



# **CURSO/GUÍA PRÁCTICA INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS**

## **CARRETERAS, PUENTES, VIADUCTOS, TÚNELES Y PUERTOS**





## Índice

<b>¿QUÉ APRENDERÁ?</b>	<b>12</b>
<b>PARTE PRIMERA</b>	<b>13</b>
Las infraestructuras civiles.	13
<b>Capítulo 1. Las infraestructuras civiles.</b>	<b>13</b>
<b>1. Infraestructuras primarias, secundarias y terciarias.</b>	<b>13</b>
<b>2. Proyecto de Construcción de una infraestructura.</b>	<b>14</b>
a. Contenido del proyecto	14
b. Estudio geotécnico	15
c. Proyecto de salud y seguridad. Memoria de prevención de riesgos laborales.	16
d. Estudio de impacto medioambiental	19
e. Disposiciones relativas al control de calidad en obra.	21
<b>3. Procedimiento administrativo de adjudicación.</b>	<b>21</b>
a. Agentes	22
b. Intervención de las Administraciones Públicas.	24
<b>4. Movimientos de tierras.</b>	<b>24</b>
Movimientos de tierras a cielo abierto.	25
Vaciados y desmontes	26
Zanjas	27
Pozos	27
Relleno y compactación.	28
Terraplenado y pedraplenado.	29
Excavaciones subterráneas.	29
<b>PARTE SEGUNDA.</b>	<b>31</b>
<b>Ingeniería de carreteras.</b>	<b>31</b>
<b>Capítulo 2. Las infraestructuras viarias (autopistas, autovías y carreteras).</b>	<b>31</b>
<b>1. Las infraestructuras viarias (autopistas, autovías y carreteras).</b>	<b>31</b>
<b>2. Clases de infraestructuras viarias (carreteras).</b>	<b>33</b>
a. Obras de nuevo trazado	33
b. Modificación del trazado existente	33
c. Variantes	34
d. Mejora de firmes	34
<b>Capítulo 3. Ingeniería de carreteras. Normativa técnica de carreteras.</b>	<b>35</b>
<b>1. Introducción a la terminología de la ingeniería de carreteras.</b>	<b>35</b>
<b>2. La comprobación de la seguridad de la cimentación de una obra de carreteras.</b>	<b>39</b>
<b>3. Proyecto o estudio de una cimentación.</b>	<b>40</b>
a. Terreno de apoyo, las características del terreno.	40
b. Reacciones en los apoyos de la estructura.	41
<b>4. Situaciones de proyecto</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo 4. Reconocimiento del terreno para carreteras.</b>	<b>48</b>
<b>1. Reconocimiento del terreno para carreteras.</b>	<b>48</b>
<b>2. Estudio informativo preliminar.</b>	<b>49</b>
<b>3. Anteproyecto</b>	<b>49</b>
<b>4. Proyecto de construcción.</b>	<b>50</b>



5. El estudio del terreno en fase activa de construcción. _____	50
<b>Capítulo 5. Estudios geotécnicos preliminares. _____</b>	<b>53</b>
1. Estudios geotécnicos preliminares. _____	53
2. Información geológica previa. _____	53
3. Métodos de prospección _____	55
4. Cartografía geológica _____	55
<b>Capítulo 6. El informe geotécnico _____</b>	<b>57</b>
1. El informe geotécnico _____	57
2. La memoria _____	57
3. Anejos de trabajos de campo. _____	59
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>63</b>
Procedimientos geofísicos para actividad sísmica. Terremotos. _____	63
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>66</b>
Sondeos mecánicos _____	66
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>83</b>
Suelos blandos y arcillosos. Ensayo edométrico. _____	83
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>85</b>
Ensayos en zonas de terraplenes. Ensayos de compactación _____	85
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>87</b>
Ensayos de rocas _____	87
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>91</b>
Profundidad de las prospecciones. Técnicas geofísicas. _____	91
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>93</b>
Cimentaciones profundas. Pilotes. _____	93
<b>Capítulo 7. Estabilización del suelo. _____</b>	<b>96</b>
1. Técnicas de mejora del terreno _____	96
2. Estudio geotécnico del terreno. _____	96
3. Soluciones a los problemas del terreno. Técnicas de mejoras. _____	98
a. Precargas _____	98
b. Mechas drenantes _____	99
c. Vibración profunda _____	100
d. Compactación dinámica _____	101
e. Inyecciones _____	102
4. El tratamiento mediante columnas de grava. Bulones, geosintéticos, etc. _____	104
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>110</b>
Proyecto de tratamiento del terreno _____	110
1. Estudio del comportamiento de la obra. Reconocimiento previo del terreno _____	110
2. Tratamientos del proyecto de mejora del terreno. _____	110
3. Control de ejecución _____	110



