



# GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS

1ª Edición  
Julio 2008



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

Puertos del Estado



# GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS

GUÍA

1ª Edición  
Julio 2008



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

Puertos del Estado



**PRIMERA EDICIÓN:**

Julio 2008

**EDICIÓN:**

Puertos del Estado

**COORDINACIÓN Y DISEÑO:**

Emilio Piñeiro Díaz

Puertos del Estado

**INFOGRAFÍAS:**

Isidoro González-Adalid Cabezas

**IMPRESIÓN:**

Artegraf, S.A.

**I.S.B.N.:**

978-84-88975-68-6

**DEPÓSITO LEGAL:**

M-29.950-2008

**PRECIO:**

40 €

# Prólogo

A los efectos de servir de orientación y recomendación para los directores de obras marítimas o portuarias, se considera de interés el sintetizar y recoger en un documento los distintos aspectos que suponen “buenas prácticas” de ejecución de obras, conforme a la experiencia adquirida en la construcción de obra marítima en España.

Este documento, editado y distribuido por Puertos del Estado entre las Autoridades Portuarias, puede servir para complementar la formación de los directores de obra de los puertos.

La *Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas* es el resultado del esfuerzo conjunto de un grupo de trabajo constituido por ingenieros portuarios españoles de reconocido prestigio y dilatada experiencia profesional en la ejecución de obra marítima.

## **Presidente del Grupo de Trabajo:**

Álvaro Rodríguez Dapena (*Puertos del Estado*)

## **Director del Grupo de Trabajo:**

Juan Ignacio Grau Albert (*Puertos del Estado*)

## **Secretario del Grupo de Trabajo:**

Gonzalo Gómez Barquín (*Puertos del Estado*)

Ana Lope Carvajal (*Puertos del Estado*)

## **Ponentes de la Guía:**

Ana Dizy Menéndez (*Portia Ingeniería*)

Rafael Mey Almela (*Portia Ingeniería*)

## **Grupo de Trabajo:**

Eduardo Arana Romero

Jaime Arriandiaga Gerricaechevarría

Santiago Falcón Fernández

Ovidio Varela Carnero

El método de trabajo para la redacción de la *Guía* ha consistido en discutir y analizar en el seno del Grupo de Trabajo indicado el documento redactado al efecto por los ponentes de la *Guía*, que ha incorporado a la redacción de la misma las observaciones y comentarios realizados en cada reunión de trabajo.

El texto final fue remitido a las Autoridades Portuarias, con el fin de que hicieran los comentarios que considerasen oportunos antes de la edición del texto definitivo. En particular se mantuvo una reunión de revisión del texto con los representantes de las Autoridades Portuarias siguientes:

- D. Marcelo Burgos Teruel *Autoridad Portuaria de Valencia*
- D. Fernando Dueñas de la Fuente *Autoridad Portuaria de Pasajes*
- D. Jose Luis Zatarain Madrazo *Autoridad Portuaria de Santander*
- D. Antonio Ruiz Vega *Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz*
- D. Juan Carlos Suñé Recio *Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras*

# Presentación

La Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante establece la encomienda a Puertos del Estado de promocionar la investigación y el desarrollo tecnológico en materias vinculadas con la ingeniería portuaria. Incluye además dicha Ley entre las funciones de Puertos del Estado el definir los criterios para la aplicación de disposiciones generales en materia de seguridad y de obras. En este contexto se enmarca la edición de la presente *Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas*, fruto de la experiencia adquirida a lo largo de muchos años por profesionales de prestigio que han desarrollado su carrera en la construcción de obra portuaria.

Es muy notable el esfuerzo inversor que nuestro país ha acometido en las dos últimas décadas en lo que se refiere a dotación de nueva infraestructura portuaria, impulsado desde la necesidad de dar respuesta a un incremento sustantivo del tráfico portuario. Este esfuerzo de inversión se ha plasmado en el proyecto y la ejecución de nuevos puertos de interés general, así como en el desarrollo de grandes ampliaciones de la superficie abrigada de los puertos existentes y del incremento de sus dotaciones en atraques y explanadas.

La construcción de esta infraestructura portuaria en España se ha visto acompañada de un avance tanto en el ámbito del diseño y la ingeniería marítima, como de los sistemas constructivos desarrollados por las empresas para lograr ejecutar las obras en términos de calidad, competitividad y eficiencia. No obstante la calidad y eficacia obtenidas en términos generales, la ejecución de las grandes obras marítimas no está exenta de presentar determinadas disfunciones o incluso averías, cuyo análisis debe contribuir a la mejora de los procesos empleados. En particular, las averías acaecidas en los últimos años en obras portuarias han estado esencialmente ligadas a una ejecución inadecuada de dichas obras, por cuanto no se ha referido un eventual déficit en ingeniería o en el diseño de sus proyectos.

En este contexto, cobra una importancia radical la experiencia de los ingenieros ejecutores de obra, tanto por parte de las empresas constructoras, en su calidad de jefes de obra, como por parte de las administraciones portuarias, en calidad de directores de las obras. La *Guía* que ahora se publica no puede ni pretende sustituir esa experiencia del hacedor de obras; sólo pretende subrayar y sintetizar aquellos aspectos que suponen *buenas prácticas* en la ejecución de las obras, al objeto de servir de orientación a la hora de estudiar los condicionantes de una obra, su plan de ejecución, la elección de equipos o de procedimientos constructivos específicos o la fabricación propiamente dicha de determinadas unidades de obra marítima.

Así pues, el contenido de la *Guía* tiene un carácter eminentemente práctico, basado en la experiencia constructiva, referido explícitamente a la ejecución de obras portuarias, quedando por tanto fuera del alcance de esta *Guía* el diseño, cálculo o dimensionamiento de las obras, aspectos éstos que se tratan con detalle en el programa de Recomendaciones de Obras Marítimas que desarrolla Puertos del Estado. Para que la realización de una obra tenga éxito es necesario tanto que su diseño sea correcto como que su ejecución, entre otros aspectos, sea adecuada a las normas constructivas de buena práctica. Esta *Guía* se centra en este último aspecto con la finalidad de prevenir fallos que, por otra parte, son fácilmente evitables con mínimos incrementos de coste comparados tanto con el coste total de las obras como con las consecuencias económicas caso de producirse una avería.

