al norte y sur del puerto de Arenys de Mar, tomándose un detalle centrado en el puerto para poderlo apreciar mejor.





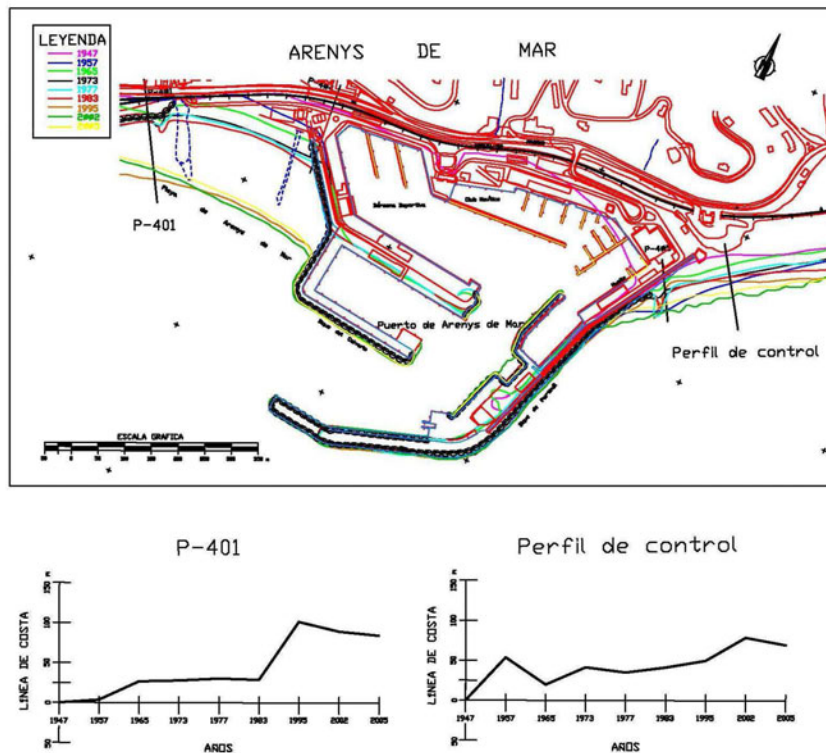


Figura 5.20: Playa de Arenys de Mar y perfil de control de su evolución

**1947 a 1957:** La playa de Cabayó se erosionó en los 400 m situados aguas abajo del espigón de Canet; que ya estaba construido en el año 1957. El retroceso máximo fue de 21 m y el medio de 11m. El resto de la playa se caracterizó por el gran avance de la línea de orilla, siendo máximo en las proximidades del puerto de Arenys, 60 m, y con avances medios de 30 m.

**1957 a 1965:** la playa basculó, erosionándose junto al puerto y acumulándose junto al espigón de Canet. La máxima erosión fue de 50 m, volviéndose en algunos tramos a una situación próxima a la de 1.947, y el retroceso medio de 22 m. El avance máximo en la parte norte de la playa fue de 32 m y el medio de 14 m. Por tanto, en conjunto la playa se erosionó.

**1965 a 1973:** La playa volvió a balancearse en dirección contraria, acumulándose junto al puerto y erosionándose junto al espigón de Canet. El avance máximo fue de 22 m y el medio de 14 m. En la zona norte, el retroceso máximo fue de 17 m y el medio de 11 m. El balance final de la playa fue ligeramente acumulativo.

**1973 a 1977:** La evolución de la playa fue netamente acumulativa en casi toda su longitud, menos en los 220 m situados más al sur, donde se erosionó una media de 5 m. El avance medio de la playa fue de 36 m y el medio de 23 m, lo que da idea de la acumulación generada, 23.900 m<sup>2</sup>. Se construyó un pequeño espigón junto al puerto de Arenys.

**1977 a 1983:** La playa se comportó de manera estable, con avances y retrocesos de la línea de costa que se iban compensando, con excepción de la parte sur de la playa, 380 m, donde predominó la erosión; el retroceso máximo fue de 15 m y el medio de 9 m.

**1983 a 1995:** La playa evolucionó de forma muy acumulativa, presentando en 1995 la situación más saludable de todas las registradas, estando el límite norte de la playa en el morro del espigón de Canet. El máximo avance corresponde a la zona media norte de la playa, 52 m. El avance medio de la playa fue de 34 m y el aumento de superficie de 44.000 m<sup>2</sup>.

1995 a 2002: Se produce una erosión de unos 20 m en el tramo norte de la playa, mientras que se aprecia un crecimiento que llega a alcanzar los 50 m en los puntos más próximos del dique del puerto.

2002 a 2005: La playa recupera su anchura en la zona norte, mientras que en la zona apoyada en el dique del puerto de Arenys de Mar continúa con las acumulaciones aunque algo más moderadas que en el periodo anterior.



Figura 5.21: Evolución de las playas en torno a Arenys de Mar, 2002 a 2011 (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)



Figura 5.22: Evolución en torno al puerto de Arenys de Mar, 2002 a 2011 (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)

La evolución que presenta la playa desde el año 2002 al año 2011, seguida mediante las fotografías de Institut Cartogràfic de Catalunya muestran como creció desde el 2002 hasta el 2004; teniendo un máximo avance en el año 2007 hasta quedarse estabilizada con oscilaciones en la posición de la línea de orilla. Al contrario, en la playa de Arenys de Mar se produce un retranqueo de la línea de orilla desde el año 2002, quedándose estable con pequeñas oscilaciones para el resto del periodo.

### 5.2.7 Evolución en el sector 2: puerto de Arenys de Mar – puerto de Mataró

El sector 2 abarca desde el puerto de Arenys de Mar hasta el puerto de Mataró. En este tramo de costa la evolución de la costa se analiza utilizando las fuentes de información anteriormente indicadas: En un primer escalón se utilizan los resultados de los Planos de Evolución de la Línea de Costa realizados a partir de la fusión de las líneas de costa que contienen las fuentes del CEDEX y de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM). Para la zona norte del sector; entre los puertos de Arenys de Mar y de El Balis, se complementan con el seguimiento de las playas realizado por la empresa Europrincipia a lo largo de 7 campañas batimétricas entre julio de 1993 y julio de 1995; si bien tan solo 3 de ellas abarcaron todo el tramo completo, tras las actuaciones realizadas por la DGSCM.

En las zonas donde existen seguimientos, en una primera fase, se va a estudiar la evolución desde el año 1947 hasta 2005 en función de los planos de evolución y de las fotografías aéreas.

Finalmente, se toman los resultados de la comparación de fotografías aéreas del Institut Cartogràfic de Catalunya, obtenidas de Google Earth.

### 5.2.7.1 Evolución de las playas de Arenys de Mar

Las playas del término municipal de Arenys incluidas en el sector 2 del Maresme son: playa de Arenys de Mar, playa Larga y playa La Musclera. Estas playas continúan 400 m en la playa de Caldetas, del término municipal de Caldas de Estrach, hasta un espigón en L situado aproximadamente a la mitad del tramo de costa entre los puertos de Arenys de mar y de El Balís. La longitud total del tramo es de unos 2.600 m. En las hojas 35 y 36 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005.

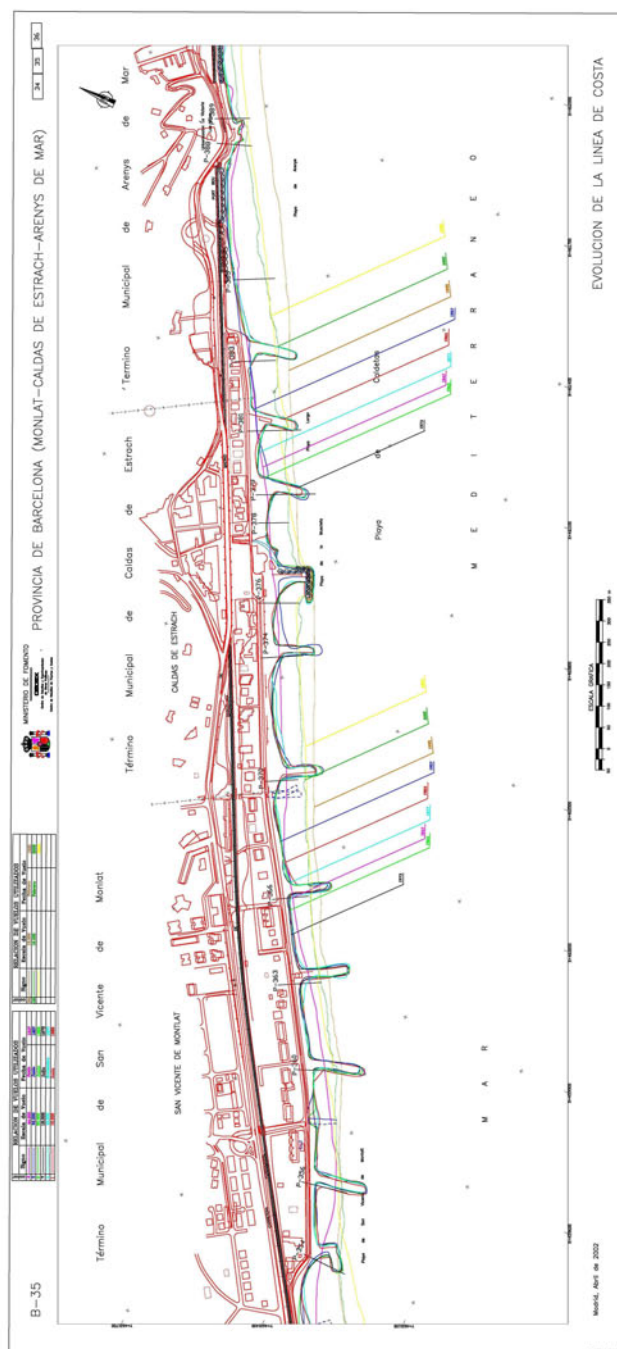


Figura 5.23: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de Arenys de Mar y Caldas de Estrach



CEDEX

1947 a 1957: En junio de 1947 solo estaba construido una alineación del dique de abrigo del puerto Arenys de Mar y no existía ningún espigón de defensa de costas en la costa sur de Arenys ni en Caldas de Estrach. En junio de 1.957 el diseño del puerto tenía la estructura básica actual y se construyeron una serie de espigones de defensa costera en Caldas, estando el segundo de ellos donde en el actual espigón en L. La costa en este período tuvo pocas variaciones, con excepción del avance de la playa apoyada en el contradique del puerto en 35 m, si bien solo en una longitud de 150 m.

1957 a 1965: La costa ya estaba rigidizada en algunos tramos del término de Arenys de Mar y, por tanto, la orilla no sufrió muchas variaciones, menos en la parte de la playa apoyada en el puerto; el avance fue de 26 m. Además se construyeron dos espigones más junto a los anteriores, entre Arenys de Mar y Caldas de Estrach, formando la denominada playa de la Musclera y se transformó un espigón normal en el espigón en L al que se hacía referencia anteriormente.

1965 a 1973: La costa aumentó su rigidización, avanzándose, en algunos tramos, de forma artificial la zona de tierra para la construcción o mejora del ferrocarril que circula paralelo a la costa. Solo avanzó la playa apoyada en el puerto, 24 m.

1973 a 1977: La costa prácticamente no cambió al encontrarse tan rigidizada. La misma tendencia ocurrió en el período comprendido entre noviembre de 1977 y junio de 1983, donde solo avanzó una media de 6 m la playa apoyada junto al puerto y porque se prolongó el apoyo de poniente de esta playa.

Entre finales de 1993 y principios de 1994 la Dirección General de Costas regeneró la costa comprendida entre los puertos de El Balís y Areyns. En total se añadieron un total de 3 millones de m<sup>3</sup> de arena. El seguimiento de dicha actuación la realizó la empresa Europrincipia, que efectuó 7 campañas batimétricas: la primera fue de julio de 1993, antes de su regeneración, y abarcó todo el tramo de la actuación. Las otras 2 campañas completas de todo este tramo se efectuaron en febrero de 1995 y julio de 1995.

Las líneas de agua de junio de 1983 y julio de 1993 se han obtenido por métodos diferentes; la primera por restituciones de vuelos fotogramétricos y la segunda por campañas batimétricas, sin embargo, a pesar de esto, se puede apreciar que la costa entre el puerto de Arenys y el espigón en L de Caldas muestra una gran estabilidad, al estar todo este litoral casi completamente rigidizado.

Entre julio de 1993 y febrero o julio de 1995, tomando como base las campañas de Europrincipia, o entre junio de 1983 y marzo de 1995, basándose en los planos de evolución, la evolución de la costa es similar y dependiente de la importante actuación que se efectuó entre los puertos de Arenys y de El Balis, con el aporte de los 3 millones de m<sup>3</sup> de arena. Las playas de Arenys y la de Caldetas hasta el espigón en L se convirtieron en una única playa continua. El aumento de superficie generado en esta playa fue de 220.000 m<sup>2</sup>, estando el máximo avance de la línea de orilla en la playa apoyada en el puerto de Arenys, 130 m, siendo el avance medio de 85 m; estos datos se han obtenido de los planos evolución. La evolución de las líneas de costa obtenida de las campañas batimétricas es similar a la anterior, si bien se aprecia en ambas fechas, febrero y julio de 1995, que la playa está algo basculada hacia poniente respecto a la situación de marzo de 1995.

1995 a 2002: Se produce un fuerte retroceso en la línea de costa de la playa de Arenys, llegando alcanzar 50 m. Este valor se va reduciendo a medida que se acerca a las obras de defensa de la playa de la Musclera, aunque continúa el retroceso de la línea de orilla.



2002 a 2005: La playa en la zona norte recupera algo su anchura, pero en el resto no se producen variaciones de importancia.

### **5.2.7.2 Evolución de las playas de Caldas de Estrach**

La costa del término municipal de Caldas de Estrach tiene una longitud de 930 m y está formada por la playa de Caldetas. Los 400 primeros metros, hasta el espigón en L que todavía existe, se han estudiado conjuntamente con las playas de Arenys. El resto de la playa de Caldetas se va a estudiar simultáneamente con las playas del término municipal de San Vicente de Montalt, ya que ambas constituyen un mismo litoral, a pesar de las diferentes obras de defensa construidas en distintas épocas. En la hoja 35 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005.

### **5.2.7.3 Evolución de las playas de San Vicente de Montalt**

La costa del término municipal de San Vicente de Montalt tiene una longitud total de 1.270 m y se va a estudiar juntamente con la parte sur de la playa de Caldetas, que termina en el espigón en L de Caldas y tiene una longitud de 500 m. En la hoja 35 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005. de las playas de Caldetas y de San Vicente de Montalt.

1947 a 1957: En junio de 1947 las playas de San Vicente y de Caldetas no tenían ningún espigón de defensa de costas y ambas formaban una playa continua. En junio de 1957 ya se habían construido 9 espigones; 5 de ellos en la playa de San Vicente. La evolución de la costa entre las fechas anteriores muestra un retroceso generalizado en todo el tramo a pesar de la construcción de los espigones y, por tanto, de su rigidización. El retroceso máximo fue de 45 m y el medio de 25 m.

1957 a 1965: La costa no tuvo casi variaciones al encontrarse ya rigidizada. Se transformó el espigón central de la playa de Caldas en un espigón en L.

1965 a 1973: La costa siguió rigidizada y se construyó en el límite sur del tramo; en el término de San Andrés de Llavaneras, un espigón curvado inicio del actual puerto de El Balís.

1973 a 1977: La costa prácticamente no cambió, con excepción de la celda situada más al sur que avanzó 15 m, como consecuencia del apoyo lateral que tuvo por la construcción del puerto de El Balís.

1977 a 1983: La costa no cambió debido a su completa rigidización.

Como consecuencia de la actuación realizada entre finales de 1993 y principios de 1994 por la entonces Dirección General de Costas, se regeneró la costa comprendida entre los puertos de El Balís y Arenys formándose una única playa con la única interferencia del espigón en L de Caldas. La campaña batimétrica hecha por Europrincipia en julio de 1993 marca la posición de la costa antes de la regeneración.