4. Criterios de aceptación o rechazo del tratamiento y soporte documental. _____	112
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>116</b>
Patologías de las cimentaciones _____	116
1. Seguimiento y control del comportamiento de las cimentaciones _____	116
2. Desplazamiento horizontal. Control de la colimación _____	117
3. Los medidores de convergencia _____	118
4. La inclinación de una pila. Clinómetros _____	119
5. Nivel de carga hidrostática del agua. Piezómetros _____	119
6. Equipos de medición. Extensómetros _____	120
7. Equipos de control en terraplén. Placas de asiento _____	121
8. Equipos de medición de descensos de cimientos. Células hidráulicas de asiento. Inclinómetros. _____	121
9. Células de presión _____	122
10. Equipos de control de juntas. _____	123
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>124</b>
Proyecto e instalación del sistema de control. _____	124
1. Proyecto e instalación del sistema de control. _____	124
2. Programa de control. _____	125
3. Determinación de casos patológicos. Soluciones propuestas. _____	126
Determinación de casos patológicos _____	126
Investigación de patologías _____	127
Estudio de soluciones _____	127
Proyecto de la solución _____	127
Observación del comportamiento _____	128
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>129</b>
<b>Deslizamiento de terraplenes. Patologías por deslizamientos en las cimentaciones.</b>	<b>129</b>
1. Deslizamiento de terraplenes. _____	129
2. Fallos del cimiento en muros de contención. _____	131
a. Investigación previa _____	132
b. Estudio previo de las causas de fallo _____	132
c. Investigación de detalle _____	132
d. Proyecto de solución _____	133
3. Fallo de la cimentación de la pila _____	133
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>135</b>
<b>Firmes y explanadas. Estabilización de suelos. Utilización de cementos especiales con adiciones.</b> _____	<b>135</b>
<b>CHECK-LIST _____</b>	<b>161</b>
<b>Cimentaciones en obras de carretera _____</b>	<b>161</b>
Cimentaciones en obras de carretera _____	161
Reconocimientos geotécnicos de proyecto _____	161
Información geológica y geotécnica previa _____	161
Métodos de prospección _____	161
Sondeos mecánicos _____	161
Ensayos de penetración _____	161