La edición de esta *Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas* ha sido posible gracias al esfuerzo conjunto de un grupo de trabajo constituido por ingenieros portuarios españoles de reconocido prestigio y dilatada experiencia profesional en la ejecución de obra marítima, y que han sido capaces de aportar y fusionar su conocimiento y su experiencia.

Resulta, en fin, una gran satisfacción prologar esta *Guía* como recopilación y síntesis práctica de ejecución de obras, que no aspira a ser exhaustiva ni definitiva, pero que puede orientar y ser referente para los ingenieros dedicados a la construcción de nuestras obras marítimas.

Madrid, julio de 2008

**Mariano Navas Gutiérrez**

*Presidente de Puertos del Estado*

# Índice

PRÓLOGO

PRESENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS DE LA GUÍA.....	3
3. ANÁLISIS DEL PROYECTO .....	5
4. ANALISIS DE CONDICIONANTES .....	17
5. PLAN DE EJECUCIÓN .....	31
6. DRAGADOS, RELLENOS, ESCOLLERAS Y PREFABRICADOS .....	39
7. OBRAS DE ABRIGO .....	153
8. MUELLES.....	183
9. SUPERESTRUCTURA DE DIQUES Y MUELLES.....	251
10. EJEMPLO DE PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA .....	279
REFERENCIAS LEGALES Y BIBLIOGRÁFICAS.....	319

## ÍNDICE

PRÓLOGO

PRESENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS DE LA GUÍA .....	3
3. ANÁLISIS DEL PROYECTO .....	5
3.1 INTRODUCCIÓN .....	5
3.2 ASPECTOS CONTRACTUALES .....	6
3.3 EMPLAZAMIENTO .....	6
3.4 NIVEL DE REFERENCIA.....	6
3.5 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	7
3.6 CLIMA MARÍTIMO Y METEOROLOGÍA .....	8
3.7 TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA.....	9



3.8	GEOLOGIA Y GEOTECNIA.....	9
3.9	SISMICIDAD.....	10
3.10	OTRAS BASES DE PARTIDA .....	11
3.11	TOMA DE DATOS ADICIONALES Y DE SEGUIMIENTO.....	12
3.12	CANTERAS Y PRÉSTAMOS .....	13
3.13	REVISIÓN DE LOS CÁLCULOS.....	13
3.14	REVISIÓN DE LOS PLANOS .....	13
3.15	SECCIONES CONSTRUCTIVAS.....	14
3.16	DISPONIBILIDAD DE SUPERFICIES .....	15
3.17	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	15
3.18	PRESUPUESTO .....	16
3.19	CONCORDANCIA GENERAL.....	16
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DE CONDICIONANTES .....</b>	<b>17</b>
4.1	INTRODUCCIÓN .....	17
4.2	PLAZO, CALENDARIO.....	18
4.3	DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.....	20
4.4	MATERIALES PRINCIPALES.....	21
4.5	CLIMA MARÍTIMO Y METEOROLOGÍA .....	22
4.6	CONDICIONANTES AMBIENTALES.....	23
4.7	CONDICIONANTES ARQUEOLÓGICOS .....	24
4.8	CONDICIONANTES DE SEGURIDAD .....	25
4.9	LICENCIAS Y PERMISOS .....	27
4.10	EXPLANADAS PARA INSTALACIONES Y ACOPIOS.....	27
4.11	ACCESOS DE TRÁFICO.....	28
4.12	INTERFERENCIAS CON LA POBLACIÓN.....	29
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DEL PLAN DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>31</b>
5.1	INTRODUCCIÓN .....	31
5.2	MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	31
5.3	ACTIVIDADES A CONSIDERAR .....	33
5.4	DISEÑO DE INSTALACIONES.....	36
5.5	CANTIDADES DE OBRA.....	37
5.6	ASIGNACIÓN DE RECURSOS.....	37
5.7	RELACIONES ENTRE ACTIVIDADES.....	37
5.8	PROGRAMA DE TRABAJO .....	38
5.9	PROCEDIMIENTOS DE EJECUCIÓN.....	38
<b>6.</b>	<b>DRAGADOS, RELLENOS, ESCOLLERAS Y PREFABRICADOS.....</b>	<b>39</b>
6.1	DRAGADOS.....	39
6.1.1	Definición .....	39
6.1.2	Condicionantes .....	39

6.1.3	Elección de equipos.....	43
6.1.4	Control de la operación.....	56
6.1.5	Recomendaciones generales .....	57
6.1.6	Criterios de medición .....	57
6.2.	RELLENOS GENERALES .....	58
6.2.1	Rellenos generales de procedencia terrestre .....	58
6.2.1.a	Suministro y control de los materiales .....	58
6.2.1.b	Colocación .....	60
6.2.1.c	Control geométrico.....	62
6.2.2	Rellenos generales procedentes de dragado.....	63
6.2.2.a	Elección y selección de los materiales .....	63
6.2.2.b	Colocación .....	64
6.2.2.c	Control geométrico.....	68
6.2.3	Rellenos especiales.....	68
6.2.3.a	Introducción.....	68
6.2.3.b	Rellenos con materiales contaminados o subproductos de otros procesos .....	69
6.2.3.c	Rellenos con materiales reciclados .....	70
6.3.	MEJORA DE TERRENOS .....	71
6.3.1	Introducción.....	71
6.3.2	Sustitución del terreno.....	72
6.3.3	Precarga .....	72
6.3.4	Vibración profunda .....	76
6.3.5	Compactación dinámica .....	78
6.3.6	Instalación de drenes .....	80
6.3.7	Inclusiones rígidas.....	82
6.3.8	Inyecciones y otros tipos de mejora .....	88
6.4.	RELLENO DE TRASDÓS .....	95
6.4.1	Definición.....	95
6.4.2	Suministro y control del material .....	95
6.4.3	Colocación.....	96
6.4.4	Filtros .....	97
6.5.	RELLENOS DE CELDAS DE CAJONES.....	97
6.5.1	Definición.....	97
6.5.2	Suministro y control del material .....	98
6.5.3	Colocación.....	98
6.6.	RELLENOS LOCALIZADOS.....	99
6.6.1	Definición.....	99
6.6.2	Suministro y control del material .....	100
6.6.3	Colocación.....	101