Las líneas de agua de junio de 1.983 y julio de 1.993 se han obtenido por métodos diferentes; la primera por restituciones de vuelos fotogramétricos y la segunda por campañas batimétricas, sin embargo, a pesar de esto, se puede apreciar que debido a la rigidización de la costa entre las playas de San Vicente y de Caldetas, la línea de costa entre 1983 y 1993 prácticamente no ha cambiado.



CEDEX

Entre julio de 1993 y febrero o julio de 1995, tomando como base las campañas de Europrincipia, o entre junio de 1983 y marzo de 1995, basándose en los planos de evolución, la evolución de la costa es similar y dependiente de la importante actuación que se efectuó entre los puertos de Arenys y de El Balís, que se convirtió en una playa continua entre ambos puertos con la única pequeña discontinuidad del espigón en L de la playa de Caldetas. Las playas de San Vicente de Montalt y la de Caldetas hasta dicho espigón se transformaron en una única playa continua. La mayoría de los antiguos espigones fueron quitados o eliminados en parte y posteriormente cubiertos de sedimento. El aumento de superficie generado en esta playa fue de 120.000 m<sup>2</sup>, estando el máximo avance de la línea de orilla en 110 m en la playa de Caldetas y el avance medio en 66 m; estos datos se han obtenido de los planos evolución del CEDEX. Los resultados obtenidos con las líneas de costa definidas en las campañas batimétricas son parecidos a los anteriores.

1995 a 2002: Las playas de Caldetas y San Vicente de Montalt sufrieron un continuo retroceso que alcanzó los 35 m en la zona norte; reduciéndose este retroceso hasta cuando aparece el efecto de retención y acumulación del puerto del Balís, donde comienzan a igualarse las líneas de orilla.

2002 a 2005: No existe grandes diferencias en la zona norte hasta cuando aparece el efecto de retención y acumulación del puerto del Balís, donde comienzan a aparecer acumulaciones en torno a 30 m.

#### **5.2.7.4 Evolución de las playas de San Andrés de Llavaneras**

La costa del término municipal de San Andrés de Llavaneras tiene una longitud de 2.100 m. El puerto de El Balís está situado al norte del tramo y ocupa 720 m de costa, luego se encuentra la única playa del término municipal, la de San Andrés de Llavaneras, abrigada entre el puerto y un espigón recto de 60 m, y con una longitud de 360 m. El resto de la costa está protegido por un escollerado longitudinal. En la hoja 34 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de San Andrés de Llavaneras.

1947 a 1957: En junio de 1957 no existía ninguna obra de defensa costera, ni el puerto de El Balís, en la costa de San Andrés de Llavaneras; que en esa época era toda playa. La evolución de la costa entre junio de 1947 y esa fecha se caracterizó por una importante erosión en los 1.000 m situados más al norte, siendo el retroceso máximo fue de 60 m y el medio de 38 m. Esta erosión se corresponde con la ocurrida en San Vicente de Montalt, en Caldas de Estrach y en Arenys de Mar en el año 1957 tras la prolongación del puerto de Arenys, que alcanzó la estructura básica que tiene hoy en día. La zona central y sur de la playa se mantuvo con pocas variaciones.

1957 a 1965: se construyeron dos espigones costeros; que delimitan la actual playa de San Andrés. En los 1.000 m situados más al norte la playa se mantuvo estable, avanzando junto al primer espigón construido. En la parte sur de la playa, al sur del segundo espigón, se produjo un retroceso generalizado que oscilaba entre los 12 y los 25 m y, posiblemente, ya se había construido gran parte del escollerado longitudinal de protección.

1965 a 1973: Se empezó a construir el puerto de El Balís aguas debajo de la riera del mismo nombre; que delimita los términos de San Andrés y San Vicente de Montalt. En este período, la costa permaneció estable dentro de su estado general erosivo, ya que se encontraba casi completamente rigidizada.



1973 a 1977: Se había construido el primitivo puerto de El Balís, que ocupaba 450 m de costa. El resto de la costa de San Andrés no tuvo variaciones importantes, excepto en pequeños tramos donde la playa avanzó apoyada en los espigones.

1977 a 1983: La costa no cambió debido a su casi completa rigidización. La única zona de playa era, básicamente, la que existe hoy en día.

1983 a 1995: El puerto de El Balís se amplió, ocupando un frente de 720 m, de tal forma que el espigón norte que limitaba la playa de San Andrés pasó a formar parte de del contradique del puerto. La pequeña playa de San Andrés basculó hacia el norte. El resto de la costa de este término municipal se mantuvo escollerada.



Figura 5.24: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de San Andrés de Llanereras

1995 a 2002: No existen variaciones significativas respecto al periodo anterior, dado el estado totalmente erosivo de la costa. Solamente se produce retroceso en la playa apoyada en las obras del puerto.

2002 a 2005: No existen variaciones significativas respecto al periodo anterior, dado el estado totalmente erosivo de la costa.

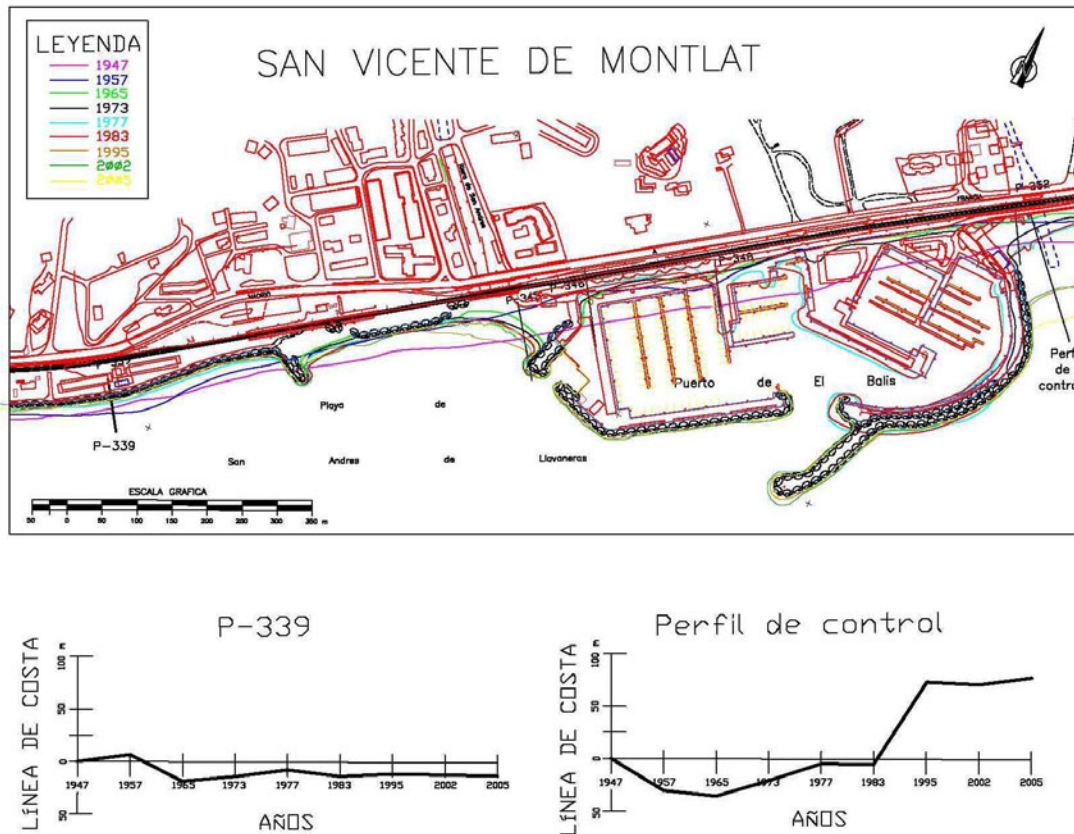


Figura 5.25: Playas en torno del puerto del Balís y perfil de control de su evolución

La evolución que presenta la playa desde el año 2002 al año 2011, seguida mediante las fotografías de Institut Cartogràfic de Catalunya muestra la misma tendencia vista en el último periodo. Al norte del puerto del balís se acumuló sedimento desde 2002 hasta 2004. Desde entonces la línea de orilla ha ido fluctuando sin variaciones importantes. Al sur del puerto, la playa encajada entre las obras del puerto ha tenido un ligero crecimiento desde 2002 hasta 2011.



Figura 5.26: Evolución de las playas en torno al puerto del Balís del 2002 a 2011 (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)



Figura 5.27: Evolución de las playas en torno al puerto del Balís del 2002 a 2011, detalle (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)

### 5.2.7.5 Evolución de las playas de Mataró

La costa del término municipal de Mataró incluida dentro del Sector 2, es decir hasta el puerto de Mataró, tiene una longitud de 3.800 m. Los primeros 1500 m del litoral están formados por un escollerado longitudinal sin pie de playa. A continuación, coincidiendo con un cambio de orientación de la costa, se encuentra la playa de Mataró. En ella sigue habiendo un escollerado longitudinal de 1.200 m de longitud, pero ahora con pie de playa. La anchura de la playa va aumentando hasta alcanzar un espigón de dos alineaciones rectas situado a 3.100 m del inicio de este término municipal. Al final del Sector 2 se encuentra la playa regenerada de Mataró, de 700 m de longitud y encajada entre el espigón anterior y el puerto de Mataró. En las hojas 33 34 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de la costa de Mataró.

**1947 a 1957:** En este periodo no existía ninguna obra de defensa costera ni portuaria en la costa de Mataró. Su evolución se caracteriza, en los primeros 1.500 m de litoral –entonces toda playa- por haber pequeñas oscilaciones de la línea de orilla de más menos 10 m. A continuación, la playa siguió alternando los tramos de avance con los de retroceso, hasta que en la mitad sur predominó la erosión. El retroceso máximo fue de 42 m y el medio de 26 m entre los perfiles nos P-300 a P-308.

**1957 a 1965:** Se produjo una erosión generalizada en los primeros 1.500 m de litoral, de tal forma que el retroceso medio fue de 20 m y el máximo de 38 m. Es posible que se construyera el escollerado longitudinal en esta época que caracteriza esta costa. La playa de Mataró también continuó con esta tendencia erosiva, retrocediendo la línea de costa una media de 15 m. En el año 1965 no existía ni el espigón ni el puerto de Mataró.



**1965 a 1973:** La costa estaba rigidizada por un escollero longitudinal en los primeros 1.500 m; estando, por tanto, ambas líneas de costa en la misma posición. En la playa de Mataró se construyó el espigón de Mataró, que hizo que mejorara la playa aguas arriba de la obra. El avance fue máximo junto al espigón, 50 m, reduciéndose el mismo en dirección al norte, hasta alcanzar una distancia de 800 m, en que las líneas de agua permanecieron estables. Aguas abajo del espigón, el efecto fue el contrario, erosionándose la costa una media de 20 m.

**1973 a 1977:** La costa se mantuvo estable dentro de la erosión existente. Se aprecia un avance medio de la línea de costa de 17 m en la playa de Mataró, aguas arriba del espigón, en una distancia de 400 m. La playa estuvo estable al sur del espigón, con avances en la zona abrigada junto él.

**1977 a 1983:** El litoral de Mataró tuvo pocas variaciones en su línea de costa, permaneciendo estable; las oscilaciones fueron inferiores a 10 m.

**1983 a 1995:** En este periodo se construye el puerto de Mataró, año 1989, Y a partir de entonces el puerto se convertiría en el extremo sur del Sector 2 del Maresme. Se llevó a cabo la regeneración de la parte final de la playa de Mataró, entre el espigón y el puerto, por parte de la Dirección General de Costas en el año 1994, aportándose 500.000 m<sup>3</sup> de arena. La costa de Mataró se mantuvo estable en el tramo litoral rigidizado. En la playa de Mataró, hasta que se alcanza el espigón, predominó el avance de la línea de orilla, con valores máximos de 20 m y medios de 10 m. El gran cambio se produjo en los 700 m finales de la playa regenerada de Mataró. La superficie de playa aumentó en 84.000 m<sup>2</sup>, el avance máximo de la anchura de playa fue de 136 m y el medio de 120 m.

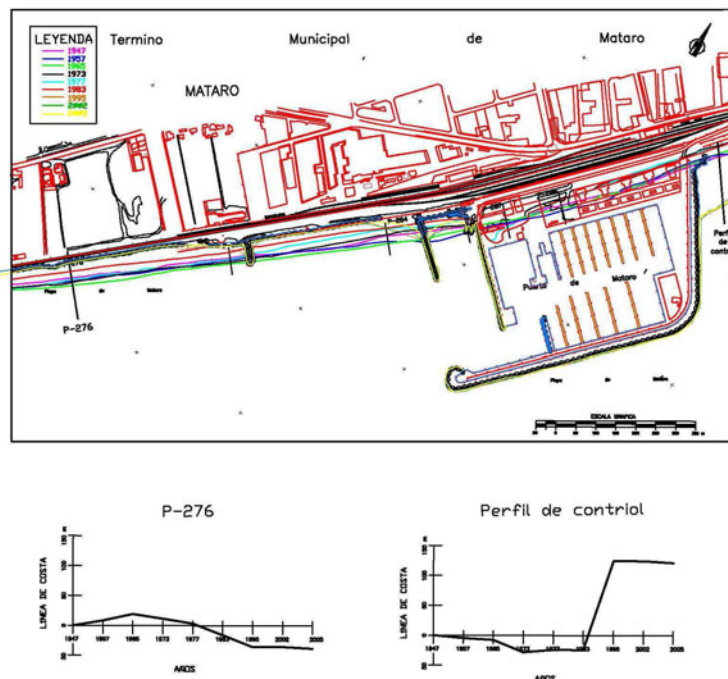


Figura 5.29 Playas en torno del puerto de Mataró y perfil de control de su evolución

**1995 a 2002:** La playa al norte del espigón continuó creciendo con valores máximos en torno a 25 m. La playa apoyada en el puerto experimentó un retroceso en el lado apoyado en el espigón con valores máximos en torno a 20 m.