Resistencia al corte de suelos _____	161
Ensayos de compactación y ensayos de permeabilidad _____	161
Condiciones de cimentación _____	161
Clases de reconocimientos del terreno _____	161
Cimentaciones superficiales sobre roca _____	161
Tipos de cimentación profunda _____	161
Tipos de pilote (Pilotes empotrados en roca, Pilotes perforados en rocas alteradas o en suelo, etc). _____	161
Coefficiente de seguridad frente al hundimiento, al arranque, empujes horizontales, etc. _____	161
Zapata de cimentación _____	161
Protección de la cimentación y sus accesos _____	161
Proceso constructivo _____	161
Muros de contención y sostenimiento _____	161
Muros de contención y sostenimiento _____	161
Técnicas de mejora del terreno _____	161
Vibración profunda _____	161
Inyecciones de alta presión _____	161
Columnas de grava _____	161
Bulones _____	161
Compactación con explosivos _____	161
<b>PARTE TERCERA _____</b>	<b>162</b>
<b>Ingeniería de puentes y viaductos. _____</b>	<b>162</b>
<b>Capítulo 8. Las infraestructuras de puentes y viaductos. _____</b>	<b>162</b>
<b>1. Las infraestructuras de puentes y viaductos. _____</b>	<b>162</b>
<b>2. Tipología de puentes en función de los materiales. _____</b>	<b>163</b>
Puentes de mampostería _____	163
Puentes metálicos _____	164
Puentes de hormigón armado _____	164
<b>3. Tipología de puentes en función de su estructura. _____</b>	<b>165</b>
<b>PUENTES FIJOS _____</b>	<b>166</b>
Puentes de vigas _____	166
Puentes pórticos _____	167
Puentes de arcos _____	168
Puentes colgantes _____	169
Puentes de cables atirantados _____	171
<b>PUENTES MÓVILES _____</b>	<b>173</b>
Puentes levadizos o basculantes _____	173
Puentes de elevación vertical _____	173
Puentes giratorios _____	173
Puentes deslizantes _____	173
Puentes transbordadores flotantes _____	173
Puentes sobre pontones _____	174
<b>4. Técnicas de construcción de puentes. _____</b>	<b>174</b>
a. Mediante cimbras. _____	174
b. Deslizamiento por tramos o secciones _____	175
c. Instalación de prefabricados. _____	176
d. Voladizo con hormigón in situ. _____	177
e. Cimentaciones y anclajes para puentes colgantes. _____	180
f. El deslizamiento de puentes de vigas. _____	182
<b>5. Precauciones. _____</b>	<b>183</b>
<b>Capítulo 9. La construcción de puentes. _____</b>	<b>186</b>
<b>1. Terminología técnica de la ingeniería de puentes. _____</b>	<b>186</b>
<b>2. La construcción de puentes. _____</b>	<b>197</b>



3. Funcionalidad en la construcción de puentes. _____	198
4. Planteamiento de construcción de puentes. _____	198
5. Adaptación al entorno geológico en la construcción del puente. _____	200
6. Clases de puentes _____	200
a. Puentes metálicos _____	201
b. Puentes de hormigón armado _____	201
c. Puentes de hormigón pretensado _____	201
d. Puentes mixtos de hormigón y acero. _____	201
e. Puentes colgantes _____	202
f. Puente de arco _____	202
g. Puente sobre vigas _____	203
h. Puente en ménsula _____	203
i. Puentes basculantes y móviles _____	203
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>205</b>
Estructura de un puente. _____	205
1. Estructura central de un puente. Armadura. Tablero. _____	205
2. Infraestructura. Cimientos, estribos y pilas. _____	205
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>206</b>
Puentes de hormigón armado y hormigón pretensado. _____	206
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>207</b>
Puente viga _____	207
<b>Capítulo 10. La construcción de puentes. _____</b>	<b>208</b>
1. Fase preliminar. _____	208
a. Replanteo _____	208
b. Pilotaje en la península o ataguía. Fases en pilotes. _____	208
2. Fases en construcción de vigas de cargadero. _____	210
3. Colocación de dinteles prefabricados _____	210
4. Replanteo de meseta de hormigón. _____	211
a. Autonivelante _____	211
b. Neopreno _____	211
5. Lanzado de vigas _____	211
6. Colocación de placas de hormigón prefabricado. Prelosas de hormigón de encofrado. _____	212
7. Colocación de hierro corrugado y hormigonado. _____	212
8. Barreras de seguridad. _____	212
9. Losas de transición del puente _____	213
<b>Capítulo 11. Apoyos y tableros de puentes. _____</b>	<b>215</b>
1. Apoyos y grandes tableros de puentes. _____	215
2. Reconocimiento geológico-geotécnico. _____	215
3. Tipología de la cimentación _____	217
4. Cimentaciones superficiales _____	217
a. Estudio de su estabilidad. Excavaciones. _____	217
b. Cimentación. _____	218
c. Zapata de cimentación _____	219