6.7.	BANQUETA PARA CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.....	101
6.7.1	Definición.....	101
6.7.2	Suministro y control del material.....	101
6.7.3	Colocación.....	103
6.7.4	Control geométrico.....	105
6.8.	ENRASE DE BANQUETA PARA CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.....	105
6.8.1	Definición.....	105
6.8.2	Materiales.....	106
6.8.3	Colocación y enrase.....	107
6.8.4	Tolerancia y comprobaciones.....	108
6.9.	CANTERAS.....	110
6.9.1	Definición.....	110
6.9.2	Materiales.....	112
6.9.3	Explotación.....	113
6.9.4	Clasificación, carga, transporte y acopios.....	115
6.10.	TODO-UNO Y ESCOLLERAS EN MANTOS DE PROTECCIÓN.....	118
6.10.1	Definición.....	118
6.10.2	Colocación.....	118
6.10.3	Tolerancia y comprobaciones.....	122
6.11.	ESCOLLERAS ARTIFICIALES.....	123
6.11.1	Definición.....	123
6.11.2	Fabricación.....	124
6.11.3	Manipulación y acopio.....	126
6.11.4	Colocación.....	131
6.12.	FABRICACIÓN DE CAJONES DE HORMIGÓN ARMADO.....	132
6.12.1	Introducción.....	132
6.12.2	Equipos para la construcción de cajones.....	135
6.12.3	Infraestructuras.....	139
6.12.4	Instalaciones.....	142
6.12.5	Actuaciones previas al hormigonado.....	144
6.12.6	Hormigonado.....	146
6.12.7	Botadura.....	148
6.12.8	Preparación para el transporte.....	149
6.12.9	Fondeos provisionales.....	150
6.12.10	Instalación de equipos varios.....	151
<b>7.</b>	<b>OBRAS DE ABRIGO.....</b>	<b>153</b>
7.1.	DIQUES EN TALUD.....	153
7.1.1	Definición.....	153
7.1.2	Cargas sobre el terreno.....	154
7.1.3	Prevención de daños producidos por el oleaje durante la construcción ...	155
7.1.4	Taludes y alturas del frente de vertido.....	157

7.1.5	Infraestructuras e instalaciones auxiliares.....	157
7.1.6	Actividades previas .....	159
7.1.7	Materiales .....	160
7.1.8	Colocación del núcleo y de los mantos con medios marítimos.....	160
7.1.8.a	Equipos marítimos para la colocación del núcleo y de los mantos	160
7.1.8.b	Elección de equipos .....	162
7.1.8.c	Secuencia de colocación .....	164
7.1.8.d	Control de colocación.....	165
7.1.9	Colocación del núcleo y de los mantos con medios terrestres.....	165
7.1.9.a	Secciones de avance.....	165
7.1.9.b	Secuencia de colocación .....	167
7.1.10	Superestructura de Diques en Talud.....	168
7.1.10.a	Introducción .....	168
7.1.10.b	Ejecución .....	168
7.1.11	Instrumentación y control .....	170
7.2.	DIQUES VERTICALES.....	170
7.2.1	Introducción.....	170
7.2.2	Proceso constructivo.....	172
7.2.3	Dragado del terreno natural .....	172
7.2.4	Mejora del terreno de cimentación.....	173
7.2.5	Colocación de la banqueta de cimentación .....	173
7.2.6	Enrase de la banqueta de cimentación .....	173
7.2.7	Transporte de los cajones .....	174
7.2.8	Fondeo de los cajones.....	175
7.2.9	Relleno de celdas y juntas .....	179
7.2.10	Manto de protección de la banqueta. Bloques de guarda.....	180
7.2.11	Espaldón. Superestructura.....	180
7.2.12	Secuencia de colocación .....	181
<b>8.</b>	<b>MUELLES .....</b>	<b>183</b>
8.1.	MUELLES DE GRAVEDAD.....	183
8.1.1	Muelles de cajones .....	183
8.1.1.a	Introducción.....	183
8.1.1.b	Dragado en zanja del terreno natural .....	185
8.1.1.c	Mejora del terreno de cimentación .....	185
8.1.1.d	Banqueta de cimentación .....	190
8.1.1.e	Enrase de la banqueta.....	190
8.1.1.f	Transporte de los cajones.....	190
8.1.1.g	Fondeo de los cajones.....	191
8.1.1.h	Relleno de celdas y juntas .....	192
8.1.1.i	Relleno de trasdós .....	192
8.1.1.j	Rellenos generales.....	193
8.1.1.K	Superestructura.....	193