**2002 a 2005:** No existen cambios significativos en ninguno de los tramos de la playa

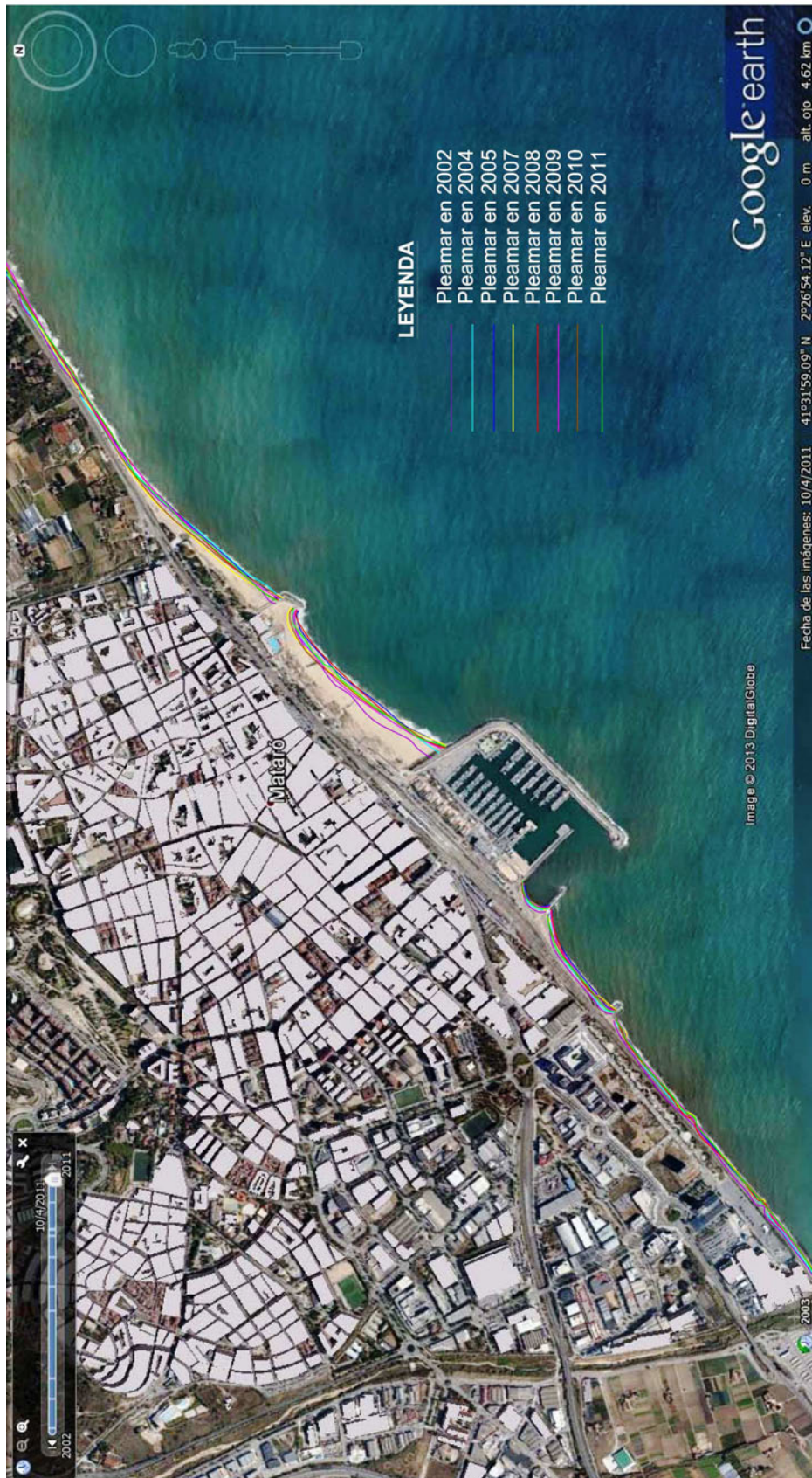


Figura 5.30: Evolución de las playas en torno al puerto Mataró del 2002 a 2011 (foto: Institut Cartorgràfic de Catalunya y Google Earth)



Figura 5.31: Evolución de las playas en torno al puerto de Mataró del 2002 a 2011, detalle (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)

La evolución que presenta las playas de Mataró desde el año 2002 al año 2011, seguida mediante las fotografías de Institut Cartogràfic de Catalunya muestran una tendencia acumulativa moderada en las playas al norte del puerto, mientras que al sur del puerto el signo es contrario con una progresiva pérdida de la anchura de playa.

### 5.2.8 Evolución en el sector 3: puerto de Mataró – espigón de Mongat

El sector 3 abarca desde el puerto de Mataró hasta el espigón de Mongat. En este tramo la evolución de la costa se analiza en función de las fuentes de información anteriormente indicadas: En un primer escalón se utilizan los resultados de los Planos de Evolución de la Línea de Costa realizados a partir de la fusión de las líneas de costa que contienen las fuentes del CEDEX y de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (DGSCM). Para la zona sur del sector; entre el espigón de Mongat y el puerto de Premià; incluyendo parcialmente los términos municipales de Masnou y Premià de Mar y totalmente el término de Masnou, se complementan con el seguimiento de las playas realizado por el CEDEX a lo largo de 10 campañas batimétricas entre los años 1987 y 1994, tras las actuaciones realizadas por la Dirección General de Costas, hoy DGSCM.

En las zonas donde existen seguimientos, en una primera fase, se estudia la evolución desde el año 1947 hasta 1983 en función de los planos de evolución y de las fotografías aéreas. Posteriormente, la evolución se hace teniendo en cuenta los seguimientos y campañas batimétricas realizadas, la restitución y el vuelo del año 1.995, el vuelo del año 2002 y la línea de costa de 2005 tomada de la DGSCM. Finalmente, se completa con la evolución en torno a los puertos de Premià y Masnou utilizando para ello las diferentes fotografías aéreas del Institut Cartogràfic de Catalunya tomadas de Google Earth, desde 2002 hasta 2011.



### 5.2.8.1 Evolución de las playas de Mataró

La costa del término municipal de Mataró incluida dentro del Sector 3, es decir desde el puerto de Mataró hasta la riera de Argentona; inicio del término municipal de Cabrera de Mar, tiene una longitud de 1.900 m y en su gran mayoría es un escollerado longitudinal de protección costera. Los primeros 250 m situados al sur del puerto son de arena y se encuentran protegidos por un espigón paralelo al contradique del puerto. En la hoja 32 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de la costa sur de Mataró.



Figura 5.32: Plano de evolución 1947-2005 de las playas del sur de Mataró



CEDEX

1947 a 1957: La playa de Mataró, al sur del actual puerto, situada en el Sector 3 se caracterizó por un avance generalizado de la línea de orilla, que alcanzó valores máximos de 25 m y medios, en torno, a los 10 m.

1957 a 1965: Predominó el avance de la playa en la mayoría de su longitud, excepto en el inicio y el final de la misma; 400 m en total, donde la orilla retrocedió 10 m. El avance máximo fue de 25 m y el medio de 10 m.

1965 a 1973: La costa sufrió una erosión generalizada. El retroceso alcanzó un valor máximo de 25 m y un medio de 12 m, de tal forma, que la línea de orilla del año 1973, en el tramo central de la playa, se situó próxima a la línea del año 1957.

1973 a 1977: La mitad sur de la playa se mantuvo estable con pequeñas oscilaciones, sin embargo, la mitad norte tuvo una evolución erosiva, retrocediendo la costa de 10 a 15 m. La mayor erosión acumulada se había producido en los 600 m de playa correspondientes al inicio de la misma, donde la línea de costa se encontraba en la situación más desfavorable desde 1947.

1977 a 1983: El litoral sufrió una erosión generalizada en toda su longitud. El máximo retroceso fue de 25 m y medio de 15 m. Esta pérdida de arena obligó a la construcción de un escollero longitudinal de 500 m en la parte sur, antes de la riera de Argentona.

1983 a 1995: Se caracteriza por la construcción del puerto de Mataró en 1989, que tuvo efectos muy negativos en la costa adyacente; haciendo desaparecer la playa de Mataró, que fue casi completamente rigidizada con la construcción de un escollero longitudinal de protección. La única zona de playa que quedó fueron los primeros 250 m situados junto al sur del puerto, donde se construyó un espigón paralelo al contradique del puerto. El retroceso máximo fue de 30 m y el medio, en la zona donde se construyó el nuevo escollero longitudinal, fue de 18 m.

1995 a 2002: La costa no varió nada, dado que se encontraba totalmente rigidizada con un dique longitudinal de escollera, sin playa.

2002 a 2005: La costa no varió nada, dado que se encontraba totalmente rigidizada con un dique longitudinal de escollera, sin playa.

### 5.2.8.2 Evolución de la playa de Cabrera de Mar

La costa del término municipal de Cabrera de Mar tiene una longitud de 2.300 m. El litoral se inicia en la riera de Argentona: los primeros 500 m, tras la riera hacia el sur, están formados por un escollero longitudinal sin pie de playa. Luego, tras un cambio de orientación de la costa, continúa el escollero 450 m más, pero esta vez con pie de playa, iniciándose la playa de Cabrera de Mar, que enlaza con la de San Juan de Vilassar y se apoya en el espigón del Club Náutico de dicho término municipal. En las hojas n 31 y 32 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de la costa de Cabrera de Mar.

1947 a 1957: La evolución de la playa de Cabrera de Mar se comportó de una manera oscilante, sucediéndose los tramos acumulativos y los erosivos. Los avances y retrocesos máximos de la playa fueron de 20 m, estando la superficie de playa, entre ambos años, más o menos equilibrada.

1957 a 1965: Los 400 m de playa situadas al sur de la riera de Argentona tuvieron erosión, con retrocesos máximos de 20 m, dejando a la línea de orilla en la posición del escollero longitudinal de protección del ferrocarril que se construirá más adelante. Los 700 m de playa siguientes se caracterizaron por la acumulación de sedimentos, con avances medios de 10 m

y máximos de 15 m. En los siguientes 700 m predominó de nuevo la erosión con retrocesos máximos de 10 m. La playa avanzó en su zona final, con valores máximos de 22 m, coincidiendo con la construcción del espigón de San Juan de Vilassar, muy próximo a esta zona.



Figura 5.33: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de Cabrera de Mar



CEDEX

1965 a 1973: La evolución de la costa se caracterizó por el predominio de la estabilidad, con ligeras acumulaciones, en toda su longitud, incluyendo la parte sur de la playa de Cabrera de Mar.

1973 a 1977: La evolución de la costa continuó de la misma manera, estabilidad con ligera tendencia a la acumulación; avances, en general, inferiores a 5 m. La zona de playa situada más al sur, entre 1.965 y 1.977, avanzó más de 10 m, debido al apoyo de la playa en el espigón de Vilassar.

1977 a 1983: La mitad norte de la playa de Cabrera de Mar, en 1.500 m, sufrió una erosión generalizada. La máxima erosión se produjo en la zona norte, cerca de la riera de Argentona; 20 m, alcanzándose el escollerado longitudinal que protegía al ferrocarril y que ya estaba construido. El retroceso medio en esta zona fue de 12 m. En los 800 m restantes de la playa, los situados más al sur, la evolución se caracterizó por el avance de la línea de orilla, siendo el avance máximo de 10 m.

1983 a 1995: La evolución de la costa se caracterizó por la erosión generalizada, como consecuencia de la construcción del puerto de Mataró. Sin contar los primeros 500 m, ya rigidizados, la erosión en los siguientes 1.400 m fue casi de 29.000 m<sup>2</sup>, lo que representa un retroceso medio mayor de 20 m. El retroceso máximo fue de 28 m. El resto de la playa, la situada más al sur permaneció estable.

1995 a 2002: Continúa el retroceso generalizado de toda la costa, con valores máximos en torno a 40 m. Solamente en el tramo final pegado al espigón de Vilassar se produce una ligera acumulación.

2002 a 2005: La costa se estabiliza, y en el tramo central y sur de la playa la anchura de playa recupera algunos metros, con valores máximos en torno a 20 m.

### 5.2.8.3 Evolución de la playa de San Juan de Vilassar

La costa del término municipal de San Juan de Vilassar tiene una longitud de 2.500 m. Los primeros 300 m son continuación de la playa de Cabrera de Mar y se apoyan en el espigón del Club Náutico de Vilassar. Después viene un tramo de playa de 1.000 m de longitud definido entre el espigón anterior y el otro espigón de San Juan de Vilassar. Tras este espigón, se encuentra otro tramo de la playa, de 1.200 m, que enlaza con la costa de Premiá de Mar. En las hojas 30 y 31 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de la costa de Vilassar.

1947 a 1957: En junio de 1957 todavía no estaba construido ninguno de los dos espigones de la playa Vilassar. La evolución de la playa se caracteriza por un avance casi generalizado de la línea de orilla, con excepción de los primeros 400 m de la playa que se erosionan; aquí el retroceso medio fue de 10 m. El avance medio del resto de la playa fue de 10 m y el máximo de 20 m.

1957 a 1965: En este periodo se construye el espigón del Club Náutico de Vilassar. Predominó la erosión en la playa. El único tramo que tuvo avances fueron los 400 primeros metros de playa, por el apoyo que ofrecía el espigón construido. El resto de la playa retrocedió, como mínimo, a la situación de 1947 y en muchas zonas mucho más; hasta 30 m.

1965 a 1973: La evolución de la playa se caracterizó, de nuevo, por la erosión, con la única excepción de los 400 primeros metros que se apoyan en el espigón del Club Náutico, donde el avance máximo fue importante, 28 m. En 1973 ya se había construido el segundo espigón de esta playa a 1.000 m del primero. Entre ambos espigones la erosión fue máxima, 17 m. En

el tramo situado al sur de la playa, la tendencia fue ligeramente erosiva, con retrocesos máximos de 9 m y medios menores de 5 m.

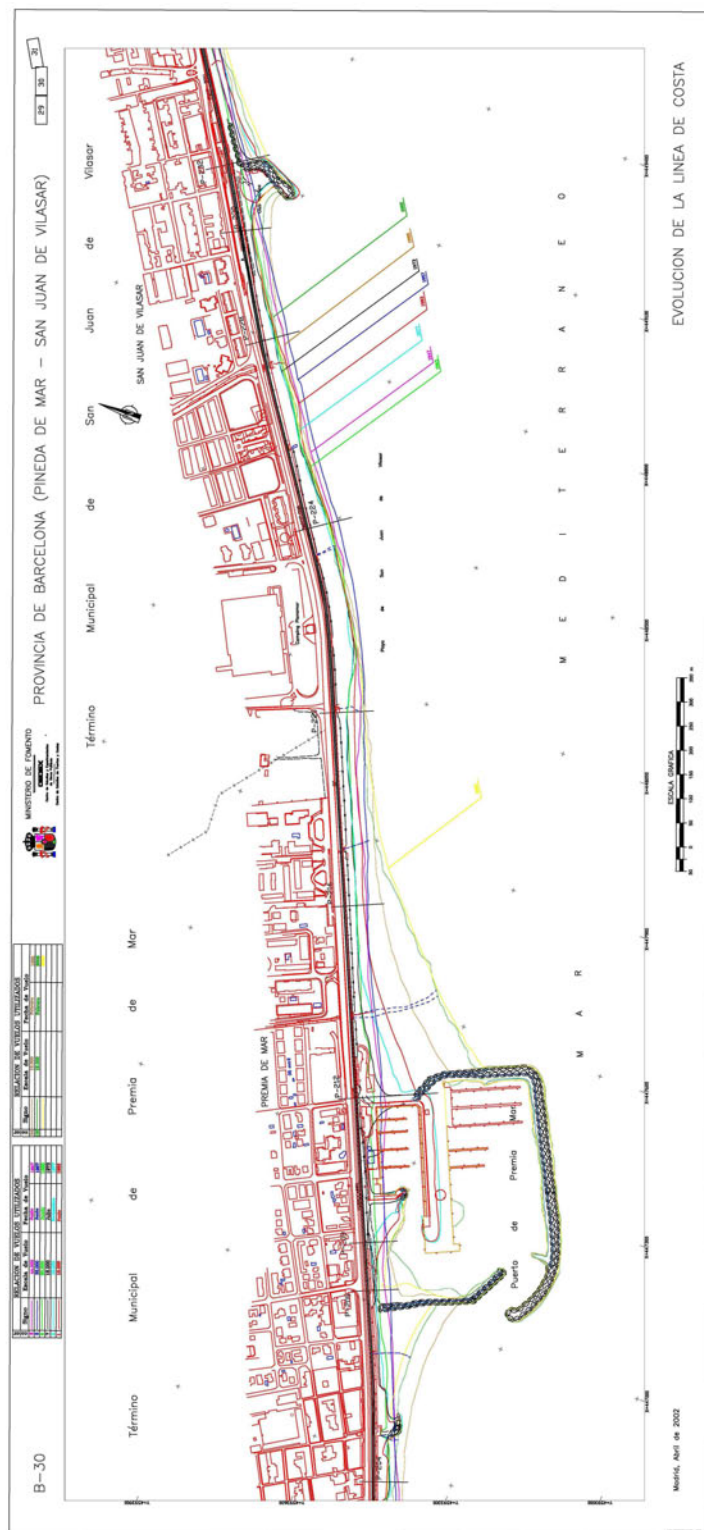


Figura 5.34: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de Vilassar y norte de Premiá de Mar

**1973 a 1977:** La evolución de la costa se caracterizó por la estabilidad en la primera y tercera zona en que se divide la playa por los dos espigones de Vilassar; los avances y retrocesos fueron inferiores a 5 m. La playa situada entre los dos espigones aumentó, avanzando la línea de orilla un máximo de 20 m y una media de 10 m.