<b>5. Cimentaciones profundas</b>	<b>219</b>
a. Excavaciones	220
b. Plataforma	220
c. Pilotes	221
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>222</b>
La cimentación. Consejos prácticos.	222
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>224</b>
Estribos de puentes	224
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>228</b>
Muros de contención y sostenimiento de puentes	228
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>244</b>
Micropilotes	244
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>245</b>
Anclajes	245
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>246</b>
Puentes Prefabricados	246
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>248</b>
Puentes para AVE (específicos para trenes de alta velocidad).	248
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>249</b>
Puentes Arco. Tableros de vigas. Arcos prefabricados.	249
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>250</b>
Puentes Hiperestáticos	250
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>252</b>
Puentes de directriz. Puentes Curvos. Prefabricación.	252
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>254</b>
Puentes con variación parabólica. Puente de canto variable	254
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>256</b>
Puentes de Hormigón.	256
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>266</b>
Ejemplos de puentes y viaductos en España.	266
<b>TALLER DE TRABAJO.</b>	<b>286</b>
Casos reales de reparación de estructuras de hormigón en viaducto.	286
<b>CHECK-LIST</b>	<b>302</b>
Puentes	302
La superestructura	302
Placas, vigas y jabalcones	302
Tablero o piso (planchas, vigas).	302
La infraestructura	302
Pilas o apoyos de tramos.	302
Los estribos	302
Los cimientos o apoyos de estribos y pilas	302
Tipología de puentes.	302



Atirantados (hormigón armado, pretensado o postensado) _____	302
Puentes de acero _____	302
Puentes mixtos (acero y hormigón). _____	302
Prefabricados (vigas) y semiprefabricados (dovelas prefabricadas). _____	302
Móviles (giratorio, basculante o levadizo) _____	302
Isostáticos. _____	302
hiperestáticos. _____	302
Ingeniería de Puentes y Viaductos. _____	302
Ejecución de la cimentación. _____	302
Ejecución de las pilas. _____	302
Ejecución de capiteles para reparto de cargas. _____	303
Nivelación y neoprenos _____	303
Estructura metálica _____	303
Trabajos sobre capiteles _____	303
Colocación de las prelosas _____	303
Hormigonado de la losa de hormigón. _____	303
Retirada de los apoyos provisionales y del terraplén de soporte. _____	303
Colocación de cajones metálicos _____	303
Unión por soldadura con la estructura ya construida. _____	303
Hormigonado de la losa de hormigón. _____	303
Retirada de los apoyos provisionales y del terraplén. _____	303
<b>PARTE CUARTA. _____</b>	<b>304</b>
<b>Ingeniería de Túneles. _____</b>	<b>304</b>
<b>Capítulo 12. Las infraestructuras de túneles. _____</b>	<b>304</b>
<b>1. Las infraestructuras de túneles. _____</b>	<b>304</b>
<b>2. Métodos de construcción de túneles. _____</b>	<b>305</b>
<b>3. Precauciones _____</b>	<b>306</b>
<b>Capítulo 13. Ingeniería de Túneles. _____</b>	<b>308</b>
<b>1. Ingeniería de Túneles. _____</b>	<b>308</b>
<b>2. Antecedentes de las obras subterráneas. _____</b>	<b>308</b>
<b>3. Factores funcionales del túnel. _____</b>	<b>309</b>
<b>TALLER DE TRABAJO. _____</b>	<b>311</b>
<b>Robótica en túneles. Tuneladoras. _____</b>	<b>311</b>
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>330</b>
<b>Robótica en túneles. Tuneladoras. Secuencias y planificación del proceso de perforación. _____</b>	<b>330</b>
<b>Capítulo 14. Proyecto de construcción de un túnel. _____</b>	<b>352</b>
<b>1. Estudio geológico _____</b>	<b>352</b>
<b>2. Fases de construcción de túneles. _____</b>	<b>353</b>
a. Estudio geotécnico. _____	353
b. Proceso de excavación de la bóveda. Métodos. _____	354
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>357</b>
<b>Proceso de ejecución de un túnel de carreteras. _____</b>	<b>357</b>
<b>1. Características del túnel de carreteras _____</b>	<b>357</b>
<b>2. Partes que componen un túnel y esquema de perforación. _____</b>	<b>357</b>
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>359</b>