8.1.2	Muelles de bloques .....	193
8.1.2.a	Introducción.....	193
8.1.2.b	Construcción y enrase de la banqueta de cimentación .....	195
8.1.2.c	Fabricación de bloques .....	196
8.1.2.d	Manipulación, transporte y colocación de bloques.....	197
8.1.2.e	Relleno de trasdós .....	200
8.1.2.f	Rellenos generales.....	200
8.1.2.g	Superestructura.....	200
8.1.3	Muelles de hormigón sumergido .....	200
8.1.3.a	Introducción.....	200
8.1.3.b	Actividades iniciales .....	202
8.1.3.c	Preparación del terreno de cimentación.....	203
8.1.3.d	Encofrados .....	203
8.1.3.e	Hormigonado .....	206
8.1.3.f	Relleno de trasdós .....	207
8.1.3.g	Rellenos generales.....	207
8.1.3.h	Superestructura.....	207
8.2.	MUELLES DE PILOTES.....	208
8.2.1	Introducción.....	208
8.2.2	Muelles de pilotes “in situ” ejecutados desde una plataforma terrestre ..	209
8.2.2.a	Relleno de la mota .....	209
8.2.2.b	Construcción de los pilotes desde la mota .....	210
8.2.2.c	Construcción parcial de la superestructura .....	212
8.2.2.d	Dragado del terreno natural y de los rellenos sobrantes.....	212
8.2.2.e	Formación y protección del talud .....	212
8.2.2.f	Superestructura.....	213
8.2.3	Muelles de pilotes “in situ” ejecutados desde equipos flotantes .....	213
8.2.3.a	Construcción de pilotes .....	213
8.2.3.b	Relleno entre pilotes.....	222
8.2.3.c	Superestructura.....	222
8.2.4	Control de la ejecución de pilotes “in situ” .....	222
8.2.5	Muelle de pilotes prefabricados ejecutados desde medios flotantes.....	223
8.2.5.a	Tipos de pilotes .....	223
8.2.5.b	Fabricación de pilotes .....	223
8.2.5.c	Manipulación, transporte y acopio de pilotes.....	225
8.2.5.d	Colocación de pilotes .....	226
8.2.5.e	Hinca de pilotes .....	227
8.2.5.f	Control de la hinca .....	229
8.3.	MUELLES DE PANTALLA.....	230
8.3.1	Definición .....	230
8.3.2	Muelles de tablestacas .....	231
8.3.3	Muelle de tablestacas construido desde una plataforma terrestre.....	233

8.3.3 a	Dragado .....	233
8.3.3 b	Mejora del terreno.....	233
8.3.3 c	Relleno de la explanada .....	233
8.3.3 d	Tipos de tablestacas.....	233
8.3.3 e	Martillos.....	234
8.3.3 f	Hinca de tablestacas .....	234
8.3.3 g	Anclajes y rellenos .....	235
8.3.3 h	Dragado del terreno natural y rellenos sobrantes .....	236
8.3.3 i	Superestructura .....	237
8.3.4	Muelles de tablestacas construidos desde equipos flotantes .....	237
8.3.5	Muelles de pantallas de hormigón .....	242
8.3.5.a	Introducción .....	242
8.3.5.b	Dragado.....	243
8.3.5.c	Mejora del terreno.....	243
8.3.5.d	Construcción de la mota .....	243
8.3.5.e	Construcción de las pantallas .....	244
8.3.5.f	Anclaje de las pantallas.....	244
8.3.5.g	Dragado del terreno natural y de los rellenos sobrantes .....	244
8.3.5.h	Superestructura .....	244
8.4.	MUELLES AUXILIARES Y CARGADEROS.....	245
8.4.1	Introducción .....	245
8.4.2	Diseño del puerto de servicio .....	246
8.4.3	Diseño de muelles auxiliares.....	246
8.4.4	Tipologías .....	247
8.4.5	Cargaderos .....	247
<b>9.</b>	<b>SUPERESTRUCTURA DE DIQUES Y MUELLES .....</b>	<b>251</b>
9.1.	INTRODUCCIÓN .....	251
9.2.	ESPALDONES DE DIQUES EN TALUD .....	252
9.2.1	Definición y objeto.....	252
9.2.2	Condicionantes .....	253
9.2.3	Proceso constructivo.....	255
9.2.4	Juntas .....	258
9.2.5	Controles a corto y largo plazo .....	260
9.3.	ESPALDONES DE DIQUES VERTICALES.....	260
9.3.1	Definición y objeto.....	260
9.3.2	Condicionantes .....	261
9.3.3	Proceso constructivo.....	262
9.3.4	Controles a corto y largo plazo .....	263
9.4.	VIGA CANTIL EN MUELLES DE GRAVEDAD.....	263
9.4.1	Definición y objeto.....	263
9.4.2	Diseño del encofrado .....	264

9.4.3	Proceso constructivo.....	265
9.4.4	Controles a corto y largo plazo.....	266
9.5.	VIGA TRASERA Y VARIOS.....	267
9.5.1	Definición.....	267
9.5.2	Viga trasera.....	267
9.5.3	Viga riostra.....	269
9.5.4	Canaletas y conducciones.....	269
9.6.	SUPERESTRUCTURA DE MUELLES DE PILOTES.....	271
9.6.1	Objeto.....	271
9.6.2	Tipologías.....	271
9.6.3	Controles de ejecución.....	273
9.7.	SUPERESTRUCTURA DE MUELLES DE PANTALLA.....	273
9.7.1	Objeto.....	273
9.7.2	Proceso constructivo.....	274
9.8.	DEFENSAS Y BOLARDOS.....	274
9.8.1	Objeto.....	274
9.8.2	Defensas.....	275
9.8.3	Bolardos.....	276
<b>10.</b>	<b>EJEMPLO DE PLANIFICACIÓN DE UNA OBRA.....</b>	<b>279</b>
10.1.	INTRODUCCIÓN.....	279
10.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	281
10.3.	ANÁLISIS DEL PROYECTO.....	284
10.4.	ESTUDIO DE CONDICIONANTES.....	288
10.4.1	Plazo y calendario.....	288
10.4.2	Disponibilidad de equipos.....	289
10.4.3	Materiales principales.....	289
10.4.4	Clima marítimo y meteorología.....	290
10.4.5	Condicionantes ambientales.....	290
10.4.6	Condicionantes arqueológicos.....	291
10.4.7	Condicionantes de seguridad.....	291
10.4.8	Licencias y permisos.....	291
10.4.9	Explanadas para instalaciones y acopios.....	292
10.4.10	Accesos de tráfico.....	293
10.4.11	Interferencias con la población.....	293
10.5.	PLAN DE EJECUCIÓN.....	294
10.5.1	Memoria de ejecución.....	294
10.6.	PLANOS.....	309
	REFERENCIAS LEGALES Y BIBLIOGRÁFICAS.....	319