**1977 a 1983:** La parte norte de la playa se mantuvo estable con una ligera tendencia a la acumulación en las cercanías del espigón del Club Náutico. En la parte central, entre los espigones, la playa de Vilassar aumentó su anchura en la mayoría de su longitud; 10 m de media, excepto en los 300 últimos m en que permaneció estable. En la zona sur de la playa, predominó el avance de la línea de costa, con avances máximos de 12 m y medios de 6m.

**1983 a 1995:** La parte norte de la playa fue estable, con retrocesos en la zona más próxima al primer espigón. En la zona media se produjo un avance casi general de la línea de orilla, que fue más importante en la mitad superior del tramo. El avance medio fue de 9 m y el máximo de 20 m. Por último, en la zona sur de la playa se observó la misma tendencia que en el tramo anterior, es decir, en la parte superior del tramo, junto al segundo espigón, la playa se apoyó en él y avanzó de forma notable; hasta 38 m, mientras que en el resto, la playa fue estable, con tendencia a la acumulación de sedimento.

**1995 a 2002:** La parte norte, entre espigones tiene un ligero aumento en la playa apoyada, mientras que continúa el retroceso de la línea de costa tras los espigones, con pérdidas máximas en torno a 15 m.

**2002 a 2005:** Se produce la misma tendencia que en el periodo anterior, con pérdidas máximas de anchura de playa en torno a 15 m situadas inmediatamente después del espigón más al sur.

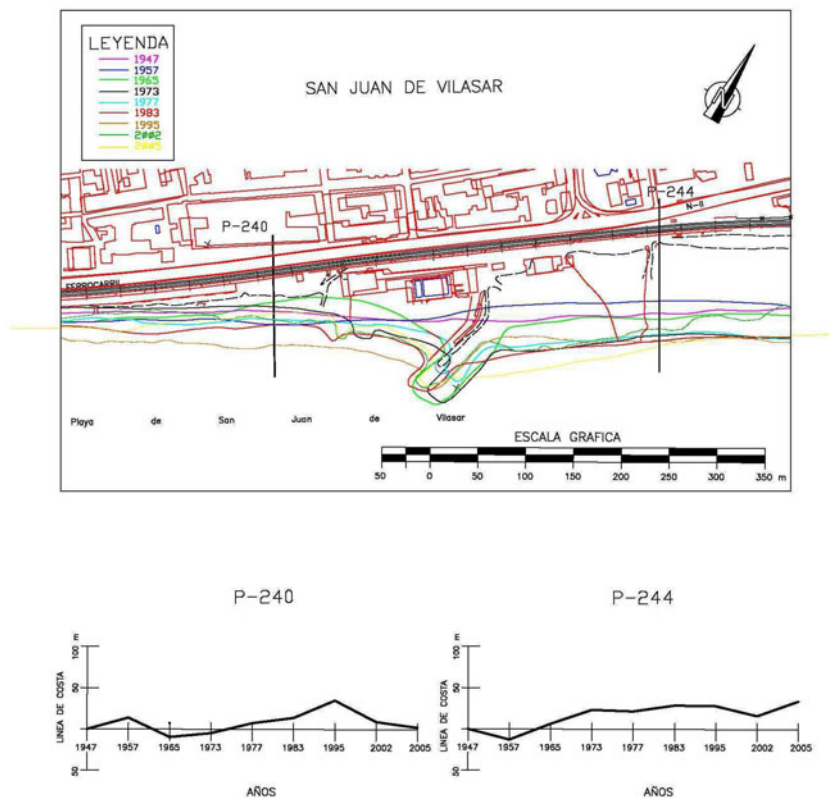


Figura 5.35 Playas en torno al espigón del Club Náutico de Vilassar y perfil de control de su evolución

#### 5.2.8.4 Evolución de las playas de Premiá de Mar

La costa del término municipal de Premiá de Mar tiene una longitud de 3.600 m. El puerto deportivo de Premiá divide la playa en dos tramos, la playa norte tiene una longitud de 800 m y es la continuación de la playa de San Juan de Vilassar, mientras que, la playa sur es de 2.400 m y enlaza, a partir de la riera de Teya, con la playa de Masnou. En las hojas 29 y 30 del de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de las playas de Premiá.

1947 a 1957: En este periodo, la playa de Premiá no tuvo grandes oscilaciones. En 1957 todavía no estaba construido el puerto de Premiá. En la zona norte predominó un ligero avance de la playa, de 5 m de valor medio y 15 m de máximo. En el resto de la playa se sucedieron tramos de avance con otros de retroceso. El retroceso máximo fue de 12 m y el avance máximo no pasó de 6 m.

1957 a 1965: Se produjo una importante erosión generalizada en todo el litoral de Premiá. El retroceso medio de la playa se situó entre los 15 y 20 m y el máximo llegó a los 35 m.

1965 a 1973: La playa norte de Premiá prácticamente no varió, con excepción del avance de la playa que se originó junto al puerto, en 1973 ya estaba construido el puerto de deportivo de Premiá de Mar. En los 400 m situados aguas abajo del puerto la erosión continuó, siendo el retroceso medio de 12 m. En el resto de la playa, para intentar limitar la erosión, se construyeron 3 espigones, los dos primeros muy pequeños y el tercero algo mayor y con dos alineaciones. Entre los espigones, la playa se estabilizó, con un pequeño avance medio de la línea de orilla de 5 m. En la parte sur de la playa de Premiá, la evolución de la costa fue acumulativa, con avances medios de 10 m

1973 a 1977: La playa norte se mantuvo estable, menos en los 300 m situados junto al puerto en donde aumentó; el avance medio fue de 20 m y el máximo de 35 m. Aguas abajo del puerto, hasta el tercer espigón, la playa permaneció estable, con ligeros avances de la línea de orilla, excepto junto al contradique donde la acumulación fue importante en 80 m de longitud. La parte sur de la playa se caracterizó por una ligera tendencia a la acumulación, los avances medios fueron de 5m.

1977 a 1983: La parte norte de la playa avanzó de forma considerable debido al apoyo en el puerto de Premiá; el avance medio fue de 20 m. y el máximo de 30 m. Aguas abajo del puerto, donde se sitúan los espigones, se produjo una erosión media de 10 m, lo que ponía en peligro el trazado del ferrocarril, solo aumentó la playa junto al contradique del puerto. En la zona sur se originó una erosión generalizada que oscilaba de 5 a 10 m.

La siguiente línea de costa de los planos de evolución es la de marzo de 1.995. La evolución entre esta fecha y junio de 1.983 se complementa con los datos del seguimiento realizado por el CEDEX en el tramo Mongat – Premiá para la DGSCM.

La Dirección General de Costas, o la antigua Dirección General de Puertos y Costas, hoy DGSCM, terminó la regeneración del tramo de costa comprendido entre el espigón de Mongat y el puerto de Premiá en el año 1987, vertiendo un total de 2.228.888 m<sup>3</sup> de arena. Posteriormente, la Dirección General de Costas, hoy DGSCM, volvió a regenerar el tramo de costa comprendido entre los puertos de Masnou y Premiá: en el año 1988 se aportaron 100.000 m<sup>3</sup> de arena y en 1993, otros 500.000 m<sup>3</sup>.

En mayo de 1987 el CEDEX realizó la primera de las 10 batimetrías efectuadas en la zona. De todos estos seguimientos se han seleccionado dos, con una separación en el tiempo de bianual: septiembre de 1991 y noviembre de 1993. Las campañas del CEDEX se realizaron en coordenadas relativas, por lo que no se pueden comparar de forma adecuada con las líneas de orilla de los planos de evolución de la costa de este Centro, realizados en coordenadas U.T.M.





Por ello, primeramente se analizan las dos campañas del CEDEX y luego se continuará con el estudio de los planos de evolución.

La comparación de las líneas de orilla obtenidas de las campañas batimétricas de septiembre de 1991 y noviembre de 1993 del término municipal de Premiá de Mar; que afectan a la playa sur del puerto de Premiá, muestra un comportamiento claramente erosivo en los primeros 1.400 m, perdiéndose 20.000 m<sup>2</sup> de playa, lo que supone un retroceso medio mayor de 14 m. El resto de la playa sur se comportó de forma estable. Sin embargo la playa de Masnou, situada al norte del puerto de Masnou y continuación natural de la playa de Premiá, tuvo una evolución contraria, produciéndose una acumulación en ella de 32.000 m<sup>2</sup>, repartidos en los 1.700 m de la playa norte de Masnou, lo que supuso un avance medio de la línea de orilla de casi 19 m. Por tanto, en el balance total entre los puertos de Masnou y Premiá muestra que se acumularon 12.000 m<sup>2</sup> de sedimento.

Continuando con los datos que facilitan los planos de evolución de la costa del CEDEX:

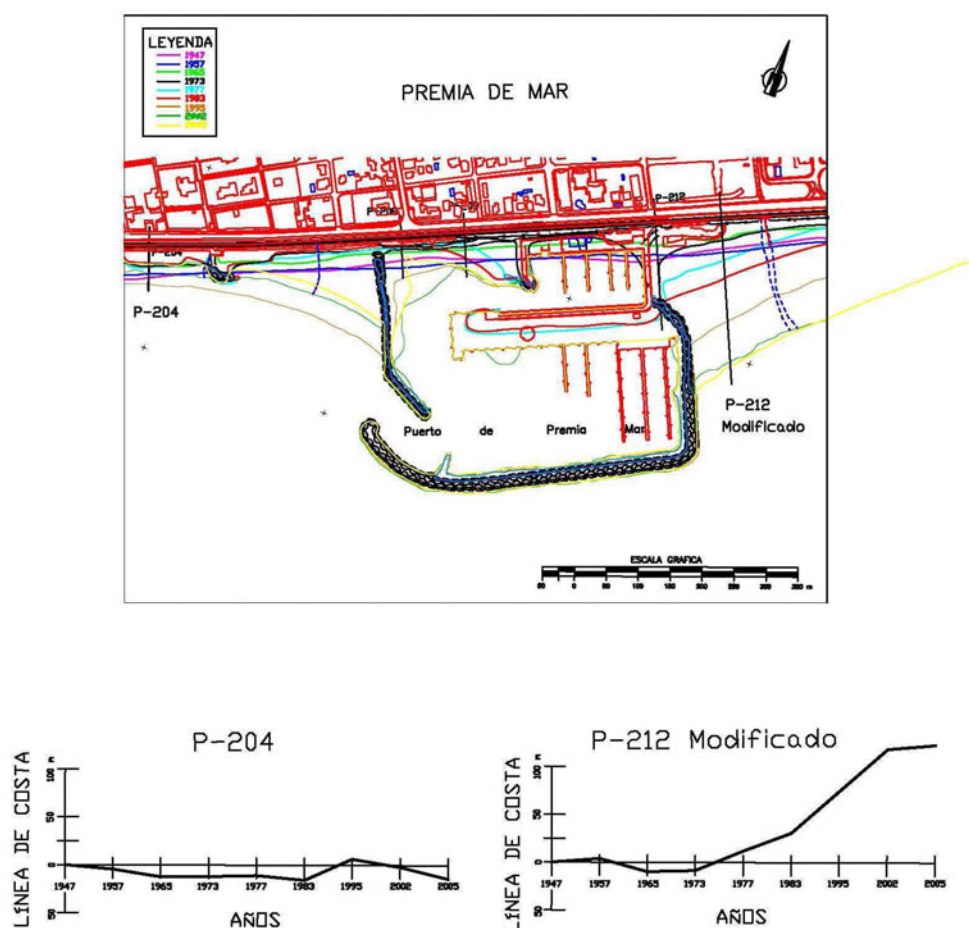


Figura 5.37: Playas en torno al puerto de Premiá de Mar y perfiles de control de su evolución

**1983 a 1995:** Se aprecia, por una parte, que en 1995 ya se había producido una importante ampliación en el puerto de Premiá y, por otra, que ya se habían producido las regeneraciones de la playa sur de Premiá. La playa norte de Premiá, por su nuevo apoyo en el puerto ampliado, aumentó su superficie en 32.000 m<sup>2</sup>, lo que produjo un avance medio de 40 m y un avance máximo, junto al puerto, de 68 m. La regeneración de la playa sur, además del aporte de arena, supuso la modificación del mayor espigón de la playa, que se acortó y se hizo de una sola alineación normal a la costa. El aumento de superficie de playa entre 1983 y 1995 fue de 89.000 m<sup>2</sup>, esto indica un avance medio de la orilla de 37 m, si bien este avance no fue uniforme; el máximo avance se produjo junto al puerto, 140 m, y luego fue decreciendo al avanzar hacia el sur, donde fue mínimo, 10 m.

**1995 a 2002:** Se produce un fuerte avance de la línea de orilla de la playa norte de Premiá apoyada en el dique del puerto, en torno a 60 m, consecuencia directa de la ampliación, no reduciéndose más al norte la anchura de playa. Al sur del puerto la situación es totalmente la contraria, la línea de orilla se retranquea en torno a 20 m, en los lugares que lo permite, pues al sur en muchos puntos la playa prácticamente desaparece, chocando con las obras de defensa lineales.

**2002 a 2005:** La tendencia descrita en el periodo anterior continua. Las acumulaciones al norte del puerto de Premiá de Mar aumentan en torno a 15 m. Mientras, al sur del puerto, sigue el retroceso de la línea de orilla de la playa, con pérdidas en torno a 12 m.

Para periodos recientes se ha recurrido a utilizar los datos que nos suministraban las fotografías aéreas del Institut Cartogràfic de Catalunya entre los años 2002 y 2011, tomadas de Google Earth. De ellas se han extraído las líneas de orilla de cada uno de los vuelos y se ha insertado en el último de ellos. El resultado son las dos fotografías que se muestran a continuación. La primera de ellas abarca desde el espigón sur de Vilassar hasta la playa de Masnou.



Figura 5.38: Evolución de las playas en torno al puerto de Premiá de Mar, 2002 a 2011 (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)



Figura 5.39: Evolución de las playas en torno al puerto de Premiá de Mar, 2002 a 2011- detalle (foto: Institut Cartorgràfic de Catalunya y Google Earth)

El estado erosivo y la descompensación sedimentaria que produce la barrera constituida por el puerto de Premiá de Mar continua, si bien la tasa de retroceso parece como si se hubiera estabilizado; si bien, en la mayoría del tramo es debido a que la playa ha desaparecido, no teniendo más sitio para retroceder.

### 5.2.8.5 Evolución de las playas de Masnou

La costa del término municipal de Masnou tiene una longitud de 3.600 m. El puerto deportivo de Masnou divide la playa en dos tramos, la playa norte tiene una longitud de 1.750 m y es la continuación de la playa sur de Premiá, mientras que, la playa sur es de 1.100 m y enlaza con la playa de Mongat en la desembocadura del arroyo de la Hoguera. En las hojas 28 y 29 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de las playas de Masnou.

1947 a 1957: En este periodo todavía no se había construido el puerto de Masnou. La playa de Masnou se comportó de una manera ligeramente acumulativa a lo largo de toda su longitud. Los máximos avances fueron de 15 m y el avance medio oscilaba de 5 a 10 m.

1957 a 1965: Se construyó un espigón en el arranque norte del actual puerto de Masnou. En este período predominó la erosión en la mayoría de la playa, principalmente aguas arriba del espigón, donde el retroceso medio fue de 10 m y el máximo de 15 m, con excepción de los 400 m más próximos al mismo donde avanzó la playa por el apoyo que suponía; el avance máximo fue de 60 m. Aguas abajo del espigón predominó, de nuevo, la erosión, aunque esta vez menos que en el otro tramo de la playa; 5 m de media.