Perforación con tuneladora _____	359
Ejecución de la boquilla _____	359
Bóveda y contrabóveda _____	360
Impermeabilización de la bóveda _____	360
Hormigonado de la bóveda _____	360
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>361</b>
<b>Procesos de tunelación. Descripción de trabajos. _____</b>	<b>361</b>
Ejecución de la boquilla _____	361
Avance _____	362
Destroza _____	362
Hormigonado de la contrabóveda _____	363
Relleno de la contrabóveda con zahorra natural _____	363
Impermeabilización de la bóveda descripción de la actividad _____	364
Hormigonado de la bóveda _____	364
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>366</b>
<b>Colocación de instalaciones (tuberías de incendios y de saneamiento). _____</b>	<b>366</b>
Ejecución de la boquilla _____	366
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>367</b>
<b>Rendimientos según los métodos de excavación y de construcción de túneles. _____</b>	<b>367</b>
El método inglés _____	367
Método Belga _____	367
Método Alemán _____	368
Método Austríaco _____	368
Excavación con explosivos _____	369
Excavaciones por medios mecánicos _____	369
Excavación mecánica con rozadoras _____	369
Excavación mecánica con tuneladoras _____	369
Estudio de los rendimientos según el sistema. _____	369
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>375</b>
Métodos de construcción de túneles. _____	375
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>392</b>
Nuevos materiales en los revestimientos de túneles. Las fibras. _____	392
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>413</b>
Impermeabilización de túneles. _____	413
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>434</b>
Robótica. Tuneladoras de gran tamaño. _____	434
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>454</b>
Medidas de prevención de accidentes laborales en la construcción de puentes y túneles. _____	454
<b>TALLER DE TRABAJO _____</b>	<b>557</b>
Dossier de empresa especializada en ingeniería y construcción de túneles. _____	557



<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>596</b>
Riesgos Laborales, medidas preventivas y evaluación en la construcción de puentes y túneles.	596
<b>PARTE QUINTA</b>	<b>710</b>
Ingeniería de Puertos.	710
<b>Capítulo 15. Ingeniería de Puertos. Análisis del proyecto de puerto.</b>	<b>710</b>
1. Memoria	710
2. Emplazamiento del puerto.	711
a. Nivel de referencia	711
b. El Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.). La Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A).	711
c. Clima marítimo y meteorología	712
d. Topografía y batimetría	712
e. Geología y geotecnia.	713
f. Sismicidad. Terremotos.	713
3. Materiales de construcción de puertos. Las características de los buques tipo. Las cargas de uso y explotación. Las cargas de atraque y amarre.	713
4. Análisis del proyecto	714
a. Toma de datos	714
b. Control de suministros en zona. Canteras cercanas.	714
c. Comprobación de cálculos y planos.	714
<b>Capítulo 16. Extracción de terrenos. Dragados, rellenos y escolleras naturales.</b>	<b>716</b>
1. Dragados, rellenos, escolleras y prefabricados.	716
2. Calados	717
3. Vertidos	718
4. Tipos de dragas.	719
a. Dragas de cuchara.	719
b. Dragas de pala	720
c. Dragas de rosario.	721
d. Dragas de succión estacionaria	721
e. Dragas de succión en marcha	722
5. Explosiones. Voladuras submarinas	723
6. Equipos auxiliares de dragado (gánguiles, embarcaciones, estaciones, etc.)	724
7. Rellenos.	726
8. Suministro y control de los materiales	726
9. La colocación de los materiales de los rellenos	727
10. Plan de Vertido.	731
11. Rellenos con materiales reciclados	732
11. Sustitución del terreno.	733
12. Vibración profunda	735
13. Pilotes y columnas de grava en fondo marino.	736
14. Inyecciones de impregnación, compactación y fracturación.	739
<b>Capítulo 17. Diques y obras portuarias de abrigo.</b>	<b>742</b>