# Listado de figuras de la guía

## CAPÍTULO 1

Figura 1.	Evolución del tráfico marítimo.....	1
-----------	-------------------------------------	---

## CAPÍTULO 3

Figura 3.4 A	Estación total.....	7
Figura 3.4 B	Vértice geodésico .....	7
Figura 3.5	Barrera anticontaminante.....	8
Figura 3.6	Rebase .....	9
Figura 3.8 A	Vibrocores .....	10
Figura 3.8 B	SPT .....	10
Figura 3.9	Mapa sísmico.....	11
Figura 3.11 A	Toma de muestras.....	12
Figura 3.11 B	Ensayo 3D.....	12
Figura 3.12	Frente de cantera.....	13
Figura 3.16	Superficie para instalaciones.....	15

## CAPÍTULO 4

Figura 4.1	Puerto de Palma.....	17
Figura 4.2 A	Predicción meteorológica .....	19
Figura 4.2 B	Regata.....	20
Figura 4.3	Grúa de gran capacidad.....	21
Figura 4.5 A	Red costera boyas.....	23
Figura 4.5 B	Red exterior boyas .....	23
Figura 4.6 A	Flora marina .....	24
Figura 4.6 B	Fauna marina .....	24
Figura 4.7	Restos arqueológicos .....	25
Figura 4.8	Cámara de descompresión .....	26
Figura 4.11	Tráfico de obra .....	29
Figura 4.12	Interferencia con la población.....	30

## CAPÍTULO 5

Figura 5.2	Proceso constructivo .....	32
Figura 5.3 A	Instalaciones de cargaderos y dique flotante.....	34
Figura 5.3 B	Remolque dique flotante.....	35
Figura 5.4 A	Planta de machaqueo de áridos .....	36
Figura 5.4 B	Planta de fabricación de hormigón .....	36



CAPÍTULO 6.1		
Figura 6.1.2 A	Flora.....	42
Figura 6.1.2 B	Fauna.....	42
Figura 6.1.2 C	Imagen de un pecio obtenida con sonda multihaz .....	42
Figura 6.1.3 A	Draga de cuchara.....	43
Figura 6.1.3 B	Cuchara bivalva.....	44
Figura 6.1.3 C	Cuchara de pinzas .....	44
Figura 6.1.3 D	Cuchara hermética.....	44
Figura 6.1.3 E	Cuchara para arenas y fangos.....	44
Figura 6.1.3 F	Gánguil grúa.....	45
Figura 6.1.3 G	Draga retroexcavadora.....	46
Figura 6.1.3 H	Draga retroexcavadora.....	46
Figura 6.1.3 I	Draga de rosario.....	47
Figura 6.1.3 J	Cortador de arcilla dura .....	48
Figura 6.1.3 K	Cortador de roca .....	49
Figura 6.1.3 L	Draga de cortador .....	49
Figura 6.1.3 M	Draga de cortador .....	49
Figura 6.1.3 N	Draga de succión en marcha.....	50
Figura 6.1.3 O	Vertido con cañón .....	51
Figura 6.1.3 P	Pontona para perforación.....	54
Figura 6.1.3 Q	Gánguil con apertura de fondo .....	55
Figura 6.1.3 R	Embarcación auxiliar .....	55
CAPÍTULO 6.2		
Figura 6.2.1.a	Dúmper.....	59
Figura 6.2.1.b A	Colocación de relleno .....	61
Figura 6.2.1.b B	Relleno general.....	61
Figura 6.2.2.a	Relleno procedente de dragado .....	63
Figura 6.2.2.b A	Relleno con tubería.....	65
Figura 6.2.2.b B	Relleno hidráulico .....	65
Figura 6.2.2.b C	Recinto sectorizado.....	67
Figura 6.2.3.a	Relleno con material contaminado .....	69
CAPÍTULO 6.3		
Figura 6.3.1	Compactación dinámica .....	71
Figura 6.3.3 A	Precarga .....	72
Figura 6.3.3 B	Placa de asiento.....	75
Figura 6.3.4	Vibrosustitución .....	76
Figura 6.3.5 A	Compactación dinámica y precarga.....	78
Figura 6.3.5 B	Compactación dinámica clásica.....	80
Figura 6.3.5 C	Compactación dinámica rápida.....	80

Figura 6.3.6 A	Columnas encapsuladas.....	81
Figura 6.3.6 B	Mechas de geotextil.....	82
Figura 6.3.6 C	Colocación mechas.....	82
Figura 6.3.7 A	Columnas de grava en fondo marino.....	83
Figura 6.3.7 B	Ejecución Columnas de grava en tierra.....	84
Figura 6.3.8 A	Jet-grouting.....	90
Figura 6.3.8 B	Mezclador para estabilización en masa.....	92
Figura 6.3.8 C	Replanteo de celdas de tratamiento.....	93
Figura 6.3.8 D	Frente de tratamiento.....	94
CAPÍTULO 6.4		
Figura 6.4.1	Relleno de trasdós.....	95
CAPÍTULO 6.5		
Figura 6.5.2 A	Relleno procedente de préstamos.....	98
Figura 6.5.2 B	Relleno procedente de dragado.....	99
CAPÍTULO 6.7		
Figura 6.7.2	Sección banqueteta.....	102
Figura 6.7.3 A	Material banqueteta sobre gánguil.....	103
Figura 6.7.3 B	Gánguil de vertido lateral.....	104
CAPÍTULO 6.8		
Figura 6.8.1	Enrase banqueteta.....	106
Figura 6.8.3 A	Enrasador a gran profundidad.....	107
Figura 6.8.3 B	Enrasador.....	108
Figura 6.8.4	Comprobación del enrase tras fondear el cajón.....	109
CAPÍTULO 6.9		
Figura 6.9.1 A	Cantera en explotación.....	111
Figura 6.9.1 B	Desmante de la propia obra.....	111
Figura 6.9.2	Material de cantera.....	112
Figura 6.9.3 A	Acceso a bancos.....	114
Figura 6.9.3 B	Primer frente.....	114
Figura 6.9.3 C	Segundo frente.....	114
Figura 6.9.3 D	Estado final explotación.....	114
Figura 6.9.3 E	Plan de restauración.....	114
Figura 6.9.4 A	Acopio en cantera.....	115
Figura 6.9.4 B	Carrilera.....	116
Figura 6.9.4 C	Planta de machaqueo.....	117