CEDEX

# ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME (Informe parcial)

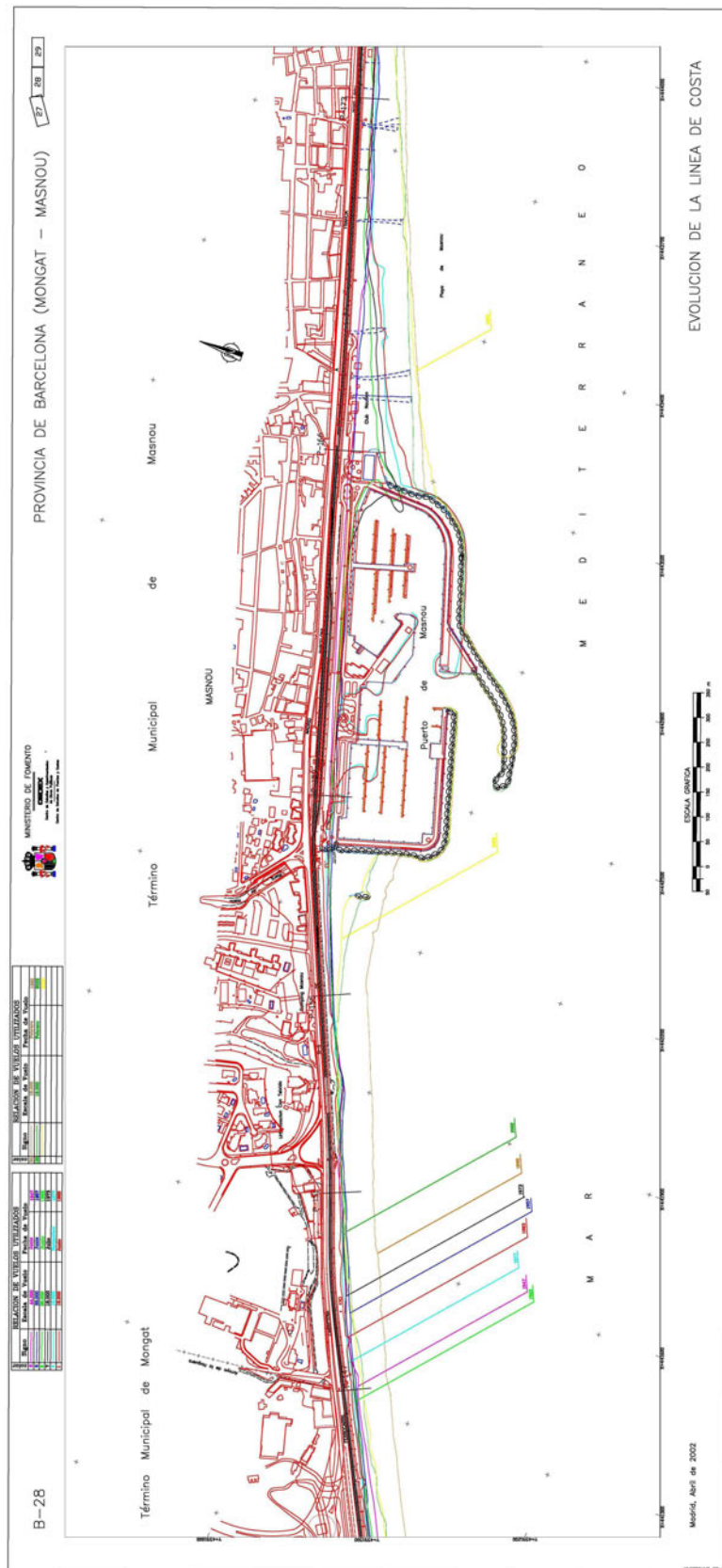


Figura 5.40: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de Masnou y Mongat



1965 a 1973: La parte septentrional de la playa norte de Masnou se erosionó ligeramente, mientras que la mitad sur de la misma tuvo una pequeña tendencia acumulativa, especialmente en las proximidades del espigón, donde el avance medio fue de 10 m. La playa situada al sur del espigón estaba rigidizada por un escollerado longitudinal que protegía el ferrocarril, por lo que la línea de costa se mantuvo estable. Tan solo avanzó la parte de la playa apoyada en el espigón de Masnou.

1973 a 1977: A comienzos de este periodo se construyó el puerto deportivo de El Masnou. Se situó dónde estaba el espigón, aguas debajo de él, ocupando 400 m de línea de costa. A poca distancia del contradique se construyó un dique exento. La playa norte se mantuvo sin variaciones, excepto en los 600 m más próximos al puerto, donde la playa avanzó por el apoyo que suponía. El avance medio fue de 15 m y el máximo de 25 m. Aguas abajo del dique exento la costa estaba rigidizada y no varió.

1977 a 1983: La parte norte de la playa tuvo una evolución oscilante, sucediéndose, en general, avances y retrocesos inferiores a 10 m. El máximo avance ocurrió junto al puerto, 20 m. La playa situada al sur del puerto, a pesar de estar rigidizada, continuó con su tendencia erosiva.

La playa norte de Masnou fue regenerada en el año 1987 y luego hubo nuevos aportes de sedimentos de menor volumen. Entre septiembre de 1991 y noviembre de 1993, fecha de dos de las campañas batimétricas del CEDEX, la playa norte de Masnou avanzó de forma notable, al acumularse la arena en Masnou en detrimento de la playa sur de Premiá; como se comentó anteriormente en la evolución de la costa de Premiá de Mar.

La playa sur de Masnou, fue regenerada por la Dirección General de Costas, hoy DGSCM, en 1987 en el tramo de costa comprendido entre el espigón de Mongat y el puerto de Premiá en el vertiendo un total de 2.228.888 m<sup>3</sup> de arena. Posteriormente, la Dirección General de Costas, hoy DGSCM, volvió a verter arena en el tramo de costa comprendido entre el puerto de Masnou y el espigón de Mongat; donde se encuentra la playa sur de Masnou en diferentes fases: en 1988 se aportaron 75.000 m<sup>3</sup>; en 1991, 147.000 m<sup>3</sup>; y en 1994, otros 500.000 m<sup>3</sup>.

La comparación de las líneas de orilla obtenidas de las campañas batimétricas del CEDEX de septiembre de 1991 y noviembre de 1993 de la costa sur del puerto de Masnou, que incluye la playa sur de Masnou y la playa de Mongat situada al norte de su espigón, muestra una erosión total en el período de 25.000 m<sup>2</sup> de superficie de playa, lo que representa un retroceso medio mayor de 9 m. La erosión fue especialmente importante en toda la playa sur de Masnou, donde se perdieron casi 29.000 m<sup>2</sup> de superficie de playa, es decir; 26 m por m de playa. La playa de Mongat, en los 1.000 m más próximos al espigón, fue ligeramente acumulativa con un avance medio de casi 7 m.

Utilizando los planos de evolución de la costa:

1983 a 1995: Se aprecia, por una parte, que en 1995 ya se había producido una importante ampliación en el puerto de Masnou, que pasa a ocupar 750 m del frente costero y, por otra, que ya se habían producido las regeneraciones de la playa de Masnou. El aumento de la superficie de la playa sur de Masnou es de 88.000 m<sup>2</sup>, lo que representó un avance medio de 80 m, que llega a los 150 m junto al puerto. La playa de Mongat situada al norte del espigón, de 1.600 m de longitud, tuvo un aumento de superficie de 114.000 m<sup>2</sup>, lo que representó un avance medio mayor de 71 m por m de playa.

1995 a 2002: La playa norte de Masnou tiene un ligero retroceso, con valores máximos de unos 15 m. Mientras que en la playa al sur del puerto, el retroceso es importante, llegando a alcanzar cerca de 65 m, desapareciendo prácticamente la playa entre Masnou y Mongat.

2002 a 2005: La tendencia es la misma apuntada para el periodo anterior. La playa norte vuelve a crecer quedando en los niveles de 1995, mientras la playa sur sigue reduciendo su anchura, con valores puntuales máximos de 27 m; aunque, en el tramo sur la costa no puede retroceder más, chocando con las defensas longitudinales de costa. La descompensación que produce el puerto, al igual que todos los del Maresme es patente si se observa la evolución de la línea de orilla de un perfil al norte del puerto y otro a sur de este.

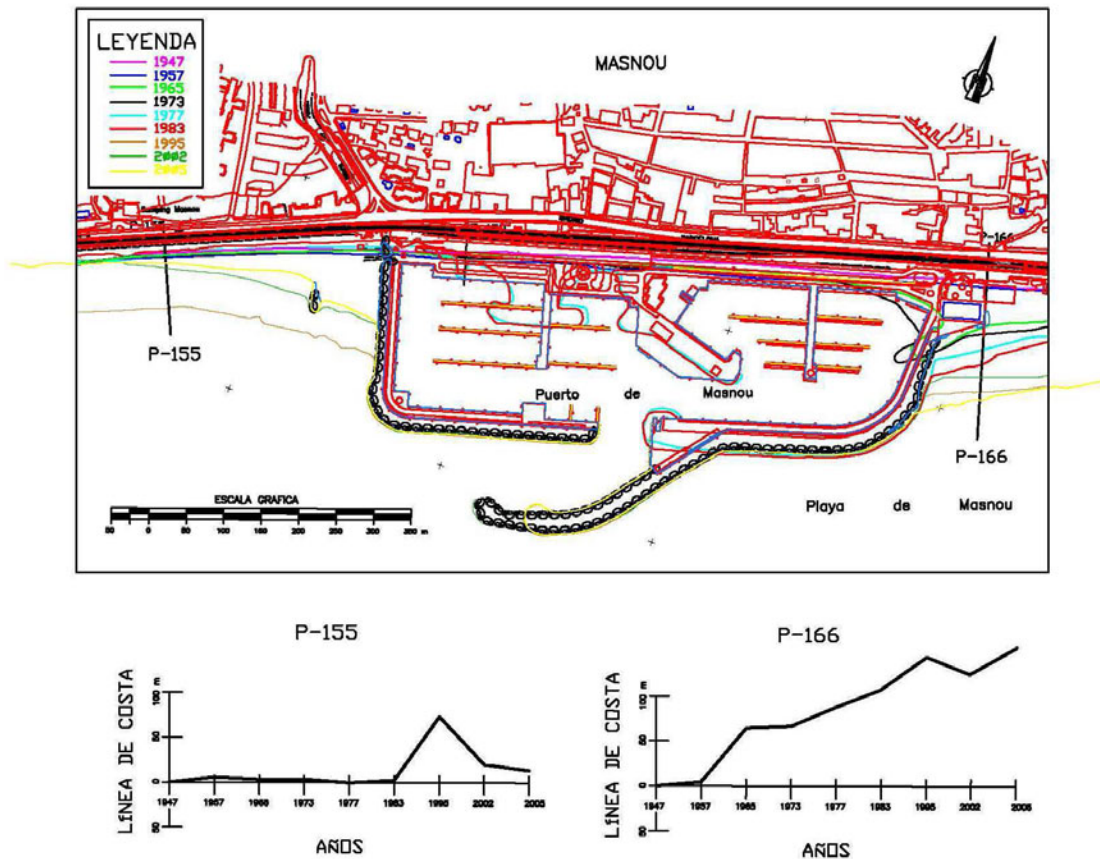


Figura 5.41: Playas en torno al puerto de Masnou y perfiles de control de su evolución

Para periodos recientes se ha recurrido a utilizar los datos que nos suministraban los fotografías aéreas del Institut Cartogràfic de Catalunya entre los años 2002 y 2011, tomadas de Google Earth. De ellas se han extraído las líneas de orilla de cada uno de los vuelos y se ha insertado en el último de ellos. El resultado son las dos fotografías que se muestran a continuación. La primera de ellas abarca desde el sur del puerto de Premià de Mar hasta el espigón de Mongat.

En ellos se aprecia cómo la playa al norte del puerto ha seguido con una tendencia acumulativa, mientras la playa al sur, hasta el espigón de Mongat se ha erosionado levemente en su zona norte y ha aumentado levemente, también, la acumulación en el espigón de Mongat.



Figura 5.42: Evolución de las playas en torno al puerto de Masnou, 2002 a 2011 (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)



Figura 5.43: Evolución de las playas en torno al puerto de Masnou, 2002 a 2011- detalle (foto: Institut Cartogràfic de Catalunya y Google Earth)

#### 5.2.8.6 Evolución de la playa de Mongat

La costa del término municipal de Mongat tiene una longitud de 2.500 m. En ella está situado un espigón que divide la playa de dos partes y que ha sido considerado el límite sur del Maresme. La playa norte tiene 1.600 m de longitud, es la continuación natural de la playa sur de Masnou y ha sido objeto de las regeneraciones comentadas anteriormente. La costa sur de Mongat tiene una longitud de 900 m y enlaza con la costa de Badalona. En las hojas n27 y 28 de los Planos de Evolución se muestra las variaciones de las líneas de orilla desde 1947 hasta 2005 de la playa de Mongat.

1947 a 1957: Los primeros 1.000 m de la playa de Mongat se comportaron de una manera erosiva, el máximo retroceso fue de 15 m y el medio se situaba en torno a los 10 m. En el resto de la playa de Mongat se alternaban los tramos acumulativos con otros erosivos, aunque los avances y retrocesos medios eran de 5 m.

1957 a 1965: Se produjo una importante erosión en casi todo el litoral de Mongat. Los primeros 600 m, los situados al norte, no tuvieron variaciones importantes, sin embargo, el resto de la playa retrocedió de forma notable; el retroceso máximo fue de 20 m y el medio de 15 m. Posiblemente, en el año 1965, ya existía un escollerado longitudinal de 400 m de longitud que defendía la costa en la zona sur de la playa.

1965 a 1973: La costa de Mongat estaba rigidizada, en casi toda su longitud, por un escollerado longitudinal que protegía la línea del ferrocarril. Las únicas zonas de playa existentes en el municipio correspondían a 400 m apoyados aguas arriba del espigón de Mongat y a 150 m situados aguas abajo del mismo. Por esto, la evolución de la costa entre ambas fechas se caracteriza por la estabilidad, con pequeños avances y retrocesos a lo largo de toda su longitud; en general, inferiores a 5m.



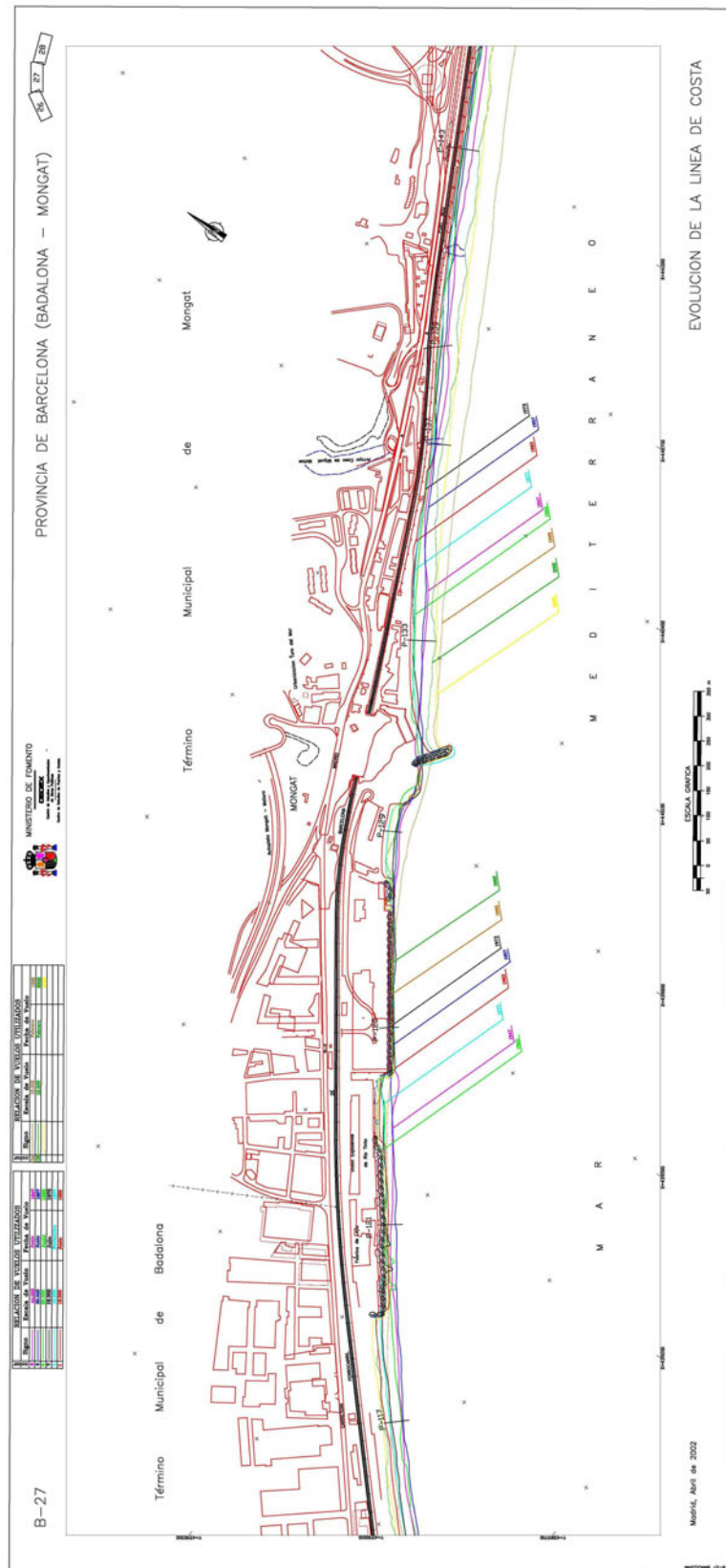


Figura 5.44: Plano de evolución 1947-2005 de las playas de Mongat y Badalona

1973 a 1977: En este periodo se construyó el espigón de Mongat. Se situó a 1.600 m de la playa de Masnou, sobre una pequeña punta existente en la playa. debido a la rigidización existente, la costa de Mongat se mantuvo estable, con ligera tendencia a la erosión. Destaca el retroceso medio de la pequeña playa situada aguas abajo del espigón, 14 m.