<b>1. Diques en talud (manto, losa, espaldón, etc.)</b>	<b>742</b>
<b>2. Mejoras de suelo y cargas sobre el terreno.</b>	<b>743</b>
<b>3. Prevención de daños producidos por el oleaje en el proceso constructivo.</b>	<b>744</b>
a. Obras de abrigo	744
b. Taludes y alturas del frente de vertido	745
c. Infraestructuras y muelles auxiliares.	745
<b>4. Actuaciones de comprobación preliminar a la fase de obra.</b>	<b>746</b>
a. Examen de zona.	746
b. Examen de material de obra.	748
<b>5. Instalaciones. Control de instalación.</b>	<b>748</b>
<b>6. Diques verticales. Cajones de hormigón.</b>	<b>752</b>
<b>TALLER DE TRABAJO</b>	<b>761</b>
<b>Project Management y auditoría en la construcción de un puerto.</b>	<b>761</b>
<b>1. Project Management y auditoría en la construcción de un puerto.</b>	<b>761</b>
<b>2. Medición y abono de las obras.</b>	<b>761</b>
<b>3. Presupuesto</b>	<b>761</b>
<b>4. Plazos y calendario. Efecto meteorología.</b>	<b>762</b>
<b>5. Plan de vigilancia ambiental.</b>	<b>763</b>
<b>6. Control de disponibilidades. Encofrados, plantas de hormigón, etc.</b>	<b>763</b>
<b>7. Licencias y permisos (dragados, extracciones, vertidos, explosivos, etc.)</b>	<b>767</b>
<b>8. Plan de ejecución</b>	<b>768</b>
<b>9. Diseño de instalaciones</b>	<b>770</b>
Plantas de machaqueo de áridos	771
Plantas de fabricación de hormigón	771
Parques de fabricación de bloques y otros prefabricados de hormigón.	771
Instalaciones para la fabricación de cajones.	771
<b>10. Cantidades de obra. Unidad de producción.</b>	<b>771</b>
<b>11. Asignación de recursos (mano de obra, maquinaria, materiales).</b>	<b>771</b>
<b>12. Los controles y las comprobaciones durante la ejecución.</b>	<b>773</b>
<b>13. Las unidades de medida, los criterios y los procedimientos de medición.</b>	<b>773</b>



## ¿QUÉ APRENDERÁ?



- **Proyecto de Construcción de una infraestructura.**
- **Las infraestructuras viarias (autopistas, autovías y carreteras).**
- **Estudios geotécnicos preliminares.**
- **Cimentaciones profundas. Pilotes.**
- **Ingeniería de puentes y viaductos.**
- **Planteamiento de construcción de puentes.**
- **Ingeniería de Túneles.**
- **Proyecto de construcción de un túnel.**
- **Ingeniería de Puertos. Análisis del proyecto de puerto.**
- **Extracción de terrenos. Dragados, rellenos y escolleras naturales.**
- **Project Management y auditoría en la construcción de un puerto.**



## PARTE PRIMERA

*Las infraestructuras civiles.*

### Capítulo 1. Las infraestructuras civiles.



#### *1. Infraestructuras primarias, secundarias y terciarias.*