## CAPÍTULO 6.10

Figura 6.10.1	Mantos de protección.....	118
Figura 6.10.2 A	Secuencia constructiva .....	119
Figura 6.10.2 B	Manto de protección ante el oleaje.....	119
Figura 6.10.2 C	Colocación con retroexcavadora .....	120
Figura 6.10.2 D	Colocación con grúa .....	120
Figura 6.10.2 E	Colocación con gánguil.....	121
Figura 6.10.2 F	Colocación con retroexcavadora segundo manto.....	121
Figura 6.10.2 G	Colocación con grúa segundo manto.....	121
Figura 6.10.2 H	Colocación con gánguil segundo manto .....	121
Figura 6.10.2 I	Acabado mantos .....	121
Figura 6.10.2 J	Dúmpfer transportando escollera .....	122
Figura 6.10.2 K	Manto de escollera artificial.....	122

## CAPÍTULO 6.11

Figura 6.11.1 A	Core-loc y Acrópodo II .....	123
Figura 6.11.1 B	Acrópodo y Ecópodo .....	123
Figura 6.11.1 C	Colocación Core-locs.....	123
Figura 6.11.1 D	Manto de Tetrápodos .....	123
Figura 6.11.2 A	Hormigonado con cinta .....	124
Figura 6.11.2 B	Vibradores .....	124
Figura 6.11.2 C	Parque de fabricación año 1947 .....	126
Figura 6.11.2 D	Parque de fabricación actual.....	126
Figura 6.11.2 E	Parque circular de fabricación de Tetrápodos .....	127
Figura 6.11.3 A	Pinza 1 .....	129
Figura 6.11.3 B	Pinza 2 .....	129
Figura 6.11.3 C	Pinza 3 .....	129
Figura 6.11.3 D	Pinza 4 .....	129
Figura 6.11.3 E	Acopio.....	130
Figura 6.11.4	Colocación.....	131

## CAPÍTULO 6.12

Figura 6.12.1 A	Cajón de celdas rectangulares .....	133
Figura 6.12.1 B	Cajón de celdas circulares.....	133
Figura 6.12.1 C	Fabricación de cajones .....	134
Figura 6.12.2 A	Dique flotante .....	135
Figura 6.12.2 B	Encofrados .....	136
Figura 6.12.2 C	Catamarán.....	137
Figura 6.12.3	Infraestructura para fabricar cajones .....	140
Figura 6.12.4	Conexión tubería bombeo .....	144
Figura 6.12.5	Armadura solera .....	146

Figura 6.12.6 A	Paramento del cajón.....	147
Figura 6.12.6 B	Hormigón del fuste .....	147
Figura 6.12.6 C	Pontona con armadura solera.....	147
Figura 6.12.6 D	Colocación armadura solera.....	147
Figura 6.12.6 E	Hormigonado solera.....	148
Figura 6.12.6 F	Comienzo hormigonado del fuste.....	148
Figura 6.12.6 G	Fase final hormigonado.....	148
Figura 6.12.7 A	Botadura del cajón .....	149
Figura 6.12.7 B	Botadura del cajón .....	149
Figura 6.12.8	Remolque .....	150
Figura 6.12.9	Fondeo provisional .....	151

## CAPÍTULO 7.1

Figura 7.1.1	Sección dique en talud.....	154
Figura 7.1.2 A	Dragado.....	155
Figura 7.1.2 B	Relleno con medios marítimos (1) .....	155
Figura 7.1.2 C	Relleno con medios marítimos (2) .....	155
Figura 7.1.2 D	Acabado dique .....	155
Figura 7.1.3 A	Avance de un dique en construcción.....	156
Figura 7.1.3 B	Rebases durante la construcción de un dique .....	156
Figura 7.1.5	Cargadero gánguil.....	158
Figura 7.1.8.a A	Gánguil con apertura de fondo .....	161
Figura 7.1.8.a B	Escollera artificial en gánguil.....	161
Figura 7.1.8.a C	Gánguil de vertido lateral .....	161
Figura 7.1.8.a D	Pontonas colocando escollera .....	162
Figura 7.1.8.b	Gánguil cargado.....	163
Figura 7.1.9 a	Secuencia constructiva dique en talud .....	166
Figura 7.1.9 b	Colocación de mantos .....	167
Figura 7.1.10.a	Espaldón de dique en talud .....	168
Figura 7.1.10.b	Ejecución del espaldón del dique.....	169

## CAPÍTULO 7.2

Figura 7.2.1 A	Sección dique vertical .....	170
Figura 7.2.1 B	Dique-muelle de Málaga .....	171
Figura 7.2.2	Secuencia constructiva dique vertical.....	173
Figura 7.2.8 A	Fondeo con mar en calma .....	175
Figura 7.2.8 B	Preparación fondeo.....	178
Figura 7.2.9	Relleno de celdas.....	179
Figura 7.2.11 A	Construcción espaldón .....	181
Figura 7.2.11 B	Acción del mar.....	181