1977 a 1983: la costa de Mongat continuó rigidizada e incluso con su tendencia a la erosión. La playa apoyada aguas arriba del espigón de Mongat retrocedió de 5 m a 10 m y la playa sur una media de 10 m.

La playa al norte del espigón de Mongat y la sur de Masnou fueron regeneradas en 1987 y posteriormente se realizaron recargas de menores, como se ha dicho en el apartado anterior. La comparación de las líneas de orilla obtenidas de las campañas del CEDEX de septiembre de 1991 y noviembre de 1993, muestra una erosión total en el período de 25.000 m<sup>2</sup> de superficie, lo que representa un retroceso medio mayor de 9 m. La playa de Mongat, en los 1.000 m más próximos al espigón, fue ligeramente acumulativa con avance medio de casi 7 m.

Utilizando los planos de evolución de la costa:

1983 a 1995: Se aprecia que ya se había producido la regeneración de la playa norte de Mongat, de 1.600 m de longitud. El aumento de superficie fue de 114.000 m<sup>2</sup>, lo que representó un avance medio mayor de 71 m por m de playa. La playa al sur del espigón también mejoró, avanzando la línea de orilla en toda su longitud gracias al sedimento que pasó por delante. El avance máximo fue en la pequeña playa situada aguas abajo del espigón, 50 m.

1995 a 2002: En este periodo, la playa apoyada en el espigón fue reduciendo su anchura, desde valores máximos en torno a 50 m hasta prácticamente quedarse como estaba junto al espigón de Mongat

2002 a 2005: La línea de orilla prácticamente no cambia; solamente junto al espigón la anchura de playa crece moderadamente.

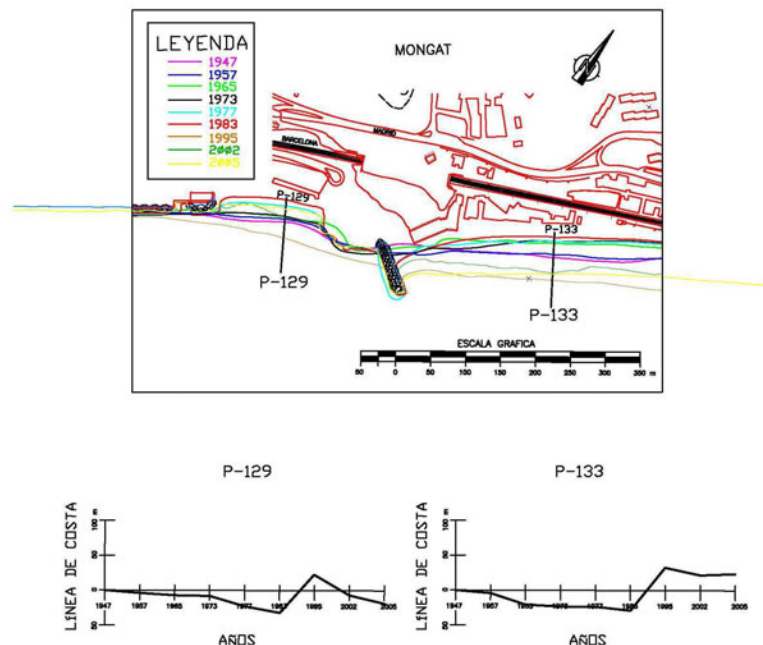


Figura 5.41: Playas en torno al espigón de Mongat y perfiles de control de su evolución

## 6. ZONAS CON PROBLEMAS Y VARIABLES QUE LAS DEFINEN

A lo largo de los capítulos anteriores se ha ido apreciando cómo toda la costa en estudio –de Malgrat al espigón de Mongat- se ve afectada por tres variables, que a su vez se comportan de manera diferente en una costa que no es uniforme morfológicamente: La costa abierta, arenosa y continua; el clima marítimo que provoca un fuerte transporte en sentido sur; unas instalaciones portuarias que fragmentan la costa e impiden el libre movimiento de sedimento, que cada vez en menor cantidad se incorpora al movimiento sólido a lo largo de la costa. Además de ellas, las soluciones que se han dado suelen tener un tratamiento similar para los tres tramos, sistemas litorales, en que está dividida la costa del Maresme cuando los condicionantes sociales y geográficos son diferentes.

### 6.1 FASES DEL ANÁLISIS Y ACTUACIONES FUTURAS

El análisis de estos problemas que provocan estas tres variables y las actuaciones posibles para mitigarlos deben realizarse en los siguientes estadios o fases:

1. Visión global de la costa y en cada una de las zonas
2. Tratamiento diferenciado de cada uno de los sistemas litorales para ajustarse a la realidad
3. Delimitación de las zonas con problemas actuales y futuros, y medios de abordarlos
4. Efecto de la subida del nivel del mar debido al cambio climático

Todo ello nos llevará a considerar la tendencia evolutiva en el estado actual y las alteraciones que podrían realizarse de éstas mediante actuaciones concretas para mejorar esa perspectiva evolutiva.

### 6.2 VISIÓN GLOBAL DE COMPORTAMIENTO DE LA COSTA

Si se observa la costa del Maresme entre la desembocadura del río Tordera y el espigón de Mongat, se aprecia que ésta en su conjunto tiene una alineación casi recta, formando  $63^\circ$  con el norte.

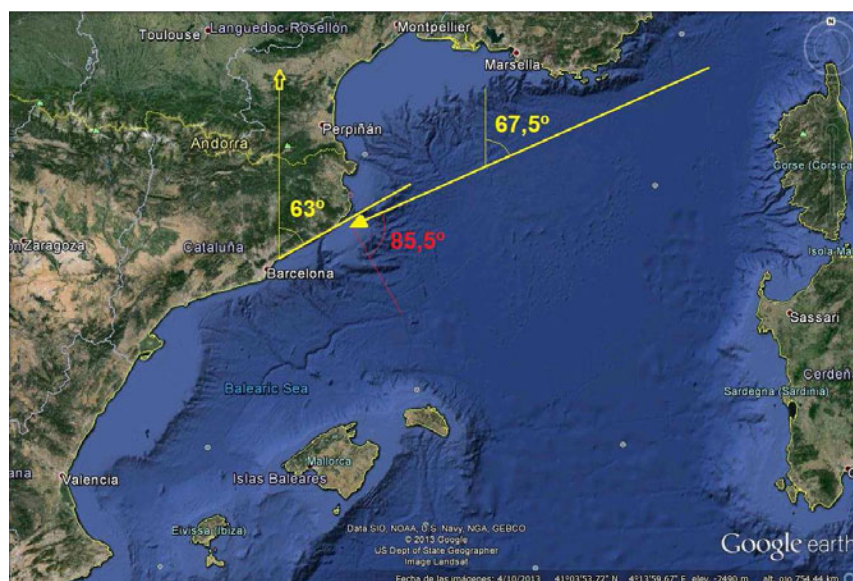


Figura 6.1: Configuración general de la costa del Maresme y dirección principal de oleaje con mayor fetch (foto: Google Earth)

La configuración de este tramo de la península Ibérica frente a las islas de Córcega y Cerdeña hace que el oleaje sea franco cuando proviene del golfo de León que en alta mar tomaría una dirección del oleaje principal (que posee más longitud de desarrollo, fetch) aproximada de  $67,5^\circ$  respecto del norte. Por tanto, si llegase con esa dirección a estas costas catalanas, lo haría con  $85,5^\circ$  respecto a la normal general a la costa; si bien la configuración de los fondos marinos hace que los frentes giren intentando ponerse perpendiculares a la costa, para conocer este giro habría que recurrir a las propagaciones de oleaje que muestran cómo los giros son cada vez mayores cuanto más se aleja la dirección de oleaje inicial de la normal a la costa; esto hace pensar que valores de giros entre  $30$  y  $35^\circ$  de los frentes provenientes de esta dirección serían lógicos. Para hacerse una idea de lo que esta situación representa hay que tener en cuenta que el máximo transporte se produce (Castanho 1966, Peña 2007) cuando el ángulo de incidencia del oleaje sobre la costa se encuentra entre  $50$  y  $60^\circ$ .

Si se toma esta dirección como representativa del comportamiento general y relativo entre los diferentes tramos de costa que forman los tres sistemas litorales, y para hacerse una idea de lo que esta situación representa se traslada a la curva de Castanho (1966), suponiendo el máximo de transporte sólido litoral longitudinal en el entorno de  $60^\circ$ . Se obtendría el desarrollo siguiente.

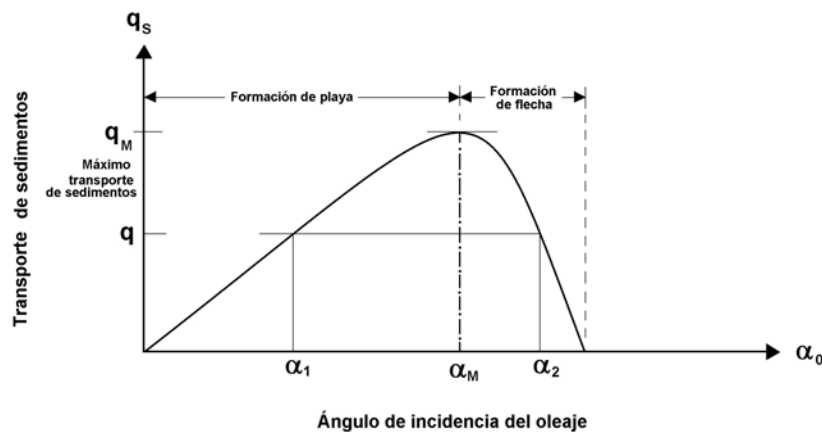


Figura 6.2: Variación del transporte sólido litoral en función del ángulo de incidencia del oleaje según Castanho (1966)

Si ahora se toman nueve puntos representativos de la costa del Maresme:

1. Malgrat-Arenys de Mar
2. Arenys de Mar
3. Caldetas
4. El Balís
5. Mataró Norte
6. Mataró Norte r
7. Vilassar
8. Masnou-Premiá de Mar
9. Mongat

Y sobre ellas se realiza el mismo proceso, y sobre la dirección general del oleaje se supone una refracción media basándose en las propagaciones de oleaje que como se ha comentado

anteriormente podría suponer un valor medio entre 30 o 35° se obtendría el siguiente cuadro que se extrae de las figuras a continuación:

| INCIDENCIA DE OLEAJE CON MAYOR DESARROLLO |                |                |                |
|---|----------------|----------------|----------------|
| Playas                                    | Sin refracción | Refracción 30° | Refracción 35° |
| General                                   | 85,5°          | 55,5°          | 50,5°          |
| Malgrat-Arenys de Mar                     | 88,5           | 58,5°          | 53,5°          |
| Arenys de Mar                             | 77,5°          | 47,5°          | 42,5°          |
| Caldetas                                  | 83°            | 53°            | 48°            |
| El Balís                                  | 92,5°          | 62,5°          | 57,5°          |
| Mataró Norte                              | 67,5°          | 37,5°          | 32,5°          |
| Mataró Norte                              | 75,5°          | 45,5°          | 40,5°          |
| Vilassar                                  | 79,5°          | 49,5°          | 44,5°          |
| Masnou-Premiá de Mar                      | 93,5°          | 63,5°          | 58,5°          |
| Mongat                                    | 82,5°          | 52,5°          | 47,5°          |

Debe tenerse en cuenta que estos giros del oleaje son generales y aproximados para darse una idea global del comportamiento conjunto del tramo.



Figura 6.3: Configuración general de las playas del primer tramo, sistema litoral, del Maresme entre Malgrat de Mar y Arenys de Mare y dirección de oleaje de mayor fetch (foto: Google Earth)



CEDEX

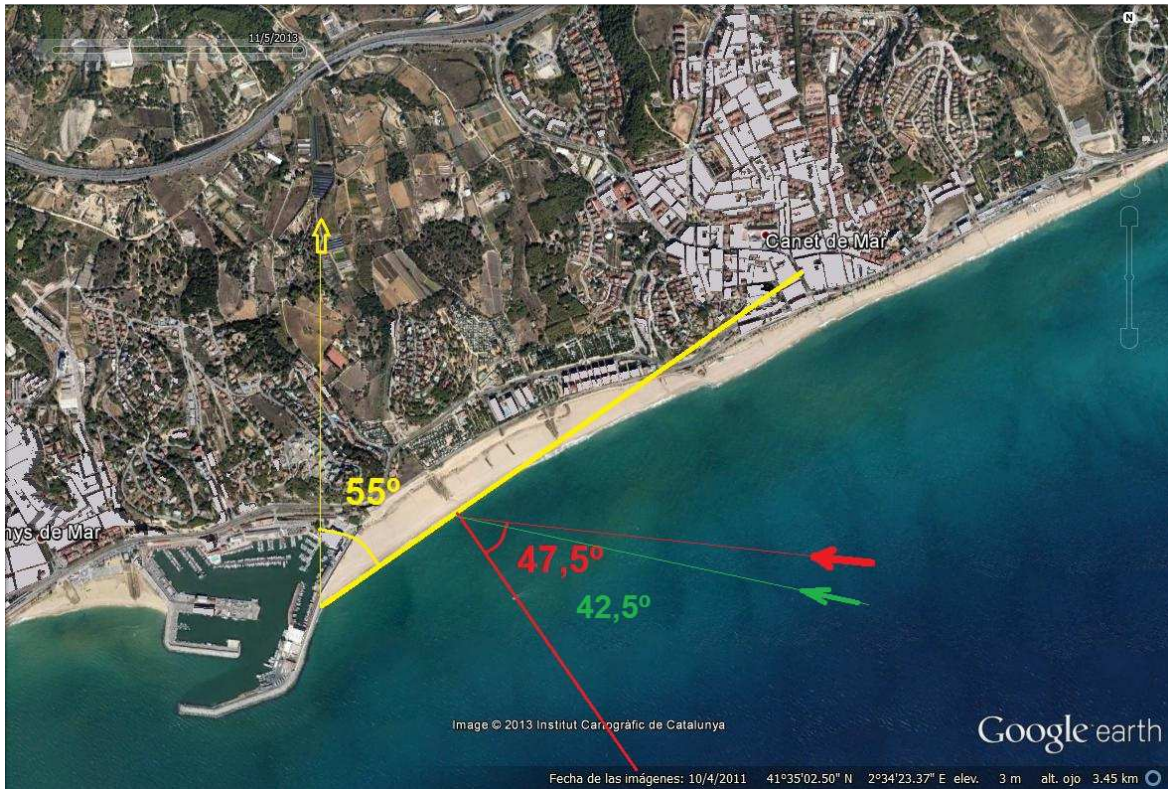


Figura 6.4: Configuración general de la playa del primer tramo, sistema litoral, del Maresme de Arenys de Mar y dirección de oleaje de mayor fetch (foto: Google Earth)

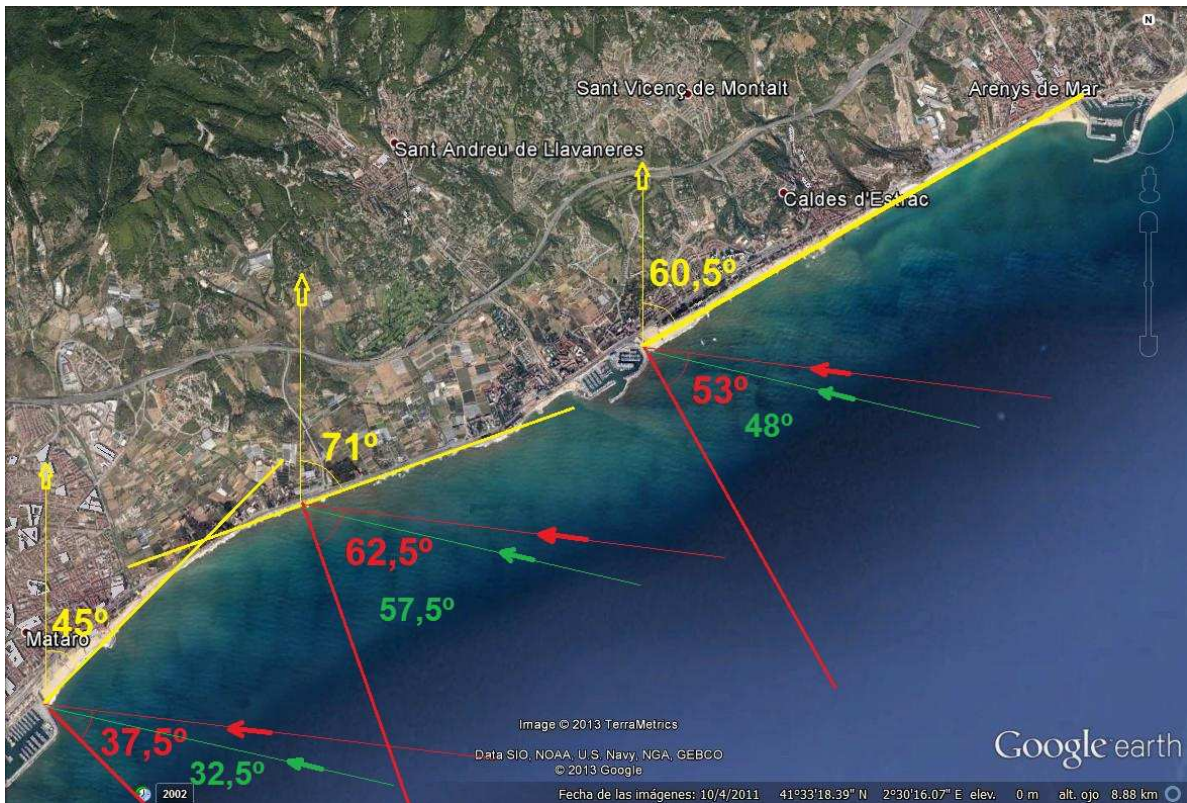


Figura 6.5: Configuración general de las playas del segundo tramo, sistema litoral, del Maresme entre Arenys de Mar y Mataró y dirección de oleaje de mayor fetch (foto: Google Earth)

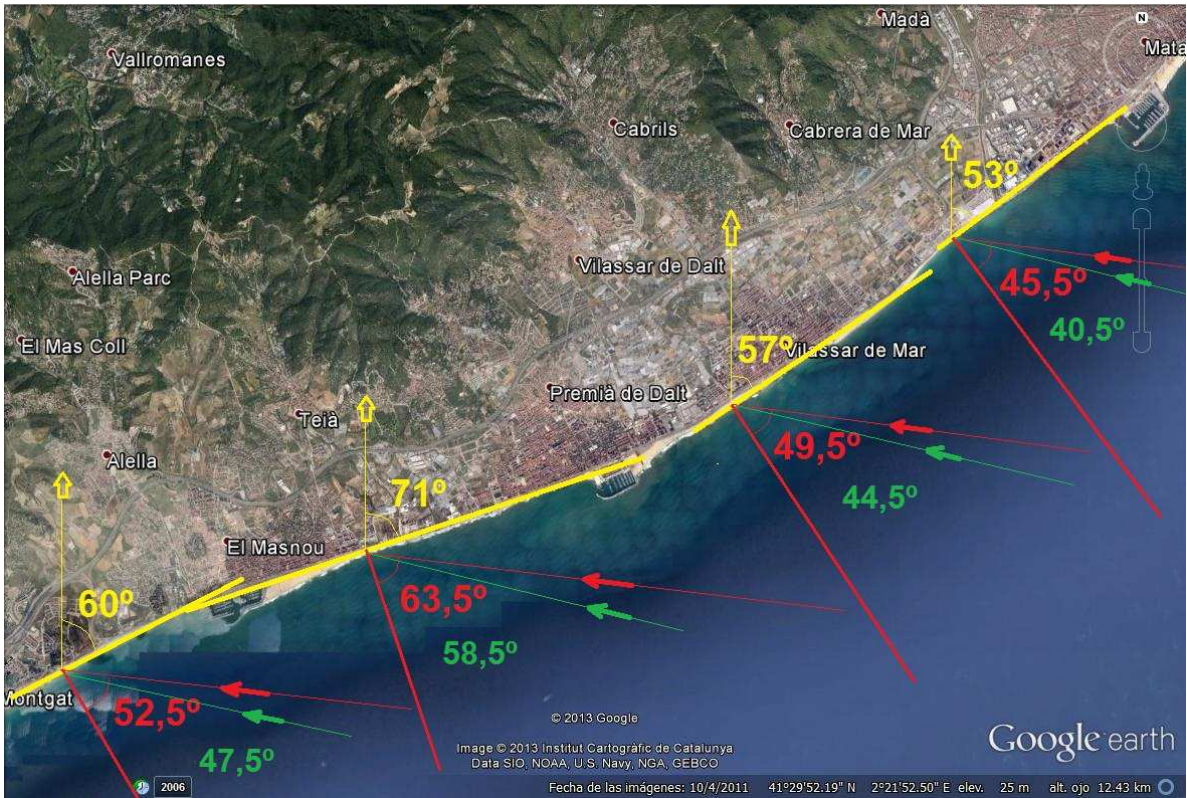


Figura 6.6: Configuración general de las playas del tercer tramo, sistema litoral, del Maresme entre Mataró y espigón de Mongat y dirección de oleaje de mayor fetch (foto: Google Earth)

Si estos datos se trasladan a la curva de Castanho se obtendrían las siguientes figuras:

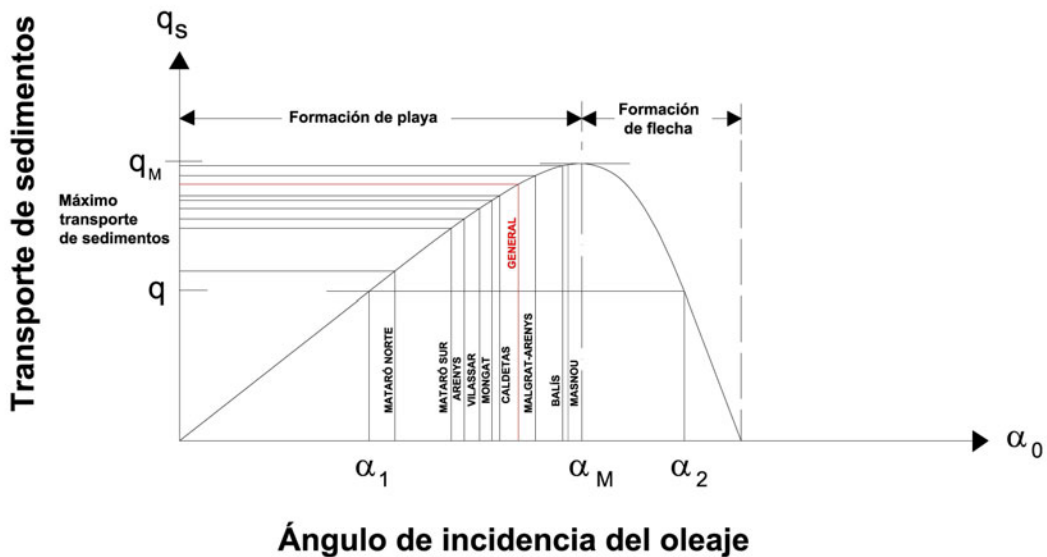


Figura 6.7: Capacidad relativa de transporte de sedimentos de diferentes playas del Maresme, suponiendo un giro de 35° de oleaje de alta mar, usando la curva de Castanho (1966)

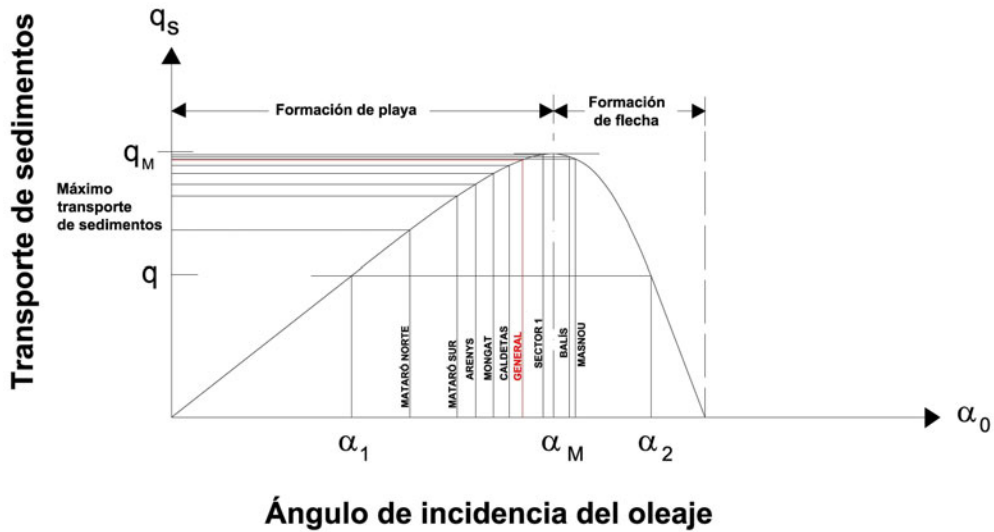


Figura 6.8: Capacidad relativa de transporte de sedimentos de diferentes playas del Maresme, suponiendo un giro de 30° de oleaje de alta mar, usando la curva de Castanho (1966)

Si se observa los gráficos anteriores se aprecia que la orientación general de la costa del Maresme se encuentra cerca del límite de formación de flechas, tal y como Falqués indica (2005 y 2013). Además se aprecia que los transportes longitudinales de sedimentos de los tramos elegidos son muy altos y muy cercanos entre ellos; alejándose únicamente las playas de Mataró y la apoyada de Arenys de Mar.

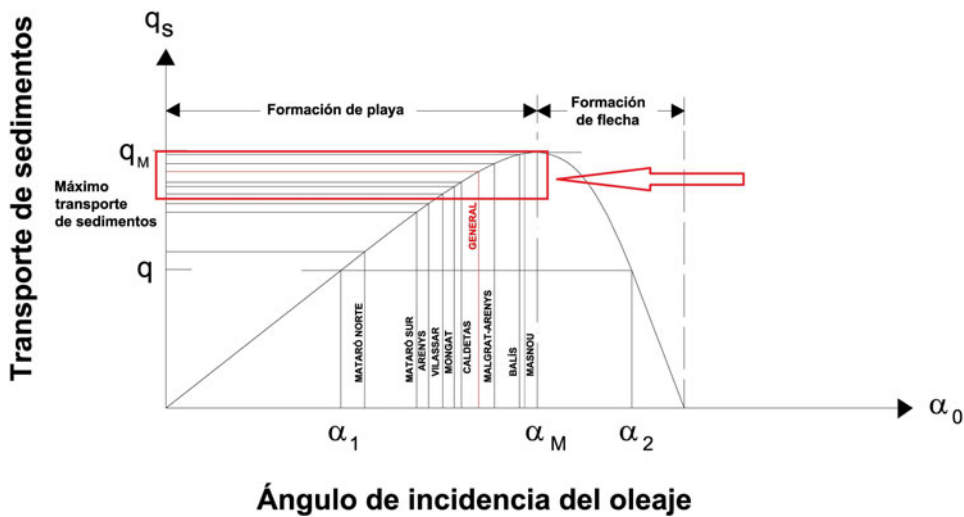


Figura 6.9: Capacidad relativa de transporte de sedimentos de diferentes playas del Maresme, suponiendo un giro de 35° de oleaje de alta mar, usando la curva de Castanho (1966) en la que se ha resaltado el área donde el transporte longitudinal es muy alto



## 7. CONCLUSIONES

Este apartado supone la síntesis del informe parcial, en él se describe los condicionantes que posee la costa actual del Maresme para las actuaciones futuras que tengan que abordarse para mejorar la costa condicionada por la dinámica litoral y las diferentes infraestructuras que existen a lo largo de la costa del Maresme.

1 -Todos los estudios técnicos de ingeniería de costas realizados sobre la costa del Maresme coinciden en que ésta es actualmente deficitaria de sedimento debido a la falta de aportes del río Tordera, principal fuente de alimentación, y al estado límite en que se halla la boca de su delta respecto al cañón sumergido que se encuentra frente a ella. Tampoco las rieras que aportaban discontinuamente material a las costas, lo hacen en la actualidad. Esta circunstancia, unida a la alta fragmentación que la actividad humana ha impuesto al litoral del Maresme, hace que exista una total descompensación sedimentaria con zonas de acumulación de material y zonas con una erosión o tendencia erosiva importante.

2- La estructura actual de la costa del Maresme viene condicionada por las sucesivas actuaciones que se han realizado para situar infraestructuras en el borde litoral. Primeramente con la construcción de ferrocarril de Barcelona a Mataró que se situó en el borde litoral condicionando tanto el desarrollo de las ciudades como la actividad y uso de las playas que ha llevado a tener que escollerar gran parte de su frente para proteger las vías del tren. A continuación se han ido construyendo puertos en el frente: el primero de ellos de Arenys de Mar, seguido, costa hacia el sur del Balís, Mataró, Premiá de Mar y Masnou que ha hecho una fragmentación importante en todo el frente; impidiendo el curso del flujo sedimentario que discurre, básicamente, de norte a sur. Además, los arroyos y rieras han visto condicionada su actividad sedimentaria.

Esa actividad y uso humano de la costa del Maresme ha hecho que de un único sistema litoral inicial se haya pasado a tres sistemas litorales: Río Tordera-Arenys de Mar, Arenys de Mar-Mataró, y Mataró-Mongat. Estos sistemas litorales actuales no solamente son independientes sino que también son diferentes desde el punto de vista del uso social y geográfico:

**1º Río Tordera (Malgrat)-Arenys de Mar:** Se caracteriza por un uso mayoritariamente turístico. Playas no continuas y un tramo no excesivamente erosionado.

**2º Arenys de Mar-Mataró:** Es una transición; desde zona turística y de segunda vivienda hasta un área suburbana barcelonesa. La costa es continua pero muy erosionada.