## CAPÍTULO 8.1

Figura 8.1.1.a A	Muelle de cajones .....	183
Figura 8.1.1.a B	Sección muelle de cajones .....	184
Figura 8.1.1.a C	Secuencia constructiva muelle de cajones.....	185
Figura 8.1.1.a D	Ejemplo de construcción de un muelle de cajones.....	186
Figura 8.1.1.g	Construcción muelle .....	192
Figura 8.1.2.a A	Sección muelle de bloques.....	194
Figura 8.1.2.a B	Bloques warock.....	194
Figura 8.1.2.a C	Secuencia constructiva muelle de bloques .....	195
Figura 8.1.2.d	Colocación de bloques con grúa.....	199
Figura 8.1.3.a A	Sección muelle de hormigón sumergido.....	201
Figura 8.1.3.a B	Secuencia constructiva muelle de hormigón sumergido .....	201
Figura 8.1.3.b	Encofrado.....	202
Figura 8.1.3.d A	Encofrado perdido .....	204
Figura 8.1.3.d B	Encofrado a cuatro caras.....	204
Figura 8.1.3.d C	Encofrado a dos caras.....	205
Figura 8.1.3.d D	Encofrado a tres caras.....	205
Figura 8.1.3.e	Hormigonado con bomba.....	206

## CAPÍTULO 8.2

Figura 8.2.1	Sección muelle de pilotes .....	208
Figura 8.2.2.b A	Secuencia constructiva muelle de pilotes.....	210
Figura 8.2.2.b B	Colocación de armaduras.....	211
Figura 8.2.2.	Ejemplo de construcción de un muelle de pilotes in situ construido desde plataforma terrestre.....	214
Figura 8.2.3.	Ejemplo de construcción de un muelle de pilotes in situ construido con medios flotantes sobre un fondo marino de arena y roca.....	218
Figura 8.2.5.e A	Hinca de pilotes con cabria .....	227
Figura 8.2.5.e B	Hinca de pilote metálico con martillo vibrador .....	228
Figura 8.2.5.f	Prueba de carga.....	230

## CAPÍTULO 8.3

Figura 8.3.1	Sección muelle de pantalla .....	231
Figura 8.3.2.	Hinca de tablestacas desde plataforma terrestre.....	232
Figura 8.3.3 f	Guía de tablestacas .....	235
Figura 8.3.3 g A	Pantallas de tablestacas .....	236
Figura 8.3.3 g B	Anclajes .....	236
Figura 8.3.3 g C	Relleno.....	236
Figura 8.3.3.	Ejemplo de construcción de un muelle de tablestacas construido desde una plataforma terrestre.....	238
Figura 8.3.4 A	Hinca de tablestacas con medios marítimos .....	237
Figura 8.3.4 B	Secuencia muelle de tablestacas con medios marítimos .....	242

## CAPÍTULO 8.4

Figura 8.4.1	Puerto de servicio .....	245
Figura 8.4.3	Muelle auxiliar .....	246
Figura 8.4.5 A	Cargadero .....	248
Figura 8.4.5 B	Descarga en gánguil .....	248
Figura 8.4.5 C	Descarga en gánguil con retroexcavadora .....	249

## CAPÍTULO 9

Figura 9.2.1 A	Espaldón .....	252
Figura 9.2.1 B	Espaldón con galería .....	252
Figura 9.2.1 C	Sección espaldón .....	253
Figura 9.2.2 A	Construcción espaldón con galería .....	254
Figura 9.2.2 B	Construcción espaldón .....	255
Figura 9.2.3 A	Excavación de la caja de la losa .....	256
Figura 9.2.3 B	Hormigonado de la losa .....	256
Figura 9.2.3 C	Hormigonado de la parte central .....	257
Figura 9.2.3 D	Terminación del manto de protección .....	257
Figura 9.2.3 E	Hormigonado de la parte superior .....	258
Figura 9.2.4	Esquema de junta machihembrada .....	260
Figura 9.3.1	Espaldón de dique vertical .....	261
Figura 9.3.3 A	Espaldón fase 1 .....	262
Figura 9.3.3 B	Espaldón fase 2 .....	262
Figura 9.3.3 C	Encofrado de espaldón de hormigón armado .....	263
Figura 9.4.2	Carro de encofrado .....	264
Figura 9.4.3 A	Encofrado viga cantil .....	265
Figura 9.4.3 B	Encofrado viga cantil .....	266
Figura 9.5.2 A	Viga trasera .....	268
Figura 9.5.2 B	Desfase entre vigas trasera y cantil .....	268
Figura 9.5.3 A	Encofrado peine 1 .....	270
Figura 9.5.3 B	Encofrado peine 2 .....	270
Figura 9.5.3 C	Encofrado peine 3 .....	270
Figura 9.6.2 A	Superestructura .....	272
Figura 9.6.2 B	Montaje de prefabricados .....	272
Figura 9.6.2 C	Superestructura hormigonada "in situ" .....	273
Figura 9.8.1 A	Defensas .....	274
Figura 9.8.1 B	Defensas .....	274
Figura 9.8.2	Ensayo de carga .....	275
Figura 9.8.3 A	Bolardos .....	276
Figura 9.8.3 B	Bolardos .....	276
Figura 9.8.3 C	Gancho de escape rápido .....	277

## CAPÍTULO 10

Figura 10.1 A	Dique en construcción .....	279
---------------	-----------------------------	-----