**3ª Mataró-Mongat:** Es una zona urbana o peri-urbana, pudiéndole adscribir al área de Barcelona. La costa está muy fragmentada por sus puertos deportivos y la línea del ferrocarril forma un fuerte corte entre la costa y las zonas urbanas. La costa se encuentra muy erosionada con grandes desequilibrios producidos por los puertos deportivos.

3- A la hora de abordar cualquiera de las soluciones que se considere más oportuno para adecuar la costa, deben estar implicados, al menos, los entes que han aportado su contribución al estado actual de la costa, siendo los principales (especialmente en el tercer subsistema):

Renfe: históricamente la franja costera se ha fragmentado transversalmente debido a situar la línea del ferrocarril, la más antigua de la España actual, en la zona de playa inmediatamente después de su tramo activo.



CEDEX

Los puertos deportivos y pesqueros –Masnou, Premiá, Mataró, Balís y Arenys de Mar-: Que han fragmentado longitudinalmente la costa, interrumpido el transporte longitudinal de sedimentos provenientes, principalmente, del río Tordera, y descompensado sedimentariamente el tramo. En alguno de los casos no transvasando sedimento como preveía su concesión.

Los ayuntamientos que han permitido una presión urbanística sobre la costa que ha condicionado toda su recuperación.

4- Las actuaciones que se planteen deben cumplir, al menos los siguientes requisitos:

- Debe abordarse las actuaciones sobre la costa y sus playas de manera diferenciada para cada uno de los tres sistemas, teniendo en cuenta además:
- Se debe estudiar la conexión entre los tres sistemas litorales
- Se debe plantear la compatibilidad entre un movimiento natural del sedimento a lo largo de la costa y la estabilidad en la forma de la playa, con un cierto equilibrio, en el tiempo.
- Se puede actuar diferenciadamente en el tiempo en cada uno de los sistemas; pero teniendo en cuenta las conexiones entre ellos y las repercusiones que pueden producir de uno en otro, pudiendo ser extensible para los subsistemas.



Los autores del informe:

Coordinador del Programa Técnico Científico

Fdo.: José Manuel de la Peña Olivas  
(Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

Fdo.: Ana Isabel Antón Camacho  
(Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos)

EXAMINADO Y CONFORME:

El Director de la U. A. De I+D+i

Fdo.: Antonio Lechuga Álvaro  
(Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

Vº Bº.

El Director del Centro de Estudios de Puertos y Costas

Fdo.: José María Grassa Garrido



## ANEJO I

---

### Referencias técnicas



CEDEX

ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL MARESME  
(Informe parcial) – **Anejo I**



## A-I. REFERENCIAS TÉCNICAS

### INFORMES TÉCNICOS REALIZADOS POR EL CEDEX

- 1) Enríquez Fernández, Javier (1984). *Estudio de Dinámica litoral. Plan de Ordenación del tramo de costa comprendido entre el Puerto de El Balís y el Embarcadero de Premia de Mar*; Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas “Ramón Iribarren”.
- 2) Enríquez Fernández, Javier (1988). *Estudio de las playas del Maresme. Tramo Premia de Mar – Mongat*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-450-9-055 para la Dirección General de Puertos y Costas).
- 3) Grassa Garrido, José María (1988). *Informe sobre la influencia del nuevo puerto deportivo de Cabrera de Mar en las playas de su entorno*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-550-5-055 para Cabril Mar I Montaña S.A.).
- 4) Laboratorio de Puertos “Ramón Iribarren” (1979). *Estudio de la dinámica litoral en la costa peninsular mediterránea y onubense. Provincias de: Barcelona y Gerona*; (Informe técnico para Dirección General de Puertos y Costas).
- 5) Losada Méndez, José (1988). *Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-450-9-057 para la Dirección General de Costas).
- 6) Losada Méndez, José (1991). *Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-415-9-095 para la Dirección General de Costas).
- 7) Losada Méndez, José (1992). *Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-491-9-100 para la Dirección General de Costas).
- 8) Losada Méndez, José (1993). *Estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-492-5-012 para la Dirección General de Costas).
- 9) Losada Méndez, José (1995). *Estudios de las playas del Maresme. Tramo Malgrat – Pineda*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-493-5-025, 22-494-5-040 para la Dirección General de Costas).
- 10) Losada Méndez, José (1996). *Síntesis del estudio de las playas del Maresme. Tramo Malgrat - Pineda*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-495-5-048 para la Dirección General de Costas).
- 11) Losada Méndez, José (1998) *Estudio sobre la defensa costera de la línea de Ferrocarril C-1. Barcelona – Mataró (p.k. 24+840-p.k. 27+100)*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-498-4-002, para la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes).



- 12) Losada Méndez, José (1998). *Estudio de las playas del Maresme Malgrat – Santa Susana: junio 1994 – septiembre 1995*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-497-5-070 para la Dirección General de Costas).
- 13) Peña Olivas, José Manuel de la (1988). *Informe sobre la incidencia en la costa del nuevo puerto deportivo de Vilassar de Mar (Barcelona)*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-550-5-060 para Marítima Catalana S.A.).
- 14) Peña Olivas, José Manuel de la (1988). *Estudio de dinámica litoral en el tramo de costa de los municipios de Mongat, Badalona y S. Adrian de Besos, hasta la desembocadura del río y repercusión en el entorno de las obras marítimas que pueden ejecutarse en el mismo*. (Informe técnico nº22-550-3-001 para Corporación Metropolitana de Barcelona).
- 15) Peña Olivas, José Manuel de la (1989). *Informe sobre la influencia en la costa de la ampliación del puerto deportivo de Premia de Mar (Barcelona)*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-518-5-077 para Club Náutico de Premia de Mar).
- 16) Peña Olivas, José Manuel de la (2002). *Estudio del comportamiento de las playas del Maresme (Barcelona)*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-401-5-103 para la Dirección General de Costas).
- 17) Peña Olivas, José Manuel de la y Ana I. Antón Camacho (2012). “3.3.4: Estudio de profundidad de cierre en las costas españolas partiendo de datos reales de seguimiento. Aplicación a criterios para regeneración de playas mediante alimentación artificial”; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (nº 22-408-5-002, informe técnico para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar).
- 18) Sánchez, F.J. y J.M. de la Peña (2009). *Estudio de perfiles de playa y su adaptación a las costas españolas*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (nº 22-408-5-002, informe técnico para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar).
- 19) Tamayo Prada, Consuelo (1988). *Seguimiento de regeneración de las playas del Maresme. Tramo Premia de Mar – Mongat, Barcelona.*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-450-9-055 para la Dirección General de Costas).
- 20) Tamayo Prada, Consuelo (1990). *Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar - Mongat*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-415-9-078 para la Dirección General de Puertos y Costas).
- 21) Tamayo Prada, Consuelo (1991). *Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar - Mongat*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-415-9-094 para la Dirección General de Puertos y Costas).
- 22) Tamayo Prada, Consuelo (1992). *Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar – Mongat*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-491-9-099 para la Dirección General de Costas).
- 23) Tamayo Prada, Consuelo (1993). *Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar – Mongat*. Planos; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-492-5-011 para la Dirección General de Costas).





24) Tamayo Prada, Consuelo (1995). *Estudio de las playas del Maresme. Premia de Mar – Mongat*; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Informe técnico nº22-493-5-026, 22-494-5-039 para la Dirección General de Costas).

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS TÉCNICAS

Bowen, A. J. y D.L. Inman. (1966) "Budget of Littoral Sands at the Vinicity of Point Arguello", California; U.S. Army Coastal Engineering Research Center (memoria técnica nº19).

Birkemeier, W.A. (1985) "*Field Data on Seaward Limit of Profile Change*". Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering, American Society of Civil Engineers – ASCE (vol. 111, nº 3, pp. 598 - 602).

Coastal Engineering Research Center (1977) "*Shore Protection Manual, 3<sup>rd</sup> edition*". Department of the Army-U.S. Army Corps of Engineers.

Coastal Engineering Research Center, (1984) "*Shore Protection Manual, Volume I-Chapter 4: Littoral Processes*"; Department of the Army-U.S. Army Corps of Engineers.

Coastal Engineering Research Center, (1998) "*Engineering and Design - Coastal Engineering Manual, Part III (Chapters 2: Longshore Sediment Transport, 3: Cross-shore Sediment Transport Processes)*"; Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers (nº EC 1110-2-292).

C.U.R. "*Manual on Artificial Beach Nourishment*" (1987) Center for Civil Engineering Research, Codes and Specifications (report 130).

Dirección General de Puertos y Costas (1987). Costas y Señales Marítimas. Actuaciones 1986; Centro de Publicaciones – Secretaría General Técnica del MOPU.

Dirección General de Puertos y Costas (1988). "Actuaciones en la Costa". Secretaría General Técnica del MOPU.

Dirección General de Costas (1993). "Recuperando la Costa". Secretaría General Técnica. Ministerio de Obras Públicas del MOPT.

Domínguez, A. y Mayans, J. (2004). "Las Rieras del Maresme Sur (Barcelona) y su Catalogación". Escuela Hamelin –Internacional Laie, Alella, Barcelona.

Falqués, A. y M. Caballería (2000). "Generació de barres transversals a la zona de romponents"; Camins R+D (nº 10).

Falqués, A., M. Caballería, F. Ribas y A. Montoro (2001). "Dinámica de las barras sedimentarias en la zona de rompientes y procesos de organización; VI Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos,

Gracia, V., Díez, G., Jiménez, José A., Novoa, M., Sánchez-Arcilla, A. y Carlos Peña. (1999). "Análisis del comportamiento de las playas del Maresme. Tramo Tordera-Santa Susana". V Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos (671-682).



- GEOTEYCO, S.A. (1997) Asistencia técnica: *“Levantamiento topográfico y batimétrico en la desembocadura del río Tordera”* (Barcelona - Girona); Dirección General de Costas - Ministerio de Medio Ambiente
- Guía Oficial de Playas de España. Tomo III: Las Playas de Cataluña (1996); Dirección General de Costas.
- Gracia, Vicente, José A. Jiménez, Alicia Lo Presti y Agustín Sánchez Arcilla. *“Estudio del Comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat – Pineda. Balance sedimentario y caracterización morfológica”*. (1994); Laboratory D'Enginyeria Marítima - Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona (TR-AMC-94-M2).
- GRECCAT S.L. y La Universidad de Cantabria (2004). *“Estudio de dinámica litoral de la Playa de Badalona”*. Dirección General de Costas – Ministerio de Medio Ambiente.
- Hallermeier, R.J. (1978). *“Uses for Calculated Limit Depth to Beach Erosion”*; Proceedings of 16th International Conference on Coastal Engineering (pp. 1493 - 1512).
- Hallermeier, R.J. (1981). *“Seaward Limit of Significant Sand Transport by Waves: An Annual Zonation for Seasonal Profiles”*; Coastal Engineering Research Center – U.S. Army Corps of Engineers (Coastal Engineering Technical Aid N° 81-2).
- Hallermeier, R.J. (1981). *“A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate”* Coastal Engineering (vol. 4, pp. 253 - 277).
- Horikawa, Kiyoshi (Ed.) (1988). *“Nearshore Dynamics and Coastal Processes (Part II: Beach changes and Coastal Sediment Transport)”*; University of Tokyo Press.
- INTOPSA (1998). *“Levantamiento batimétrico de la playa de Mataró”*; Dirección General de Costas - Ministerio de Medio Ambiente
- Keulegan, G.H. (1945). *“Depths of Offshore Bars”*. U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board (Engineering Notes n° 8).
- Keulegan, G.H. (1948). *“An Experimental Study of Submarine Sand Bars”*; U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board (Technical Report n° 8).
- Komar P.D. y Douglas L. Inman. (1970). *“Longshore Sand Transport on Beaches”*; Journal Geophysical Research (vol. 75, n° 30, pp. 5914 - 5927).
- Komar, P.D. y D.L. Inman (1970). *“Longshore sand transport on beaches”*; Journal of Geophysical Research, 75, n° 30.
- Komar, P.D. (1996). *“The Budget of Littoral Sediments Concepts and Applications”*; Shore & Beach (Vol. 64, n°3, p.p. 18 a 26).
- Kraus, N.C., M. Larson, R.A. Wise (1998). *“Depth of Closure in Beach-fill Design”*; Coastal Engineering Research Center – U.S. Army Engineer Waterway Experiment Station (Coastal Engineering Technical Note CETN II-40, 30798).
- Lechuga Álvaro, Antonio (1997). *“Maresme Coast. Malgrat – Pineda (Barcelona)”*.



- Marsh, S.W., R. Nicholls, A. Kroon y P. Hoekstra. (1998) *“Assessment of Depth of Closure on Nurished Beach: Terschellin, The Netherland”*; Proceedings of ICCE'98 (pp. 3110 - 3123).
- Martín-Merás, Luisa y Belén Rivera (1990). *“Catálogo de cartografía Histórica de España del Museo Naval”*; Museo Naval - Ministerio de Defensa.
- Ministerio de Obras Públicas (1976). *“Plan indicativo de usos del dominio público litoral – provincias de Alicante, Valencia y Castellón”*, Tomo I: Textos, Tomo II: Fotoplanos, Tomo III: Planos.
- Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1985). Política de Costas. Plan de Actuaciones 1983-1990; Servicio de Publicaciones – Secretaría General Técnica del MOPU.
- Nicholls, R., W.A. Birkemeier y R.J. Hallermeier (1996). *“Application of the Depth Closure Concept”*; Abstract of 25<sup>th</sup> ICCE (paper nº 147).
- Nicholls, R., M. Larson, M. Capobianco y W. Birkemeier. (1998). *“Depth of Closure: Improving, Understanding and Prediction”*; Proceedings of ICCE'98 (pp. 2888 - 2901).
- Peña, Carlos, Vicente Carrión y Ana Castañeda (1992). *Projects, Works and Monitoring at Barcelona Coast*. Proceedings of International Conference on Coastal Engineering (pp. 3385 - 3398).
- Plan de Usos del Dominio Público Litoral: Provincia de Barcelona (PIDU) (1976) de la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas del M.O.P.U.
- PROINTEC (2007). *“Estrategia para la Sostenibilidad de la Costa”*. Demarcación Hidrográfica de Cataluña. Dirección General de Costas – Ministerio de Medio Ambiente.
- Rozynski, G. Z. Pruszek, T. Okroj y R. Zeidler (1998). *“Depth of Closure and Seabed Variability Patterns”*; Proceedings of ICCE'98 (pp. 2926 - 2939).
- Swart, D.H. (1974). *“Offshore Sediment Transport and Equilibrium Beach Profiles”*; Delft Hydrolics (Nº 131).
- Torner Peraíta, Juan A., Eduardo Cot de Torres y Ángel Fábregas Julia (1986). *“Proyecto de regeneración y estabilización de las playas de Mataró y Cabrera de Mar (Barcelona)”*; Puerto de Mataró S. A.
- Universitat Politècnica de Catalunya e IH Cantabria (2013). *“Informe sobre los volúmenes a dragar a levante de los puertos del Maresme”*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Universitat Politècnica de Catalunya (1994). *“Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat - Pineda. Evolución costera. Análisis preliminar”*. Laboratori d'Enginyeria Marítima. TR-AMC-94-M1.
- Universitat Politècnica de Catalunya (1994). *“Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat - Pineda. Balance sedimentario y caracterización morfológica”*. Laboratori d'Enginyeria Marítima. TR-AMC-94-M2.



CEDEX

Universitat Politècnica de Catalunya (1994). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Malgrat - Pineda. Clima de oleaje”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-94-M3.

Universitat Politècnica de Catalunya (1999). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Blanes – Pineda”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-99-M3.

Universitat Politècnica de Catalunya (1999). “Estudio del comportamiento de las playas del Maresme: Tramo Blanes – Pineda”. Laboratori d’Enginyeria Marítima. TR-AMC-99-M3 (Anejos).