Figura 10.1 B	Dique Botafoc .....	280
Figura 10.1 C	Dique-muelle.....	281
Figura 10.2 A	Vial de acceso.....	282
Figura 10.2 B	Sección tipo del dique .....	283
Figura 10.2 C	Freu des Botafoc .....	283
Figura 10.2 D	Muelle auxiliar .....	284
Figura 10.3 A	Ensayo en modelo reducido.....	287
Figura 10.3 B	Cajones fondeados .....	287
Figura 10.3 C	Instalaciones .....	288
Figura 10.4.8	Boya cardinal .....	292
Figura 10.4.9	Acopio de áridos.....	293
Figura 10.4.11	Interferencias con la población.....	294
Figura 10.5.1 A	Draga “Volvox Iberia” .....	295
Figura 10.5.1 B	Draga “Sánchez Guerra” .....	297
Figura 10.5.1 C	Gánguil 400 m3.....	297
Figura 10.5.1 D	Dique flotante nº 2 .....	299
Figura 10.5.1 E	Preparación fondeo .....	301
Figura 10.5.1 F	Primer lastrado.....	302
Figura 10.5.1 G	Fondeo definitivo .....	302
Figura 10.5.1 H	Retirada equipo fondeo .....	303
Figura 10.5.1 I	Cajón en espera.....	304
Figura 10.5.1 J	Encofrado a cuatro caras .....	305
Figura 10.5.1 K	Encofrado a dos caras .....	305
Figura 10.5.1 L	Planta de hormigón.....	308
Figura 10.5.1 M	Bloques de 15 t.....	309
Figura 10.5.1 N	Programa global de trabajo .....	310

# Tablas de la guía

## CAPÍTULO 6.1

Tabla 6.1.3.1	Naturaleza del terreno / Tipo de draga .....	51
Tabla 6.1.3.2	Dragas mecánicas. Ventajas e inconvenientes.....	52
Tabla 6.1.3.3	Dragas de succión. Ventajas e inconvenientes .....	53

## CAPÍTULO 6.3

Tabla 6.3.3	Mejoras producidas por precargas .....	73
Tabla 6.3.4	Aplicabilidad de los tratamientos de vibración profunda a los distintos tipos de terreno.....	77

## CAPÍTULO 7.1

Tabla 7.1.8.b	Ciclo de vertido.....	164
---------------	-----------------------	-----

## CAPÍTULO 7.2

Tabla 7.2.12	Diques verticales. Resumen de actividades .....	181
--------------	---	-----

## CAPÍTULO 10.2

Tabla 10.2	Tipología de cajones .....	282
------------	----------------------------	-----

## CAPÍTULO 10.5

Tabla 10.5.1.1	Características de los cajones .....	298
Tabla 10.5.1.2	Ciclo de fabricación de cajones.....	299
Tabla 10.5.1.3	Alturas de ola y períodos.....	303
Tabla 10.5.1.4	Fabricación de bloques.....	308





# Introducción

En España el tráfico portuario en los puertos de interés general ha pasado de 30 millones de toneladas en el año 1950 a 462 millones en el año 2006. Este aumento es especialmente significativo en los últimos 6 años, que presentan tasas de crecimiento interanual del 5'3%, tendencia que previsiblemente se mantendrá en el futuro, como se representa en la figura 1.

## TRÁFICO PORTUARIO TOTAL

Millones de toneladas

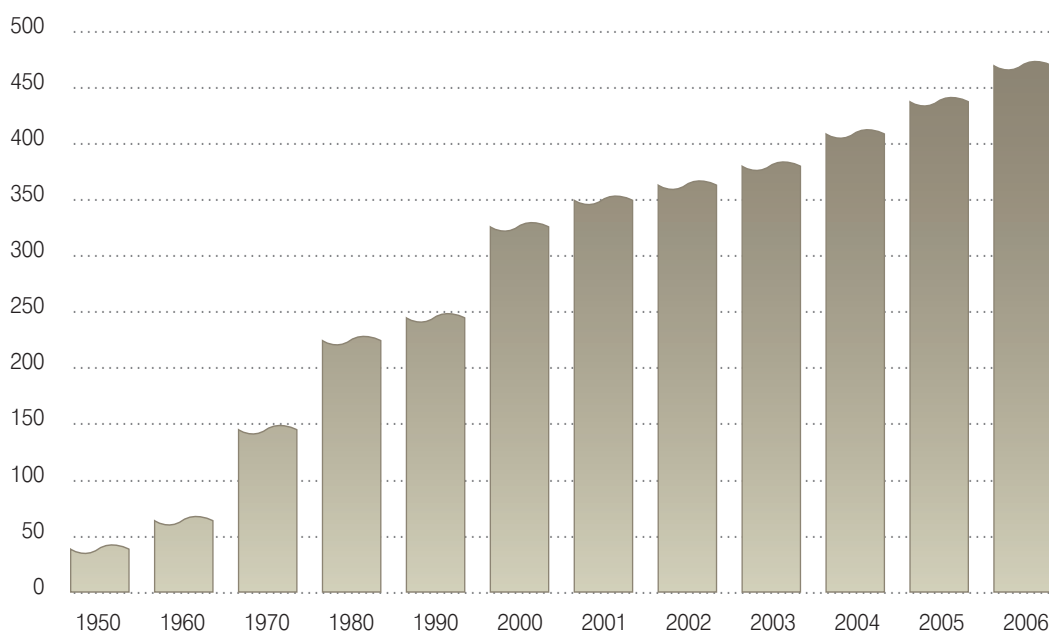


Figura 1. Evolución del tráfico marítimo

Para dar respuesta a las necesidades que la actividad marítima demandaba, el Ministerio de Fomento ha acometido la construcción de un gran número de instalaciones portuarias que requieren la participación de numerosos técnicos altamente cualificados.

La ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, establece entre las competencias de Puertos del Estado la formación, la promoción de la investigación y el desarrollo tecnológico en materias vinculadas con la ingeniería portuaria.

El Organismo Público Puertos del Estado en su afán de dar respuesta a los retos planteados, y a los efectos de servir de orientación y recomendación para los directores de obras marítimas y portuarias, consideró de interés sintetizar y recoger en un documento los distintos aspectos que suponen *buenas prácticas* en la ejecución de obras, conforme a la experiencia adquirida a lo largo de los años en la construcción de obra marítima en España.

El resultado ha sido plasmado en esta guía que pretende constituir un referente para todas aquellas personas e instituciones implicadas en procesos constructivos de obras marítimas.

